



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



N° 012-2024

CONSTANCIA

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la Tesis cuyo título es:

“GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 800 KVA DE LA EMPRESA TOTTUS S.A. – JOCKEY PLAZA – LIMA”

Presentado por:

FLORES PALOMINO, LUIS ANGEL

TITULANDO EGRESADO del nivel de **PREGRADO** de la Facultad **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA** – Escuela Profesional de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**. El resultado obtenido es un porcentaje de **UNO POR CIENTO (1%)**, por el cual se le otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 19 de Enero del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Mag. Zenón Busebio Pacheco Casavilca
JEFE DE UNIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA



"Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA de la empresa Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima"

Ciencias Naturales, Ingeniería y tecnologías Sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

LUIS ANGEL FLORES PALOMINO

Ica - Perú

2023

DEDICATORIA

El presente informe final de tesis primeramente lo dedico a mis padres Fredy flores espino y Miriam Palomino Melgar por darme ese apoyo incondicional para cumplir mis metas y objetivos, a mi hija que es la razón por el cual sigo adelante en la vida y a mi tía Lidia Juana Anchante Vilca por inculcarme valores que me hacen mejor persona y profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme las fortalezas de seguir adelante y bendecirme con salud.

A mi asesor y la universidad por todo el conocimiento brindado y su apoyo incondicional para la culminación de esta meta tan importante en mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del Problema	11
1.2.1. Problema General	11
1.2.2. Problemas Específicos.....	11
1.3. Justificación	11
1.4. Objetivos	12
1.4.1. Objetivo General	12
1.4.2. Objetivos Específicos.....	12
1.5. Hipótesis	12
1.5.1. Hipótesis General	12
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	12
1.6. Antecedentes	13
1.6.1. Antecedentes Internacionales	13
1.6.2. Antecedentes nacionales.....	13
1.6.3. Antecedentes locales	14
1.7. Bases teóricas.....	15
1.8. Marco normativo	26
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	27
2.1. Tipo y diseño de investigación	27
2.2. Variables y operacionalización.....	27
2.3. Población y Muestra.....	28
2.3.1. Población.....	28
2.3.2. Muestra	28
III. RESULTADOS.....	29
3.1. Determinación de los parámetros de los mantenimientos iniciales	29
IV. DISCUSIÓN	42
V. CONCLUSIONES	43
5.1. Conclusiones.....	43
5.2. Recomendaciones.....	44

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VII. ANEXOS.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factor ponderados de la criticidad.....	18
Tabla 2: Matriz de criticidad.....	19
Tabla 3: Severidad.....	21
Tabla 4: Ocurrencia.....	22
Tabla 5: Detección.....	23
Tabla 6: cuadro de mantenimiento de la subestación eléctrica.....	29
Tabla 7: cálculo de la disponibilidad de la subestación eléctrica.....	30
Tabla 8: MTBF Y MTTR.....	32
Tabla 9: Determinación de la confiabilidad de la subestación eléctrica.....	32
Tabla 10: Determinación de mantenibilidad de la subestación eléctrica.....	33
TABLA 11: hoja de información de los componentes de la subestación eléctrica.....	38
Tabla 12: Análisis del NPR.....	39
Tabla 13: indicadores de post mejora.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Priorización de riesgos.....	20
Figura 2: Índice de riesgo.....	21
Figura 3: análisis de muestra.....	27
Figura 4: Diagrama de disponibilidad 2016 – 2019.....	31
Figura 5: Diagrama de comparativo de disponibilidad vs indisponibilidad.....	31
Figura 6: Diagrama de confiabilidad 2016-2019.....	33
Figura 7: Diagrama de mantenibilidad 2016 – 2019.....	34
Figura 8: Distribución en serie de los componentes principales de la subestación eléctrica de Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.....	34
Figura 9: Diagrama de post – mejora.....	41

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo el desarrollo de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM II, aplicado en la subestación eléctrica de 800 kva de la empresa Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima, basada en las normas americanas SAE JA2011 y SAE JA 2012.

Se estructuro inicialmente con el levantamiento de información de los elementos constitutivos que forman parte de la subestación eléctrica. Se elaboró un estudio del estado actual de la subestación eléctrica y su mantenimiento actual, planos eléctricos, memorias descriptivas, anteriores mantenimientos, reportes de campo del área de mantenimiento, fichas técnicas de los componentes de la subestación, con el fin de obtener una mayor información.

En segundo término, detallar los posibles tipos de fallas de la subestación eléctrica y como afecta en el correcto funcionamiento de dicha subestación para que finalmente describir y aplicar con la metodología o procedimiento del mantenimiento basado en la confiabilidad.

El estudio detallado de las informaciones, permitió asignar estrategias de mantenimiento basado en aspectos de seguridad, producción, económicas y técnicos orientadas a evitar posibles fallas mediante el planteamiento de tarea apropiadas.

Palabras clave: mantenimiento basado en la confiabilidad, fallas de subestación, estrategias de mantenimiento.

ABSTRACT

The present investigation has as objective the development of a maintenance plan focused on the RCM II reliability, applied in the electrical substation of 800 kva of the company Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima, based on the American standards SAE JA2011 and SAE JA 2012.

It was initially structured with the collection of information on the constituent elements that are part of the electrical substation. A study of the current state of the electrical substation and its current maintenance, electrical plans, descriptive memories, previous maintenance, field reports from the maintenance area, technical sheets of the substation components, in order to obtain more information, was prepared.

Secondly, detail the possible types of failures of the electrical substation and how it affects the proper functioning of said substation so that finally it can be described and applied with the reliability-based maintenance methodology or procedure.

The detailed study of the information allowed assigning maintenance strategies based on security, production, economic and technical aspects aimed at avoiding possible failures by setting up appropriate tasks.

Key words: reliability-based maintenance, substation failures, maintenance strategies.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

Todo el planteamiento y desarrollo de nuestra tesis de investigación, se fundamenta en un interrogante fundamental que da sentido y forma al planteamiento propuesto en la fase del plan de tesis, el cual es ¿Cómo aplicar el Mantenimiento basado en la Confiabilidad para mejorar la eficiencia de la subestación eléctrica de 800 kva?

Es seguro que para dicha interrogante, pudieron hallarse múltiples respuestas y variados planteamientos de la cuestión, pero, en este caso cabe destacar un tratamiento de ella que procede de abordar las bondades de la aplicación del mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la eficiencia de la subestación eléctrica de 800 KVA, para lo cual fue necesario realizar el registro de paradas de equipos apoyadas con los reportes según las fallas que presentaba por sistemas tales como, sistema de conexión, aislamiento etc., elaborando así la tabla de criticidad que fue la base del estudio de investigación para proponer medidas, estrategias.

Se ha observado que la mayoría de empresas en Lima no cuentan con un mantenimiento adecuado para sus instalaciones ya que lo subcontratan los servicios de mantenimiento y solo se basa en sus proveedores. Las áreas correspondientes no manejan ni una gestión de mantenimiento, lo cual es muy perjudicial para cualquier empresa.

Por lo tanto, en la presente investigación ha realizado una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar su eficiencia y tener menos paradas indeseadas y así minimizar las pérdidas económicas.

A nivel internacional, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, RCM, se ha aplicado desde hace 30 años. En el Perú también hace algunos años, gran cantidad de empresas han venido desarrollando el RCM, luego de crear una cultura de mantenimiento, optimizando el mantenimiento preventivo con técnicas predictivas para detectar fallas a tiempo y programar mejor las labores de mantenimiento. Su finalidad es la de asegurar buenos parámetros para obtener adecuados indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, garantizando así una producción al menor costo posible e incrementando la rentabilidad empresarial (Tavares, 2009).

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo elaborar una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA para mejorar su eficiencia de su sistema eléctrico – Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima?

1.2.2. Problemas Específicos

1. ¿Cuál es el reporte actual del mantenimiento de la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima?
2. ¿Cómo especificar las fallas funcionales de los sistemas y subsistemas que forman parte de la subestación eléctrica sujeta a esta investigación?
3. ¿Cómo estudiar las causas, efectos y el nivel de criticidad de cada una de las fallas identificadas?
4. ¿Cómo aplicar el procedimiento del mantenimiento basado en la confiabilidad en la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima?

