



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN
LA DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE POTENCIA
ELÉCTRICA EN UNA UNIDAD MINERA DE
CAJAMARCA-2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Frank Enyerless Aquino Bailon

Asesor:

Mg. Ing. Elmer Aguilar Briones
<https://orcid.org/0000-0003-2228-0026>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Luis Roberto Quispe Vásquez	26716258
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	Ana Rosa Mendoza Azañero	45512232
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	María Elena Vera Correa	40012835
	Nombre y Apellidos	N° DNI

INFORME DE SIMILITUD

TESIS FRANK AQUINO

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	13%
2	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	Wu Zhenyu. "Aplicaciones de control estocastico al problema de planeacion de operacion de sistemas de potencia a mediano plazo (planeacion de mantenimiento)", TESIUNAM, 1985 Publicación	<1%
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
repositorio.ucv.edu.pe		

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada en primer lugar a Dios por su infinita gracias y misericordia que permite continuar con mi formación profesional, a mi querida madre que partió al cielo pero que siempre se esforzó por sacar adelante su familia.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte por ser parte de mi formación profesional, a los maestros que con esfuerzo y esmero nos comparten sus conocimientos y nos inculcan una formación integral; a mi familia por el apoyo que siempre me brindan para seguir adelante, a mis compañeros de estudio los cuales son un gran impulso para seguir adelante.

Tabla de contenidos

<i>JURADO EVALUADOR</i>	2
<i>INFORME DE SIMILITUD</i>	3
<i>DEDICATORIA</i>	4
<i>AGRADECIMIENTO</i>	5
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	7
<i>ÍNDICE DE ECUACIONES</i>	9
<i>RESUMEN</i>	10
<i>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</i>	11
1.1 Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Objetivos.....	14
1.4. Hipótesis.....	14
<i>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</i>	15
2.1. Tipo de investigación.....	15
2.2. Materiales, instrumentos y métodos.....	16
2.3. Procedimiento.....	24
2.4. Aspectos éticos.....	25
<i>CAPÍTULO III. RESULTADOS</i>	26
3.1. Descripción general de la empresa.....	26
<i>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</i>	55
4.1. Discusión.....	55
4.2. Conclusiones.....	57
<i>REFERENCIAS</i>	59
<i>ANEXOS</i>	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recursos de gabinete utilizados en la investigación.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2 Lista de instrumentos utilizados en la investigación	16
Tabla 3 Lista de fallas del suministro eléctrico	17
Tabla 4 Operalización de variables antes de la aplicación de la mejora	29
Tabla 5 Operalización de variables luego de la implementación de la mejora	29
Tabla 6 Costos asociados al corte de energía durante el proceso de producción	291
Tabla 7 Costo para implementación de la mejora propuesta.....	292

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema diagrama de Pareto	19
Figura 2 Metodología PDCA o ciclo de Deming	21
Figura 3 Histórico de operación del sistema de potencia	30
Figura 4 Secuencia de realización del sistema de mantenimiento preventivo	34
Figura 5 Diagrama del sistema eléctrico de potencia de la unidad minera	38
Figura 6 Chek list de intervencion de torres electricas.....	40
Figura 7 Check list de intervención de transformadores de potencia.....	41
Figura 8 Check list de verificación de subestaciones eléctricas.....	42
Figura 9 Plan de mantenimiento para celdas de media tensión SIEMENS.....	44
Figura 10 Plan de mantenimiento para celdas de media tensión ABB ZS2.....	45
Figura 11 Plan de mantenimiento para transformadores sumergidos en aceite ABB.	46
Figura 12 Plan de mantenimiento para líneas de transmisión externa.	47
Figura 13 Plan de mantenimiento para líneas de transmisión interna.	48
Figura 14 Plan de mantenimiento para subestaciones eléctricas.....	49

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 MTTR	20
Ecuación 2 Disponibilidad.....	20
Ecuación 3 MTBF	20
Ecuación 4 VAN.....	23
Ecuación 5 TI.....	23
Ecuación 6 MTTR Actual((6).....	32
Ecuación 7 MTBF Actua (7).....	32
Ecuación 8 Disponibilidad actual	32
Ecuación 10 MTBF después de la implementación. (10).....	51
Ecuación 11 Disponibilidad después de la implementación (11).....	51

RESUMEN

En el estudio realizado al área de mantenimiento eléctrico el cual se encuentra a cargo de la operación y mantenimiento del sistema eléctrico de potencia de la unidad minera de Cajamarca, se ha tenido como objetivo principal aumentar la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia el cual es vital para la operación de toda la unidad minera; para lo cual se realizó un análisis inicial del sistema de gestión de mantenimiento que se viene llevando a cabo, de los cuales se determinó que los componentes principales del sistema eléctrico de potencia son: Los transformadores de tensión, líneas de transmisión, y subestaciones eléctricas, en las cuales en sus respectivos componentes se presentan diversas fallas que ocasionan el corte de suministro eléctrico, donde se ha obtenido una disponibilidad actual de 90.7%, también se ha obtenido un MTTR de 101.67 y un MTBF DE 995.48; para ello se ha diseñado un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia el cual de ser aplicado se tendría una disponibilidad del 95.51% el cual reduce de forma sustancial los cortes de energía intempestivos los cuales ocasionan pérdidas en el proceso de producción, para lo cual también se realizó un estudio económico de la propuesta obteniendo un costo-beneficio de S/16.00 el cual se considera rentable para la empresa.

Palabras clave: Sistemas de gestión, disponibilidad, sistemas de potencia,

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En la actualidad la demanda de energía eléctrica dentro de las operaciones industriales ha tenido un rápido crecimiento por la alta demanda de máquinas eléctricas las cuales contribuyen y facilitan los procesos, dentro de ello tenemos a las unidades mineras las cuales para su extracción y procesamiento de minerales demandan de energía eléctrica, la cual llega a cada punto de las operaciones a través de un sistema de potencia eléctrico que está conformado por tres componentes principales que son: la línea de transmisión, subestaciones eléctricas y transformadores de potencia. Para lo cual es pertinente tener claro el concepto de disponibilidad que según Oxford Lenguajes es “conjunto de bienes, medios u otras cosas que se dispone para algún fin”, También S. García (2021) menciona que la disponibilidad es la proporción del tiempo que una instalación o sistema ha estado en disposición de producir u operar independientemente de que lo haya hecho o no por razón independientes a su situación técnica; dentro de ello también se tiene los entes que influyen en la disponibilidad como son el tiempo promedio entre falla (MTBF) y también el tiempo promedio para reparar (MTTR), teniendo estos indicadores el área encargada de dar la mantenibilidad al sistema eléctrico de potencia realiza un mejor y acertado sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad que se requiere para el sistema.

En el rubro minero los sistemas de potencia eléctrico son parte fundamental dentro de una unidad minera, por lo cual es primordial mantener una alta disponibilidad del sistema eléctrico; esto se logra a través de un diseño de un sistema de mantenimiento, en especial el mantenimiento preventivo que es definido por F. A. Pérez Rondón (2021) como una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos y son

diseñados con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas en el entorno de las operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos, también para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, maquinas o equipos.

También tenemos que el mantenimiento preventivo como parte de la gestión del mantenimiento del sistema eléctrico de potencia se realiza de forma sincronizada con las demás áreas involucradas ya que en muchos de los casos se tiene que realizar con la red eléctrica desenergizada para garantizar la seguridad del personal que invierte en la actividad, y que también son políticas de la empresa como parte de su sistema de gestión de seguridad; en otras ocasiones se tiene que tener el plan de mantenimiento preventivo del sistema de potencia alineado y en coordinación con el COES (Comité de operación económica del sistema Interconectado Nacional), la cual a una unidad minera se le considera cliente libre el cual es definido según el organismo supervisor de la inversión en energía y minería (OSINERGMIN) Cliente libre son aquellos agentes del mercado eléctrico que se encuentran conectados al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y cuya potencia contratada es igual o superior a 0.2 MW. (Mega Watts), estos están obligados a presentar su plan de mantenimiento anual para ser incluidos en Programa Anual de Mantenimiento (PAM) del COES (Comité de operación económica del sistema interconectado nacional).

En su tesis doctoral Alejandro Morano Marcolini (2010) indica que la gestión de los sistemas de potencia en la actualidad es altamente compleja y requieren una adecuada gestión tanto en su operación como en su mantenimiento para de esa manera disminuir los cortes intempestivos del suministro eléctrico, por otra parte A. Chahuanco Molina (2020) en su tesis de maestría, define que la falla del sistema eléctrico de potencia no afecta solo al proceso o equipo que requiere de ello para funcionar sino a toda la compañía en general; es

por ello que se requiere que tenga una alta disponibilidad y operatividad de la red eléctrica para ello E. Moran Pitman (2015) en su tesis de grado propone un sistema de gestión de mantenimiento en función de los hallazgos y estudios realizados a la compañía involucrada, también la tesis presentada por A. Chahuanco Molina (2020) el cual propone un plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad y análisis de fallas de uno de los transformadores principales en el sistema de potencia de la unidad minera Cerro Verde.

Tomando en consideración los antecedentes para la presente tesis, se realizó un análisis a las principales causas de corte de energía por falla del sistema del sistema eléctrico de potencia en la cual genera una baja disponibilidad del suministro eléctrico y por consiguiente pérdidas en el proceso y también pérdidas económicas, tomando el historial de reportes de falla de suministro eléctrico de la unidad minera en los últimos 3 años se encontró que un 60 % fue por falla de alguno de los tres componentes (línea de transmisión, subestación y transformador de tensión) del sistema eléctrico de potencia y un 40% por causas de climas adversos como es las descargas atmosféricas presentes en la temporada de lluvia en la zona.

Por lo cual en el presente estudio se tiene como principal problemática investigar cual es la incidencia de un sistema de gestión de mantenimiento en la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia el cual genera altas pérdidas al proceso de extracción de mineral por cada hora que no tiene disponible este sistema, esto es corroborado en los informes de corte de energía en los cuales se describe el tiempo de fuera de servicio del suministro eléctrico.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo incidirá en la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia en una unidad minera de Cajamarca?

1.3. Objetivos

La presente investigación se tiene por objetivo general el diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia en una empresa minera de Cajamarca; también se tiene los siguientes objetivos específicos a desarrollar en la investigación:

- Elaborar un diagnóstico de la gestión del mantenimiento preventivo y la disponibilidad actual del sistema eléctrico de potencia de la unidad minera.
- Realizar el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia.
- Estimar la mejora al realizar la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo.
- Analizar el costo beneficio de la implantación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento predictivo planteado.

1.4. Hipótesis

Como hipótesis nos planteamos lo siguiente, el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo mejorará la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia en una unidad minera de Cajamarca - 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según su propósito: Aplicada.

Considerando este tipo de investigación se concentrará en buscar una estrategia para alcanzar un objetivo sólido y claro respecto a la adquisición de conocimientos y resolver problemas (Hernández, 2014) también se tiene el procesamiento y la aplicación para mejorar y elevar la disponibilidad del problema planteado en la presente tesis.

2.1.2. Según su profundidad: Explicativa.

Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales (Hernández, 2014), recabando información disponible del tipo de sistema de gestión que se viene aplicando y explicar su relación de la gestión de mantenimiento y la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia en la unidad minera.

2.1.3. Según su naturaleza de datos: Cuantitativa.

Se nos permite realizar el estudio y analizar la realidad por medio de diversos procedimientos que esta basados en la medición y recolección de datos a través de un procedimiento secuencial el cual nos conlleva a probar una hipótesis (Hernández, 2014).

2.1.4. Según su manipulación de variables: No experimental.

Estudios que se realizan sin la manipulación significativa de las variables y solo se observan los fenómenos o cambios en su ambiente natural, se encuentra fundamentada en la observación y recolección de información (Hernández, 2014).

2.1.5. Población y muestra.

Dentro de la población a evaluar se encuentran los sistemas eléctricos de potencia de la unidad minera de Cajamarca tales como (Líneas eléctricas de transmisión, transformadores

de potencia, salas eléctricas en media tensión), la muestra son los mismos componentes del sistema eléctrico de potencia.

2.2. Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1. Materiales

A continuación, en la tabla N°1 presentamos los materiales que se utilizan en el trabajo de investigación.

Tabla 1

Recursos de gabinete utilizados en la investigación

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad
1	Laptop	Unidad	1
2	Impresora	Unidad	1
3	Celular	Unidad	1
4	Cámara fotografica	Unidad	1
5	Lapiceros	Unidad	1
6	Hoja bond A4	Unidad	1
7	Traje anti-arco 13kcal.	Unidad	1
8	Balaclava	Unidad	1
9	Casco de seguridad	Unidad	1
10	Zapatos de seguridad dieléctricos	Unidad	1

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaran son la observación, la encuesta, la entrevista y análisis documental, para lo cual se tiene una validación de encuesta adaptada de la tesis “ Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas de la empresa ROAD SOLUTIONS E.I.R.L. – 2020” (Fernandez H., Neyra N.,

2020), fue tomado porque se encuentra utilizando las mismas variables de estudio y está validada por expertos en la gestión de mantenimiento, y también se tiene una guía de entrevista tomada de la misma tesis ya que las preguntas está directamente relacionado a lo que se está buscando en la presente investigación.

2.2.4. Método

Tabla 2

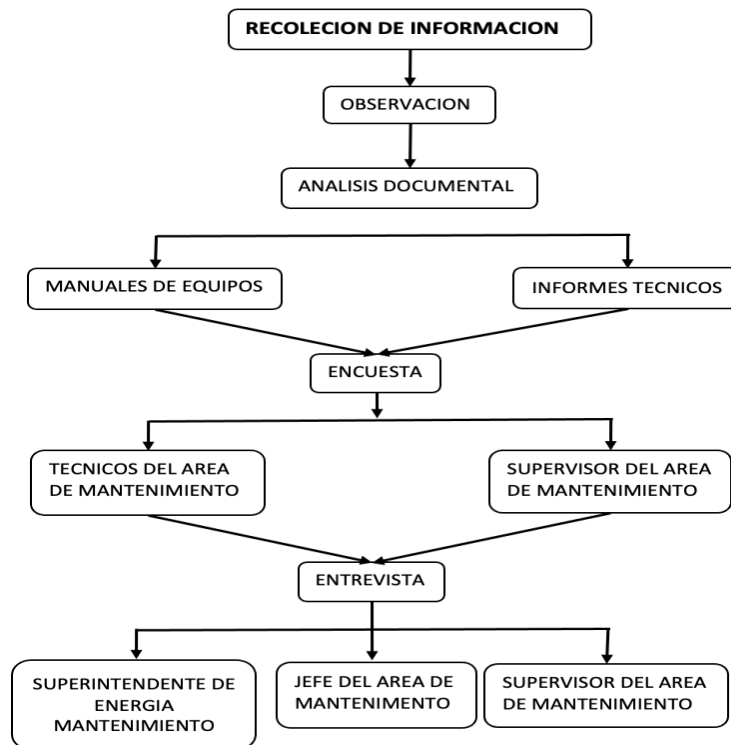
Lista de instrumentos utilizados en la investigación

Objetivo general	Indicador	Técnica	Instrumento	Origen biográfico
Diseñar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia en una empresa minera de Cajamarca	Disponibilidad del sistema eléctrico de potencia en una unidad minera	Encuesta Entrevista	Cuestionario Diálogo Informes	Datos obtenidos del área de Sistema de potencia

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Técnicas

Dentro de los instrumentos de investigación se tiene la técnica observación y la entrevista la cual se llevará a cabo según el siguiente organigrama:



Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Método

La presente investigación utilizará un análisis descriptivo, el cual será realizado a través de un programa de computación el cual es: Microsoft Excel, también se tomará en cuenta lo siguiente para dar cumplimiento a los objetivos del estudio.

A) Metodología a seguir para diagnosticar los componentes del sistema eléctrico de potencia.

Diagrama de Pareto: Dentro de esta metodología gráfica se realiza la clasificación de las causas de las fallas en los componentes o sistemas de, mayor a menor frecuencia

teniendo en cuenta los pocos y vitales y los de menos relevancia los muchos y triviales (Izaga y Gonzales, 2014).

Para esto se ha tenido que recolectar y extraer de los informes las diferentes fallas que ocasionan un corte de energía eléctrica en la unidad minera, llevándolos a un cuadro para realizar un gráfico de entrada triple como es mostrado en la figura 1, del cual en el eje X se describe las causas de las fallas, dentro del eje Y1 se tiene la periodicidad y por último en el eje Y2 se tienen la periodicidad o frecuencia acumulada.

