



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



TESIS

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICADO A LA LÍNEA DE
TRANSMISIÓN 60 KV AZÁNGARO PUTINA HUANCANÉ ANANEA**

PRESENTADA POR:

EDWIN EDUARDO RODRIGUEZ CHAMBILLA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGÍSTER SCIENTIAE EN CIENCIAS DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
SISTEMAS ELÉCTRICOS**

PUNO, PERÚ

2021

NOMBRE DEL TRABAJO

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICADO A LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 KV A ZÁNGARO PUTINA HUANCANÉ ANANEA

AUTOR

EDWIN EDUARDO RODRIGUEZ CHAMBILLA

RECUENTO DE PALABRAS

19859 Words

RECUENTO DE CARACTERES

111463 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

112 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.2MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 24, 2023 9:44 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 24, 2023 9:45 AM GMT-5

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Juan Antonio Vargas Marín
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO-14
Reg. C.I.P. N° 60244

Dr. Miguel Elias Valenzuela Vico
DIRECTOR UNIDAD PESCADOS FIMCES



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICADO A LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 KV AZÁNGARO PUTINA HUANCANÉ ANANEA

PRESENTADA POR:

EDWIN EDUARDO RODRIGUEZ CHAMBILLA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGÍSTER SCIENTIAE EN CIENCIAS DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
SISTEMAS ELÉCTRICOS**

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE



UNA
PUNO

Firmado digitalmente por PAYE
COLQUEHUANCA Leonardo FAU
20405479592 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.01.2023 11:49:38 -05:00

.....
Dr. LEONARDO PAYE COLQUEHUANCA

PRIMER MIEMBRO



UNA
PUNO

Firmado digitalmente por RAMOS
CUTIPA Jose Manuel FAU
20145496170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 09.01.2023 11:41:01 -05:00

.....
M.Sc. JOSÉ MANUEL RAMOS CUTIPA

SEGUNDO MIEMBRO



UNA
PUNO

Firmado digitalmente por
VILLANUEVA CORNEJO Marcos
Jose FAU 20145496170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.01.2023 15:27:36 -05:00

.....
M.Sc. MARCOS JOSÉ VILLANUEVA CORNEJO

ASESOR DE TESIS



UNA
PUNO

Firmado digitalmente por VARGAS
MARON Jose Antonio FAU
20145496170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.01.2023 11:36:55 -05:00

.....
M.Sc. JOSÉ ANTONIO VARGAS MARÓN

Puno, 27 de julio de 2022

ÁREA: Ciencias de ingeniería mecánica eléctrica.

TEMA: Gestión de mantenimiento aplicado a la línea de transmisión 60 Kv Azángaro Putina Huancané Ananea.

LÍNEA: Cuantitativo.



DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mis padres, Eduardo Rodríguez, Teófila Gleny Chambilla, Hermanos Nadia, Milthon, mis Sobrinos Neythal Paris, Miguel David y a quien está a mi lado todos estos años Sara Margoth, por su apoyo constante e incondicional, perseverancia, comprensión, y ayuda en todos los momentos de mi vida.

Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios y mi empeño, y todo ello con mucho amor.



AGRADECIMIENTOS

- A DIOS NUESTRO CREADOR: Por haberme dado vida, salud y constancia para llegar hasta donde el día de hoy he llegado y por las buenas oportunidades que nos da.
- A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, ESCUELA DE POST GRADO: Por haberme dado los conocimientos suficientes para desenvolverme en mi vida profesional.
- AGRADECIMIENTO ESPECIAL: A los docentes magister, doctores de la escuela de post grado programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica Eléctrica - Mención en Gestión de Operación y Mantenimiento de Sistemas Eléctricos,
- A todas aquellas personas que me apoyaron directa e indirectamente con este proyecto.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	3
1.1.1 Sistema de energía.	3
1.1.1. Niveles de tensión	5
1.1.2 Elementos de una red de distribución	7
1.1.3 Mantenimiento	16
1.1.4 Tipos de mantenimiento	17
1.1.5 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	21
1.1.6 Fiabilidad de los sistemas de distribución	31
1.2 Antecedentes	33

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema	34
2.1.1 Descripción de la realidad problemática.	35
2.1.2 Territorio	35
2.1.3 Ubicación de la zona de estudio	36
2.2 Enunciados del problema	38
2.2.1 Enunciado general	38
2.2.2 Enunciados específicos	39
2.3 Justificación	39
2.4 Objetivos	39

...



2.4.1	Objetivo general	39
2.4.2	Objetivos específicos	40
2.5	Hipótesis	40
2.5.1	Hipótesis General	40
2.5.2	Hipótesis Específicas	40
2.5.3	Variables	40
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	Lugar de estudio	42
3.2	Población	42
3.3	Muestra	42
3.4	Método de la investigación	42
3.4.1	Unidades de información	43
3.4.2	Materiales	43
3.4.3	Tipo de investigación	43
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	45
3.5.1	Técnicas de recolección de datos	45
3.5.2	Técnicas de análisis de datos	46
3.5.3	Metodología	47
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Diagnóstico de la situación actual.	56
4.1.1	Descripción del caso de estudio	56
4.1.2	Clasificación de las fallas	58
4.1.3	Registro de falla S.E. Azángaro.	59
4.1.4	Registro de falla S.E. Ananea.	60
4.1.5	Registro de falla S.E. Huancané.	61
4.2	Análisis de Modos, Efectos de Fallos y Criticidad (FMECA)	63
4.2.1	Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)	64
4.2.2	Análisis de criticidad	66
4.3	Propuesta del plan de mantenimiento.	75
CONCLUSIONES		78
RECOMENDACIONES		79
BIBLIOGRAFÍA		80





ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Coordenadas S.E. Azángaro	37
2. Coordenadas S.E. Ananea	37
3. Coordenadas S.E. Huancané	37
4. Coordenadas S.E. Putina	38
5. Parámetros FMECA (Ocurrencia).	51
6. Parámetros FMECA (Severidad).	51
7. Parámetros FMECA (Detectabilidad).	52
8. Parámetros FMECA (Criticidad).	52
9. Tramos de línea 60 Kv.	58
10. Tipos de estructuras línea 60 Kv.	58
11. Registro de fallas S.E. Azángaro	59
12. Registro de fallas S.E. Ananea	60
13. Registro de fallas S.E. Huancané	62
14. Sub sistemas del sistema de distribución	63
15. AMEF para los Soportes	64
16. AMEF para los Conductores	64
17. AMEF para los Aisladores	65
18. AMEF para Transformador	65
19. AMEF para Sub sistema de Protección	66
20. AMEF para Sub sistema de Protección	66
21. Causas de fallas funcionales S.E. Azángaro	67
22. Causas de fallas funcionales S.E. Ananea	68
23. Causas de fallas funcionales S.E. Huancané	69
24. Parámetros Criticidad.	70
25. Análisis de Criticidad S.E. Azángaro.	71
26. Análisis de Criticidad por equipos S.E. Azángaro.	72
27. Análisis de Criticidad S.E. Ananea.	72
28. Análisis de Criticidad por equipos S.E. Ananea.	73
29. Análisis de Criticidad S.E. Huancané.	74
30. Análisis de Criticidad por equipos S.E. Huancané.	74
31. Plan de mantenimiento S.E. Azángaro.	75



32. Plan de mantenimiento S.E. Ananea.	76
33. Plan de mantenimiento S.E. Huancané.	76



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Sub sistemas de distribución	4
2. Esquema general de la red	6
3. Sub estación de distribución Huancané	7
4. Sub estación de distribución Ananea	8
5. Seccionadores de Barra, Interruptores de Potencia S.E. Huancané.	9
6. Seccionadores de Barra, Interruptores de Potencia S.E. Huancané.	10
7. Soportes L.T. tramo Azángaro - Putina.	12
8. Tableros Edificio de Control S.E. Huancané.	14
9. Soportes L.T. tramo Azángaro - Putina.	16
10. Evolución del Mantenimiento	17
11. Rendimiento de los activos	22
12. Proceso de árbol de fallos	29
13. El típico diagrama de espina de pescado	30
14. Sistema eléctrico Azángaro Ananea Huancané.	38
15. Diagrama lógico del método FMECA	49
16. Diagrama unifilar S.E. Azángaro, Huancané	53
17. Diagrama unifilar S.E. Ananea.	53
18. Hoja de información FMECA.	54
19. Hoja de decisión FMECA (Criticidad).	55
20. Diagrama unifilar General	57
21. Diagrama de Pareto S.E. Azángaro	59
22. Duración de interrupción S.E. Azángaro	60
23. Diagrama de Pareto S.E. Ananea	61
24. Duración de interrupción S.E. Ananea	61
25. Diagrama de Pareto S.E. Huancané	62
26. Duración de interrupción S.E. Huancané	63
27. Diagrama de Pareto Causa de fallas S.E. Azángaro	67
28. Diagrama de Pareto Causa de fallas S.E. Ananea	68
29. Diagrama de Pareto Causa de fallas S.E. Huancané.	69



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Diagrama Unifilar	84
2. Registro de interrupciones	85



RESUMEN

En los últimos años, la función de mantenimiento se ha considerado el elemento crucial para la industria. Su optimización requiere una herramienta poderosa para hacerla efectiva en la mayoría de los sectores industriales. El análisis de modos y efecto de fallos, y la criticidad (FMECA) es una parte importante del diseño del mantenimiento y representa una fuerte herramienta para evaluar y mejorar la fiabilidad del sistema. Permite optimizar los componentes al tiempo que identifica los elementos más críticos y ayuda a los responsables de la toma de decisiones a definir el servicio de mantenimiento con una política de mantenimiento adecuada. Con este fin, se realizó el estudio de Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones. Aplicando la metodología (FMECA) que permitió hacer una programación adecuada del mantenimiento para los elementos críticos del sistema eléctrico. De acuerdo con los resultados logrados en el análisis de falla de los elementos componentes, se efectuaron las acciones y recomendaciones correspondientes para los planes de mantenimiento de los elementos de los subsistemas eléctricos con lo que se pretende mejorar la disponibilidad y confiabilidad del sistema.

Palabras clave: componente, confiabilidad, disponibilidad, falla, mantenimiento y sistema eléctrico.



ABSTRACT

In recent years, the maintenance function has been considered the crucial element for the industry. Its optimization requires a powerful tool to make it effective in most industrial sectors. Failure Mode and Effect Analysis and Criticality (FMECA) is an important part of maintenance design and represents a strong tool to evaluate and improve system reliability. It allows optimization of components while identifying the most critical elements and helps decision makers to define the maintenance service with an appropriate maintenance policy. To this end, the study of the 60 Kv Azángaro - Putina - Ananea - Huancané Transmission Line and Substations was carried out. Applying the methodology (FMECA) that allowed to make a suitable programming of the maintenance for the critical elements of the electrical system. According to the results obtained in the failure analysis, the corresponding actions and recommendations were made for the maintenance plans of the components of the electrical systems with which it is intended to improve the reliability and availability of the system.

Keywords: availability, component, electrical system, failure, maintenance and reliability.

INTRODUCCIÓN

El sistema de distribución ocupa un lugar especial en el sistema de alimentación porque forma vínculos entre el sistema y el cliente. Aunque la intensidad de las fallas en los sistemas de generación y transmisión es mayor que la de los sistemas de distribución, pero el número de ocurrencias de fallas en los sistemas de distribución es mayor que en los sistemas de generación y transmisión. Durante la vida útil de los componentes del sistema de distribución, la tasa de fallas de los componentes aumenta dramáticamente debido al envejecimiento y a las operaciones diarias de los mismos. Por lo tanto, se requiere una estrategia de mantenimiento para reducir la tasa de fallos y aumentar la fiabilidad del sistema de distribución.

Los organismos reguladores establecen indicadores de calidad de la energía para los servicios de suministro, así como objetivos y umbrales que deben alcanzar las empresas de electricidad. Estas empresas suelen llevar a cabo programas de mantenimiento preventivo (PM) para mejorar la fiabilidad del sistema estableciendo mejores condiciones de trabajo para prolongar la vida útil de sus equipos. La confiabilidad del sistema de distribución es una de los más importantes índices para evaluar la calidad del servicio de las empresas de distribución de energía eléctrica. (Piasson *et al.*, 2016).

Exactamente al enfrentarse a una gran era de oportunidades que se reflejan en el aumento inherente de la demanda de energía, el escenario más común del que se encargan los ingenieros implica cómo satisfacer la demanda de energía, manteniendo ciertos índices de fiabilidad relacionados con la frecuencia y la duración de la energía no suministrada sin aumentar los costos, especialmente los relacionados en los procedimientos de mantenimiento (García *et al.*, 2014).

El establecimiento de prioridades y la programación del mantenimiento se realizan para la gestión económica, debido a que el capital es limitado y también la inversión debe estar en consonancia con la eficiencia económica. En otras palabras con el desarrollo de los sistemas de distribución, se discuten estrategias apropiadas de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM). En relación con la evaluación de la fiabilidad del sistema de distribución. El envejecimiento de los componentes tiene un efecto directo en el aumento del costo y la falta de disponibilidad de la energía eléctrica se trata de elegir la estrategia de mantenimiento adecuada en el sistema de distribución de energía eléctrica y sugiere la



mejor combinación de las políticas y medidas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo (Afzali *et al.*, 2019).

El Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM) se introdujo por primera vez en la industria de las aerolíneas en los años 60 y más tarde se aplicó a varios campos. El Mantenimiento centrado en la confiabilidad está diseñado para trabajar junto con los enfoques tradicionales de mantenimiento para garantizar el nivel de fiabilidad, en lugar de sustituir las técnicas tradicionales de mantenimiento (Shayesteh *et al.*, 2018).



CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Sistema de energía.

Históricamente, un sistema de energía se ha dividido en tres áreas casi independientes de operación de la siguiente manera:

- a) Sistema de generación: instalaciones para la producción de energía eléctrica.
- b) Sistema de transmisión: sistema de transporte para trasladar grandes bloques de energía desde las instalaciones de generación a zonas geográficas específicas.
- c) Sistema de distribución: dentro de un área geográfica específica, distribuir la energía a los consumidores individuales (por ejemplo, residencial, comercial, industrial, etc.) (Chowdhury, 2009).

Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos (Ramirez, 2010).

Las empresas distribuidoras tienen la obligación de dar servicio dentro de sus respectivas zonas de concesión, así como de respetar las tarifas máximas fijadas por la Autoridad para la venta de electricidad a sus clientes de bajo consumo. Aproximadamente las 2/3 partes de la inversión total del sistema de potencia,

están dedicados a la parte de distribución (Gigante Invisible), lo que implica necesariamente un trabajo cuidadoso en el planeamiento, diseño y construcción y en la operación del sistema de distribución, lo que requiere manejar una información voluminosa y tomar numerosas decisiones, lo cual es una tarea compleja pero de gran trascendencia (Ramirez, 2010).

Las redes de distribución forman una parte muy importante de los sistemas de potencia porque toda la potencia que se genera se tiene que distribuir entre los usuarios y éstos se encuentran dispersos en grandes territorios. Así pues, la generación se realiza en grandes bloques concentrados en plantas de gran capacidad y la distribución en grandes territorios con cargas de diversas magnitudes”. Por esta razón el sistema de distribución resulta todavía más complejo que el sistema de potencia (Juarez, 2002).

No sólo está llamado a suministrar cantidades cada vez mayores de energía eléctrica, sino que la demanda de normas de calidad cada vez más elevadas le impone requisitos cada vez más estrictos (Pansini, 2007).

SISTEMA	DESCRIPCIÓN			Rangos Diferenciales De Tensiones (*)
DISTRIBUCIÓN	Es aquel conjunto de instalaciones de entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios y comprende:	SUB-SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA	Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica producida por un Sistema de Generación, utilizando eventualmente un Sistema de Transmisión, y/o un Sub-Sistema de Sub-Transmisión, a un Sub-Sistema de Distribución Secundaria, a las Instalaciones de Alumbrado Público y/o a las conexiones para los usuarios, comprendiendo tanto las redes como las subestaciones intermediarias y/o finales de transformación.	$1kV \leq U < 30kV$
		SUB-SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA	Es aquel destinado a transportar energía eléctrica suministrada normalmente a bajas tensiones (inferiores a 1kV) desde un Sistema de Generación, eventualmente a través de un Sistema de Transmisión y/o Sub Sistema de Distribución Primaria, a las conexiones. Abarca cables y/o conductores y sus elementos de instalación.	$U < 1 kV$
		INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO	Conjunto de dispositivos necesarios para dotar de iluminación a vías y lugares públicos, abarcando las redes y las unidades de alumbrado público.	$U < 1 kV$
		CONEXIONES	Conjuntos de elementos abastecidos desde un Sistema de Generación, un Sistema de Transmisión o un Sistema de Distribución para la alimentación de los suministros de energía eléctrica destinados a los usuarios, incluyendo las acometidas y las cajas de conexión, de derivación y/o toma, equipos de control, limitación, registro y/o medición de la energía eléctrica proporcionada.	
		PUNTO DE ENTREGA	Constituidos por equipos de control, limitación, registro o medición de la energía eléctrica proporcionada.	
UTILIZACIÓN	Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones destinado a llevar energía eléctrica suministrada a cada usuario desde el punto de entrega hasta los diversos artefactos eléctricos en los que se produzcan su transformación en otras formas de energía.			

Figura 1. Sub sistemas de distribución

Fuente: DGE MEM



1.1.1. Niveles de tensión

El código nacional de electricidad del Perú, ordena los valores de tensión de la siguiente manera:

- **Baja Tensión** : 380 / 220 V, 440 / 220 V
- **Media Tensión** : 20,0 kV (*), 22,9 kV, 33 kV, 22,9 / 13,2 kV, 33 / 19 kV
- **Alta Tensión** : 60 kV, 138 kV, 220 kV
- **Muy alta Tensión** : 500 kV

(*) Tensión nominal en media tensión considerada en la NTP-IEC 60038:
“Tensiones normalizadas IEC” (MEM, 2012).

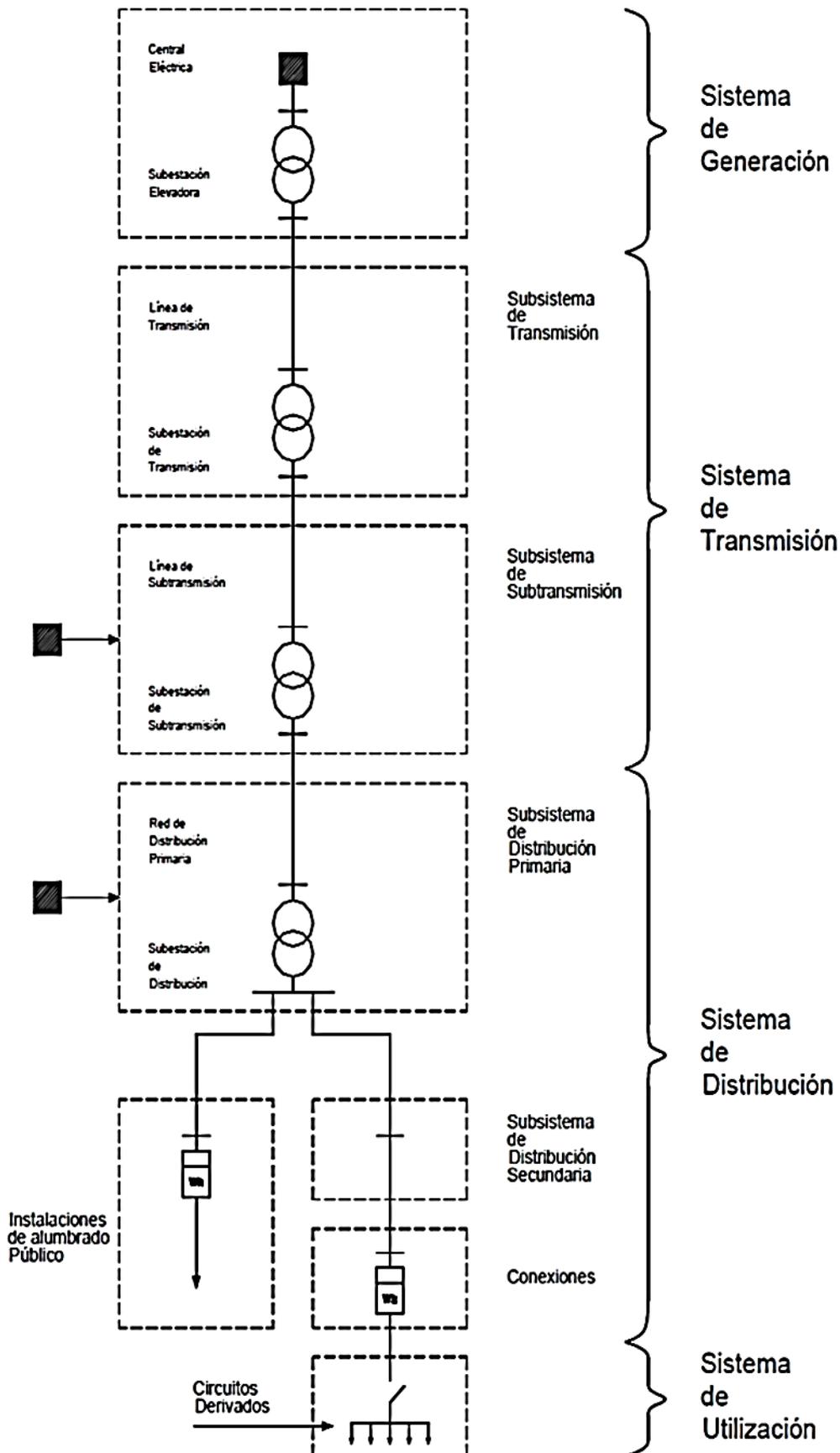


Figura 2. Esquema general de la red

Fuente: DGE MEM

1.1.2 Elementos de una red de distribución

1.1.2.1 Subestaciones Eléctricas

Las subestaciones son partes esenciales del sistema de distribución eléctrica. El vínculo entre las líneas de transmisión de alta tensión y los sistemas de distribución de energía de baja tensión es la subestación. La función de una subestación de distribución, como la que se muestra en la Figura 3, es recibir energía eléctrica de un sistema de transmisión de alto voltaje y convertirla en niveles de voltaje adecuados para uso industrial, comercial o residencial. El principal componente funcional de una subestación es el transformador. Sin embargo, hay muchos otros tipos de equipos especializados que se requieren para el funcionamiento de una subestación (Patrick y Stephen, 2009).