1.3. Justificación

Para la empresa, una mejora de eficiencia en todo su sistema eléctrico, acompañada de una disminución de los costos por mantenimiento, permitirá obtener beneficios, que redundan en una filosofía de mejoramiento continuo, una mayor rentabilidad operacional y un menor impacto ambiental, todo lo cual permitirá mejorar la competitividad de la empresa. Además, los resultados organizativos y de gestión del proyecto podrían apoyar los procesos de certificación empresarial, en los que la empresa se encuentra actualmente inmersa. La empresa podría beneficiarse con un plan de mantenimiento que marcará un antes y un después en la batalla contra gastos y tiempo de equipos eléctricos y mecánicos. De este modo, podrían mejorarse la calidad y las expectativas de vida de las piezas, además de proponer un tratamiento de prevención puntual y efectivo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Elaborar una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA para mejorar la eficiencia de su sistema eléctrico – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el reporte actual del mantenimiento de la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.
- Especificar las fallas funcionales de los sistemas y subsistemas que forman parte de la subestación eléctrica sujeta a esta investigación.
- Estudiar las causas, efectos y el nivel de criticidad de cada una de las fallas identificadas.
- Aplicar el procedimiento del mantenimiento basado en la confiabilidad en la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Si se elabora una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA para mejorar la eficiencia de su sistema eléctrico – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Existe los reportes actuales del mantenimiento de la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.
- Se especifica las fallas funcionales de los sistemas y subsistemas que forman parte de la subestación eléctrica sujeta a esta investigación.
- Se estudia las causas, efectos y el nivel de criticidad de cada una de las fallas identificadas.
- Se aplica el procedimiento del mantenimiento basado en la confiabilidad en la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima

1.6. Antecedentes

1.6.1. Antecedentes Internacionales

Haro, E. (2011) con la tesis **“Estudio de la base del mantenimiento y su influencia en la confiabilidad de las estaciones de bombeo poliducto shushufindi – Quito en la empresa petrocomercial filial de petroecuador”** Universidad Técnica de Ambato. En el presente trabajo de investigación se realiza el estudio de la base del mantenimiento y su influencia en la confiabilidad de las estaciones de bombeo Poliducto Shushufindi – Quito en la empresa Petrocomercial filial de Petroecuador, con el objeto de analizar y examinar la situación actual en la que se está desarrollando las actividades de la organización del mantenimiento electromecánico y poder agregar o suprimir algunos procedimientos que sean necesarios para satisfacer el desarrollo del sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), logrando conseguir los objetivos propuestos para ser competitivos y alcanzar el éxito de la empresa. La metodología que se utilizó para obtener la información fueron las encuestas dirigidas al personal de mantenimiento Electromecánico del Poliducto Shushufindi – Quito en la empresa Petrocomercial, además se aplicó la observación directa de las actividades, también se fortaleció los conocimientos utilizando la lectura científica, logrando así determinar los problemas que enfrenta la empresa en el área de mantenimiento Electromecánico, por lo que se concluyó que las principales deficiencias es la creación de algunos procesos en la organización de mantenimiento y dar seguimiento el proceso RCM. Finalmente se determina la situación en la que se encuentra la empresa, permitiendo aplicar las estrategias de confiabilidad en los equipos, la misma que ayudará a establecer propósitos, objetivos, políticas, dotando de instrumentos para anticipar situaciones y escenarios imprevistos de los posibles cambios que se generan en el entorno, lo que permitirá ser cada día mejores, estableciendo así ventajas competitivas y consiguiendo éxito en el ámbito de servicio y calidad del producto. Siendo esta una de las principales razones para poner en marcha el mantenimiento centrado en confiabilidad de las estaciones de bombeo del Poliducto Shushufindi – Quito.

1.6.2. Antecedentes nacionales

Villanueva, J. (2017) con la tesis **“Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del sub sistema de distribución eléctrico 22.9/13.2 kv de san gabán – Ollachea”**. Universidad Del Altiplano – Puno. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad del sub Sistema de distribución de energía eléctrica, del Servicio Eléctrico San Gabán – Ollachea de la empresa Electro Puno S.A.A. ubicada en la Región de Puno entre los 500 m.s.n.m y los 4800 m.s.n.m.,

aplicando la metodología basada en la confiabilidad y el análisis de fallas de los elementos y componentes del sistema eléctrico. Para lo cual se empleó métodos estadísticos que permitió hacer una programación adecuada del mantenimiento preventivo a los elementos críticos de los equipos y sistemas eléctricos, para lo cual se realizó la descripción de las pruebas de confiabilidad de los datos de campo y de la metodología de la recolección de datos para poder deducir las funciones generales de confiabilidad. De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de falla, se realizaron las acciones y recomendaciones correspondientes para los planes de mantenimiento de los componentes de los sistemas eléctricos con lo que se pretende mejorar la confiabilidad y disponibilidad del sistema, para ello se utilizó la metodología del análisis de datos de falla de la distribución de Weibull, con lo cual llegamos a la toma de decisiones y conclusiones.

1.6.3. Antecedentes locales

Reaño, L. (2019) con la tesis **“Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad en una empresa reprocesadora de subproductos de arroz para minimizar el número de averías” Universidad Tecnológica del Perú**. La empresa objeto de estudio es una reprocesadora de subproductos de arroz, la cual brinda el servicio de maquila, en la cual se reprocesan subproductos de arroz, tales como arrocillo y descarte. Primero se diagnosticó la situación actual de la empresa en su operación y en el mantenimiento del sistema productivo, resultando que el 59.14% de las paradas de producción son a causa de averías de sus máquinas, identificadas en su totalidad cuarenta y dos averías, generando pérdidas económicas valorizadas en S/.112,069.94 soles. Posteriormente se propuso un plan de mantenimiento basado en confiabilidad, dónde se utilizó la herramienta análisis de criticidad, la cual permitió identificar las máquinas críticas del sistema productivo: la selectora, el compresor, el secador de aire y la zaranda; de los datos anteriores se hizo un análisis de modos y efectos de fallo identificando las averías y fallas de cada máquina, para así mediante un árbol de decisiones de RCM optar por las medidas preventivas de mantenimiento a realizar. Finalmente se realizó la evaluación costo beneficio, dónde se espera que tras aplicar la propuesta de RCM, el número de averías se reduzca a catorce, incrementando la producción en un 12%. Esto significaría un incremento de la eficiencia del 84% al 95%, una reducción de los costos de mantenimiento valorizada en S/. 0.37 soles por unidad producida, el tiempo promedio para fallar pasaría de 60.26 horas a 206.14 horas, el tiempo promedio para reparar de 7.24 horas a 6.79 horas, la disponibilidad se maximizaría del 89.26% al 96.81% y el OEE incrementaría 5.44%. Todos estos indicadores se ven reflejados en la reducción de los costos por avería, resultado un beneficio para la empresa de S/.75 663.65 soles.

1.7. Bases teóricas

La globalización ha impulsado a las empresas a un proceso de reestructuración en las políticas internas orientadas hacia la creación de ventajas competitivas, diseñando e implementando programas de mejoramiento en sus procesos operativos, disminuyendo los costos e incrementando los niveles de producción y confiabilidad de los productos y servicios ofrecidos.

En el caso de las empresas del sector retail, el empleo de equipos y maquinas eléctricas es una labor diaria, es decir; es un factor fundamental que influye directamente en la producción por lo que la conservación de las mismas es de suma importancia para el cumplimiento de la planificación realizada para el proyecto a ejecutar.

En todo contrato para la realización de una obra o proyecto se establece un tiempo determinado de ejecución y una fecha estimada de entrega. El incumplimiento de dichas fechas es penalizado monetariamente por el ente contratante. Estos retrasos además pueden ocasionar una disminución de prestigio y crear una mala imagen para la empresa lo cual puede incurrir en pérdidas de futuras contrataciones.

Para evitar las consecuencias por retrasos en las obras se debe mantener una alta disponibilidad de equipos y maquinas eléctricas, lo cual se logra con un buen plan de mantenimiento, ya que una buena maniobra de los equipos eléctricos ayuda a que la vida útil del equipo sea optima, sin embargo con el uso apropiado no escapan a la probabilidad de fallar, ya que, estas no están exentas de desgastes normales además de posibles fallas súbitas debido a imperfecciones de fabricación internas en sus partes o componentes, y es allí donde el mantenimiento juega un papel muy importante para que dicho equipo y maquina eléctrica continúe operativa.

Variable independiente: Sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad.

En la actualidad, las organizaciones están implementando nuevas técnicas operacionales con el objetivo principal de optimizar los procesos en la gestión del mantenimiento, con el fin de no tener paradas inoportunas en su sistema eléctrico; las áreas correspondientes se han visto obligadas a diseñar nuevos planes de mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento de su sistema eléctrico, con el fin de brindar un buen servicio a sus consumidores.

En aquellos casos en que el producto o servicio es utilizado en lugares remotos o en condiciones muy críticas, la garantía pasa a un segundo plano y el interés principal del cliente recae en que el producto no falle, el cuál es el caso de la empresa retail en la que se ha desarrollado este estudio, con el fin de poseer equipos que estén disponibles para llevar a cabo las actividades del fluido eléctrico.

El mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), desde su publicación en el año de 1978 y su ingreso como norma para programas de mantenimiento a SAE en 1997, continúa siendo uno de las metodologías más importantes referidos al manejo de los activos físicos ayudando no sólo a la industria de aviación sino también a otras importantes industrias (Moubray, 2004).

El método RCM desarrolla un análisis de decisión empleando un conjunto de pasos secuenciados y ordenados de manera lógica, con la finalidad de identificar y deducir los riesgos más destacados en el funcionamiento del sistema, desarrollando medios de mitigación y preservando su funcionamiento. El análisis que se inicia a través de una evaluación de los modos de fallos, causas, tipos y consecuencias, permite una mejor comprensión del funcionamiento del sistema, dando a conocer lo que hace, lo que no hace y la forma de cómo abordar riesgos inaceptables de fracaso (Goodfellow, 2000); Luego se procede a estudiar los efectos de cada modo de fallo en relación al impacto de este en seguridad, medio ambiente, operación y costo (Moubray, 2004).

El objetivo básico de cualquier gestión de mantenimiento, consiste en incrementar la disponibilidad de los activos, a bajos costos, permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional (Amendola, 2006: 45)

Por otro lado, la importancia de diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para flota y un plan de mantenimiento efectivo radica en lograr adelantarse a las fallas, es decir, evitar paradas de máquinas, accidentes, que ocasionen desviaciones de presupuesto, con lo cual se asegura la rentabilidad de una empresa. Además, ello permitirá que la prestación del servicio llegue a tiempo al cliente, exceptuando hechos aleatorios, lo que significa el cumplimiento de los estándares del mercado y de la competencia (Eduardo Moran, 2015, Pag.8).

La principal función del mantenimiento es sostener la funcionabilidad de los equipos y el buen estado de las maquinas a través del tiempo. Bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento al atravesar las distintas épocas, acorde con las necesidades de sus clientes, que son aquellas dependencias o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de estos activos para producirlos (Eduardo Moran, 2015, Pag.8).