Figura 6

Esquema diagrama de Pareto

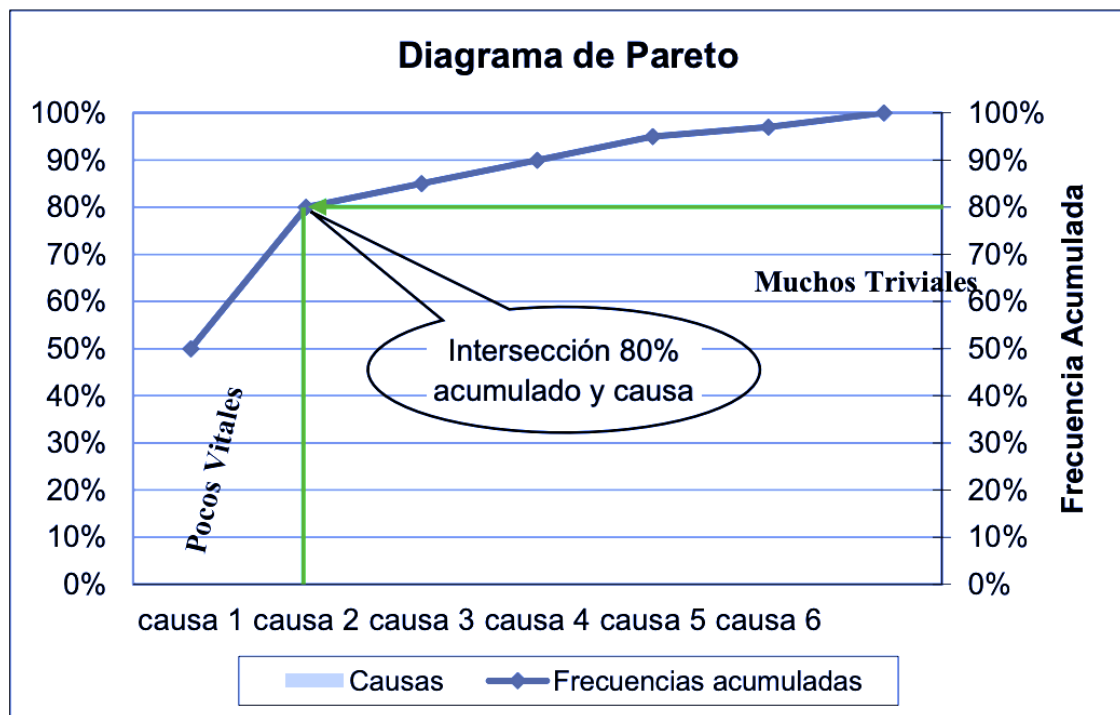


Gráfico de Jack Knife (JKD): La utilización de este gráfico permite la identificación de manera objetiva cual o donde se encuentra la anomalía para la baja confiabilidad y disponibilidad de los componentes y/o equipos que se encuentra realizando el análisis (Rivera, 2015). La elaboración del diagrama se tiene en cuenta el

número de paradas del sistema eléctrico de potencia de los 3 últimos años, para luego determinar el MTTR (Tiempo Medio de Reparación) según lo descrito en la ecuación

1:

(1)

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de fuera de servicio}}{\text{numero de fallas}}$$

Teniendo en cuenta el MTTR y el número de fallas se realiza un cuadro de doble entrada, para posterior a ello generar un gráfico de dispersión.

B) Metodología para la medición de la disponibilidad

La disponibilidad es la capacidad de que un equipo o sistema esté listo para su utilización, o también el tiempo en que el sistema se encuentra operando, para la cual el cálculo se realizara siguiendo la siguiente ecuación:

(2)

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100$$

Para ello MTBF (Tiempo Medio entre Fallas), que nos indica cuales son las paradas más frecuentes en el sistema se calcula siguiendo la siguiente ecuación:

(3)

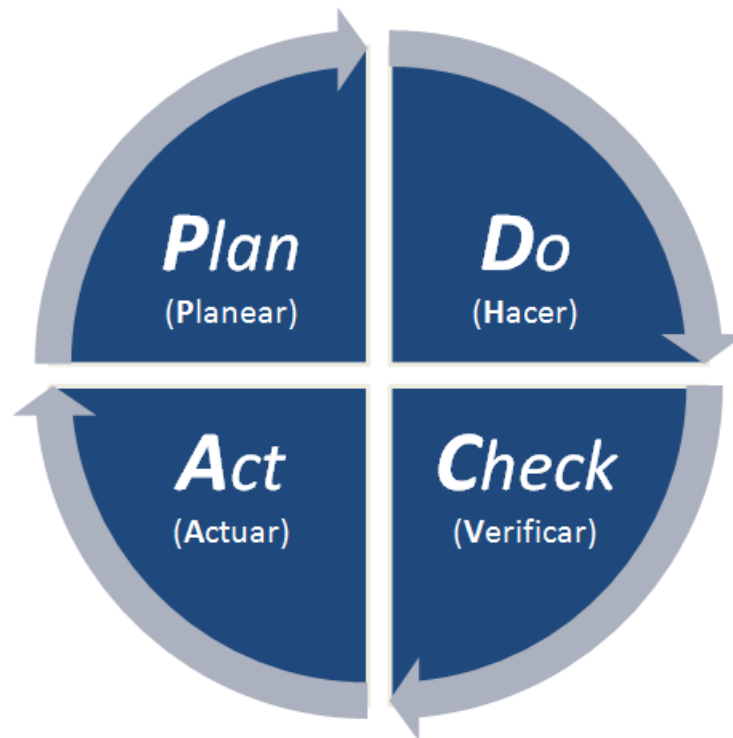
$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de operación} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de fallas}}$$

C) Metodología para la realización del diseño de gestión de mantenimiento.

En la realización de la investigación se tiene como referencia a la metodología PDCA o ciclo de Deming o también conocido como PHVA, para realizar un diseño de gestión de mantenimiento preventivo en el sistema eléctrico de potencia en una unidad minera de Cajamarca.

Figura 7

Metodología PDCA o ciclo de Deming



Los cuatro pasos que se siguió para la presente investigación son los propuestos por la metodología PDCA y a continuación se detallan:

- **Planear:**

En este paso se realizó el análisis inicial del sistema de gestión con la que cuenta en la actualidad la unidad minera para realizar la gestión del sistema eléctrico de potencia, a través de la revisión de los informes de corte de energía ocurridos durante los últimos 3 años; para que a partir de eso se defina las principales fallas que ocasionan el corte de energía, también se definió los que lideran el equipo de trabajo para realizar el diseño, se asigna las respectivas herramientas del mantenimiento preventivo, y se realiza una capacitación la cual concientiza cual es el nivel de importancia que tiene un adecuado y sincronizado sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico de potencia del cual se encuentra bajo su responsabilidad y cuál es el motivo que deben mantener la máxima disponibilidad del mismo.

- **Hacer:**

Proponer los cambios necesarios en el actual sistema de gestión de mantenimiento preventivo, incluyendo dentro de este proyecto la formación y capacitación de forma adecuada y eficaz a todos los colaboradores del área.

- **Revisar:**

Realizamos la comparación, evaluación y análisis de los nuevos resultados obtenidos en función del nuevo sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico de potencia de la unidad minera.

- **Actuar:**

Luego de la aplicación del nuevo sistema de gestión de mantenimiento preventivo no se llegará a obtener los resultados planeados, se propone diseños alternativos para realizar la mejora esperada.

D) Metodología para la realización del análisis económico.

En el análisis del factor económico se realizó el análisis del costo de inversión para la implementación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento. En los cuales se determinó el VAN y TIR a través de la siguiente fórmula:

(4)

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{B_i - C_i}{(1 + k)^i}$$

En el cual:

I_0 : Inversión inicial.

B_i : Ingresos.

C_i : Costo y gastos proyectados

n : Periodo del proyecto.

K : Tasa de descuento.

(5)

$$TIR = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{Q_n}{(1 + i)^n} = 0$$

En el cual:

n : Periodo del proyecto.

I : Inversión inicial

Q_n : Flujo de caja en un periodo n .

2.3. Procedimiento

En cuanto a la recolección de datos se tomó en cuenta los informes técnicos que fueron emitidos cuando se realizó un corte de energía ya sea de manera programada o de forma intempestiva, también se realizó la técnica de entrevista a los líderes que se encuentran a cargo del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, tomando los datos adecuados para realizar el análisis de las principales variables que se tiene en la presente investigación. También se realizó la recopilación de los datos almacenados en su sistema de información con los cuales cuenta la unidad minera como es EAM de Oracle, en donde se almacena las ordenes de trabajo y tiempos de intervención de los componentes del sistema eléctrico de potencia.

También se accedió a realizar una entrevista con el superintendente del área de energía y mantenimiento a la cual pertenece la división de mantenimiento procesos que está a su vez tiene a cargo el área de sistema de potencia de la unidad minera, teniendo un tiempo promedio de entrevista de 30 minutos con el superintendente del área, 50 minutos con el jefe del área y 20 minutos con los supervisores directos del sistema de potencia de la unidad minera; El lugar de la entrevista se llevó a cabo en las instalaciones de la oficinas principales de gerencias y superintendencias de la unidad minera, y los supervisores se realizó la entrevista en las oficinas asignada al área de sistema de potencia.

Los datos recolectados serán procesados a través de herramientas informáticas tales como: Microsoft Excel presentado a través de tablas de actividad de variables y gráficos de tendencia de los 3 últimos años que viene operando el sistema eléctrico de potencia de la unidad minera el cual se encuentra interconectado a la red nacional del SEIN, todos estos datos recolectados y procesados facilitaran la identificación de las causas que causan

el mayor impacto en la baja disponibilidad del sistema eléctrico de potencia y poder mejorar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo.

2.4. Aspectos éticos

Dentro de la presente investigación se presenta tablas, gráficos, imágenes y conceptos para de esta manera sustentar y verificar la información presentada en el presente trabajo de investigación, los textos citados cuentan con su respectiva cita para no afectar la investigación de otros investigadores, se tiene autonomía en la realización de la investigación siendo de voluntad propia el estudio y también las personas que fueron entrevistadas y participes del estudio fue realizado bajo su entero consentimiento y conocimiento pleno.

También se tiene anonimato correspondiente respecto a los datos tomados y personal encuestado, con respecto a los datos tomados de la empresa se tiene confiabilidad de la información obtenida.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Descripción general de la empresa

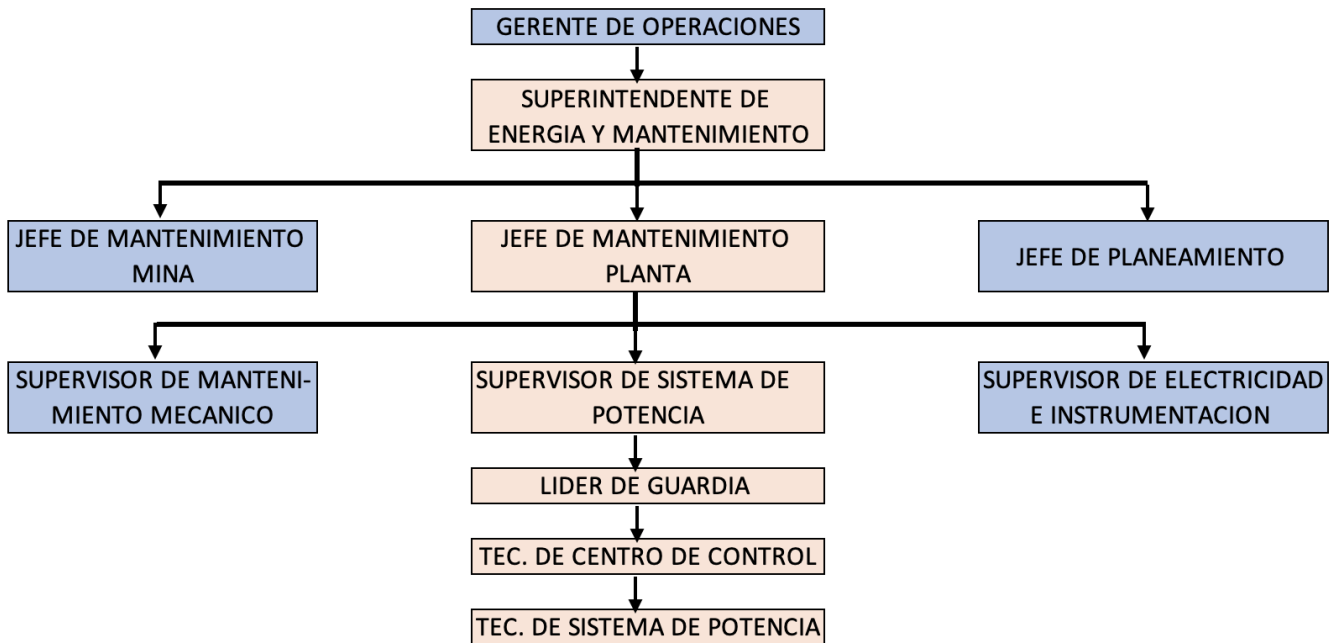
3.1.1 Información general

En la actualidad las empresas del rubro minero aportan el 10% del total de PBI peruano (Gestión, 2020), por lo cual la disponibilidad del suministro eléctrico es una parte crítica dentro de las operaciones, para ello se requiere tener un plan adecuadamente estructurado y de forma concatenada con todas las áreas internas de la empresa involucradas, también debe estar en coordinación con los entes externos o los proveedores del servicio eléctrico y entes administradores y reguladores como es el COES y OSINERMIN. Dentro de la región Cajamarca existen diversas empresas de explotación de minerales, las cuales en su totalidad los centros de explotación cuentan con suministro eléctrico del SEIN; la empresa donde se realiza el presente estudio se encuentra ubicada en el distrito de Cachachi provincia de Cajabamba región de Cajamarca, dedicada a la explotación de oro y plata.

Panamerican Silver es una empresa transnacional una de las principales productoras de plata a nivel mundial, llegando a producir en el año 2021 19,2 millones de onzas de plata y 579,3 mil onzas de oro (Revista, Rumbo minera 19 enero 2022),

3.1.2 Organigrama de la empresa

La empresa minera por su magnitud está subdividida en múltiples áreas, para nuestro caso nos enfocaremos en el organigrama del área de energía y mantenimiento a donde es que corresponde las labores de mantenimiento y operación del sistema eléctrico de potencia



Fuente: Elaboración propia

3.2. Resultados del diagnóstico en el área de estudio

3.2.1. Resultado del diagnóstico de la variable independiente: Gestión del mantenimiento preventivo.

Dentro del proceso de mantenimiento de los componentes del sistema eléctrico de potencia se tiene como entes principales a los siguientes:

- Líneas y componentes de transmisión eléctrica, estas están compuestas por los conductores eléctricos aéreos de aleación de aluminio AAAC de 300 mm y AAAC de 95 mm de diámetro, los cuales estas sobre las torres de transmisión, y también sobre postes de manera tratada, los cuales cuentan con sus respectivas ferreterías (componentes de suspensión, tracción y cambio de dirección), entre los cuales se encuentran los aisladores de porcelana y aisladores poliméricos los cuales mantienen a las líneas eléctricas aisladas y evitan el contacto hacia tierra, el cual al entrar en contacto con la estructura que se encuentra a tierra genera una falla de energía eléctrica.

- Transformadores de tensión, estos equipos son los que transforman la tensión de 22.9 kV. a 0.48 kV. Atraves de bobinas aisladas y cargadas atraves de campos electromagnéticos para reducción o elevar la tensión a la cual es requerida, estos están compuestos de una parte activa que es el núcleo el cual a su vez se encuentra sumergido en aceite mineral para mantener el aislamiento y la refrigeración adecuada, estos equipos llevan un plan de mantenimiento en función de su operación y políticas de mantenibilidad de la empresa.
- Salas eléctricas de media tensión, estas están compuestas por celdas de media tensión, las cuales ayudan a control (realizar la apertura o cierre del circuito a suministrar energía) y también a mantener seguras las líneas eléctricas en caso de falla, ya que están cuentan con relés de protección de línea (IED RED615) y relés de protección de barra (REF615), también dentro de las subestación de media tensión se tiene la alimentación de servicios auxiliares entre ellos un banco de baterías para que en caso de corte de energía se pueda manipular la celda MT. De forma adecuada y segura tanto para el equipo como para el operador. De los componentes antes mencionados se tiene el histórico de fallas los cuales han sido consignados en los reportes de falla de energía eléctrica, son mostrados en la Tabla 4:

Tabla 3

Lista de fallas del suministro eléctrico

Ítem	Código	Fecha	Causa de la falla	Tiempo	componente afectado	Proceso interrumpido
1	SH-PS191019	19/04/19	Falla a tierra por fase S en línea de transmisión	80 min	Ninguno actuó relé de protección	Toda la unidad minera
2	SH-PS040519	4/05/19	Falla por sobre tensión en fase T.	30 min	Ninguno actuó relé de protección	Toda la unida minera
3	SH-PS121019	12/10/19	Falla a tierra por fase R en línea de distribución	300 min	Terminación de línea eléctrica	Circuido C2
4	SH-PS131119	13/11/19	Falla sobre tensión a tierra de transformador	60 min	Transformador de tensión 22.9/4.16 kV.	Circuito PLS2
5	SH-PS040519	7/12/19	Falla de transformador de potencia 220/22.9 kV.	330 min	Transformador principal 220/22.9 kV.	Toda la unida minera
6	SH-PS211219	21/12/19	Falla por subestación en fase R y S.	30 min	Ninguno actuó relé de protección	Toda la unidad minera
7	SH-PS090120	9/01/20	Falla a tierra por fase S en línea de transmisión	180 min	Terminación de línea eléctrica	Circuito PLS2
8	SH-PS190120	19/01/20	Falla de transformador de potencia 22.9/4.16 kV.	30 min	Falla de resistencia neutro de trasformador	Circuito PLS2
9	SH-PS190121	12/02/20	Falla a tierra por fase T en línea de distribución	90 min	Aislador de suspensión roto	Toda la unida minera
10	SH-PS190122	1/03/20	Falla a tierra por fase T en línea de transmisión	20 min	Ninguno actuó relé de protección	Toda la unidad minera
11	SH-PS190123	20/05/20	Falla por sobre tensión en fase T.	240 min	Terminación de línea eléctrica	Circuito PLS2
12	SH-PS190124	27/05/20	Falla de transformador de potencia 22.9/4.16 kV.	30 min	Resistencia neutro de trasformador	Circuito PLS2
13	SH-PS190125	4/06/20	Falla de transformador de potencia 22.9/4.16 kV.	20 min	Resistencia neutro de trasformador	Circuito PLS2
14	SH-PS190126	14/06/20	Falla por perdida de fase R, S.	70 min	Interruptor de media tensión	Circuito PLS2
15	SH-PS190127	9/09/20	Falla de transformador de potencia 220/22.9 kV.	300 min	Transformador principal 220/22.9 kV.	Toda la unida minera
16	SH-PS190128	24/09/20	Falla a tierra por fase S en línea de transmisión	20 min	Ninguno actuó relé de protección	Toda la unidad minera
17	SH-PS190129	12/11/20	Falla por sobre tensión en fase T.	50 min	Terminación de línea eléctrica	Toda la unida minera
18	SH-PS190130	21/11/20	Falla a tierra por fase R en línea de distribución	30 min	Ninguno actuó relé de protección	Toda la unida minera
19	SH-PS190131	17/12/20	Falla a tierra por fase R en línea de transmisión	80 min	Aislador polimérico en mal estado	Circuido C1, C2.
20	SH-PS190132	4/05/21	Falla por sobre tensión en fase T.	25 min	Ninguno actuó relé de protección	Toda la unida minera
21	SH-PS190133	16/06/21	Falla de transformador de potencia 22.9/4.16 kV.	120 min	Resistencia neutro de trasformador	Circuido C2

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede verificar en la anterior el tiempo de falla de suministro eléctrico en toda la unida minera en ocasiones es prolongado por lo cual se traduce en pérdidas económicas, y retazo en el proceso, también con la posibilidad inminente de algún desastre ambiental por rebose de las pozas de solución cianurada ya que al no tener suministro eléctrico el sistema de bombeo deja de operar.