Figura 3. Sub estación de distribución Huancané

El transformador de distribución es sin duda el más importante de estos equipos. Sin el transformador de distribución, sería imposible distribuir la energía a tan largas distancias. El propósito de un transformador es aumentar o disminuir el voltaje. En el caso del transformador de distribución, el voltaje se reduce desde la red primaria de un circuito de distribución al de la red secundaria (Pansini, 2014).

Las subestaciones son los puntos de la red eléctrica donde las líneas de transmisión y los alimentadores de distribución se conectan entre sí mediante interruptores o conmutadores a través de barras colectoras y transformadores. Esto permite el control de los flujos de energía en la red y las operaciones generales de conmutación con fines de mantenimiento (Bayliss y Hardy, 2007).



Figura 4. Sub estación de distribución Ananea

1.1.2.2 Interruptores de circuito

Los interruptores de circuito que controlan las altas tensiones también se encuentran en subestaciones eléctricas. Muchas subestaciones de exterior usan interruptores de circuito llenos de aceite. En este tipo de disyuntor, los contactos se sumergen en un aceite aislante contenido en una caja metálica. Otro tipo de disyuntor de alto voltaje es el disyuntor magnético de aire en el que los contactos se separan, en el aire, cuando la línea de energía se sobrecarga. Las bobinas de soplado magnético se utilizan para desarrollar un campo magnético que hace que el aire, que se produce cuando los contactos se rompen, se concentre en los canales donde se extingue. Una modificación de este tipo es el interruptor de aire comprimido. En este tipo, una corriente de aire comprimido se concentra en los contactos cuando se abre la línea de energía. El aire comprimido ayuda a la extinción del área que se desarrolla cuando los contactos se

abren. Hay que señalar que siempre que se interrumpe un circuito de alta tensión se forman grandes arcos. Este problema no se encuentra en gran medida en los equipos de protección de baja tensión (Patrick y Stephen, 2009).

1.1.2.3 Interruptores de desconexión

Los interruptores de desconexión de alto voltaje se usan para desconectar la electricidad de las líneas de energía que alimentan el equipo. Ordinariamente, los interruptores de desconexión no se accionan cuando la corriente fluye a través de ellos. Se produciría un problema de arco de alto voltaje si se apertura los interruptores de desconexión cuando la corriente fluye a través de ellos. Se apertura principalmente para aislar el equipo de las líneas de energía con fines de seguridad. La mayoría de los interruptores de desconexión son del tipo "air-break", de construcción similar a los interruptores de cuchillo. Estos interruptores están disponibles para uso en interiores o exteriores, tanto en diseños manuales como motorizados (Patrick y Stephen, 2009).



Figura 5. Seccionadores de Barra, Interruptores de Potencia S.E. Huancané.

1.1.2.4 Pararrayos

El propósito de usar pararrayos en las líneas de energía es causar la conducción a tierra de voltajes excesivamente altos que son causados por rayos u otros problemas del sistema. Sin los pararrayos, las líneas eléctricas y el equipo asociado podrían quedar inoperantes cuando les cae un rayo. Los pararrayos están diseñados para funcionar rápidamente y volver a alcanzar su punto máximo si es necesario. Su tiempo de respuesta debe ser más rápido que el de los demás equipos de protección utilizados en las líneas eléctricas. Los pararrayos deben tener una conexión rígida a tierra en un lado. El otro lado del pararrayos está conectado a una línea de energía. Algunas veces, se conectan a transformadores o al interior de los interruptores. Los rayos son la principal causa de fallos en el sistema eléctrico y de daños en los equipos, por lo que los pararrayos tienen una función muy importante. Los pararrayos también se utilizan en subestaciones al aire libre (Patrick y Stephen, 2009).



Figura 6. Seccionadores de Barra, Interruptores de Potencia S.E. Huancané.

1.1.2.5 Aisladores

“Todas las líneas de transmisión de energía deben ser aisladas para no convertirse en peligros para la seguridad. En las subestaciones y en otros

puntos del sistema de distribución de energía se utilizan grandes cadenas de aisladores para aislar los conductores de transporte de corriente de sus soportes de acero o de cualquier otro equipo montado en tierra. Los aisladores pueden ser de porcelana, goma o un material termoplástico. Las líneas de transmisión de energía requieren muchos aislantes para aislar eléctricamente las líneas de energía de las torres de acero y los postes de madera que soportan las líneas. Los aisladores deben tener suficiente fuerza mecánica para soportar las líneas eléctricas bajo cualquier condición climática. También deben tener suficientes propiedades aislantes para evitar cualquier arco entre las líneas de energía y sus estructuras de apoyo. Los aisladores de alta tensión suelen ser de porcelana. Los aisladores se construyen en "cuerdas" que se suspenden de torres de acero o madera. El diseño de estos aislantes es muy importante ya que afecta a su capacidad y a su habilidad para soportar las condiciones climáticas" (Patrick y Stephen, 2009).

Los conductores de la línea están aislados eléctricamente entre sí también a partir del poste o la torre por medio de no conductores que se denominan aislantes. Para determinar si se puede utilizar un aislante, se debe considerar la fuerza mecánica y las propiedades eléctricas. Dos prácticos materiales aislantes son la porcelana y el vidrio. Ambos dejan mucho que desear. La porcelana puede soportar una gran carga en la compresión, pero se rompe fácilmente bajo la tensión, es decir, cuando se separa. Por lo tanto, al usar un aislante de porcelana, hay que tener cuidado de que las fuerzas que actúan sobre ella se compriman y no se separen. Lo mismo ocurre generalmente con el vidrio (Pansini, 2014).

1.1.2.6 Nivel básico de aislamiento (BIL)

El equipo de distribución eléctrica está sujeto a picos de alto voltaje resultante de los rayos y otras operaciones de conmutación. Su aislamiento debe ser capaz de soportar estas altas corrientes instantáneas. Los pararrayos se instalan lo más cerca posible de otros equipos de distribución para desviar las sobretensiones a tierra. El nivel básico de aislamiento (NBAI), especialmente para los interruptores y transformadores de las

subestaciones, debe ser calculado cuidadosamente. El BIL es el nivel de aislamiento mínimo para proporcionar una protección de aislamiento adecuada de forma económica y limitar la posibilidad de que se produzcan daños en los equipos debido a las sobretensiones (Patrick y Stephen, 2009).



Figura 7. Soportes L.T. tramo Azángaro - Putina.

1.1.2.7 Conductores

Los conductores utilizados para la distribución de energía son, normalmente, cables de aluminio o cables de aluminio-conductor de acero reforzado (ACSR) para la transmisión a larga distancia, y cables de cobre aislados para distancias más cortas. (Patrick y Stephen, 2009).

Los conductores de la línea pueden variar de tamaño según el voltaje nominal. El número de conductores encadenados en un poste depende del tipo de circuitos que se utilizan. Debido a que dan una buena combinación de conductividad y economía, el cobre, el aluminio y el acero son los materiales conductores más utilizados. La plata es mejor conductor que el cobre; pero su debilidad mecánica y su alto costo la eliminan como un conductor práctico

Las combinaciones de aluminio-acero o cobre-acero y aluminio se han hecho populares para los conductores en circunstancias particulares. Las aleaciones de aluminio también se utilizan como conductores (Pansini, 2014).

1.1.2.8 Equipo de protección

Hay muchos dispositivos que se usan para proteger el sistema de distribución eléctrica de los daños debidos a condiciones anormales. Por ejemplo, los interruptores, fusibles, disyuntores, pararrayos y relés de protección se utilizan para este fin. Algunos de estos dispositivos desconectan automáticamente el equipo de las líneas eléctricas antes de que se produzca cualquier daño. Otros dispositivos detectan cambios en el funcionamiento normal del sistema y realizan los cambios necesarios para compensar las condiciones anormales de los circuitos. El problema eléctrico más común que requiere protección es el de los cortocircuitos. Otros problemas incluyen la sobretensión, la baja tensión y los cambios en la frecuencia. Generalmente se utiliza más de un método de protección para proteger los circuitos eléctricos de las condiciones defectuosas. El propósito de cualquier tipo de dispositivo de protección es hacer que un conductor de corriente se vuelva inoperante cuando una cantidad excesiva de corriente fluye a través de él (Patrick y Stephen, 2009).

Los relés de protección más avanzados que existen hoy en día se denominan IED (inteligentes dispositivos electrónicos), ya que ofrecen mucho más que sólo las funciones de protección del relé tradicional.

Las funciones de protección del IED evolucionaron a partir de las funciones básicas de protección contra sobre corriente y falla a tierra del relé de protección del alimentador (de ahí que algunos fabricantes denominaran a sus IED "terminales de alimentador"). Esto se debe al hecho de que un relé de protección de alimentador se utiliza en casi todas las celdas de un cuadro de distribución típico, y el hecho de que no se requieren funciones de protección más exigentes permite utilizar el microprocesador del relé para funciones de control (Jan de Kock, 2004).



Figura 8. Tableros Edificio de Control S.E. Huancané.

1.1.2.9 Sistema de puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra deberán ser diseñados para minimizar peligros eléctricos al personal y deberán tener resistencias a tierra suficientemente bajas para permitir la rápida operación de los dispositivos de protección de circuitos. Los sistemas de puesta a tierra pueden consistir de conductores enterrados y de varios tipos de electrodos de puesta a tierra (MEM, 2012).

El oficio del sistema de puesta a tierra es doble:

Proporcionar un camino de resistencia bastante baja, por los conductores de tierra, de retorno a la fuente de energía, de modo que, ante el evento de una falla a tierra de un conductor activo, vaya por una ruta predeterminada una corriente suficiente, que permita operar al dispositivo de protección del circuito.

Limitar a un valor seguro la elevación de potencial en todas las estructuras metálicas a las cuales tienen normalmente acceso personas y animales, bajo condiciones normales y anormales del circuito. La conexión conjunta de todas las estructuras metálicas normalmente expuestas, previene la posibilidad de una diferencia de potencial peligrosa que surja entre contactos metálicos adyacentes ya sea bajo condiciones normales o anormales. Hay dos tipos principales de conductores de tierra: los conductores de protección (o de conexión) y los electrodos de tierra.

En sistemas de baja tensión con neutro con múltiples puesta a tierra, la resistencia de puesta a tierra del neutro en los puntos más desfavorables, estando conectadas todas las puestas a tierra, no deberá superar los siguientes valores:

- ✓ En centro urbano o urbano rural 6 ohm
- ✓ En localidades aisladas o zonas rurales 10 ohm (MEM, 2012).

1.1.2.10 Soportes

Los conductores necesitan apoyos para ir de un lugar a otro. Los soportes pueden ser torres, postes u otras estructuras. Estas últimas pueden ser de acero, hormigón o madera. La elección de un tipo de soporte depende del terreno que se va a atravesar y del tamaño de los conductores y el equipo que se va a transportar. La disponibilidad y la economía, así como los elementos atmosféricos lo determinan.

Comúnmente se utilizan postes y torres de acero para las líneas de transmisión madera y postes de hormigón para los circuitos de distribución. Sin embargo, esta distinción no siempre es cierta. Para satisfacer las necesidades de una circunstancia particular, se pueden

utilizar postes de madera o de hormigón para transportar líneas de transmisión; y en algunos casos puede ser necesaria una torre de acero para un circuito de distribución”. En general, las torres de acero se utilizan cuando la resistencia es excepcional y se requiere fiabilidad. El acero también puede ser usado para postes. Aunque son comparativamente caros, las consideraciones de resistencia para grandes vanos, cruce de vías férreas o ríos, por ejemplo, hacen que la madera sea indeseable y que los postes de acero, completos con crucetas de acero sean necesarios.



Figura 9. Soportes L.T. tramo Azángaro - Putina.

1.1.3 Mantenimiento

El mantenimiento define el conjunto de acciones realizadas sobre el equipo para conservarlo o devolverlo a un estado determinado. Así pues, el mantenimiento se refiere al mantenimiento preventivo, realizado a intervalos predeterminados, por ejemplo para reducir los fallos de desgaste, y al mantenimiento correctivo, realizado en el momento del fallo y destinado a llevar el equipo a un estado en el que pueda realizar la función requerida. El objetivo de un mantenimiento preventivo debe ser también detectar y reparar los fallos y defectos ocultos (por ejemplo, fallos no detectados en elementos redundantes). El mantenimiento correctivo, también conocido como reparación, incluye la detección, la localización, la corrección y la revisión (Biolini, 2017).

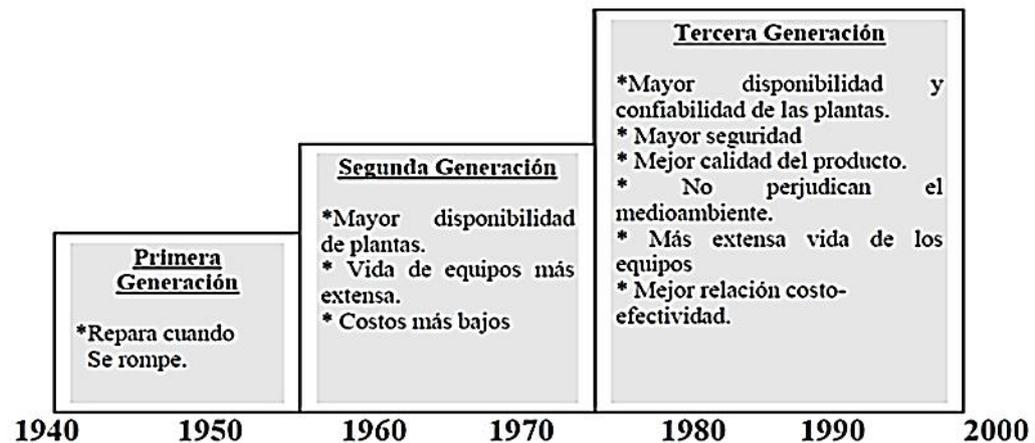


Figura 10. Evolución del Mantenimiento

Fuente: (Moubray, 2004)

1.1.4 Tipos de mantenimiento

1.1.4.1 Mantenimiento correctivo

La filosofía básica de esta estrategia de mantenimiento es permitir que el equipo industrial funcione hasta el fracaso y sólo reparar o sustituir el equipo dañado cuando se produzcan problemas evidentes. La ventaja de este enfoque es que funciona bien si las paradas de los equipos no afectan a la producción y si los costes de mano de obra y material no importan. Las desventajas son que el departamento de mantenimiento perpetuamente opera en actividades de mantenimiento no planificadas, de gestión de crisis con interrupciones inesperadas de la producción y la planta debe tener un gran inventario de repuestos para reaccionar rápidamente. Sin duda, es la forma más ineficiente de mantener una instalación. Se hacen intentos inútiles de reducir los costos comprando piezas baratas y contratando mano de obra barata, lo que agrava aún más el problema”. A menudo, el personal está sobrecargado de trabajo y no tiene suficiente personal que llega al trabajo cada día para enfrentarse a una larga lista de trabajos sin terminar (Osarenren, 2015).

1.1.4.2 El Mantenimiento preventivo o basado en el tiempo

Esta filosofía consiste en programar las actividades de mantenimiento en intervalos de tiempo predeterminados en los que se sustituye el equipo dañado antes de que se produzcan problemas evidentes. La ventaja de este

enfoque es que funciona bien para los equipos que no funcionan continuamente y el personal tiene suficiente conocimiento, habilidad y tiempo para realizar el trabajo de mantenimiento preventivo (PM). Las desventajas son que el mantenimiento programado puede realizarse demasiado pronto o demasiado tarde. Es muy posible que se reduzca la producción debido a un mantenimiento potencialmente innecesario. En muchos de los casos en que se desmontaron máquinas en perfecto estado, se retiraron y desecharon las piezas buenas y se instalaron incorrectamente las nuevas (Osarenren, 2015).

1.1.4.3 Mantenimiento predictivo o basado en la condición

“Esta filosofía consiste en programar las actividades de mantenimiento sólo cuando las condiciones mecánicas u operativas lo justifiquen, mediante la supervisión periódica de la maquinaria para detectar la vibración, la temperatura y la degradación de la lubricación excesiva, o la observación de cualquier otra tendencia no saludable que se produzca con el tiempo. Cuando la condición llega a un nivel inaceptable predeterminado, el equipo se apaga para reparar o reemplazar los componentes dañados en el equipo para evitar que ocurra una falla más costosa” (Osarenren, 2015).

“Las ventajas de este enfoque son que funciona muy bien si el personal tiene suficiente conocimiento, habilidad y tiempo para realizar el trabajo de mantenimiento predictivo. Las reparaciones del equipo pueden ser programadas de manera ordenada, y le permite un cierto tiempo de espera para comprar materiales para las reparaciones necesarias reduciendo la necesidad de un alto inventario de piezas. Dado que el trabajo de mantenimiento sólo se realiza cuando es necesario, es probable que aumente la capacidad de producción. Las desventajas son que el trabajo de mantenimiento puede en realidad aumentar si el personal evalúa incorrectamente el nivel de degradación del equipo. Para observar las tendencias insalubres de la vibración, la temperatura o la lubricación, este enfoque requiere que la instalación adquiera equipo para vigilar estos parámetros y proporcionar capacitación al personal interno. La alternativa es subcontratar este trabajo a un contratista bien informado para que realice

las tareas de predicción/estado”. Si una organización ha estado funcionando en el modo de averías/de funcionamiento hasta el fallo y/o el estilo PM, la gestión de la producción y del mantenimiento principal debe ajustarse a esta nueva filosofía, lo que puede ser problemático si el departamento de mantenimiento no está autorizado a comprar el equipo necesario, proporcionar una formación adecuada a las personas para aprender las nuevas técnicas, no se les da tiempo para recoger los datos o no se les permite apagar la maquinaria cuando se identifican los problemas (Osarenren, 2015).

Es una estrategia de mantenimiento de equipo basada en:

- a) La medición de la condición del equipo a fin de evaluar si fallará durante algún período futuro (Gulati, 2009).
- b) La adopción de medidas apropiadas para evitar las consecuencias de esa falla. La condición del equipo podría medirse mediante la vigilancia del estado, el control estadístico de los procesos o el rendimiento del equipo, o mediante el uso de los sentidos humanos (Gulati, 2009).

Los términos Mantenimiento Basado en la Condición (CBM), Mantenimiento en Condición y Mantenimiento Predictivo se utilizan indistintamente (Gulati, 2009).

1.1.4.4 Mantenimiento proactivo

Esta filosofía utiliza todas las técnicas de mantenimiento de acuerdo con el análisis de la causa raíz de los fallos para no sólo detectar y precisar los problemas precisos que se producen sino también asegurar que se realicen técnicas avanzadas de instalación y reparación, incluyendo el posible rediseño o modificación del equipo para evitar o eliminar los problemas que se produzcan. La ventaja de este enfoque es que funciona extremadamente bien si el personal tiene suficiente conocimiento, habilidad y tiempo para realizar todas las actividades requeridas. Como en el programa basado en la predicción, las reparaciones del equipo pueden programarse de forma ordenada, pero luego se hacen esfuerzos adicionales



para proporcionar mejoras que reduzcan o eliminen los posibles problemas que se producen repetidamente. Una vez más, las reparaciones del equipo pueden programarse de manera ordenada y ello permite disponer de tiempo para adquirir materiales para las reparaciones necesarias, reduciendo así la necesidad de inventar piezas de gran tamaño. Dado que el trabajo de mantenimiento sólo se realiza cuando es necesario, y que se hacen esfuerzos adicionales para investigar a fondo la causa del fallo y luego determinar las formas de mejorar la fiabilidad de la maquinaria, puede haber un aumento sustancial de la capacidad de producción (Osarenren, 2015).

Las desventajas son que esto requiere de un gran conocimiento empleados en prácticas de mantenimiento preventivo, predictivo y preventivo/proactivo o un contratista bien informado que trabaje estrechamente con el personal de mantenimiento en la fase de análisis de la causa raíz de la falla y luego ayudar en las reparaciones o en las modificaciones de diseño.

Esto requiere la adquisición de equipo y la formación adecuada del personal para llevar a cabo estas tareas (Osarenren, 2015).

El mantenimiento no correctivo (preventivo, centrado en la condición y proactivo) se aplica prioritariamente a los componentes críticos de la producción. Luego de seleccionados los equipos para los cuales se realizará, es necesario descomponerlos en sub componentes que sean mantenibles. Ejemplos: rodamientos, correas, engranajes, etc. En caso de seleccionar mantenimiento preventivo para un equipo, es necesario establecer frecuencias de cambio de piezas, lubricación, etc. Para ello se realiza un análisis estadístico de los ciclos de vida”. Las tareas a realizar deben ser descritas claramente en procedimientos y su registro debe ser llevado en reportes. Ellos formaran parte de la hoja de vida de cada equipo. Tal registro ayudara en la detección de fallas, y la evaluación de costos (Rodrigo, 2005).

1.1.5 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

La confiabilidad se interesa por cuánto tiempo el producto continúa funcionando, después de entrar en operación. Una calidad baja del producto disminuye su confiabilidad, de la misma manera que una calidad alta implica una confiabilidad elevada (Gutiérrez, 2012).

Un proceso de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) identifica sistemáticamente todas las funciones y fallos funcionales de los activos. También identifica todas las causas probables de esos fallos. A continuación procede a identificar los efectos de esos modos de fallo probables y a determinar de qué manera esos efectos son importantes. Una vez que ha reunido esta información, el proceso de RCM selecciona entonces la política de gestión de activos más apropiada.

RCM considera todas las opciones de gestión de activos: tarea en condiciones, tarea de restauración programada, tarea de descarte programada, tarea de búsqueda de fallas, y cambio único (al diseño de hardware, procedimientos operativos, capacitación del personal, u otros aspectos del activo fuera del estricto mundo del mantenimiento). Esta consideración es diferente a otros procesos de desarrollo de mantenimiento (Mobley y Wikoff, 2008).

1.1.5.1 Siete preguntas realizadas por el RCM

Fundamentalmente, el proceso del MCR busca responder a las siguientes siete preguntas en orden secuencial.

- a) ¿Cuáles son las funciones y los niveles de rendimiento deseados asociados al activo en su contexto operativo actual (funciones)?
- b) ¿De qué manera puede fallar en el cumplimiento de sus funciones (fallas funcionales)?
- c) ¿Qué causa cada fallo funcional (modos de fallo)?
- d) ¿Qué sucede cuando se producen fallos (efectos de fallo)?
- e) ¿De qué manera importa cada falla (consecuencias de la falla)?

- f) ¿Qué debería hacerse para predecir o prevenir cada fallo (tareas proactivas e intervalos de tareas)?
- g) ¿Qué se debe hacer si no se puede encontrar una tarea proactiva adecuada (¿acciones predeterminadas?) (Mobley y Wikoff, 2008).