Definición operacional: es el mantenimiento brindado a los componentes de la subestación eléctrica con los respectivos análisis de criticidad para una mejora en su eficiencia.

Dimensiones de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad

Análisis de criticidad.

el análisis de criticidad, que es una técnica que sirve para jerarquizar los equipos, instalaciones y sistemas. Esta evaluación se toma en función de las ocurrencias de falla y la calificación de su impacto en las áreas de seguridad, operativa, medio ambiente y económica. Sirve como instrumento para tomar decisiones y direccionar mejor los recursos y esfuerzos de la empresa (Agüero y Calixto, 2007).

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos. En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional.

El análisis de criticidad ayuda a determinar elementos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, el objetivo es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Tabla 1: Factor ponderados de la criticidad

FRECUENCIA DE FALLAS (FF)	PONDERACION
Mayor o igual 8 fallas/mes	4
De 5 a 7 fallas/mes	3
De 2 a 4 fallas/mes	2
menor o igual a 1 falla/mes	1
IMPACTO OPERACIONAL (IO)	
Parada inmediata de toda la produccion	10
Afecta mas de 50% a la produccion	7
Afecta menos de 50% a la produccion	4
No Afecta a la produccion	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)	
No se dispone de otro equipo igual o similar	4
El sistema puede seguir funcionando	2
Se dispone de otro equipo o similar	1
COSTO DE MANTENIMIENTO (CM)	
Mas de 10000 soles	3
Entre 5000 y menos de 10000 soles	2
Menos de 5000 soles	1
IMPACTO SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE (ISAH)	
Afecta a la seguridad humana	8
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menos - Accidentes e incidentes	2
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
No provoca ningun tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0

Fuente: elaboración propia

Criticidad total = Frecuencia x Consecuencia..... Ecuación 1

Criticidad total = Frecuencia x [(Impacto Operacional * Flexibilidad) + Costo

Mantenimiento + Impacto ISAH]..... Ecuación 2

Tabla 2: Matriz de criticidad:

F R E C U E N C I A	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- Área de sistemas no críticos (NC)
- Área de sistemas de media criticidad (MC)
- Área de sistemas críticos (C)

Análisis del modo y efecto de la falla potencial (AMEF)

Es una herramienta técnica de análisis preventivo, aplicable a los sistemas con riesgos potenciales de no alcanzar los objetivos de fiabilidad y mantenibilidad, para los que han sido previstos, asimismo, cuantifica y evalúa el riesgo de fallo en los sistemas. El sistema puede ser un producto, un proceso de trabajo y un medio de producción. se analizan todas las características del producto y todas las operaciones (funciones) del proceso, de una forma exhaustiva buscando todas las maneras posibles de presentarse el fallo, es decir, buscando todos los posibles riesgos que se puedan presentar para el cliente.

Por cada fallo potencial que se pueda presentar se hace una estimación del efecto que se pueda tener en el sistema, tomando las acciones necesarias para minimizar el efecto de este, mediante la eliminación de las causas que originan estos defectos. Se asegura la minimización del riesgo de fallo por los siguientes motivos:

- Ayuda a la evaluación de las exigencias del diseño, impulsando a la búsqueda de alternativas.
- Origina que aumente la probabilidad de considerar los modos de fallos potencial, así como los efectos de estos en funcionamiento del sistema.
- Se obtiene una información adicional, que apoya la mejora en la definición de pruebas y ensayos en el desarrollo del sistema.

Numero de prioridad de riesgo (NPR)

Es un valor que establece una jerarquización de las fallas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla, identificando ítems críticos; lo que conlleva a dar prioridad a los NPR más altos (consultoría y servicios para optimizar tu gestión, 2021).

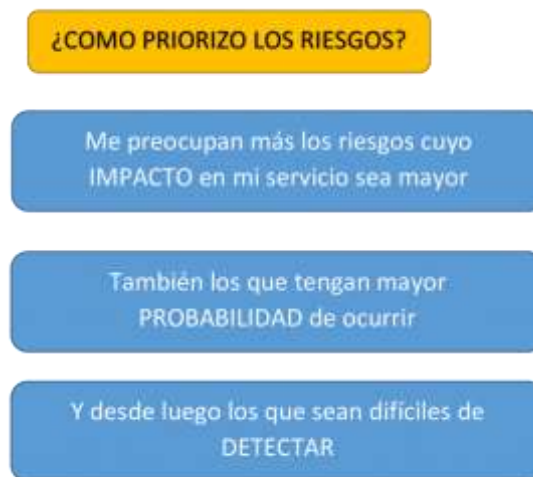


Figura 1: Priorización de riesgos

$$\text{NPR} = \text{Gravedad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección}$$



Figura 2: Índice de riesgo

Severidad (S):

El primer paso para analizar el riesgo es cuantificar la gravedad o severidad de los efectos. Dicha severidad puede cuantificarse, por ejemplo, con una escala del 1 al 10, siendo el nivel 10 el más severo. Para determinar la severidad se utilizó la siguiente tabla 3.

Tabla 3: Severidad

SEVERIDAD		
EFECTO	CRITERIOS: SEVERIDAD DEL EFECTO PARA AMECF DE DISEÑO	FILA
Peligros; sin alarma	El incidente afecta la operación segura de la unidad, sin alarma	10
Peligros; con alarma	El incidente afecta la operación segura de la unidad, con alarma	9
Muy Arriba	La unidad es inoperable con pérdida de función primaria	8
Alto	La unidad es operable pero en un nivel muy reducido del funcionamiento	7
Moderado	La unidad es operable pero en un nivel reducido del funcionamiento	6
Bajo	La unidad es operable a un nivel reducido de funcionamiento	5
Muy Bajo	Las personas ajenas a la unidad notan los defectos	4
De menor Importancia	El operador de la unidad nota los defectos	3
Muy de menor importancia	Solo el personal de mantenimiento nota los defectos	2
Ninguno	Ningún Efecto	1

Fuente: consultoría y servicios para optimizar tu gestión - CMMS

Ocurrencia (O):

La ocurrencia es la probabilidad que ocurra una causa particular y resulte en un modo de falla durante la vida útil de un producto. Para determinar la ocurrencia se utilizó la siguiente tabla 4.

Tabla 4: Ocurrencia

OCURENCIA		
PROBABILIDAD DE INCIDENTE	PORCENTAJE DE AVERIAS	FLA
Muy arriba: El incidente es casi inevitable	1 en 2	10
	1 en 3	9
Alto: Incidentes Repetitivos	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderado: Incidentes Ocasionales	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2000	4
Bajo: Relativamente pocos incidentes	1 en 15000	3
	1 en 150000	2
Telecontrol: El incidente es inverosímil	1 en 1500000	1

Fuente: consultoría y servicios para optimizar tu gestión - CMMS

Detección (D):

Es una evaluación de la probabilidad que un control vigente detecte la causa de un modo de falla o el modo de falla en sí mismo, previniéndolo o alertándolo antes que alcance al cliente. Para determinar la detección se utiliza la siguiente tabla 5.

Tabla 5: Detección

DETECCION		
DETECCION	CRITERIOS: PROBABILIDAD DE LA DETECCION POR CONTROL DE DISEÑO	FILA
Incertidumbre absoluta	El control de diseño no detecta una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente; o no hay control de diseño	10
Muy alejado	La probabilidad muy alejada de que el control de diseño detecte una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	9
Alejado	La probabilidad alejada de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	8
Muy bajo	La probabilidad muy baja de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	7
Bajo	La probabilidad baja de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	6
Moderado	La probabilidad moderada de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	5
Moderadamente Alto	La probabilidad moderada alta de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	4
Alto	La alta probabilidad de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	3
Muy Alto	La probabilidad muy alta de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	2
Casi Seguro	El control de diseño detectará casi ciertamente una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	1

Fuente: consultoría y servicios para optimizar tu gestión - CMMS

Variable dependiente: Incremento de eficiencia

Dimensiones de incremento de eficiencia

Confiabilidad

Es la probabilidad que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes, está determinada a partir de la información del registro de paros, ésta se determina para un período de tiempo, el cual puede ser semanal, mensual, anual, etcétera, y bajo el contexto operacional en el cual opera el activo o el sistema (Álvarez, 2017).

Representada por: $C(t) = (e^{-\lambda * TTP/100}) * 100\%$ Ecuación 3

Dónde:

$C(t)$ = Confiabilidad %

TTP = Tiempo total de estudio (Hrs).

λ = Tasa de fallas (Fallas/Hr).

$e = 2.303...$ (constante neperiana).

Disponibilidad

Está dado por el porcentaje del tiempo en que un equipo o sistema se encuentra listo para su funcionamiento o producción, para sistemas con operación continua, también se define como la posibilidad del activo que paso por mantenimiento funcione óptimamente o esté disponible durante un tiempo dado (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006).

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

D(t) = Disponibilidad.

MTBF = Tiempo medio entre fallas.

MTTR = Tiempo medio para reparación

Mantenibilidad

Se define como la expectativa de que un equipo o sistema sea colocado en condiciones de operación en un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento se ejecuta teniendo en cuenta procedimientos previamente establecidos (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006).

$$M(t) = 1 - (e^{-\mu \cdot T/100}) \times 100\% \dots\dots\dots \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

M(t) = Mantenibilidad.

μ = tasa de reparaciones.

T = tiempo total del estudio (Hrs).

e = 2.718281828 (constante neperiana).