Para reforzar a lo anterior a continuación se tiene el histórico de operación del suministro eléctrico de potencia de la unidad minera.

Figura 8
Histórico de operación del sistema de potencia

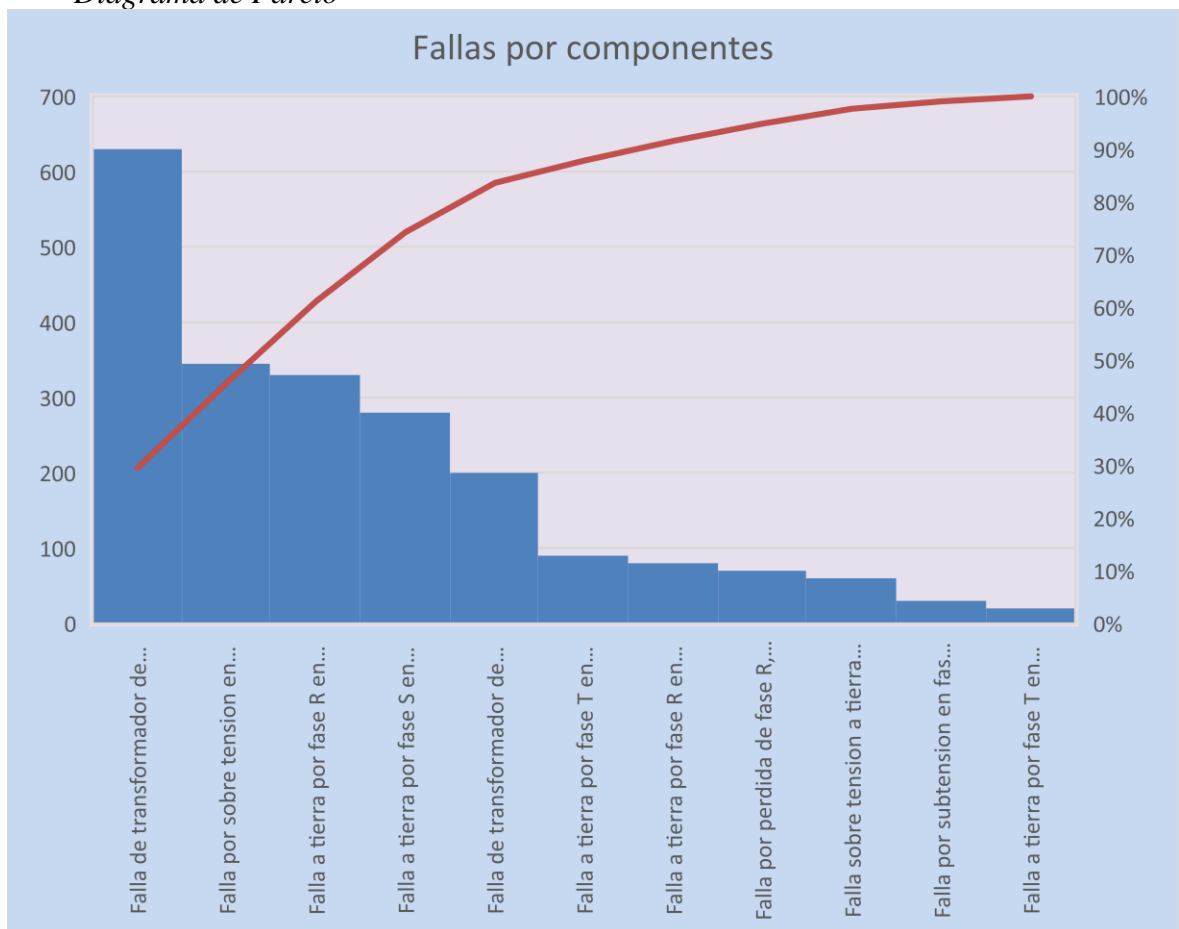


Fuente: Empresa minera de Cajamarca

Como podemos ver en el histórico de operación del sistema de potencia, las líneas que se muestran como caídas es los cortes de energía que se ha tenido durante la operación.

A continuación, se mostrará un diagrama de Pareto para la determinación de la mayor causa que provoca la falla de energía en el sistema de potencia.

Gráfico 2
Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

Según se muestra en el diagrama de Pareto la causa más alta de la falla de suministro eléctrico es por las fallas de transformador, la cual es originada raíz de avería de la terminación del cable que conecta entre el transformador y la línea de distribución, esto en su mayoría es debido a una falta de mantenimiento preventivo adecuado porque estas fallas son predecibles tomando los controles adecuados cuando se detecta en su fase inicial, y de esta manera no se genera un corte intempestivo del suministro eléctrico, También hay que tener en cuenta el trabajo de realizar una nueva terminación como un tiempo promedio de

3 horas por cada terminación lo cual dilataría más el tiempo de regresar con el suministro eléctrico.

3.2.2. Resultado del diagnóstico de la variable dependiente: Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad actual primero se tiene que realizar el cálculo de MTTR utilizando la ecuación 1, es cual nos da un MTTR de 101.67

(6)

$$MTTR = \frac{2135}{21}$$

$$MTTR = 101.67$$

También se realzo el cálculo del MTBF utilizando la ecuación 3 el cuan da un MTBF de 995.48

(7)

$$MTBF = \frac{23040-2135}{21}$$

$$MTBF = 995.48$$

A continuación, se realiza el cálculo de la disponibilidad actual del sistema eléctrico de potencia utilizando la ecuación, obteniendo una disponibilidad actual de 90.7 %, esto nos indica que hay cerca de un 10% por ciento del tiempo total que debería estar disponible no lo está.

(8)

$$Disponibilidad = \frac{995.48}{995.48+101.67}$$

$$Disponibilidad = 90.7 \%$$

Tabla 4:
Operalización de variables antes de la implementación de la mejora

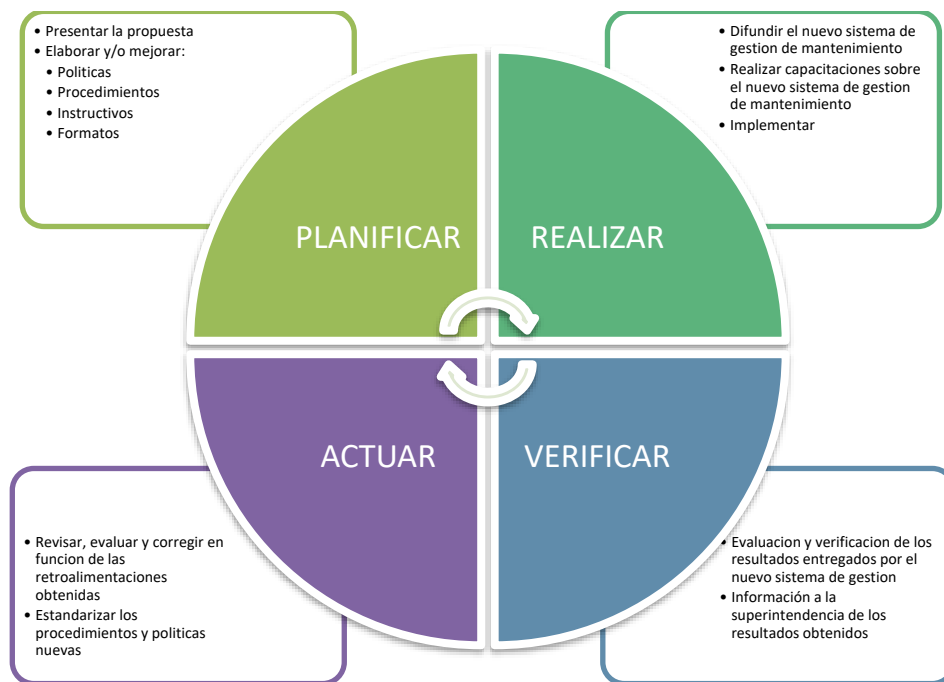
VARIABLES DEPENDIENTES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	ANTES
Sistema de gestión de mantenimiento preventivo en sistemas eléctricos de potencia	El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos (Pérez, 2021)	Eficiencia del sistema de gestion	% Aplicación	%	60%
			% Efectividad	%	72%
		Aplicacion del mantenimiento preventivo	% Intervenciones no programadas	%	60%
			% Intervenciones programadas	%	40%
VARIABLES DEPENDIENTES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES		
Disponibilidad del sistema eléctrico de potencia	La disponibilidad de una máquina o sistema es una métrica que evalúa el rendimiento de los elementos que realizan una función determinada, en un momento determinado, durante un período determinado, en función de los criterios de confiabilidad, mantenibilidad y soporte para el mantenimiento de los equipos. Posted y Alberti (2020)	Disponibilidad de suministro eléctrico	% Disponibilidad	%	90.70%
			Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Horas	996
			Tiempo medio de reparación (MTTR)	Horas	102
			Tiempo medio entre paradas (MTBS)	Horas	2040

Fuente: Elaboración propia

3.3. Diseño del sistema de gestión del mantenimiento preventivo

Figura 9.

Secuencia de realización del sistema de mantenimiento preventivo



Para la realización del diseño del sistema de mantenimiento preventivo se ha considerado utilizar la metodología basada en el ciclo de Deming, en la cual nos permite realizar el diseño cumpliendo una sistematización y lineamientos claros para de esta manera se permita tener una alta disponibilidad del sistema eléctrico de potencia, y reduciendo los altos costos que genera el tener un corte intempestivo de suministro eléctrico. A continuación, se desarrolla las cuatro etapas de la metodología PDCA.

3.3.1 Planificación del diseño del sistema de mantenimiento preventivo

El desarrollo de la etapa de planificación para el diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo usando la metodología PDCA o también conocido como el ciclo de Deming se ha subdividido las siguientes etapas:

3.3.1. Conformación de los equipos de trabajo

Para esta etapa del desarrollo se conforma los equipos de trabajo, que está conformado por colaboradores del área de mantenimiento de sistema de potencia; para lo cual uno de los equipos estará a cargo del análisis de las necesidades dentro del proceso de mantenimiento preventivo en función del diagnóstico previo realizado a las actividades realizadas por el área encargada; otro de los equipos estará a cargo de la revisión de los procedimientos y estándares con se cuenta y las mejoras para el nuevo diseño del nuevo sistema de mantenimiento preventivo al sistema eléctrico de potencia.

3.3.2. Determinar los parámetros y herramientas para un mantenimiento preventivo

La determinación de los parámetros y herramientas a utilizar dentro del diseño del sistema de mantenimiento preventivo, en función de las principales fallas encontradas en el diagnóstico previo, también teniendo en cuenta las facilidades de implementación, utilización y aplicación dentro lo requerido para la mejora de la disponibilidad sistema eléctrico de potencia.

3.3.3. Presentación del diseño a implementar

Esta es una de las etapas de gran importancia ya que se realizara la presentación por primera vez del diseño del sistema de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico de potencia, el cual el cual los involucrados dentro del proceso podrán tener sus primeras apreciaciones, comentarios y sugerencias para la mejora del perfil del sistema, también se podrá tener una lluvia de ideas para ser tomadas en lo que va del diseño, considerando que los generadores de estas ideas serán los que al final pongan en práctica y su respectivo

cumplimiento del sismo, para lo cual se espera que la primera presentación que se tenga del diseño se ha claro y preciso, de lo contrario no tendrá el alcance y/o el entendimiento necesario de lo cual dependerá su respectivo cumplimiento y aplicación; muchas de las veces el no realizar la familiarización al principio del proyecto se genera un poco aceptación o entendimiento del mismo.

3.3.4. Difusión del diseño a implementar

Luego de realizado la presentación del proyecto del diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para el sistema eléctrico de potencia de la unidad minera el siguiente paso a seguir es la difusión a las diferentes área involucradas, las cuales las principales son el área operaciones planta, manejo de aguas y administración de campamentos y cocina, también realizar la difusión a nivel de gerencia, superintendencia, jefatura, línea de supervisión y todo el personal involucrado en la actividad con el fin de cumplir con el objetivo de incrementar la disponibilidad sistema eléctrico de potencia y evitando cortes inesperados de energía eléctrica ocasionando perdidas en el proceso de producción y por ende pérdidas económicas para la compañía minera que lidera la operación.

3.3.5. Disponibilidad de equipos y herramientas adecuadas para el mantenimiento preventivo

Teniendo en consideración que para la realización de los mantenimientos preventivos dentro de sistema eléctrico de potencia se requiere de equipamiento adecuado y específico, muchos de los cuales tiene un costo un tanto elevados, los equipos e instrumentos principales a utilizar dentro de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo son:

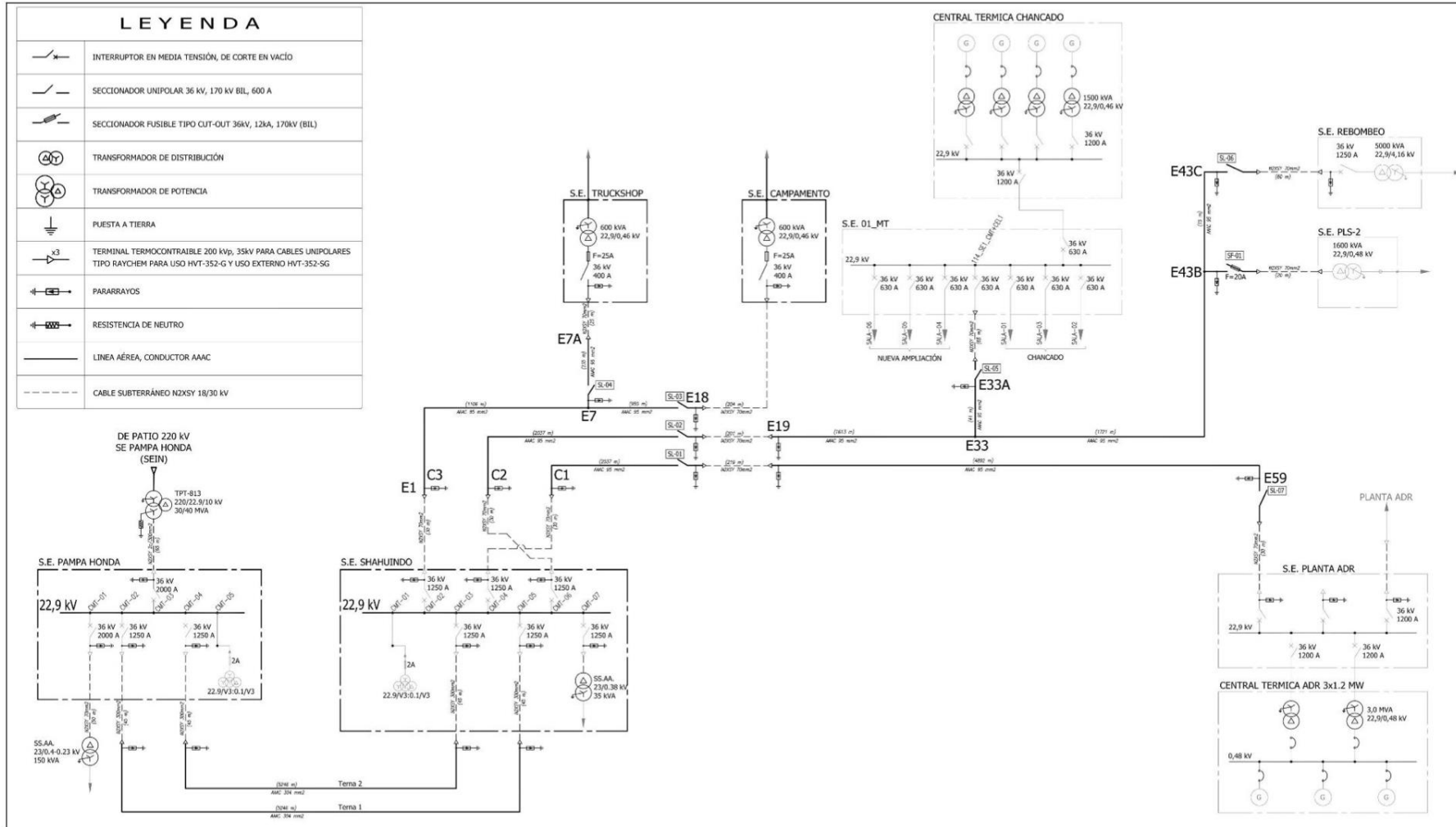
- Cámara termográfica de alta resolución
- Cámara de infrarrojos
- Megómetro de 10 KV

- Telurómetro
- Analizador de redes eléctricas
- Maleta de pruebas CPC-100
- Dron equipado con cámara de alta resolución

Al todo el equipamiento adecuado se puede realizar de forma efectiva el mantenimiento preventivo, también se tiene que tener en consideración los accesos con los equipos y herramientas para realizar las actividades programadas, para ello se tiene que tener disponible para el personal ejecutor una unidad móvil tanto por el acceso como también por las distancias del recorrido como se puede evidencia en la Figura. 02.