1.1.5.2 El mantenimiento y la fiabilidad

En toda organización, los activos son indispensables para elaborar productos o proporcionar servicios. El objetivo del mantenimiento y la fiabilidad en una organización es garantizar que los activos estén disponibles, cuando se necesiten, de manera rentable (Gulati, 2009).

El rendimiento de un activo se basa en tres factores (véase la figura 11):

- Fiabilidad inherente - cómo se diseñó.
- Entorno operativo - cómo se operará.
- Plan de mantenimiento - cómo se mantendrá.

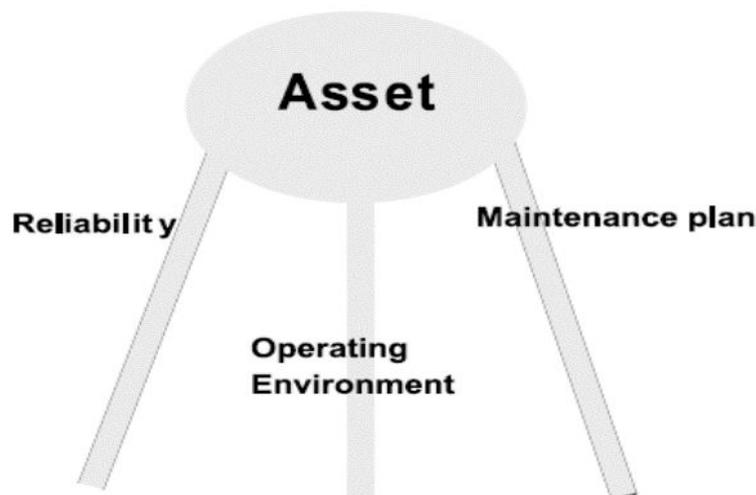


Figura 11. Rendimiento de los activos
Fuente: (Gulati, 2009).

Por lo general, los bienes se diseñan con un cierto nivel de fiabilidad. Esta fiabilidad de diseño (o incorporada) es el resultado de la fiabilidad de los componentes individuales y de cómo están configurados. Este nivel de fiabilidad se denomina fiabilidad inherente. No podemos cambiar o mejorar la fiabilidad de un activo después de su instalación sin sustituirlo por componentes mejores y mejorados o rediseñarlo (Gulati, 2009)..

El segundo factor, el entorno operativo, considera las condiciones de funcionamiento en las que el activo tiene que operar y las habilidades del operador. Varios estudios han indicado que el 40% o más de los fallos son el resultado de errores operativos. Las organizaciones deben asegurarse de que los operadores estén debidamente educados y capacitados para operar el activo sin que ningún error operacional cause fallas. De hecho, los operadores deben ser la primera línea de defensa en la vigilancia de las condiciones anormales de un activo y en la adopción de medidas correctivas (Gulati, 2009).

El objetivo del plan de mantenimiento es mantener la fiabilidad del activo y mejorar su disponibilidad (Gulati, 2009).

El plan debe incluir el mantenimiento necesario y las acciones necesarias para detectar posibles fallos antes de que creen un tiempo de inactividad no programado (Gulati, 2009).

1.1.5.3 Fiabilidad

La fiabilidad es una característica del elemento, expresada por la probabilidad de que cumpla su función requerida en determinadas condiciones durante un intervalo de tiempo determinado. Generalmente se designa por R . Desde un punto de vista cualitativo, la fiabilidad también puede definirse como la capacidad del elemento para seguir funcionando. Cuantitativamente, la fiabilidad especifica la probabilidad de que no se produzca ninguna interrupción operacional durante un intervalo de tiempo determinado. Esto no significa que las piezas redundantes no puedan fallar, sino que pueden fallar y ser reparadas en línea (es decir, sin interrupción operacional a nivel del elemento (sistema)). Por consiguiente, el concepto de fiabilidad se aplica tanto a los equipos no reparables como a los reparables. Para que tenga sentido, una declaración numérica sobre la fiabilidad (por ejemplo, $R = 0,9$) debe ir acompañada de una definición clara de la función requerida, las condiciones ambientales, de operación y mantenimiento, así como la duración de la misión y el estado del artículo al comienzo de la misión (a menudo tácitamente asumido como nuevo o como bueno como nuevo).

Un elemento es una unidad funcional o estructural de complejidad arbitraria (por ejemplo, un componente, pieza, dispositivo, conjunto, equipo, subsistema, sistema) que puede considerarse como una entidad para las investigaciones). Puede consistir en hardware, software o ambos, y puede también incluir los recursos humanos. Suponiendo que los aspectos humanos y el apoyo logístico sean ideales, se debería preferir el sistema técnico; sin embargo, el sistema se utiliza a menudo por razones de simplicidad (Biolini, 2017).

1.1.5.4 La fiabilidad de los sistemas de energía

Fiabilidad es un término abstracto que significa resistencia, fiabilidad y buen rendimiento. Para los sistemas de ingeniería, sin embargo, es más que un término abstracto; es algo que puede ser computado, medido, evaluado, planeado y diseñado en una pieza de equipo o un sistema. Por fiabilidad se entiende la capacidad de un sistema para realizar la función para la que ha sido diseñado en las condiciones de funcionamiento que se dan durante su vida útil prevista (Chowdhury, 2009).

La función básica de un sistema de energía es suministrar a sus clientes energía eléctrica de la forma más económica y fiable posible. Hubo algunas aplicaciones sencillas de los métodos de probabilidad a los cálculos de la capacidad de reserva de generación desde la década de 1940; sin embargo, el interés real en la evaluación de la fiabilidad del sistema de energía comenzó a despegar sólo después de 1965, muy notablemente influenciado por el apagón de la ciudad de Nueva York de ese año. La matemática de la fiabilidad evoluciona constantemente para adaptarse a los cambios técnicos en las operaciones y configuraciones de los sistemas de energía. En la actualidad, las fuentes de energía renovable, como los sistemas eólicos y fotovoltaicos, tienen un impacto significativo en el funcionamiento de los sistemas de generación, transmisión y distribución (Chowdhury, 2009).

1.1.5.5 Fallo

Se produce un fallo cuando el equipo deja de cumplir su función requerida. Por muy simple que sea esta definición, puede resultar difícil aplicarla a equipos complejos. El tiempo sin fallos, para el tiempo de funcionamiento sin fallos, es generalmente una variable aleatoria. Suele ser razonablemente larga, pero puede ser muy corta, por ejemplo, debido a una falla causada por un evento transitorio al encenderse. Una suposición general al investigar los tiempos sin fallos es que en $t = 0$ el elemento es nuevo o como nuevo y libre de defectos y fallos sistemáticos. Además de su frecuencia, los fallos deben clasificarse según el modo, la causa, el efecto y el mecanismo:

- a) **Modo:** El modo de un fallo es el síntoma (efecto local) por el que se observa un fallo; por ejemplo, fallos abiertos, cortos, de deriva, funcionales para la electrónica, y fractura frágil, fluencia, pandeo, fatiga para los componentes o piezas mecánicas.
- b) **Causa:** La causa de un fallo puede ser intrínseca, debido a las debilidades del equipo y / o desgaste, o extrínseca, debido a errores, mal uso o mal manejo durante el diseño, producción o uso. Las causas extrínsecas suelen dar lugar a fallos sistemáticos, que son deterministas y deben considerarse como defectos. Los defectos están presentes en $t = 0$, los fallos aparecen siempre a tiempo, incluso si el tiempo hasta el fallo es corto como puede serlo con los fallos sistemáticos o tempranos.
- c) **Efecto:** El efecto (consecuencia) de un fallo puede ser diferente si se considera en el propio equipo o en un nivel superior. Una clasificación habitual es: no pertinente, menor, mayor, crítico (que afecta a la seguridad). Dado que un fallo también puede causar otros fallos, es importante distinguir entre el fallo primario y el secundario.
- d) **Mecanismo:** El mecanismo de falla es el proceso físico, químico o de otro tipo que conduce a una falla.

Las fallas también pueden clasificarse como repentinas o graduales. Como la falla no es la única causa de que el artículo esté caído, el término general que se utiliza para definir el estado de caída (no causado por el mantenimiento preventivo, otras acciones planificadas o la falta de recursos externos) es falla. La falla es un estado del artículo y puede deberse a un defecto o a un fallo (Biolini, 2017).

Si un proceso ofrece una decisión de dejar que un activo se vaya a pique, se deben aplicar los siguientes criterios antes de aceptar la decisión: - En los casos en que el fallo esté oculto y no haya una tarea programada apropiada, el fallo múltiple asociado no tendrá consecuencias de seguridad o ambientales.

En los casos en que el fallo sea evidente y no haya una tarea programada apropiada, el modo de fallo asociado no tendrá consecuencias para la seguridad o el medio ambiente (Mobley y Wikoff, 2008).

Cada uno de estos programas de mejora continua contiene cambios inestimables que mejorarían el rendimiento de la planta. En muchos casos, estos cambios son comunes a todos los enfoques. Sin embargo, algunos son exclusivos de sólo uno de los enfoques. Las mayores debilidades de estos enfoques incluyen:

- Falta de enfoque o inclusión de un cambio cultural efectivo, por ejemplo, el proceso de gestión del cambio
- Falta de enfoque holístico. Cada uno se centra en una sola función o actividad dentro de la planta
- Requiere una estructura organizativa permanente para gestionar el esfuerzo (Mobley y Wikoff, 2008).

1.1.5.6 Tareas de búsqueda de fallos

Una tarea de búsqueda de fallas se define como una tarea programada que se utiliza para determinar si se ha producido una falla específica oculta. Las tareas de búsqueda de fallas generalmente se aplican a los dispositivos de protección que fallan sin previo aviso. Esta tarea representa una

transición de la sexta pregunta (tareas proactivas) a la séptima pregunta (acciones predeterminadas, o acciones tomadas en ausencia de tareas proactivas). Las tareas de búsqueda de fallas son tareas planificadas como las tareas proactivas. Sin embargo, las tareas de búsqueda de fallas no son proactivas. No predisponen o previenen los fallos. Detectan fallos que ya han ocurrido, para reducir las posibilidades de que se produzca un fallo múltiple y el fallo de una función protegida mientras un dispositivo de protección ya está en estado de fallo (Mobley y Wikoff, 2008).

1.1.5.7 Fallas funcionales

Los objetivos de mantenimiento son determinados por las funciones y respectivas expectativas de desempeño del bien bajo consideración. Pero ¿cómo se alcanzan estos objetivos? El único suceso que puede hacer que un bien deje de funcionar al nivel requerido es algún tipo de falla. Esto sugiere que el departamento mantenimiento alcanza sus objetivos, al adoptar un acercamiento acertado al manejo de las fallas. Sin embargo, antes de que podamos aplicar la conjunción de herramientas apropiadas, necesitamos identificar el tipo de fallas que pueden presentarse (Moubray, 2004).

El proceso de RCM realiza esto en dos niveles:

- i. Identificando qué circunstancias llevaron a un estado fallido
- ii. Investigando qué situaciones son las causantes de que un bien caiga en ese estado de falla.

En el mundo de RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales, porque ocurren cuando un bien es incapaz de cumplir una función a un nivel de desempeño que sea aceptable por el usuario. En adición a la incapacidad total para funcionar, esta definición abarca fallas parciales, donde el bien todavía funciona, pero a nivel inaceptable de desempeño, (incluyendo también los casos donde no se alcanza el nivel de precisión o calidad). Pero éstas solo pueden ser identificadas una vez que las funciones y desempeño estándares hayan sido definidas con claridad (Moubray, 2004).

1.1.5.8 Análisis de modo de falla y efectos

Es una técnica para examinar un activo, proceso o diseño para determinar las posibles formas en que puede fallar y los posibles efectos; y posteriormente identificar las tareas de mitigación apropiadas para los riesgos de alta prioridad (Gulati, 2009).

El análisis de modos de fallo y efectos (FMEA) es un procedimiento de evaluación de diseño utilizado para identificar posibles modos de fallo y determinar el efecto de cada uno de ellos en el rendimiento del sistema. Este procedimiento documenta formalmente la práctica habitual, genera un registro histórico y sirve de base para futuras mejoras. El procedimiento FMEA es una secuencia de pasos lógicos, comenzando con el análisis de subsistemas o componentes de nivel inferior.

A cada modo de fallo y efecto se asigna una clasificación de criticidad, basada en la probabilidad de ocurrencia, severidad y detectabilidad. En el caso de los fallos que tienen una puntuación alta en la clasificación, se recomiendan el rediseño (Mobley, 1999).

Siguiendo este procedimiento se obtiene un diseño más fiable. También este uso correcto del proceso FMEA resulta en dos mejoras importantes:

- 1) Una mayor fiabilidad al anticiparse a los problemas e instituir correcciones antes de producir el producto y
- 2) Una mayor validez del método analítico, que resulta de la documentación estricta de la justificación de cada paso en el proceso de toma de decisiones (Mobley, 1999).

1.1.5.9 Análisis de árbol de fallos

El análisis de árbol de fallos es un método para analizar la fiabilidad y seguridad del sistema. Proporciona una base objetiva para analizar el diseño del sistema, justificar los cambios en el sistema, realizar estudios de compensación, analizar los modos de fallo comunes y demostrar el cumplimiento de los requisitos de seguridad y medio ambiente. Se diferencia del análisis de modos de fallo y efectos en que se limita a

identificar los elementos y eventos del sistema que provocan un evento no deseado. En la figura 8 se muestran los pasos que intervienen en la realización de un análisis de modos de fallo.

Muchas técnicas de fiabilidad son inductivas y se ocupan principalmente de asegurar que el equipo informático cumpla las funciones previstas. El análisis del árbol de fallos es un análisis deductivo detallado que normalmente requiere una información considerable sobre el sistema. Garantiza que todos los aspectos críticos de un sistema sean identificados y controlados. Este método representa gráficamente la lógica booleana asociada a un fallo concreto del sistema, llamado el evento principal, y las fallas o causas básicas, llamadas eventos primarios. Los eventos principales pueden ser fallas generales del sistema o fallas de componentes específicos.

El análisis de árbol de fallos proporciona opciones para realizar un análisis de fiabilidad cualitativo y cuantitativo. Ayuda al analista a comprender las fallas del sistema de manera deductiva y señala los aspectos de un sistema que son importantes con respecto a la falla de interés. El análisis proporciona una visión del comportamiento del sistema. (Mobley, 1999).

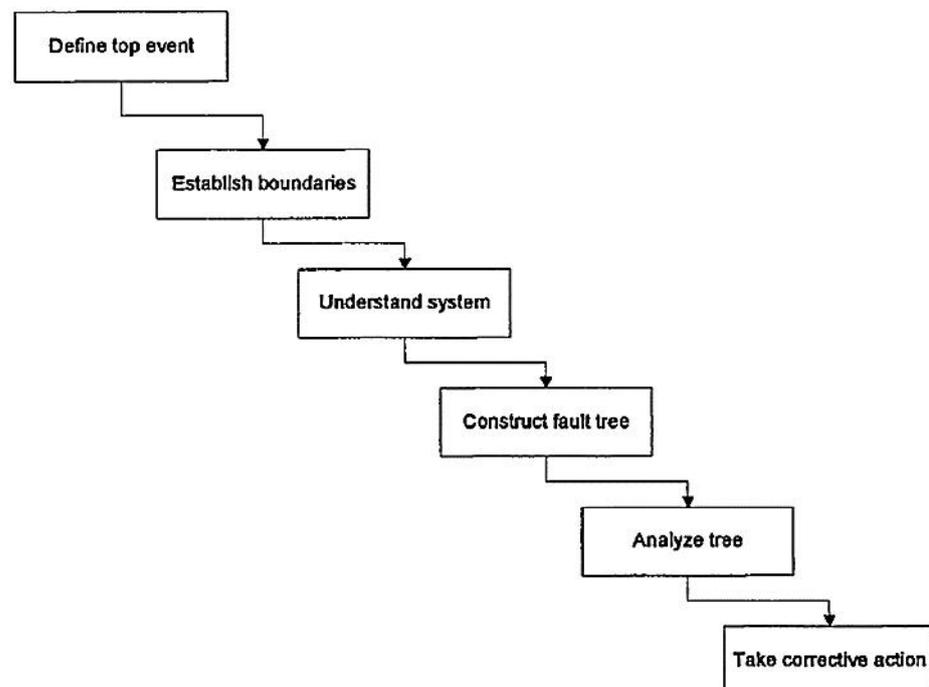


Figura 12. Proceso de árbol de fallos
Fuente: (Mobley, 1999).

1.1.5.10 Análisis de causa y efecto

El análisis de causa y efecto es un enfoque gráfico del análisis de fallos. También se denomina análisis de espina de pescado, nombre derivado de la pauta en forma de pez que se utiliza para trazar la relación entre los diversos factores que contribuyen a un evento específico. El análisis de espina traza cuatro clasificaciones principales de causas potenciales (humano, máquina, material y método) pero puede incluir cualquier combinación de categorías. La Figura 13 ilustra un análisis simple.

Como la mayoría de los métodos de análisis de fallos, este enfoque se basa en una evaluación lógica de las acciones o cambios que conducen a un evento específico, como el fallo de una máquina. La única diferencia entre este enfoque y otros métodos es el uso del gráfico en forma de pez para trazar la relación causa-efecto entre acciones o cambios específicos y el resultado o evento final.

Este enfoque tiene una seria limitación. El gráfico de la espina de pescado no proporciona una secuencia clara de eventos que lleve al fracaso. En su lugar, muestra todas las posibles causas que puede haber contribuido al evento. Si bien esto es útil, no aísla los factores específicos que causaron el evento. Otros enfoques proporcionan los medios para aislar cambios específicos, omisiones o acciones que causaron el fallo, la liberación, el accidente u otro evento que se está investigando (Mobley, 1999).

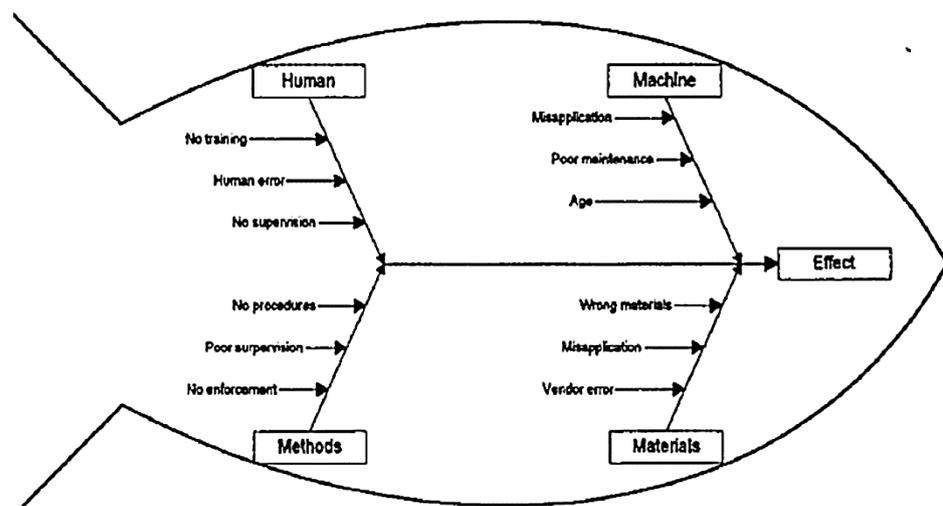


Figura 13. El típico diagrama de espina de pescado
Fuente: (Mobley, 1999)

1.1.6 Fiabilidad de los sistemas de distribución

1.1.6.1 Evaluación de la fiabilidad de los sistemas de distribución

Los conceptos de responsabilidad de la aplicación a los sistemas de distribución difieren de las aplicaciones de generación y transmisión en que están más orientadas al punto de carga del cliente en lugar de estar orientadas al sistema, y se considera el sistema de distribución local en lugar de todo el sistema integrado que incluye las instalaciones de generación y transmisión. La fiabilidad de la generación y la transmisión también hace hincapié en la capacidad y la probabilidad de pérdida de carga, prestando cierta atención a los componentes, mientras que la fiabilidad de la distribución considera todas las facetas de la ingeniería: diseño, planificación y operaciones. Dado que el sistema de distribución es menos complejo que el sistema integrado de generación y transmisión, las matemáticas de probabilidad implicadas son mucho más sencillas que las requeridas para las evaluaciones de fiabilidad de la generación y la transmisión. Es importante señalar que el sistema de distribución es un vínculo vital entre el grueso el sistema de energía y sus clientes. En muchos casos, estos enlaces son de naturaleza radial, lo que los hace vulnerables a las interrupciones de los clientes debido a un solo evento de interrupción. Un circuito de distribución radial generalmente utiliza alimentadores principales y distribuidores laterales para abastecer las necesidades energéticas de los clientes. En el pasado, el segmento de distribución de un sistema de energía recibió una atención considerablemente menor en cuanto a la planificación de la fiabilidad en comparación con los segmentos de generación y transmisión. La razón básica de esto es el hecho de que los segmentos de generación y transmisión son muy intensivos en capital, y las interrupciones en estos segmentos pueden causar consecuencias económicas catastróficas generalizadas para la sociedad (Chowdhury, 2009).

1.1.6.2 Medición de la fiabilidad

La ingeniería de la fiabilidad es una disciplina en la que la fiabilidad se trata de manera cuantitativa, es decir, es observable y medible. La

fiabilidad en sí misma se define como la probabilidad de funcionar o sobrevivir durante un período de tiempo determinado, por lo que la medición de la fiabilidad implica estos dos aspectos: el funcionamiento y el tiempo. La medición del tiempo es sencilla, mientras que la medición del funcionamiento o la supervivencia suele ser en sentido negativo, es decir, el registro de fallos o retiros.

Los datos de fiabilidad provienen de dos fuentes: registros pasados de fallos y reparaciones y pruebas de fiabilidad. En realidad, las operaciones pasadas pueden ser vistas como pruebas en el sistema actual, y los registros como resultados de las pruebas. A partir de estos registros pasados y los resultados de las pruebas, se pueden establecer los parámetros críticos y evaluar la fiabilidad (Chowdhury, 2009).