Para calcular los tiempos en el mantenimiento se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- **Tiempo medio entre fallas (MTBF)**, tiempo total que funciona el activo sin fallar sobre el número total de eventos (tiempo total que funciona el activo más el tiempo que estuvo parado para reparaciones.

$$MTBF = \frac{ht}{p} \dots \dots \dots \text{Ecuación 6}$$

- **Tiempo medio para reparar (MTTR)**, tiempo que se espera por reparación para que dicho activo vuelva a funcionar satisfactoriamente.

$$MTTR = \frac{hp}{p} \dots \dots \dots \text{Ecuación 7}$$

En donde: hT: horas trabajadas o de marcha durante el período de evaluación,

p: número de paros durante el período de evaluación,

hp: horas de paro durante el período de evaluación (Tavares,2004).

- **Tasa de fallos**, que representa el número de fallas en un determinado tiempo. La determinamos por:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots \dots \dots \text{Ecuación 8}$$

En dónde: λ : tasa de fallos/horas,

MTBF: Tiempo medio entre fallos (Duffuaa,2005)

- **Tasa de reparaciones**, se calcula para medir las reparaciones por unidad de tiempo. La determinamos por:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \dots \dots \dots \text{Ecuación 9}$$

En donde: μ : tasa de reparaciones, MTTR: tiempo medio para reparar (Reyes y Ocampo, 1996)

1.8. Marco normativo

El propósito de la norma SAE JA1011, publicada en 1999, es establecer los criterios que cualquier proceso debe cumplir para ser llamado “RCM”. El documento de doce páginas, revisado en agosto de 2009, describe los requerimientos mínimos para que un proceso se considere un método en conformidad con RCM. La norma proporciona los criterios para establecer si un proceso dado sigue los credos de RCM como se propuso originalmente. También puede servir como una guía para las organizaciones que buscan capacitación, facilitación y consultoría de RCM.

La norma SAE JA1011, de AGO 2009, establece que para que un proceso sea reconocido como RCM debe seguir los siete pasos en el orden que se muestra a continuación:

- 1- Delimitar el contexto operativo, las funciones y los estándares de desempeño deseados asociados al activo (contexto operacional y funciones).
- 2- Determinar cómo un activo puede fallar en el cumplimiento de sus funciones (fallas funcionales).
- 3- Definir las causas de cada falla funcional (modos de falla).
- 4- Describir qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de falla).
- 5- Clasificar los efectos de las fallas (consecuencias de la falla).
- 6- Determinar qué se debe realizar para predecir o prevenir cada falla (tareas e intervalos de tareas).
- 7- Decidir si otras estrategias de gestión de fallas pueden ser más efectivas (cambios de una sola vez).

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada.

El diseño de investigación es pre – experimental, se efectuará la revisión de los registros de fallos de los componentes de la subestación, lo cual se realizará una sola observación de los últimos tres años, para la medición de sus parámetros actuales de mantenimiento y su capacidad de producción a fin de establecer una relación con el sistema de mantenimiento basado en la confiabilidad.

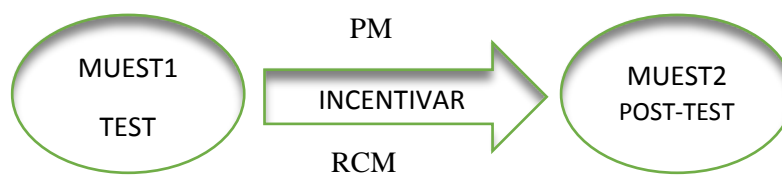


Figura 3: análisis de muestra

Fuente: Elaboración propia

Donde:

RCM: Sistema de mantenimiento basado en la confiabilidad.

PM: Análisis de muestra.

MUEST1 Y 2: Porcentaje de observaciones de incremento en la disponibilidad.

2.2. Variables y operacionalizacion

La variable es de tipo cuantitativo, por la cual se consideró sus indicadores, escala de medición, definición conceptual y definición operacional de la matriz de consistencia (ver anexo 3).

Variable independiente:

Gestión de mantenimiento.

- 1- Análisis de criticidad
- 2- Análisis modal de efectos y fallas (AMEF)
- 3- Numero de prioridad de riesgo (NPR)

Variable dependiente:

Incremento de eficiencia

- 1- Disponibilidad
- 2- Mantenibilidad
- 3- Confiabilidad

2.3. Población y Muestra

2.3.1. Población

La población para nuestra investigación será la Subestación Eléctrica de 800 KVA de la empresa Tottus S.A. – Jockey plaza – Lima.

2.3.2. Muestra

Es Para la selección de muestra, primero se definió la unidad de análisis para que el estudio fuera la subestación eléctrica de 800 KVA de la empresa Tottus S.A. – Jockey plaza – Lima, las cuales van a ser medidos y definidos; el análisis delimita la población considerando una muestra no probabilística.

En este trabajo se tomó como muestra al transformador, celdas de remonte, llegada, salida, tableros generales e informes de anteriores mantenimientos.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Una vez seleccionado el diseño de investigación apropiado y el sistema de cómo fue llevado a cabo, se procedió de acuerdo con el problema de estudio, a la etapa de recolección de datos pertinentes sobre las variables involucradas. Cada tipo de investigación determinó las técnicas a utilizar y sus herramientas, instrumentos o medios empleados, están constituidas por la información de primera mano, obtenidas directamente de la realidad, recolectándolos con sus propios instrumentos. En este sentido, las visitas a campo son fundamentales ya que dan lugar a la observación directa de los equipos y maquinas eléctricas y a la posibilidad de realizar entrevistas en el lugar donde suceden las situaciones analizadas en el estudio.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Por otro lado, los instrumentos constituyen los medios utilizados para medir el comportamiento o atributos de las variables de estudio”. Al respecto se utilizó formulario de recolección de datos, libretas de notas, revista de máquinas eléctricas de datos técnicos, planos eléctricos, planos de estructuras metálicas, informes de anteriores mantenimientos a la subestación eléctrica entre otras.

2.4.3. Técnica de Análisis e Interpretación de Datos

En síntesis, las técnicas e instrumentos señaladas anteriormente fueron necesarias para medir los objetivos directamente desde el campo

III. RESULTADOS

3.1. Determinación de los parámetros de los mantenimientos iniciales

Se determinaron los tres tipos de mantenimiento, como es la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, con el fin de analizar la seguridad de operación, facilidad y la capacidad de operación de la subestación eléctrica.

Los datos han sido recolectados de los años 2016, 2017 y 2018, como se muestra en la tabla 6

CUADRADO DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACION ELECTRICA						
items	Mes - Año	N° de dias de produccion	Dias de mantenimiento preventivo	Dias de mantenimiento correctivo	N° de paros de produccion	Dias netos de produccion
1	mar-16	180 dias	2	2	4	176
2	sep-16					
3	mar-17	180 dias	2	2	4	176
4	sep-17					
5	mar-18	180 dias	2	2	4	176
6	sep-18					

Tabla 6

Fuente: Área de mantenimiento

En la subestación eléctrica Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima, realizaban los mantenimientos preventivos y correctivos al año dos veces, según tabla 2 indicada por el área de mantenimiento

Calculo de la disponibilidad de la subestación eléctrica

Se procedió a realizar los cálculos de la disponibilidad cada 6 mes de la subestación eléctricas, obtenidos con los datos de la tabla 6

$$D(d) = \frac{\text{Días netos de producción}}{\text{N° de días de producción}} \times 100\%$$

$$D(d) = \frac{176}{180} \times 100\% = 97.7\%$$

CUADRADO DE MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACION					
items	Mes - Año	N° de días de produccion	N° de paros de produccion	Dias netos de produccion	Disponibilidad
1	mar-16	180 días	4	176	97.7%
2	sep-16				
3	mar-17	180 días	4	176	97.7%
4	sep-17				
5	mar-18	180 días	4	176	97.7%
6	sep-18				