Figura 10

Diagrama del sistema eléctrico de potencia de la unidad minera



Fuente: Unidad minera Cajamarca

3.2.2. Etapa de hacer el diseño

3.2.2.1. Asignación de las herramientas de gestión

Para la realización del diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo se asigna todas las herramientas necesarias o se diseña las que fueran necesarias para llevar a cabo un adecuado control y seguimiento.

3.2.3 Etapa de verificación el diseño

Con el fin de dar cumplimiento al nuevo diseño del sistema de gestión de mantenimiento se realiza un seguimiento al recojo de información en los formatos llenados de forma correcta para de esta forma obtener un histórico de los componentes del sistema eléctrico de potencia.

- **Formatos, Check – list.**

Los responsables de cada área están a cargo de dar cumplimiento y correcto llenado de formatos y check – list de los componentes principales del sistema eléctrico de potencia (Referencia Fig. 03, Fig. 04 y Fig. 05). También este personal se encuentra a cargo del reporte diario de mantenimiento y el correcto uso del sistema de registro de fallas e intervenciones, teniendo de esta manera los datos necesarios y medir los indicadores de mantenimiento.

Figura 6.
Chek list de intervencion de torres electricas

	CHECK LIST TORRES ELECTRICAS	VERSION: 0001
--	------------------------------	---------------

Fecha: _____	Hora: _____
Estructura N°: _____	Tipo de estructura: _____
Ubicación / Lugar: _____	Coordenadas: _____
Tension en KV: _____	Revision: _____
Periodicidad: _____	

ITEM	VERIFICACIONES / OPERACIONES	SI	NO	BIEN	MAL	N/A	OBSERVACIONES
1	Verificación de estructura (de acuerdo a plano).						
2	Verificación de estado de cadena de aisladores de vidrio templado de andaje.						
3	Verificación de estado de cadena de aisladores de vidrio templado de suspension.						
4	Verificación de estado de componentes de ferreteria electrica.						
5	Verificación de amarre y engrapado del conductor a los aisladores.						
6	Verificar el estado y posicion de las piezas.						
7	Verificar el estado de cables y conexiones a tierra.						
8	Verificar la puesta tierra.						
9	Verificar el estado de las grapas de conexión.						
10	Verificar el estado y separacion del cuello del conductor.						
11	Verificación de la cimentacion.						
12	Verificación estado y ubicación de rotulos de señalizacion.						
13	Verificación estado de señalizacion y faseado.						
14	Verificación de estado de cerco antiescalamiento.						
15	Verificación de estado de peldaños de escalamiento.						
16	Verificación de estado del cerco perimetrico						

CONCLUSION	
MUY DEFICIENTE	
DEFICIENTE	
MEJORABLE	
CORRECTO	

ACCIONES A TOMAR PARA CORREGIR LAS DEFICIENCIAS ENCONTRADAS	

OBSERVACIONES: _____

FIRMA: _____
Nombre Inspector:

FIRMA: _____
Nombre Supervisor:

Fuente: Elaboracion propia

Figura 11

Check list de intervención de transformadores de potencia

		CHECK LIST DE TRANSFORMADOR							VERSION: 0001
Fecha:		Hora:							
Ubicación:		Tipo / Modelo de Transformador:							
TAG N°:		Tension nominal KV:							
N° Serie:		Monofásico: <input type="checkbox"/>							
Potencia KVA:		Trifásico: <input type="checkbox"/>							
Tipo de conexion: Dy5									
ITEM	VERIFICACIONES / OPERACIONES	SI	NO	BIEN	MAL	N/A	VALOR	OBSERVACIONES	
1	Verificación del nivel de aceite.								
2	Temperatura de aceite								
3	Verificación del relé Buchholz.								
4	Verificación de hermeticidad, fugas de aceite.								
5	Verificación del cambiador de derivaciones (TAG).								
6	Verificación del estado de la sílica gel y el vaso deshumedecido								
7	Verificación de los aisladores lado media tensión (MT).								
8	Verificación de los aisladores lado baja tensión (BT).								
9	Verificación de las terminaciones de media tensión (MT).								
10	Verificación del estado de terminales de baja tensión (BT).								
11	Verificación de TAG de identificación de fases de MT y BT.								
12	Verificación de ajuste de terminales, pernos de barras en MT y B								
13	Verificación del estado de cables de MT y BT.								
14	Verificación del estado de cables de control y alarma.								
15	Verificación del estado de los dispositivos de control.								
16	Verificación de identificación de cables de control.								
17	Verificación de ajuste de bombas de control.								
18	Visualizar si es legible la placa de características.								
19	Verificación de que el tanque esté eficazmente conectada a tierra								
20	Verificación de conexiones a tierra.								
21	Verificación del estado del transformador en cuanto a pintura.								
22	Verificación de los anclajes.								
23	Verificación estado de señalización de puestas a tierra.								
24	Carga de operación								
25	Precensia de vacuometro								
T. DEVANAFOS	T.DE ACEITE	CUENTA RAYOS	VOLTAJE MT (Kv):		VOLTAJE BT (v)				
A:	A:	LINEA R:	U1-V1:		U1-V1:				
B:	B:	LINEA S:	U1-W1:		U1-W1:				
C:	C:	LINEA T:	V1-W1:		V1-W1:				
MAX:	MAX:								
ACTUAL:	ACTUAL:								
CONCLUSION		ACCIONES A TOMAR PARA CORREGIR LAS DEFICIENCIAS ENCONTRADAS							
MUY DEFICIENTE									
DEFICIENTE									
MEJORABLE									
CORRECTO									
OBSERVACIONES:									
FIRMA: _____					FIRMA: _____				
Nombre Inspector:					Nombre Supervisor:				

Fuente: Elaboracion propia

Figura 12

Check list de verificación de subestaciones eléctricas

		CHECK LIST SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	VERSION: 0001				
Subestación: _____	Lugar: _____	Ubicación: _____					
Fecha: _____	Hora: _____	Turno: _____					
Revisión: _____	Periodicidad: _____	Tipo Celda: _____					
Interruptor: _____	Tipo Transformador: _____	Potencia Transformador: _____					
Fusibles: _____	Fusible (A): _____	Tipo Seccionador: _____					

ITEM	PARTE	VERIFICACIONES / OPERACIONES	SI	NO	BIEN	MAL	N/A	OBSERVACIONES
1	INTERRUPTOR DE POTENCIA	Verificación de mecanismos de operación, apertura y cierre manual.						
2		Verificación presión de gas SF6.						
3		Verificación de mando local y a distancia, apertura y cierre.						
4		Verificación de disparos por protecciones.						
5		Verificar la puesta a tierra. Ajuste en terminales de puesta a tierra						
6		Verificar la llaves de enclavamiento.						
7		Verificar el estado de la señalización de cierre- apertura, aterramiento.						
8		Verificar el estado de las palancas de maniobra.						
9		Verificar las señalizaciones de identificación de interruptor.						
10		Verificación de la estructura, oxidación, pintura.						
11	SECCIONADOR DE POTENCIA	Verificación de mecanismos de operación, apertura y cierre manual.						
12		Verificación de mando local y a distancia, apertura y cierre.						
13		Verificación de las articulaciones y partes móviles del seccionador.						
14		Verificación de sistema de puesta a tierra.						
15		Verificar la llaves de enclavamiento.						
16		Verificar el estado de la señalización de cierre- apertura, aterramiento.						
17		Verificar el estado de las palancas de maniobra.						
18		Verificar las señalizaciones de identificación de seccionador.						
19		Verificación de la estructura, oxidación, pintura.						
37	CELDA SMT	Visualizar el estado general de las celdas, limpieza, oxidación.						
38		Compartimiento de interruptor VD4 - HD4. (estructura mecánica)						
39		Compartimiento de barra principal. (estructura mecánica)						
40		Compartimiento de cable. (estructura mecánica)						
41		Compartimiento de baja tensión. (estructura mecánica)						
42		Conducto de escape de gas. (estructura mecánica)						
43		Verificación de operación del interruptor (VD4 - H4)						
44		Verificación de accionamiento mecánico apertura y cierre						
45		Verificación de operación del sistema de puesta a tierra.						
46		Verificación de la puesta a tierra - enclavamiento de seccionador.						
47		Verificación de puertas - enclavamiento de puesta a tierra.						
48		Verificación de protecciones, disparos.						
49		Verificación del sistema de inserción del interruptor.						
50		Verificación conexiones de transformadores de corriente y potencial M						
51	Verificación, conexiones a barras y cables.							
52	Verificación entrada y salida del carro interruptor.							
53	Verificación de las palancas de maniobra.							
54	Verificación de disparo de fusibles.							
55	Verificación calefacción e iluminación.							
56	Verificación de voltaje en indicadores de tensión.							
57	CONTROL MEDIDA Y PROTECCION	Verificación de equipos y accesorios.						
58		Verificación identificación de cables y borneras.						
59		Verificación señales de seccionadores de corriente y de potencial.						
60		Verificación y operación de instrumentos.						
61		Verificación del estado de los displays.						
62		Verificación del estado de las lámparas de señalización.						
63		Verificación del estado de los conmutadores.						
64		Verificación del estado de los cables de control.						
65		Verificación de ajuste de los terminales de borneras y equipos						
66		Verificación de alarmas en relés de protección.						
67		Verificación de identificación de elementos eléctricos.						
68		Verificación de iluminación en tablero.						
69		Verificación de aterramiento de tablero.						
70		Verificación de estado general del tablero.						

CONCLUSION	ACCIONES A TOMAR PARA CORREGIR LAS DEFICIENCIAS ENCONTRADAS
MUY DEFICIENTE	
DEFICIENTE	
MEJORABLE	
CORRECTO	

OBSERVACIONES:	

FIRMA: _____ Nombre Inspector:	FIRMA: _____ Nombre Supervisor:
-----------------------------------	------------------------------------

Fuente: Elaboración propia

- **Indicadores de gestión**

Teniendo los formatos elaborados en función de la evaluación de los manuales de mantenimiento de los transformadores de potencia proporcionados por la empresa ABB (ABB, 2010), también los manuales de servicio de operación y mantenimiento de las celdas de media tensión (ABB, 2010) se realizó las cartillas de mantenimiento los cuales servirán de apoyo para el control de mantenimiento de los componentes del sistema de potencia, de esta manera se tiene el control y se mantiene la alta disponibilidad del sistema eléctrico dar potencia para ello también se proponer las siguientes cartillas de mantenimiento que ayudaran a la mejora y control de los i dictadores de manteamiento.

Figura 9. Plan de mantenimiento para celdas de media tensión SIEMENS

Operación	Equipo	1	6	12	Cantidad de personas			Horas programadas		
	Código TAG	Mes	Mes	Mes	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3
	Tipo de Mantenimiento	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3
	: CELDA MEDIA TENSIÓN SIEMENS 8DJH 36									
	: 114SECMTCCL1, 114SECMTCCL2, 114SECMTCCL3, 114SECMTCCL4, 114SECMTCCL5, 114SECMTCCL6, 114SECMTCCL7, 114SECMTCCL8									
	: PREVENTIVO ELÉCTRICO									
10	SEGURIDAD	x	x	x	2	2	3	0.5	0.5	0.5
	1 Utilizar los EPPs adecuados	x	x	x						
	2 Realizar check list de herramientas y equipo necesario a utilizar	x	x	x						
	3 Contar con la señalización del nivel de arco eléctrico	x	x	x						
	4 Llenar correctamente el IPERC y revisar los PETS	x	x	x						
	5 En el proceso de maniobras, aplicar las 5 Reglas de Oro del Electricista (colocar Lock Out-Tag Out)		x	x						
20	MBC (INSPECCIÓN VISUAL)	x	x	x	2	2	3	0.5	0.5	0.5
	CELDA ELÉCTRICA	x	x	x						
	1 Revisar la hermeticidad, estructura, cableado y rotulado	x	x	x						
	2 Revisar la línea a tierra de la estructura	x	x	x						
	3 Revisar los parámetros de operación (corriente, tensión y potencia)	x	x	x						
	4 Revisar presión de gas SF6	x	x	x						
30	MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)		x	x		2	3		2	2
	CELDA ELÉCTRICA (COMPARTIMIENTO DE CONTROL)		x	x						
	1 Inspeccionar compartimientos accesibles de la celda		x	x						
	2 Realizar la limpieza de la celda y aspirar polución		x	x						
	3 Limpieza, revisión de cableado y ajuste de borneras en compartimiento de control		x	x						
	4 Revisar condición de las terminaciones y cableado en media tensión		x	x						
	5 Realizar medición termográfica		x	x						
40	AC (MANTENIMIENTOS MAYORES Y PRUEBAS)			x			3			4
	CELDA ELÉCTRICA			x						
	1 Limpieza de los compartimientos accesibles en media tensión			x						
	2 Lubricar mecanismo de aterramiento			x						
	COMPARTIMIENTO DE CABLES			x						
	1 Realizar el megado para medir la condición del aislamiento en el conductor eléctrico			x						
	COMPARTIMIENTO DEL INTERRUPTOR			x						
	1 Verificar correcta operación del interruptor			x						
	2 Realizar el rellenado de gas SF6			x						
	COMPARTIMIENTO DE BARRAS			x						
	1 Medir resistencia de contactos			x						
	2 Verificar torqueo adecuado de terminaciones			x						

REPUESTOS MATERIALES										
MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)										
OP	COD. ORACLE	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT. ÚTIL	UM	MARCA	1 MES	6 MES	12 MES	ESTRATÉGICO
30	10011044		TRAPO INDUSTRIAL DE COLORES	0.5	KG			x	x	x
AC (MANTENIMIENTOS MAYORES Y PRUEBAS)										
OP	COD. ORACLE	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT. ÚTIL	UM	MARCA	1 MES	6 MES	12 MES	ESTRATÉGICO
40	10011044		TRAPO INDUSTRIAL DE COLORES	0.5	KG				x	x
40		004131	ISOFLX TOPAS NB52 (LATA DE 1KG)	1	UND	KLUBER			x	x
40		SD-006-1	DESENGRASANTE DIELECTRICO AGESOLV 360, PLUS (1 GALON)	1	UND	CHEM TOOLS			x	x
40	10016789		LIMPIA CONTACTO ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO NO INFLAMABLE NOVEC	1	PZA				x	x

Fuente: Elaboración propia

Figura 10.