1.1.6.3 Exactitud de los datos observados

Los datos de fiabilidad se recogen de registros anteriores o de pruebas actuales. Si el propósito es sólo analizar el rendimiento pasado, entonces un conjunto completo de registros pasados será suficiente. Sin embargo, muchas veces, la fecha se utiliza para las predicciones de fiabilidad de los sistemas presentes y futuros. En esos casos, los registros pasados o los resultados de las pruebas de fiabilidad de la vida, no importa cuán completos sean, son meramente muestras de todos los datos de fiabilidad posibles de equipos similares utilizados en el pasado, el presente y el futuro en todo el espectro temporal. Según la teoría estadística, los valores derivados de una muestra no son los mismos que los verdaderos para toda la población y las desviaciones dependen del tamaño de la muestra. Por ejemplo, si se produjeran tres fallos entre los 10 transformadores adquiridos hace 5 años, la tasa de fallos estimada sería de $3/50$ por año. Si otra empresa de servicios públicos tuviera 120 fallos de 100 transformadores similares en los últimos 25 años, tendríamos más confianza en su tasa de fallos. Como en todas las muestras, aunque la media de la muestra no es la verdadera media, una afirmación se puede hacer que la verdadera media esté dentro de un cierto rango de la media de la muestra durante un determinado porcentaje de tiempo. Esto se conoce



como el nivel de confianza. En el trabajo de confiabilidad, uno se suele preocupar por cuán peor podría ser la verdadera media, es decir, un límite de confianza unilateral. Sin embargo, si se desea un nivel de confianza de dos lados, se puede calcular fácilmente.

1.2 Antecedentes

No se encontraron antecedentes de acuerdo al tema de investigación.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

Una de las cuestiones más importantes que se han planteado en relación con la eficiencia de los sistemas de distribución es la reducción de la fiabilidad (presencia de interrupciones) de los componentes de los sistemas. (Afzali *et al.*, 2019). El suministro de energía y los procedimientos de restablecimiento en situaciones de interrupciones es una preocupación pertinente y permanente cuando se operan los sistemas de distribución eléctrica. Las empresas de distribución de energía eléctrica deben ofrecer suministro de energía que tengan calidad, niveles de voltaje apropiados y una baja tasa de interrupción. (Piasson *et al.*, 2016). Las empresas de distribución eléctrica buscan mejorar los procesos comerciales relacionados con la gestión de los recursos humanos y materiales a fin de tener un funcionamiento eficaz relacionado con los índices de fiabilidad sin aumentar los costos operacionales. Este desafío es particularmente importante en los mercados emergentes por los aspectos económicos y también por las nuevas políticas de los reguladores que tienen lugar hoy en día (Garcia *et al.*, 2014). Especialmente en el actual mercado de electricidad regulado, los operadores del sistema se esfuerzan más por proporcionar electricidad de manera fiable y al precio más bajo posible. (Shayesteh *et al.*, 2018). La priorización del mantenimiento preventivo de los componentes de los sistemas de distribución se hace para reducir los costos derivados de las interrupciones y las acciones de mantenimiento. Por ejemplo, realizar las acciones de mantenimiento de todos los componentes de un sistema de distribución puede no ser económico. Por lo tanto, se deben identificar los componentes críticos del sistema de distribución y las acciones de mantenimiento sólo se deben realizar en ellos (Afzali *et al.*, 2019). El Análisis de Modo de Fallo y Efectos (FMEA) y el Análisis de Criticidad (CA). El FMEA analiza los

diferentes modos de fallo y sus efectos en el sistema, mientras que el CA clasifica o prioriza su nivel de importancia basándose en la tasa de fallos y la gravedad del efecto del fallo (Adda *et al.*, 2014). Por lo tanto, la optimización de los programas de MP se ha convertido en algo crítico para que las empresas de distribución cumplan con los objetivos de calidad, es decir, la reducción de los costos operativos y de inversión y la mejora de la fiabilidad de la distribución de la energía eléctrica. En este contexto, el mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) se presenta como una eficiente metodología para relacionar el mantenimiento de los equipos con la fiabilidad del sistema (Piasson *et al.*, 2016).

2.1.1 Descripción de la realidad problemática.

Las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo nos permiten detectar y reparar las fallas repetitivas, y mejorar la vida útil de equipos, bajar costos de correcciones, detectar puntos débiles en la instalación entre otros, son realizados de forma planeada. En la línea de transmisión 60 kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones, los mantenimientos que se efectúan son puramente correctivos y muy bajo o casi ningún plan de mantenimiento programado. Realizando de esta forma una notable cantidad de mantenimiento correctivo no programado lo que ocasiona un gran número de fallas del servicio de energía eléctrica teniendo un bajo nivel de confiabilidad y a la vez de calidad de la energía perjudicando de esta manera a los usuarios finales causando pérdidas económicas a la empresa y a los usuarios. La disponibilidad de las instalaciones, equipos y componentes de las redes de distribución de energía, dependen de la planificación de mantenimiento, Es por eso que se considera hacer el estudio con el objetivo de proponer un modelo de acciones de mantenimiento en el sistema eléctrico de distribución. Se propone el modelo de mantenimiento que tenga en cuenta el valor de criticidad de los componentes y elementos del sistema de distribución eléctrica.

2.1.2 Territorio

La zona del estudio se encuentra ubicada en el departamento de Puno, provincias de Azángaro, San Antonio de Putina, Sandía, Juliaca, Huancané y Moho, con altitud que varía entre los 3 875 msnm (S.E. Azángaro) y 4 644 msnm (SE. Ananea), de clima frío, con presencia de descargas atmosféricas intensas, y

vientos fuertes en las cumbres, nevadas con escasa vegetación. Las características ambientales a lo largo de la línea son las siguientes:

Temperatura:

- Mínima : -10 ° C
- Media : 15 ° C
- Máxima : 34 ° C
- Humedad relativa : 70%

Las principales vías de comunicación con las que cuenta la zona del estudio son las siguientes:

Vía Terrestre: se cuenta con las siguientes carreteras

- Carretera asfaltada Lima – Arequipa-Juliaca-Azángaro
- Lima-Arequipa-Cusco-Azángaro
- Lima-Ica-Abancay-Cusco-Azángaro
- Lima-Huancayo-Ayacucho-Abancay-Cusco-Azángaro
- Carretera afirmada Azángaro-Muñani-Putina-Ananea-Sandia y la otra ruta en la carretera asfaltada Juliaca-Huancané y Huancané-Putina-Ananea que es afirmada.

Vía Aérea: se cuenta con el aeropuerto de Juliaca que tiene vuelos diarios Lima-Juliaca.

2.1.3 Ubicación de la zona de estudio

2.1.3.1 S.E. Azángaro 60 kV

Esta subestación existente está ubicada a 200 m al SO de la periferia de la ciudad de Azángaro, delimitada por las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 1
Coordenadas S.E. Azángaro

Nro	Vértice	Posición X	Posición Y
1	P1	3704473212	8350791.102
2	P2	370394.104	8350930.725
3	P3	370277.883	8350883.857
4	P4	370330.991	8350744.234

Fuente: ELPU.

2.1.3.2 S.E. Ananea 60/22,9 Kv

Está ubicada en las siguientes coordenadas:

Tabla 2
Coordenadas S.E. Ananea

Nro.	Vértice	Posición X	Posición Y
1	P1	441780.000	8376974.000
2	P2	441773.000	8377021.000
3	P3	441722.000	8377014.000
4	P4	441729.000	8376967.000

Fuente: ELPU.

2.1.3.3 S.E. Huancané, 60/22,9 kV

Está ubicada al Este de la localidad de Huancané, delimitada por las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 3
Coordenadas S.E. Huancané

Nro.	Vértice	Posición X	Posición Y
1	P1	419031.566	8319572.317
2	P2	419003.193	8319600.665
3	P3	418972.874	8319570.089
4	P4	419001.243	8319541.871

Fuente: ELPU.

2.1.3.4 S.E. Putina, 60 kV

Esta subestación está ubicada en:

Tabla 4
Coordenadas S.E. Putina

Nro.	Vértice	Posición X	Posición Y
1	P1	405830.000	8349505.000
2	P2	405821.062	8349545.782
3	P3	405774.175	8349535.505
4	P4	405783.113	8349494.728

Fuente: ELP.U.



Figura 14. Sistema eléctrico Azángaro Ananea Huancané.

Fuente: Electro Puno S.A.A.

2.2 Enunciados del problema

De acuerdo a lo mencionado en el planteamiento del problema nos formulamos la interrogante ¿Cuál es el procedimiento eficaz y correcto de la Gestión de Mantenimiento para visualizar el comportamiento futuro basado en la fiabilidad, aplicado a la línea de transmisión 60 kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones?

2.2.1 Enunciado general

¿Cuál es el procedimiento eficaz y correcto de la Gestión de Mantenimiento para visualizar el comportamiento futuro basado en la fiabilidad, aplicado a la línea de transmisión 60 kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones?

2.2.2 Enunciados específicos

- ✓ ¿El diseño de un programa de Gestión de mantenimiento aplicado a la línea de subtransmisión 60 kv Azángaro-Putina-Huancané-Ananea y subestaciones permitirá pronosticar las fallas?
- ✓ ¿Es posible la identificación de los fallos y componentes críticos de la línea de transmisión 60 kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones, para prevenir las fallas del sistema?
- ✓ ¿Se podrá proponer el plan de mantenimiento aplicado a la línea de transmisión 60 kv Azángaro-Putina-Huancané-Ananea y subestaciones, basado en la confiabilidad.

2.3 Justificación

El presente estudio se justifica por cuanto la cantidad de interrupciones del servicio producidas por fallas presentes en las redes de distribución de energía eléctrica, son recurrentes en el tiempo, lo que ocasiona paradas o cortes de energía no programados que afecta directamente a la producción y a la vez ocasiona pérdidas económicas tanto a la empresa como a los usuarios finales y a la población afectando a la calidad del servicio.

La disponibilidad de las instalaciones, junto con los diversos equipos y componentes, dependen de la manera como se lleva a cabo la Gestión de Mantenimiento, por tal motivo se ha considerado realizar una investigación con el propósito de diseñar un Modelo de Gestión de Mantenimiento en el sub sistema de distribución eléctrica.

Plantear un modelo de Gestión de mantenimiento que considere la criticidad de los elementos y componentes de las redes de distribución de energía eléctrica, es el objetivo de la presente investigación.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la línea de transmisión 60kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones, para la prevención de fallas.

2.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Diseñar el programa de Gestión de mantenimiento de la línea de subtransmisión 60kv Azángaro-Putina-Huancané-Ananea y subestaciones permitirá pronosticar las fallas.
- ✓ Identificar las fallas y elementos críticos de la línea de transmisión 60kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones, para prevenir las fallas del sistema.
- ✓ Realizar la propuesta del plan de mantenimiento de la línea de transmisión 60kv Azángaro-Putina-Huancané-Ananea y subestaciones basado en la confiabilidad.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis General

El diseño del programa de Gestión de Mantenimiento basado en la confiabilidad, permitirá la prevención de las fallas de la línea de transmisión 60kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones.

2.5.2 Hipótesis Específicas

- ✓ El diseño de un programa de Gestión de mantenimiento de la línea de transmisión 60kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones permite pronosticar las fallas.
- ✓ La identificación de las fallas y elementos críticos de la línea de transmisión 60kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones, permite prevenir las fallas del sistema.
- ✓ Se ara la propuesta respectiva del plan de mantenimiento de la línea de transmisión 60kv Azángaro-Putina-Huancané-Ananea y subestaciones basado en la confiabilidad.

2.5.3 Variables

Independientes: Fallas del sistema eléctrico.



Dependientes: Gestión de Mantenimiento.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

La zona del estudio se encuentra ubicada en la región de Puno, se encuentra mayormente en la región natural Suni (entre 3500 a 4000 m.s.n.m.), conformado básicamente por el altiplano puneño, las localidades de los distritos de Azángaro, Putina, Huancané y Ananea; el distrito de Ananea está ubicada en la región natural Puna (más de 4000 m.s.n.m.).

3.2 Población

En esta investigación, el tamaño de la población de estudio estará, conformadas por las fallas del sistema eléctrico de las Redes Eléctricas.

3.3 Muestra

En esta investigación, el tamaño de la población de estudio estará, conformadas por las fallas del sistema eléctrico de las Redes Eléctricas.

3.4 Método de la investigación

El método utilizado para el presente estudio del diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la línea de transmisión 60kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones, para la prevención de fallas, consta fundamentalmente de los siguientes pasos:

3.4.1 Unidades de información

En la investigación, por él se conoce el estado de los fenómenos de la vida en comunidad, particularmente el proceder y la conducta de personas y grupos, ordenados como estados de cosas sensorialmente perceptibles, y que son advertidos directamente por el observador en espacio y tiempo concretos (Sánchez, 2003).

Se contó con la información del personal directamente involucrado en las acciones de mantenimiento de la línea de transmisión 60kv Azángaro Putina Huancané Ananea y subestaciones.

3.4.2 Materiales

Como material de la investigación tenemos a la Línea de Transmisión 60kV Azángaro Putina Huancané Ananea y Subestaciones. Esta Línea de transmisión en 60 KV es alimentada desde las barras 60 KV de la S.E. Azángaro 138/60 KV e incorporándola al Sistema Interconectado Nacional (SEIN). La línea de transmisión en 60 KV; entre la subestación Azángaro 138/60 KV y las subestaciones de Ananea 60/22,9/10 KV y Huancané 60/22,9/10 KV. El área del proyecto de investigación se encuentra en el departamento de Puno, provincias de Azángaro, San Antonio de Putina y Huancané la misma que está a cargo de la empresa Electro Puno S.A.A. Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad.

3.4.3 Tipo de investigación

De acuerdo a Hernández *et al.* (2014), la presente investigación , es de tipo descriptiva.

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (Hernández *et al.*, 2014).

La investigación descriptiva es aquella que se orientan a recolectar informaciones relacionadas con el estado real de las personas, objetos, situaciones o fenómenos, tal cual como se presentaron en su momento de recolección (Hernández *et al.*, 2014).

La investigación objeto de estudio se clasificó como descriptiva, debido a que buscó especificar propiedades, características y rangos importantes del fenómeno analizado, en este caso, de la variable estudiada: gestión de mantenimiento (Hernández *et al.*, 2014).

Los estudios correlacionales, “Asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. Tienen el riesgo de correlación espuria o falsa, cuando dos variables están aparentemente relacionadas, pero en realidad no es así”

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio relaciones entre tres, cuatro o más variables. Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y, después, cuantifican y analizan la vinculación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba (Hernández *et al.*, 2014).

El enfoque cuantitativo: Es un conjunto de procesos secuenciales y probatorios cada etapa precede a la siguiente y no podemos brincar los pasos, parte de una idea de la cual se derivan objetivos y preguntas de investigación se revisa la literatura y se construye un marco teórico, de las preguntas se establecen variables y determinan variables, se desarrolla un plan para probarlas (diseño), se miden las variables en un determinado contexto se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), se establecen una serie de conclusiones respecto de las hipótesis.

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis (Hernández *et al.*, 2014).

El criterio de demarcación, por tanto, ha de considerarse como una propuesta para un acuerdo o convención. En cuanto a si tal convención es apropiada o no lo es, las opiniones pueden diferir; mas sólo es posible una discusión razonable de estas cuestiones entre partes que tienen cierta finalidad común a la vista. Por supuesto que la elección de tal finalidad tiene que ser, en última instancia, objeto de una decisión que vaya más allá de toda argumentación racional. (Popper, 2017)

Por lo descrito el presente estudio es cuantitativa, descriptiva correlacional.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Se inicia con el procesamiento y recolección de toda la información bibliográfica que se refiere a la investigación, se empleó informes internos y externos, consideración de estudios referidos al tema de mantenimiento.

El investigador debe decidir los tipos específicos de datos cuantitativos y cualitativos que habrán de ser recolectados, esto se prefigura y plasma en la propuesta,...., en el reporte se debe especificar la clase de datos que fueron recopilados y a través de qué medios o herramientas (Hernández *et al.*, 2014).

Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información.

Para la recolección de información se utilizarán las técnicas:

- ✓ Observaciones directas.
- ✓ Entrevistas no estructuradas.

La observación es el procedimiento empírico básico. Tanto la medición cuanto el experimento supone observación, mientras que ésta se realiza sin precisión cuantitativa (o sea, sin medición) y sin cambiar deliberadamente los valores de ciertas variables (o sea, sin experimentación). El objeto de la observación es, naturalmente, un hecho actual; el producto de un acto de observación es un dato, o sea, una proposición singular o existencial que exprese algunos rasgos del resultado de la acción de observar. Se ofrece, pues, un orden natural para nuestro estudio: el orden hecho-observación-dato. Nuestra discusión se terminará con un examen de la función de la observación en la ciencia (Hernández *et al.*, 2014).

Se observó el funcionamiento del sub sistema de distribución eléctrica y todo el proceso de distribución del mismo. Otra de las técnicas de recolección de información a utilizar para esta investigación es la entrevista no estructurada, es aquella en que no existe una estandarización formal, habiendo por lo tanto una imagen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y respuestas”(Bunge, 2004).

3.5.2 Técnicas de análisis de datos

Las técnicas que se aplican son las siguientes:

De campo; se requiere acumular información básica para analizar y poder cuantificarla,

La bibliográfica; que es información de documentos y textos relacionados al mantenimiento.

Información del Internet para obtener entendimiento actual de los avances en esta área.

3.5.3 Metodología

3.5.3.1 Método optimizado de mantenimiento

El concepto de cooperación hombre-máquina nació después de la llegada de las herramientas para el apoyo a la decisión como asistente de un tomador de decisiones humano y por lo tanto la posibilidad de compartir las tareas con ellos. En estas circunstancias, el Grupo utiliza la herramienta FMECA para obtener asesoramiento que se utiliza en la toma de decisiones. Guía al grupo en su enfoque de la resolución de problemas para llevarlo a descubrir la solución. Por lo tanto, tiene la ventaja de reducir los costos de mantenimiento. Aunque los costos de mantenimiento dependen de las características del equipo que se presenta en tres formas: características que puede operador y el proveedor. Los costos de mantenimiento están compuestos, principalmente, por dos componentes: costos directos y costos indirectos (Adda *et al.*, 2014).

3.5.3.2 Método práctico de FMECA

Es una herramienta útil para realizar el Análisis RCM. El RCM es una forma de evaluar los posibles modos de fallo y sus efectos y causas de forma sistemática y estructurada. Los modos de falla significan las formas en que algo podría fallar. El análisis de los efectos se refiere al estudio de las consecuencias de esos fallos. El propósito del FMECA es tomar acciones para eliminar o reducir los fallos, empezando por los de mayor prioridad. Por sí mismo, un FMECA no es un solucionador de problemas; debe usarse en combinación con otras herramientas de solución de problemas. El análisis puede hacerse de forma cualitativa o cuantitativa. Los pasos básicos para realizar un FMECA podrían ser:

- a) Definir el sistema a ser analizado. Una definición completa del sistema incluye la definición de los límites del sistema, la identificación de las funciones internas y de la interfaz, el rendimiento esperado y las definiciones de los fallos.

- b) Identificar los modos de fallo asociados con los fallos del sistema. Para cada función, identificar todas las formas de fallo que podrían ocurrir. Estas son las posibles modalidades de fallo.
- c) Identificar los posibles efectos de los modos de fallo, para cada modo de fallo, es decir, identificar todas las consecuencias en el sistema. "¿Qué sucede cuando se produce el fallo?"
- d) Determinar y clasificar la gravedad de cada efecto. Las piezas más críticas del equipo, que afectaron la función general del sistema, deben ser identificados y determinados.
- e) Para cada modo de fallo, determinar todas las posibles causas fundamentales.
- f) Para cada causa, identifique los métodos de detección disponibles.
- g) Identificar las acciones recomendadas para cada causa que puedan reducir la gravedad de cada fallo.

Luego, un diagrama de bloques del sistema debe ser creado. Este diagrama ofrece una visión general de los principales componentes o pasos del proceso y cómo se relacionan. Se denominan relaciones lógicas en torno a las cuales se puede desarrollar el FMECA. Es útil crear un sistema de codificación para identificar los diferentes elementos del sistema. El diagrama de bloques debe incluirse siempre con el FMECA. La Figura 10 muestra un diagrama lógico detallado del método FMECA (Adda *et al.*, 2014).

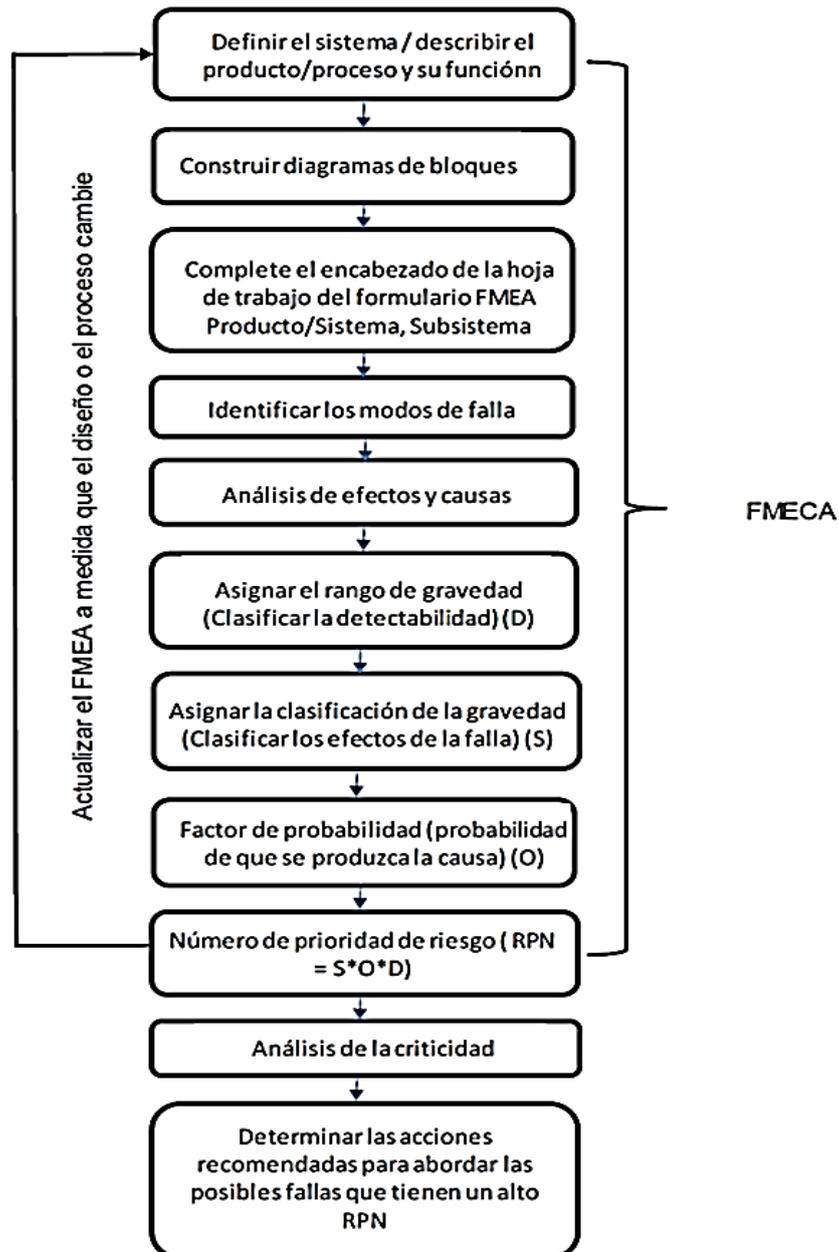


Figura 15. Diagrama lógico del método FMECA

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

3.5.3.3 Criterios de evaluación de los diferentes parámetros del FMECA

Para la evaluación de los modos de falla, usando los parámetros habituales de la FMECA. La frecuencia 'O', caracteriza los modos de fallo de ocurrencia, la gravedad 'S' caracteriza la duración de la interrupción causada por la detectabilidad del modo de fallo y 'D', caracteriza la probabilidad de detectar el fallo antes de que comience a tomar medidas

correctivas o preventivas. A partir de los tres parámetros anteriores, definimos la criticidad 'C' o número de prioridad de riesgo RPN, que se calcula mediante el producto de tres factores O, S y D. Permite analizar el riesgo y establecer el umbral de aceptabilidad para cada modo de fallo. La escala de calificación es de 1 a 10 para los tres parámetros O, S y D (Adda *et al.*, 2014).