Tabla 7

Fuente: Propia

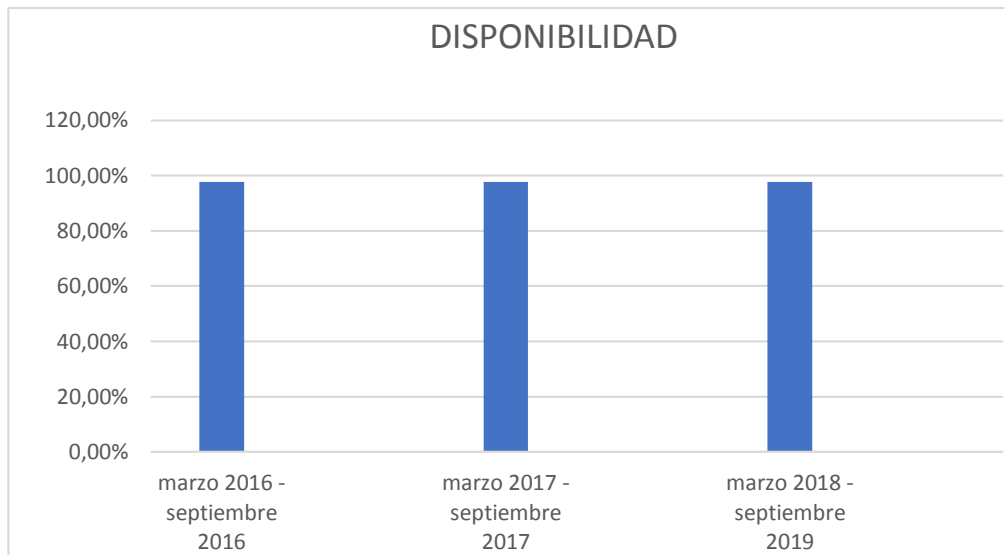


Figura 4: Diagrama de disponibilidad 2016 – 2019

Fuente: Elaboración propia

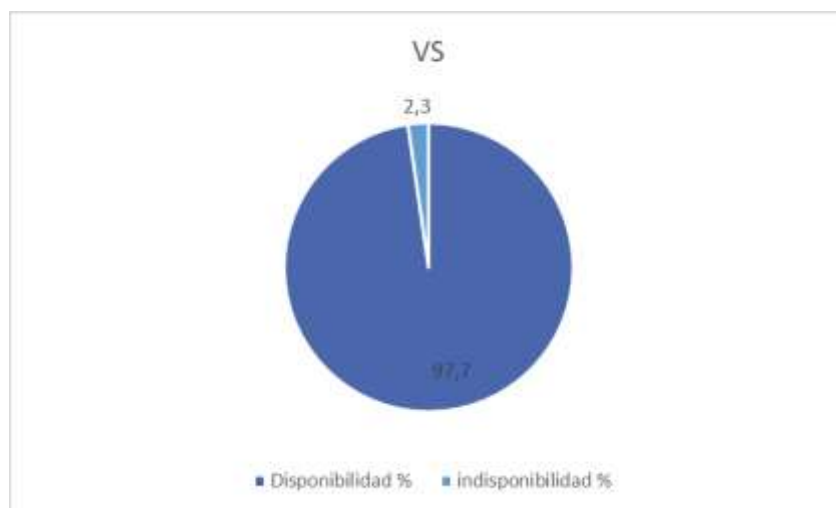


Figura 5: Diagrama de comparativo de disponibilidad vs indisponibilidad

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la indisponibilidad de la subestación eléctrica es de 2.3% de los días de producción considerados, por fallas, reparaciones y observaciones que ocasionaban pérdidas económicas y productivas.

A continuación, se procede a realizar el cálculo del tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo promedio para la reparación (MTTR) para poder hallar la confiabilidad y mantenibilidad de la subestación eléctrica en la siguiente tabla 8.

ítems	Mes - Año	Días neto de produccion	Tiempo de mantenimiento correctivo	Nº de paros de produccion	Horas de paro de produccion	MTBF	MTTR
1	mar-16	176 días	16 h	2	16 h	44	0.5
2	sep-16		16 h	2	16 h		
3	mar-17	176 días	16 h	2	16 h	44	0.5
4	sep-17		16 h	2	16 h		
5	mar-18	176 días	16 h	2	16 h	44	0.5
6	sep-18		16 h	2	16 h		

Tabla 8

Fuente: Propia

Calculo de la confiabilidad de la subestación eléctrica.

Se determinó a realizar los cálculos de la confiabilidad respecto a la subestación eléctrica con los datos de la tabla 8.

Tabla 9: Determinación de la confiabilidad de la subestación eléctrica

ítems	Mes - Año	Días neto de produccion	MTBF	$\lambda * TTP / 100$	Confiabilidad %
1	mar-16	176 días	44	0.04	96.72
2	sep-16				
3	mar-17	176 días	44	0.04	96.72
4	sep-17				
5	mar-18	176 días	44	0.04	96.72
6	sep-18				

Fuente: Elaboración propia

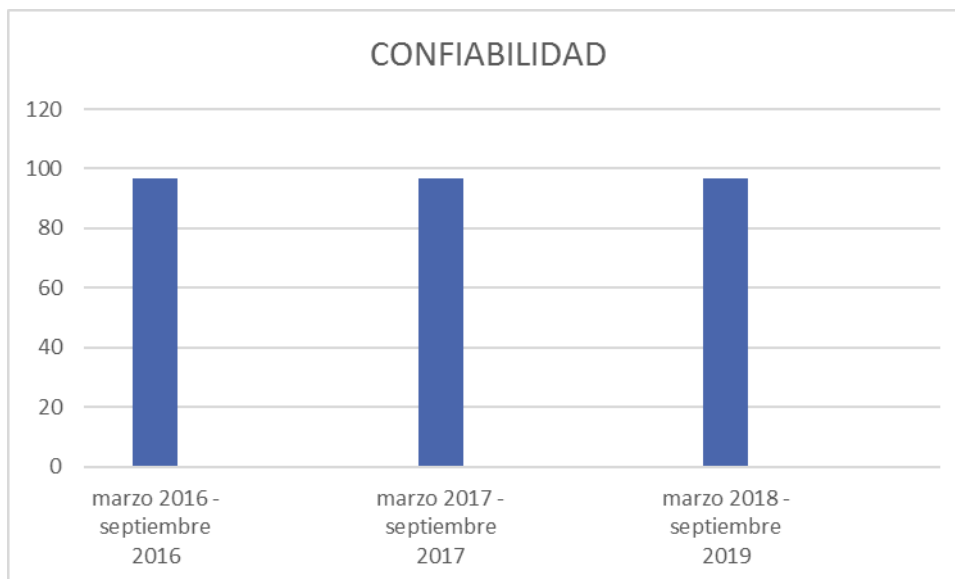


Figura 6: Diagrama de confiabilidad 2016-2019

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la mantenibilidad de la subestación eléctrica.

También conocida como la probabilidad de que una maquina presenta una falla y sea reparado en los tiempos establecidos o considerados.

Tabla 10: Determinación de mantenibilidad de la subestación eléctrica.

items	Mes - Año	Dias neto de produccion	MTTR	$\mu * TTP / 100$	Tiempo de mantenimiento correctivo	Mantenibilidad %
1	mar-16	176 dias	0.5	3.52	16 h	97.04
2	sep-16				16 h	
3	mar-17	176 dias	0.5	3.52	16 h	97.04
4	sep-17				16 h	
5	mar-18	176 dias	0.5	3.52	16 h	97.04
6	sep-18				16 h	

Fuente: Elaboración Propia

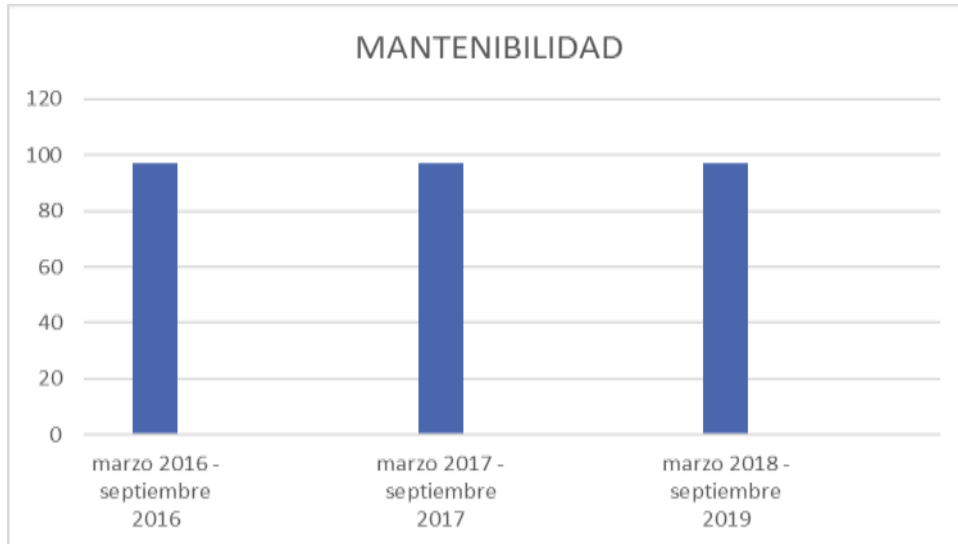


Figura 7: Diagrama de mantenibilidad 2016 – 2019

Fuente: Elaboración Propia

Procedemos a realizar un análisis de criticidad a los componentes de la subestación eléctrica de la empresa Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima, sobre el número de prioridades de riesgo, análisis de modo y efectos de fallo.

Como primer paso realizaremos un diagrama de flujo para describir la secuencia de los componentes de la subestación eléctrica, lo cual nos ayudara a mantener un orden en el análisis de criticidad de dichos componentes.

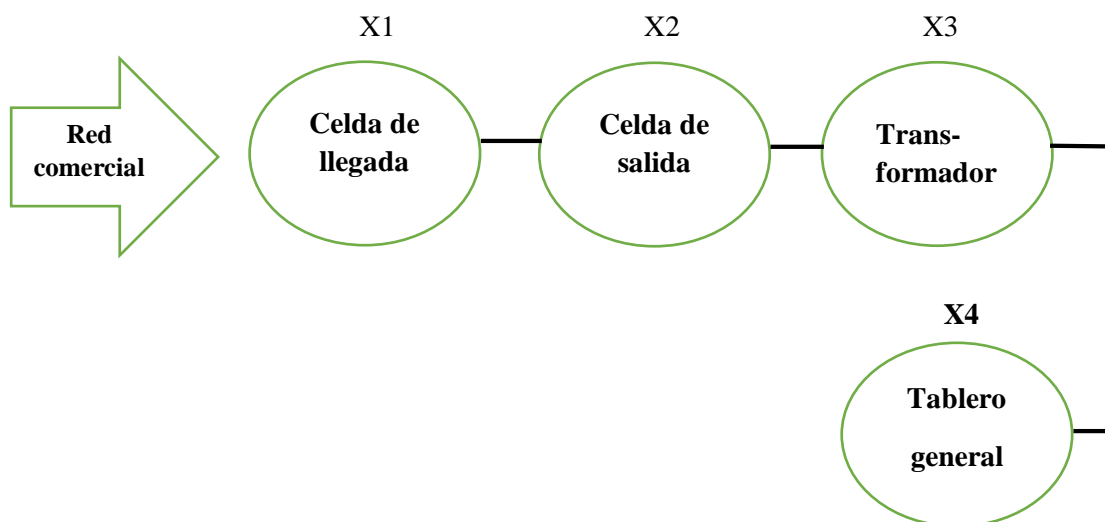


Figura 8: Distribución en serie de los componentes principales de la subestación eléctrica de Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de criticidad de los componentes de la subestación eléctrica.