Plan de mantenimiento para celdas de media tensión ABB ZS2

Operación	Equipo	: CELDA MEDIA TENSIÓN ABB ZS2	1	6	12	Cantidad de personas			Horas programadas		
	Código TAG	: 114SE04CMT02, 114SE04CMT03, 114SE04CMT04, 114SE04CMT05, 114SE04CMT06, 114SE04CMT07, CMT01, CMT02, CMT03, CMT04, 100SGM001A, 100SGM001B, 100SGM001C, 100SGM001D, 100SGM001E, 100SGM001G, 135USCE002	Mes	Mes	Mes	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3
	Tipo de Mantenimiento	: PREVENTIVO ELÉCTRICO	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3
10	SEGURIDAD		x	x	x	2	2	3	0.5	0.5	0.5
	1 Utilizar los EPPs adecuados		x	x	x						
	2 Realizar check list de herramientas y equipo necesario a utilizar		x	x	x						
	3 Contar con la señalización del nivel de arco eléctrico		x	x	x						
	4 Llenar correctamente el IPERC y revisar los PETS		x	x	x						
	5 En el proceso de maniobras, aplicar las 5 Reglas de Oro del Electricista (colocar Lock Out-Tag Out)			x	x						
20	MBC (INSPECCIÓN VISUAL)		x	x	x	2	2	3	0.5	0.5	0.5
	CELDA ELÉCTRICA		x	x	x						
	1 Revisar la hermeticidad, estructura, cableado y rotulado		x	x	x						
	2 Revisar la línea a tierra de la estructura		x	x	x						
	3 Revisar los parámetros de operación (corriente, tensión y potencia)		x	x	x						
30	MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)			x	x		2	3		2	2
	CELDA ELÉCTRICA (COMPARTIMIENTO DE CONTROL)			x	x						
	1 Inspeccionar compartimientos accesibles de la celda			x	x						
	2 Realizar la limpieza de la celda y aspirar polución			x	x						
	3 Limpieza, revisión de cableado y ajuste de bornas en compartimiento de control			x	x						
	4 Revisar condición de las terminaciones y cableado en media tensión			x	x						
	5 Realizar medición termográfica			x	x						
40	AC (MANTENIMIENTOS MAYORES Y PRUEBAS)				x			3			5
	CELDA ELÉCTRICA				x						
	1 Limpieza de los compartimientos accesibles en media tensión				x						
	2 Lubricar mecanismo de aterramiento				x						
	COMPARTIMIENTO DE CABLES				x						
	1 Realizar el megado para medir la condición del aislamiento en el conductor eléctrico				x						
	COMPARTIMIENTO DEL INTERRUPTOR				x						
	1 Medir la resistencia de aislamiento				x						
	2 Medir la resistencia de contactos				x						
	3 Verificar correcta operación del interruptor				x						
	4 Lubricar carril y zonas de fricción				x						
	5 Verificar los correctos tiempos de operación del interruptor				x						
	COMPARTIMIENTO DE BARRAS				x						
	1 Medir la resistencia de contactos				x						
	2 Verificar torqueo adecuado de terminaciones				x						

REPUESTOS MATERIALES										
MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)										
OP	COD. ORACLE	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT. ÚTIL	UM	1 MES	6 MES	12 MES	AUTOMÁTICO	ESTRATÉGICO
30	10011044		TRAPO INDUSTRIAL DE COLORES	0.5	KG		x	x	x	
AC (MANTENIMIENTOS MAYORES Y PRUEBAS)										
OP	COD. ORACLE	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT. ÚTIL	UM	1 MES	6 MES	12 MES	AUTOMÁTICO	ESTRATÉGICO
40	10011044		TRAPO INDUSTRIAL DE COLORES	0.5	KG			x	x	
40		004131	ISOFLEX TOPAS NB52 (LATA DE 1KG)	1	UND			x		x
40		SD-006-1	DESENGRASANTE DIELECTRICO AGESOLV 360, PLUS (1 GALON)	1	UND			x		x
40	10016789		LIMPIA CONTACTO ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO NO INFLAMABLE NOVEC	1	PZA			x		x

Fuente: Elaboración propia

Figura 11.

Plan de mantenimiento para transformadores sumergidos en aceite ABB.

Operación	Equipo	: TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN ACEITE ABB	3	12	36	Cantidad de Personas			Horas Programadas		
	Código TAG	: 135XFP006A, 135XFP006B, 135XFP006C, 135XFP006D	Mes	Mes	Mes	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3
	Tipo de Mantenimiento	: PREVENTIVO ELÉCTRICO	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3
10	SEGURIDAD		x	x	x	1	2	3	0.5	0.5	0.5
	1 Utilizar los EPPs adecuados		x	x	x						
	2 Llenar correctamente el IPERC y revisar los PETS		x	x	x						
	3 Desconectar y bloquear toda fuente de energía (colocar Lock Out-Tag Out)			x	x						
	4 Realizar check list de herramientas y equipo necesario a utilizar		x	x	x						
20	MBC (INSPECCIÓN VISUAL)		x	x	x	1	2	3	0.5	0.5	0.5
	TRANSFORMADOR		x	x	x						
	1 Revisar la hermeticidad, estructura, cableado y rotulado		x	x	x						
	2 Revisar la línea a tierra		x	x	x						
	3 Revisar los instrumentos de medición y control		x	x	x						
	4 Revisar estado del silica-gel		x	x	x						
	5 Identificar el nivel de polución existente		x	x	x						
	6 Verificar existencia de ruidos extraños		x	x	x						
	7 Revisar estado de contención para derrames		x	x	x						
	8 Verificar existencia de fuga de aceite		x	x	x						
	9 Realizar medición termográfica		x	x	x						
30	MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)			x	x		2	3		2	2
	TRANSFORMADOR			x	x						
	1 Realizar la limpieza externa del transformador			x	x						
	2 Realizar la limpieza de los compartimento de baja y alta tensión			x	x						
	3 Realizar la limpieza de las terminaciones en los compartimentos de baja y alta tensión			x	x						
	4 Realizar torqueo adecuado de terminaciones			x	x						
	5 Realizar la limpieza, revisión de cableado y ajuste de borneras en compartimento de control			x	x						
	6 Cambiar silical-gel del transformador según condición			x	x						
	7 Realizar prueba de protecciones propias del transformador			x	x						
	8 Realizar extracción de muestra de aceite para pruebas fisico-químicas (Rigidez dieléctrica Norma ASTM D 3612), y cromatografía de gases disueltos Norma ASTM D 1816			x	x						
40	AC (MANTENIMIENTOS MAYORES Y PRUEBAS)				x			3			4
	TRANSFORMADOR				x						
	1 Realizar prueba de relación de transformación				x						
	2 Realizar medición de resistencias de devanados				x						
	3 Realizar medición de resistencia de aislamiento				x						
	4 Realizar prueba de tangente-delta				x						

REPUESTOS MATERIALES

MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)											
OP	COD. ORACLE	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT. ÚTIL	UM	MARCA	3 MES	12 MES	36 MES	AUTOMÁTICO	ESTRATÉGICO
30	10011044		TRAPO INDUSTRIAL DE COLORES	1	KG			x	x	x	
30		7255-04-INT0	LIMPIADOR DE MANOS CON PIEDRA POMEZ 2000ML	1	UND	GOJO NATURAL ORANGE		x	x		x
30		SD-006-1	DESENGRASANTE DIELECTRICO AGESOLV 360, PLUS (1 GALON)	1	UND	CHEM TOOLS		x	x		x
30	10046982		SILICA GEL PARA TRANSFORMADORES (25KG)	1	UND			x	x		x
AC (MANTENIMIENTOS MAYORES Y PRUEBAS)											
OP	COD. ORACLE	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT. ÚTIL	UM	MARCA	3 MES	12 MES	36 MES	AUTOMÁTICO	ESTRATÉGICO
40	10011044		TRAPO INDUSTRIAL DE COLORES	1	KG				x	x	
40	10016789		LIMPIA CONTACTO ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO NO INFLAMABLE NOVEC	1	PZA				x		x

Fuente: Elaboración propia

Figura 12.

Plan de mantenimiento para líneas de transmisión externa.

Operación	Equipo	3		12		Cantidad de Personas		Horas Programadas			
	Código TAG	Mes		Mes		PM1	PM2	PM1	PM2		
	Tipo de Mantenimiento	PM1	PM2	PM1	PM2						
10	SEGURIDAD	LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA EXTERNA		PREVENTIVO ELECTRICICO		x	x	2	2	0.5	0.5
	1 Utilizar los EPPs adecuados	x	x								
	2 Llenar correctamente el IPERC y revisar los PETS	x	x								
	3 Realizar check list de herramientas y equipo necesario a utilizar	x	x								
20	MBC (INSPECCION VISUAL)	LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA EXTERNA		PREVENTIVO ELECTRICICO		x	x	2	2	25	25
	1 Realizar la inspección visual de la estructura de las torres de media tensión	x	x								
	2 Verificar el correcto TAG de las torres de media tensión	x	x								
	3 Verificar estado de cerco antiescalamiento y cerco perimetral	x	x								
	4 Verificar presencia y estado de señalización de fases	x	x								
	5 Verificar acceso a las torres de media tensión	x	x								
	6 Inspeccionar la cimentación de las torres de media tensión	x	x								
	7 Inspeccionar cadena de aisladores de suspensión y anclaje	x	x								
	8 Verificar distancia adecuada entre conductor eléctrico y estructura	x	x								
	9 Inspeccionar los cuellos de las estructuras	x	x								
	10 Inspeccionar grapas de anclaje y amarres del aislador a los conductores	x	x								
	11 Inspeccionar grilletos y uniones del aislador a la estructura	x	x								
	12 Inspeccionar ferretería de las torres de media tensión	x	x								
	13 Inspeccionar terminaciones	x	x								
	14 Inspeccionar cable de guarda	x	x								
	15 Inspeccionar estado de cables y conexión a tierra	x	x								
	16 Realizar la inspección visual de las líneas de media tensión	x	x								
	17 Inspeccionar estado de amortiguadores de línea	x	x								
	18 Verificar el cumplimiento de las distancias de seguridad fase- fase de las líneas de media tensión	x	x								
	19 Verificar el cumplimiento de la altura de la línea de media tensión para tránsito peatonal y/o vehicular	x	x								
	20 Realizar la inspección de la franja de servidumbre (verificar no exista presencia de obstáculos y/o vegetación)	x	x								
	21 Inspeccionar estado de cunetas de coronación	x	x								
	22 Inspeccionar presencia y estado de pararrayos en las torres de media tensión	x	x								
30	MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)	LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA EXTERNA		PREVENTIVO ELECTRICICO			x	2			30
	1 Realizar el corte de vegetación existente en las franjas de servidumbre si fuese necesario		x								
	2 Realizar la inspección y medición del sistema de puesta a tierra		x								
	3 Realizar medición termográfica a las líneas de media tensión y componentes		x								
	4 Realizar medición de ultrasonido a las líneas de media tensión y componentes		x								

REPUESTOS MATERIALES							3 MES	12 MES	AUTOMATICO	ESTRATEGICO
OP	COD. ORACLE	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT. ÚTIL	UM	MARCA				
30	10011044		TRAPO INDUSTRIAL DE COLORES	1	KG			x		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13.

Plan de mantenimiento para líneas de transmisión interna.

Operación	Equipo	: LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA INTERNA	3	12	Cantidad de Personas		Horas Programadas			
	Código TAG	: LTMT03	Mes	Mes	PM1	PM2	PM1	PM2		
	Tipo de Mantenimiento	: PREVENTIVO ELECTRICO	PM1	PM2	PM1	PM2	PM1	PM2		
10	SEGURIDAD		x	x	2	2	0.5	0.5		
	1 Utilizar los EPPs adecuados		x	x						
	2 Llenar correctamente el IPERC y revisar los PETS		x	x						
	3 Realizar check list de herramientas y equipo necesario a utilizar		x	x						
20	MBC (INSPECCION VISUAL)		x	x	2	2	60	60		
	LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA INTERNA		x	x						
	1 Realizar la inspección visual de la estructura de los postes de media tensión		x	x						
	2 Verificar el correcto TAG de los postes de media tensión		x	x						
	3 Verificar presencia y estado de señalización de fases		x	x						
	4 Verificar acceso a los postes de media tensión		x	x						
	5 Inspeccionar la cimentación de los postes de media tensión		x	x						
	6 Inspeccionar cadena de aisladores de suspensión y anclaje		x	x						
	7 Verificar distancia adecuada entre conductor eléctrico y estructura		x	x						
	8 Inspeccionar los cuellos de las estructuras		x	x						
	9 Inspeccionar grapas de anclaje y amarres del aislador a los conductores		x	x						
	10 Inspeccionar grilletas y uniones del aislador a la estructura		x	x						
	11 Inspeccionar ferretería de los postes de media tensión		x	x						
	12 Inspeccionar estado y nivelación de las crucetas		x	x						
	13 Inspeccionar terminaciones		x	x						
	14 Inspeccionar cable de guarda		x	x						
	15 Inspeccionar estado de cables y conexión a tierra		x	x						
	16 Inspeccionar estado y posición de las retenidas		x	x						
	17 Realizar la inspección visual de las líneas de media tensión.		x	x						
	18 Inspeccionar estado de amortiguadores de línea		x	x						
	19 Verificar el cumplimiento de las distancias de seguridad fase- fase de las líneas de media tensión		x	x						
	20 Verificar el cumplimiento de la altura de la línea de media tensión para tránsito peatonal y/o vehicular		x	x						
	21 Realizar la inspección de la franja de servidumbre (verificar no exista presencia de obstáculos y/o vegetación)		x	x						
	22 Inspeccionar estado de cunetas de coronación		x	x						
	23 Inspeccionar presencia y estado de pararrayos en los postes de media tensión		x	x						
	24 Inspeccionar estado de los seccionadores, cut-out y fusibles		x	x						
	25 Inspeccionar estado de las rejillas equipotenciales en los postes con presencia de equipos de maniobra		x	x						
30	MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)			x	2			120		
	LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA INTERNA			x						
	1 Realizar el corte de vegetación existente en las franjas de servidumbre si fuese necesario			x						
	2 Realizar la inspección y medición del sistema de puesta a tierra			x						
	3 Realizar medición termográfica a las líneas de media tensión y componentes			x						
	4 Realizar medición de ultrasonido a las líneas de media tensión y componentes			x						
REPUESTOS MATERIALES										
MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)										
OP	COD. ORACLE	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT. ÚTIL	UM	MARCA	3 MES	12 MES	AUTOMATICO	ESTRATEGICO
30	10011044		TRAPO INDUSTRIAL DE COLORES	1	KG			x	x	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14.

Plan de mantenimiento para subestaciones eléctricas

Operación	Equipo	: SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	3	Cantidad de Personas	Horas Programadas
	Código TAG	: 114SE01MT, 114SE02MT, 114SE03MT, 114SE04MT, 114SE05MT, 114SE06MT, 114SE07MT, 113SC001, 135US001, 135US002, 250ER001, SEBT001, SEBT002, SEBT003, SEBT004, SEBT005, SEBT006, SEBT007	Mes		
	Tipo de Mantenimiento	: PREVENTIVO ELÉCTRICO	PM1		
10	SEGURIDAD		x	2	0.5
	1 Utilizar los EPPs adecuados		x		
	2 Llenar correctamente el IPERC y revisar los PETS		x		
	4 Realizar check list de herramientas y equipo necesario a utilizar		x		
20	MBC (INSPECCION VISUAL)		x	2	2
	SALAS ELÉCTRICAS		x		
	1 Verificar que no existan obstáculos en los ingresos a las subestaciones eléctricas		x		
	2 Verificar que no existan obstáculos en escaleras ni pasadizos		x		
	3 Verificar que los pisos y escaleras resbaladizas se encuentren provistos de un revestimiento antideslizante.		x		
	4 Verificar que la instalación se encuentre libre de materiales inflamables, polvo, humo y no sea utilizada para almacenamiento		x		
	5 Verificar que no exista presencia de vegetación elevada		x		
	6 Verificar que no exista presencia de fauna dentro de la instalación		x		
	7 Verificar que la cerca metálica de la subestación eléctrica se encuentre debidamente aterrada		x		
	8 Verificar señalización y ubicación de la puesta a tierra de la subestación eléctrica		x		
	9 Verificar funcionamiento de las luces de alumbrado y tomacorrientes de la subestación eléctrica		x		
	10 Verificar presencia y funcionamiento de las luces de emergencia		x		
	11 Verificar presencia y funcionamiento del sistema de alarma contra incendio		x		
	12 Verificar presencia, señalización y correcta ubicación del equipo extintor de incendio		x		
	13 Verificar que el equipo extintor de incendio se encuentre con la inspección vigente		x		
	14 Verificar correcta rotulación e identificación de la subestación eléctrica		x		
	15 Verificar correcta rotulación de equipos al interior de la subestación eléctrica		x		
	16 Verificar la presencia y ubicación visible del diagrama unifilar actualizado que ayude a la operación del sistema eléctrico		x		
	17 Verificar presencia y buen estado de avisos que indiquen instrucciones a seguir en caso de incendio e indiquen el teléfono del área responsable para notificar acontecimientos de emergencia		x		
	18 Verificar presencia y buen estado de avisos que señalen la manera de prestar primeros auxilios a los trabajadores que entren en contacto con conductores o equipos energizados		x		
	19 Verificar presencia y buen estado de advertencias de riesgo eléctrico debidamente colocadas en todo equipo eléctrico de tensión superior a 100V		x		
	20 Verificar presencia y buen estado de señalización con indicaciones de área restringida		x		
	21 Verificar presencia y buen estado de rejillas equipotenciales y dispositivos para realizar maniobras		x		
	22 Verificar KIT de salvamento y EPP utilizado ante arco eléctrico		x		
	23 Verificar que no exista señalización de alarmas en los equipos dentro de la subestación eléctrica		x		
	24 Verificar la presencia y buen estado de la bitácora de registro de ingreso a las subestación eléctrica		x		
30	MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)		x	2	2
	SALAS ELÉCTRICAS		x		
	1 Realizar orden y limpieza de la subestación eléctrica		x		
	2 Realizar el retiro de vegetación elevada presente dentro de la subestación eléctrica		x		
	3 Realizar mantenimiento correctivo en caso de existir algún inconveniente con los equipos o componentes presentes dentro de la subestación eléctrica		x		

REPUESTOS MATERIALES									
MBC (MANTENIMIENTOS MENORES)									
OP	COD. ORACLE	Nº PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT. ÚTIL	UM	MARCA	3 MES	AUTOMATICO	ESTRATEGICO
30	10011044		TRAPO INDUSTRIAL DE COLORES	1	KG			x	

Fuente: Elaboración propia

3.4. Resultados de aplicación del diseño de sistema de gestión

3.4.1. Resultados luego de la aplicación en la variable independiente: gestión de mantenimiento preventivo

La consideración de este paso también como uno de los más importantes, porque mediante el cual podremos determinar si la gestión de mantenimiento preventivo está teniendo los resultados esperados o aún hay algo que mejorar. Estas evaluaciones se realizarán por medio del control de las inspecciones secuenciales, de esta manera se verificará que el propósito del mantenimiento se esté dando cumplimiento; por esto se debe tener en cuenta que las inspecciones se realizarán cada vez que se tenga una orden de trabajo de mantenimiento, según lo establece el programa de mantenimientos elaborado para tal caso. Para tener un historial de estas evaluaciones se realizarán fichas de inspecciones, una por cada orden de trabajo, en ellas indicará que tipo de trabajo se realizó, si se realizó de forma adecuada, el responsable del trabajo, el responsable de la inspección, y la supervisión que estuvo a cargo.