La criticidad usando FMECA se define por el RPN que es la combinación de las siguientes calificaciones: severidad de los efectos (S), Ocurrencia (O), y detección (D). La gravedad se relaciona con la seriedad del efecto final de la falla de un componente. La ocurrencia presenta la frecuencia con la que es probable que ocurra un evento de mal funcionamiento. La detección es la probabilidad de detectar una posible situación de fallo antes de que ocurra. Cada calificación se mide en una escala definida subjetivamente y la evaluación se basa en los tres indicadores con referencia a esta escala. La RPN se obtiene por su producto:

$$RPN = S \times O \times D$$

Cuanto más alto el RPN, más significativa es la criticidad, y así clasificando los valores de RPN se pueden identificar los componentes más críticos del sistema. El valor máximo de los tres indicadores S, O y D implica grandes daños, una alta frecuencia de aparición de fallos y una considerable dificultad para identificar la causa fundamental antes de que se produzca un fallo, respectivamente. El valor de cada factor y la RPN resultante se basa en la información disponible y está respaldado por la opinión y la evaluación de expertos. El parámetro D es una característica interesante de este análisis, ya que en las matrices de riesgo sólo se utilizan comúnmente los parámetros S y O, pero D es un factor importante que debe tenerse en cuenta al elaborar una estrategia de mantenimiento (Villarini *et al.*, 2017).

En las tablas 5 a 8 se resume la tabla de evaluación para cada parámetro, frecuencia O, gravedad S, detectabilidad D y criticidad C.

Tabla 5
Parámetros FMECA (Ocurrencia).

Posible tasa de ocurrencia	Criterio de ocurrencia	Valor
Una vez cada 12 años	Falla cerca de cero o nulo	1
Una vez cada 10 años	Muy bajo, aislamiento de la falla, raramente	2
Una vez cada 8 años	Bajo, a menudo falla	3
Una vez cada 6 años		4
Una vez cada 4 años	Promedio, fallas ocasionales	5
Una vez cada 2 años		6
Una vez al año		7
Una vez cada 6 meses	Alta, falla frecuente	8
Una vez al mes		9
Una vez cada semana		Muy alto

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

Tabla 6
Parámetros FMECA (Severidad).

Duración del servicio interrupción	Criterio de severidad	Valor
> 8h	Muy catastrófica	8
7h	Catastrófica	7
6 h	Muy serio	6
5 h	Grave	5
4 h	Medio	4
3 h	Significativo	3
2 h	Menor	2
1 h	Muy menor	1
30 minutos	Pequeña	0.6
< 30 minutos	Muy pequeña	0.2

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

Tabla 7

Parámetros FMECA (Detectabilidad).

Nivel de detectabilidad	Criterio de detectabilidad	Valor
No detectable	Imposible	10
Difíciles de detectar	Muy difícil	9
	Muy tarde	8
Detectar al azar (Improbable)	No es seguro	7
	Ocasional	6
Posible detección	Bajo	5
	Tarde	4
Detección confiable	Fácil	3
	Inmediato	2
Detección permanente	Acción correctiva inmediata	1

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

3.5.3.4 Análisis y clasificación de la criticidad

Para clasificar los componentes más críticos del sistema en estudio, se requiere un proceso de selección. La clasificación se realiza a través de la aplicación de la técnica de toma de decisiones multicriterio que estructura el problema de decisión como una red. (Melania *et al.*, 2018).

Para caracterizar la criticidad global de los fallos funcionales con el fin de calificar simultáneamente por seguridad, no detección y criticidad, permite decidir qué fallos ignorar. El producto "Frecuencia x Gravedad" proporciona el análisis clásico del FMECA. La criticidad proporcionada por la hoja de decisiones del RCM proviene de las preguntas sobre la influencia en la seguridad y la obiedad de un fallo o de su no detección (Richet *et al.*, 1995).

Tabla 8

Parámetros FMECA (Criticidad).

Nivel de criticidad	Valor	Riesgo o peligro
Menor	0-30	Aceptable
Medio	31-60	Tolerable
Alto	61-180	
Muy alto	181-252	Inaceptable
Critico	253-324	
Muy critico	> 324	

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

3.5.3.5 Aplicación al sistema de distribución de energía

Para ilustrar nuestro punto de vista en este trabajo, daremos una descripción general de la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones. La alternativa sugerida para los sistemas de distribución de energía puede hacerse en el siguiente esquema.

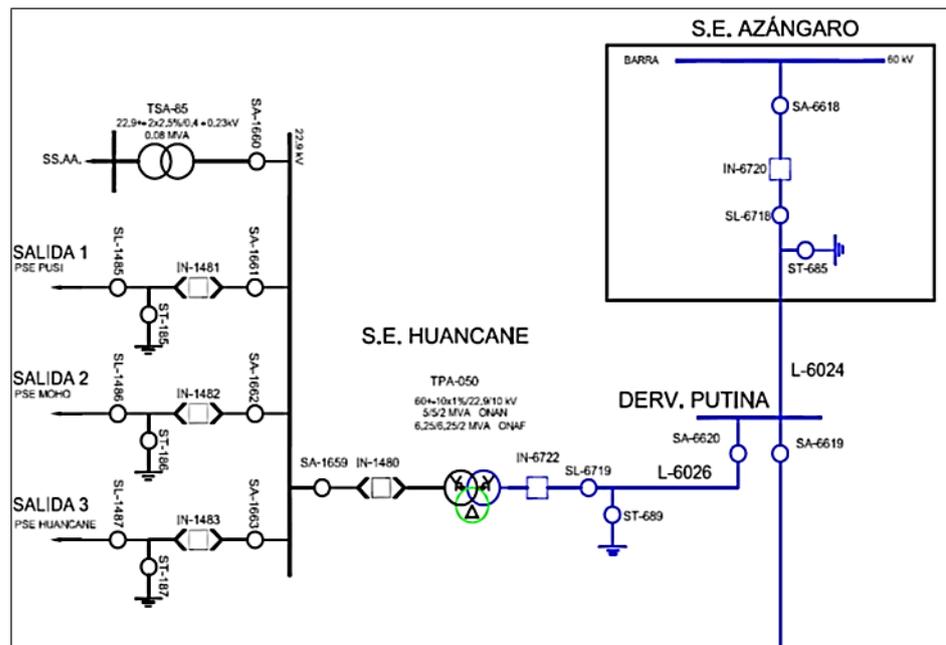


Figura 16. Diagrama unifilar S.E. Azángaro, Huancané
Fuente: Electro Puno S.A.A.

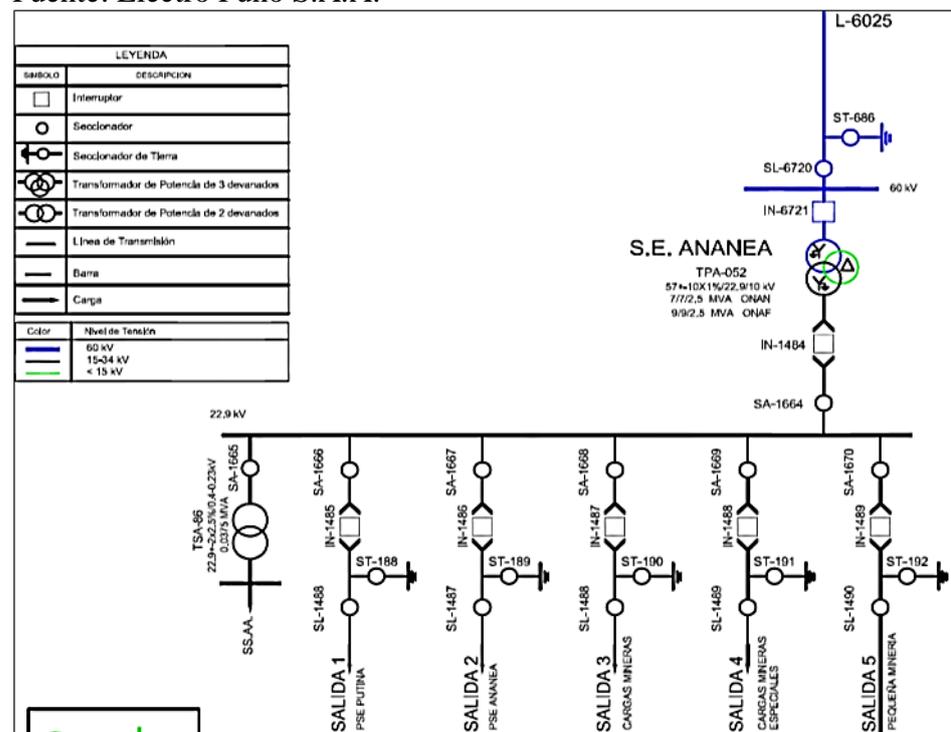


Figura 17. Diagrama unifilar S.E. Ananea.
Fuente: Electro Puno S.A.A.

3.5.3.6 Hoja de información FMECA

Es la hoja donde se registra la información completa del sistema incluye la definición de los límites del sistema, la identificación de las funciones internas y de la interfaz, el rendimiento esperado y las definiciones de los fallos.

Se Identifica los modos de falla asociados con las fallas del sistema. Para cada función, se identifica todas las formas de fallo que podrían ocurrir. Estas son las posibles modalidades de fallo.

Se identifica los posibles efectos de los modos de fallo, para cada modo de fallo, es decir, identificar todas las consecuencias en el sistema.

Se determina y clasifica la gravedad de cada efecto. Las piezas más críticas del equipo, que afectaron es necesario identificar y determinar la función general del sistema.

HOJA DE INFORMACIÓN	SISTEMA/ACTIVO:	N°	RECOPILADO POR:	FECHA:	HOJA
	APOYOS		EERCH	2019	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE				
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA		
	(Pérdida de función)	(Causa de la Falla)	(Que sucede cuando ocurre la falla)		

Figura 18. Hoja de información FMECA.
Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

3.5.3.7 Hoja de decisión FMECA

Con la información procesada de acuerdo a la referencia de la hoja de información se realiza el análisis y la clasificación de cada modo de falla y su tipo de mantenimiento. Para cada modo de falla se determina todas las causas potenciales que la ocasiona.

Para cada causa, se identifica los métodos de detección disponibles. Al mismo tiempo se identifica las acciones recomendadas para cada causa que puedan reducir la gravedad de cada fallo que finalmente nos da la criticidad

de cada sub sistema analizado el mismo que será registrado en el cuadro a continuación.

Detección	O	S	D	C	Plan de mantenimiento adoptado

Figura 19. Hoja de decisión FMECA (Criticidad).

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

3.5.3.8 Procesamiento de Datos

Teniendo en cuenta que se tendrán varios parámetros de diseño, su procesamiento implicará un análisis multivariado, que nos permitirá analizar las relaciones entre variables independientes y dependientes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diagnóstico de la situación actual.

En el presente capítulo se analizan los datos obtenidos de nuestro caso de estudio que comprenden las instalaciones de la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones, de tal manera poder extraer significados relevantes con relación al problema de investigación y dar respuestas a los objetivos planteados, en relación a las dimensiones en las cuales se descompone la variable operacional Gestión de Mantenimiento.

4.1.1 Descripción del caso de estudio

Comprende la línea de transmisión en 60 KV; entre la subestación Azángaro 138/60 KV y las subestaciones de Ananea 60/22,9/10 KV y Huancané 60/22,9/10 KV. El área de la obra se encuentra en el departamento de Puno, provincias de Azángaro, San Antonio de Putina y Huancané. Podemos describir los siguientes tramos:

Azángaro-Putina: La ruta de la Línea Azángaro-Putina es de 40 km se inicia en el vértice V-0, Estructura N° 1001 el cual se encuentra a 35 m del pórtico de la subestación Azángaro.

Putina-Ananea: La ruta de la Línea Putina - Ananea es de 49 km se inicia en el pórtico de la futura SE Putina.

Putina-Huancané: La ruta de la línea Putina-Huancané de 34 km se inicia en la S.E Putina.

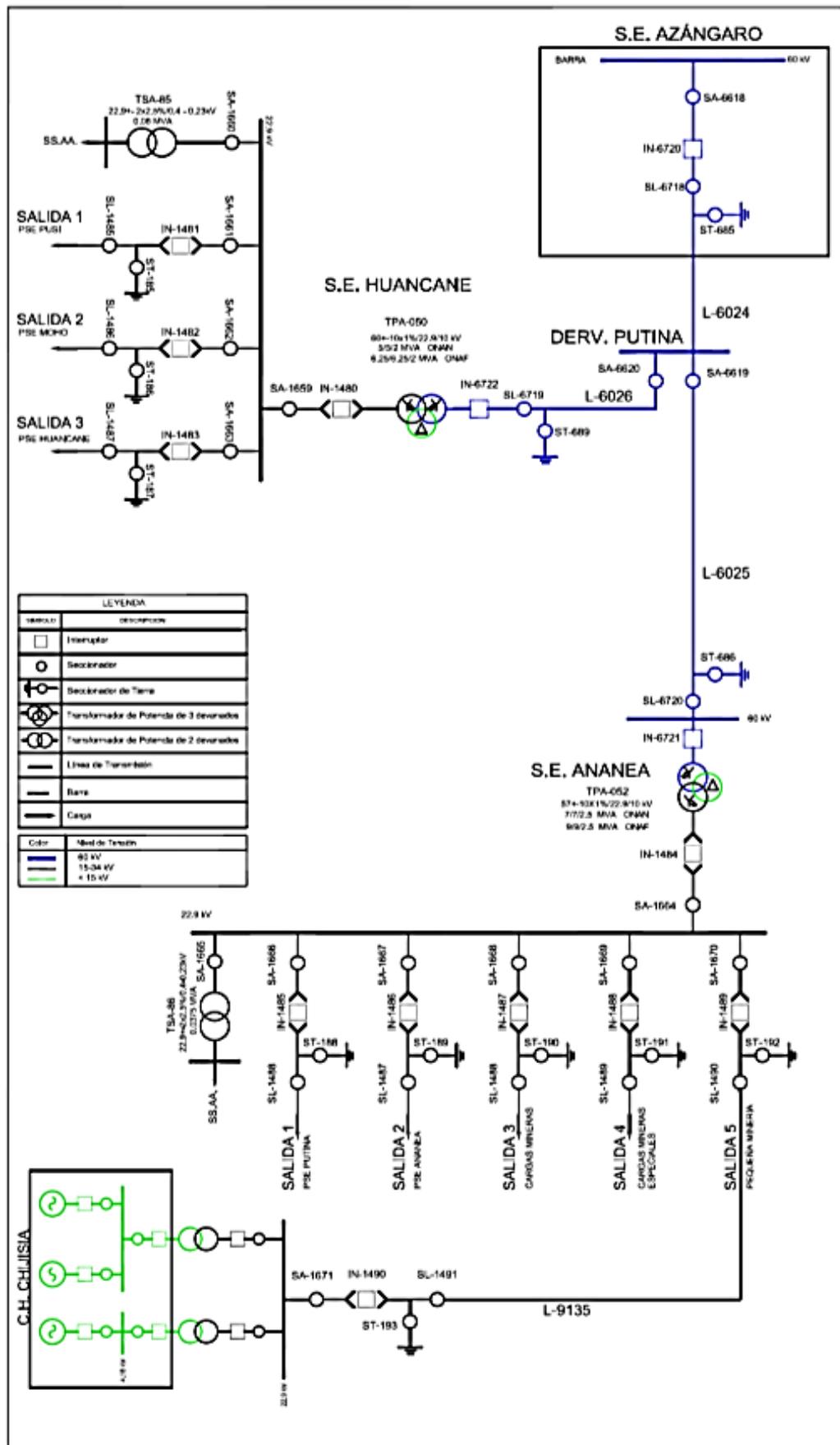


Figura 20. Diagrama unifilar General

Fuente: Electro Puno S.A.A.

Tabla 9
Tramos de línea 60 Kv.

Tramos	Cota mínima	Cota máxima
Tramo Azángaro – Putina	3849 msnm	4729 msnm.
Tramo Putina – Ananea	3826 msnm	4760 msnm.
Tramo Putina – Huancané	3861 msnm	4030 msnm

Fuente: Electro Puno S.A.A.

Estructuras y conductores: Cuenta con estructuras de celosía metálicas en perfiles angulares de acero galvanizado estándares para líneas de transmisión en 60 KV con conductor de 120 mm² AAAC.

Tabla 10
Tipos de estructuras línea 60 Kv.

Tipo	Utilización
S	Suspensión reforzada (0° - 5°)
A	Angular (5° a 45°)
T	Angular - Terminal (45 ° - 90°)
T2	Retención – Derivación (0° - 90°)

Fuente: Electro Puno S.A.A.

4.1.2 Clasificación de las fallas

Los fallos de los diversos elementos son la base de los fallos del sistema eléctrico; sin embargo, la fiabilidad de los sistemas depende principalmente de su estructura del tipo de conexión de los elementos y de la fiabilidad del funcionamiento de los elementos. Se sabe que a partir de elementos de un nivel no elevado de fiabilidad, el diseño del sistema fiable puede obtenerse sobre la base de una estructura redundante óptima. Para localizar el eslabón débil del sistema y sus elementos, de esta manera dar importancia a los mejores medios de mejorar su fiabilidad y determinar los datos de origen para garantizar los requisitos de fiabilidad de estos sistemas, la primera etapa que debe realizarse en el momento del estudio de la fiabilidad del sistema es la determinación y el análisis de la fiabilidad de los diversos elementos de estos sistemas. La información recogida en una muestra del

sistema de distribución de energía eléctrica, situados en la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones, nos permitió representar la distribución de las fallas de los diversos elementos del sistema eléctrico.

4.1.3 Registro de falla S.E. Azángaro.

En la S.E. Azángaro para el periodo de estudio se ha tenido y clasificado la cantidad de fallas las cuales se muestran en el cuadro a continuación:

Tabla 11
Registro de fallas S.E. Azángaro

Falla funcional FF	Ocurrencia	Acumulado	% Acumulado
Falla fase R a tierra	31	31	25.62%
Falla fase S a tierra	27	58	47.93%
Trip disparo general	15	73	60.33%
Falla fase T a tierra	14	87	71.90%
Corte programado	6	93	76.86%
Falla fase R y S	6	99	81.82%
Corte de emergencia	4	103	85.12%
Falla fase S T	4	107	88.43%
Falla fase R T	4	111	91.74%
Corte maniobras	3	114	94.21%
Falla fase R - G	2	116	95.87%
Falla fase R S T a tierra	2	118	97.52%
Apertura general	1	119	98.35%
Falla de neutro	1	120	99.17%
Prueba de operatividad	1	121	100.00%

Fuente: Electro Puno S.A.A.

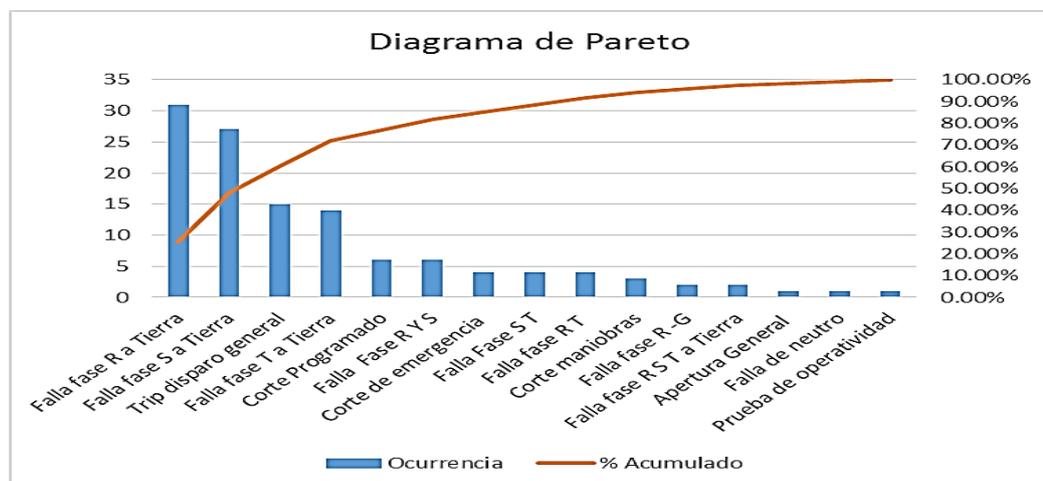


Figura 21. Diagrama de Pareto S.E. Azángaro

Fuente: Electro Puno S.A.A.

Podemos ver que el principal tipo de fallas son las fases a tierra lo que ocasiona la interrupción del servicio. El tiempo de interrupción registrado en la S.E. Azángaro durante el periodo de estudio se muestra en el grafico a continuación.