A continuación, detallaremos en un cuadro resumen los análisis de criticidad de los componentes de la subestación eléctrica.

ANALISIS DE CRITICIDAD CELDA DE LLEGADA 10 KV, 60 Hz, Sarel

Nº	FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MTTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	SECCIONADOR DE POTENCIA	C	MTTO PREVENTIVO	616
2	LLAVE DE BLOQUEO	C	MTTO PREVENTIVO	380
3	AISLADORES CAPACITIVOS	C	MTTO PREVENTIVO	296
4	LAMPARAS Y SEÑALIZACION DE VOLTAJE	MD	MTTO PREVENTIVO	264
5	SOPORTE PARA TERMINAL DE CABLE	C	MTTO PREVENTIVO	428
6	BARRA PUESTA A TIERRA	C	MTTO PREVENTIVO	249

ANALISIS DE CRITICIDAD CELDA DE SALIDA 10 KV, 60 Hz, Sarel

Nº	FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MTTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	SECCIONADOR DE POTENCIA	C	MTTO PREVENTIVO	616
2	INTERRUPTOR AUTOMATICO	C	MTTO PREVENTIVO	567
3	AISLADORES CAPACITIVOS	C	MTTO PREVENTIVO	296
4	LAMPARAS Y SEÑALIZACION DE VOLTAJE	MD	MTTO PREVENTIVO	264
5	SOPORTE PARA TERMINAL DE CABLE	C	MTTO PREVENTIVO	428
6	BARRA PUESTA A TIERRA	C	MTTO PREVENTIVO	249

ANALISIS DE CRITICIDAD TRANSFORMADOR 800 KVA 10/0.23KV, 60 Hz, Dyn5

Nº	FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	PERNOS DE ANCLAJE	MD	MTTO PREVENTIVO	156
2	BOBINAS DE AT Y BT	C	MTTO PREVENTIVO	678
3	NUCLEO O LAMINADOS	C	MTTO PREVENTIVO	546
4	CABLES DE BT Y MT	C	MTTO PREVENTIVO	479
5	BARRAS DE CONEXIONADO	C	MTTO PREVENTIVO	474
6	BARRA PUESTA A TIERRA	C	MTTO PREVENTIVO	345

ANALISIS DE CRITICIDAD TABLERO GENERAL 230 V, 60 Hz

Nº	FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	PERNOS DE ANCLAJE	MD	MTTO PREVENTIVO	180
2	GABINETE	MD	MTTO PREVENTIVO	243
3	INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS	C	MTTO PREVENTIVO	366
4	CABLES ELECTRICOS	C	MTTO PREVENTIVO	573
5	BORNERAS	C	MTTO PREVENTIVO	239
6	BARRA PUESTA A TIERRA	MD	MTTO PREVENTIVO	184

Fuente: Elaboración propia

Implantar por medio del análisis de modos y efectos de fallos AMEF las fallas críticas más predominantes

En la siguiente tabla se determinará los AMEF para cada falla predominante por medio de la elaboración de la hoja de información y decisiones.

TABLA 11: HOJA DE INFORMACION DE LOS COMPONENTES DE LA SUBESTACION ELECTRICA

EQUIPO	FUNCIONES	ESTADO DE FALLA	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA
subestacion electrica de 800 KVA - Tottus S.A - Jockey Plaza - Lima	CELDA DE LLEGADA 10 KV, 60 Hz, Sarel, tiene como funcion recepcionar la energia electrica que proviene de la concesionaria electrica, y tambien para las maniobras de conexión, desconexion y proteccion, permitiendo comunicar con el embarrado del conjunto general de celdas.	Aisladores capacitivos en mal estado	Debido a la mala la colocacion, ajustes y limpieza pueden ocasionar la ruptura de los aisladores capacitivos	Puede ocasionar una energizacion de las celdas modulares provocando una falla a tierra y activando los dispositivos de proteccion
	CELDA DE SALIDA 10 KV, 60 Hz, Sarel, como principal funcion tiene la apertura y cierra de la energia electrica para poder facilitar el mantenimiento al transformador	Interruptor automatico en mal estado	Debido a las malas maniobras que no cumplen con el procedimiento de apertura y cierra, ocasionan esta posible falla o por falta de mantenimiento	No se podra realizar el mantenimiento al transformador ya que se encontrara energizado
	TRANSFORMADOR 800 KVA 10/0.23KV, 60 Hz, Dyn5	Nucleo, perdida de aislamiento	Debido a las altas temperaturas y perdidas de sus propiedades del hierro (nucleo),	esta posible falla ocasiona una descarga a tierra, activando los dispositivos de corte de energia y provocando paradas inoportunas.
	TABLERO GENERAL 230 V, 60 Hz, su funcion es distribuir la energia electrica con los dispositivos de corte y apertura adecuados.	Cables electricos, perdidas de aislamiento	Debido a los falsos contactos, mal dimensionamiento, distancia y entre otros	Puede ocasionar corte de energia electrica de un sector distribuido y hasta incendios en caso no hayan elegido el cable adecuado de acuerdo a norma

Fuente: Elaboración propia

Números de prioridad de riesgos (NPR)

Se determinan los valores de NPR para cada una de las fallas establecidas de la tabla 11.

La NPR se establece de la siguiente manera:

- $NPR \geq 200$ INACEPTABLE (I)
- $200 > NPR < 125$ REDUCCION DESEABLE (R)
- $125 > NPR$ ACEPTABLE (A)

Tabla 12: Análisis del NPR

ITEM	DESCRIPCION DE LA FALLA CRITICA	G	O	D	NPR	
1	Aisladores capacitivos en mal estado	9	4	6	216	I
2	Interruptor automatico en mal estado	9	6	5	270	I
3	Nucleo, perdida de aislamiento	9	9	3	243	I
4	Cables electricos, perdidas de aislamiento	7	6	3	126	R

Fuente: Elaboración propia

Se deduce de la tabla 11 análisis del NPR lo siguiente:

- 03 fallas críticas son indeseables 75%
- 01 falla crítica son reducción deseable 25%

Habilitar el programa de mantenimiento basado en la confiabilidad

Se realizará un check list de los indicadores para el mantenimiento anualmente.

Mantenimiento anual de las celdas de llegada 10 KV, 60 Hz, Sarel

- Revisión y limpieza de aisladores
- Ajustes de pernos de sujeción
- Limpieza de contactos fijos y móviles
- Limpieza de barras
- Pruebas de apertura y cierre
- Revisión y ajustes de conexión a tierra
- Medición de termografía
- Medición del megado de los cables eléctricos

Mantenimiento anual de las celdas de salida 10 KV, 60 Hz, Sarel

- Revisión y limpieza de aisladores
- Ajustes de pernos de sujeción
- Limpieza de contactos fijos y móviles
- Limpieza de barras
- Pruebas de apertura y cierre
- Revisión y ajustes de conexión a tierra
- Medición de termografía
- Medición del megado de los cables eléctricos

Mantenimiento anual del transformador 800 KVA 10/0.23KV, 60 Hz, Dyn5

- Revisión y limpieza de aisladores
- Ajustes de pernos de sujeción
- Limpieza de contactos fijos y móviles
- Limpieza de barras
- Revisión y ajuste de salidas de cables de MT y BT
- Revisión y ajustes de conexión a tierra
- Medición de resistencia de aislamiento
- Medición de resistencia óhmica
- Medición de termografía

Mantenimiento anual del tablero general 0.23KV, 60 Hz

- Ajustes de pernos de sujeción
- Ajuste de las llaves termomagnéticas
- Limpieza de contactos fijos
- Limpieza de barras
- Revisión y ajuste de salidas de cables de BT
- Revisión y ajustes de conexión a tierra
- Medición de resistencia de aislamiento
- Medición de termografía
- Medición de los parámetros eléctricos, voltaje y corriente

Nuevos parámetros del mantenimiento R.C.M.

Como se ha proyectado un mantenimiento RCM anualmente de acuerdo con los resultados de la NPR, se presenta a continuación los nuevos indicadores post mejora para la eficiencia de la subestación eléctrica para tener un mantenimiento confiable y ahorro en costos.