3.4.2. Resultados luego de la aplicación en la variable dependiente: Disponibilidad

Para el indicador del MTTR se tendría una reducción de numero de paradas de 21 a 14 y se tendría un tiempo de 1035 horas reducción, debido a la realización del mantenimiento preventivo a los componentes de los transformadores de tensión los cuales son los que generan mayor tiempo de fuera de servicio se reduce de forma significativa el tiempo de reposición del suministro eléctrico.

(9)

$$MTTR = \frac{1035}{14}$$

$$MTTR = 73.93$$

También tenemos el nuevo MTBF:

(10)

$$MTBF = \frac{23040-1035}{14}$$

$$MTBF = 1571.79$$

La disponibilidad luego de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo:

(11)

$$Disponibilidad = \frac{1571.79}{1571.79+73.93}$$

$$Disponibilidad = 95.51 \%$$

Como se puede mostrar en los cálculos anterior realizados luego de la implementación de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento, tenemos una mejor disponibilidad en el sistema eléctrico de potencia que haciende al 95.51%. También se debe tener en consideración los factores climáticos los cuales no pueden ser controlados por el humano, por ello solo se puede prevenir para evitar que impacten en los componentes del sistema eléctrico de potencia ocasionando corte intempestivo de suministro eléctrico.

A continuación, se presenta la operalización de variables con los resultados después de la aplicación de lo planteado en la presente investigación, que es tener un mejor sistema de gestión de mantenimiento de esta manera se mejora la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia.

Tabla 5.
Operalización de variables luego de la implementación de la mejora

VARIABLES DEPENDIENTES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	ANTES	DESPUES	DIFERENCIA
Sistema de gestión de mantenimiento preventivo en sistemas electricos de potencia	El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos (Pérez, 2021)	Eficencia del sistema de gestion	% Aplicación	%	60%	85%	25%
			% Efectividad	%	72%	92%	20%
		Aplicacion del mantenimiento preventivo	% Intervenciones no programadas	%	60%	30%	-30%
			% Intervenciones programadas	%	40%	70%	30%
VARIABLES DEPENDIENTES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES				
Disponibilidad del sistema eléctrico de potencia en una unidad minera	La disponibilidad de una máquina o sistema es una métrica que evalúa el rendimiento de los elementos que realizan una función determinada, en un momento determinado, durante un período determinado, en función de los criterios de confiabilidad, mantenibilidad y soporte para el mantenimiento de los equipos. Posted y Alberti (2020)	Disponibilidad de sunimistro eléctrico	% Disponibilidad	%	90.70%	95.57%	5%
			Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Horas	995.48	1571.79	58%
			Tiempo medio de reparación (MTTR)	Horas	101.67	95.51	62%
			Tiempo medio entre paradas (MTBS)	Horas	2040	2720	68%

Fuente: *Elaboración propia*

3.5. Resultados de la evaluación económica de la aplicación del sistema de gestión del mantenimiento preventivo

Como parte del estudio de la presente tesis se tiene el análisis de costos, el cual se ha tomado teniendo en cuenta los costos al proceso de producción durante el corte de energía del año 2021 ocasionado por diferentes fallas como es ruptura de terminación en la llegada de los transformadores de potencia, salida intempestiva por condición climática (caída de rayos sobre las líneas de transmisión y distribución), tomando esta consideraciones a continuación se presenta un cuadro con el resumen de los costos asociados.

Tabla 06.

Costos asociados al corte de energía durante el proceso de producción

MES	Nro. DE FALLAS	PROCESO	COSTO
ENERO	3	Planta de procesos ADR	S/ 570,000.00
FEBRERO	1	Sistema de rebombeo	S/ 190,000.00
MARZO	2	Sistema de rebombeo	S/ 380,000.00
ABRIL	1	Planta de procesos ADR	S/ 190,000.00
MAYO	1	Servicios campamentos	S/ 190,000.00
JUNIO	2	Sistema de rebombeo	S/ 380,000.00
JULIO	0		S/ -
AGOSTO	0		S/ -
SEPTIEMBRE	1	Planta de procesos ADR	S/ 190,000.00
OCTUBRE	0		S/ -
NOVIEMBRE	2	Sistema de rebombeo	S/ 380,000.00
DICIEMBRE	1	Sistema de rebombeo	S/ 190,000.00
TOTAL			S/ 2,660,000.00

Fuente: Elaboración propia

Los costos estimados anuales ascienden a los S/. 2,660,000.00, para lo cual en la presente investigación se estima disminuir las fallas por corte de suministro eléctrico a través

de una nueva gestión de mantenimiento por ende reduciendo el costo ocasionado por las fallas del sistema eléctrico de potencia.

A continuación, se presenta un detalle de los costos a incurrir en la implementación:

Tabla 07.
Costo para implementación de la mejora propuesta.

DETALLES	COSTO	CANTIDAD	TIEMPO (MES)	SUB TOTAL
Contratacion de ingeniero industrial	S/6,500.00	1	4	S/26,000.00
Compra de equipos especializados	S/6,800.00	4	1	S/27,200.00
Compra de licencia de EAM de oracle	S/45,000.00	1	1	S/45,000.00
Capacitacion al personal involucrado	S/8,500.00	8	2	S/68,000.00
			TOTAL	S/166,200.00

Fuente: Elaboración propia

Según se puede apreciar respecto a los costos de inversión ascenderían a S/. 166,200.00, por lo cual se tiene una reducción de 93% respecto a los costos generados por corte de energía eléctrica, tomado en cuenta una implementación de 4 meses para la elaboración, capacitación y entrenamiento en el nuevo sistema de gestión de mantenimiento.

También se tiene a continuación el cálculo del costo beneficio:

$$B/C = S/ 2,660,00.00/ S/. 166,200.00 = 16.00$$

Teniendo este resultado se está demostrando que lo propuesto en la investigación desde el punto de vista económico es viable ya que se tendría un beneficio de S/ 15.00 por cada sol invertido en la implantación de mejora propuesto para la gestión de mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Dentro del desarrollo de presente investigación se ha realizado todos los objetivos principales planteados al inicio de la investigación por lo cual se tiene definido los principales componentes del sistema eléctrico de potencia de la unidad minera, que son influyentes para el buen funcionamiento del sistema en conjunto, y tener un servicio de energía eléctrica estable con alta disponibilidad, los componentes definidos son los transformadores de potencia los cuales reducen la tensión de 22.9 kV. A 0.48 kV. Para que esta energía sea usada en los equipos que operan dentro del proceso de producción y también los servicios auxiliares que son parte del proceso y también de los servicios generales, sus principales fallas en los transformadores de potencia son en las terminaciones de los cables de llegada con un promedio de 72% del total de fallas ocasionadas en estos equipos, por lo cual dentro de los planes de mantenimiento preventivo se propone un análisis semestral a través de análisis de termografía para de esta manera prevenir las fallas inesperadas y tener un corte intempestivo de suministro eléctrico y esto pueda ocasionar pérdidas dentro del proceso de producción como por ejemplo al tener un corte intempestivo de suministro eléctrico en el momento que está haciendo el proceso de secado del mineral, esto ocasiona el gaseamiento del mineral y por ende la pérdida del mineral en la etapa final del proceso de producción, por ello es de vital importancia de tener disponible y en buen funcionamiento estos componentes.

También como segundo componente de los principales que componen el sistema eléctrico de potencia son las líneas de transmisión eléctrica compuesta por los conductores eléctricos AAAC de 300 mm y 90 mm de aleación de aluminio compuesto por 19 hilos, y de esta manera se reduce las pérdidas de energía por efecto corona, en estos componentes se ha encontrado que las principales fallas son por ruptura de los aisladores de porcelanato

ocasionado por una sobre carga de corriente o de tensión generado en su gran mayoría por descargas atmosféricas que se presentan de forma constante en tiempo de invierno en la zona, esto corresponde a los meses de Octubre a Mayo donde se tiene mayor presencia de estos fenómenos naturales, el total de estas fallas que originan el corte intempestivo del suministro eléctrico en la unidad minera son el 87% con respecto a las fallas de las líneas eléctricas, lo cual tiene relación con lo mencionado por (Darío O. 2016) en su tesis de grado indicando que la mayor cantidad de fallas de suministro eléctrico se originan por descargas atmosféricas , para ello se ha propuesto dentro del sistema de gestión de ,mantenimiento tener políticas claras, definidas y respectivamente difundidas a todo el personal involucrado dentro de la actividad del sistema eléctrico de potencia, también se propone un plan de inspecciones planificadas y mantenimientos preventivos en las líneas eléctricas.

Como tercer componente principal del sistema eléctrico de potencia se ha identificado a las subestaciones eléctricas las cuales ayudan en el control y operación del sistema de suministro eléctrico de la unidad minera, también dentro de estas subestaciones eléctricas se tiene los dispositivos de control y parametrización para poder proteger los componentes del sistema; dentro las principales fallas se tiene a la desconexión de los cables de control por vibración de los equipos o impacto fuerte al momento del cierre o apertura del interruptor, para ello se ha propuesto dentro del sistema de gestión de mantenimiento entrenamiento al personal encarado de las intervenciones para tener un mayor y mejor diagnóstico al momento de realizar el mantenimiento preventivo, y de esta forma se pueda evitar los cortes intempestivos del suministro eléctrico ocasionado por estas fallas.

Luego del diagnóstico e identificación de fallas y tener una disponibilidad del sistema eléctrico de potencia en 90%, implementando el sistema de gestión de mantenimiento preventivo a través del ciclo de Deming se ha llegado a incrementar la disponibilidad a 95.50%

por lo cual también con esta alta disponibilidad del sistema eléctrico de potencia se reduce de forma significativa las pérdidas económicas para la empresa minera lo cual se tiene relación con el autor (Vilca M., 2019), el cual indica que al aplicar un adecuado y ordenado sistema de gestión de mantenimiento preventivo del suministros eléctricos se incrementa la disponibilidad del mismo y se reduce las pérdidas económicas para la compañía.

4.2. Conclusiones

- El diagnóstico del sistema de gestión de mantenimiento actual de acuerdo a la operacionalización de la matriz de variables pudimos encontrar que dentro de los indicadores de gestión de mantenimiento en cuanto a efectividad se tiene que es 72% y en cuanto a aplicación solo tiene que se aplica en un 60%.
- La realización del diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para la mejora de la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia de la unidad minera, ha permitido aplicar de forma correcta y concreta el mantenimiento preventivo generando de esta manera la disponibilidad de los principales componentes del sistema de suministro eléctrico mejor, principalmente en la falla principal que se encontró en las terminaciones de la llegada de los transformadores de potencia.
- Se realizó la evaluación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo en función de sus indicadores de mantenimiento que son el MTTR, MTBF y la disponibilidad obteniendo de 90.7% de disponibilidad antes del diseño y 95.57% de disponibilidad del sistema eléctrico de potencia después del diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, indicando de esta manera que el mantenimiento preventivo influye de manera positiva en la

disponibilidad del sistema eléctrica de potencia de la unidad minera de Cajamarca.

- En la realización de la evaluación económica del sistema de mantenimiento preventivo actual por espacio de un año ocasionando por los costos de energía se encontró que se tuvo un impacto de S/ 2,660,000.00 , y realizando el análisis de una posible implementación y basándose en otros estudios aplicando una similar propuesta (Vilca M. 2019) se ha obtenido S/ 15.00 de ganancia por cada sol invertido, por lo que indica que la propuesta de mejora en una posible aplicación es viable, también esto indica que se tendría una reducción de costos en 93%, respecto a la pérdida generada por cortes intempestivos de suministro eléctrico en la unidad minera.
- Dar prioridad a las actividades principales de mantenimiento preventivo, en los principales componentes del sistema eléctrico de potencia, para de esta manera mejorar la disponibilidad del servicio de suministro eléctrico.
- El tener un histórico de fallas y reparaciones ayuda a mejorar las estrategias para tener una mejora continua en el área de mantenimiento esto se realizaría a través del EAM de Oracle el cual puede almacenar información hasta por 10 años.

REFERENCIAS

Referencias bibliográficas

- Zevallos, G (2015). Mejora del sistema de gestión de mantenimiento de la empresa Minera Yanacocha SRL mediante la aplicación de lean manufacturen. Cajamarca.
- Cabrera, H. (2016). Propuesta de mejora de la calidad mediante la implementación de técnicas Lean Service en el área de servicio de mecánico de una empresa automotriz. (Tesis de pregrado). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
Obtenido
- Minas, M. d. (2011). Código Nacional de electricidad. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Flores, H. (2016). Implementar un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. Lima.
- Herrera Galán, M., & Yoenia Duany, A. (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. Artículo, Revista Ingeniería Industrial. Recuperado el 01 de Abril de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362016000100002&script=sci_arttext&tlng=pt
- Aquino W., Atalaya s. (2020) Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en la empresa GlobalTruck E.I.R.L. 2018-2019 (Tesis de pregrado) Cajamarca, Perú: Universidad privada del norte.
- Coro P., Cotrina S. (2021) Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en la

empresa W&J Minería y Construcción S.A.C. Tesis de pregrado) Cajamarca, Perú:
Universidad privada del norte.

Gondres Torné, I., Lajes Choy, S., & del Castillo Serpa, A. (2018). Gestión del mantenimiento a interruptores de potencia. Estado del arte. INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería, 26(2), 192–202.

Achahuanco Molina, A. (2020). Análisis del mantenimiento centrado en la confiabilidad – RCM – en la subestación San José, para la estabilidad del sistema interconectado nacional SEIN, en base a la confiabilidad de sus equipos. Universidad Católica de Santa María ; Repositorio de La Universidad Católica de Santa María - UCSM.

Keune, B. M., Bauernschmitt, B., Hilbrich, D., Rehtanz, C., & Lehnhoff, S. (2016). Standardization of Automated Disturbance Management for Urban Distribution Power Systems. The Institution of Engineering & Technology. <http://dx.doi.org/10.1049/cp.2016.0060>

Cleves Osorio, J. D. (2015). Modelo de normalización de indicadores de desempeño energético en Sistemas de Gestión de Energía. Energética, (46), 65. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/modelo-de-normalización-indicadores-desempeño/docview/1771736571/se-2?accountid=36937>

Verena Mercado, J. B. (2016). "modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización de la energía eléctrica". Obtenido de Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente: <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427746276011.pdf>

Villanueva Cornejo, M. J. (2017). "gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del sub sistema de distribución eléctrico 22.9/13.2 kv de san gabán – ollachea". Obtenido de repositorio universidad nacional del altiplano escuela de

posgrado programa de maestría:

<http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6688/EPG978-00978-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

William Mahecha, M. (2018). "metodologia para el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento aplicado a subestaciones de distribución de energía eléctrica".

Obtenido de repositorio universidad de ibagué:

<https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12313/612/1/Tesis.pdf>

ABB (2010). Manual de instalacion operación y mantenimiento switchgear media tensión 22.9 kv. 1250A, 60Hz.

ABB (2010) Manual de instalacion operación y mantenimiento de transformadores de distribución en aceite.

Fernandez B., Blanca L.. (2021) Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las maquinarias de la empresa ROAD SOLUTIONS E.I.R.L. (Tesis de pregrado) Pimentel, Perú: Universidad Señor de Sipan.

Pérez Rondón, F. (2021) Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Universidad Santo tomas – Colombia.

ANEXOS

Anexo No 1. Guia de entrevista.

Buen día de ante mano agradecemos el tiempo que nos ha brindado para poder realizar esta entrevista. Nuestro tema de tesis es “DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA EN UNA UNIDAD MINERA DE CAJAMARCA - 2021”. También se cree que los comentarios e información que nos proporcionará serían muy valiosos para nuestro proyecto de tesis que nos encontramos realizando, así como tener una mejor perspectiva del area.

Nombre..... Profesión:
..... Cargo:
..... Fecha de entrevista:
..... Lugar: Hora:

1. ¿Cómo realizan en la actualidad la gestión de mantenimiento en la empresa?

2. ¿Quiénes son los qque integran en la gestión de mantenimiento?

3. ¿Cuáles considera que son los principales problemas en relacion a la gestión de mantenimiento? _____
4. ¿Cómo afecta una malagestión de mantenimiento en las metas de produccion de la empresa?