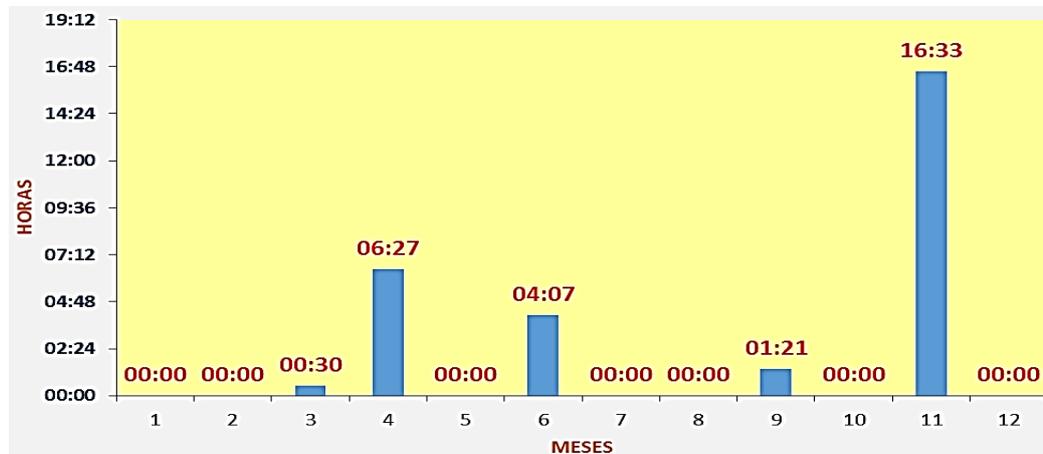


Figura 22. Duración de interrupción S.E. Azángaro

Fuente: Electro Puno S.A.A.

El tiempo de interrupción total acumulado en la S.E. Azángaro es de 28 horas con 58 minutos durante el periodo, además podemos notar que en el mes de noviembre es en donde se ha producido el mayor tiempo de interrupción.

4.1.4 Registro de falla S.E. Ananea.

En la S.E. Ananea para el periodo de estudio se ha tenido y clasificado la cantidad de fallas funcionales las cuales se muestran en el cuadro a continuación:

Tabla 12
Registro de fallas S.E. Ananea

Falla funcional FF	Ocurrencia	Acumulado	% Acumulado
Falla fase R a tierra	76	76	23.68%
Falla fase T a tierra	68	144	44.86%
Falla fase R S T a tierra	38	182	56.70%
Apertura general	36	218	67.91%
No especificado	25	243	75.70%
Corte de emergencia	19	262	81.62%
Corte programado	12	274	85.36%
Trip disparo general	11	285	88.79%
Falla fase R y S	9	294	91.59%
Falla fase S T	6	300	93.46%
Falla de neutro	6	306	95.33%
Falla fase S a tierra	5	311	96.88%
Prueba de operatividad	5	316	98.44%
Falla fase R T	4	320	99.69%
Corte maniobras	1	321	100.00%

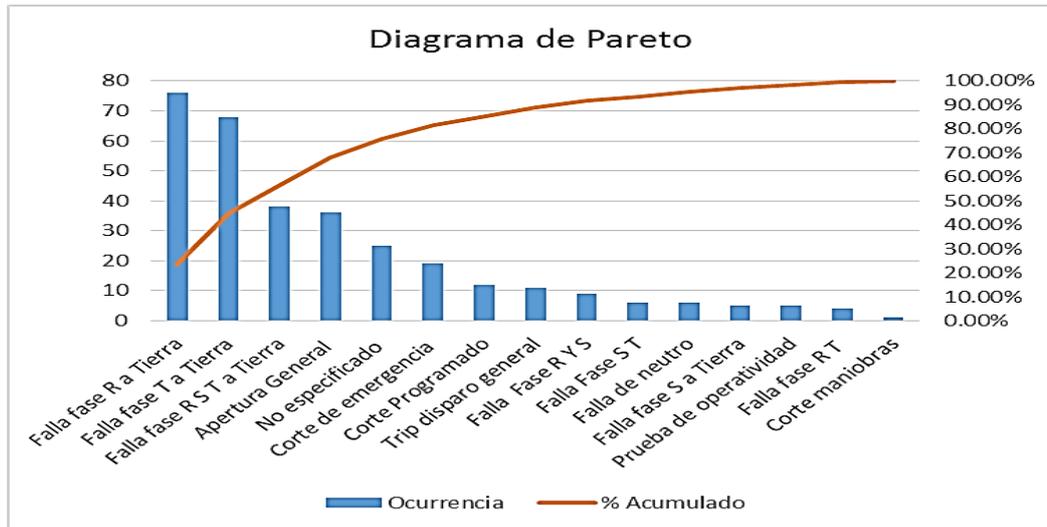


Figura 23. Diagrama de Pareto S.E. Ananea
Fuente: Electro Puno S.A.A.

Podemos ver que el principal tipo de fallas son las fases a tierra lo que ocasiona la interrupción del servicio. El tiempo de interrupción registrado en la S.E. Ananea durante el periodo de estudio se muestra en el grafico a continuación.

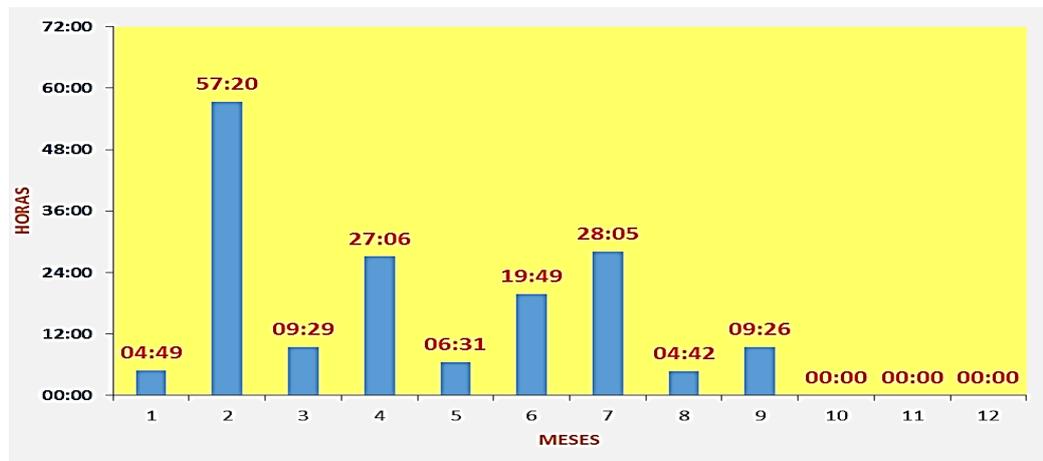


Figura 24. Duración de interrupción S.E. Ananea
Fuente: Electro Puno S.A.A.

El tiempo de interrupción total acumulado en la S.E. Ananea es de 167 horas con 18 minutos durante el periodo, además podemos notar que en el mes de febrero es en donde se ha producido el mayor tiempo de interrupción.

4.1.5 Registro de falla S.E. Huancané

En la S.E. Huancané para el periodo de estudio se ha tenido y clasificado la cantidad de fallas funcionales las cuales se muestran en el cuadro a continuación:

Tabla 13
Registro de fallas S.E. Huancané

Falla funcional FF	Ocurrencia	Acumulado	% Acumulado
Falla fase S a tierra	22	22	25.29%
Falla fase R a tierra	18	40	45.98%
Apertura general	9	49	56.32%
Trip disparo general	9	58	66.67%
Corte maniobras	9	67	77.01%
Falla fase T a tierra	5	72	82.76%
Corte de emergencia	3	75	86.21%
Falla fase R y S	3	78	89.66%
Falla fase S T	3	81	93.10%
Corte programado	2	83	95.40%
Falla de neutro	2	85	97.70%
Prueba de operatividad	1	86	98.85%
Falla fase R T	1	87	100.00%
Falla fase R S T a tierra	0	87	100.00%
No especifico	0	87	100.00%

Fuente: Electro Puno S.A.A.

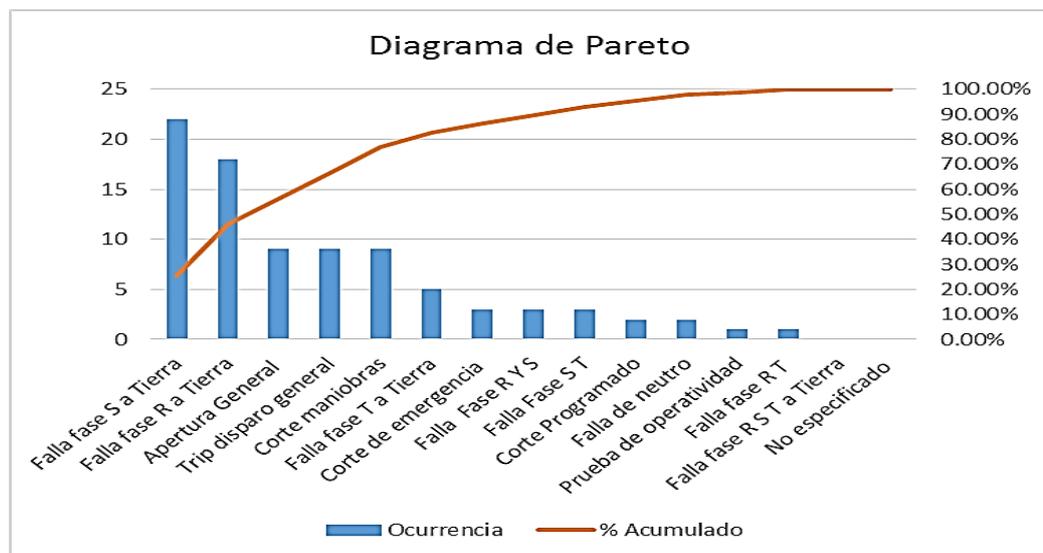


Figura 25. Diagrama de Pareto S.E. Huancané
Fuente: Electro Puno S.A.A.

Podemos ver que el principal tipo de fallas son las fases a tierra lo que ocasiona la interrupción del servicio. El tiempo de interrupción registrado en la S.E. Huancané durante el periodo de estudio se muestra en el grafico a continuación.

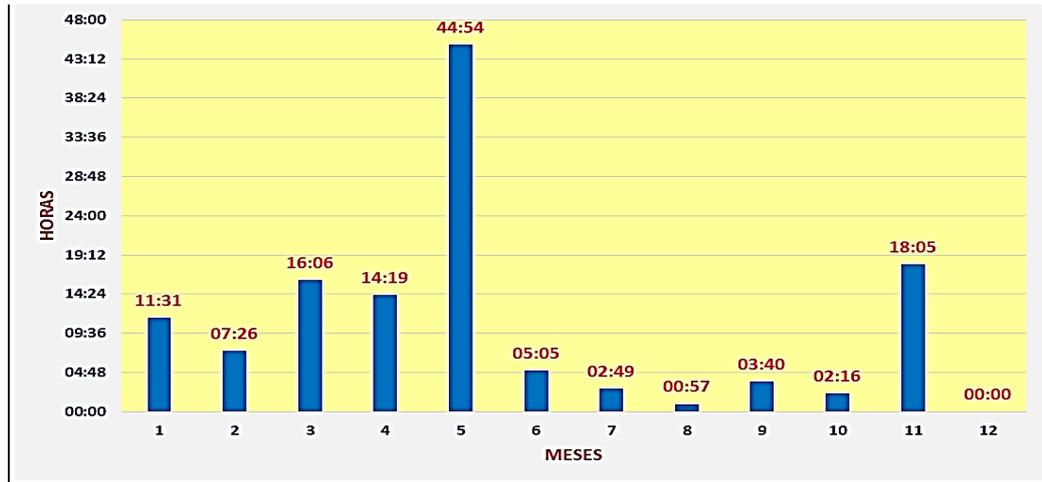


Figura 26. Duración de interrupción S.E. Huancané
Fuente: Electro Puno S.A.A.

El tiempo de interrupción total acumulado en la S.E. Ananea es de 127 horas con 8 minutos durante el periodo, además podemos notar que en el mes de mayo es en donde se ha producido el mayor tiempo de interrupción.

4.2 Análisis de Modos, Efectos de Fallos y Criticidad (FMECA)

El sistema de las redes de distribución, está conformado por la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones, está conformado por sub sistemas los cuales se detallan en el cuadro a continuación.

Tabla 14

Sub sistemas del sistema de distribución

Sistema	Subsistema	Equipo	
Sistema de distribución de energía	Sistema de transporte energía	Conductores eléctricos	
	Sistema de aislamiento	Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	
	Sistema de transformador	Transformador	
	Sistema de protección		Pararrayos
			Descargadores
			PAT
			Fusibles
		Interruptor automático	
	Seccionadores		
Sistema de medición	Transformador de medición		
	Medidores de energía		
Sistema de soporte	Ferretería		
	Soportes		

4.2.1 Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

Con los componentes citados anteriormente y conjuntamente con el procedimiento postulado en el capítulo 3, se procedió a elaborar el Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF) de cada uno de los sub sistemas del sistema eléctrico de distribución en estudio, cumpliendo con el llenado de la hoja de información. Los componentes a estudiar se dividieron de la siguiente manera como se muestra en los cuadros a continuación:

Para los soportes tenemos lo siguiente:

Tabla 15
AMEF para los Soportes

Subsistema	Equipo	Función	Modos de falla	Causa de falla	Efecto de la falla	Detección
Soportes	Ferretería	Fijar elementos de transporte y sujeción	Rotura	Fuerza del viento	Desconexión de equipos	Visual
	Soportes	Mantener distancia de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Fisura en estructura • Roturas 	Sobrecargas mecánicas	Caída de soporte	Visual

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

Para los conductores el análisis de los modos y efectos de falla es el siguiente:

Tabla 16
AMEF para los Conductores

Subsistema	Equipo	Función	Modos de falla	Causa de falla	Efecto de la falla	Detección
Sistema de soporte de energía	Conductores eléctricos	Transporte de energía	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto entre líneas • Rotura de conductores 	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto dinámico del viento • Efecto galope • Manguito de hielo 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconexión de línea • Sobretensiones y desbalance de fases 	Visual

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

Para los conductores el análisis de los modos y efectos de falla es el siguiente:

Tabla 17
AMEF para los Aisladores

Subsistema	Equipo	Función	Modos de falla	Causa de falla	Efecto de la falla	Detección
Sistema de aislamiento	Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	Aislamiento	Envejecimiento Imprimación	<ul style="list-style-type: none"> Sobretensión (relámpago) de la superficie por arco eléctrico. Contaminación atmosférica (contaminación en la superficie del aislante, capa de humedad, aparición de arcos parciales). Extensión de los arcos parciales si las condiciones son favorables (ambientes polvorientos). 	<ul style="list-style-type: none"> Fugas de corriente a tierra. Perforación. Deformación 	Visual Termografía

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

Para el transformador el análisis de los modos y efectos de falla es el siguiente:

Tabla 18
AMEF para Transformador

Subsistema	Equipo	Función	Modos de falla	Causa de falla	Efecto de la falla	Detección
Transformación	Transformador	Se usa para subir o bajar el nivel de voltaje de una fuente de alimentación alterna.	<ul style="list-style-type: none"> Baja resistencia de aislamiento. Salida del transformador en la alimentación al momento de mala operación. 	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación de polvo. Incrustación de vapores grasos. Convertidores electrónicos mal conectados o el voltaje de alimentación no se ajusta. Los fusibles están mal calibrados. Fuga de aceite. Incremento de demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> Cortocircuito. Calentamiento de enrollamientos. 	Visual Ruido Termografía

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

Para el Sub Sistema de Protección el análisis de los modos y efectos de falla es el siguiente:

Tabla 19
AMEF para Sub sistema de Protección

Subsistema	Equipo	Función	Modos de falla	Causa de falla	Efecto de la falla	Detección
Protección	Pararrayos	Protección contra descargas atmosféricas	Sobretensiones.	Dimensionamiento inadecuado.	Falla de equipos	Visual Ruido
	Descargadores	Protección contra sobretensiones	Sobretensiones.	Dimensionamiento inadecuado.	Falla de equipos	Visual Ruido
	Puesta a tierra	Disipar corrientes de falla	<ul style="list-style-type: none"> • Discontinuidad. • Alta resistencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosión. • Deterioro. 	Falla de equipos	Visual Resistencia
	Fusibles	Protección contra sobre corrientes	No se funde	Dimensionamiento inadecuado.	Falla de equipos	Visual Termografía
	Interruptor automático	Protección contra fallas	No disparo	Dimensionamiento inadecuado.	Falla de equipos	Visual Ruido Termografía
	Seccionadores	Protección para realizar maniobras	Mala programación del tiempo de reconexión	Mala maniobra.	Continuidad de corriente	Visual Ruido Termografía

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

Para el Sub Sistema de Medición el análisis de los modos y efectos de falla es el siguiente:

Tabla 20
AMEF para Sub sistema de Protección

Subsistema	Equipo	Función	Modos de falla	Causa de falla	Efecto de la falla	Detección
Medición	Transformador de medición	Se usa para subir o bajar el nivel de voltaje de una fuente de alimentación	Baja resistencia de aislamiento	Fallas internas	Cortocircuito	Ruido Visual
	Medidores de energía	Cuantificar y registrar cantidades de energía y potencia	Error de precisión	Mala calibración	Mal registro	Visual

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

4.2.2 Análisis de criticidad

Teniendo en cuenta los registros de la causa de fallas funcionales registradas en las Sub Estaciones Azángaro Ananea y Huancané podemos realizar el análisis de criticidad de los elementos constitutivos de la red de energía.

En el periodo comprendido de enero del 2019 a diciembre del 2019 se tienen los siguientes datos que se muestra a continuación:

Tabla 21
Causas de fallas funcionales S.E. Azángaro

Falla funcional FF	Ocurrencia	Acumulado	% Acumulado
Descarga atmosférica	50	50	41.32%
Vientos en la zona	40	90	74.38%
Fuertes lluvias	9	99	81.82%
Corte programado	6	105	86.78%
Lluvias y descargas	5	110	90.91%
Corte maniobras	3	113	93.39%
Corte emergencia	2	115	95.04%
Nevadas	2	117	96.69%
Cond. Desprendido	1	118	97.52%
Cambio estructura	1	119	98.35%
Camb. Pararrayos	1	120	99.17%
Prueba de recloser	1	121	100.00%

Fuente: Electro Puno S.A.A. (2019)

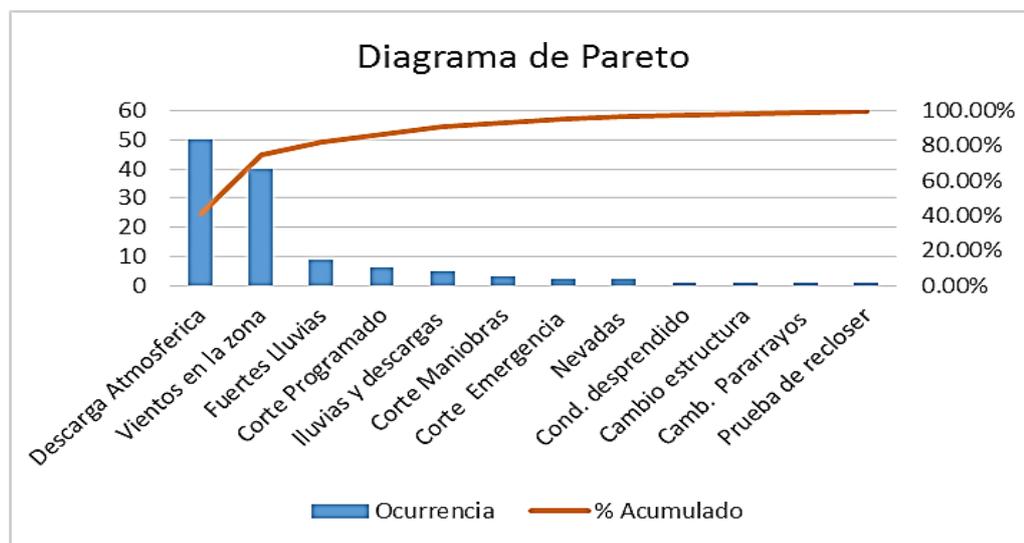


Figura 27. Diagrama de Pareto Causa de fallas S.E. Azángaro
Fuente: Electro Puno S.A.A. (2019)

Podemos apreciar del diagrama de Pareto para la S.E. Azángaro, que las principales causas de las fallas funcionales son las descargas atmosféricas, vientos en la zona y fuertes lluvias.

Tabla 22
Causas de fallas funcionales S.E. Ananea

Falla funcional FF	Ocurrencia	Acumulado	% Acumulado
Descarga atmosférica	146	146	45.48%
Vientos en la zona	53	199	61.99%
Corte programado	42	241	75.08%
Nevadas	32	273	85.05%
Corte emergencia	26	299	93.15%
Cond. Desprendido	6	305	95.02%
Lluvias y descargas	5	310	96.57%
Corte maniobras	4	314	97.82%
Camb. Pararrayos	4	318	99.07%
Fuertes lluvias	1	319	99.38%
Cambio estructura	1	320	99.69%
Prueba de recloser	1	321	100.00%

Fuente: Electro Puno S.A.A. (2019).

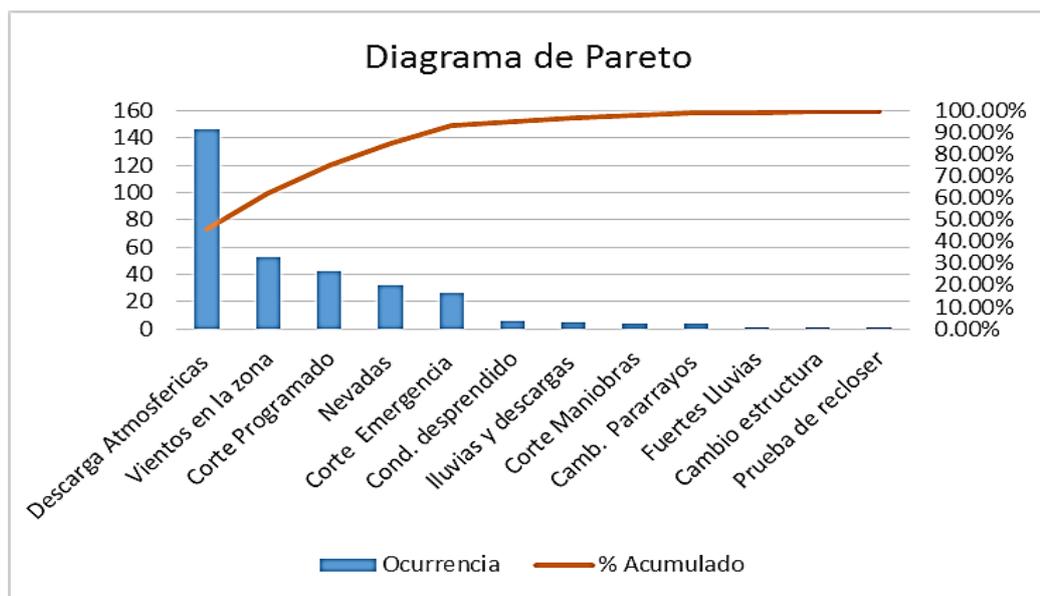


Figura 28. Diagrama de Pareto Causa de fallas S.E. Ananea
Fuente: Electro Puno S.A.A. (2019)

Podemos apreciar del diagrama de Pareto para la S.E. Ananea, que las principales causas de las fallas funcionales son las descargas atmosféricas, vientos en la zona y nevadas.