Tabla 13: indicadores de post mejora

ítem	año	Nº de días de producción	Días de mantenimiento preventivo	Días de mantenimiento o correctivo	Nº de paros de producción	Días netos de producción	Disponibilidad %	Confiabilidad %	Mantenibilidad %	MTBF	MTTR
1	una sola vez al año	365 días	1	1	2	363	99,45	98,36	99,9	182,5	0,5

Fuente: Elaboración propia

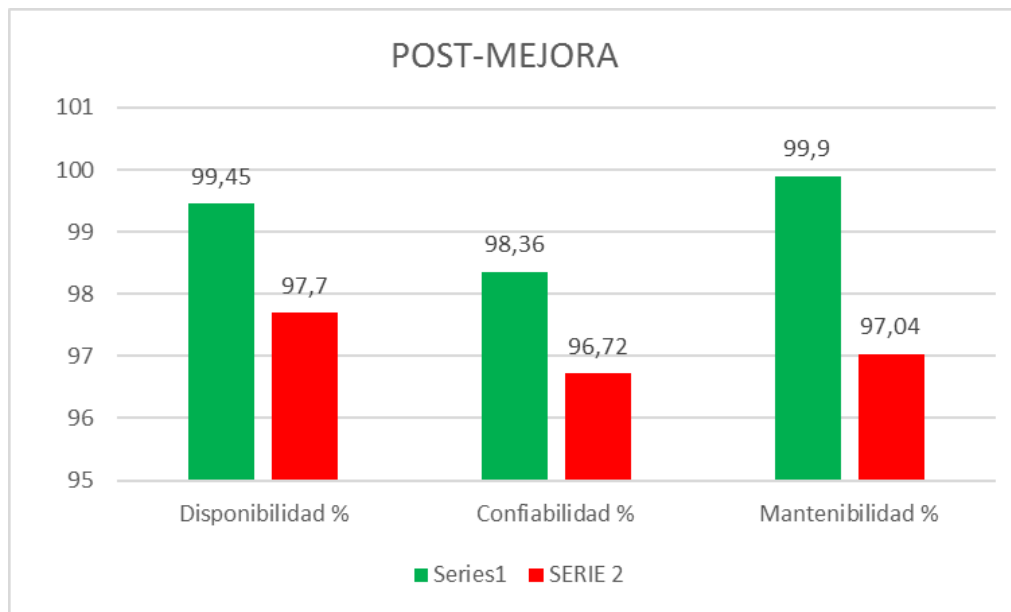


Figura 9: Diagrama de post – mejora

Fuente: Elaboración propia

Utilizando las formulas de la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se obtuvo lo siguiente:

Disponibilidad = 99.45 %

Confiabilidad = 98.36%

Mantenibilidad = 99.9 %

Por lo tanto, la indisponibilidad de la subestación eléctrica es de 0.55%, mejorando así la eficiencia, el mantenimiento y una correcta inspección de dicha subestación eléctrica, evitando perdidas económicas y paradas indeseadas.

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo con el objetivo general, elaborar una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA para mejorar la eficiencia de su sistema eléctrico – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima. Se obtuvo que al analizar las fallas funcionales y realizar el mantenimiento, según los datos obtenidos se mejora la eficiencia de la subestación eléctrica, beneficiando para la empresa privada, ya que evita paradas indeseadas, perdidas en costos y control de los mantenimientos realizados por los proveedores, ya que el encargado del área de mantenimiento no maneja ningún sistema o gestión de mantenimiento, solo se guía en los informes de los proveedores.

Con respecto al objetivo 1, determinar el reporte actual del mantenimiento de la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima, se procedió a pedir información al área correspondiente lo cual solo contaba con los informes de sus proveedores, por diversos motivos, no tenían conocimiento de que es importante manejar un sistema de gestión de mantenimiento y por medio de esta investigación pretendemos apoyar al área correspondiente a tener una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad y a la vez hacer más eficiente su sistema eléctrico.

Los hallazgos mencionados anteriormente., coinciden con la investigación de Villanueva, J. (2017) con la tesis “Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del sub sistema de distribución eléctrico 22.9/13.2 kv de san gabán – Ollachea”. Universidad Del Altiplano – Puno, ya que implementan un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad utilizando la metodología del análisis de criticidad y fallas funcionales, aplicando a su subsistema eléctrico.

Con respecto al objetivo específico 2, especificar las fallas funcionales de los sistemas y subsistemas que forman parte de la subestación eléctrica sujeta a esta investigación, se especificó

las fallas funcionales principales de los componentes de la subestación eléctrica, logrando para ello, un análisis de criticidad y NPR más completo y poder realizar una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para aplicarlo en la subestación eléctrica.

Por lo tanto, coinciden con los hallazgos del estudio de Reaño, L. (2019) con la tesis “Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad en una empresa reprocesadora de subproductos de arroz para minimizar el número de averías” Universidad Tecnológica del Perú, ya que uno de los objetivos es minimizar los gastos o paradas indeseadas que pudieran afectar a la economía de la empresa, por ello en la presente investigación indicamos que es factible el mantenimiento anual para ahorrar costos de mantenimiento y producción.

Con respecto al objetivo específico 3, aplicar el procedimiento del mantenimiento basado en la confiabilidad en la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima, beneficia a la empresa y al área correspondiente ya que no contaba con dicha gestión y podrá fiscalizar los trabajos de mantenimiento de los proveedores basándose en la metodología de esta investigación.

V. CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

PRIMERO: En esta tesis se elaboró una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA para mejorar la calidad de energía en su sistema eléctrico – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima, ya que implementaban solo el programa tradicional de mantenimiento preventivo y correctivo; también se le designo un programa de mantenimiento anual.

SEGUNDO: Se precisó el tipo de subestación eléctrica utilizada, en la cual se determinó que es una subestación de distribución tipo convencional en caseta en la que se ha previsto pasadizos, espacios de trabajo en una construcción apropiada, por la cual facilita los trabajos de mantenimiento hacia la subestación eléctrica.

TERCERO: Se especificó las fallas funcionales de los componentes que forman parte de la subestación eléctrica sujeta a esta investigación que se corroboraron con los informes técnico de los contratistas al realizar el RCM; en total se encontraron 4 fallas funcionales principales también eran las causantes del fallo de los equipos en los subsistemas eléctricos afectando a la productividad y eficiencia de la empresa, reflejándose en costos.

CUARTO: En cuanto a la hipótesis específica 3, existe relación significativa entre incremento de reclamos por excesiva facturación y seguridad del servicio en pandemia Covid-19 a los clientes menores de Electro Sur Este S.A.A. - Sede Apurímac-Abancay en los años 2019-2021, obtuvo como resultado una correlación de $-0,017$ y una sig de $0,380 > 0.05$, por ello, no existe una relación significativa entre ambas. En tal sentido, se acepta la hipótesis nula.

QUINTO: Se estudió las causas, efectos y el nivel de criticidad de cada una de las fallas identificadas y se procedieron a establecer las tareas de mantenimiento y periodicidad por cada modo de falla principal, dando como resultado que el 42% de las actividades son preventivas, 33% predictivas, 23% actividades proactivas. Al determinar estas actividades se desea mitigar el número de averías de los equipos y componentes críticos, lo cual deviene en el mejoramiento del tiempo indicador promedio entre las fallas teóricamente.

SEXTO: La importancia de realizar un plan de mantenimiento estructurado bajo los principios del RCM permite enfocarse en las posibles fallas de los activos críticos para asignar los recursos necesarios para mantener sus funciones al nivel de rendimiento deseado por la empresa.

SEPTIMO: Se establecieron procedimientos de mantención y operación del equipamiento crítico de la SS.EE requeridos para el entrenamiento y enseñanza del personal asignado a la programación. Durante el desarrollo del análisis se debe tener en cuenta la participación de personal con mayores años de experiencia en todas las disciplinas involucradas y no solamente de mantenimiento, personal con conocimientos de las disciplinas de análisis de riesgos, ambiente, procesos y confiabilidad, entre otras especialidades.

5.2. Recomendaciones

PRIMERO: Se recomienda aplicar la metodología del mantenimiento basado en la confiabilidad a los diferentes subsistemas eléctricos de dicha empresa, a fin de obtener un plan integral en conjunto.

SEGUNDO: Elaborar un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo cada 6 meses con el fin de mejorar la continuidad de la eficiencia productiva de la empresa y no tener paradas inoportunas.

TERCERO: Implementar un sistema automatizado de registro, control y seguimiento de los reclamos, también, fortalecer los canales de comunicación entre las partes interesadas.

CUARTO: Complementar el plan de mantenimiento actual con nuevos procedimientos de las actividades necesarias de las pruebas descritas, protocolos de campo estandarizados y manuales de operación.

QUINTO: Utilizar software, por ejemplo SAP, CMMS, HxGN EAM y entre otros para llevar un mejor control de las fallas funcionales y modos de falla.