5. ¿Considera que los problemas que existen en cuanto a la gestión de mantenimiento es por falta de coordinacion con las demas areas de la empresa?

6. ¿Qué indicadores de control utiliza para medir a la gestión de mantenimiento que se esta llevando a cabo? _____
7. ¿Cuentan con un manual de procedimiento en cuanto a la gestión de mantenimiento?

8. ¿Qué propondría para mejorar la gestión de mantenimiento?

Anexo No 2. Cuestionario.

Estimados colaboradores, se pide unos minutos de su tiempo para responder el siguiente cuestionario; dicho cuestionario tiene como finalidad contribuir con el desarrollo de nuestra tesis titulada “DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA EN UNA UNIDAD MINERA DE CAJAMARCA”, por lo que se le pide que su respuesta sea lo más objetiva posible.

Instructivo:

Lea detenidamente los niveles que se le pregunten y coloque un nivel donde crea adecuado

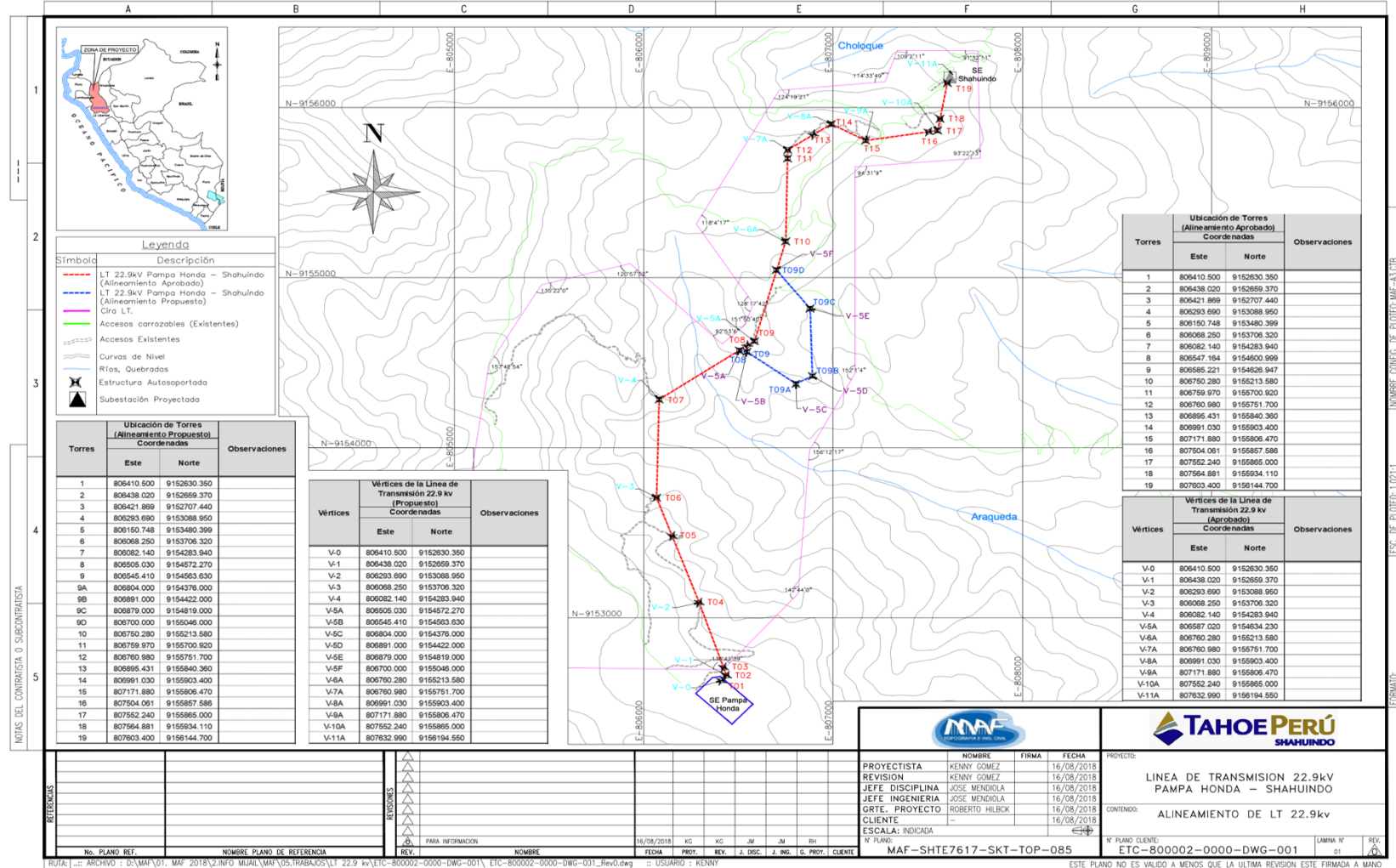
- Totalmente en desacuerdo = 1
- En desacuerdo = 2
- Indiferente = 3
- De acuerdo = 4
- Muy de acuerdo. = 5

N	Preguntas	1	2	3	4	5
1	¿Está de acuerdo en decir que es lo que está afectando A la disponibilidad del sistema de potencia.					
2	¿Está de acuerdo que una de las causas de los principales cortes de energía en la unidad minera es por falta de mantenimiento preventivo?					

3	¿Cree usted que la falta de un plan de mantenimiento está afectando a la disponibilidad de las máquinas y equipos?					
4	¿Considera usted que la falta de procedimiento está afectando a la disponibilidad de los componentes del sistema eléctrico de potencia?					
5	¿Está de acuerdo en en indicar las principales fallas del sistema eléctrico de potencia?					
6	¿Considera usted que en la actual gestión la disponibilidad del sistema y sus componentes es muy baja?					
7	¿Concidera usted los mantenimientos preventivos tienen poca calidad?					
	¿Considera que al realizar un mejor control de los mantenimientos preventivos aumente la disponibilidad del sistema eléctrico de potencia de la unidad minera?					

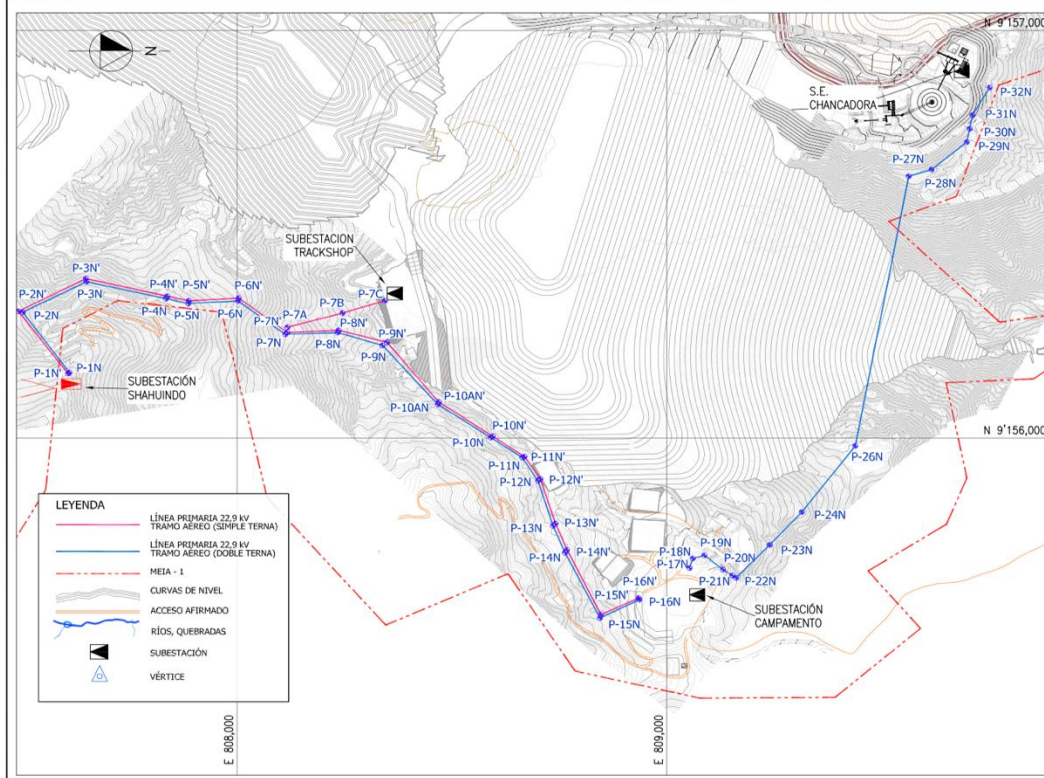
Anexo No 3. Planos de distribucion de las lineas electricas.

Linea de transmisión 22.9kV Pampa Hoda - Shahuindo



Fuente: Unidad minera Cajamarca

Linea primaria 22.9 kV interior mina



LÍNEA PRIMARIA 22.9KV INTERIOR MINA SHAHUINDO - UBICACIÓN DE POSTES DE MADERA														
CIRCUITO C1 (SHAHUINDO - ASES) Y CIRCUITO 2 (SHAHUINDO - CHANCADORA - PLEZ)														
VERTICE	NÚMERO DE POSTE	TIPO DE POSTE	POSICIÓN	UBICACIÓN DE POSTE	VANO	ANCHO DE LÍNEA	ESTRUCTURA	TIPO FUNDACIÓN	TIPO DE CIMENTACIÓN	TIPO DE CIMENTACIÓN	TIPO DE CIMENTACIÓN	TIPO DE CIMENTACIÓN	TIPO DE CIMENTACIÓN	COMENTARIOS
V-1N	P-2N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	Subida a SE Substano
V-2N	P-3N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-3N	P-4N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-4N	P-5N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-5N	P-6N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-6N	P-7N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-7N	P-8N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-8N	P-9N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-9N	P-10AN	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-10N	P-11N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-11N	P-12N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-12N	P-13N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-13N	P-14N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-14N	P-15N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-15N	P-16N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-16N	P-17N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-17N	P-18N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-18N	P-19N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-19N	P-20N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-20N	P-21N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-21N	P-22N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-22N	P-23N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-23N	P-24N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-24N	P-25N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-25N	P-26N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-26N	P-27N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-27N	P-28N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-28N	P-29N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-29N	P-30N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-30N	P-31N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-
V-31N	P-32N	55' - CLASE 2	Poste Central	9158170.857	10.448	0	PT / FT	RD / RD	-	-	-	-	-	-

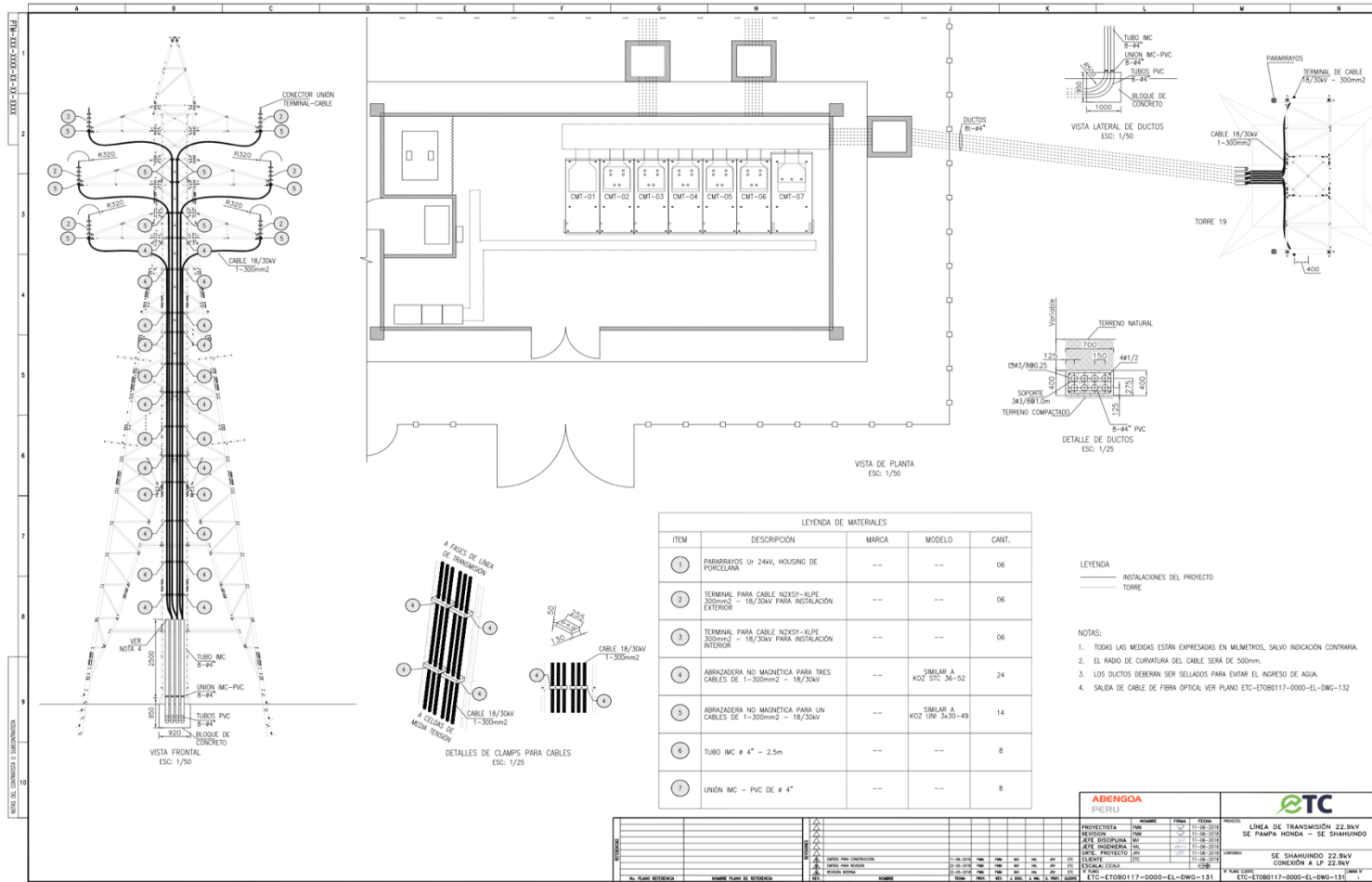
- NOTA:
- LA NUMERACIÓN DE LOS VERTICES ES APLICADA PARA LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO 2 DE LA LÍNEA PRIMARIA.
 - LA NUMERACIÓN DEFINITIVA DE LOS VERTICES SERÁ DETERMINADA CULMINADA LA CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA PRIMARIA EN SU TOTALIDAD.
 - TOMAR LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES PARA LAS RETENIDAS:
RS = RETENIDA SIMPLE, RSV = RETENIDA SIMPLE VERTICAL, RD = RETENIDA DOBLE.
 - PARA LAS ESTRUCTURAS BIPOSTOS TOMAR LA CONSIDERACIÓN DE IZQUIERDA Y DERECHA SIGUIENDO EL SENTIDO DE LA LÍNEA PRIMARIA (DE SHAHUINDO HACIA CHANCADORA)
 - LA EXCAVACIONES DE LAS ESTRUCTURAS DEBEN DE CONSERVAR LA COTA DE TERRENO NATURAL.

(* EL TIPO DE FUNDACIÓN DE LAS TORRES SERÁ PARA EL TIPO DE SUELO I TOMADO DE LA INGENIERÍA DE DETALLE DEL PROYECTO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 22.9KV PAMPA HONDA - SHAHUINDO.

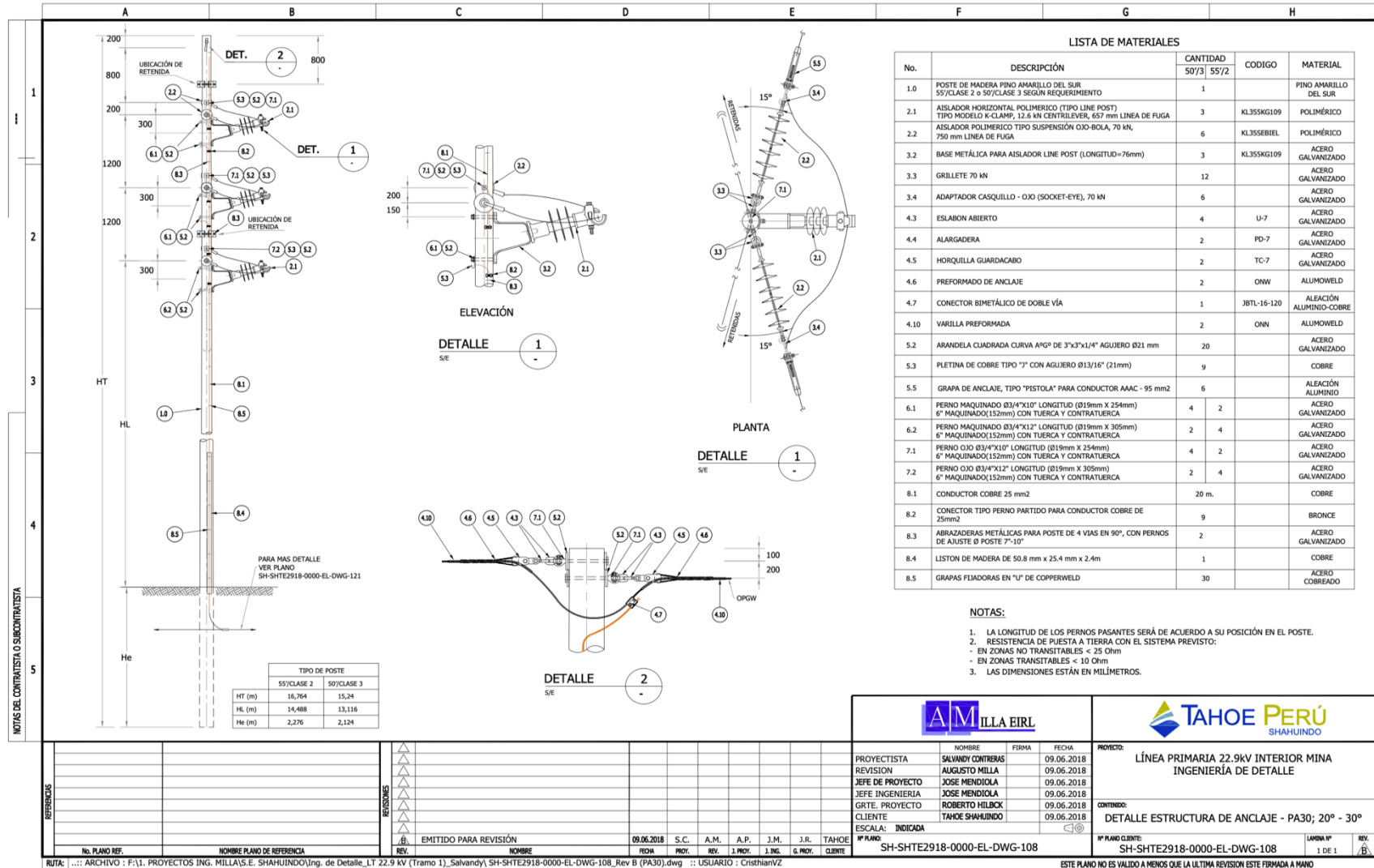
REFERENCIAS		REVISIONES		PROYECTISTA				CLIENTE					
No.	PLANO REF.	NOMBRE	PLANO DE REFERENCIA	FECHA	PROY.	REV.	J. PROJ.	J. ING.	G. PROJ.	CLIENTE	NOMBRE		FECHA
				16.10.2018	S.C.	A.M.	J.M.	J.M.	R.H.	TAHOE	PROYECTISTA		16.10.2018
				21.09.2018	S.C.	A.M.	J.M.	J.M.	R.H.	TAHOE	REVISION		16.10.2018
				25.07.2018	S.C.	A.M.	J.M.	J.M.	R.H.	TAHOE	JEFE DE PROYECTO		16.10.2018
											JEFE INGENIERIA		16.10.2018
											CRTE. PROYECTO		16.10.2018
											CLIENTE		16.10.2018
											ESCALA: INDICADA		16.10.2018
											Nº PLANO CLIENTE:		16.10.2018
											SH-SHTE2918-0000-EL-DWG-202		16.10.2018
											LÁMINA Nº		16.10.2018
											REV.		16.10.2018

Fuente: Unidad minera Cajamarca

Anexo No 4. Planos de tipos de armados de las torres de transmisión y postes de media tensión



Fuente: Unidad minera Cajamarca



Fuente: Unidad minera Cajamarca

LISTA DE MATERIALES

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CODIGO	MATERIAL
1.0	POSTE DE MADERA PINO AMARILLO DEL SUR 55/CLASE 2 o 50/CLASE 3 SEGUN REQUERIMIENTO	1		PINO AMARILLO DEL SUR
2.1	AISLADOR HORIZONTAL POLIMÉRICO (TIPO LINE POST) TIPO MODELO K-CLAMP, 12.6 kN CENTRI-LEVER, 657 mm LÍNEA DE FUGA	3	KL355KG109	POLIMÉRICO
2.2	AISLADOR POLIMÉRICO TIPO SUSPENSIÓN OJO-BOLA, 70 kN, 750 mm LÍNEA DE FUGA	6	KL355EBIEL	POLIMÉRICO
3.2	BASE METÁLICA PARA AISLADOR LINE POST (LONGITUD=76mm)	3	KL355KG109	ACERO GALVANIZADO
3.3	GRILLETE 70 kN	12		ACERO GALVANIZADO
3.4	ADAPTADOR CASQUILLO - OJO (SOCKET-EYE), 70 kN	6		ACERO GALVANIZADO
4.3	ESLABON ABIERTO	4	U-7	ACERO GALVANIZADO
4.4	ALARGADERA	2	PD-7	ACERO GALVANIZADO
4.5	HORQUILLA GUARDACABO	2	TC-7	ACERO GALVANIZADO
4.6	PREFORMADO DE ANCLAJE	2	ONW	ALUMINUMWELD
4.7	CONECTOR BIMETÁLICO DE DOBLE VÍA	1	JBTL-16-120	ALEACIÓN ALUMINIO-COBRE
4.10	VARILLA PREFORMADA	2	ONW	ALUMINUMWELD
5.2	ARANDELA CUADRADA CURVA A60º DE 3"x3"x1/4" AGUJERO Ø21 mm	20		ACERO GALVANIZADO
5.3	PLETINA DE COBRE TIPO "T" CON AGUJERO Ø13/16" (21mm)	9		COBRE
5.5	GRAPA DE ANCLAJE, TIPO "PISTOLA" PARA CONDUCTOR AAAC - 95 mm ²	6		ALEACIÓN ALUMINIO
6.1	PERNO MAQUINADO Ø3/4"x10" LONGITUD (Ø19mm X 254mm) 6" MAQUINADO(152mm) CON TUERCA Y CONTRATUERCA	4	2	ACERO GALVANIZADO
6.2	PERNO MAQUINADO Ø3/4"x12" LONGITUD (Ø19mm X 305mm) 6" MAQUINADO(152mm) CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2	4	ACERO GALVANIZADO
7.1	PERNO OJO Ø3/4"x10" LONGITUD (Ø19mm X 254mm) 6" MAQUINADO(152mm) CON TUERCA Y CONTRATUERCA	4	2	ACERO GALVANIZADO
7.2	PERNO OJO Ø3/4"x12" LONGITUD (Ø19mm X 305mm) 6" MAQUINADO(152mm) CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2	4	ACERO GALVANIZADO
8.1	CONDUCTOR COBRE 25 mm ²	20	m.	COBRE
8.2	CONECTOR TIPO PERNO PARTIDO PARA CONDUCTOR COBRE DE 25mm ²	9		BRONCE
8.3	ABRAZADERAS METÁLICAS PARA POSTE DE 4 VIAS EN 90°, CON PERNOS DE AJUSTE Ø POSTE 7"-10"	2		ACERO GALVANIZADO
8.4	LISTON DE MADERA DE 50.8 mm x 25.4 mm x 2.4m	1		COBRE
8.5	GRAPAS FIJADORAS EN "U" DE COPPERWELD	30		ACERO COBRADO

NOTAS:

- LA LONGITUD DE LOS PERNOS PASANTES SERÁ DE ACUERDO A SU POSICIÓN EN EL POSTE.
- RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA CON EL SISTEMA PREVISTO:
 - EN ZONAS NO TRANSITABLES < 25 Ohm
 - EN ZONAS TRANSITABLES < 10 Ohm
- LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS.

Fuente: Unidad minera Cajamarca

DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA EN UNA UNIDAD MINERA DE CAJAMARCA - 2021

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CODIGO	MATERIAL	T.R.
1.0	POSTE DE MADERA PINO AMARILLO DEL SUR 55'/CLASE 2 o 50'/CLASE 3 SEGUN REQUERIMIENTO	1		PINO AMARILLO DEL SUR	-
2.1	AISLADOR HORIZONTAL POLIMÉRICO (TIPO LINE POST) TIPO MODELO K-CLAMP, 12.2 kV, CENTROLEVANTE, 607 mm LINEA DE FUGA	3		POLIMÉRICO	-
3.1	BASE METÁLICA PARA AISLADOR LINE POST (LONGITUD=229mm)	3		ACERO GALVANIZADO	-
3.6	ANILLO OJO REVRADO	1	ZH-7	ACERO GALVANIZADO	70
3.7	GOMA DE NEOPRENE	1	K3-7	EDPM	-
4.1	SOPORTE METÁLICO, LONGITUD LIBRE DE PERNO DE 10"	1		ACERO GALVANIZADO	-
4.2	GRAPA DE SUSPENSIÓN PARA CABLE OPKW 63mm ² CON VARILLA DE ALUMINIO TIPO ASS	1		ALAEACION ALUMINIO ACERO	70
4.3	ESLABON ABIERTO	1	U-7	GALVANIZADO	70
4.7	CONECTOR BIMETÁLICO DE DOBLE VÍA	1	JBTL-16-120	ALAEACION ALUMINIO-COBRE	-
4.10	VARILLA PREFORMADA	1	ONN	ALUMINOWELD	-
4.11	PREFORMADO EXTERNO	1	OCW	ALAEACION ALUMINIO ACERO	-
5.1	ARANDELA CUADRADA PLANA A6º DE 3"x3"x1/4" AGUERO Ø21 mm	10		ACERO GALVANIZADO	-
5.2	ARANDELA CUADRADA CURVA A6º DE 3"x3"x1/4" AGUERO Ø21 mm	8		ACERO GALVANIZADO	-
5.3	PLETINA DE COBRE TIPO "J" CON AGUERO Ø13/16" (21mm)	2		COBRE	-
5.4	VARILLA DE ARMAR PARA CONDUCTOR AAAC-95 mm ²	4		ALUMINIO	-
6.1	PERNO MAQUINADO Ø3/4"x1/2" LONGITUD (Ø16mm X 25mm) 6º MAQUINADO(152mm) CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1		ACERO GALVANIZADO	-
6.2	PERNO MAQUINADO Ø3/4"x1/2" LONGITUD (Ø16mm X 305mm) 6º MAQUINADO(152mm) CON TUERCA Y CONTRATUERCA	4		ACERO GALVANIZADO	-
6.8	PERNO MAQUINADO Ø3/4"x2/4" LONGITUD (Ø16mm X610mm) 6º MAQUINADO(152mm) CON TUERCA Y CONTRATUERCA	4		ACERO GALVANIZADO	-
8.1	CONDUCTOR COBRE 25 mm ²	20 m.		COBRE	-
8.2	CONECTOR TIPO PERNO PARTIDO PARA CONDUCTOR COBRE DE 25mm ²	2		BRONCE	-
8.3	LISTON DE MADERA DE 50.8 mm x 25.4 mm x 2.4m DE LONGITUD INCLUIE CLAVOS DE FIJACIÓN	1		MADERA	-
8.4	GRAPAS FUNDIDAS EN "U" DE COPPERWELD	30		ACERO COBREADO	-
10.4	CABLE TW 2/0 AWG - AISLAMIENTO RETIRADO	S.R.		COBRE	-
10.2	TERMINAL EXTERIOR 35 kv TIPO RAYCHEM O SIMILAR	3		POLIMÉRICO	-
1.5	CRUCETA DE MADERA TRATADA 100X120mm SECCIÓN, 2400mm LONG.	2		MADERA TRATADA	-
1.6	CRUCETA DE MADERA TRATADA 100X120mm SECCIÓN, 600mm LONG.	2		MADERA TRATADA	-
9.2	ABRAZADERA PARA FIJAR CABLE UNIPOLAR NZXSX 70mm ² (INCLUYE PERNOS)	3		ACERO GALVANIZADO	-
9.3	TERMINAL DE COMPRESION TIPO OJAL PARA CONDUCTOR DE 70 mm ²	3		ALUMINIO	-
10.3	CABLE UNIPOLAR NZXSX DE 3-1x70mm ²	S.R.		POLIMÉRICO	-
10.7	TIRAFONDO DE A6º, 13mm Ø x 102mm DE LONGITUD	1		ACERO GALVANIZADO	-
10.8	BRASO SOPORTE (TRUSTRA) DE PERFIL ANGULAR DE A6º, 38x38x5 mm SECCIÓN, 710mm LONGITUD	2		ACERO GALVANIZADO	-
10.9	PERNO COCHE DE A6º, 13mm Ø x 152 mm LONGITUD, 76mm MAQUINADO, CON ARANDELA, TUERCA Y CONTRATUERCA	2		ACERO GALVANIZADO	-
12.2	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO CUT-OUT, 38kv, 170 kv BIL	3		ACERO GALVANIZADO	-
10.5	TUBO PVC DE 6" Ø CON CURVA	4m		POLIMÉRICO	-
10.6	CINTA CON HEBILLA (1.5m) DE MATERIAL NO MAGNÉTICO	4		NO MAGNÉTICO	-
10.1	PARARRAYO DE 21 kv, 10A, 170kv BIL CLASE 2	3		OXIDO DE ZINC	-

NOTAS:

- LA LONGITUD DE LOS PERNOS PASANTES SERÁ DE ACUERDO A SU POSICIÓN EN EL POSTE.
- LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO INDICACIÓN.

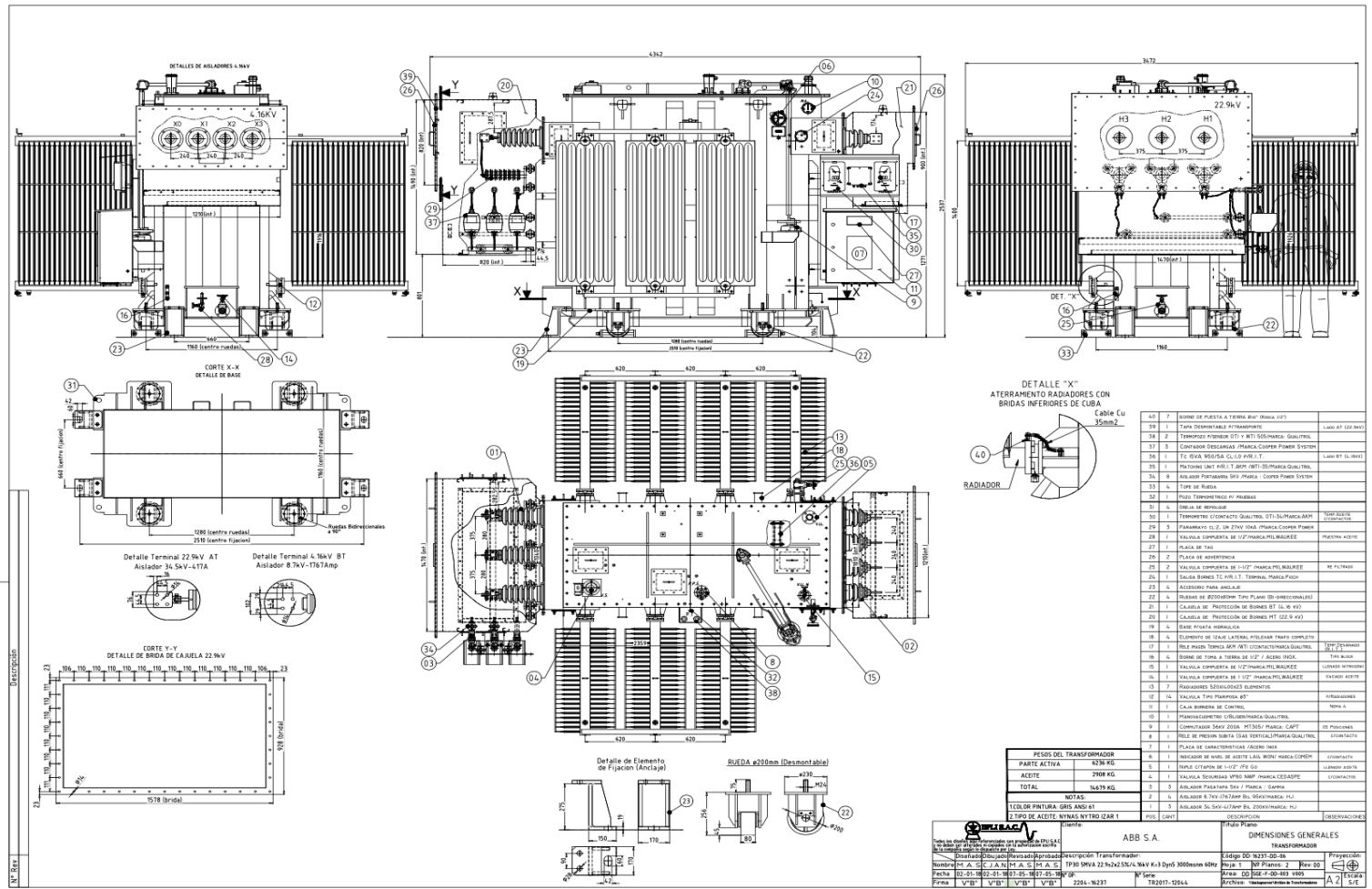
TIPO DE POSTE

	50'/CLASE 3	55'/CLASE 2
HT (m)	15,24	16,764
He (m)	2,124	2,276

PARA MAS DETALLE VER PLANO SH-SHTE2918-0000-EL-DWG-121

Fuente: Unidad minera Cajamarca

Anexo No 5. Planos mecanico de los transformadores de potencia.



Fuente: Unidad minera Cajamarca

Anexo No. 6. Imágenes de las instalaciones del sistema de potencia.

Imagen 1.

Subestacion Electrica, sala de celdas 22.9kV.



Fuente: Unidad minera Cajamarca

Imagen 2.
Sala electrica, Sala de celdas 4.16 kV.



Fuente: Unidad minera Cajamarca