Tabla 23
Causas de fallas funcionales S.E. Huancané

Causa de Falla funcional (CF)	Ocurrencia	Acumulado	% Acumulado
Descarga atmosférica	36	36	41.38%
Lluvias y descargas	14	50	57.47%
Vientos en la zona	11	61	70.11%
Corte maniobras	10	71	81.61%
Corte emergencia	7	78	89.66%
Fuertes lluvias	5	83	95.40%
Corte programado	1	84	96.55%
Nevadas	1	85	97.70%
Cambio estructura	1	86	98.85%
Prueba de recloser	1	87	100.00%
Cond. Desprendido	0	87	100.00%
Camb. Pararrayos	0	87	100.00%

Fuente: Electro Puno S.A.A. (2019).

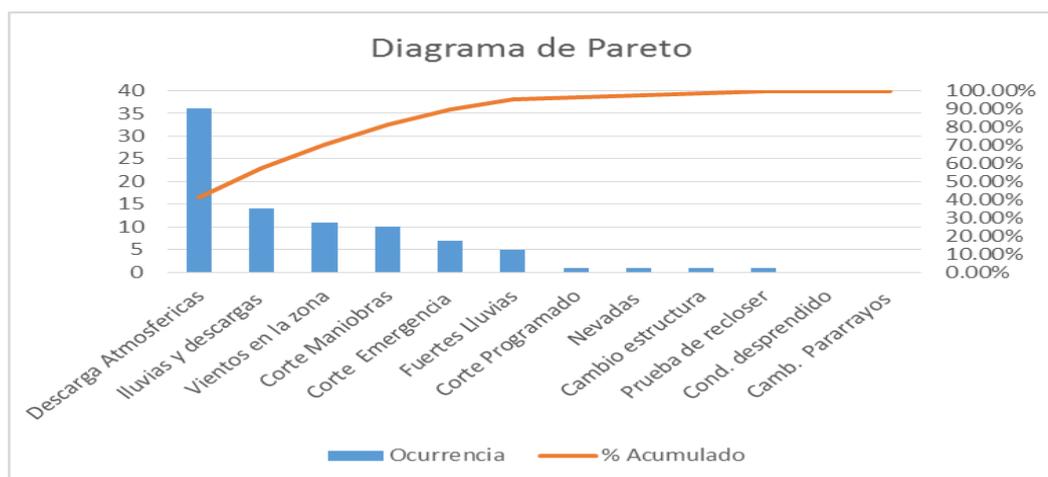


Figura 29. Diagrama de Pareto Causa de fallas S.E. Huancané.

Fuente: Electro Puno S.A.A. (2019)

Podemos apreciar del diagrama de Pareto para la S.E. Huancané, que las principales causas de las fallas funcionales son las descargas atmosféricas y vientos en la zona.

En análisis de los diagramas de Pareto observamos que para el área de estudio tenemos que las principales causas de fallas funcionales son las condiciones climáticas como las descargas atmosféricas, fuertes vientos, lluvias y nevadas.

Con los datos registrados procedemos a realizar el análisis de criticidad para los diferentes sub sistemas que conforman la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro

– Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones, teniendo en consideración lo siguiente:

La criticidad usando FMECA se define por el RPN que es la combinación de las siguientes calificaciones: severidad de los efectos (S), Ocurrencia (O), y detección (D). Cada calificación se mide en una escala definida de acuerdo a lo establecido en las tablas N°5, 6 y 7 establecidas en el capítulo 3. La RPN se obtiene por su producto:

$$RPN = S \times O \times D$$

Tabla 24
Parámetros Criticidad.

Criticidad (C)		Riesgo o Peligro
Nivel de Criticidad	Valor	
Menor	0-30	Aceptable
Medio	31-60	Tolerable
Alto	61-180	
Muy alto	181-252	Inaceptable
Critico	253-324	
Muy critico	>324	

Fuente: (Adda *et al.*, 2014).

Para la S.E. Azángaro tenemos los resultados del análisis de criticidad según el método planteado en el capítulo 3, la muestra se analizó durante el periodo de estudio el periodo comprendió 12 meses.

Tabla 25
Análisis de Criticidad S.E. Azángaro.

Subsistema	Equipo	Ocurren- cia	Severid- ad	Detectabili- dad	N PR = OxSxD	Criticida- d	Riesgo o Peligro
Soportes	Ferretería	1	7	4	28	Menor	Acceptable
	Soportes	5	5	4	100	Alto	Tolerable
Sistema de transporte energía	Conductores eléctricos	5	8	4	160	Alto	Tolerable
Sistema de aislamiento	Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	5	6	4	120	Alto	Tolerable
Transformación	Transformador	1	3	8	24	Menor	Acceptable
Protección	Pararrayos	5	3	6	90	Alto	Tolerable
	Descargadores	1	3	3	9	Menor	Acceptable
	Puesta a tierra	8	7	6	336	Muy crítico	Inaceptable
	Fusibles	1	8	3	24	Menor	Acceptable
	Interruptor automático	1	8	8	64	Alto	Inaceptable
	Seccionadores	5	3	7	105	Alto	Inaceptable
Medición	Transformador de medición	1	8	2	16	Menor	Tolerable
	Medidores de energía	1	8	2	16	Menor	Tolerable

El resultado de la clasificación de la criticidad por equipo de la S.E Azángaro se muestra en tabla siguiente, en donde podemos observar según la clasificación de riesgo o peligro planteada por el método de análisis de criticidad que tenemos un elemento muy crítico el cual es el sistema de puesta a tierra lo que nos puede indicar que no está cumpliendo la función es necesario realizar acciones correctivas.

Tabla 26
Análisis de Criticidad por equipos S.E. Azángaro.

Subsistema	Ocurren- cia	Severi- dad	Detectabil idad	NPR=Ox SxD	Criticid ad	Riesgo o Peligro
Puesta a tierra	8	7	6	336	Muy crítico	Inaceptable
Conductores eléctricos	5	8	4	160	Alto	Tolerable
Aislante de vidrio, cerámica o polímeros.	5	6	4	120	Alto	Tolerable
Seccionadores	5	3	7	105	Alto	Tolerable
Soportes	5	5	4	100	Alto	Tolerable
Pararrayos	5	3	6	90	Alto	Tolerable
Interruptor automático	1	8	8	64	Alto	Tolerable
Ferretería	1	7	4	28	Menor	Aceptable
Transformador	1	3	8	24	Menor	Aceptable
Fusibles	1	8	3	24	Menor	Aceptable
Transformador de medición	1	8	2	16	Menor	Aceptable
Medidores de energía	1	8	2	16	Menor	Aceptable
Descargadores	1	3	3	9	Menor	Aceptable

Para la S.E. Ananea tenemos los resultados del análisis de criticidad según el método planteado en el capítulo 3, la muestra se analizó durante el periodo de estudio el periodo comprendió 12 meses.

Tabla 27
Análisis de Criticidad S.E. Ananea.

Subsistema	Equipo	Ocurren- cia	Severi- dad	Detectabil idad	NPR=Ox SxD	Criticid ad	Riesgo o Peligro
Soportes	Ferretería	1	8	4	32	Menor	Aceptable
	Soportes	5	5	4	100	Alto	Tolerable
Sistema de transporte energía	Conductores eléctricos	8	8	4	256	Alto	Inaceptable
Sistema de aislamiento	Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	5	6	4	120	Alto	Tolerable
Transforma- ción	Transformador	1	3	8	24	Menor	Aceptable
	Pararrayos	8	3	6	144	Alto	Tolerable
	Descargadores	1	3	3	9	Menor	Aceptable
Protección	Puesta a tierra	8	7	6	336	Muy crítico	Inaceptable
	Fusibles	1	8	3	24	Menor	Aceptable
	Interruptor automático	1	8	8	64	Alto	Tolerable
	Seccionadores	5	3	7	105	Alto	Tolerable
Medición	Transformador de medición	1	8	2	16	Menor	Aceptable
	Medidores de energía	1	8	2	16	Menor	Aceptable

Tabla 28
Análisis de Criticidad por equipos S.E. Ananea.

Equipo	Ocurrencia (O)	Severidad (S)	Detectabilidad (D)	N PR = OxSxD	Criticidad (C)	Riesgo o peligro
Puesta a tierra	8	7	6	336	Muy crítico	Inaceptable
Conductores eléctricos	8	8	4	256	Crítico	Inaceptable
Pararrayos	8	3	6	144	Alto	Tolerable
Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	5	6	4	120	Alto	Tolerable
Seccionadores	5	3	7	105	Alto	Tolerable
Soportes	1	5	4	100	Alto	Tolerable
Interruptor automático	1	8	8	64	Alto	Tolerable
Ferretería	1	8	4	32	Menor	Aceptable
Transformador	1	3	8	24	Menor	Aceptable
Fusibles	1	8	3	24	Menor	Aceptable
Transformador de medición	1	8	2	16	Menor	Aceptable
Medidores de energía	1	8	2	16	Menor	Aceptable
Descargadores	1	3	3	9	Menor	Aceptable

El resultado de la clasificación de la criticidad por equipo de la S.E Ananea se muestra en tabla siguiente, en donde podemos observar según la clasificación de riesgo o peligro planteada por el método de análisis de criticidad que tenemos dos elemento muy críticos el cual es el sistema de puesta a tierra y los conductores lo que nos puede indicar que no está cumpliendo la función es necesario realizar acciones correctivas.

Para la S.E. Huancané tenemos los resultados del análisis de criticidad según el método planteado en el capítulo 3, la muestra se analizó durante el periodo de estudio el periodo comprendió 12 meses.

Tabla 29
Análisis de Criticidad S.E. Huancané.

Subsistema	Equipo	Ocurrencia	Severidad	Detectabilidad	N PR = OxSxD	Criticidad	Riesgo o Peligro
Soportes	Ferretería	1	7	4	28	Menor	Aceptable
	Soportes	5	5	4	100	Alto	Tolerable
Sistema de transporte energía	Conductores eléctricos	5	8	4	160	Alto	Tolerable
Sistema de aislamiento	Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	5	6	4	120	Alto	Tolerable
Transformación	Transformador	1	3	8	24	Menor	Aceptable
	Pararrayos	1	3	6	18	Alto	Aceptable
	Descargadores	1	3	3	9	Menor	Aceptable
Protección	Puesta a tierra	8	7	6	336	Muy crítico	Inaceptable
	Fusibles	1	8	3	24	Menor	Aceptable
	Interruptor automático	1	8	8	64	Alto	Tolerable
	Seccionadores	1	3	7	21	Alto	Aceptable
Medición	Transformador de medición	1	8	2	16	Menor	Aceptable
	Medidores de energía	1	8	2	16	Menor	Aceptable

Tabla 30
Análisis de Criticidad por equipos S.E. Huancané.

Equipo	Ocurrencia (O)	Severidad (S)	Detectabilidad (D)	N PR = OxSxD	Criticidad (C)	Riesgo o peligro
Puesta a tierra	8	7	6	336	Muy crítico	Inaceptable
Conductores eléctricos	5	8	4	160	Alto	Tolerable
Pararrayos	5	6	4	120	Alto	Tolerable
Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	5	5	4	100	Alto	Tolerable
Seccionadores	1	8	8	64	Alto	Tolerable
Soportes	1	7	4	28	Menor	Aceptable
Interruptor automático	1	3	8	24	Menor	Aceptable
Ferretería	1	8	3	24	Menor	Aceptable
Transformador	1	3	7	21	Alto	Aceptable
Fusibles	1	3	6	18	Alto	Aceptable
Transformador de medición	1	8	2	16	Menor	Aceptable
Medidores de energía	1	8	2	16	Menor	Aceptable
Descargadores	1	3	3	9	Menor	Aceptable

El resultado de la clasificación de la criticidad por equipo de la S.E Huancané se muestra en tabla 32, en donde podemos observar según la clasificación de riesgo o peligro planteada por el método de análisis de criticidad que tenemos un elemento muy crítico el cual es el sistema de puesta a tierra lo que nos puede indicar que no está cumpliendo la función es necesario realizar acciones correctivas.

4.3 Propuesta del plan de mantenimiento.

Con el fin de mejorar la gestión de mantenimiento que causen un impacto importante en costos, fiabilidad, disponibilidad, calidad de producto, seguridad, conservación del medio ambiente, reducción de trabajos de emergencia, se optimizara el mantenimiento preventivo a los sub sistemas críticos del sistema de distribución.

Elegimos el valor de 30 como el umbral de la criticidad. Los elementos críticos más allá de 30 se agrupan en orden ascendente. Son estos elementos los que debemos actuar principalmente mediante acciones de mantenimiento, correctivas, preventivas, de mejora o incluso de sustitución.

Tabla 31

Plan de mantenimiento S.E. Azángaro.

Equipo	Criticidad (C)	Acción de mantenimiento
Puesta a tierra	336	Revisión del diseño completo (Rediseño)
Conductores eléctricos	160	Mantenimiento preventivo sistemático
Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	120	
Soportes	105	
Interruptor automático	100	
Ferretería	90	Acción correctiva
Transformador	64	
Fusibles	28	
Seccionadores	24	
Pararrayos	24	
Transformador de medición	16	
Medidores de carga	16	
Descargadores	9	

Tabla 32
Plan de mantenimiento S.E. Ananea.

Equipo	Criticidad (C)	Acción de mantenimiento
Puesta a tierra	336	Revisión del diseño completo (Rediseño)
Conductores eléctricos	256	
Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	144	Mantenimiento preventivo sistemático
Soportes	120	
Interruptor automático	105	
Ferretería	100	
Transformador	64	
Fusibles	32	
Seccionadores	24	Acción correctiva
Pararrayos	24	
Transformador de medición	16	
Medidores de carga	16	
Descargadores	9	

Tabla 33
Plan de mantenimiento S.E. Huancané.

Equipo	Criticidad (C)	Acción de mantenimiento
Puesta a tierra	336	Revisión del diseño completo (Rediseño)
Conductores eléctricos	160	
Aislante de vidrio, cerámica o polímeros	120	Mantenimiento preventivo sistemático
Soportes	100	
Interruptor automático	64	
Ferretería	28	
Transformador	24	
Fusibles	24	
Seccionadores	21	Acción correctiva
Pararrayos	18	
Transformador de medición	16	
Medidores de carga	16	
Descargadores	9	

Para los equipos críticos se deberá realizar el rediseño que consiste en la revisión fundamental o la modificación del diseño del sistema de puesta a tierra de la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones, de la misma manera para los conductores donde se producen las fallas.



Para los equipos de riesgo tolerable se deberá aplicar mantenimiento preventivo sistemático que consistirá en programar las actividades de mantenimiento en intervalos de tiempo predeterminados en los que se sustituye el equipo dañado antes de que se produzcan problemas evidentes.

Para los equipos de riesgo aceptable se aplicará mantenimiento o solamente acciones correctivas que consisten en programar las actividades de mantenimiento cuando aparezcan las fallas.

Como aporte de la presente investigación se pudo establecer los elementos críticos de la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané que aportara a conservar las funciones primarias y secundarias de la infraestructura de las líneas de transmisión y subestaciones, mediante las propuestas de las acciones de mantenimiento principalmente en estas instalaciones que operan a altitudes mayores a los 4000 m.s.n.m.



CONCLUSIONES

- Se ha identificado los principales tipos de fallas de la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones, tenemos que el principal tipo de fallas son las fases a tierra lo que ocasiona la interrupción del servicio. Estas son causadas por las condiciones climáticas existentes en la zona que principalmente son descargas atmosféricas, fuertes lluvias nevadas y fuertes vientos condiciones propias de la zona.
- Se ha identificado los elementos críticos de la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones. Los elementos críticos encontrados en la presente investigación son los elementos de protección específicamente el sistema de puesta a tierra. El resultado de la clasificación de la criticidad por equipo de la S.E Ananea nos muestra dos elemento muy críticos el cual es el sistema de puesta a tierra y los conductores.
- Se ha realizado la propuesta respectiva del plan de mantenimiento de la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané. Para los equipos críticos se deberá realizar el rediseño que consiste en la revisión fundamental o la modificación del diseño del sistema de puesta a tierra y Subestaciones, de la misma manera para los conductores donde se producen las fallas. Para los equipos de riesgo tolerable se deberá aplicar mantenimiento preventivo sistemático que consistirá en programar las actividades de mantenimiento en intervalos de tiempo predeterminados en los que se sustituye el equipo dañado antes de que se produzcan problemas evidentes. Para los equipos de riesgo aceptable se aplicara mantenimiento o solamente acciones correctivas que consisten en programar las actividades de mantenimiento cuando aparezcan las fallas.



RECOMENDACIONES

- Para la mejora de la calidad y la mejora de la gestión de mantenimiento de la Línea de Transmisión 60 Kv Azángaro – Putina – Ananea – Huancané y Subestaciones se debe implementar acciones correctivas en los planes de mantenimiento es decir realizar el rediseño de los equipos críticos.
- Implementar los planes de mantenimiento sugeridos y realizar el de los costos que implica implementar la gestión de mantenimiento.



BIBLIOGRAFÍA

- Adda, M., Benyssaad, Y., y Chaker, A. (2014). Maintenance Optimization by Reliability for Power Distribution Systems. *International Review on Modelling and Simulations (IREMOS)*, 7(4), 613. <https://doi.org/10.15866/iremos.v7i4.2023>
- Afzali, P., Keynia, F., y Rashidinejad, M. (2019). A new model for reliability-centered maintenance prioritisation of distribution feeders. *Energy*, 171, 701–709. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.040>
- Bayliss, C., y Hardy, B. (2007). *Transmission and Distribution Electrical Engineering* (3a ed.). Chennai, India: Typeset by Charon Tec Ltd. Recuperado de <https://www.elsevier.com/books/transmission-and-distribution-electrical-engineering/bayliss/978-0-7506-6673-2>
- Biolini, A. (2017). Reliability Engineering. En Springer (Ed.), *Reliability Engineering* (8th Editio, Vol. 34). Tuscany, Italy: Springer Nature. <https://doi.org/10.1109/MS.2017.89>
- Bunge, M. (2004). La Investigacion Cientifica - Su Estrategia Y Su Filosofia. En s. a. de c. v. siglo xxi editores (Ed.), *Siglo Veintiuno* (tercera ed). MEXICO. D.F: siglo xxi editores, s.a. de c.v.
- Chowdhury, A. (2009). *Power Distribution System Reliability Principles of Electric Machines with Power Electronic Applications* (2a ed.; I. Institute of Electrical and Electronics Engineers & Published, eds.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Garcia, V. J., Bernardon, D. P., Abaide, A. R., Bassi, O. A., y Dhein, G. (2014). Reliability Assessment by Coordinating Maintenance Vehicles in Electric Power Distribution Systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 1045–1053. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.139>
- Gulati, R. (2009). *Maintenance and Best Practices Reliability* (1a ed.). New York: Industrial Press, Inc.