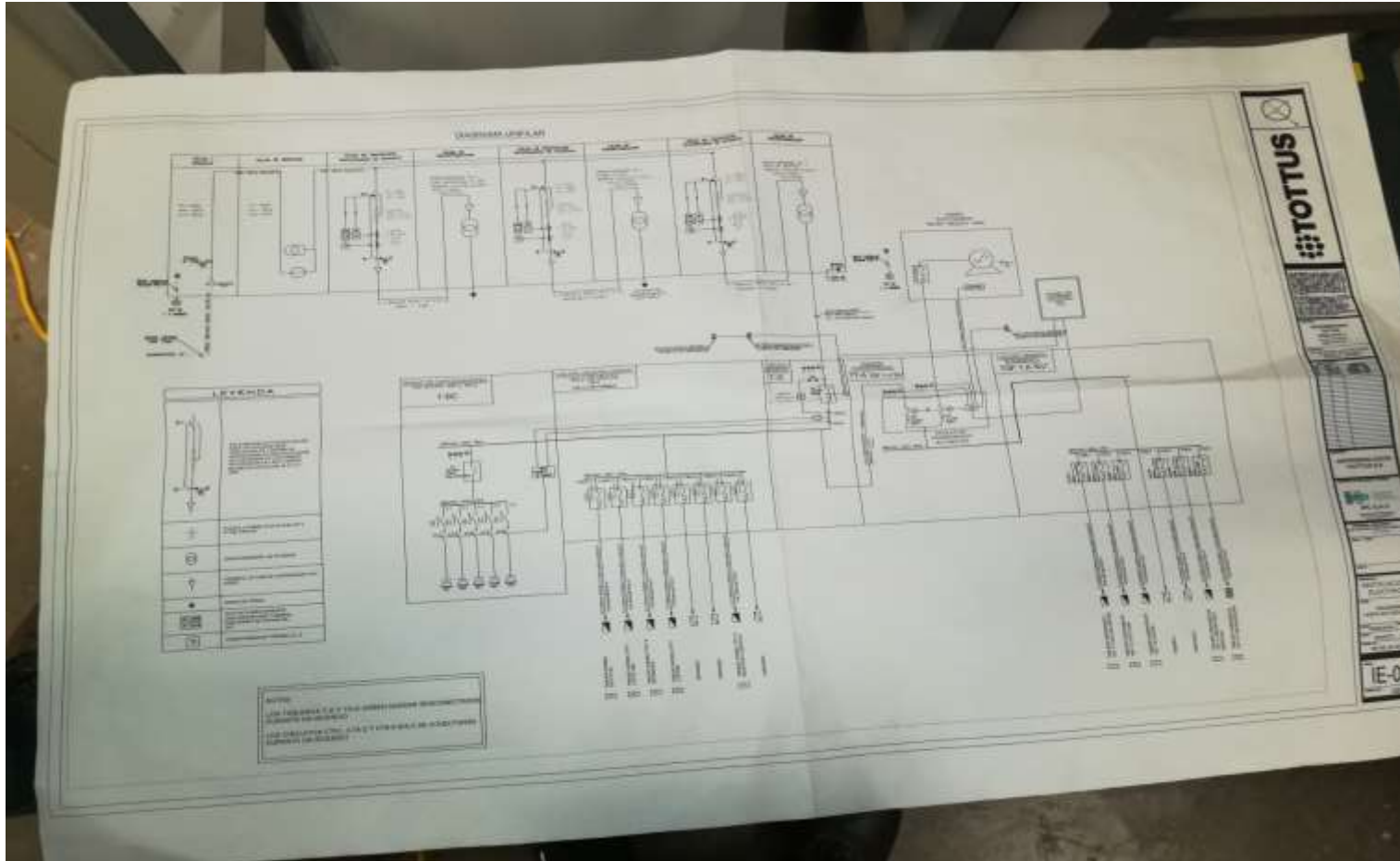
SEXTO: Preparar al personal operario y supervisores asociados al flujo de instauración del plan de mantenimiento, proporcionando teoría acerca de la metodología y secuencias del Reliability Centred Maintenance a fin de lograr mayor conocimiento en común, avalado por la mejora continua. Permitiendo cambios objetivos puedan suscitarse en la presente investigación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELEN, MARIA. 2008. APLICACIÓN DEL ANALISIS PARA UNA GÉSTION DE MANTENIMIENTO. ESPAÑA: UNIVERSIDAD DE MURCIA, 2008.
- BERNARDO, MANUEL. 2010. MANTENIMIENTO ENFOCADO EN LA PRODUCCION. BOGOTA: GRUPO ALIAGA, 2010.
- BOHÓRQUEZ, GEORGE. 2012. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA LAS FACILIDADES DEL PROCESO. BUCARAMANGA: GRUPO RIVERA, 2012.
- CACERES, BRANDO. 2004. COMO INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD MEDIANTE ESTRATEGIAS. BOGOTA: ACIEM, 2004.
- CRESPO, ANDRES. 2012. INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y FIABILIDAD EN LA GESTIÓN DE UN ACTIVO. SEVILLA: INGEITAN, 2012.
- ESPINOZA, CIRO. 2010. METODOLOGIA DE INVESTIGACION TECNOLOGICA. PERU: IMAGEN GRAFICA S.A.C, 2010.
- GONZALES, JUAN. 2005. GESTION Y LOGISTICA DEL MANTENIMIENTO. SAN VICENTE: CLUB GAMA, 2005. —. 2005. GESTIÓN Y LOGÍSTICA DEL MANTENIMIENTO.
- SAN VICENTE: CLUB GAMA, 2005. MASTER, DANIEL. 2002. TIMESAVING IMPLEMENTATION PROCESS. NEW YORK: KLARON S.A, 2002.
- CONSULTORÍA Y SERVICIOS PARA OPTIMIZAR TU GESTIÓN – CMMS, EL NÚMERO DE PRIORIDADES DE RIESGO O NPR, JULIO 2021, [HTTPS://CMMS.PE/QUE-ES-EL-NUMERO-DE-PRIORIDAD-DEL-RIESGO-2](https://cmms.pe/que-es-el-numero-de-prioridad-del-riesgo-2)
- ORTIZ, ALEXIS. 2013. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN PYMES INDUSTRIALES – REVISTA. [HTTPS://WWW.REDALYC.ORG/PDF/290/29026161004.PDF](https://www.redalyc.org/pdf/290/29026161004.pdf)
- MORAN, EDUARDO. 2023. DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA FLOTA DE CONCRETOS
- CONSCIOUS RELIABILITY. 2023. NORMA SAE JA1011 – CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA PROCESOS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) – BLOG - [HTTPS://CONSCIOUSRELIABILITY.COM/NORMA-SAE-JA1011-CRITERIOS-DE-EVALUACION-PARA-PROCESOS-DE-MANTENIMIENTO-CENTRADO-EN-CONFIABILIDAD-RCM/](https://consciousreliability.com/norma-sae-ja1011-criterios-de-evaluacion-para-procesos-de-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm/)

VII. ANEXOS

Anexo 1. Diagrama unifilar de la subestación eléctrica Tottus. S.A. – Jockey Plaza - Lima



Anexo 2. Fotos del informe del proveedor que realizaba los mantenimientos







Anexo 3. Matriz de consistencia

GESTION DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD DE LA SUBESTACION ELECTRICA DE 800KVA DE LA EMPRESA	Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología	Población y muestra	Técnicas e instrumentos
	¿Cómo elaborar una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA para mejorar su eficiencia de su sistema eléctrico – Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima?	Elaborar una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA para mejorar la eficiencia de su sistema eléctrico – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.	Si se elabora una gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA para mejorar la eficiencia de su sistema eléctrico – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.	Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad	Análisis de criticidad	Matriz de criticidad	Tipo de estudio Es aplicada	La población para nuestra investigación será la Subestación Eléctrica de 800 KVA de la empresa Tottus S.A. – Jockey plaza – Lima	Técnicas Experimental Observativa Demostrativa Instrumentos Bibliográfica Resumen
			Análisis del modo y efecto de la falla potencial (AMEF)		Fallo potencial	Nivel de estudio Es de nivel pre-experimental			
			Numero de prioridad de riesgo (NPR)		Gravedad, ocurrencia y detección				

	Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos		Dimensiones	Indicadores			
	PE1 ¿Cuál es el reporte actual del mantenimiento de la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima?	Determinar el reporte actual del mantenimiento de la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.	Existe los reportes actuales del mantenimiento de la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza – Lima.	Eficiencia	confiabilidad	Tiempo medio entre fallas			
	PE2 ¿Cómo especificar las fallas funcionales de los sistemas y subsistemas que forman parte de la subestación	Especificar las fallas funcionales de los sistemas y subsistemas que forman parte de la subestación eléctrica sujeta a	Se especifica las fallas funcionales de los sistemas y subsistemas que forman parte de la subestación eléctrica sujeta a						

	eléctrica sujeta a esta investigación?	esta investigación.	esta investigación.					
	PE3 ¿Cómo estudiar las causas, efectos y el nivel de criticidad de cada una de las fallas identificadas?	Estudiar las causas, efectos y el nivel de criticidad de cada una de las fallas identificadas	Se estudia las causas, efectos y el nivel de criticidad de cada una de las fallas identificadas.		Disponibilidad	Tiempo medio para reparar		

	PE4 ¿Cómo aplicar el procedimiento del mantenimiento basado en la confiabilidad en la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima?	Aplicar el procedimiento del mantenimiento basado en la confiabilidad en la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima.	Se aplica el procedimiento del mantenimiento basado en la confiabilidad en la subestación eléctrica – Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima		Mantenibilidad	Tasa de fallos			
--	--	--	---	--	-----------------------	-----------------------	--	--	--

Anexo 4. Carta de presentación

CARTA DE PRESENTACION

Señor:

Jefe zonal de mantenimiento

Tottus S.A

Presente:

Asunto: Validación de instrumento

De mi agrado le saludo cordialmente para hacer de su conocimiento que, siendo actualmente bachiller de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, requiero validar el instrumento por lo cual se recogerá las informaciones para desarrollar mi investigación de tesis y optar mi título profesional

El título de la investigación es "**Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de la subestación eléctrica de 800 KVA de la empresa Tottus S.A. – Jockey Plaza - Lima**", siendo indispensable la aprobación del área de mantenimiento para aplicar el instrumento de recopilación de datos; acudo a usted ante su amplia experiencia en este tema.

Me despido ante usted y agradecer por la atención y apoyo a la presente.

Adjunto:

- Matriz de consistencia
- Certificado de validez de instrumento

Atentamente



BACH. LUIS ANGEL FLORES PALOMINO
TESISTA

Anexo 5. Certificado de validación de instrumento

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Cantidad ³		
	Si	No	Si	No	Si	No	
1	x		x		x		
2	x		x		x		
3	x		x		x		
4	x		x		x		
5	x		x		x		
6	x		x		x		
7	x		x		x		
8	x		x		x		
9	x		x		x		
Aspectos generales					SI	NO	
Los instrumentos contiene instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.					x		
Los ítems permiten lograr información de data importante para la investigación.					x		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems.					x		
VALIDEZ							
APLICABLE					x	NO APLICABLE	
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹ Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones

² Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables

³ No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

Apellidos y nombres: *COTOS Barreto Johan*
 Profesión: *ingeniero técnico electricista*
 Especialidad: *mantenimiento*



Firma del experto.
C.I.P266331