- Gutiérrez, A. M. (2012). *Mantenimiento Industrial Efectivo* (2a ed.). Medellín: Fuentes Litográficas Limitada.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6a ed.). México D.F.: McGraw Hill.
- Jan de Kock, K. S. (2004). Practical Power Distribution for Industry. En S. Mackay (Ed.), *Practical Power Distribution for Industry* (1°). Oxford, UK: IDC Technologies. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-6396-0.x5000-2>
- Juarez, J. (2002). *Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica* (Vol. 52). México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/48392416.pdf>
- Melani, A. H. A., Murad, C. A., Caminada Netto, A., Souza, G. F. M. de, y Nabeta, S. I. (2018). Criticality-based maintenance of a coal-fired power plant. *Energy*, 147, 767–781. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.048>
- MEM. (2012). *Código nacional de (suministro 2011) electricidad*. Lima: MEM.
- Mobley, R. K. (1999). Root Cause Failure Analysis. En Butterworth-Heinemann (Ed.), *Plant engineering maintenance series* (2°). United States of America: British Library. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809272-9.00035-9>
- Mobley, R. K., y Wikoff, D. J. (2008). *Maintenance Engineering Handbook* (7a ed.). New York: Mc Graw Hill Interamericana Editores S.A.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. (2a ed.). New York: Industrial Press Inc.
- Osarenren, J. (2015). *Integrated reliability Condition Monitoring and Maintenance of equipment* (1°; CRC Press Taylor & Francis Group, ed.). London: CRC Press.
- Pansini, A. J. (2007). *Electrical Distribution Engineering* (3a ed.; E. distribution Engineering, ed.). New York: The Fairmont Press, Inc. Recuperado de [http://prof.khuisf.ac.ir/Images/Uploaded_Files/Electrical Distribution Engineering - Pansini\[7840046\].PDF](http://prof.khuisf.ac.ir/Images/Uploaded_Files/Electrical_Distribution_Engineering_-_Pansini[7840046].PDF)
- Pansini, A. J. (2014). Summary for Policymakers. En M. D. Press (Ed.), *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Vol. I* (6th ed., pp. 1–30). United States of America: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Patrick, D. R., y Stephen, W. F. (2009). *Electrical distribution systems* (2a ed.). Indian: The Fairmont Press, Inc.
- Piasson, D., Bísvaro, A. A. P., Leão, F. B., y Mantovani, J. R. (2016). A new approach

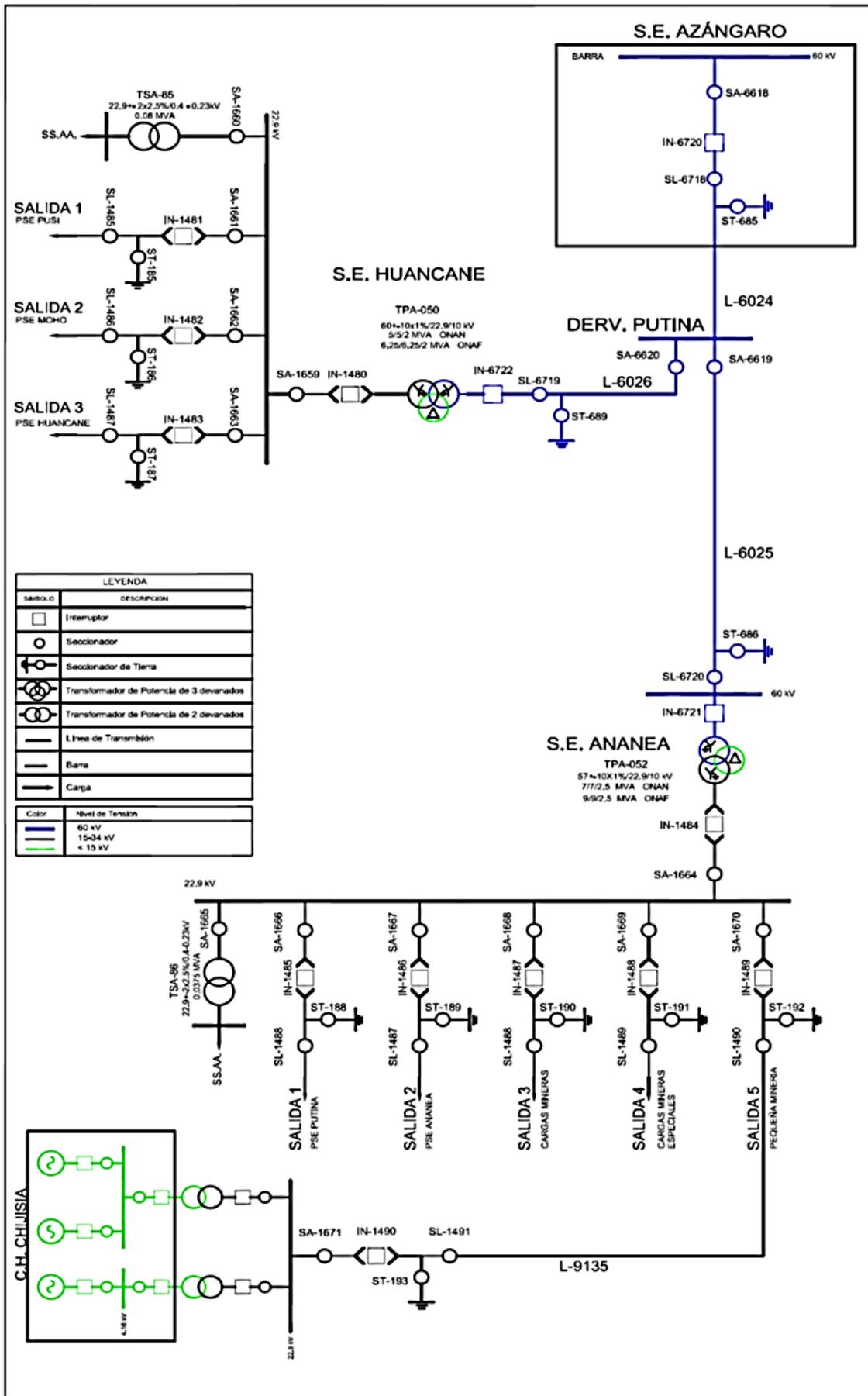


- for reliability-centered maintenance programs in electric power distribution systems based on a multiobjective genetic algorithm. *Electric Power Systems Research*, 137, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2016.03.040>
- Popper, K. R. (2017). *La lógica de la investigación científica* (1º; Oronet, ed.). MEXICO. D.F: ePub base r1.2.
- Ramirez, S. (2010). *Redes de Distribución de Energía* (3a ed.). Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7095>
- Richet, D., Cotaina, N., Gabriel, M., y O'Reilly, K. (1995). Application of reliability centred maintenance in the foundry sector. *Control Engineering Practice*, 3(7), 1029–1034. [https://doi.org/10.1016/0967-0661\(95\)00088-C](https://doi.org/10.1016/0967-0661(95)00088-C)
- Rodrigo, P. (2005). *El arte de mantener*. Santiago: Universidad de Chile. Recuperado de [https://www.u-
cursos.cl/ingenieria/2005/2/ME57A/1/material_docente/bajar?id=77092](https://www.ucursos.cl/ingenieria/2005/2/ME57A/1/material_docente/bajar?id=77092)
- Sánchez, E. B. (2003). La investigación científica : Teoría y metodología. *UAZ, I*, 110.
- Shayesteh, E., Yu, J., y Hilber, P. (2018). Maintenance optimization of power systems with renewable energy sources integrated. *Energy*, 149, 577–586. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.02.066>
- Villarini, M., Cesarotti, V., Alfonsi, L., & Introna, V. (2017). Optimization of photovoltaic maintenance plan by means of a FMEA approach based on real data. *Energy Conversion and Management*, 152(May), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.08.090>



ANEXOS

Anexo 1. Diagrama Unifilar



Anexo 2. Registro de interrupciones
REGISTRO DE INTERRUPCIONES HUANCANÉ:

FECHA		REGISTRO DE INTERRUPCIONES HUANCANÉ							
FECHA	DIA	MES	AÑO	RECIBER	HORA INICIO	HORA FIN	DURACION	CAUSALIDAD	MOTIVO DE INTERRUPCION
04/01/2019	4	1	2019	RC 29 ROSASPATA	03:28	03:55	00:27	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
04/01/2019	4	1	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	22:32	23:12	00:40	APERTURA GENERAL	CORTE DE EMERGENCIA PARA REALIZAR MANOBRAS
04/01/2019	4	1	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	23:46	23:50	00:04	APERTURA GENERAL	CORTE DE EMERGENCIA PARA REALIZAR MANOBRAS
08/01/2019	8	1	2019	RC 29 HUANCANE MOHO	11:58	12:47	00:51	APERTURA GENERAL	CORTE DE EMERGENCIA PARA REALIZAR MANOBRAS
08/01/2019	8	1	2019	RC 29 HUANCANE TARACO	17:14	18:44	01:30	FALLA FASE R A TIERRA	FUERTE VIENTOS
10/01/2019	10	1	2019	RC 29 ROSASPATA	12:48	13:02	00:14	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
15/01/2019	15	1	2019	RC 29 HUANCANE MOHO	12:50	13:17	00:27	APERTURA GENERAL	CORTE DE EMERGENCIA PARA REALIZAR MANOBRAS
16/01/2019	16	1	2019	RC 29 ROSASPATA	18:10	18:28	00:18	FALLA FASE B A TIERRA	FUERTE LLUVIAS
21/01/2019	21	1	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	05:43	05:48	00:05	APERTURA GENERAL	CORTE DE EMERGENCIA PARA REALIZAR MANOBRAS
26/01/2019	26	1	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	17:17	17:39	00:22	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTE LLUVIAS
26/01/2019	26	1	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	12:40	12:46	00:06	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTE LLUVIAS
29/01/2019	29	1	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	18:44	20:17	01:33	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTE LLUVIAS
30/01/2019	30	1	2019	RC 29 ROSASPATA	19:01	19:03	00:02	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTE LLUVIAS
30/01/2019	30	1	2019	RC 29 ROSASPATA	17:04	22:26	05:25	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTE LLUVIAS
31/01/2019	31	1	2019	RC 29 ROSASPATA	14:45	14:51	00:06	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTE LLUVIAS
31/01/2019	31	1	2019	RC 29 ROSASPATA	22:10	22:53	00:43	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTE LLUVIAS
31/01/2019	31	1	2019	RC 29 ROSASPATA	23:00	24:00	01:00	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTE LLUVIAS
08/02/2019	8	2	2019	RC 29 ROSASPATA	14:21	14:26	00:05	FALLA FASE T A TIERRA	FUERTE LLUVIAS Y DESCARGAS ATMOSFERICAS
09/02/2019	9	2	2019	RC 29 ROSASPATA	17:34	17:35	00:01	FALLA FASE B A TIERRA	FUERTE LLUVIAS
10/02/2019	10	2	2019	RC 29 ROSASPATA	14:00	15:37	01:37	FALLA FASE B A TIERRA	FUERTE LLUVIAS Y DESCARGAS ATMOSFERICAS
10/02/2019	10	2	2019	RC 29 ROSASPATA	22:59	23:03	00:04	FALLA FASE B A TIERRA	FUERTE LLUVIAS Y DESCARGAS ATMOSFERICAS
13/02/2019	13	2	2019	RC 29 ROSASPATA	00:08	00:28	00:20	FALLA FASE B A TIERRA	FUERTE LLUVIAS
14/02/2019	14	2	2019	RC 29 ROSASPATA	15:59	16:29	00:30	FALLA FASE T A TIERRA	FUERTE LLUVIAS Y DESCARGAS ATMOSFERICAS
15/02/2019	15	2	2019	RC 29 ROSASPATA	13:14	13:28	00:12	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
16/02/2019	16	2	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	18:17	18:44	00:27	FALLA FASE R A TIERRA	FUERTE LLUVIAS Y DESCARGAS ATMOSFERICAS
16/02/2019	16	2	2019	RC 29 ROSASPATA	23:03	23:55	00:52	FALLA FASE B A TIERRA	FUERTE LLUVIAS Y DESCARGAS ATMOSFERICAS
17/02/2019	17	2	2019	RC 29 ROSASPATA	11:07	11:14	00:07	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
19/02/2019	19	2	2019	RC 29 ROSASPATA	23:01	23:02	00:01	FALLA FASE B A TIERRA	FUERTE LLUVIAS
24/02/2019	24	2	2019	RC 29 ROSASPATA	03:28	03:32	00:04	FALLA FASE R A TIERRA	FUERTE LLUVIAS
26/02/2019	26	2	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	15:23	15:27	00:04	APERTURA GENERAL	CORTE PROGRAMADO
17/03/2019	17	3	2019	RC 29 ROSASPATA	17:48	17:47	00:01	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
13/03/2019	13	3	2019	RC 29 ROSASPATA	13:02	13:03	00:01	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
13/03/2019	13	3	2019	RC 29 ROSASPATA	13:10	13:14	00:04	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
13/03/2019	13	3	2019	RC 29 ROSASPATA	13:19	13:22	00:03	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
13/03/2019	13	3	2019	RC 29 ROSASPATA	13:03/2019 20:28	13:03/2019 20:47	13:19	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
16/03/2019	16	3	2019	RC 26 MOHO TILALI	18:18	18:25	00:19	FALLA EN NEUTRO	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
16/03/2019	16	3	2019	RC 26 MOHO TILALI	18:43	17:57	01:14	FALLA EN NEUTRO	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
16/03/2019	16	3	2019	RC 29 ROSASPATA	20:55	21:00	00:05	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
25/03/2019	25	3	2019	RC 29 ROSASPATA	17:53	18:31	00:38	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
27/03/2019	27	3	2019	RC 29 ROSASPATA	12:28	13:00	00:34	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/04/2019	1	4	2019	RC 29 ROSASPATA	03:00	08:28	05:28	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/04/2019	1	4	2019	RC 29 ROSASPATA	20:54	21:17	00:23	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/04/2019	1	4	2019	RC 29 ROSASPATA	21:50	23:06	01:07	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/04/2019	1	4	2019	RC 29 ROSASPATA	01/04/2019 23:31	02/04/2019 01:04	01:33	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
16/04/2019	16	4	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	18:53	17:29	00:38	CORTE DE EMERGENCIA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
17/04/2019	17	4	2019	RC 27 HUANCANE HUATAÑAN	15:10	15:14	00:04	CORTE DE EMERGENCIA	CORTE DE EMERGENCIA PARA HACER MANOBRAS
23/04/2019	23	4	2019	RC 29 ROSASPATA	17:25	20:20	02:55	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
30/04/2019	30	4	2019	RC 31 HUAYRAPATA	14:21	16:36	02:15	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
11/05/2019	11	5	2019	RC 31 HUAYRAPATA	11/05/2019 20:18	13/05/2019 07:10	20:54	POSTE CAIDO	LA FALLA CONTINUA
15/06/2019	15	6	2019	RC 29 HUANCANE MOHO	08:34	08:36	00:02	CORTE PARA MANOBRAS	CORTE PARA REALIZAR MANOBRAS
15/06/2019	15	6	2019	RC 29 HUANCANE MOHO	13:19	13:21	00:02	CORTE PARA MANOBRAS	CORTE PARA REALIZAR MANOBRAS
28/06/2019	28	6	2019	RC 29 HUANCANE MOHO	01:01	04:57	03:56	FALLA FASE R A TIERRA	VIENTOS POR LA ZONA
28/06/2019	28	6	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	17:15	18:20	01:05	TRIP DISPARO GENERAL	VIENTOS POR LA ZONA
23/07/2019	23	7	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	12:13	12:15	00:02	FALLA FASE R A TIERRA	VIENTOS POR LA ZONA
23/07/2019	23	7	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	12:21	13:03	00:42	FALLA FASE R A TIERRA	VIENTOS POR LA ZONA
24/07/2019	24	7	2019	RC 26 HUANCANE TARACO	12:08	12:14	00:05	TRIP CO	VIENTOS POR LA ZONA
01/08/2019	1	8	2019	RC 26 MOHO TILALI	17:50	18:36	00:40	FALLA FASE B A TIERRA	VIENTOS POR LA ZONA
17/08/2019	17	8	2019	RC 29 HUANCANE MOHO	08:15	08:23	00:08	CORTE DE EMERGENCIA	CORTE EMERGENCIA PARA REALIZAR MANOBRAS
07/09/2019	7	9	2019	RC 29 HUANCANE MOHO	13:52	17:58	00:08	TRIP DISPARO GENERAL	VIENTOS POR LA ZONA
15/09/2019	15	9	2019	RC 31 MOHO TILALI	08:43	08:44	00:01	FALLA FASE E A TIERRA	VIENTOS POR LA ZONA
20/09/2019	20	9	2019	RC 29 ROSASPATA	14:19	17:52	03:33	FALLA FASE T A TIERRA	VIENTOS POR LA ZONA
04/10/2019	4	10	2019	RC 31 HUAYRAPATA	07:00	07:59	00:59	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA

REGISTRO DE INTERRUPCIONES AZÁNGARO:

FECHA			RELOJERO	HORA INICIO	HORA FIN	DURACION	SEÑALIZACION	MOTIVO DE INTERRUPCION
10/02/2019	10	2	RC 20 AZANGARO ARAPA	11:02	13:54	02:52	APERTURA GENERAL	APERTURA PARA REALIZAR MANIOBRAS CONDUCTOR DESPRENDIDO
09/04/2019	9	4	RC 24 AZANGARO PUTINA	07:08	11:07	03:59	CORTE PROGRAMADO	CAMBIO DE ESTRUCTURA E INCREMENTO DE SECCIONAMIENTO DE TIPO CUT OUT PARA MANIOBRA
13/11/2019	13	11	RC 82 CHUPA TRAPICHE	14:38	17:30	02:52	CORTE DE EMERGENCIA	CONDUCTOR CAIDO A CONSECUENCIA DE VIENTOS POR LA ZONA
26/08/2019	8	9	RC 25 PUTINA ANANEA	14:48	18:47	03:59	CORTE DE EMERGENCIA	CORTE DE EMERGENCIA
20/01/2019	20	1	RC 24 AZANGARO PUTINA	11:54	11:53	00:29	CORTE DE EMERGENCIA	CORTE DE EMERGENCIA PARA CAMBIAR PARARRAYOS DEL SECCIONAMIENTO
18/08/2019	18	8	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	09:24	09:45	00:21	CORTE PARA MANIOBRAS	CORTE PARA REALIZAR MANIOBRAS
18/08/2019	18	8	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	10:10	11:30	01:20	CORTE PARA MANIOBRAS	CORTE PARA REALIZAR MANIOBRAS
18/08/2019	18	8	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	15:45	16:28	00:41	CORTE PARA MANIOBRAS	CORTE PARA REALIZAR MANIOBRAS
22/03/2019	22	3	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	09:03	14:37	08:34	CORTE PROGRAMADO	CORTE PROGRAMADO
10/05/2019	10	5	RC 21 AZANGARO SAN JOSE	09:59	10:34	10:35	CORTE PROGRAMADO	CORTE PROGRAMADO
12/07/2019	12	7	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	08:13	10:58	03:53	CORTE PROGRAMADO	CORTE PROGRAMADO
12/07/2019	12	7	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	14:00	17:03	03:03	CORTE PROGRAMADO	CORTE PROGRAMADO
15/07/2019	15	7	RC 24 AZANGARO PUTINA	08:53	12:50	05:27	CORTE PROGRAMADO	CORTE PROGRAMADO
15/07/2019	15	7	RC 21 AZANGARO SAN JOSE	14:12	18:54	02:42	CORTE PROGRAMADO	CORTE PROGRAMADO
16/10/2019	16	10	RC 24 AZANGARO PUTINA	10:47	19:40	00:02	FALLA FASE R - 0	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
17/10/2019	17	10	RC 24 AZANGARO PUTINA	12:39	12:40	00:01	FALLA FASE R - 0	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
04/01/2019	4	1	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	10:48	24:00	04:14	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
05/01/2019	5	1	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	09:00	09:21	00:21	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
10/01/2019	10	1	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	08:10	08:18	00:08	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
10/01/2019	10	1	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	09:41	10:05	00:24	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
20/01/2019	20	1	RC 20 AZANGARO ARAPA	11:49	12:13	00:24	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
24/01/2019	24	1	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	14:30	14:50	00:20	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
27/02/2019	27	2	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	17:10	17:18	00:08	FALLA FASE ROT A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS
01/03/2019	1	3	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	09:28	09:40	00:12	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/03/2019	1	3	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	09:58	09:00	00:04	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/03/2019	1	3	RC 24 AZANGARO PUTINA	13:50	13:58	00:08	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/03/2019	1	3	RC 24 AZANGARO PUTINA	20:49	20:50	00:01	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/03/2019	1	3	RC 24 AZANGARO PUTINA	21:04	21:53	00:49	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
13/03/2019	13	3	RC 89 ARAPA CHUPA	21:41	21:58	00:17	FALLA NEUTRO	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
14/03/2019	14	3	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	21:04	02:57	03:53	FALLA BIFASICA FASE R Y B	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
15/03/2019	15	3	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	09:22	09:54	00:32	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
19/03/2019	19	3	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	15:08	15:43	00:37	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
29/03/2019	29	3	RC 89 ARAPA CHUPA	11:08	11:19	00:11	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
27/03/2019	27	3	RC 89 ARAPA CHUPA	09:31	09:50	00:19	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
28/03/2019	28	3	RC 89 ARAPA CHUPA	13:35	13:40	00:05	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/04/2019	1	4	RC 89 ARAPA CHUPA	14:18	14:18	00:00	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
05/04/2019	5	4	RC 89 ARAPA CHUPA	08:44	08:49	00:05	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
14/04/2019	14	4	RC 20 AZANGARO ARAPA	16:53	17:21	00:28	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
14/04/2019	14	4	RC 20 AZANGARO ARAPA	17:15	17:33	00:18	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
19/04/2019	19	4	RC 89 ARAPA CHUPA	09:15	09:24	00:09	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
17/04/2019	17	4	RC 89 ARAPA CHUPA	02:53	02:54	00:01	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
19/04/2019	19	4	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	13:03	14:07	00:44	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
21/04/2019	21	4	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	15:25	16:03	00:38	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
28/04/2019	28	4	RC 89 ARAPA CHUPA	08:00	08:03	00:03	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ZONA
01/05/2019	1	5	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	16:57	17:29	00:37	FALLA FASE B Y T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
04/05/2019	4	5	RC 89 ARAPA CHUPA	21:48	21:53	00:07	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
04/05/2019	9	5	RC 89 ARAPA CHUPA	11:24	11:31	00:07	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
11/05/2019	11	5	RC 89 ARAPA CHUPA	17:05/2019 12:55	18:05/2019 01:09	12:31	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
24/10/2019	4	10	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	15:51	16:10	00:21	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
15/10/2019	15	10	RC 24 AZANGARO PUTINA	20:26	20:27	00:01	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
22/10/2019	22	10	RC 24 AZANGARO PUTINA	17:24	17:29	00:02	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
25/11/2019	5	11	RC 24 AZANGARO PUTINA	11:49	11:51	00:02	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
07/11/2019	7	11	RC 24 AZANGARO PUTINA	16:42	16:44	00:02	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
26/11/2019	26	11	RC 24 AZANGARO PUTINA	13:29	13:10	00:01	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
26/11/2019	8	11	RC 24 AZANGARO PUTINA	20:17	20:18	00:01	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
10/11/2019	10	11	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	16:58	16:50	00:03	FALLA FASE B Y T (BIFASICO)	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
11/11/2019	11	11	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	02:30	02:35	00:05	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
12/11/2019	12	11	RC 89 ARAPA CHUPA	08:04	08:06	00:02	FALLA FASE T A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
13/11/2019	13	11	RC 24 AZANGARO PUTINA	13:02	13:04	00:02	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
15/11/2019	15	11	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	22:22	22:23	00:01	FALLA FASE R A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS POR LA ZONA
28/01/2019	28	1	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	19:29	19:29	00:00	FALLA FASE BT A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTES LLUVIAS
29/01/2019	29	1	RC 18 AZANGARO SAN ANTON	09:34	09:36	00:02	FALLA FASE B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTES LLUVIAS
30/01/2019	30	1	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	11:12	11:19	00:07	FALLA FASE R B A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTES LLUVIAS
31/01/2019	31	1	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	16:11	16:43	00:32	TRIP DISPARO GENERAL	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTES LLUVIAS
31/01/2019	31	1	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	18:48	17:10	00:22	FALLA FASE BR A TIERRA	DESCARGAS ATMOSFERICAS Y FUERTES LLUVIAS
22/01/2019	22	1	RC 19 AZANGARO CHOOUEHUANCA	11:35	11:39	00:04	FALLA FASE RT A TIERRA	FUERTES LLUVIAS
01/02/2019	1	2	RC 24 AZANGARO PUTINA	01:25	01:50	00:25	FALLA FASE B A TIERRA	FUERTES LLUVIAS EN LA ZONA



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Edwin Eduardo RODRIGUEZ CHAMBILLA,
identificado con DNI 41607896 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

MAGISTERIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA ELÉCTRICA,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICADO A LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 KV
AZÁNGARO, PUTINA, HUANCANÉ ANANDA"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío, en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

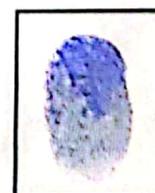
Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 20 de FEBRERO del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



VRI
Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Edwin Eduardo RODRIGUEZ CHIAMBILLA
identificado con DNI 41607896 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICADO A LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN
60 KV. AZANGARO, PUTINA, HUANCANE ANANEA"

Es un tema original

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 20 de FEBRERO del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella