



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Optimización del sistema eléctrico del Hospital
Regional de Lambayeque mediante el mantenimiento
basado en condición (CBM) periodo - 2023”**

Autor:

Bach. Pérez Pérez, Jorge Luis

Asesor:

M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Jony

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 08/05/2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Optimización del sistema eléctrico del Hospital
Regional de Lambayeque mediante el mantenimiento
basado en condición (CBM) periodo - 2023”**

Autor:

Bach. Pérez Pérez, Jorge Luis

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE	: Dr. Ing. Oscar Méndez Cruz
SECRETARIO	: M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo
MIEMBRO	: M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra
ASESOR	: M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2026**



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TITULO:

**“Optimización del sistema eléctrico del Hospital
Regional de Lambayeque mediante el
mantenimiento basado en condición (CBM)
periodo - 2023”**

CONTENIDOS

CAPITULO I	: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.
CAPITULO II	: MARCO TEÓRICO.
CAPITULO III	: MARCO METODOLÓGICO.
CAPITULO IV	: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.
CAPITULO V	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Bach. Pérez Pérez, Jorge Luis

Dr. Ing. Oscar Méndez Cruz
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo
SECRETARIO

M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra
VOCAL

M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
ASESOR

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2026**

ACTA DE SUTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACION N°0157-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día viernes 08 de mayo 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°065-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 30 de abril 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|---|------------|
| • Dr. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ | PRESIDENTE |
| • M.Sc. Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO | SECRETARIO |
| • M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA | MIEMBRO |
| • M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:

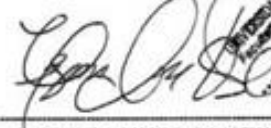
"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE MEDIANTE EL MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM) PERIODO - 2023"

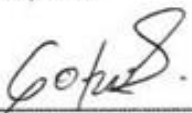
Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: PEREZ PEREZ JORGE LUIS.

Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (15) en la escala vigesimal, mención Regular. Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:10 am del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando el presente acta el jurado respectivo:


Dr. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
PRESIDENTE


M.Sc. Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO
SECRETARIO


M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA
MIEMBRO


M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
ASESOR

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Lambayeque, 10 de octubre de 2025.

Señor:

DR. ING. JAMES SKINNER CELADA PADILLA

Director de la Unidad de Investigación - FIME

Asunto: Conformidad de Elaboración de Tesis

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente, y a su vez hacerle de conocimiento que, a la fecha, quien suscribe la presente es el ASESOR de la Tesis elaborada por el Bach. **PÉREZ PÉREZ, JORGE LUIS**, con la Tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE MEDIANTE EL MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM) PERIODO - 2023".

En ese sentido, después de haber revisado dicho Trabajo y someterlo a revisión en el software Turnitin, este arroja 19 % de duplicidad (menor de 20 %), por lo tanto, procedo a dar **CONFORMIDAD**, quedando el Bach. **PÉREZ PÉREZ, JORGE LUIS**, **APTO** para sustentar recientemente, en la hora y fecha que se designe bajo tan bien designar.

Además, se adjunta el reporte digital de Turnitin en formato PDF (146|páginas).

Agradecido por su atención al presente, hago propicia la oportunidad para reiterarle mi mayor consideración.

Atentamente,


M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
DNI: 16699530

REPORTE DEL TURNITIN

Optimización del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo - 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

10%

2

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

4%

3

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.usmp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

1library.co

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Stella Maris College

Trabajo del estudiante

<1%

8

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Trabajo del estudiante

<1%


M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
DNI 16699530
Docente Asociado
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jorge Luis Pérez Pérez
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Optimización del sistema eléctrico del Hospital Regional de La...
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_10.10.25.docx
Tamaño del archivo: 9.84M
Total páginas: 138
Total de palabras: 22,744
Total de caracteres: 126,436
Fecha de entrega: 10-oct-2025 10:50a.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2777094595



UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Optimización del sistema eléctrico del Hospital
Regional de Lambayeque mediante el mantenimiento
basado en condición (CBM) periodo - 2023"

Autor:

Bach. Pérez Pérez, Jorge Luis

Asesor:

M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Jony

LAMBAYEQUE – PERÚ

2025

M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
DNI 16699530
Docente Asociado
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, a mis hermanos y especialmente a mi padre **Lidoberto Pérez Cabrera**, por ser un hombre luchador y con valores de honorabilidad, que a pesar de todos los golpes de la vida nunca se rindió y salió adelante junto a sus hijos, inculcando siempre el respeto por el prójimo y a nunca desfallecer por más que las circunstancias sean adversas. Es por ello que te dedico mi tesis amado padre.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar toda mi gratitud a las personas que directa o indirectamente contribuyeron a la obtención de esta tesis.

Agradecer a mi asesor, el ING. JONY VILLALOBOS CABRERA, por su paciencia y por brindarme las herramientas necesarias para superar los obstáculos presentados a lo largo de esta investigación.

A mi familia, que siempre estuvieron presentes para brindarme su apoyo incondicional, motivándome en todo momento para que este objetivo sea alcanzado con éxito.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo optimizar el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque mediante la aplicación del mantenimiento basado en condición (CBM), durante el periodo 2023. El estudio fue de tipo aplicado, con diseño no experimental, y consideró como población el sistema eléctrico del hospital, conformado por tableros de distribución, sistema de puesta a tierra, cargas eléctricas, equipos de respaldo y componentes asociados a la continuidad del servicio hospitalario. El diagnóstico permitió identificar que los problemas no se limitan a una falta general de mantenimiento, sino que se presentan por tablero y nivel de criticidad: el tablero general registra la mayor concentración de carga, con 600 A y 224,4 kW; los tableros de 100 A alcanzan 22,0 kW; los de 60 A, 13,2 kW; los de 40 A, 8,8 kW; y los de 30 A, 6,6 kW, evidenciándose necesidad de balance de cargas, termografía, reapriete, limpieza, rotulado, verificación de protecciones y control periódico de demanda. Asimismo, el análisis de calidad de energía registró tensiones fase-fase entre 222 V y 236 V, frecuencia estable de 60 Hz $\pm$ 1 %, potencia aparente máxima de 62 kVA y ausencia de picos armónicos críticos; sin embargo, la puesta a tierra presentó valores de 5,60 Ω , 5,45 Ω y 5,35 Ω , superiores al criterio de 5 Ω , por lo que requiere corrección. Se identificaron cargas variables, como climatización, bombas, ascensores y lavandería, y cargas sensibles, como equipos médicos, UPS, quirófanos, UCI, iluminación de emergencia y sistemas de soporte vital. Finalmente, se propuso un plan CBM priorizado, técnica y económicamente viable, con una inversión de S/ 38 000, TIR de 45 % y recuperación aproximada de un año y nueve meses.

Palabras clave: sistema eléctrico, mantenimiento basado en condición, calidad de energía, criticidad, hospital.

ABSTRACT

This research aimed to optimize the electrical system of the Lambayeque Regional Hospital through the application of condition-based maintenance (CBM) during the 2023 period. The study was applied in nature, with a non-experimental design, and considered the hospital electrical system as the population, including distribution boards, grounding system, electrical loads, backup equipment, and components associated with hospital service continuity. The diagnosis showed that the problems are not limited to a general lack of maintenance, but occur by board and criticality level: the main distribution board records the highest load concentration, with 600 A and 224.4 kW; the 100 A boards reach 22.0 kW; the 60 A board, 13.2 kW; the 40 A boards, 8.8 kW; and the 30 A boards, 6.6 kW. These results show the need for load balancing, thermography, retightening, cleaning, labeling, protection verification, and periodic demand control. In addition, the power quality analysis recorded phase-to-phase voltages between 222 V and 236 V, stable frequency of 60 Hz $\pm$ 1 %, maximum apparent power of 62 kVA, and no critical harmonic peaks; however, the grounding system presented values of 5.60 Ω , 5.45 Ω , and 5.35 Ω , exceeding the 5 Ω criterion and therefore requiring correction. Variable loads were identified, such as air conditioning, pumps, elevators, and laundry equipment, as well as sensitive loads, such as medical equipment, UPS, operating rooms, ICU, emergency lighting, and life-support systems. Finally, a prioritized CBM plan was proposed, technically and economically feasible, with an investment of S/ 38,000, an IRR of 45 %, and an estimated payback period of one year and nine months.

Keywords: electrical system, condition-based maintenance, power quality, criticality, hospital.

ÍNDICE

ACTA DE SUTENTACIÓN	4
CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD	5
REPORTE DEL TURNITIN	6
DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTO.....	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
ÍNDICE	12
ÍNDICE DE TABLAS	14
ÍNDICE DE FIGURAS	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.1. Realidad Problemática	18
1.2. Formulación del Problema.....	22
1.3. Hipótesis.....	23
1.4. Ámbito de la Investigación.....	23
1.5. Delimitación de la Investigación	23
1.6. Justificación e Importancia del estudio	23
1.7. Limitaciones de la Investigación	24
1.8. Objetivos de estudio	24
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	26
2.1. Antecedentes de Estudios.....	26
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado.....	36
2.2.1. Definición de Términos.....	36
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	45
3.1. Tipo y diseño de investigación	45
3.2. Población y muestra.....	46
3.3. Técnicas de muestreo	47
3.4. Hipótesis.....	47
3.5. Variables - Operacionalización	48
3.6. Métodos y Técnicas de investigación	50
3.7. Descripción de los instrumentos utilizados.....	51

3.8. Análisis Estadístico e interpretación de los datos.....	52
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	53
4.1. Diagnóstico del estado actual del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque, identificando debilidades y puntos críticos.....	53
4.2. Análisis de la data obtenida con el equipo de analizador de redes y determinar los parámetros de la calidad de energía en el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque.....	76
4.3. Propuesta de un plan de mantenimiento basado en condición (CBM) y optimización del sistema eléctrico para minimizar los costos energéticos, costos de mantenimiento del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque	96
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
5.1. Conclusiones	125
5.2. Recomendaciones.....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
ANEXOS	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	49
Tabla 2: Detalle de las luminarias instaladas en el Hospital Regional de Lambayeque.....	57
Tabla 3: Cuadro comparativo de eficiencia energética de luminarias.....	59
Tabla 4: Cargas instaladas en el Hospital Regional de Lambayeque	61
Tabla 5: Tableros de distribución de Hospital Regional de Lambayeque - I máx. 71	
Tabla 6: Problemas identificados por tablero y sistema.....	72
Tabla 7: Medición de puesta a tierra.....	94
Tabla 8: Criticidad de los principales componentes del Sistema Eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque.....	99
Tabla 9: Plan de Mantenimiento basado en condiciones CBM.....	100
Tabla 10: Esquema general de actividades de mantenimiento de sistemas eléctricos	103
Tabla 11: Medición para determinar la correlación de los armónicos de la U y I en fase	107
Tabla 12: Coeficiente de correlación de Karl Pearson.....	110
Tabla 13: Identificación y evaluación de instalaciones eléctricas del Hospital Regional de Lambayeque	114
Tabla 14: Sustento de los valores de la tabla anterior	116
Tabla 15: Cuadro de frecuencia de mantenimiento para la prueba de T Student	117
Tabla 16: Costos de mantenimiento del sistema electico	119
Tabla 17: Sustento del Precio unitario	120
Tabla 18: Cuadro de análisis del VAN y TIR.....	120
Tabla 19: Valores Registrados.....	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa conceptual de la Estructura del sistema de Gestión.....	44
Figura 2: Ubicación del Hospital Regional de Lambayeque	53
Figura 3: Evidencia de las luminarias instaladas en el Hospital Regional de Lambayeque.....	59
Figura 4: Gráfica de las tensiones de fase 1-2, 2-3, 3-1.....	77
Figura 5: Gráfica de las corrientes de fase (Promedio)	79
Figura 6: Frecuencia (Promedio).....	80
Figura 7: Gráfica de potencia activa.....	81
Figura 8: Gráfica de potencia reactiva inductiva.....	82
Figura 9: Gráfica de potencia reactiva capacitiva.....	82
Figura 10: Gráfica de potencia aparente (promedio)	83
Figura 12: Gráfica de potencia aparente (máxima)	83
Figura 12: Gráfico del factor de potencia inductivo y capacitivo.....	84
Figura 13: Armónico de tensión de tercer grado en las 3 fases	85
Figura 14: Armónico de tensión de quinto grado en las 3 fases.....	86
Figura 15: Armónico de tensión de séptimo grado en las 3 fases	87
Figura 16: Armónico de tensión de segundo grado en las 3 fases.....	88
Figura 17: Armónico de tensión de cuarto grado en las 3 fases.....	89
Figura 18: Armónico de tensión de sexto grado en las 3 fases	90
Figura 19: Armónico de tensión de octavo grado en las 3 fases	91
Figura 20: Armónicos de corriente (Promedio).....	92
Figura 4: Telurómetro utilizado en la medición.....	94
Figura 22: Gráfico de armónicos de la tensión y corrientes	108

INTRODUCCIÓN

La provisión de energía eléctrica en un hospital es de suma importancia, ya que es esencial para asegurar tanto la seguridad del paciente como la efectividad en la prestación de servicios de salud.

En el primer capítulo del documento, se lleva a cabo una profunda discusión sobre el problema que se necesita resolver relacionado con el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque. Este sistema presenta una gran cantidad de fallas, y la mayoría de dichas fallas se deben a la falta de mantenimiento adecuado. Esta situación es consecuencia del desgaste de la infraestructura existente, así como de la elaboración deficiente de los planes de mantenimiento, y también se ve agravada por el uso de equipos que ya han quedado obsoletos, entre otros factores que contribuyen a esta problemática. Como consecuencia de este proceso, se lleva a cabo la formulación del objetivo general, así como la elaboración de una serie de objetivos específicos que se consideran necesarios para alcanzar dicho objetivo general de manera efectiva.

En el segundo capítulo de este trabajo de investigación, se presentan los antecedentes relevantes, que comprenden una serie de estudios llevados a cabo previamente sobre el tema en cuestión. Estos estudios sirven como base y apoyo para la alternativa de solución que se propone en esta tesis. De igual manera, se expone de forma detallada la teoría que guarda relación con el tema central de la investigación que se está llevando a cabo.

En el tercer capítulo se detalla de manera minuciosa el procedimiento mediante el cual se llevará a cabo la recopilación de datos, así como el tratamiento posterior de la información obtenida. Además, se describen específicamente las diversas

herramientas y recursos que serán empleados a lo largo de este proceso.

En el cuarto capítulo de este informe, se exponen detalladamente los resultados que se han logrado hasta este momento. Además, se incluye una cuidadosa selección de los equipos utilizados para el proyecto. También se realiza un exhaustivo cálculo del costo asociado al sistema que ha sido planificado. Por último, se lleva a cabo una evaluación minuciosa de varios indicadores financieros relevantes que ayudarán a comprender mejor la viabilidad económica del proyecto.

Las conclusiones alcanzadas, así como las recomendaciones pertinentes, se presentan de manera detallada en el quinto capítulo del documento.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

La provisión de energía eléctrica en un entorno hospitalario es de suma importancia, ya que es vital para asegurar tanto la seguridad de los pacientes como la efectividad en la atención médica que se les brinda. La electricidad actúa como el motor fundamental que proporciona energía y funcionamiento a una amplia variedad de equipos médicos, abarcando desde monitores que vigilan las constantes vitales de los pacientes y respiradores que ayudan en la ventilación, hasta sistemas de iluminación que garantizan la visibilidad adecuada en entornos médicos y sistemas de climatización que mantienen un ambiente confortable y seguro para pacientes y personal médico. (ETKHO, 2024)

La cuestión relacionada con el suministro de electricidad en hospitales en todo el mundo, y que se agrava especialmente por la insuficiencia en el mantenimiento adecuado de los sistemas eléctricos, tiene repercusiones graves que afectan tanto la seguridad de los pacientes como la efectividad de los servicios médicos que se ofrecen. La ausencia de un mantenimiento regular y continuo puede resultar en un deterioro significativo de los equipos eléctricos y de los sistemas de distribución. Esta situación, a su vez, incrementa considerablemente el riesgo de que se produzcan fallos y averías en el funcionamiento de dichos sistemas. Esto abarca una amplia gama de problemas, que van desde la existencia de cableado que presenta defectos hasta la presencia de equipos biomédicos que no satisfacen los estándares establecidos de seguridad. A medida que avanza y se expande el uso de tecnología médica de última generación, los hospitales enfrentan una creciente

necesidad de consumir una cantidad mayor de energía para poder operar eficientemente. Si las instalaciones y sistemas eléctricos no reciben la actualización y el mantenimiento adecuados, esto podría llevar a situaciones problemáticas como sobrecargas en la red y, como consecuencia, interrupciones en el suministro de energía eléctrica. Un gran número de hospitales no cumple con las regulaciones necesarias y apropiadas para llevar a cabo la instalación y el mantenimiento de sus sistemas eléctricos. Esta falta de atención a las normativas establecidas puede dar lugar a situaciones y condiciones que son peligrosas para la seguridad de los pacientes y del personal que trabaja en esas instalaciones. La transgresión de estas regulaciones es considerada como una de las principales razones que contribuyen a la ocurrencia de accidentes eléctricos en estos tipos de ambientes. Con frecuencia, el personal que trabaja en el sector eléctrico no cuenta con la formación adecuada o la capacitación necesaria para abordar situaciones críticas que involucran electricidad, ni está suficientemente preparado para detectar posibles problemas antes de que estos se desarrollen y se transformen en fallos graves que puedan causar daños o interrupciones significativas. (Hospital, 2024)

La cuestión relacionada con el suministro de energía eléctrica en los hospitales de Perú, en particular debido a la inadecuada atención y mantenimiento de las infraestructuras eléctricas, constituye un asunto de suma importancia que impacta tanto en la seguridad de los pacientes que reciben atención médica como en la eficiencia operativa y la funcionalidad de los diversos centros de salud y hospitales en el país. En la siguiente sección, se procederá a detallar y explicar las cuestiones más relevantes y significativas que están directamente relacionadas con esta problemática en particular. Numerosos hospitales ubicados en Perú se encuentran

actualmente lidiando con un desgaste considerable en sus sistemas eléctricos, lo cual es a menudo atribuido a la insuficiencia de un mantenimiento regular y apropiado que debería ser realizado para asegurar su correcto funcionamiento. Esto abarca el desgaste y deterioro del cableado, así como de los equipos y sistemas que se utilizan para la distribución de energía eléctrica, lo cual incrementa notablemente el riesgo de que ocurran fallos eléctricos en el sistema. Debido al notable aumento en la utilización de equipos médicos sofisticados y tecnología de vanguardia, los hospitales se ven en la necesidad de contar con una mayor cantidad de energía para poder funcionar adecuadamente. La ausencia de un adecuado proceso de actualización y el mantenimiento regular de las instalaciones eléctricas puede llevar a situaciones problemáticas, como sobrecargas en el sistema eléctrico y cortes inesperados en el suministro de energía. La falta de recursos financieros suficientes para llevar a cabo el mantenimiento adecuado de las instalaciones y equipos representa un problema que es bastante común en numerosos hospitales ubicados en Perú. Esto establece una restricción en la capacidad de realizar inspecciones periódicas y llevar a cabo las reparaciones que son consideradas necesarias. Un gran número de hospitales no lograron adherirse a las normativas tanto nacionales como internacionales que establecen estándares sobre la seguridad eléctrica, lo cual podría ocasionar la creación de condiciones que no son seguras y, a su vez, incrementar significativamente el riesgo de sufrir accidentes eléctricos. (ETKHO, 2024)

El Hospital Regional Lambayeque se destaca como una de las instituciones más relevantes y complejas dentro de la Región Lambayeque. Su importancia es tal que

se clasifica como un Hospital de nivel III-1, lo que indica que se trata de un nosocomio que ofrece servicios de alta complejidad médica. El mencionado hospital cuenta con un edificio que se compone de dos niveles, y se tiene la intención de construir una nueva sección que alcanzará una altura de cuatro pisos por encima de este. El lugar en cuestión dispone de una amplia gama de servicios, que incluye Hospitalización en las áreas de Medicina y Cirugía, así como un Centro Obstétrico. También se ofrece Hospitalización especializada para Pediatría y Ginecoobstetricia. Además, cuenta con un Área dedicada a la Investigación, junto con un sector de Administración y Docencia. Por último, hay cerca de estos servicios, un Área de Servicios Generales que apoya todas estas actividades. El Hospital Regional dispone de un servicio eléctrico en Media Tensión que es proporcionado por la compañía concesionaria Electronorte SA. Este servicio está regulado por un pliego tarifario denominado MT-3. La potencia eléctrica que se tiene contratada asciende a un total de 982,0000 kilovatios (kW). Además, el hospital tiene un consumo promedio de energía eléctrica que se estima en 292,390.8427 kilovatios-hora por mes.

En el presente momento, el sistema eléctrico que opera en el Hospital Regional de Lambayeque presenta una serie de defectos y problemas significativos, muchos de los cuales se derivan de la insuficiencia de mantenimiento adecuado. Esta situación adversa es el resultado del deterioro de la infraestructura, así como de la elaboración deficiente de los planes de mantenimiento, y también se ve agravada por la utilización de equipos que ya han quedado obsoletos, entre otros factores que contribuyen a este inconveniente.

Esta situación provoca la interrupción del suministro de electricidad en las instalaciones del hospital, lo que genera incomodidad y malestar tanto entre los pacientes como en el personal médico que trabaja allí.

Las variables a investigar son: *sistema eléctrico y mantenimiento basado en condición (CBM)*

Sistema Eléctrico: Se define como el conjunto completo de instalaciones eléctricas, así como de conductores y equipos específicamente diseñados, que son absolutamente necesarios para llevar a cabo la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica de manera eficiente. Este sistema se organiza y clasifica en tres subsistemas fundamentales, que son: la generación de energía, el transporte de la misma, y la distribución hacia los usuarios finales. (Pravia Rojas, 2020)

Mantenimiento basado en condición (CBM): Se trata de una estrategia que se enfoca en el mantenimiento preventivo, el cual está basado en el cuidadoso monitoreo de activos o equipos. Este proceso de supervisión es fundamental para identificar el momento exacto en el que se hace imprescindible llevar a cabo trabajos de mantenimiento, asegurando así un eficiente funcionamiento y prolongando la vida útil de los equipos. (Llamuca Moyota, 2022)

1.2. Formulación del Problema

¿Es factible mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo – 2023, optimizar el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque?

1.3. Hipótesis

Mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo – 2023, optimizar el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque

1.4. Ámbito de la Investigación

En esta tesis se investiga cómo la aplicación del mantenimiento basado en condición (CBM) puede mejorar el desempeño, confiabilidad y disponibilidad del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque durante el periodo 2023

1.5. Delimitación de la Investigación

El trabajo de investigación que se presenta a continuación se llevará a cabo en las instalaciones eléctricas que pertenecen al Hospital Regional de Lambayeque, el cual se encuentra localizado en el distrito y la provincia de Chiclayo, que forma parte del departamento de Lambayeque en Perú.

1.6. Justificación e Importancia del estudio

1.6.1. Justificación tecnológica:

En la presente investigación se aplicará conceptos y tecnología relacionada a mantenimiento basado en condición (CBM).

1.6.2. Justificación ambiental

Con el mantenimiento basado en condición (CBM) se tratará de optimizar el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque, para que su operación no contribuya negativamente al medio ambiente.

1.6.3. Justificación económica

Esta investigación tiene como fin suministrar optimizar el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque, buscando que no haya paradas imprevistas y de esta manera beneficiar a los pacientes que se atienden en dicho nosocomio.

1.7. Limitaciones de la Investigación

Una de las principales restricciones que enfrentamos al llevar a cabo la investigación que presentamos fue la falta de información actualizada y relevante sobre el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque, lo cual dificultó nuestro análisis y la obtención de conclusiones precisas.

1.8. Objetivos de estudio

1.8.1. Objetivo General

Optimizar del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo - 2023.

1.8.2. Objetivo Específicos

- Identificar los problemas que presentan los sistemas de las instalaciones eléctricas del Hospital Regional de Lambayeque.
- Analizar la data obtenida con el equipo de analizador de redes y determinar los parámetros de la calidad de energía en el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque.
- Proponer un plan de mantenimiento basado en condición (CBM) y optimización del sistema eléctrico para minimizar los costos energéticos,

costos de mantenimiento del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque.

- Determinar las mejoras en el sistema eléctrico como consecuencia del mantenimiento basado en condición (CBM)

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

2.1.1. A nivel Internacional

En Ecuador, Llamuca Moyota, en la investigación “Plan de mantenimiento preventivo basado en la condición del grupo electrógeno del Hospital San Juan S.A, aplicando vibraciones y termografía para reducir las ocurrencias de las fallas”, El propósito principal de este proyecto fue el desarrollo de un plan integral de mantenimiento que esté fundamentado en el estado actual del grupo electrógeno que opera en el Hospital San Juan S.A. Para lograr este objetivo, se implementaron técnicas de análisis de vibraciones y termografía, con el fin de disminuir la frecuencia de las fallas y garantizar así un funcionamiento más eficiente del equipo. El hospital San Juan ha estado ofreciendo sus servicios a la comunidad desde el año 1997. A lo largo de los años, ha desarrollado una infraestructura que le permite proporcionar una amplia gama de servicios médicos y de salud. Sin embargo, a lo largo de su funcionamiento, ha experimentado problemas ocasionales relacionados con el suministro de energía eléctrica, los cuales se han debido a diversos factores que están fuera del control del hospital. Para garantizar que ciertas áreas críticas continúen operando sin interrupciones, se ha instalado un Grupo Electrónico propio que suministra energía a secciones vitales como los quirófanos, la unidad de cuidados intensivos (UCI), el servicio de imagenología, el área de cuidados paliativos, entre otros. A pesar de la implementación de este sistema, el generador no ha recibido el mantenimiento adecuado que realmente necesita. Como consecuencia de esta falta de atención, su funcionamiento ha sido deficiente, lo que ha llevado a que

presente fallos y a que se produzcan paradas inesperadas en su operación. Por esta razón, se tomó la decisión de llevar a cabo la implementación de un plan de mantenimiento que se basa de manera integral en el estado o condición real del equipo, para lo cual se llevó a cabo un examen detallado de la metodología que se encuentra estipulada en las normas internacionales ISO 17359:2018, EN 13460:2009, NPT_679 y BS-EN-5341:2019. Al aplicar estas directrices y estándares, se ha desarrollado un plan exhaustivo que, en efecto, ha logrado incrementar notablemente la disponibilidad operativa del generador, lo que ha resultado en una reducción significativa de interrupciones y problemas en el funcionamiento dentro del Hospital. Este impacto positivo fue validado mediante un análisis de encuestas realizadas con el software estadístico SPSS26, y los resultados demostraron que dicho plan de mantenimiento fue de gran pertinencia y utilidad para garantizar el correcto funcionamiento del equipo encargado de la generación de energía. (Llamuca Moyota, 2022)

En Colombia, Cabrera López & Gómez Bolívar, 2020, en su proyecto de investigación de nominado "Propuesta de un sistema de gestión mantenimiento de equipos biomédicos en un hospital en el Valle del Cauca", El principal objetivo y el enfoque del presente trabajo de investigación consiste en la formulación de un sistema integral para la gestión y mantenimiento de equipos biomédicos. Este proceso comenzará con la realización de un diagnóstico exhaustivo que permita identificar los puntos críticos dentro del sistema. A partir de esta identificación, procederemos a cumplir con los objetivos fijados a través de una propuesta de mejora que se apoyará en la

filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Posteriormente, llevaremos a cabo una simulación que servirá para validar la propuesta planteada. Finalmente, se llevará a cabo un análisis de costo-beneficio que demostrará el impacto económico que podría tener la implementación de esta propuesta en el contexto de la gestión de mantenimiento de equipos biomédicos. El cuidado y mantenimiento de los equipos biomédicos que se encuentran en los hospitales de Colombia no está considerado como un aspecto prioritario dentro del sistema de salud actual. Esta situación resulta en la ausencia de una estrategia efectiva que busque mejorar los procesos relacionados, lo cual limitaría la capacidad de aumentar tanto la disponibilidad como la confiabilidad de los servicios ofrecidos a los pacientes en el sector de la salud. Con el objetivo de mejorar la disponibilidad de los equipos médicos en el hospital, que representa un objetivo común para todas las áreas involucradas, resulta fundamental llevar a cabo la implementación de filosofías de mejoramiento continuo que sean tanto exitosas como eficientes desde una perspectiva financiera. La filosofía que se examina a lo largo de este trabajo, que se centra en el Mantenimiento Productivo Total, junto con una simulación realizada en el software ARENA, facilitó la formulación de objetivos de mejora. Estos objetivos involucran a todo el personal que, de alguna manera, participa en el desarrollo y ejecución de las actividades laborales relacionadas. Como es evidente al examinar detenidamente los diagramas que representan los procesos de mantenimiento, es claro que la mejora continua y sistemática de dichos procesos facilita un aumento significativo en la disponibilidad operativa del hospital. Este incremento no solo contribuye a una mayor satisfacción entre los pacientes, quienes se benefician de un mejor servicio, sino que

también resulta en un impacto positivo para el personal médico, que puede llevar a cabo su trabajo de manera más eficiente. Todo esto se logra sin la necesidad de realizar inversiones económicas muy altas, lo cual permite establecer y fomentar una cultura orientada hacia la implementación efectiva y la mejora constante de la calidad en todos los procesos involucrados. En lo que respecta al Mantenimiento Autónomo, se sugieren diversas condiciones que aseguran un entorno de limpieza y orden dentro de las instalaciones del centro hospitalario. En este contexto, se propone la adopción y aplicación de la filosofía conocida como 5'S, que se centra en la organización y estandarización del espacio de trabajo. Asimismo, se establecen criterios precisos para la evaluación de esta metodología, lo que permitirá determinar su viabilidad y continuidad en el tiempo. Este enfoque se complementa con filosofías orientadas a la mejora continua, como el Kaizen, que fomentan una cultura de perfeccionamiento constante. Además, es importante destacar la relevancia de documentar el conocimiento a través de la figura de LUP (Lista Única de Procesos), lo cual garantiza que la información sea accesible y útil. Todo esto se llevará a cabo con la activa participación y compromiso de aquellos responsables de los diferentes procesos en el hospital. Además de lo anteriormente mencionado, se llevó a cabo la documentación exhaustiva de los mapas relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo de los diferentes equipos, los cuales son fundamentales para facilitar la identificación de las fuentes de cambios y para implementar mejoras significativas en los diversos procesos. En el contexto del pilar de Mantenimiento Planificado, se consiguió llevar a cabo el establecimiento y documentar de manera detallada tanto la cantidad como la frecuencia de las fallas que ocurren en los equipos

biomédicos. Esta labor fue realizada con el objetivo de poder desarrollar una planificación del mantenimiento que sea altamente efectiva, asegurando así una mejor disponibilidad de los equipos y un crecimiento en la productividad general. Todo esto se llevó a cabo utilizando un modelo de simulación en arena que permitió calcular estas variables de manera precisa. Además, en el marco de este pilar, se implementaron diversos indicadores de gestión que anteriormente no estaban disponibles. No obstante, con el objetivo de asegurar el éxito en la planificación, se volvió imprescindible llevar a cabo la elaboración de documentos que detallaran los estándares respectivos para el mantenimiento preventivo. Con la implementación de estas herramientas especializadas, fue posible determinar de manera teórica una reducción en la cantidad de fallas que ocurrían, lo que resulta en un aumento significativo en la disponibilidad de los equipos biomédicos. De esta manera, se logra alcanzar el objetivo principal que se había establecido para este importante pilar. (Cabrera López & Gómez Bolívar, 2020)

En Chile, Mendoza Ríos, 2018, en su investigación titulada, “Estudio de factibilidad en la implementación de mantenimiento basado en confiabilidad aplicado a equipos médicos críticos”, La motivación teórica que sustenta este análisis se puede desglosar en varios objetivos fundamentales: a) proporcionar una contribución significativa acerca de cómo implementar efectivamente la teoría de confiabilidad en el ámbito del mantenimiento preventivo de hospitales, b) desarrollar y proponer un procedimiento que permita determinar una frecuencia óptima para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, c) contribuir al ámbito del marco legal asociado y la

acreditación de los equipos utilizados en entornos hospitalarios, y d) incrementar el nivel de objetividad en los procesos de mantenimiento que se realizan en los hospitales. Para llegar a una conclusión adecuada, es fundamental considerar que la implementación del RCM, o Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, implica el cumplimiento de dos elementos cruciales. En primer lugar, es indispensable contar con el compromiso activo y la participación de todos los involucrados en el proceso de mantenimiento, lo que incluye a los usuarios, los que se encargan de la planificación del mantenimiento, el personal de abastecimiento y otros actores relevantes. En segundo lugar, es esencial disponer de una rica y abundante base de datos históricos relacionados con las reparaciones. Esto abarca no solo las fechas y los tiempos que están vinculados al ciclo operativo y a los momentos de falla, sino también informes técnicos que brinden un diagnóstico claro, así como información sobre los costos asociados a convenios y las actividades correctivas llevadas a cabo. Cualquier tipo de metodología que se utilice en el análisis de RCM, que se realiza mediante la técnica de FMECA, proporciona información valiosa acerca del mantenimiento necesario, así como de las fallas que han tenido lugar, los distintos modos en que pueden presentarse dichas fallas, y también sobre los días en los que se ha experimentado indisponibilidad en el sistema o equipo en cuestión. A través de este medio se ponen de manifiesto los gastos que están relacionados con el asunto en cuestión. En el contexto de un hospital, resulta completamente viable llevar a cabo la implementación de un sistema de gestión de riesgo clínico (RCM, por sus siglas en inglés) así como también desarrollar formularios o documentos relacionados con el análisis de modos de falla y efectos (FMECA, por su

acrónimo en inglés). El presente trabajo pone de manifiesto que las hojas de servicios técnicos que se utilizan en la actualidad son excesivamente generales y no proporcionan la información específica necesaria. Como resultado de ello, en ocasiones se presenta una dificultad considerable para poder determinar con claridad cuál es la relación específica que existe entre la falla funcional y el modo en el que se produce dicha falla. Es importante señalar que la calidad de las conclusiones que se obtienen está estrechamente relacionada con la información proporcionada por el técnico responsable de las labores de mantenimiento, así como con la logística que se utiliza como soporte en estos procesos. En un análisis adicional, es importante mencionar que el criterio de Jackknife indica que las causas de las fallas pueden ser atribuidas, en su mayoría, a la falta de precaución y a la imprudente manera en que el usuario lleva a cabo la operación. En el ámbito de los equipos electromecánicos utilizados en hospitales, se pueden identificar tres categorías principales de componentes que poseen características y necesidades distintas en cuanto a su mantenimiento y operación. Primero, hay componentes que son extremadamente delicados, donde la frecuencia con la que se les da mantenimiento no es tan crucial como los cuidados y precauciones que deben tomarse al utilizarlos; un ejemplo de esto son las "pantallas táctiles" que requieren un manejo especial para evitar daños. En segundo lugar, se encuentran los dispositivos que demandan una atención meticulosa en términos de ajuste y mantenimiento tras la realización de un procedimiento médico; un caso representativo de esta categoría sería el "circuito del paciente" y el proceso de acoplamiento del "canister." Por último, existe una tercera categoría de componentes que se distingue por

presentar una alta frecuencia de fallos, como es el caso de la celda de oxígeno, que requiere una atención particular debido a su propensión a fallar. Para ellos resulta fundamental llevar a cabo la emisión de una orden de compra varios meses antes de la fecha programada de reemplazo, ya que de esta manera se podría prevenir la indeseable situación de indisponibilidad que podría extenderse hasta un total de 271 días en el transcurso del año, lo que representa aproximadamente un periodo de cinco meses, específicamente en el caso del ventilador mecánico que ha sido objeto de análisis. (Mendoza Ríos, 2018)

A nivel nacional

En Trujillo, Chayguaque Grados & Horna Muguera, 2022, en su trabajo de investigación “Aplicación del Mantenimiento preventivo para reducir el índice de fallas en la empresa Grupo Maderera Selva Central”. En el presente trabajo de investigación se pone de manifiesto la gran relevancia de desarrollar un plan de mantenimiento específico para cada una de las máquinas que se encuentran disponibles en la maderera. Esta estrategia tiene como principal objetivo la implementación de un mantenimiento preventivo que permita disminuir significativamente el índice de fallas y averías que pudieran surgir en los equipos, asegurando así un funcionamiento más eficiente y seguro en el proceso productivo de la industria. Este estudio se clasifica como una investigación de tipo aplicada, además de presentar un diseño pre-experimental. Esto se debe a que se llevó a cabo una evaluación que consideró una comparación entre el estado inicial y el estado final, enfocándose específicamente en las cuatro máquinas utilizadas en el proceso

de producción como la población objeto de análisis. Para llevar a cabo este trabajo de manera efectiva, se implementará un cronograma de gestión de proyectos (PM por sus siglas en inglés) que ha sido meticulosamente documentado. Este cronograma contempla la identificación oportuna y precisa de posibles anomalías que podrían surgir en el funcionamiento de la máquina. Esta detección se logrará mediante la realización de inspecciones periódicas y detalladas de las máquinas, lo cual es fundamental para garantizar el mantenimiento adecuado y, a su vez, contribuir a la prolongación de la vida útil del sistema en su totalidad. Tras implementar un programa de mantenimiento preventivo, se observó un notable incremento en el tiempo promedio entre fallas, el cual pasó de ser de 1276 horas a un impresionante 3024 horas. Este aumento de 38 horas en el tiempo promedio de mantenimiento se logró durante un periodo de seis meses, bajo la supervisión de un programador. Al mismo tiempo, se registró una reducción en el tiempo medio dedicado a los mantenimientos, que disminuyó de 210 horas a 143 horas, lo cual se tradujo en una adición de 192 horas. Como resultado de estas mejoras, la disponibilidad del sistema experimentó un notable aumento, elevándose del 87.20% hasta un 95.5%. Además, la tasa de fallas experimentó una significativa disminución, bajando del 12.80% hasta alcanzar un 4.55%. (Chayguaque Grados & Horna Muguerza, 2022)

A nivel Local

En Chiclayo, Pravia Rojas, 2020, en su trabajo de investigación denominado: “Propuesta de un programa de mantenimiento basado en condición para mejorar la disponibilidad de la flota de equipos de la empresa RD RENTAL –

Sede norte”, La finalidad principal de este estudio de investigación radica en llevar a cabo un análisis detallado y una evaluación exhaustiva de los planes de mantenimiento que tienen como enfoque primordial la confiabilidad. Estos planes están centrados especialmente en la técnica de mantenimiento basado en la condición. Esta metodología se aplicará específicamente al grupo electrógeno modelo G1080-01 de la marca Mitsubishi, perteneciente a la empresa RD RENTAL SAC, ubicada en la ZONA NORTE. Este análisis se justifica debido a un creciente número de fallos imprevistos que han resultando en una disminución notable de la disponibilidad operativa de dicho equipo. El objetivo fundamental de la investigación actual es llevar a cabo un exhaustivo análisis de la información histórica relacionada con los grupos electrógenos, con el propósito de cuantificar de manera precisa los índices más relevantes relacionados con su mantenimiento. Adicionalmente a esta tarea de análisis, se incluye una revisión crítica del sistema que compone el grupo electrógeno. Esta evaluación se ha realizado mediante la aplicación de la metodología de modo de falla y análisis de impacto, más conocida como FMEA, lo cual permite desglosar de manera detallada las posibles fallas del sistema. En este proceso, se procedió también a calcular la densidad de fallas, obteniendo como resultado que se logró una notable reducción en la tasa de fallos, la cual se ha disminuido en un sesenta y tres por ciento en comparación con los datos registrados en el año 2017. Se ha logrado una notable disminución del 93% en el tiempo no disponible, gracias a la exhaustiva realización de un análisis y una evaluación detallada de los sistemas críticos del Grupo Electrógeno. Este proceso ha permitido identificar de manera efectiva los posibles fallos que podrían ocurrir, lo que ha conducido a la implementación de un enfoque

de mantenimiento basado en la condición real de los equipos. Adicionalmente, también se ha llevado a cabo la organización de un almacén que ahora cuenta con repuestos de alta rotación, facilitando así un acceso rápido y eficiente a las piezas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema. En este contexto, se llevó a cabo un exhaustivo análisis comparativo de los costos, que abarca tanto el mantenimiento preventivo y correctivo tradicional utilizado anteriormente, como el estándar de mantenimiento que se basa en las condiciones actuales, implementado posteriormente. Como resultado de esta evaluación, se concluyó que había una notable reducción de costos que alcanzó hasta un impresionante 75%. A través de la implementación de estos procedimientos específicos, se ha logrado una notable mejora en la disponibilidad del plan de prueba, que incluye el análisis de Generadores Eléctricos (G.E.). Por lo tanto, se sugiere encarecidamente que esta metodología se aplique de manera uniforme a todos los grupos electrógenos que forman parte de RD RENTAL. (Pravia Rojas, 2020)

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Definición de Términos

Mantenimiento Basado en Condición (CBM).

El CBM, que significa Mantenimiento Basado en Condición, es una metodología metódica que se implementa con el objetivo de aumentar la confiabilidad y la efectividad operativa de los equipos, todo ello mientras se busca minimizar los costos involucrados. Este enfoque se enfoca principalmente en asegurar que los equipos funcionen de acuerdo a su propósito esencial, implementando acciones que sean tanto técnicamente efectivas como económicamente viables. El objetivo

primordial que persigue la gestión basada en capacidades, conocida como CBM, es mantener y asegurar la funcionalidad y el correcto desempeño del sistema en su totalidad, más que enfocarse exclusivamente en la funcionalidad de un dispositivo individual.

De acuerdo con la interpretación que han proporcionado ciertos autores en relación a la definición de CBM, se establece que se trata de "las pautas lógicas que permiten la elaboración y desarrollo de un programa de mantenimiento que está programado de manera sistemática". Mantenimiento basado en la condición: se trata de un proceso minucioso y detallado que se lleva a cabo para identificar y establecer las acciones necesarias que deben implementarse con el fin de asegurar que cualquier activo físico, como maquinaria o equipos, siga operando de manera correcta y eficiente, tal como lo espera el usuario, dentro del entorno operativo en el que se encuentra actualmente. El enfoque de la Mantenimiento Basado en Condición, conocido como CBM, es sin duda la forma más efectiva de crear un plan de optimización para el mantenimiento que haga uso de equipos que desempeñan múltiples funciones o tareas. Para llevar a cabo una estrategia de mantenimiento que tenga como objetivo fundamental garantizar la confiabilidad que se espera del diseño del proceso o del equipo en cuestión, es esencial identificar aquellos componentes cuyo fallo funcional podría llevar a consecuencias no deseadas y perjudiciales para la instalación en su conjunto. En este contexto, el concepto denominado CBM (Mantenimiento Basado en Condición) hace uso de diversas técnicas, tales como el mantenimiento preventivo (PM) que se ocupa de prevenir fallos antes de que ocurran, el mantenimiento predictivo (PdM) que anticipa problemas potenciales a través de análisis y mediciones, el monitoreo en tiempo real (RTM) que proporciona datos instantáneos sobre el estado de los equipos, la

ejecución hasta falla (RTF), que también es conocido como mantenimiento reactivo, y el mantenimiento proactivo, todo ello funcionando de manera integrada. Esta combinación de enfoques está diseñada para incrementar significativamente la probabilidad de que una máquina o componente opere de la manera exigida a lo largo de su ciclo de vida útil, al mismo tiempo que se minimizan las necesidades de mantenimiento requerido. El propósito fundamental de la filosofía es ofrecer una declaración clara sobre la función específica de la instalación, asegurando al mismo tiempo que se mantengan los niveles de fiabilidad y disponibilidad necesarias, todo ello con el objetivo de lograrlo al costo más reducido posible. El enfoque de CBM establece que es fundamental que todas las decisiones relacionadas con el mantenimiento se fundamenten en requisitos de mantenimiento que cuenten con el respaldo de una justificación tanto técnica como económica que sea robusta y bien fundamentada. Esto implica que antes de tomar cualquier decisión, se debe analizar y validar la necesidad de mantenimiento a través de justificaciones que demuestren claramente su eficacia y viabilidad.

Ventajas y desventajas de la aplicación de CBM.

La evaluación detallada de las instalaciones de sistemas eléctricos que se realiza utilizando el enfoque conocido como CBM (Condition-Based Monitoring) y la implementación práctica de diversas medidas preventivas y paliativas que surgen de esta exhaustiva investigación, ofrece una amplia gama de beneficios en comparación con otros enfoques y métodos utilizados para el mantenimiento de dichas instalaciones. Además, este enfoque también contribuye a la prevención de posibles fallos y minimiza los daños colaterales que podrían surgir como consecuencia de estos problemas.

Las ventajas que aquí se mencionan están profundamente relacionadas con la seriedad y el meticuloso rigor con el que se llevó a cabo el estudio. De hecho, se trata de un programa de mantenimiento que considera en su análisis no solo los equipos en su totalidad, sino que también va mucho más allá de lo que podría entenderse como una mera acumulación de diferentes tipos de equipamiento. Al mismo tiempo, es importante señalar que esta situación trae consigo ciertos inconvenientes que es recomendable comprender y tener en cuenta antes de llevar a cabo una posible implementación.

- a) La mejora de la seguridad
- b) La mejora del impacto ambiental
- c) El aumento de la producción
- d) El aumento de fiabilidad de la instalación
- e) La disminución de costos de mantenimiento

Importancia de la menor posibilidad de fallo en los sistemas eléctricos.

Dado que el CMB, que se refiere al Mantenimiento Basado en Condiciones, es un enfoque de mantenimiento que se lleva a cabo de manera proactiva, es posible identificar y detectar cualquier problema potencial que podría ocasionar fallos en las instalaciones eléctricas, así como en los equipos y maquinarias, antes de que realmente se produzcan y causen inconvenientes. En el momento en que las medidas de mantenimiento llegan a un nivel específico que ha sido previamente establecido, el equipo encargado del mantenimiento deberá actuar con prontitud, implementando un procedimiento de mantenimiento fundamentado en el estado actual de los equipos, con el objetivo de abordar y solucionar la situación problemática que se ha presentado.

Análisis de la criticidad.

Tal como se ha indicado previamente, el análisis de la criticidad desempeña un papel fundamental al asegurar que los planes de mantenimiento que se fundamentan en el estado actual de los activos sean capaces de identificar de manera efectiva y precisa cuáles de ellos deben ser clasificados como críticos, microcríticos o no críticos, lo que a su vez permite minimizar la cantidad de mantenimiento rutinario que resulta innecesario. En contraposición, la evaluación de la criticidad de los activos resulta sumamente útil, ya que facilita la identificación de aquellos activos que obtendrían el mayor provecho de la implementación de tecnologías modernas de monitoreo que se fundamentan en el estado actual de operación de los equipos. Estas tecnologías incluyen, por ejemplo, sensores acústicos o dispositivos de vibración que pueden encontrarse en ubicaciones remotas. Dichos sensores son capaces de generar datos en tiempo real, los cuales pueden ser analizados y evaluados desde diferentes lugares, lo que contribuye a mejorar la eficiencia del mantenimiento y la gestión de activos.

La mejora del impacto ambiental.

La justificación que subyace a este argumento se encuentra íntimamente vinculada a la búsqueda de una mejora en el bienestar del medio ambiente, tal y como fue mencionado previamente en esta discusión. Al llevar a cabo un análisis detallado de los diversos casos que tienen un impacto significativo en el medio ambiente y al desarrollar estrategias adecuadas para abordarlos de manera efectiva, este tipo de razonamiento se convierte en un fundamento esencial que es utilizado para prevenir tanto accidentes como fallos en los sistemas, los cuales podrían tener consecuencias perjudiciales para la salud del planeta y su ecosistema. La

fundamentación principal de este argumento se encuentra firmemente establecida en el marco de la Ley N.º 27345, la cual promueve de manera efectiva el progreso en la eficiencia energética, así como la difusión de una cultura que favorezca un consumo de energía más consciente y responsable. El principal objetivo de esta iniciativa es promover un avance sostenible dentro del territorio nacional y alcanzar un equilibrio adecuado que no solo contemple la conservación del medio ambiente, sino que también integre la utilización eficaz de la energía y el desarrollo económico de manera armoniosa.

Gestión de mantenimiento

Los individuos que tienen la responsabilidad de la gestión de activos dentro del Hospital Regional de Lambayeque han declarado que su función primordial consiste en maximizar la eficiencia de los recursos y los medios disponibles para llevar a cabo las actividades necesarias de mantenimiento. Además, se encarga de aplicar conocimientos especializados para ejecutar estas tareas y también de evaluar el impacto y las repercusiones que pueden surgir a partir de las diversas etapas del ciclo de vida de los activos, especialmente en lo que respecta a los sistemas y ambientes que involucran instalaciones eléctricas. El objetivo principal de lo que se ha mencionado anteriormente es extender la duración operativa del equipo durante un período de tiempo específico, al mismo tiempo que se busca aumentar la fiabilidad y consistencia del proceso en el que se está utilizando dicho equipo. De acuerdo con lo que establece la norma ISO 14224, la gestión del mantenimiento en la actualidad abarca una serie de actividades de gestión que son fundamentales. Entre estas actividades se incluye la determinación de los objetivos o prioridades que deben ser seguidas en el proceso de mantenimiento. Estas prioridades se

definen como los objetivos específicos que han sido asignados y aceptados por la unidad encargada de la gestión del mantenimiento. Además, también se establecen estrategias concretas que sirven como el enfoque de gestión que se va a utilizar para alcanzar los objetivos o propósitos establecidos, así como las responsabilidades específicas relacionadas con la gestión. Lo que se ha mencionado anteriormente facilita, por lo tanto, la posibilidad de llevar a cabo la implementación y perfeccionamiento de estas estrategias en nuestras actividades cotidianas. Esto se logra a través de la planificación, programación y supervisión cuidadosa de la ejecución del mantenimiento, siempre considerando y evaluando estos elementos económicos que son cruciales para la entidad. Para ofrecer una explicación más clara y comprensible de las ideas que se han mencionado anteriormente, es posible desglosar el proceso que implica la gestión del mantenimiento en distintas etapas, comenzando específicamente por la fase en la que se establece y se define la estrategia a seguir.

En el ámbito del mantenimiento, es fundamental que se definan de manera clara y precisa los objetivos específicos que se quieren alcanzar. Estos objetivos de mantenimiento deben estar alineados y en concordancia con las pautas establecidas por el Ministerio de Salud. Además, es importante considerar que existe la posibilidad de obtener financiamiento para apoyar estas iniciativas de mantenimiento. Se presentan una serie de diversas soluciones que podrían ser consideradas, acompañadas de diferentes escenarios que analizan tanto los riesgos como las recompensas asociadas. Asimismo, se ofrecen recomendaciones sobre cuáles de estas soluciones serían las más adecuadas para facilitar el proceso de toma de decisiones. El esquema de mantenimiento está condicionado por la figura del encargado de la división de mantenimiento, quien tiene la importante

tarea de promover un cambio cultural significativo dentro de su equipo y en su departamento. Este cambio debe enfocarse en dar prioridad al cumplimiento de las metas establecidas por la organización, al mismo tiempo que se asegura de satisfacer las necesidades particulares y específicas del Hospital Regional de Lambayeque. Esto significa que es necesario desarrollar políticas y establecer objetivos claros en relación con el mantenimiento. Además, se debe llevar a cabo el diseño de indicadores clave de rendimiento, comúnmente conocidos como KPI, que nos permitirán evaluar el desempeño. También es fundamental identificar posibles riesgos que puedan surgir y tomar las medidas necesarias para mitigarlos. Por otro lado, se requiere la asignación adecuada de recursos con el fin de facilitar tanto la planificación como la presupuestación. Finalmente, es vital crear acuerdos que regulen los servicios operativos que se llevarán a cabo. La parte final del plan requiere la coordinación de las

Las actividades relacionadas con las operaciones de mantenimiento se llevan a cabo teniendo en cuenta los tres diferentes niveles de actividad que caracterizan a la entidad, que son el estratégico, el táctico y el operativo. Esto se realiza con el propósito de asegurar que todas las labores de mantenimiento estén debidamente alineadas con las estrategias que han sido previamente definidas por la organización. Determina cuál es la situación actual en la que te encuentras, así como la visión de lo que esperas alcanzar en el futuro. A continuación, examina las diferencias que existen entre estos dos estados y elabora un conjunto de estrategias o planes de acción que te permitan cerrar esas diferencias. Además, es fundamental reconocer las posibles limitaciones o restricciones que puedan surgir a lo largo de este proceso. Todo este análisis y los esfuerzos realizados culminarán en un plan integral de mantenimiento que esté diseñado para garantizar el buen

estado y funcionamiento del activo en cuestión. En el ámbito táctico, es fundamental llevar a cabo un análisis detallado para establecer de manera precisa la asignación adecuada de recursos, de modo que se optimicen los resultados en las diferentes áreas de operación.

La implementación del plan de mantenimiento debe llevarse a cabo de manera eficiente. A nivel operativo, es fundamental que las acciones realizadas garanticen que los técnicos que han sido seleccionados para esta tarea puedan completar de manera correcta y efectiva todas las actividades de mantenimiento dentro del plazo previamente establecido. Esto implica que deben seguir estrictamente los procedimientos establecidos y utilizar las herramientas que son adecuadas y necesarias para el trabajo.

Figura 1: Mapa conceptual de la Estructura del sistema de Gestión



CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada

El propósito fundamental de la investigación aplicada radica en la creación y el desarrollo de un conocimiento que no solo sea teórico, sino que tenga una aplicación práctica y concreta en un período de tiempo intermedio, enfocándose específicamente en beneficiar a la sociedad o en mejorar los procesos dentro del sector productivo. En la presente circunstancia o contexto, se hará uso del conocimiento y la metodología relacionada con el mantenimiento basado en condición (CBM, por sus siglas en inglés) con el objetivo de mejorar y optimizar la eficiencia del sistema eléctrico que opera en el Hospital Regional de Lambayeque.

3.1.2. Diseño de investigación: No experimental

Se podría considerar esta situación como una modalidad de investigación que se efectúa sin la influencia deliberada o la manipulación de las diferentes variables involucradas. Esto significa que el investigador se dedica a observar y examinar el fenómeno tal y como ocurre en la realidad, sin realizar modificaciones o alteraciones concretas que podrían afectar su desarrollo natural. Para expresar esto de otra manera, estamos hablando de aquellos tipos de investigaciones en las cuales no realizamos modificaciones intencionales en las variables independientes, con el objetivo de poder examinar de qué manera estas variables pueden afectar o influir en las otras variables que están siendo consideradas en el marco del estudio que estamos llevando a cabo.

3.2. Población y muestra

La población: Está dada por el Sistema Eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque.

La muestra: Antes de calcular el tamaño de la muestra es necesario determinar los siguientes aspectos:

a) Tamaño de la población. Una población es una colección bien definida de objetos o individuos con características similares, y para ello consideraremos dos tipos de poblaciones: Las poblaciones objetivo, a menudo con características diferentes, también se denominan poblaciones teóricas. La población accesible es la población a la que aplicaremos nuestras conclusiones.

b) Margen de error (intervalo de confianza). El margen de error es una estadística que expresa la magnitud del error de muestreo aleatorio en los resultados de una encuesta, es decir, es una medida estadística de las 100 veces que se espera que un resultado esté dentro de un rango específico.

c) Niveles de confianza, que son intervalos aleatorios que utilizaremos para acotar valores con una cierta probabilidad alta. Por ejemplo, un intervalo de confianza del 95% significa que es probable que los resultados de una operación sean los esperados el 95% de las veces.

d) La desviación estándar, es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población.

La fórmula para calcular el tamaño de muestra finito cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde

N = Numero de tableros considerados= 19

Z = nivel de confianza, = 95%

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada = 70%

Q = probabilidad de fracaso = 30%

D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción) = 5%

Aplicando la formula se ha obtenido el tamaño de la muestra de 18 unidades.

3.3. Técnicas de muestreo

El método que se empleó para la selección de la muestra no fue de carácter probabilístico, lo que significa que no se utilizó un enfoque aleatorio. En su lugar, se recurrió a la elección basada en el criterio o juicio del investigador. Esta metodología se llevó a cabo debido a que la selección de la muestra se realizó conforme a la conveniencia del investigador en lugar de seguir un procedimiento guiado por la probabilidad. En este contexto, se tendrán en cuenta las áreas que sean relevantes y que guarden una relación directa con el objeto de la investigación.

3.4. Hipótesis

Mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo – 2023, se optimiza del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque

3.5. Variables - Operacionalización

X: Variable independiente: Mantenimiento basado en condición (CBM)

Y: Variable dependiente: Sistema eléctrico

Tabla 1. Operacionalización de variables

TIPO	NOMBRE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TÉCNICA	INSTRUMENTO	INDICADORES
INDEPENDIENTE	Mantenimiento basado en condición (CBM)	CBM es un enfoque sistemático para mejorar la confiabilidad de los equipos al menor costo, centrándose en su funcionalidad principal y en acciones técnica y económicamente sólidas. (Armas, 2020)	Se determina la confiabilidad de los equipos y luego se plante las acciones técnicas.	Análisis documental	Ficha de análisis documental	✓ Fallas ✓ Resistividad eléctrica
				Recolección de datos	Ficha de Recolección de datos	
DEPENDIENTE	Sistema eléctrico	Conjunto de instalaciones capaces de distribuir la energía eléctrica. (Arcila, 2021)	Se determina los parámetros de operación del sistema eléctrico	Análisis documental	Ficha de análisis documental	✓ Potencia Eléctrica (KW) ✓ Energía Eléctrica. (kW-h)
				Recolección de datos	Ficha de Recolección de datos	

3.6. Métodos y Técnicas de investigación

Técnicas

Búsqueda de información bibliográfica

Se trata del proceso que implica la identificación y localización de las referencias bibliográficas relevantes, que se centran en un tema específico y que han sido extraídas de diversas fuentes de información disponibles.

La exploración y consulta de información bibliográfica constituye un componente fundamental y crucial para poder determinar la relevancia y significancia de la pregunta de investigación, así como también influye en la selección del enfoque y tipo de diseño del estudio que se llevará a cabo. Asimismo, nos proporciona la oportunidad de absorber valiosas lecciones a partir de los errores o las limitaciones que se han identificado en investigaciones anteriores. Estos aspectos generalmente son mencionados y debatidos por los propios autores de dichos estudios en la sección dedicada a la discusión, o a menudo son resaltados en la correspondencia que puede surgir después de la publicación de un artículo científico. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

Búsqueda de información de campo

Se refiere a un tipo específico de información que se obtiene o se recolecta directamente de los individuos que están siendo objeto de estudio, así como de la realidad en la que se desarrollan los acontecimientos o hechos en cuestión. Estos datos son considerados como datos primarios, ya que su origen es inmediato y directo de los participantes o del entorno en el que se encuentran. Sin ejercer manipulación ni control sobre ninguna variable en el

proceso de investigación, lo que significa que el investigador se dedica a recopilar información tal como se presenta, sin realizar cambios en las condiciones que ya existen. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018).

3.7. Descripción de los instrumentos utilizados

Se emplearon las siguientes herramientas y están directamente relacionadas con los métodos:

Ficha de búsqueda de información bibliográfica

Se trata de una tarjeta de tamaño reducido que debe ser utilizada exclusivamente para el propósito de anotar o registrar información relacionada con un libro o un artículo en particular. Estos archivos son generados para todas las publicaciones disponibles, no limitándose únicamente a aquellas que han sido identificadas o leídas de manera física. En algún momento futuro, estos documentos pueden demostrar ser de gran utilidad para el desarrollo de nuestra investigación. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

Ficha de Búsqueda de información de campo

Nos ofrece la posibilidad de reunir información que ha sido adquirida a través de la observación directa de diversos fenómenos o situaciones. Estos documentos o registros incluyen toda la información detallada y descriptiva que ha sido recolectada a partir del trabajo de campo, el cual se lleva a cabo mediante la observación y toma de notas sobre la realidad social o natural que nos rodea. Este documento o ficha que tenemos ante nosotros será de gran utilidad, ya que nos facilitará la tarea de identificar y clasificar aquellos

temas que son recurrentes y están relacionados con el problema que estamos investigando en este estudio. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

3.8. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

El objetivo de esta actividad consiste en llevar a cabo un análisis detallado de un conjunto específico de datos, con el propósito de extraer conclusiones significativas que faciliten la adopción de decisiones fundamentadas y bien informadas. En el presente estudio, fueron recopilados de manera rigurosa datos provenientes del sistema eléctrico que opera en el Hospital Regional de Lambayeque, con el objetivo de proceder posteriormente a su análisis utilizando métodos de estadística descriptiva. Los datos recolectados fueron organizados en diferentes rangos, y posteriormente, se llevó a cabo un análisis utilizando la media aritmética, lo que permitió que la evaluación de la confiabilidad de cada una de las unidades fuera más sencilla y precisa. La media aritmética es vista como la medida de tendencia central más significativa y relevante en el ámbito de la estadística, debido a su capacidad para representar de manera efectiva el valor promedio de un conjunto de datos. La diferencia que existe entre el valor más alto y el valor más bajo en un conjunto de datos sirve como base fundamental para llevar a cabo el cálculo del rango. Este rango es una medida que proporciona información sobre la amplitud o extensión de los valores presentes dentro de ese conjunto específico de datos.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del estado actual del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque, identificando debilidades y puntos críticos

El Hospital Regional de Lambayeque, que se encuentra ubicado en la ciudad de Chiclayo, fue oficialmente inaugurado el 9 de julio del año 2011. La actividad de atención a pacientes comenzó a llevarse a cabo desde el día 2 de noviembre del año 2011.

La Misión es Proporcionar servicios de salud integrales, enfocados en la calidad, la equidad y la eficiencia, desarrollar actividades de investigación y docencia para formar profesionales de la salud, Contribuir a la mejora continua de la calidad de vida de los ciudadanos de la región Lambayeque.

La Visión es Proporcionar servicios de salud integrales, enfocados en la calidad, la equidad y la eficiencia, desarrollar actividades de investigación y docencia para formar profesionales de la salud, contribuir a la mejora continua de la calidad de vida de los ciudadanos de la región Lambayeque.

La ubicación del Hospital es Pro. Augusto B. Leguía Nro. 100 (Esquina con Av. Progreso N. 110 -120) - Chiclayo - Chiclayo – Lambayeque.

Figura 2: Ubicación del Hospital Regional de Lambayeque



Nota: Google Earth – Elaboración propia

Los datos que han sido recolectados de diversas fuentes de información son objeto de interpretación y análisis detallado. Durante este proceso, se extraen aquellos datos que son relevantes y que están directamente relacionados con la pregunta de investigación formulada. Al mismo tiempo, se proporciona respuestas a los objetivos que han sido establecidos previamente. Es importante señalar que las variables que se manipulan en este contexto se fundamentan en el mantenimiento de la gestión estatal, cuyo análisis se desglosa en diversas dimensiones que permiten una comprensión más profunda de la situación explorada.

La totalidad, es decir, el 100 % de las personas que participaron en la encuesta señaló que la creación de un plan anual destinado al mantenimiento preventivo de las instalaciones eléctricas se considera una herramienta invaluable. Esta herramienta permite a los gerentes del Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la Región Lambayeque, administrar de manera eficiente los recursos necesarios para poder cumplir con los procedimientos que están basados en las condiciones actuales de las instalaciones.

Realización de acciones programadas para el mantenimiento preventivo que se conocen como mantenimiento basado en condiciones (CBM, por sus siglas en inglés). Los dispositivos que utilizan energía eléctrica están específicamente diseñados para operar de manera óptima a un voltaje específico. Su rendimiento será efectivo y satisfactorio, siempre y cuando el voltaje que se les aplique no se desvíe excesivamente de los límites establecidos.

Revisión visual.

Se llevó a cabo una exhaustiva inspección visual de todas las instalaciones del hospital, en la que se consideraron detenidamente todos los paneles de control, tanto los primarios como los secundarios. Además, se evaluaron los interruptores, incluyendo aquellos que son monofásicos y trifásicos. Se revisó todo el cableado y las tuberías presentes, así como las luminarias instaladas en el recinto. Asimismo, se realizó un análisis de los circuitos de los tomacorrientes, se verificaron los equipos médicos esenciales y los equipos de oficina que se utilizan en el día a día. Por último, se tuvo en cuenta cualquier tipo de carga eléctrica que pudiera estar presente en las instalaciones.

Tomando como referencia el Hospital Regional de Lambayeque, que se encuentra en la Región Lambayeque, se puede observar que hay una variedad de lámparas incorporadas en el sistema de iluminación. Es importante destacar que, cuando la tensión eléctrica disponible es inferior a la tensión nominal establecida para esas lámparas, el flujo luminoso que estas emiten tenderá a disminuir. Por ejemplo, en un escenario donde el voltaje experimenta una reducción del 10 %, el flujo luminoso se verá reducido a un 70 % de su valor nominal original. Por otro lado, si se presenta una situación en la que la tensión supera la tensión nominal, esto resultará en una disminución de la vida útil de la lámpara, que podría acortarse en un 30 % respecto a su duración normal esperada. En las lámparas fluorescentes, el modo en que funcionan es de tal manera que el flujo de luz que producen presenta variaciones sutiles en comparación con el flujo de luz de las lámparas incandescentes. Por otra parte, es importante tener en cuenta que un voltaje que sea excesivamente bajo podría influir negativamente en el proceso de arranque del sistema. En términos

generales, es importante mencionar que la lámpara habitualmente no se encenderá adecuadamente si el voltaje que se le aplica es inferior al 90 % de su voltaje nominal. Por otro lado, si el voltaje aplicado es demasiado elevado, se producirá un sobrecalentamiento en el balastro, lo que afectará de manera negativa tanto a las condiciones de voltajes altos como a las de voltajes bajos. Esto, a su vez, resultará en una reducción significativa de la vida útil de la lámpara en cuestión.

Artefactos

Los dispositivos eléctricos que tienen la capacidad de convertir la energía eléctrica en luz están compuestos por una variedad de tipos de lámparas, cada una con sus características y funciones específicas.

Todos los dispositivos y artefactos han sido instalados adecuadamente en su nivel correspondiente, utilizando diversos aditamentos y accesorios que se encuentran dispuestos en una línea recta. Estos artefactos están tanto empotrados en la estructura como suspendidos, y entre ellos se incluyen luminarias del modelo 843, que cuentan con características herméticas. Estos modelos poseen una óptica satinada y están equipados con un cristal que soporta lámparas de 2x36 W, además de estar diseñados para cumplir con la clasificación IP 65. La alimentación necesaria para su funcionamiento es de 230V/240V y 60Hz, y están dotados de reactancia electrónica para optimizar su rendimiento. Adicionalmente, estos dispositivos están protegidos con un sistema de seguridad de 6,3 A, y su montaje se ha realizado utilizando la tecnología DALI, que permite un control eficiente de la iluminación.

Tabla 2: Detalle de las luminarias instaladas en el Hospital Regional de Lambayeque

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LOS ARTEFACTOS	UND.	CANT.	KW
1	Luminaria 843 hermética -óptica satinada más cristal 2x36 WIP 65	Equipo	85	6.1
2	Luminaria 829 hermética con cristal prismático 4 x 18 wIP54	Equipo	55	4.0
3	Lumínaria para cabecera 7204 serena luz directa 20 W e interruptores	Equipo	24	0.5
4	Luminaria luz de guardia 20 W tipo ahorrador	Equipo	21	0.4
5	Luminaria de pared (braquetes SS. HH) tipo globo de 20 W	Equipo	38	0.8
6	Luminaria cobra LED (exterior) 150w	Equipo	11	1.7
7	Luminaria luz de paso 20 W	Equipo	10	0.2
8	Luminaria luz piloto llamado de enfermeras 20 W	Equipo	23	0.5
9	Equipo luz de emergencia portátil tipo chalimex con 2lámparas 16 W	Equipo	46	1.5
10	Farola difusora transparente antivandálico con lámpara devapor de sodio de 70 W tipo globo	Equipo	13	0.9
11	Equipo lámpara cialítica de 350 W	Equipo	2	0.7
12	Luminaria ultravioleta con lámpara UV Germicida de 30 W.	Equipo	8	0.2
13	Luminaria COVER IP40 IK08 33 W	Equipo	33	1.1
TOTAL, POTENCIA INSTALADA				18.5

Nota: Elaboración propia

Sistema de Iluminación.

De acuerdo con el exhaustivo análisis presentado en la Tabla 2, que proporciona un detallado desglose de las luminarias que se han instalado en el Hospital Regional de Lambayeque, se puede concluir que las unidades de iluminación que han sido seleccionadas, basándose en sus especificaciones técnicas, presentan serias deficiencias. Esta situación es preocupante, ya que dichas luminarias están generando un notable consumo energético, alcanzando una potencia de 18.5 kW. Este elevado consumo se traduce en un costo significativo para la entidad, lo que

resulta en una carga financiera que podría ser evitada. Es importante tener en cuenta que la iluminación debería optimizarse de manera que se maximice la luminosidad mientras se minimizan los gastos asociados, de acuerdo con el principio de que debería haber "Más luz – menos costo". En la actualidad, se ha vuelto sumamente sencillo llevar a cabo el ahorro de energía gracias a los avances en las tecnologías modernas de iluminación. Estas innovadoras soluciones no solo contribuyen a la reducción del consumo energético, sino que también desempeñan un papel crucial en la mejora de la calidad de la luz. En el contexto de los hospitales, el uso eficiente de la electricidad para la iluminación está intrínsecamente relacionado con el tipo de equipamiento empleado. Es esencial garantizar una iluminación adecuada en diversas áreas, incluyendo salas de espera, pasillos, oficinas y otros espacios funcionales. Esta correcta disposición y diseño de la iluminación no solo optimizan el funcionamiento de las instalaciones, sino que también representan una oportunidad significativa para disminuir el consumo energético.

No se trata simplemente de apagar la luz en todas las ocasiones, sino de implementar soluciones que sean energéticamente eficientes y que también ofrezcan una iluminación de alta calidad. En este contexto, es importante mencionar que las tecnologías de iluminación más modernas tienen el potencial de disminuir el consumo de energía en hasta un impresionante 60%. Esto no solo resulta en una menor factura de energía, sino que también asegura que la calidad de la luz que reciben tanto los pacientes como el personal de salud sea considerablemente mejor. Además, el diseño del espacio en sí puede desempeñar un papel crucial en la promoción del ahorro energético; por ejemplo, si el cielo raso y las paredes están diseñados con materiales que poseen un alto grado de reflexión, se requerirá

menos energía para alcanzar la misma intensidad de luz necesaria en el entorno.

Figura 3: Evidencia de las luminarias instaladas en el Hospital Regional de Lambayeque



Nota: Elaboración propia

Tabla 3: Cuadro comparativo de eficiencia energética de luminarias

Tecnología	Tiempo de Vida (horas)	Lm/W	Temperatura de color Kelvin	CRI	Tiempo de Encendido	Potencia Media W	Costo promedio S/.
Incandescente	1.000 - 5.000	11- 15	2.800K	40	Instantáneo	100	2.00
Vapor de mercurio	12.000 - 24.000	13 -48	4.000K	15 – 55	Hasta 15min	250	20.00
Haluro metálico	10.000 - 15.000	60 - 100	3.000- 4.300K	80	Hasta 15min	400	150.00
HPS	12.000 - 24.000	45 - 130	2.000K	25	Hasta 15min	600	110.00
LPS	10.000 - 18.000	80 - 180	1.800K	0	Hasta 15min	600	120.00
Fluorescente	10.000 - 20.000	60 - 100	2.700- 6.200K	70 – 90	Hasta 15min	36	15.00
CFL	12.000 - 20.000	50 - 72	2.700- 6.200K	85	Hasta 15min	36	15.00
LED	50.000 - 100.000	70 - 150	2700-6.400K	85 – 90	Instantáneo	9	20.00

Fuente: Elaboración propia

Cargas instaladas.

El Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la Región Lambayeque, cuenta con diferentes tipos de cargas eléctricas, incluyendo tanto cargas monofásicas como cargas trifásicas. De estas, un porcentaje considerable corresponde a las cargas monofásicas, que están especialmente relacionadas con los circuitos de iluminación y con los circuitos de tomacorrientes, los cuales son esenciales para el correcto funcionamiento de diversos equipos médicos y electro médicos. Por otro lado, las cargas trifásicas desempeñan un papel fundamental, ya que se utilizan para alimentar equipos más grandes, incluyendo bombas de agua, elevadores, sistemas de aire acondicionado y máquinas industriales de lavandería. Dentro de este contexto, los equipos médicos y biomédicos que son considerados prioritarios y que se utilizan en la atención de los servicios de salud, se encuentran clasificados principalmente como cargas monofásicas, resaltando así su importancia en el ámbito de la sanidad.

Tabla 4: Cargas instaladas en el Hospital Regional de Lambayeque

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL BIEN	CANT	MARCA	MODELO	SERIE	POTENCIA (W)
1	REFRIGERADORA ELÉCTRICA DE 14 P3 P/ MEDICAMENTOS)	1	CIMSA	RS100A	L049	1,500
2	MAQUINA LUSTRADORA TIPO INDUSTRIAL	1	CHASQY	8D16NL	39498	2,000
3	MAQUINA LUSTRADORA TIPO INDUSTRIAL	1	CHASQY	8D16NL	39512	2,000
4	COCHE DE PARO	1	SM	SM	S/S	1,500
5	NEBULIZADOR ELÉCTRICO PORTÁTIL	1	THOMAS	1147	1114000	550
6	ASPIRADOR DE SECRECIONES DE SOBREMESA	1	THOMAS	1633GL	8145735	440
7	PULSIOXIMETRO ADULTO/PEDIÁTRICO	1	EDAN	H100	316012-M-15905970013	100
8	LAMPARA CIALITICA CON BATERIA	1	BERCHTOL D	CROMOPHAR E	7578180-T-466	650
9	ESTERILIZADOR DE CALOR SECO DE 35 LITROS.	1	MEMMERT	SN 55	B216.3672	500
10	ESTERILIZADOR A VAPOR DE A 25 LITROS	1	EURONDA	E9 INSPECTION	EHD160460	500
11	DETECTOR DE LATIDOS FETALES	1	EDAN	SONOTRAX	304127-M159	150
12	ECÓGRAFO PORTÁTIL	1	SAMSUNG	SONOACE R3	S0SMM3HG	500
13	ELECTRO CARDIOGRAMA	1	EDAN	SE-3	360447-M1590	500
14	DESTARTARIZADOR ULTRASÓNICO	1	WOODPECKER	UDS A LED	S1600022AL	280
15	EQUIPO DE RAYOS X DENTAL DIGITAL	1	KODAK CARESTREAM	CS 2200	EIYO004	1,500
16	UNIDAD DENTAL COMPLETA	1	RITTER	HANGING	KH12120105	1,500
17	FOTO POLIMERIZACIÓN	1	WOODPECKER	LED F	L1631829F	550
18	ESTERILIZADOR DE CALOR SECO DE 55 LITROS.	1	MEMMERT	SN 55	B216.3668	500
19	DESTARTARIZADOR ULTRASÓNICO	1	WOODPECKER	UDS A LED	S1600161AL	280
20	UNIDAD DENTAL COMPLETA	1	RITTER	HANGING	KH12120105	850
21	EQUIPO DE FOTO POLIMERIZACIÓN	1	WOODPECKER	LED F	L1631648F	150
22	ESTERILIZADOR DE CALOR SECO DE 55 LITROS.	1	MEMMERT	SN 55	B216.3666	500

Nota: Elaboración propia

Alimentadores y sus componentes.

El Hospital Regional de Lambayeque, que se encuentra en la Región Lambayeque, dispone de dos diferentes tipos de sistemas de alimentadores de energía eléctrica. Entre ellos, hay un alimentador de Media Tensión (MT), que es uno de los componentes esenciales para su funcionamiento adecuado. El sistema se compone de un transformador seco con una

capacidad de 800 KVA, así como de un grupo electrógeno de respaldo, también con una capacidad de 800 KVA. Este conjunto proporciona un nivel de fiabilidad superior, asegurando que se satisfaga el 100% de la demanda de energía requerida. Dicho sistema está en conformidad con lo que establece la Norma Técnica de Salud N° 110-MINSA/DGIEM-V.01, que aborda “Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del segundo nivel de atención”, específicamente en su numeral 6.2.4, el cual se refiere al Diseño de las instalaciones eléctricas, y dentro de este, el sub acápite 6.2.4.16 que se centra en los grupos electrógenos. Además, esta normativa se alinea con las especificaciones descritas en la sección 140-202 del Código Nacional de Electricidad (CNE). De esta forma, en el eventual escenario de que ocurra una falla en la línea, únicamente uno de los conjuntos de conductores que se encargan de la alimentación experimentará inconvenientes; lo cual permitirá que el alimentador paralelo que queda continúe beneficiando a la carga sin interrupciones. Para poder aumentar el factor de fiabilidad del sistema, es factible que los conductores se dispongan de manera separada y sigan diferentes trayectorias. En este contexto, es importante señalar que el costo de inversión se duplica en comparación con el de un alimentador radial. Sin embargo, resulta evidente que existe un mayor factor de confiabilidad para la línea. Esta consideración se vuelve particularmente relevante en el Hospital Regional de Lambayeque, localizado en la Región Lambayeque, dado que dicho hospital requiere mantener altos niveles de confiabilidad en su sistema eléctrico.

En el supuesto de que ocurra un corte en el suministro de la red de distribución eléctrica, el generador eléctrico debe proporcionar todas las garantías

necesarias para asegurarse de que inicie su funcionamiento en el momento adecuado.

Se requiere el menor tiempo posible para que la actividad en la sala de quirófano se lleve a cabo de manera eficiente.

Es fundamental que la calidad y la disponibilidad de los servicios de pruebas, así como la atención en el laboratorio y los procedimientos de hospitalización, se mantengan sin ningún tipo de interrupción o afectación.

El impacto financiero que puede acarrear un corte de energía, incluso si solo dura unos breves minutos, dentro de un entorno hospitalario es

Resulta bastante complicado llevar a cabo una cuantificación precisa, tanto en lo que respecta a aspectos económicos como en lo que concierne a la dimensión humana. Es muy probable que las repercusiones de esta situación den paso a una innumerable cantidad de problemas que serán difíciles de manejar y resolver.

Para abordar y resolver esta situación de manera efectiva, es fundamental priorizar y asegurar en todo momento la protección y el bienestar de los pacientes. En este contexto, los hospitales y los centros de emergencias deben contar obligatoriamente con grupos electrógenos que sean completamente fiables e infalibles. Es decir, necesitan establecer un sistema de suministro de energía de emergencia que proporcione electricidad sin interrupciones, incluso en el caso de que se produzca algún tipo de fallo en la red eléctrica.

Subestación tipo pad monted de 800 KVA.

La subestación eléctrica que se ubica en el Hospital Regional de Lambayeque, que forma parte de la Región Lambayeque, está constituida por una estructura metálica que incluye un módulo principal que alberga la cabina del transformador. Además, hay otro módulo diseñado específicamente para contener los terminales que se utilizan para realizar las conexiones eléctricas. Este segundo módulo, a su vez, está segmentado en dos compartimientos distintos: uno que maneja la media tensión y otro que se encarga de la baja tensión. En conjunto, todos estos módulos dan lugar a un sistema integrado que permite el correcto funcionamiento de la subestación.

Los diferentes compartimientos que albergan los terminales de alta y baja tensión se encuentran separados por una sólida barrera de metal. De este modo, se puede observar que el compartimiento dedicado a la baja tensión se localiza a la derecha, mientras que el compartimiento correspondiente a la media tensión se halla a la izquierda.

La subestación eléctrica cuenta con un total de dos puertas que están enclavadas de manera mecánica. Este diseño permite el acceso a un compartimiento que alberga la media tensión, especificada en 10.5 KV, que proviene de la subestación ubicada en Chiclayo Oeste. Desde este punto de conexión, la energía se distribuye eficientemente en niveles de baja tensión, específicamente a 220 V, que es la medida necesaria para abastecer al "Hospital Regional de Lambayeque", que se encuentra en la Región Lambayeque.

Especificaciones técnicas del transformador

El transformador, que pertenece a la categoría conocida como pedestal, ha sido específicamente diseñado para su funcionamiento en condiciones al aire libre, lo que significa que puede resistir diversos factores ambientales. Este dispositivo está instalado sobre una sólida base de concreto, lo cual proporciona estabilidad y seguridad. Por lo tanto, la instalación de este tipo particular de transformador asegura que las personas puedan circular alrededor de él sin enfrentar riesgos significativos. Además, se encuentra conectado a un sistema de distribución eléctrico que está ubicado bajo tierra, lo que contribuye a la seguridad y a la eficiencia del suministro eléctrico en la zona.

Altitud - Máxima (m.s.n.m.) 4500 - Mínima (m.s.n.m.)

Temperatura - Máxima (°C) 40 - Mínima (°C) -15 - Media (°C) 20

Humedad Relativa - Máxima (%) 99 - Mínima (%) 20 - Media (%) 50

Arrollamiento tipo H

Potencia del transformador 800 KVA

Tensión primaria 10.5 KV

Tensión Secundaria 220 V

Factor K1

Frecuencia 60 Hz

Grupo electrógeno automático (ATS).

Este tipo específico de máquina electrógena, que incluye un interruptor de transferencia automática, está equipado con un sistema de control que se basa en la tecnología de un microprocesador. Este componente avanzado

permite que el grupo electrógeno realice una serie de funciones que son sumamente útiles para:

- Operación
- Protección
- Supervisión

Especificaciones técnicas del grupo electrógeno.

Marca: Marelly Caterpillar

Tensión de trabajo: 127/220 V.

Potencia: 400 KVA

Frecuencia: 60 Hz.

Velocidad de giro: 1800 rpm

Regulación de voltaje AVR ± 1.5 % entre vacío y plena carga

Regulación de frecuencia ± 1 %

Eficiencia mínima 93 %

Año de fabricación: 2016

Sistema de transferencia automática de 800 KVA.

Bajo circunstancias habituales y situaciones normales de operación, la energía eléctrica que se necesita para alimentar la carga es proporcionada por la red de servicio público, la cual se alimenta desde una Subestación o una casa de fuerza. Sin embargo, en el caso de que ocurra una falla o se presente una condición anómala en esa red de servicio público, el sistema tiene la capacidad de transferir la energía eléctrica de la fuente principal a una fuente auxiliar o de emergencia para garantizar la continuidad del suministro

eléctrico. En el momento en que se restablece la energía de manera adecuada y satisfactoria a partir de la red pública, el sistema de transferencia tiene la capacidad de detectar dicho restablecimiento y proceder a reconectar la carga al suministro eléctrico normal que se utiliza normalmente.

Los sistemas de transferencia están compuestos fundamentalmente por diversos elementos que desempeñan un papel crucial en su funcionamiento:

- Un conmutador o interruptor de transferencia
- Un mecanismo de enclavamiento
- Un circuito de control
- Dispositivos de medida y señalización

Por lo tanto, el concepto de transferencia se refiere a la acción que implica establecer una conexión de la carga eléctrica desde la fuente de energía principal hacia una fuente auxiliar o de emergencia, garantizando así un suministro continuo y eficiente de electricidad en situaciones críticas.

Por otro lado, el proceso conocido como re-transferencia se refiere a la acción de restablecer la conexión de la carga desde la fuente de energía auxiliar hacia la fuente de energía principal, pero esto solo ocurre una vez que se han restaurado las condiciones normales que aseguran un funcionamiento adecuado y satisfactorio de la carga en cuestión.

Tableros eléctricos.

A excepción de lo que ha sido estipulado en el Código Nacional Eléctrico, se puede afirmar que todos los paneles eléctricos cuentan con un sistema de protección establecido.

termo magnético diferencial. En lugares que son considerados de gran

importancia y riesgo, tales como los quirófanos, las unidades de cuidados intensivos y las salas designadas para el parto, se encuentran instalados pavimentos que poseen características dieléctricas y que son antiestáticos. Estas superficies especiales han sido implementadas con el propósito de prevenir la aparición de corrientes de fuga, las cuales podrían representar un grave peligro para la vida de los pacientes. En determinadas situaciones, estas corrientes de fuga no solo pueden poner en peligro la seguridad de los pacientes, sino que incluso podrían llegar a causarles la muerte. En consecuencia, con el fin de proporcionar de manera adecuada energía eléctrica a estas zonas específicas, es imperativo que los equipos utilizados sean meticulosamente diseñados y luego sometidos a un proceso de aprobación que se alinee con normas que detallan los requisitos esenciales que deben cumplir los dispositivos eléctricos en las áreas que son consideradas críticas para la atención médica.

En el hospital, los tableros de distribución se presentarán en dos variantes, es decir, en modalidades adosadas y empotradas. Estos tableros estarán estratégicamente situados en diversas áreas del hospital para garantizar el mejor funcionamiento posible. Existen, además, dos categorías de dichos tableros: aquellos que son considerados como tableros de distribución normales, que operan en condiciones estándar, y los que son designados como tableros de distribución de emergencias, los cuales están preparados para funcionar en situaciones críticas.

Los paneles eléctricos modelo TN y TE contarán con la inclusión de

interruptores automáticos de la marca ITMG, que brindarán una mayor seguridad y eficiencia en el funcionamiento del sistema eléctrico.

(ITM) se refiere a la implementación de medidas y normativas aplicables a todos los circuitos derivados, incluyendo tanto los circuitos destinados a la iluminación como aquellos circuitos destinados a tomacorrientes.

Especificaciones técnicas del tablero de transferencia.

Gabinete tipo mural.

Gabinete de tipo mural de 0.70 x 1.50 x 0.30 m (ancho x alto x profundidad), puertas con bisagras, placa entrada de cables en la parte inferior de la caja, con grado de protección IP 66/NEMA4.

Marca: Socomec

Material: chapa de acero

Muerta: chapa de acero, junta continua de poliuretano inyectado.

Superficie: armario y puerta con imprimación por inmersión, exterior texturizada y placa de montaje galvanizada

Estándares de calidad: IP 66/NEMA4. Tensión: 220 v

Frecuencia: 60 Hz.

Tiempo de respuesta: 3 Seg.

Corriente Max.: 630 Amp.

Módulo de control eléctrico: trifásico

Grado de protección: IP 66/NEMA4.

Protección: contra humedad y polvo

Todo interruptor de transferencia debe ser capaz de operar con carga y debe cumplir con los requerimientos de la empresa suministradora de energía, tal

como lo establece la sección 140-304 CXNE.

Módulo de control

El controlador se encuentra completamente dedicado y enfocado en las aplicaciones que requieren un tipo de conmutación automática. Su función principal es llevar a cabo un monitoreo constante de los cambios que pueden ocurrir en el voltaje de la red eléctrica. Esto incluye la detección de situaciones en las que el voltaje es excesivamente bajo, así como aquellos escenarios en los que hay un sobrevoltaje. Además, el controlador también supervisa variaciones en la frecuencia, ya sea que esta sea demasiado baja o, por el contrario, demasiado alta. Por último, también se ocupa de identificar cualquier tipo de desequilibrio que pueda existir en los niveles de voltaje. Cuando la energía que se produce y distribuye en la red eléctrica presenta una desproporción significativa, se genera y envía una señal indicativa para alertar sobre esta situación.

Para poder activar el grupo electrógeno, se necesita realizar el procedimiento de disparo correspondiente. Este conjunto de datos es recogido y organizado meticulosamente por el controlador del sistema, quien a su vez emite de manera inmediata un comando que inicia el proceso.

Se debe realizar un cambio en la posición del interruptor, pasando de la configuración de normal a la de emergencia.

Función: Conversión entre grupos electrógenos, transición en circuito abierto entre fases.

Tablero general TG auto soportado.

Se trata de un tablero que pertenece a la categoría de auto soportado y ha sido diseñado utilizando un método de construcción modular. Este tablero cuenta con una estructura elaborada con placas de 3/32 de pulgada de grosor, además de incluir tapas laterales y traseras. Todo esto ha sido fabricado con acero LAF, que presenta un espesor de 1.5 milímetros.

La puerta de entrada ha sido elaborada utilizando una plancha de fierro con un grosor de 3/2 pulgadas. Además, se ha incorporado fierro angular que mide 1.5 por 1.5 pulgadas con un grosor de 1/8 de pulgada, todo ello complementado con una chapa de seguridad que ha sido tratada con capado químico. Para asegurar su durabilidad, se han aplicado bases anticorrosivas y se ha utilizado pintura de acabado en un tono conocido como RAIL 7032. Analizador de red (en la puerta) para indicar presencia de red o energía con IP 41 protección 1. K=09.

Tabla 5: Tableros de distribución de Hospital Regional de Lambayeque - I máx.

Tableros (población)	I máx. de termomagnéticos instalados (Amp)	U (V)	P máx. calculado (KW)
TG	600	220	224.4
TD-01	100	220	22
TD-02	30	220	6.6
TD-03	40	220	8.8
TD-04	40	220	8.8
TD-05	40	220	8.8
TD-06	40	220	8.8
TD-07	30	220	6.6
TD-08	30	220	6.6
TD-09	40	220	8.8
TD-10	30	220	6.6.
TD-11	40	220	8.8
TD-12	40	220	8.8
TD-13	60	220	13.2

TD-14	30	220	6.6
TD-15	100	220	22
TD-16	100	220	22
TD-17	100	220	22
TD-18	100	220	22
TD-19	30	220	6.6

Nota: Elaboración propia

Tabla 6: Problemas identificados por tablero y sistema.

Tablero	Imáx. (A)	Pmáx. (kW)	Prioridad	Problema identificado	Acción CBM propuesta
TG	600	224.4	Muy alta	Concentración de carga principal; requiere termografía, limpieza, ajuste de barras, verificación de interruptor general y coordinación con transferencia.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-01	100	22.0	Alta	Tablero secundario de alta carga; requiere ajuste de conexiones, inspección de calentamiento, verificación de protecciones y balance de circuitos.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-02	30	6.6	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-03	40	8.8	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-04	40	8.8	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-05	40	8.8	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.

TD-06	40	8.8	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-07	30	6.6	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-08	30	6.6	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-09	40	8.8	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-10	30	6.6	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-11	40	8.8	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-12	40	8.8	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-13	60	13.2	Media-Alta	Tablero de carga media-alta; requiere revisión de derivaciones, protecciones, puntos calientes y continuidad del conductor de protección.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-14	30	6.6	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de	Termografía, medición de corriente/tensión,

				bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-15	100	22.0	Alta	Tablero secundario de alta carga; requiere ajuste de conexiones, inspección de calentamiento, verificación de protecciones y balance de circuitos.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-16	100	22.0	Alta	Tablero secundario de alta carga; requiere ajuste de conexiones, inspección de calentamiento, verificación de protecciones y balance de circuitos.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-17	100	22.0	Alta	Tablero secundario de alta carga; requiere ajuste de conexiones, inspección de calentamiento, verificación de protecciones y balance de circuitos.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-18	100	22.0	Alta	Tablero secundario de alta carga; requiere ajuste de conexiones, inspección de calentamiento, verificación de protecciones y balance de circuitos.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.
TD-19	30	6.6	Media	Tablero de distribución con necesidad de mantenimiento CBM: limpieza, torque de bornes, revisión de interruptores, identificación de circuitos y registro de carga.	Termografía, medición de corriente/tensión, apriete, limpieza, prueba de disparo y registro de condición.

Nota: Elaboración propia

Sistemas de respaldo.

Todos los centros de atención médica que operan a nivel secundario, lo que incluye específicamente al Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la Región Lambayeque, disponen de un suministro de energía eléctrica que es constante y altamente confiable. Se dispone de un sistema de energía alternativo que se encuentra en funcionamiento, el cual está conformado por un grupo electrógeno que cuenta con un sistema de encendido y transferencia

automáticos. Este sistema está diseñado específicamente para satisfacer la demanda de al menos el 100 % de los servicios considerados críticos. El sistema de aire acondicionado que se encuentra en el Centro Quirúrgico y en el área de Cuidados Intensivos de la Unidad Prestadora de Servicios de Salud (UPSS) es manejado y regulado por un sistema eléctrico diseñado específicamente para situaciones de emergencia. Para alcanzar este objetivo, se facilita una placa diseñada específicamente para la transferencia automática de energía, la cual está equipada con un interruptor de transferencia que permite gestionar de manera eficiente el cambio de fuentes de alimentación. El interruptor ha sido diseñado y fabricado con un avanzado sistema de seguridad que previene de manera efectiva la posibilidad de que tanto la potencia comercial como la energía proveniente del sistema de emergencia ingresen al mismo tiempo. “Dicho switch tiene

El dispositivo cuenta con dos configuraciones disponibles, que son la posición normal y la posición de respaldo. Este sistema incorpora un controlador o un módulo electrónico que permite el arranque automático del grupo electrógeno, así como su conexión a la carga, con un intervalo de tiempo ajustable que oscila entre 10 y 20 segundos. Es importante destacar que el sistema de control opera de manera automática y está equipado con su propia batería para garantizar su funcionamiento. Este sistema ha sido instaurado y se encuentra en funcionamiento bajo la supervisión y regulación del Ministerio de Salud, conocido como DGIEM.

4.2. Análisis de la data obtenida con el equipo de analizador de redes y determinar los parámetros de la calidad de energía en el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque

A. Resultados obtenidos en la subestación.

La situación que se presenta en la actualidad a nivel global, la cual ha sido originada por la crisis sanitaria provocada por la pandemia, ha impactado a la humanidad de maneras que resultan difíciles de imaginar y totalmente inesperadas. A pesar de los significativos avances alcanzados en los campos de la ciencia y la tecnología, este contexto ha dejado en evidencia cuán fundamental es contar con un suministro confiable de energía eléctrica en todos los aspectos de nuestra vida cotidiana. Es particularmente relevante destacar la crítica importancia de este recurso en aquellos lugares que son considerados vitales, como es el caso del Hospital Regional de Lambayeque, donde la continuidad del servicio eléctrico es esencial para el funcionamiento y la atención de los pacientes. Dado que la operación del sistema es crucial y se requiere constantemente, todos los días del año y a cualquier hora, resulta fundamental asegurar una disponibilidad de energía que sea alta y constante. En la actualidad, las instalaciones eléctricas que forman parte del sistema de respaldo están completamente operativas, alcanzando una efectividad del 100%. Esto se debe a que contamos con dos grupos electrógenos, cada uno con una capacidad de 400 KVA, así como un sistema de transferencia automática de 800 KVA que ha sido instalado en el hospital. Esta infraestructura permite llevar a cabo una optimización efectiva del sistema eléctrico en el Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la Región Lambayeque, facilitando así el mantenimiento basado en condiciones (CBM)

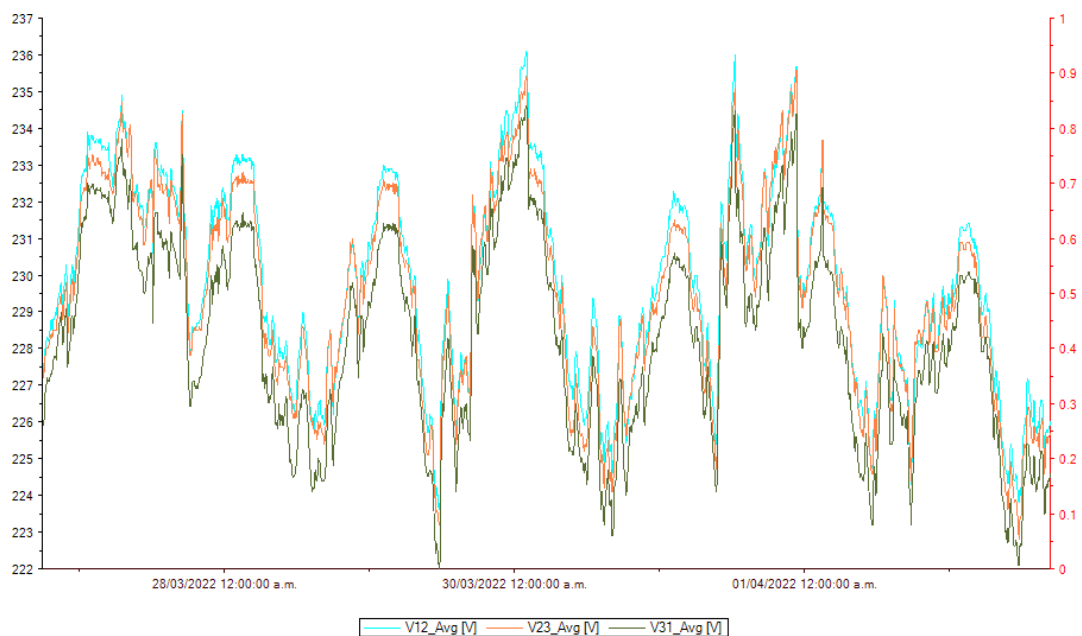
para asegurar su funcionamiento óptimo.

B. Resultado de las mediciones.

- a) Voltajes de Fase (Promedio)
- b) Corrientes de fase (Promedio y Máximo)
- c) Frecuencia (Promedio)
- d) Potencia Activa – Reactiva – Aparente (Promedio y Máximo)
- e) Factor de Potencia (Promedio)
- f) Armónicos (THD, Tensión, Corriente))
- g) Puesta a Tierra

a) Voltajes de fase

Figura 4: Gráfica de las tensiones de fase 1-2, 2-3, 3-1



Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

Tensión 1-2

Se puede notar claramente que esta tensión de fase presenta oscilaciones que se mantienen dentro de los rangos considerados normales, variando entre un valor mínimo de 225 voltios y alcanzando un valor máximo de 236 voltios. Esta información puede ser corroborada visualmente en la imagen adjunta, lo que sugiere que la tensión que se está proporcionando desde esta fase se encuentra dentro de los límites aceptables, los cuales son de $\pm 5\%$ en relación con el estándar de 220 voltios.

Tensión 2-3

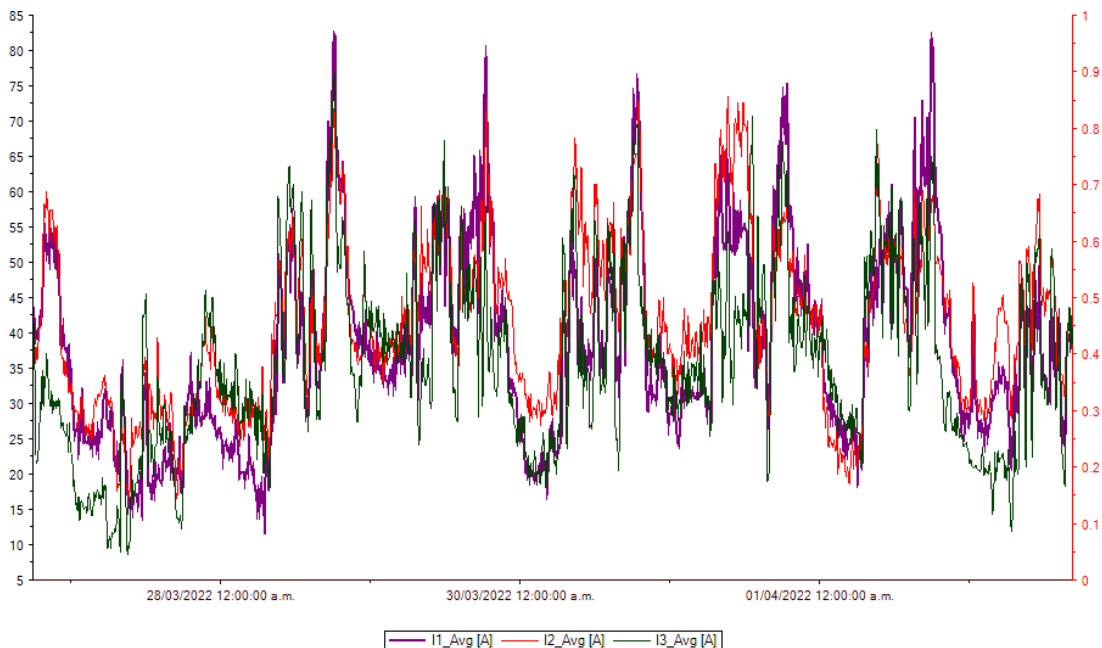
Se puede notar que la tensión de fase presenta variaciones que oscilan dentro de un rango que se considera normal. En este caso, se han registrado valores que van desde un mínimo de 223V hasta un máximo de 235.5V. Esta información es claramente visible en la imagen proporcionada, lo que indica que la tensión que es suministrada por esta fase específica se encuentra dentro de los parámetros aceptables, que corresponden a un margen de $\pm 5\%$ respecto al valor nominal de 220V.

Tensión 3-1

Es evidente que esta tensión de fase presenta variaciones que se mantienen dentro de los rangos considerados normales. En particular, los valores de tensión oscilan entre un mínimo de 222V y un máximo de 234.5V, lo cual queda claramente reflejado en la imagen que acompaña la información. Esto indica que la tensión suministrada por esta fase se encuentra dentro de los parámetros aceptables, ya que se sitúa dentro de un margen de $\pm 5\%$ respecto al valor nominal de 220V.

b) Corrientes de fase (Promedio)

Figura 5: Gráfica de las corrientes de fase (Promedio)



Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

Promedio de corriente 1

Se puede notar claramente que el comportamiento de la corriente eléctrica se presenta de manera normal, dado que experimenta un incremento en su flujo cuando los dispositivos o equipos están en funcionamiento y, por el contrario, muestra una disminución en su intensidad cuando dichos aparatos dejan de ser utilizados.

Promedio de Corriente 2

Se puede notar claramente que la corriente eléctrica exhibe un comportamiento que se puede considerar normal, dado que su nivel tiende a aumentar considerablemente en el momento en que los equipos están en funcionamiento y, por el contrario, disminuye cuando esos mismos

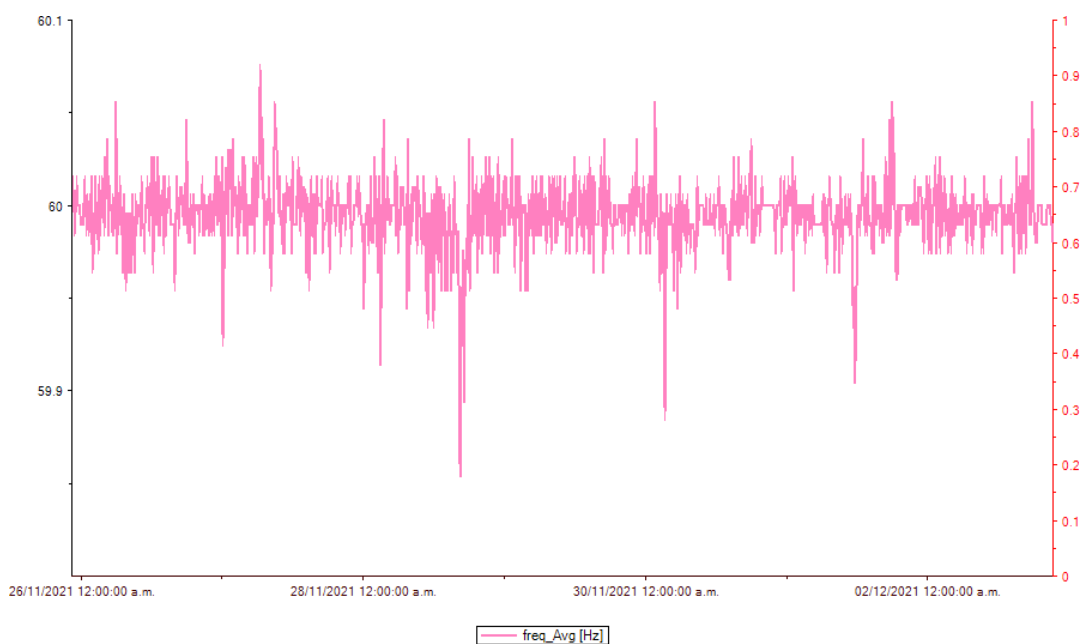
dispositivos dejan de estar en uso.

Promedio de Corriente 3

Se puede notar claramente que la corriente eléctrica presenta un comportamiento que puede considerarse normal, ya que experimenta un incremento en su valor cuando los equipos están en funcionamiento y, por el contrario, muestra una disminución en su nivel cuando dichos dispositivos dejan de ser utilizados.

c) Frecuencia (Promedio)

Figura 6: Frecuencia (Promedio)



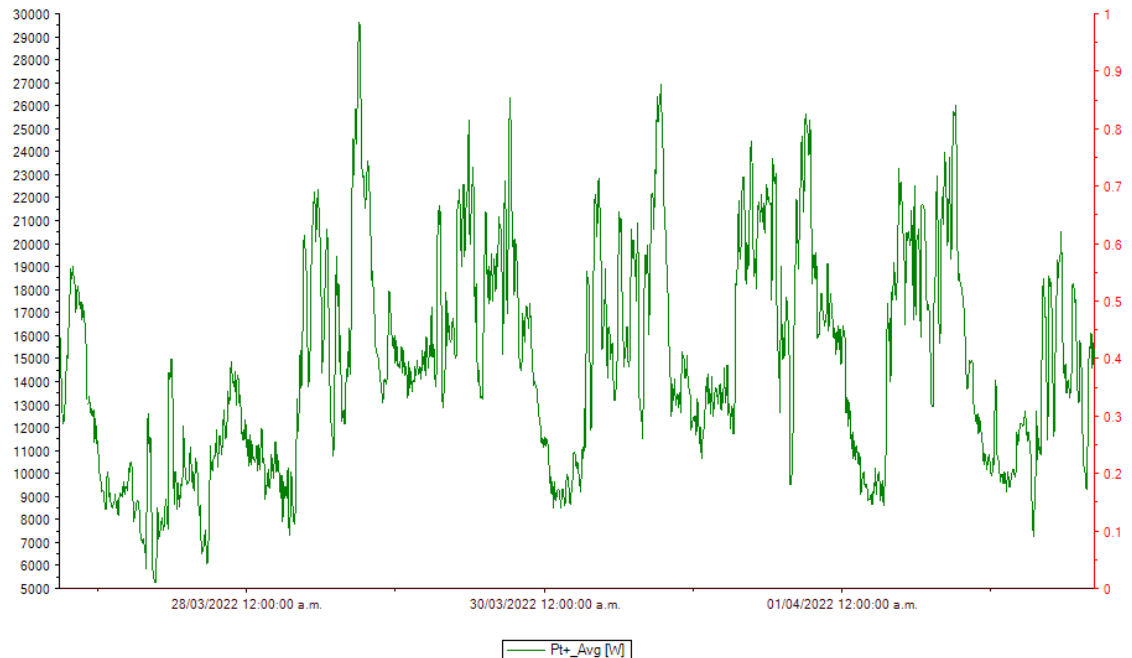
Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

Se puede notar con claridad que las fluctuaciones o variaciones constantes en la frecuencia se sitúan dentro del margen de tolerancia del uno por ciento (1%) respecto a 60Hz, lo que sugiere que la calidad de la energía eléctrica es satisfactoria y adecuada.

d) Potencia Activa, Reactiva y Aparente Grafica de Potencia Activa

Figura 7: Gráfica de potencia activa

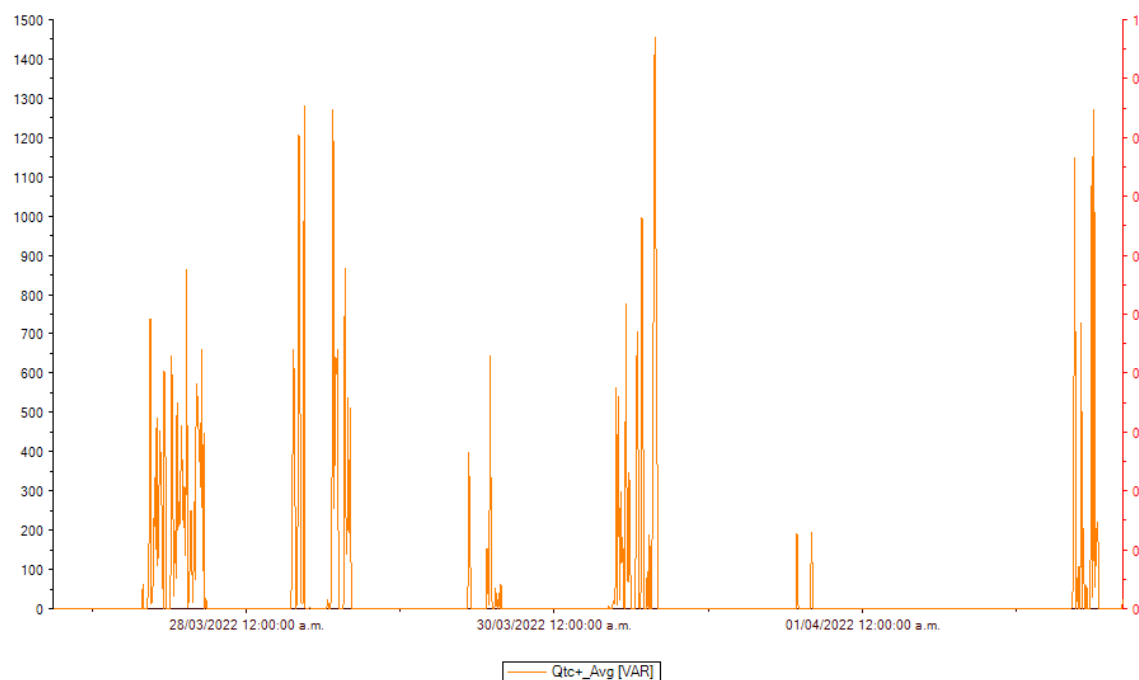


Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

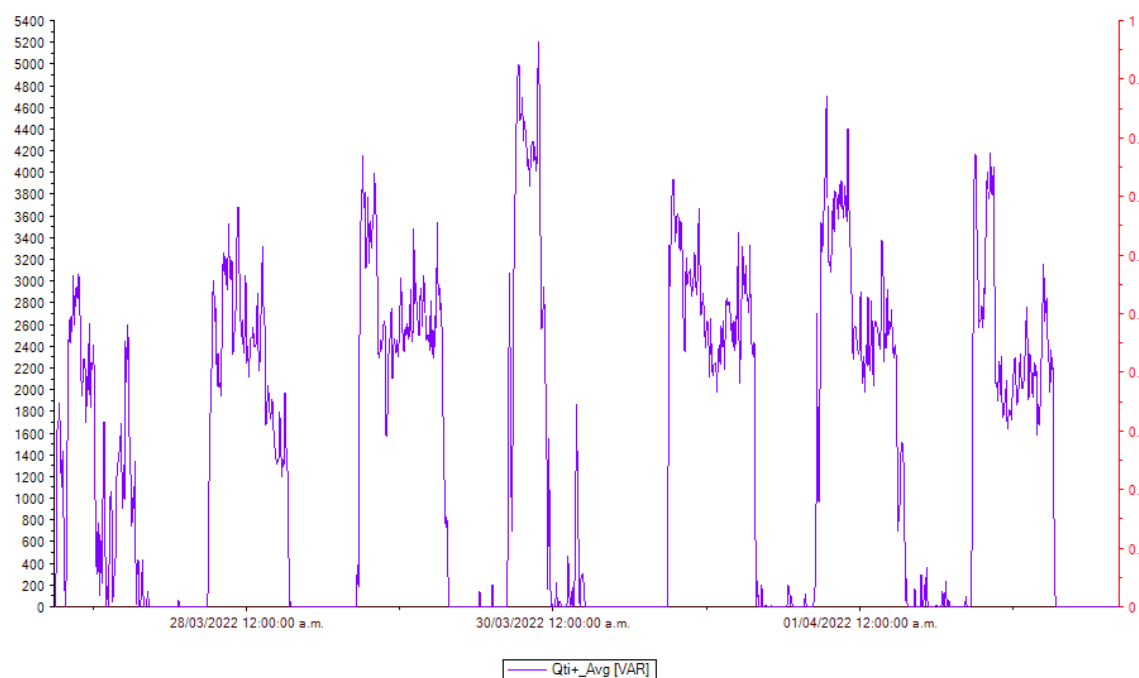
Se puede notar que la potencia activa, que es también denominada como potencia real, presenta un patrón de consumo que se considera normal. Este comportamiento se manifiesta de manera que la potencia activa tiende a aumentar cuando los equipos se encuentran en funcionamiento y, por el contrario, disminuye cuando dichos equipos dejan de operar.

Figura 8: Gráfica de potencia reactiva inductiva



Nota: Analizador de Redes

Figura 9: Gráfica de potencia reactiva capacitiva

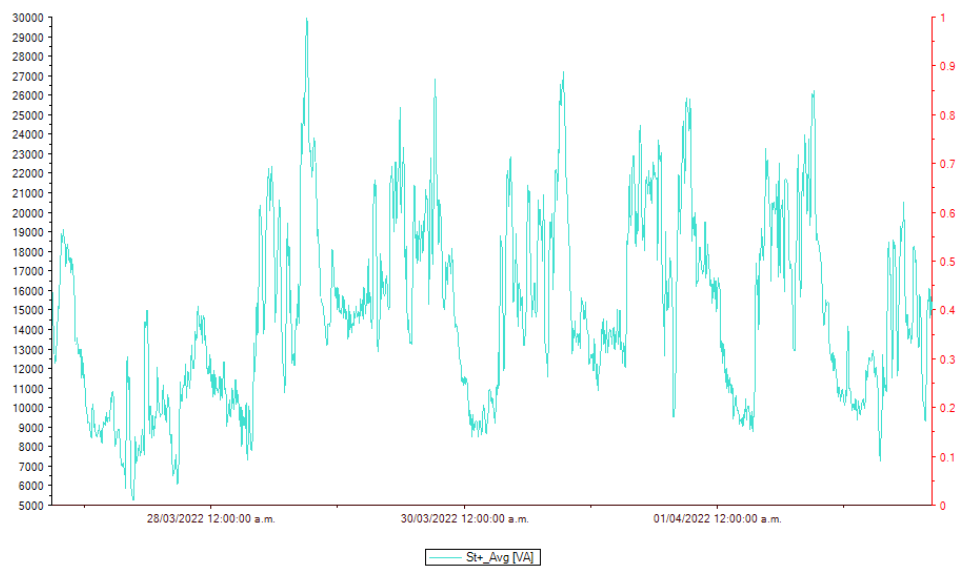


Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

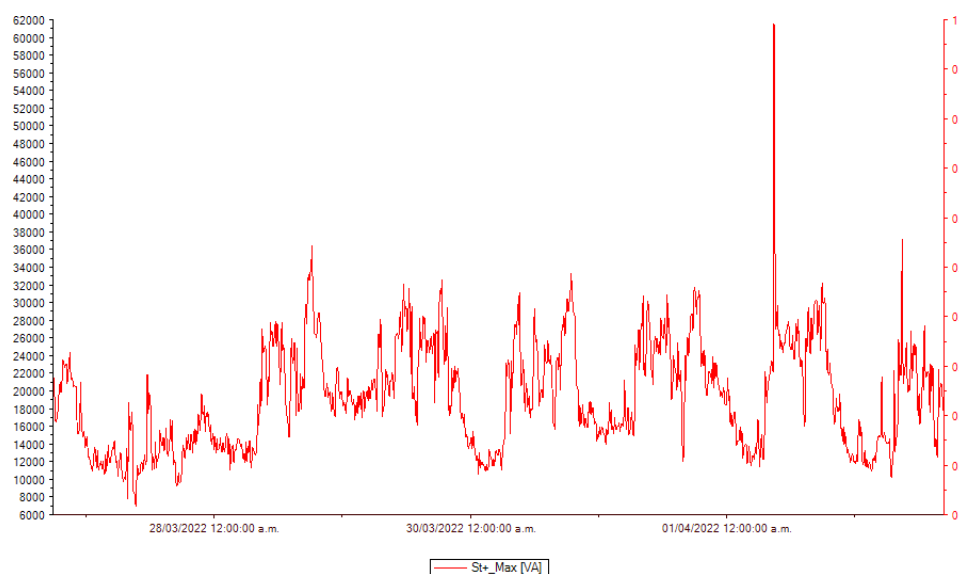
Se ha notado que las potencias reactivas, que incluyen tanto las de naturaleza inductiva como las de naturaleza capacitiva, no exceden el nivel de la potencia activa. Por lo tanto, se puede concluir que el sistema está operando de forma normal y dentro de los parámetros establecidos.

Figura 10: Gráfica de potencia aparente (promedio)



Nota: Analizador de Redes

Figura 11: Gráfica de potencia aparente (máxima)



Nota: Analizador de Redes

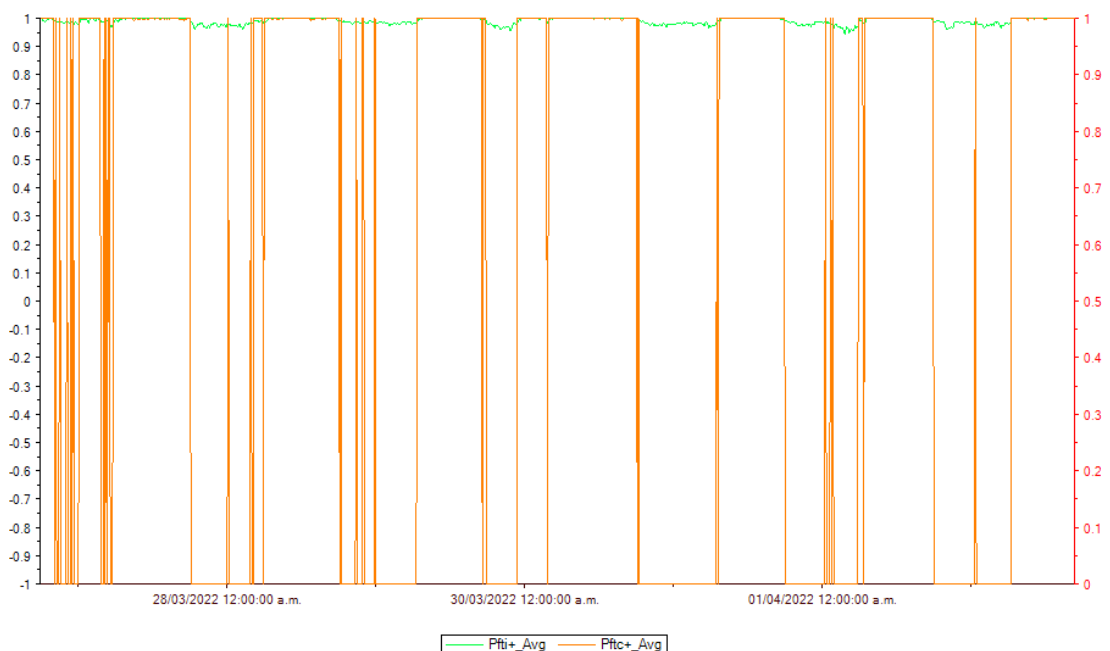
Interpretación:

Se puede notar que la potencia aparente, la cual representa la potencia total utilizada por un sistema, es superior a la suma de la potencia activa y la potencia reactiva. Esta situación implica que el sistema recibe una cantidad de potencia total que es adecuadamente suficiente para garantizar el correcto funcionamiento de todos los equipos involucrados.

La representación gráfica de la potencia reactiva máxima muestra que el valor máximo que alcanza la carga es de 62 kilovoltamperios, lo cual es un dato importante a considerar en el análisis del sistema.

e) Factor de potencia

Figura 12: Gráfico del factor de potencia inductivo y capacitivo



Nota: Analizador de Redes

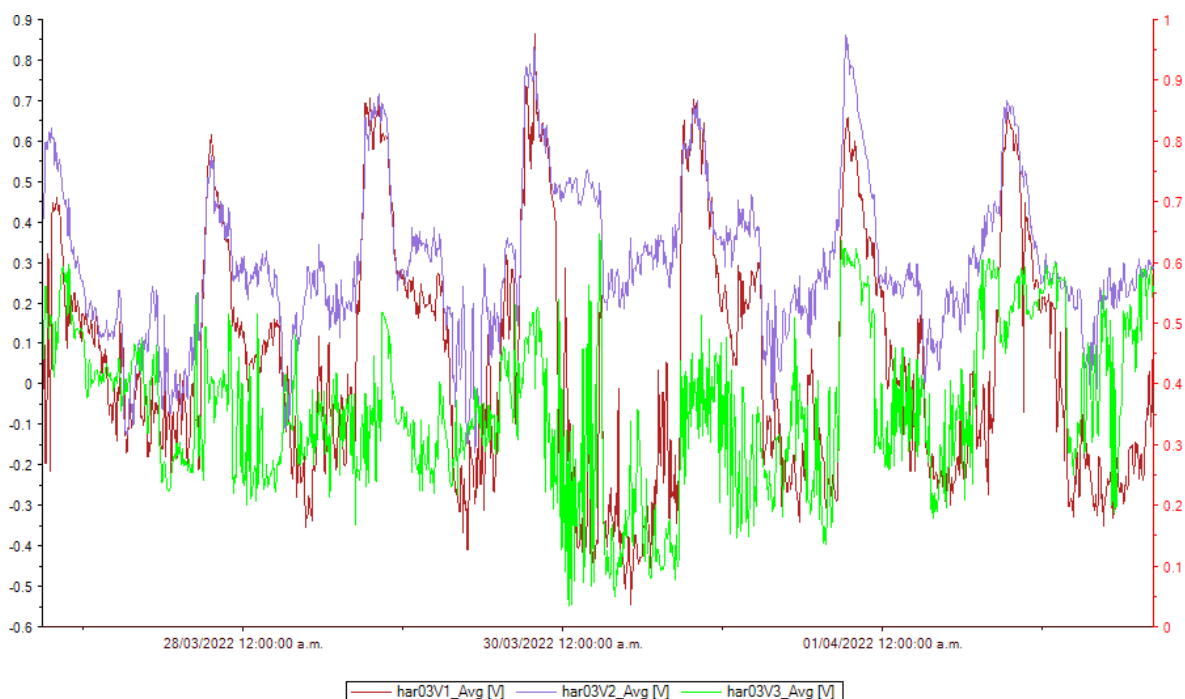
Interpretación:

Se puede notar que el factor de potencia no supera el valor de 1, lo que sugiere que se está experimentando una buena eficiencia en lo que respecta al consumo de energía.

f) Armónicos

Impares

Figura 13: Armónico de tensión de tercer grado en las 3 fases



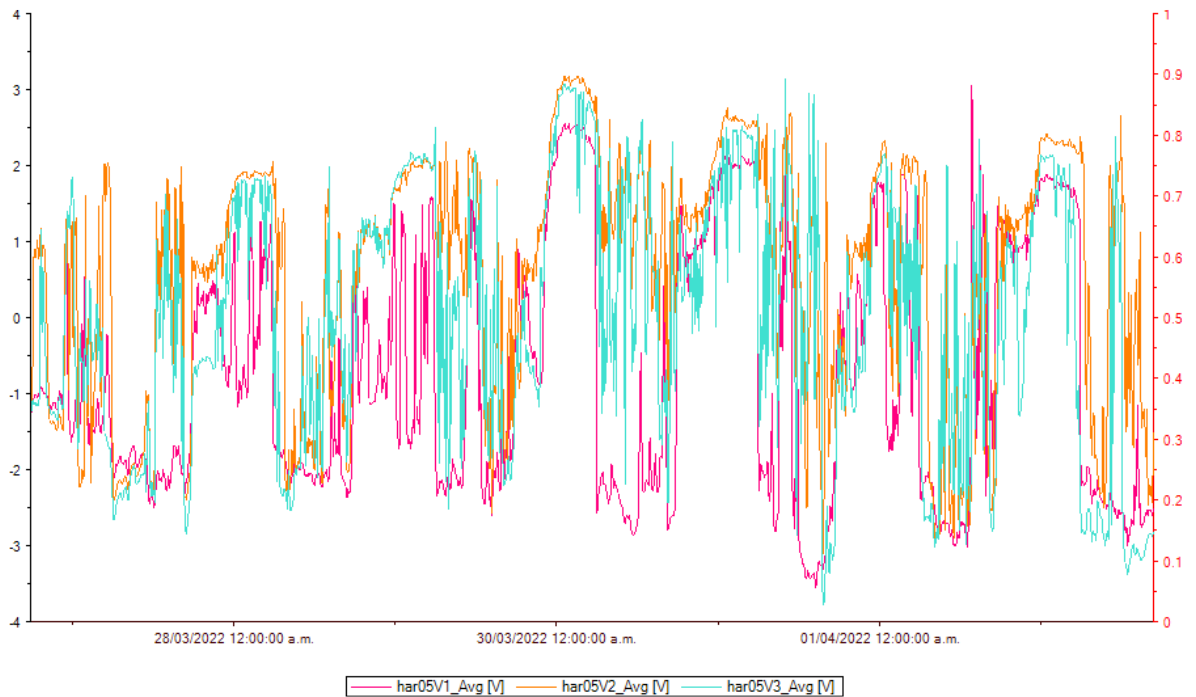
Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

Es evidente que no se han detectado picos de tensión que superen el 5% de la tensión nominal, de acuerdo a lo que estipula el decreto supremo. Referencing the document identified as 020-97-EM, specifically section 5.1 concerning tension, and also looking at appendix 5.1.2 which outlines the tolerances relevant to this subject matter. Las tolerancias permitidas en relación a las tensiones nominales que se encuentran en los puntos de entrega de energía, a lo largo de todas las fases y en todos los niveles de tensión, pueden llegar a ser de hasta un $\pm 5.0\%$ con respecto a dichas tensiones nominales. Sin embargo, cuando estamos hablando de redes secundarias que se clasifican como servicios urbano-rurales y/o rurales,

estas tolerancias se amplían hasta un $\pm 7.5\%$. Este hecho sugiere que la presencia de contaminación armónica en estas redes es bastante baja, lo que es un aspecto positivo a considerar.

Figura 14: Armónico de tensión de quinto grado en las 3 fases



Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

Se puede notar claramente que no hay registro de picos de tensión que superen el 6% del nivel de tensión nominal, de acuerdo con lo establecido en la normativa relacionada con la calidad de la energía. Esta información sugiere que la presencia de contaminación armónica en el sistema es bastante baja o escasa.

Figura 15: Armónico de tensión de séptimo grado en las 3 fases



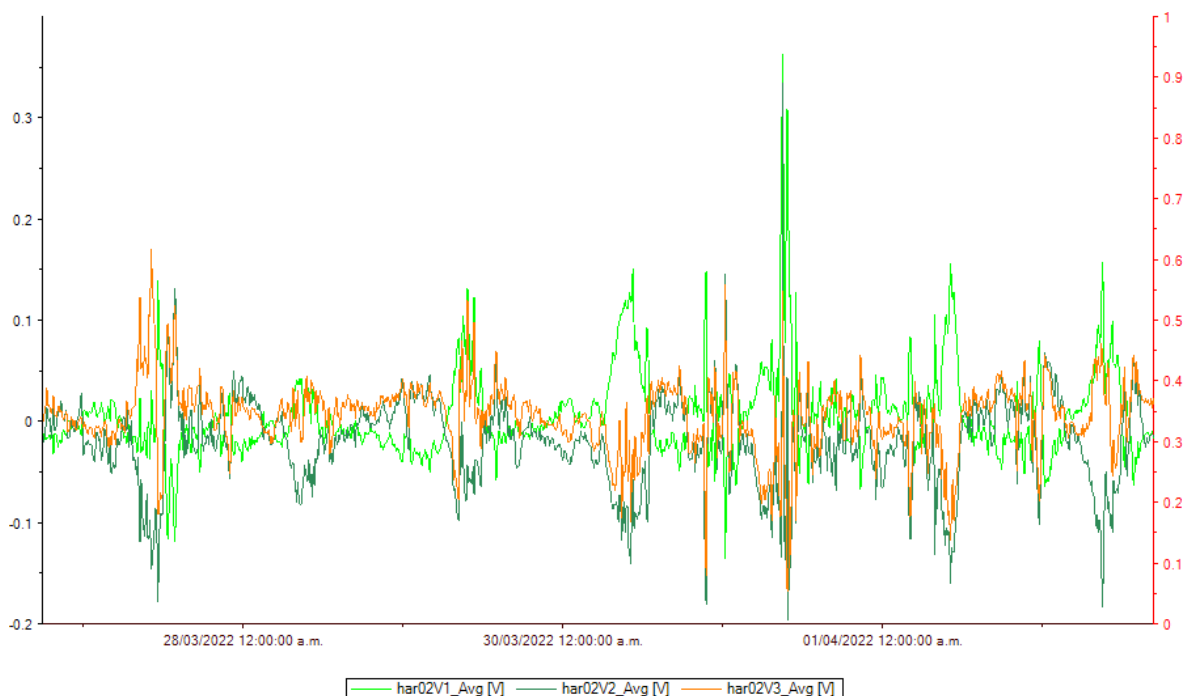
Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

Se ha observado que no se presentan picos de tensión que superen el 5% de la tensión nominal, conforme a las normativas establecidas para la calidad de la energía. Esto sugiere que hay una baja presencia de contaminación armónica en el sistema energético analizado.

Pares

Figura 16: Armónico de tensión de segundo grado en las 3 fases



Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

Se puede notar claramente que no se presentan picos de tensión que superen el 2% de la tensión nominal, de acuerdo con lo que establece la normativa relacionada con la calidad de la energía. Esto sugiere que, en consecuencia, la contaminación por armónicos es bastante baja.

Figura 17: Armónico de tensión de cuarto grado en las 3 fases

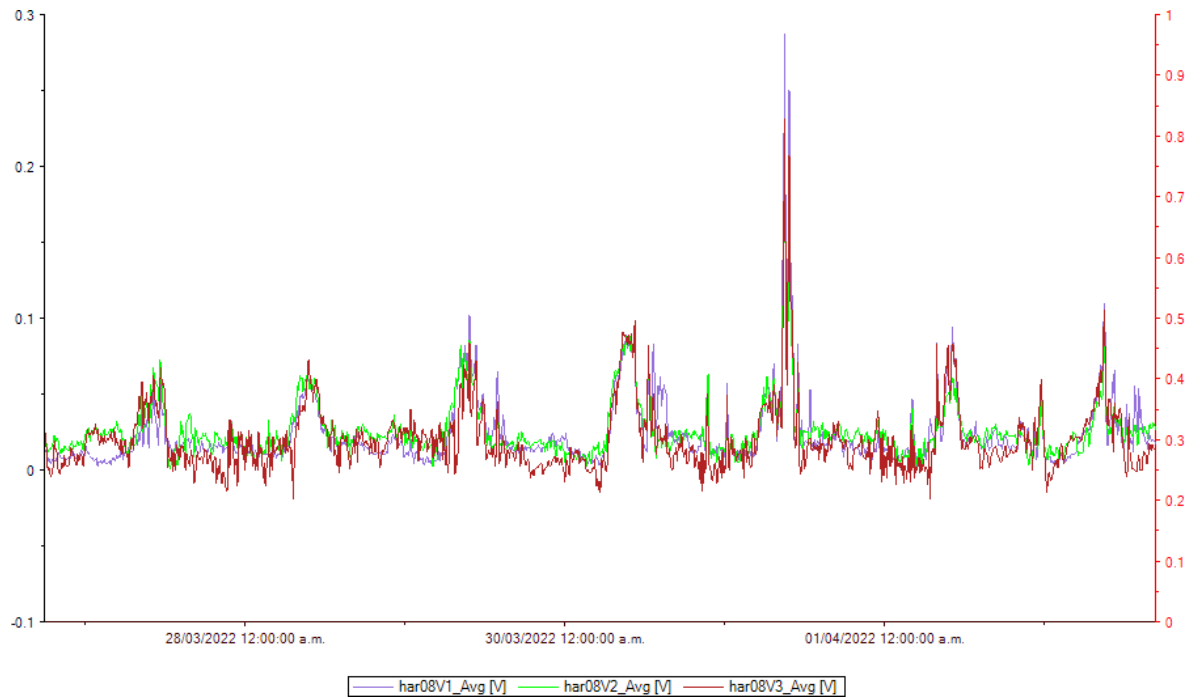


Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

Se ha notado que, tras un análisis detallado, no se presentan picos de tensión que excedan el 1% del valor nominal establecido (de acuerdo con la normativa de calidad de la energía). Este hallazgo sugiere que se puede concluir que el nivel de contaminación por armónicos en el sistema es bastante bajo.

Figura 18: Armónico de tensión de sexto grado en las 3 fases

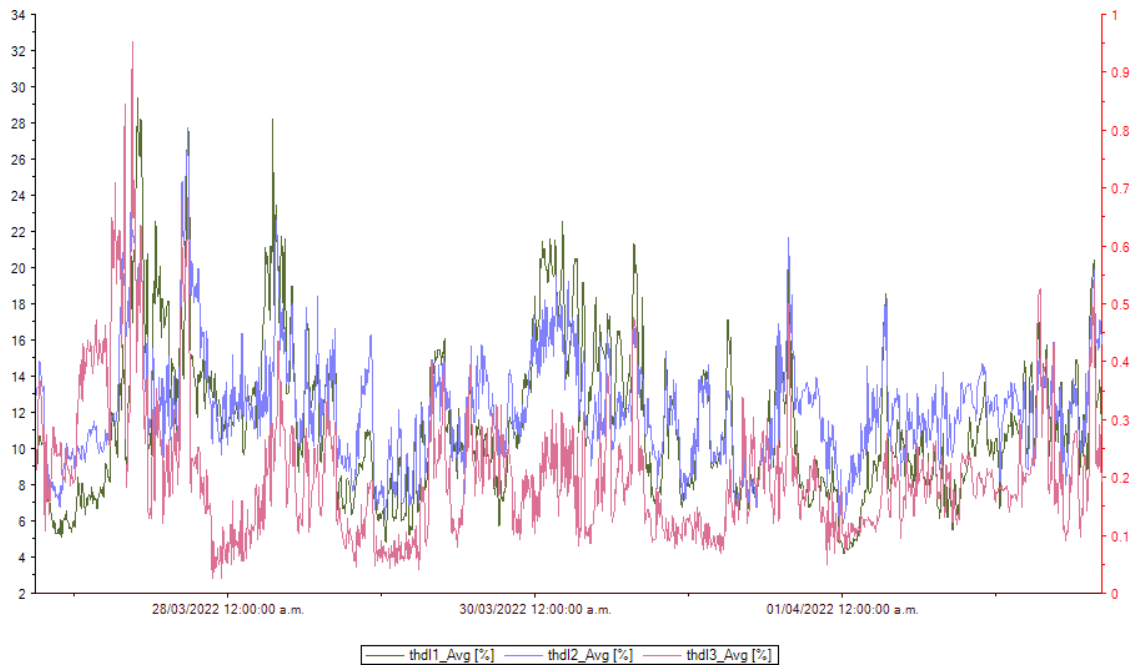


Nota: Analizador de Redes

Interpretación:

Es evidente que no se registran picos de tensión que superen el 0.5% de la tensión nominal, de acuerdo con las normativas establecidas para la calidad del suministro de energía eléctrica. Esto sugiere que la presencia de armónicos en el sistema es bastante baja, lo que implica un funcionamiento más eficiente y menos perturbaciones en la red eléctrica.

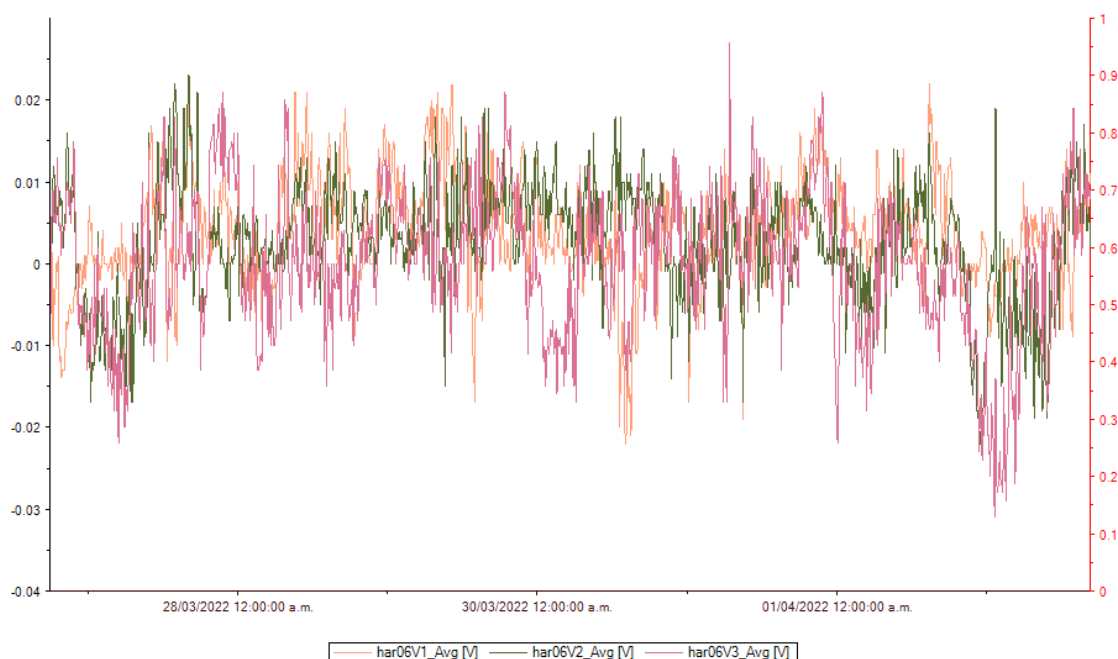
Figura 19: Armónico de tensión de octavo grado en las 3 fases



Nota: Analizador de Redes

Se puede notar que no se presentan picos de tensión que superen el 0.5% de la tensión nominal, lo cual está en conformidad con la normativa relacionada a la calidad de energía. Esta situación sugiere que la presencia de contaminación por armónicos es bastante baja.

Figura 20: Armónicos de corriente (Promedio)



Nota: Analizador de Redes

g) Puesta a Tierra

Descripción del pozo.

Los conductores destinados a la puesta a tierra, así como los enlaces equipotenciales que también se conectan a tierra, deben estar fabricados a partir de materiales que satisfacen los requisitos establecidos por las Reglas 060-802 y 060-804. Es fundamental que se cumplan estas normativas para garantizar la efectividad y seguridad de las instalaciones eléctricas. Se han llevado a cabo la construcción de pozos que alcanzan una profundidad de 3 metros y tienen un diámetro de 1 metro, cumpliendo estrictamente con las especificaciones establecidas en la sección 140-104 del Código Nacional de Edificación (CNE).

Caja de registro.

Varilla de cobre solido de $\frac{3}{4}$ " x 2.40 m (1 unidad).

Conector de cable tipo AB para cable de 35 mm² (1 unidad)

Conductor de cobre solido de 35 mm², tipo helicoidal, 12 mt.

Tierra de cultivo (3m³).

Cable de puesta a tierra.

Conexión entre la línea de enlace y los distintos conductores de protección.

Protocolo de medición de resistencia de puesta a tierra.***Generalidades***

Las mediciones que se han llevado a cabo están relacionadas con el Sistema de Puesta a Tierra que forma parte del circuito eléctrico del sistema general, específicamente a través de un pozo de puesta a tierra de tipo vertical, localizado en el área de la Sub Estación Eléctrica del Hospital Regional de Lambayeque, que está situado en la Región Lambayeque.

- Propietario: Hospital Regional de Lambayeque
- RUC: 20487911586
- Dirección: Pro. Augusto B. Leguía Nro. 100 (Esquina con Av. Progreso N. 110 -120)
- Distrito: Chiclayo - Lambayeque
- Fecha: 15 de enero del 2024
- Trabajo realizado: Medición de la resistividad de la puesta a tierra
- Equipo utilizado: Telurómetro Digital Prasek Pr-521
- Modelo: Pr-521
- Método utilizado: Método de caída de potencia

Tabla 7: Medición de puesta a tierra

Punto	Ubicación	Circuito	Resistencia requerida (Ω)	Resistencia de medición (Ω)	Distancia	Resistencia resultante (Ω)
Punto N° 2	Área interna del Hospital Regional de Lambayeque	Sistema de Baja Tensión	Menor o igual a 5 Ω	5,60	5 / 10 m	No Conforme
			NTP 110	5,45	3 / 6 m	No Conforme
Subestación			MINSA	5,92	2 / 4 m	No Conforme

Nota: Elaboración propia

Figura 21: Telurómetro utilizado en la medición



Nota: Panel fotográfico

Análisis de resultados.

Según lo estipulado en la Norma Técnica de Salud 110 MINSA V2, es imperativo que todas las instalaciones eléctricas se adhieran a las regulaciones y estándares que han sido establecidos en el artículo 140 de la normativa de la Comisión Nacional de Energía (CNE), así como también a los códigos de edificación que son

de aplicación nacional. Este procedimiento ha sido diseñado con el objetivo de que todos los centros de atención médica y establecimientos de salud tengan la posibilidad de garantizar un suministro ininterrumpido de energía eléctrica. Para lograr esto, se implementará un completo sistema de respaldo que incorpora un generador eléctrico con encendido automático, el cual está destinado a satisfacer de manera efectiva y total el 100% de la demanda asociada a los servicios críticos que resultan esenciales para el funcionamiento adecuado de dichas instalaciones. No obstante, es importante señalar que las interrupciones en el suministro de energía eléctrica pueden provocar consecuencias inmediatas y directas en la vida de los pacientes y otras personas. Estas situaciones no solo comprometen sus derechos fundamentales, sino que también pueden tener un efecto adverso significativo en su bienestar físico y mental. Como resultado de esta situación, es imprescindible que se lleve a cabo una evaluación meticulosa y detallada del sistema de transferencia y la

Implementación de sistemas y equipos de reserva que asegurarán un suministro eléctrico ininterrumpido y de emergencia para el funcionamiento adecuado del hospital en situaciones críticas. Es imprescindible que el alimentador sea un generador eléctrico con una capacidad de 400 kilovatios, ya que esto asegurará un suministro de electricidad confiable y continuo en situaciones de emergencia que puedan presentarse en el entorno hospitalario. Se ha llevado a cabo una optimización del sistema utilizando el enfoque de mantenimiento basado en condición (CBM), lo que permite garantizar una respuesta ágil y eficiente ante cualquier situación de emergencia. Además, se ha realizado la instalación de un analizador de redes eléctricas en la infraestructura de suministro de baja tensión del Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la Región Lambayeque. A partir

de esta implementación, se han podido establecer las siguientes conclusiones y hallazgos:

- a) Ahorrar energía eléctrica
- b) Reducción del consumo innecesario de energía eléctrica
- c) Hallar los puntos de máxima demanda energética
- d) Hallar carencias en la instalación
- e) Detectar fraudes en contadores energéticos
- f) Prevención de riesgos
- g) Mantenimiento preciso de la red
- h) Solventar problemas concretos en la red

En la actualidad, se puede afirmar que el sistema de instalaciones eléctricas del Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la Región Lambayeque, está funcionando bajo condiciones óptimas. Esto asegura no solo la continuidad de los servicios ofrecidos, sino también el correcto funcionamiento de todos los equipos médicos esenciales en el hospital.

4.3. Propuesta de un plan de mantenimiento basado en condición (CBM) y optimización del sistema eléctrico para minimizar los costos energéticos, costos de mantenimiento del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque

Para poder llevar a cabo la propuesta relacionada con el Plan de Mantenimiento basado en condiciones (CBM) y con la finalidad de optimizar el sistema eléctrico, primero procederemos a realizar el siguiente análisis detallado.

A. Análisis de Criticidad

Un exhaustivo análisis de criticidad es capaz de identificar aquellos componentes eléctricos que, en caso de falla o malfuncionamiento, tendrían un impacto significativo y perjudicial sobre la seguridad del paciente, así como sobre la continuidad de la asistencia médica y el funcionamiento general del hospital. La meta principal consiste en dar prioridad a actividades tales como las inspecciones, el mantenimiento, la adquisición de repuestos y la implementación de mejoras en el diseño, incluyendo aspectos como la redundancia, la realización de pruebas y el monitoreo continuo. Todo esto se realiza con el fin de mitigar el riesgo de posibles fallos que podrían impactar negativamente en cargas críticas, como son los quirófanos, las unidades de cuidados intensivos (UCI) y los sistemas destinados al soporte vital.

a. Modelo recomendado (ingeniería): CIMO

Contexto: El Hospital Regional de Lambayeque de la Región Lambayeque con alimentación desde la red pública, ATS, generador(es), UPS y distribución a cargas críticas y no críticas.

Intervención: identificación y mitigación de fallos del sistema eléctrico.

Mechanism: implementación de redundancia, mantenimiento preventivo, pruebas, monitoreo en tiempo real.

Outcome: reducción del tiempo de indisponibilidad de cargas críticas y mitigación de riesgos a pacientes y operación.

b. Componentes clave a evaluar

- Alimentación externa (red pública, puntos de entrada).

- Medidores / protecciones de entrada.
- ATS (Automatic Transfer Switch) / cuadros de transferencia manual.
- Grupo electrógeno(es) y sistema de combustible.
- UPS (online o doble conversión) y bancos de baterías.
- Tableros de media/baja tensión, interruptores automáticos (MCB/MCCB), fusibles.
- Canalizaciones y cableado crítico (incl. circuitos de quirófanos, UCI).
- Iluminación de emergencia y señalización.
- Tomas de corriente y circuitos dedicados a equipos médicos (respiradores, monitores).
- Sistemas de puesta a tierra y protección contra sobretensiones (SPDs).
- Paneles de control, SCADA/BMS y telemetría de energía.
- Repuestos críticos y herramientas.

c. Método de priorización y puntuación

Usa un **RPN** (Risk Priority Number):

- **Severidad (S):** 1 (baja) – 5 (catastrófica para vida/operación).
- **Probabilidad/Ocurrencia (O):** 1 (muy rara) – 5 (muy frecuente).
 - **Detectabilidad (D):** 1 (muy detectable) – 5 (difícil de detectar).

$$\text{RPN} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}.$$

Clasificación sugerida: Alta $\text{RPN} \geq 60$; Media 20–59; Baja < 20 .

Tabla 8: Criticidad de los principales componentes del Sistema Eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque

Ítem	Modo de falla	Efecto	S (1-5)	O (1-5)	D (1-5)	RPN	Prioridad	Medidas mitigación
Alimentación red principal	Corte por falla externa	Pérdida de carga no redundada (quirófano/uci) → riesgo vida	5	3	3	45	Alta	ATS + generador en autoarranque + SLA con suministrador
ATS (fallo de transferencia)	No conmutación a generador	Interrupción inmediata de cargas críticas	5	2	4	40	Alta	Mantenimiento preventivo, prueba mensual, redundancia ATS si posible
Grupo electrógeno	No arranca / falla combustible	Sin energía de respaldo	5	2	3	30	Alta	Pruebas semanales, prueba de carga mensual, stock repuestos críticos
UPS/baterías	Fallo batería o inversor	Pérdida de tiempo hasta arranque del gen (si hay gap) → daño equipos	5	2	3	30	Alta	Revisión baterías (capacidad), pruebas de autonomía, reemplazo programado, monitor BMS
Tablero distribución crítico	Cortocircuito o pérdida de fase	Pérdida de circuitos críticos / daños	4	2	3	24	Media	Mantenimiento termográfico, pruebas de interruptores
Iluminación emergencia	Bombillas o baterías agotadas	Evacuación dificultada	4	2	3	24	Media	Pruebas mensuales, reemplazo según vida útil
Protección contra sobretensiones (SPD)	SPD quemado	Exposición a sobretensiones, daño equipo	3	2	4	24	Media	Inspección, registro de eventos, repuestos
Cableado en quirófano	Daño físico / humedad	Pérdida circuito crítico	5	2	2	20	Media	Protecciones mecánicas, inspección anual
Iluminación	Equipos fluorescentes	Evacuación dificultada	4	2	3	24	Media	Pruebas mensuales, reemplazo según vida útil

Nota: Elaboración propia

Tabla 9: Plan de Mantenimiento basado en condiciones CBM

Ítem	Parámetros a monitorear	Método / sensor	Frecuencia	Umbral / Alerta	Acción condicionada
Alimentación red principal	Presencia tensión, voltaje, frecuencia, eventos de pérdida de fase	Registrador de calidad de energía (PQ), Continuo (registro) relé/event logger, alarmas en tiempo real medidor de tensión	+ s →	Pérdida tensión >0.5 s → Alarma roja; Voltaje ±10% → amarilla	Conmutar a ATS/ probar redundancia; notificar planta; revisar con proveedor
ATS (fallo de transferencia)	Estado contacto ATS, tiempo de transferencia, posición de conmutación, fallos eléctricos internos	Monitor posición ATS (IO), temporizador de transferencia, registro de eventos ATS	Continuo + prueba mensual	Tiempo de Prueba de conmutación >2 s → manual/instrumentada; alarma; fallo mantenimiento conmutación → inmediato; redundancia si no fiable	correctivo
Grupo electrógeno	Arranque auto, RPM, aceite (presión/temperatura), nivel combustible, voltaje salida, tiempo arranque	SCADA/PLC del generador; sensores de combustible, presostato aceite, prueba de carga tachímetro	Monitor continuo; pruebas semanales de arranque; prueba de carga mensual	No arranque en X s (ej. >15 s) → alarma; nivel combustible <40% reserva → amarilla	Intentar arranque, procedimiento de paro de emergencia, inspección de combustible/sistema de arranque; sustituir piezas críticas
UPS / baterías	Tensión baterías, resistencia interna, capacidad (autonomía), temperatura, estado inversor	Monitor BMS, analizador de baterías (SOH), registro de autonomía de UPS	Continuo (BMS), prueba de autonomía trimestral	SOH <80% → advertencia; autonomía < tiempo requerido → acción; temp batería >40°C → acción	Reducir carga; programar reemplazo; ejecutar prueba de conmutación a generador
Tablero distribución crítico	Temperatura termográfica en bornes, corriente por fase, vibración mecánica, contactos sueltos	Cámara termográfica (inspecciones), IoT sensores de corriente, inspección visual	Termografía trimestral/semianual; corrientes en continuo si posible	Aumento temp >20°C con respecto a base → alarma; desequilibrio fase >10% → acción	Apagar y revisar, reapretar bornes, sustituir interruptor, pruebas eléctricas
Iluminación emergencia	Tensión batería luminaria, autonomía, estado lámparas	Monitor de luminarias de emergencia (si existe) o test manual con registro	Prueba mensual funcional + reemplazo según vida útil	Autonomía < normativa (ej. <90% requerida) → acción; lámpara no funciona → reemplazar	Reposición baterías/lámparas, registrar prueba
SPD	Estado SPD (visuales/LED), tensión residual (let-through)	Monitor SPD con alarma o inspección	Inspección anual eventos	+ SPD operativo con LED rojo o V_residual	Reemplazo de SPD, registro evento y análisis causa

Ítem	Parámetros a monitorear	Método / sensor	Frecuencia	Umbral / Alerta	Acción condicionada
		visual y medidor de sobretensión		anormal reemplazo	→
Cableado quirófano	Resistencia aislamiento, humedad, continuidad, señales de daño mecánico	Prueba de aislamiento (Megger), inspección visual anual, sensores de humedad en zonas críticas	Inspección anual; pruebas cada 2 años o tras obra	Resistencia aislamiento < límite (según normativa) → acción	Reemplazar, reconstruir canalización, revisar rutas de cableado
Iluminación general	Estado lámparas, flicker, nivel lux	Medición lux, prueba funcional programada	Prueba mensual / medición anual	Lux < estándar de área → reemplazar o limpiar	Reemplazo lámpara, limpieza luminaria, revisar balasto/inversor

Nota: Elaboración propia

Procedimientos operativos estándar (SOP resumidos)

- **Prueba semanal generador:**

1. Arranque automático programado con supervisión (sin carga): comprobar arranque en ≤ 15 s, revisar RPM, presión aceite, temperatura.
2. Registrar tiempo arranque, alarmas.
3. Si falla, ejecutar checklist de arranque manual — notificar mantenimiento.

- **Prueba mensual ATS:**

1. Simular fallo de red principal, permitir conmutar a generador.
2. Medir tiempo de transferencia y registrar posición.
3. Volver a alimentación de red y verificar conmutación inversa.

- **Monitor BMS/UPS:**

1. Monitor continuo del SOH y tensión.
2. Prueba de autonomía bajo carga representativa cada 3 meses.
3. Registrar y comparar con baseline.

- **Inspección termográfica:**

1. Inspección trimestral en tableros críticos.
2. Documentar imágenes y delta T vs baseline.
3. Abrir WO para cualquier delta T > 20°C.

Sensores y equipo mínimo recomendado

- Registrador de calidad de energía (PQ) con alarmas.
- Sensores/IO para posición ATS y temporizador de transferencia.
- Sistema SCADA/PLC con logging y generación automática de WO.
- Monitor BMS para baterías con SOH y telemetría.
- Sensores de nivel de combustible y temperatura/press del motor generador.
- Cámara termográfica portátil para inspecciones.
- Analizador de baterías portátil (para pruebas de capacidad).
- Sensores de corriente (CTs) si se desea monitoreo continuo de cargas.
- Monitor SPD (opcional) con alarma.

- Herramientas de prueba: megger, multímetro, equipo para pruebas de autonomía UPS.

Repuestos críticos (mínimo en stock)

- Baterías para UPS (kits por banco crítico).
- Filtros y aceite para generador, kit arranque (batería cranking) si aplicable.
- Piezas ATS: contactos, bobinas, fusibles.
- SPDs de repuesto.
- Interruptores/interruptores automáticos/interruptores termomagnéticos críticos.
- Bombillas y baterías de luminarias de emergencia.
- Conectores y bornes de repuesto.

Tabla 10: Esquema general de actividades de mantenimiento de sistemas eléctricos

Sistemas y componentes eléctricos		
Equipos y componentes de generación, transformación (grupos electrógenos, transformadores, elementos de protección y medición)	Equipos rotativos (motores eléctricos relacionados con bombas, compresores, turbinas, entre otras aplicaciones)	Sistemas de computación y comunicación (servidores, computadores, radio, televisión, internet, entre otros)
Equipos y componentes de seguridad y protecciones eléctricas (acometidas, canalizaciones, conductores, barras, conectores, terminales)	Subsistemas de automatización y control (arranques de rotores, accionadores de sistemas mecánicos, sistemas automáticos para agua, aire, refrigeración, entre otros.)	Componentes para el conexionado eléctrico (acometidas, canalizaciones, conductores, barras, conectores, terminales)
Actividades necesarias en el mantenimiento eléctrico		
• Inspección general y visual de todas las partes metálicas conductores y materiales aislantes; corrosión, humedad, sucio o polvo, partes quemadas, desajustes, entre otras. • Medición de parámetros a la entrada de la acometida general corriente, voltaje, potencia activa, reactiva, aparente, factor de potencia.		

- Medición de resistencia eléctrica del sistema de puesta a tierra y medición de continuidad entre neutro y tierra líneas, barrajes, carcasas metálicas de motores, cables.
- Revisión de conectores, terminales y pernos de ajustes: estado en el que se encuentran, entre otros.
- Medición de armónicas: corriente y voltaje sucio, corrosión.
- Medición y/o revisión de vibraciones y temperatura en equipos rotativos y sistemas de control, comunicación automatización; bases, conexiones, embobinado, cables.
- Reparación del sistema de transferencia automática de 800 KVA

Indicadores para el Mantenimiento de Sistemas Eléctricos

Parámetro	Límite Permissible	Norma o Resolución
Factor de Potencia	> 0,9	Regulación 75 (Venezuela)
	> 0,9	IEEE-286
Bajo Voltaje >1 min	0.8-0.9 pu	
Sobrevoltajes >1 min	1.1-1.2 pu	
Desbalance de Voltaje Estado Estable	0.5-2%	

Armónicos	Distorsión armónica total THD $\frac{V_n}{V_n}$	IEEE-519
	Distorsión armónica total THD $\frac{V_n}{V_n}$ 5% para $V_n \leq 69$ kv	
	Distorsión armónica en corriente 0,3% para $I_{cc} < 20$ 0,59% para $20 < I_{cc} < 50$ 0.7% para $50 < I_{cc} < 100$	

Sub comité	Ítem	Id de Norma	Nombre de la norma
MOTORES ELÉCTRICOS	1	NTP 399.450.2003	Eficiencia Energética de motores tipo jaula de ardilla. Límites y Etiquetado
	2	NTP 399.450:2008	Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos de inducción, tipo jaula de ardilla de propósito general. Potencia nominal de 0,746 kW a 149,2 kW. Límites y Etiquetado

ILUMINACIÓN	3	NTP 370.100.2000	Lámparas Fluorescentes compactas (LFCs).
			Definiciones. Requisitos y rotulados.
	4	NTP 370.101.2003	Etiquetado de eficiencia energética para lámparas de uso doméstico
	5	NTP 370.101-1:2008	Etiquetado de eficiencia energética para lámparas incandescentes y similares de uso doméstico.
	6	NTP 370.101-2:2008	Etiquetado de eficiencia energética para lámparas fluorescentes compactas, circulares, lineales y similares de uso doméstico.

Nota: Elaboración propia

Prueba de hipótesis general.

Los sistemas eléctricos del Hospital Regional de Lambayeque de la Región Lambayeque no se encuentran a la altura de los estándares establecidos en el Código Nacional Eléctrico – Uso (en adelante “el Código”). El propósito del Código es establecer pautas que prevengan daños a personas y propiedades por el uso de electricidad. Adicionalmente, la NTS 110 MINSA/DGIEM-V.01 en el numeral 6.2.4 establece que los proyectos de instalaciones eléctricas deben cumplir con lo establecido en el Código Nacional de Electricidad, particularmente en el artículo 140, así como el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.

Es imperativo que todos los centros de salud tengan acceso a electricidad continua e ininterrumpida. Además, es necesario contar con un sistema de energía alternativa para respaldar los servicios críticos. Este sistema alternativo deberá estar compuesto por grupos electrógenos con encendido

automático, y deberá ser capaz de cubrir, como mínimo, toda la demanda de servicios críticos.

Deberá tener viabilidad de suministro de energía eléctrica del correspondiente concesionario. La viabilidad deberá ser de media tensión y contará con los puntos y parámetros de diseño que indique el concesionario.

No se aceptarán redes aéreas de media tensión ni subestaciones aéreas dentro de establecimientos de salud.

Del 26 de marzo al 4 de abril de 2024 se midieron los niveles de tensión, frecuencia, corriente, armónicos y flicker de la subestación maestra mediante analizadores de redes trifásicos marca HT. Modelo PQA 824

Al analizar los datos obtenidos se verificó que el suministro de energía eléctrica del Hospital Regional de Lambayeque, de la Región Lambayeque cumple con las tolerancias establecidas. La tolerancia permitida de la tensión nominal en los puntos de suministro para todas las fases y todos los niveles de tensión es como máximo de $\pm 5,0$ % de la tensión nominal en estos puntos. Para las redes secundarias que prestan servicios urbanos y/o rurales, la tolerancia alcanza $\pm 7,5$ %. La calidad de la energía se considera deficiente si el voltaje está fuera del rango de tolerancia aquí especificado durante más del cinco por ciento (5 %) del período de medición.

Por lo tanto, se concluye que el suministro de energía eléctrica del “Hospital

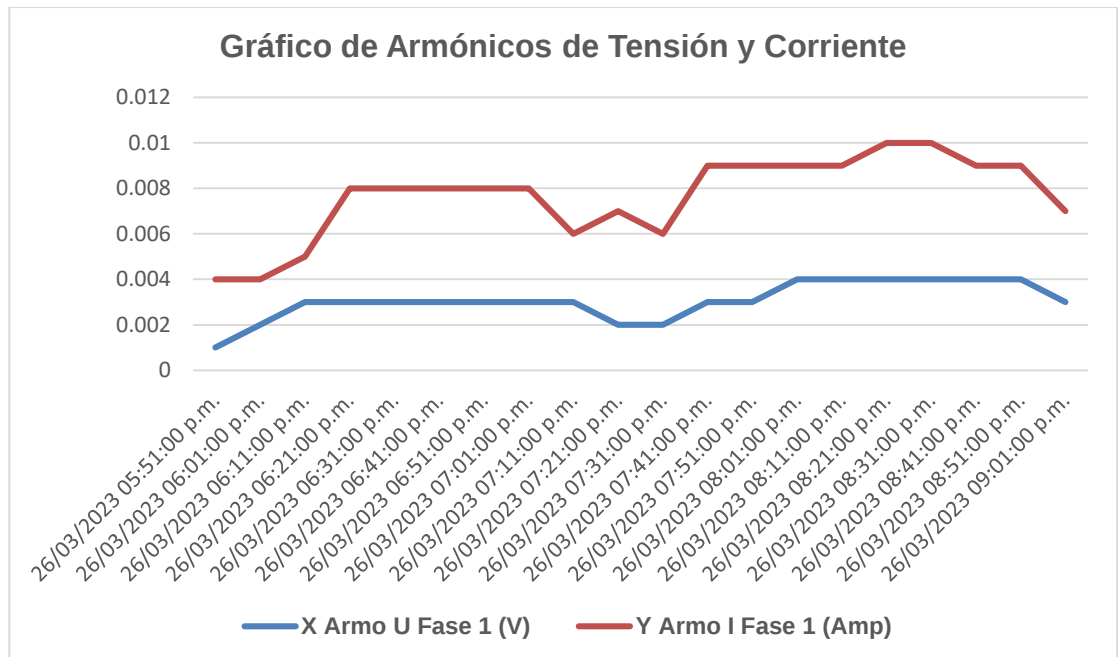
Regional de Lambayeque” en la región Lambayeque se encuentra dentro de las tolerancias permitidas.

Tabla 11: Medición para determinar la correlación de los armónicos de la U y I en fase

Fecha y hora	Periodo (N)	X Armo U Fase 1 (V)	Y Armo I Fase 1 (Amp)	X ²	Y ²	(X)(Y)
26/03/2023 05:51:00 p.m.	1	0,001	0,004	0,000001	0,000016	0,000004
26/03/2023 06:01:00 p.m.	2	0,002	0,004	0,000004	0,000016	0,000008
26/03/2023 06:11:00 p.m.	3	0,003	0,005	0,000009	0,000025	0,000015
26/03/2023 06:21:00 p.m.	4	0,003	0,008	0,000009	0,000064	0,000024
26/03/2023 06:31:00 p.m.	5	0,003	0,008	0,000009	0,000064	0,000024
26/03/2023 06:41:00 p.m.	6	0,003	0,008	0,000009	0,000064	0,000024
26/03/2023 06:51:00 p.m.	7	0,003	0,008	0,000009	0,000064	0,000024
26/03/2023 07:01:00 p.m.	8	0,003	0,008	0,000009	0,000064	0,000024
26/03/2023 07:11:00 p.m.	9	0,003	0,006	0,000009	0,000036	0,000018
26/03/2023 07:21:00 p.m.	10	0,002	0,007	0,000004	0,000049	0,000014
26/03/2023 07:31:00 p.m.	11	0,002	0,006	0,000004	0,000036	0,000018
26/03/2023 07:41:00 p.m.	12	0,003	0,009	0,000009	0,000081	0,000027
26/03/2023 07:51:00 p.m.	13	0,003	0,009	0,000009	0,000081	0,000027
26/03/2023 08:01:00 p.m.	14	0,004	0,009	0,000016	0,000081	0,000036
26/03/2023 08:11:00 p.m.	15	0,004	0,009	0,000016	0,000081	0,000036
26/03/2023 08:21:00 p.m.	16	0,004	0,010	0,000016	0,000100	0,000040
26/03/2023 08:31:00 p.m.	17	0,004	0,010	0,000016	0,000100	0,000040
26/03/2023 08:41:00 p.m.	18	0,004	0,009	0,000016	0,000081	0,000036
26/03/2023 08:51:00 p.m.	19	0,004	0,009	0,000016	0,000081	0,000036
26/03/2023 09:01:00 p.m.	20	0,003	0,007	0,000009	0,000049	0,000021
Totales		0,061	0,153	0,000199	0,001233	0,000496

Nota: Elaboración propia

Figura 22: Gráfico de armónicos de la tensión y corrientes



Nota: Elaboración propia

Análisis de coeficiente de correlación.

De acuerdo con las características específicas de los datos que se están analizando, el coeficiente de correlación de Pearson se considera como la opción más comúnmente empleada en este contexto. Este coeficiente se calcula mediante un proceso que implica dividir la covarianza entre dos variables por el producto de sus respectivas desviaciones estándar. Además, es fundamental utilizar variables cuantitativas que se midan en una escala de intervalo al menos mínima, ya que este coeficiente evaluará la relación de correlación existente entre diversas variables que estén asociadas de manera lineal, proporcionando así un índice de la variabilidad entre ellas. Esto implica que podrían existir variables que están fuertemente correlacionadas entre sí, pero cuya relación no es de naturaleza lineal. En tales situaciones, la aplicación de la correlación de Pearson no sería adecuada. Esto se hace especialmente relevante cuando consideramos la relación entre el armónico de voltaje correspondiente a la fase 1 y el armónico de corriente de la

misma fase 1. La conexión entre los datos, basada en los valores presentados en la Tabla 22, se deriva de la información obtenida a través de mediciones realizadas en tiempo real. Por esta razón, resulta beneficioso emplear la correlación de Pearson para analizar y entender dicha relación de manera más precisa. En el caso presente que estamos analizando, se hace uso de la fórmula que se detalla a continuación:

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N}$$

Datos:

$$N = 20$$

$$\sum x = 0.056$$

$$\sum y = 0.15$$

$$\sum xy = 0.000452$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{0.056}{20} = 0.0028$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N} = \frac{0.15}{20} = 0.0075$$

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N} - \bar{X}^2} = \sqrt{\frac{0.00017}{20} - 0.0028^2} = 0.0009797$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum Y^2}{N} - \bar{Y}^2} = \sqrt{\frac{0.00119}{20} - 0.0075^2} = 0.001857$$

$$r_{xy} = \frac{\frac{\sum XY}{N} - \bar{X} \times \bar{Y}}{s_x \times s_y} = \frac{\frac{0.000452}{20} - (0.002) \times (0.0075)}{(0.0009797) \times (0.001857)} = 0.88$$

Tabla 12: Coeficiente de correlación de Karl Pearson

Cuadro de coeficiente de correlación de Karl Pearson	
Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Elaboración propia (Karl Pearson)

El examen o análisis detallado del coeficiente de correlación nos revela un valor de r_{xy} igual a 0.88. Este número es un claro indicativo de que existe una correlación perfecta positiva muy alta entre las variables en cuestión, ya que se sitúa dentro del rango de valores que va desde 0.7 hasta 0.89. Es importante subrayar que este valor es adimensional, lo que significa que no tiene unidades y se utiliza para describir la relación existente entre dos variables estadísticas distintas. En el ámbito de la estadística, el coeficiente de correlación de Pearson se considera una medida que cuantifica la dependencia lineal que puede haber entre dos variables aleatorias que son de tipo cuantitativo.

Como resultado de un análisis exhaustivo, se ha llegado a la conclusión de

que se puede aceptar la hipótesis propuesta para la investigación, la cual establece que el mantenimiento que se basa en las condiciones actuales de funcionamiento (CBM, por sus siglas en inglés) tiene un impacto directo y significativo en la mejora y optimización del sistema eléctrico que está instalado en el Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la Región Lambayeque.

Con el objetivo de evidenciar la efectividad de la implementación de la estrategia de mantenimiento basada en la condición (CBM), se utilizarán los recursos disponibles, incluyendo materiales y herramientas, para fomentar la mejora continua en el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la Región Lambayeque. Es fundamental tener en cuenta lo que establece el Artículo 010-010 de la Comisión Nacional de Energía (CNE), titulado “Inspección inicial y periódica de las instalaciones eléctricas”. Este artículo establece claramente que es imperativo que todas las instalaciones eléctricas sean mantenidas de manera oportuna y apropiada por personal calificado que haya sido autorizado por la autoridad competente pertinente. Esta medida tiene como objetivo primordial asegurar que todas las partes de la instalación eléctrica se encuentren en óptimas condiciones, garantizando así su desempeño normal y seguro. Esto incluye aspectos esenciales como las protecciones, el aislamiento, el sistema de puesta a tierra, entre otros componentes cruciales de la instalación. Considerando que esta acción tiene un impacto directo en la salvaguarda del medio ambiente, el Artículo 020-012 estipula que es imperativo implementar todas las medidas necesarias con el fin de garantizar la protección del entorno natural a lo largo de las distintas etapas que incluyen el diseño, la construcción, la operación y el

mantenimiento de las instalaciones destinadas al aprovechamiento de la energía eléctrica.

Los programas que tienen como objetivo generar un impacto ambiental y asegurar la adecuación necesaria, así como las normativas que regulan la gestión ambiental, son de carácter obligatorio y deben ser cumplidos sin excepción. Estas regulaciones han sido aprobadas por el departamento que se encarga de los asuntos ambientales, el cual es parte del Ministerio de Energía y Minas.

En el contexto de esta compleja inter relación de ideas, resulta fundamental tomar en cuenta los principios esenciales que sustentan un mantenimiento efectivo y un servicio de calidad superior. Dichos principios se basan en un profundo entendimiento de las características de la instalación, así como en la seguridad del suministro. Además, es crucial asegurar un servicio excepcional de la instalación, incluso cuando se enfrentan a diversas perturbaciones, y considerar factores como la capacidad de reserva, la rápida disponibilidad de recursos, la selectividad en la elección de opciones, la rentabilidad, y la facilidad de llevar a cabo el mantenimiento. Por lo tanto, es recomendable optar por componentes que sean tanto estandarizados como de alta calidad para garantizar el éxito de este enfoque.

En cualquier tipo de instalación eléctrica, ya sea en viviendas, edificios comerciales o industriales, es absolutamente crucial llevar a cabo las pruebas y controles correspondientes para asegurar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema eléctrico. No obstante, cuando se trata de las instalaciones eléctricas que se encuentran en los hospitales, la relevancia y el impacto de llevar a cabo estas pruebas y controles se vuelve incluso más

esencial y crítico. Es absolutamente crucial llevar a cabo estas pruebas y controles de manera regular y frecuente a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta las características particulares de cada uno de los equipos involucrados, así como también las condiciones operativas específicas de las instalaciones que ya están en funcionamiento y en servicio. Las comparaciones que se realizan a lo largo del tiempo son fundamentales, ya que proporcionan una base sólida para llevar a cabo tanto el mantenimiento correctivo, que se encarga de solucionar los problemas ya existentes, como el mantenimiento preventivo, que está destinado a prevenir futuros inconvenientes. La periodicidad con la que se debe llevar a cabo este plan de mantenimiento tiene que ser, como mínimo, una vez cada 12 meses. La falta de una implementación adecuada y oportuna del mantenimiento preventivo o correctivo puede llevar, como consecuencia, a un funcionamiento ineficiente y a un desempeño que no cumple con los estándares esperados:

- Desconfianza en el uso de activos por posibles riesgos.
- Los bienes están fuera de servicio por tiempo indefinido, lo que afecta la producción de las instalaciones médicas.
- Reducción de la vida útil de los activos.
- Mayor carga de trabajo para el personal de la unidad de mantenimiento.
- Mayor costo de las reparaciones necesarias.
- Mayor confiabilidad de la carga debido a mejores condiciones de seguridad.
- Reducir el tiempo de inactividad de los activos.
- Proporcionar una vida útil más larga a los productos.
- Costos reducidos de recuperación de bienes.

Tabla 13: Identificación y evaluación de instalaciones eléctricas del Hospital Regional de Lambayeque

ITEM	REGIÓN	U.E.	CÓDIGO RENAES	EE.SS	CAT. EG. DEL EESS	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR	C1	C2	C3	C4	TIPO DE MANTTO.	COSTO ESTIMADO (S/.)
1	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Limpieza general de la sub estación - Controles de tableros, interruptores, seccionadores, contactores	X	X	X		PREVENTIVO	954.00
2	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas	X				CORRECTIVO	13500.00
3	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua - defectos de ductos, canales, bandejas, pisos técnicos	X	X			PREVENTIVO	18574.00
4	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Revisión y cambio de tomacorrientes viejos y con conexiones defectuosas eléctricas	X				PREVENTIVO	3500.00
5	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Mantenimiento preventivo de los disyuntores	X	X			PREVENTIVO	2945.00
6	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Limpieza general de la sub estación - Controles de tableros, interruptores, seccionadores, contactores	X	X	X		PREVENTIVO	950.00
7	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas	X				CORRECTIVO	13500.00

8	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua - defectos de ductos, canales, bandejas, pisos técnicos	X	X	PREVENTIVO	28500.00
9	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Revisión y cambio de tomacorrientes viejos y con conexiones defectuosas eléctricas	X		PREVENTIVO	3500.00
10	Lambayeque	403	1252	Hospital Regional de Lambayeque	E-III	Mantenimiento preventivo de los disyuntores	X	X	PREVENTIVO	2900.00
									TOTAL	88823.00

- **C1:** Primer nivel de atención
- **C2:** Segundo nivel
- **C3:** Tercer nivel
- **C4:** Cuarto nivel (especializado)

Nota: Elaborado por el autor

Tabla 14: Sustento de los valores de la tabla anterior

Ítem	Actividad	Costo estimado	Sustento del costo
1	Limpieza general de la subestación, controles de tableros, interruptores, seccionadores y contactores	S/ 954,00	Considera limpieza técnica del área, retiro de polvo, revisión visual, ajuste básico de conexiones, limpieza de tableros y verificación de interruptores, seccionadores y contactores. Incluye mano de obra técnica, herramientas menores, materiales de limpieza dieléctrica y supervisión.
2	Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas	S/ 13 500,00	Comprende inspección de motores, bombas, equipos electromecánicos, bornes, protecciones, tableros asociados, medición de tensión y corriente, limpieza, ajuste de conexiones, pruebas de funcionamiento y elaboración de informe técnico. Requiere personal especializado e instrumentos de medición.
3	Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua, defectos de ductos, canales, bandejas y pisos técnicos	S/ 18 574,00	Incluye revisión eléctrica y electromecánica de equipos de climatización y calentadores, inspección de ductos y bandejas, limpieza de componentes, verificación de protecciones, revisión de conexiones, pruebas de operación y materiales menores.
4	Revisión y cambio de tomacorrientes viejos y con conexiones defectuosas eléctricas	S/ 3 500,00	Considera inspección de puntos eléctricos, desmontaje de tomacorrientes deteriorados, cambio de accesorios, ajuste de conexiones, pruebas de continuidad, verificación de polaridad y mano de obra técnica.
5	Mantenimiento preventivo de los disyuntores	S/ 2 945,00	Incluye inspección, limpieza, prueba de accionamiento, revisión de contactos, ajuste de terminales, verificación de capacidad nominal y registro de condición operativa de los disyuntores.
6	Limpieza general de la subestación, controles de tableros, interruptores, seccionadores y contactores	S/ 950,00	Corresponde a una segunda intervención de limpieza y control técnico en subestación y tableros. El costo considera mano de obra, herramientas menores, limpieza superficial, ajuste básico y verificación operativa.
7	Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas	S/ 13 500,00	Se mantiene el valor referencial por tratarse de una intervención de igual naturaleza técnica que requiere revisión de equipos electromecánicos, pruebas, mediciones eléctricas, limpieza, ajuste y validación de funcionamiento.
8	Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua, defectos de ductos, canales, bandejas y pisos técnicos	S/ 28 500,00	El mayor costo se justifica por el incremento del alcance técnico, cantidad de equipos intervenidos, revisión de ductos, bandejas, conexiones, componentes eléctricos y electromecánicos, además de pruebas de funcionamiento y materiales de reposición menores.
9	Revisión y cambio de tomacorrientes viejos y con conexiones defectuosas eléctricas	S/ 3 500,00	Comprende cambio de puntos deteriorados, ajuste de conexiones defectuosas, reposición de accesorios eléctricos, pruebas de continuidad y verificación de seguridad en los circuitos de uso común.
10	Mantenimiento preventivo de los disyuntores	S/ 2 900,00	Considera revisión, limpieza, prueba de disparo, ajuste de bornes, verificación de contactos y evaluación funcional de disyuntores como elementos de protección del sistema eléctrico.

Tabla 15: Cuadro de frecuencia de mantenimiento para la prueba de T Student

ITEM	ACTIVIDADES	MES	PERIODO	CONSUMO
			MANTTO.	KW/HR.
1	Limpieza general de la sub estación	enero	1	12,1
2	Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas	febrero	0	18,3
3	Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua eléctricos	marzo	1	6,5
4	Revisión y cambio de tomacorrientes deteriorados y con conexiones defectuosas eléctricas	abril	0	6,4
5	Mantenimiento preventivo de los disyuntores	mayo	0	5,8
6	Medición de la tensión y la corriente del sistema de suministro de energía eléctrica	junio	1	6,1
7	Revisión del sistema de iluminación y aparatos eléctricos de uso común	julio	0	6,8
8	Cambio de luminarias deteriorados y luminarias de alto consumo de energía con luminarias más eficientes de menor consumo de energía	agosto	0	6,2
9	Mantenimiento preventivo del tablero de transferencia	setiembre	1	15,9
10	Mantenimiento preventivo de los tablero general y tableros de distribución	octubre	1	24,5
11	Mantenimiento de las electrobombas de bombeo de agua	noviembre	0	6,0
12	Mantenimiento de sistema de luminarias exteriores	diciembre	1	6,0
			Total	120,6

Nota: Elaborado por el autor

La Prueba de T Student de frecuencia de mantenimiento.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	0,5	10,05
Varianza	0,27272727	39,37
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	19,8213636	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
	-	
Estadístico t	5,25426814	
P(T<=t) una cola	1,4263E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1,71714437	
P(T<=t) dos colas	2,8526E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2,07387307	

Ho: La hipótesis que sostiene que la implementación de un sistema de mantenimiento basado en la condición (CBM, por sus siglas en inglés) es efectiva, utilizando la disponibilidad de materiales e instrumentos necesarios, tiene como objetivo la mejora continua del sistema eléctrico en el Hospital Regional de Lambayeque ubicado en la Región Lambayeque. Este análisis ha mostrado resultados positivos, ya que se obtuvo un valor de t igual a 5.25, con 22 grados de libertad (gl) y un valor de f de 0.0207. Dado que el nivel de significancia de este estudio es inferior a 0.05, se decide rechazar la hipótesis nula (Ho). Por lo tanto, se concluye que el mantenimiento basado en condición (CBM) resulta ser una opción óptima para el hospital.

Coeficiente de correlación (r) 0,2996292
 r^2 0,0897776

El análisis realizado utilizando el coeficiente de correlación de Pearson revela un valor superior a 0, lo que sugiere de manera clara que hay una correlación positiva entre las variables investigadas. En este contexto específico, las variables en

cuestión están vinculadas de una manera directa, lo que implica que a medida que aumenta la frecuencia del mantenimiento, también se optimiza de manera efectiva el sistema eléctrico en el Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la Región Lambayeque.

Tabla 16: Costos de mantenimiento del sistema electico

ITEM	ACTIVIDADES	UND	CANT.	P.UNIT. (S/.)	TOTAL (S/.)
1	Limpieza general de la sub estación	Servicio	1	900,00	900,00
2	Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas	Servicio	1	13500,00	13500,00
3	Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua eléctricos	Servicio	1	27000,00	27000,00
4	Revisión y cambio de tomacorrientes deteriorados y con conexiones defectuosas eléctricas	Servicio	86	40,00	3440,00
5	Mantenimiento preventivo de los disyuntores	Servicio	1	2900,00	2900,00
6	Medición de la tensión y la corriente del sistema de suministro de energía eléctrica	Servicio	1	650,00	650,00
7	Revisión del sistema de iluminación y aparatos eléctricos de uso común	Servicio	1	850,00	850,00
8	Cambio de luminarias deteriorados y luminarias de alto consumo de energía con luminarias más eficientes de menor consumo de energía	Servicio	123	35,00	4305,00
9	Mantenimiento preventivo del tablero de transferencia	Servicio	1	3800,00	3800,00
10	Mantenimiento preventivo de los tablero general y tableros de distribución	Servicio	20	770,00	15400,00
				TOTAL	72745,00

Nota: Elaboración propia

A continuación, presentamos el sustento de los siguientes montos que aparecen en la Tabla 16:

Tabla 17: Sustento del Precio unitario

Ítem	Actividad	Sustento del precio unitario	Precio unitario
1	Limpieza general de la subestación	Considera limpieza técnica de ambiente, retiro de polvo, revisión visual de celdas/tableros, limpieza superficial de equipos, ordenamiento del área, señalización básica, mano de obra técnica y herramientas menores.	S/ 900,00
2	Mantenimiento preventivo de maquinarias eléctricas y electromecánicas	Incluye inspección técnica, revisión de motores, conexiones, borneras, protecciones, medición de parámetros eléctricos, ajuste de terminales, limpieza, pruebas de operación, mano de obra especializada, instrumentos de medición y elaboración de informe técnico.	S/ 13 500,00
3	Mantenimiento preventivo de sistemas de aire acondicionado y calentadores de agua eléctricos	Comprende inspección de equipos, limpieza de componentes, revisión eléctrica de conexiones, medición de consumo, verificación de protecciones, pruebas de funcionamiento, revisión de resistencias, termostatos, contactores, ventiladores, compresores, mano de obra especializada y materiales menores.	S/ 27 000,00

Tabla 18: Cuadro de análisis del VAN y TIR

Años	0	1	2	3	4	5
Flujo de fondo (FF)	72,529.00	38,600.00	38,600.00	38,600.00	38,600.00	38,600.00
Saldo actualizado 10%	72,529.00	35,090.91	31,900.83	29,000.75	26,364.32	23,967.56
Saldo actualizado acumulado	72,529.00	-37,438.09	-5,537.26	23,463.49	49,827.81	73,795.37
Tasa	10%					
Valor nominal actual (VNA)	146324.37					
Saldo actualizado	146324.37					
Valor actual neto (VAN)	73,795.37					
Tasa de inversión de retorno (TIR)	45%					
PERIODO DE RECUPERO (PR)	1.92					

Nota: Elaboración propia

Como se puede observar claramente, el VAN, que es el Valor Actual Neto, junto con el TIR, que se refiere a la tasa interna de retorno, también

denominada tasa interna de rentabilidad, son dos de los principales indicadores financieros utilizados para evaluar los flujos de ingresos y egresos que se proyectan a futuro en un determinado proyecto. Estos indicadores son cruciales para determinar si, después de haber descontado la inversión inicial realizada, se puede lograr una rentabilidad en el futuro. En este análisis específico, se indica que, partiendo de una inversión inicial de S/.72,529.00, se anticipa un retorno mensual de S/. 38,600.00, con una suma total de treinta y ocho mil dólares y una tasa de retorno que alcanza el 45%, se puede evidenciar que la inversión efectuada por la entidad será recuperada en un periodo aproximado de un año y nueve meses.

El retorno mensual se obtiene de la siguiente manera:

- Estimación de Ingresos mensuales por ahorro de pagos por no hacer mantenimientos correctivos: S/. 80 000.

El monto de S/ 80 000,00 corresponde al ahorro anual estimado que se generaría por disminuir la frecuencia de mantenimientos correctivos no programados en el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque. Este valor se sustenta en que, al implementar un plan de mantenimiento basado en condición —CBM—, se reducen intervenciones de emergencia, paradas imprevistas, reposición urgente de componentes, contratación de servicios correctivos externos, penalidades operativas y sobrecostos derivados de fallas en tableros, subestación, disyuntores, tomacorrientes, luminarias y sistemas electromecánicos.

Para efectos del análisis económico, este ahorro fue estimado como un beneficio anual referencial de la propuesta, tomando como base el

diagnóstico técnico de las instalaciones eléctricas, la criticidad de los componentes intervenidos y los costos asociados a fallas correctivas que podrían evitarse mediante mantenimiento preventivo y predictivo. Por tanto, el monto de S/ 80 000,00 no representa un ingreso comercial directo, sino un ahorro económico anual por costos evitados.

Concepto de ahorro por costos evitados	Monto anual estimado
Reducción de servicios correctivos externos en tableros, interruptores y disyuntores	S/ 22 000,00
Menor reposición urgente de tomacorrientes, conductores, protecciones y accesorios eléctricos	S/ 12 000,00
Reducción de fallas en sistemas electromecánicos, aire acondicionado y calentadores eléctricos	S/ 18 000,00
Disminución de paradas imprevistas y atención de emergencias eléctricas	S/ 15 000,00
Menores sobre costos por compras urgentes, movilidad técnica y mano de obra no programada	S/ 13 000,00
Total ahorro anual estimado	S/ 80 000,00

- Estimación de Costos operativos mensuales por hacer mantenimientos preventivos: S/. 30 000

El monto de S/ 30 000,00 corresponde a los costos operativos anuales estimados para ejecutar las actividades programadas de mantenimiento preventivo y mantenimiento basado en condición —CBM— en el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque. Este costo considera la mano de obra técnica especializada, materiales menores, herramientas, instrumentos de medición, limpieza técnica, movilidad interna, inspecciones periódicas y elaboración de reportes de mantenimiento.

Dicho monto se justifica porque la implementación del mantenimiento preventivo permite realizar intervenciones planificadas en subestación,

tableros eléctricos, disyuntores, interruptores, tomacorrientes, luminarias, sistemas electromecánicos, aire acondicionado y calentadores eléctricos, evitando que las fallas evolucionen hacia mantenimientos correctivos de mayor costo. Por tanto, los S/ 30 000,00 representan el costo anual necesario para sostener el plan CBM y garantizar la continuidad operativa del sistema eléctrico hospitalario.

Concepto de costo operativo preventivo / CBM	Monto anual estimado
Mano de obra técnica para inspección, limpieza y mantenimiento preventivo	S/ 9 000,00
Materiales menores: terminales, cintas, borneras, conectores, señalización y consumibles	S/ 4 500,00
Uso de instrumentos de medición: pinza amperimétrica, telurómetro, multímetro y analizador de redes	S/ 3 500,00
Limpieza técnica de tableros, subestación, luminarias y equipos eléctricos	S/ 4 000,00
Verificación de protecciones, ajuste de conexiones y pruebas funcionales	S/ 3 500,00
Movilidad, coordinación operativa y supervisión técnica	S/ 2 500,00
Elaboración de reportes, registros CBM y actualización del historial de mantenimiento	S/ 3 000,00
Total costo operativo anual estimado	S/ 30 000,00

- Estimación de Gastos financieros/impuestos: S/. 11 400

El monto de S/ 11 400,00 corresponde a los gastos financieros, administrativos e impuestos estimados para la ejecución anual del plan de mantenimiento basado en condición —CBM— del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque. Este valor considera los costos indirectos que no forman parte directa de la mano de obra ni de los materiales de mantenimiento, pero que son necesarios para la gestión, contratación, supervisión y formalización de los servicios técnicos.

Dentro de este monto se incluyen gastos asociados a trámites administrativos, emisión de órdenes de servicio, supervisión técnica, coordinación logística, documentación, elaboración de informes, gastos financieros por gestión presupuestal y tributos aplicables a los servicios contratados. Por tanto, los S/ 11 400,00 representan un costo complementario indispensable para ejecutar formalmente el mantenimiento preventivo y predictivo propuesto.

Concepto	Monto anual estimado
Gastos administrativos por gestión de órdenes de servicio, coordinación y control documental	S/ 2 500,00
Supervisión técnica, revisión de informes y validación de actividades CBM	S/ 2 000,00
Gastos logísticos y financieros asociados a la contratación de servicios	S/ 1 800,00
Impuestos y tributos aplicables a servicios de mantenimiento contratados	S/ 3 600,00
Contingencias administrativas y costos indirectos menores	S/ 1 500,00
Total estimado	S/ 11 400,00

El retorno mensual será: $\rightarrow 80\ 000 - 30\ 000 - 11\ 400 = \text{S/ } 38\ 600$

Tabla 19: Valores Registrados

Parámetro / resultado	Valor registrado	Interpretación técnica
Potencia contratada del hospital	982 kW	Permite dimensionar la magnitud de la demanda eléctrica del establecimiento.
Consumo promedio mensual	292,390.8427 kWh/mes	Indica una operación intensiva y continua, propia de un hospital de alta complejidad.
Tensión de referencia de tableros	220 V	Base de cálculo para potencia máxima por tablero.
Potencia máxima calculada por tablero	6.6 kW a 224.4 kW	El TG concentra 224.4 kW; los TD-01, TD-15, TD-16, TD-17 y TD-18 concentran 22 kW cada uno.
Puesta a tierra	5.60 Ω , 5.45 Ω y 5.92 Ω	Los tres puntos resultan no conformes frente al criterio $\leq 5\ \Omega$.

Armónico de tensión fase 1	0.001 a 0.004 V	Valores bajos; no se evidencia distorsión armónica significativa de tensión en el periodo evaluado.
Armónico de corriente fase 1	0.004 a 0.010 A	Valores bajos, con variación asociada al encendido y operación de cargas.
Coeficiente de correlación Pearson	$r = 0.2996292$; $r^2 = 0.0897776$	Relación positiva débil entre armónicos de tensión y corriente; la variación de corriente se explica principalmente por operación de cargas.
Consumo por de actividades mantenimiento	120.6 kW-h registrado en la tabla de frecuencia	Los mayores registros se asocian a tableros generales/distribución, maquinaria electromecánica y transferencia.
Evaluación económica	VAN = S/ 73,795.37; TIR = 45%; PR = 1.92 años	La propuesta CBM es viable técnica y económicamente bajo los flujos asumidos.

Nota: Elaboración propia

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones del presente de investigación son:

- Se identificaron problemas específicos en el sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque, principalmente en el tablero general TG y en los tableros de distribución TD-01 a TD-19. El TG presenta la mayor criticidad por concentrar una corriente máxima instalada de 600 A y una potencia máxima calculada de 224.4 kW. Los tableros TD-01, TD-15, TD-16, TD-17 y TD-18 presentan una condición de alta carga, con 100 A y 22 kW cada uno, por lo que requieren inspección termográfica, ajuste de conexiones, limpieza, verificación de protecciones y balance de circuitos. Los tableros TD-02, TD-07, TD-08, TD-10, TD-14 y TD-19 presentan 30 A y 6.6 kW; mientras que TD-03, TD-04, TD-05, TD-06, TD-09, TD-11 y TD-12 presentan 40 A y 8.8 kW, por lo que requieren mantenimiento preventivo condicionado a la medición de corriente, temperatura, estado de interruptores, señalización y continuidad del conductor de protección. Además, el sistema de puesta a tierra resultó no conforme, con

valores de 5.60 Ω , 5.45 Ω y 5.92 Ω , superiores al criterio de referencia de 5 Ω , constituyendo un punto crítico para la seguridad y confiabilidad del sistema.

- El análisis de la data obtenida con el analizador de redes permitió determinar que, durante el periodo de medición, los armónicos de tensión en fase 1 variaron entre 0.001 V y 0.004 V, mientras que los armónicos de corriente variaron entre 0.004 A y 0.010 A. La correlación entre armónicos de tensión y corriente fue positiva débil, con $r = 0.2996292$ y $r^2 = 0.0897776$, lo que indica que la variación de corriente no depende principalmente de la distorsión armónica, sino de la conexión y desconexión de cargas variables. Las cargas variables identificadas corresponden a aire acondicionado, calentadores, electrobombas, ascensores, iluminación, tomacorrientes y equipos electromecánicos; mientras que las cargas sensibles corresponden a UCI, quirófanos, equipos biomédicos, UPS, servidores y sistemas de comunicaciones. Por ello, aunque los valores eléctricos registrados no evidencian una contaminación armónica significativa, se requiere control permanente porque las cargas sensibles hospitalarias no toleran interrupciones, caídas de tensión o fallas de transferencia.
- Se propuso un plan de mantenimiento basado en condición (CBM) orientado a los tableros eléctricos, subestación, grupo electrógeno, transferencia automática, UPS, sistema de puesta a tierra, luminarias, tomacorrientes, disyuntores y equipos electromecánicos. El plan incorpora inspección visual, termografía, medición de tensión y corriente, prueba de protecciones, limpieza de tableros, ajuste de conexiones, verificación de autonomía de respaldo y registro histórico de condición. La inversión estimada para el plan de

mantenimiento asciende a S/ 72,745.00, y la evaluación económica muestra un VAN de S/ 73,795.37, TIR de 45% y periodo de recuperación de 1.92 años, por lo que la propuesta resulta viable para reducir costos de mantenimiento, fallas e interrupciones.

- La aplicación del mantenimiento basado en condición permite mejorar la confiabilidad operativa del sistema eléctrico hospitalario porque prioriza los componentes críticos según condición real y no solo por frecuencia calendario. La mejora esperada se refleja en la reducción de fallas imprevistas, mayor control de tableros críticos, corrección de la puesta a tierra no conforme, protección de cargas sensibles y disponibilidad de información técnica para la toma de decisiones. En consecuencia, la calidad de energía medida puede considerarse aceptable, pero la condición física y de mantenimiento del sistema requiere intervención CBM para asegurar continuidad, seguridad y disponibilidad del suministro eléctrico hospitalario.

5.2. Recomendaciones

Se sugiere llevar a cabo inspecciones utilizando termografía infrarroja con el fin de identificar la presencia de puntos calientes en los circuitos que operan a media y baja tensión. Esto permitirá que cualquier anomalía detectada pueda ser corregida de manera oportuna en caso de que se produzca algún problema.

De la misma manera, se sugiere encarecidamente la posibilidad de automatizar el proceso de encendido y apagado de luces. Esto se puede lograr mediante la correcta instalación de sensores de movimiento y temporizadores, lo cual permitiría evitar que áreas como salas, consultorios, almacenes ubicados en sótanos y otros espacios queden iluminados innecesariamente. De este modo, se contribuye al ahorro energético y se optimiza el uso de la iluminación en esos lugares. Esto no

solo juega un papel fundamental en la reducción del consumo energético, sino que también extiende de manera significativa la durabilidad y el tiempo de funcionamiento de los dispositivos utilizados para la iluminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcila, J. D. (2021). *Armónicos en sistemas eléctricos*. España.
- Armas, A. (2020). *Calidad de energía*. Barcelona.
- Cabrera López, A. M., & Gómez Bolívar, L. S. (2020). *Propuesta de un sistema de gestión mantenimiento de equipos biomédicos en un hospital en el Valle del Cauca*. . Colombia: Universidad del Valle.
- Chayguaque Grados, L. A., & Horna Muguerza, J. G. (2022). *Aplicación del Mantenimiento preventivo para reducir el índice de fallas en la empresa Grupo Maderera Selva Central*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- ETKHO. (2024). *Suministro Eléctrico en Hospitales*.
- Hospital, E. (2024). *Accidentes y sistemas de protección relacionados con la seguridad eléctrica hospitalaria*.
- Llamuca Moyota, G. M. (2022). *Plan de mantenimiento preventivo basado en la condición del grupo electrógeno del Hospital San Juan S.A, aplicando vibraciones y termografía para reducir las ocurrencias de las fallas*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mendoza Ríos, C. A. (2018). *Estudio de factibilidad en la implementación de mantenimiento basado en confiabilidad aplicado a equipos médicos críticos*. . Chile: Universidad de Concepción.
- Pravia Rojas, J. (2020). *Propuesta de un programa de mantenimiento basado en condición para mejorar la disponibilidad de la flota de equipos de la empresa RD RENTAL – Sede norte*. . Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo.

ANEXOS

Anexo 01: Encuesta

TESIS: Optimización del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo - 2023

ENCUESTA

Nombre: LUIS ALBERTO RAMOS MARTINEZ

Cargo: Coordinador de Unidad de Mantenimiento del Hospital Regional de Lambayeque

Fecha: 25-junio-2023

ENCUESTA DE SATISFACIÓN DEL USUARIO SOBRE LA OPERATIVIDAD DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
ITEM	PREGUNTAS DE LA ENCUESTA	PUNTUACIÓN				
		Nunca	Casi Nunca	A Veces	Casi Siempre	Siempre
		1	2	3	4	5
1	¿Cuándo se producen cortes del servicio, programados por la Empresa Distribuidora para dar mantenimiento a su Sistema de Distribución; usted tiene previo conocimiento de esto?	X				
2	¿Recibe de parte de la Empresa Distribuidora orientación para el uso eficiente de la energía?		X			
3	¿Recibe de parte de la Empresa distribuidora orientación sobre los riesgos y peligros en el uso de la energía eléctrica?	X				
4	¿Recibe de parte de la Empresa distribuidora información sobre sus derechos y obligaciones como consumidor?		X			
5	¿Ha observado usted variaciones continuas en la intensidad de la energía eléctrica?				X	

6	¿Cuándo existen cortes del servicio eléctrico en su sector, la reposición del mismo se realiza de forma rápida?			X		
7	¿Ud. Conoce de la cantidad de interrupciones del servicio que se produce durante el mes?	X				
8	¿Usted conoce el tiempo de duración de las interrupciones del servicio cada vez que se produce?			X		
9	¿La Empresa distribuidora de la energía eléctrica le explicó sobre la calidad del suministro eléctrico?	X				
10	¿Considera que los cortes imprevistos en el servicio de energía eléctrica son dañinos?					X
11	¿Usted conoce o sabe que la Empresa distribuidora realiza mediciones técnicas de la calidad del producto eléctrico?		X			
12	¿La empresa distribuidora le hace conocer sobre las interrupciones no programadas del servicio en su sector?			X		
13	¿Cuándo utilizas un equipo eléctrico y una vez terminado el trabajo lo deja conectado al tomacorriente?				X	
14	¿Usted recibió alguna capacitación sobre el uso y consecuencias de los equipos electrónicos?			X		
15	¿La Empresa distribuidora de la energía eléctrica le hace conocer sobre el perjuicio que existe en sus aparatos eléctricos cuando hay variación de frecuencia?	X				
16	¿Considera usted que la Empresa distribuidora está preocupado con la conservación del medio ambiente	X				

TESIS: Optimización del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo - 2023

17	¿La Empresa distribuidora de la energía eléctrica le explico sobre la importancia del ahorro y la eficiencia de energía eléctrica?		X			
----	--	--	---	--	--	--

GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE
GERENCIA REGIONAL DE SALUD
HOSPITAL REGIONAL LAMBAYEQUE

.....
Ing. LUIS A. RAMOS MARTINEZ
COORD. UNIDAD DE MANTENIMIENTO

Anexo 03: Analizador de Redes

ANALIZADOR DE REDES



- Visualización en forma numérica o gráfica
- Diagrama vectorial Tensión/Intensidad.
- Análisis armónicos hasta 49º y THD% de V e I.
- Perturbaciones de Red (Huecos y picos).
- Análisis del Flicker según EN50160.
- Análisis Asimetría de V según EN50160.
- Análisis Transitorios (Spikes).
- Medida de registro corriente de pico de motores.
- Pantalla TFT Color Táctil.

Características técnicas.

- Tensión TRMS CA/CC Fase-Neutro/Fase-Tierra – Sistema Monofásico /Trifásico

Escala	Precisión	Resolución	Impedancia de entrada
0-0.6kV	$\pm(0.5\% + 2 \text{ dígitos})$	0.1V	10M Ω

- Tensión TRMS CA/CC Fase-Fase/– Sistema Monofásico / Trifásico

Escala	Precisión	Resolución	Impedancia de entrada
0-1 kV	$\pm(0.5\% + 2 \text{ dígitos})$	0.1V	10M Ω

- Anomalías de Tensión – Fase-Neutro – Sistema Monofásico / Trifásico conNeutro

Escala	Precisión	Presión tiempo(50Hz)	Resolución	Resolución deTiempo
0-6 kV	$\pm(1\% + 2 \text{ dígitos})$	$\pm 10 \text{ ms}$	0.2V	10 ms

- Anomalías de Tensión – Fase-Fase – Sistema Trifásico sin Neutro

Escala	Precisión	Presión tiempo(50Hz)	Resolución	Resolución deTiempo
0-1 kV	$\pm(1\% + 2 \text{ dígitos})$	$\pm 10 \text{ ms}$	0.2V	10 ms

- Spike de Tensión – Fase-Tierra - Sistema Monofásico y Trifásico

Escala	Precisión	Presión tiempo (50Hz)	Resolución nTensión	Intervalo de observación (50Hz)
-1÷-1 kV 0.1÷1 kV	$\pm(2\% \text{lectura} + 60 \text{ V})$	$\pm 10 \text{ ms}$	1V	78 μs – 2.5ms (SLOW)
-6÷-0.1 kV 0.1÷6 kV	$\pm(10\% \text{lectura} + 1 \text{ kV})$		15V	5 μs - 160 μs (FAST)

— Corriente a través de transductor Estándar STD

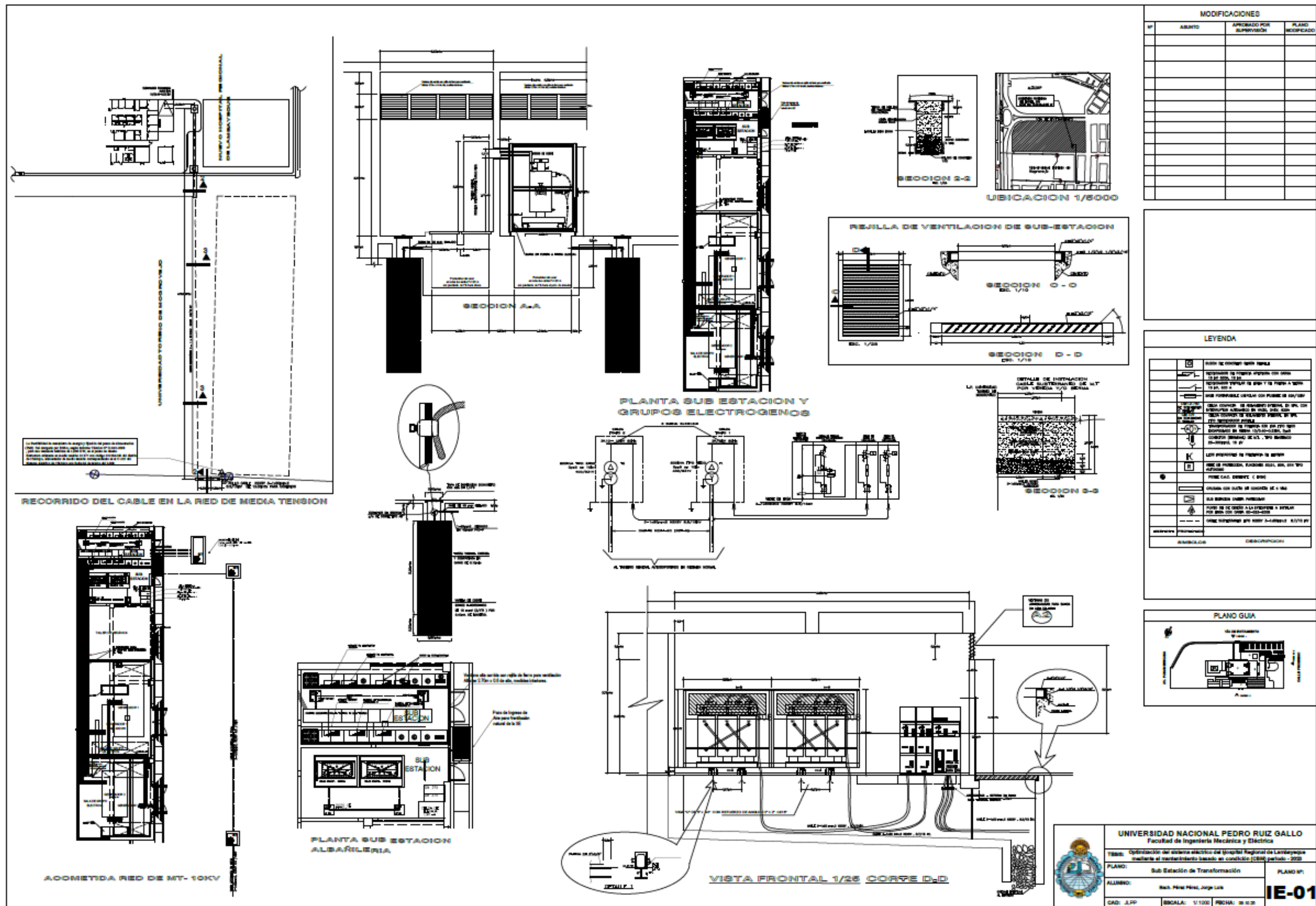
Escala	Precisión	Resolución	Impedancia de entrada	Protección de Sobrecarga
0÷100mV	$\pm(0.5\text{lectura}+0.06\%)$	0.1mV	510k Ω	5V

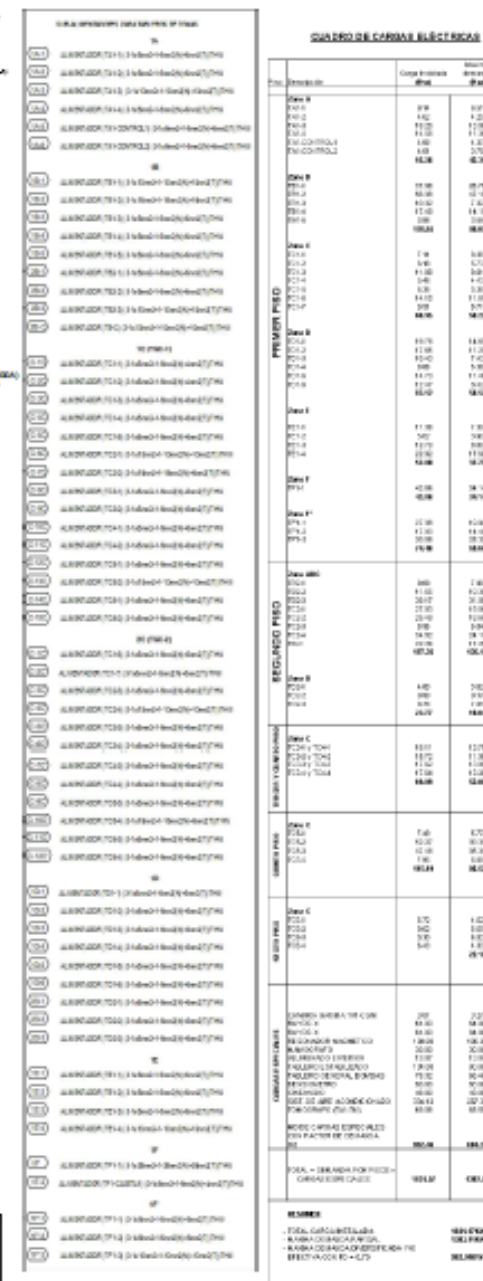
— Potencia – Sistema Monofásico y Trifásico (@ $\text{Cos}\phi > 0.5$ e $V_{\text{med}} > 60\text{V}$)

Parámetro [W, VAr, VA]	Fondo Escala Pinza FE	Resolución [W, VAr, VA]	Precisión	Resolución [W, VAr, VA]
Potencia Activa Potencia Reactiva Potencia Aparente	FE $\leq 1\text{A}$	0-999.9 1-9.999k	$\pm(1\%\text{lect}+6)$	0.1 0.001k
	1A < FE $\leq 10\text{A}$	0-9.999K 10-99.99k		0.001k 0.01k
	10A < FE $\leq 100\text{A}$	0-99.99k 100-999.9k		0.01k 0.1k
	100A < FE $\leq 3\text{kA}$	0-999.9k 1-9.999m		0.1k 0.001M

Anexo 02: Planos

- Plano de Instalaciones Eléctricas
- Plano de Diagramas Unifilares

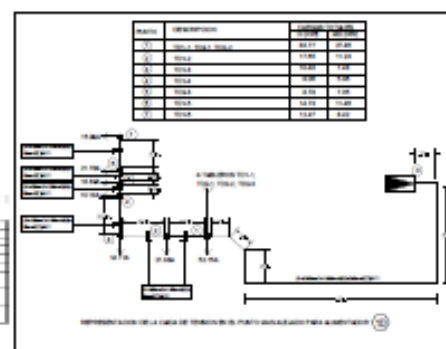


[illegible]

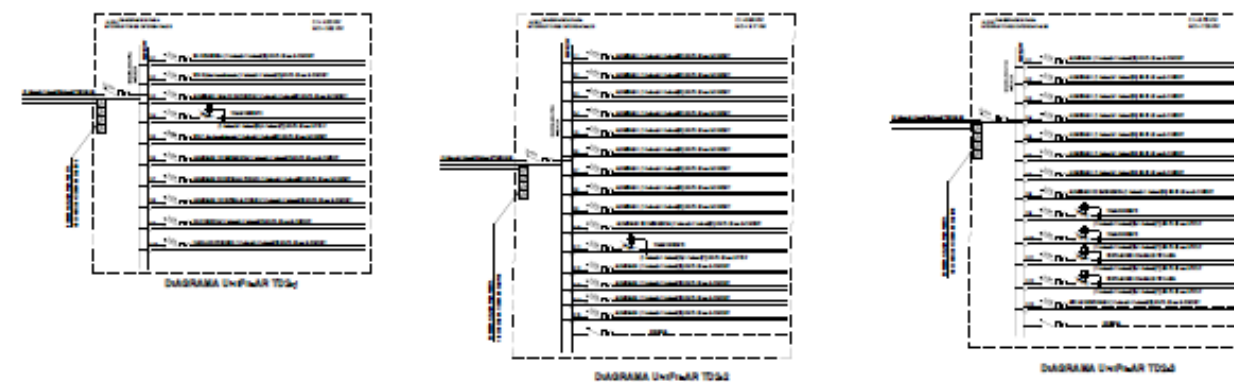
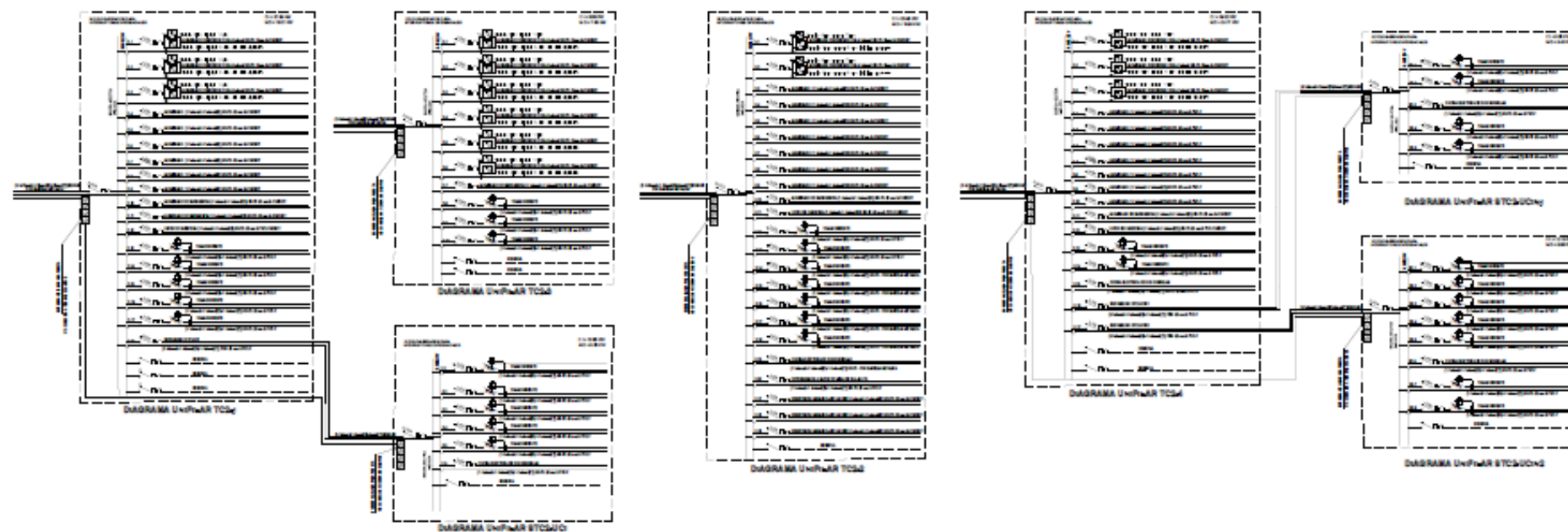
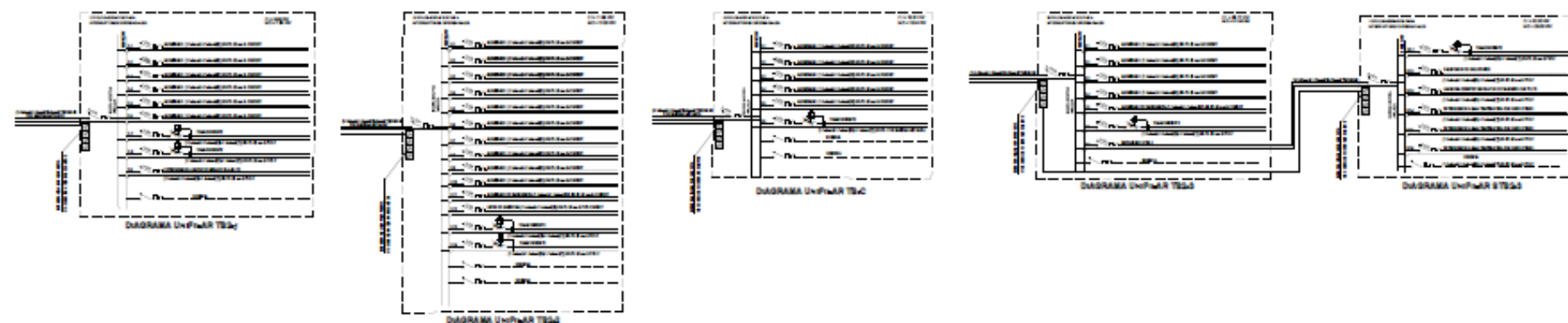
ANOTACIONES	

[illegible][illegible]

Variable	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor
Proteína	g/100g	15.0	g/100g	15.0	g/100g	15.0	g/100g	15.0
Grasa	g/100g	10.0	g/100g	10.0	g/100g	10.0	g/100g	10.0
Carbónhidrato	g/100g	65.0	g/100g	65.0	g/100g	65.0	g/100g	65.0
Calorías	kcal/100g	350	kcal/100g	350	kcal/100g	350	kcal/100g	350
Proteína	g/100g	15.0	g/100g	15.0	g/100g	15.0	g/100g	15.0
Grasa	g/100g	10.0	g/100g	10.0	g/100g	10.0	g/100g	10.0
Carbónhidrato	g/100g	65.0	g/100g	65.0	g/100g	65.0	g/100g	65.0
Calorías	kcal/100g	350	kcal/100g	350	kcal/100g	350	kcal/100g	350
Proteína	g/100g	15.0	g/100g	15.0	g/100g	15.0	g/100g	15.0
Grasa	g/100g	10.0	g/100g	10.0	g/100g	10.0	g/100g	10.0
Carbónhidrato	g/100g	65.0	g/100g	65.0	g/100g	65.0	g/100g	65.0
Calorías	kcal/100g	350	kcal/100g	350	kcal/100g	350	kcal/100g	350



	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica			IE-02
	TÍTULO: Optimización del sistema eléctrico de la Hospital Regional de Linares que mediante el mantenimiento basado en condiciones (CBM) periodo : 2020			
	PLANO: DIAGRAMA DE MAXIMAS DEMANDAS			PLANO Nº:
	ALUMNO: Reich, PIERRE PÉREZ, Jorge Luis			
	CAD: J.L.P.P	ESCALA: 1/1000	FECHA: 06.10.20	



FABREROS DEL
SEGUNDO PISO
ZONA B

FABREROS DEL
SEGUNDO PISO
ZONA C

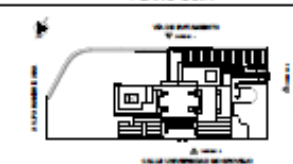
FABREROS DEL
SEGUNDO PISO
ZONA D

[illegible]

ANOTACIONES

LEYENDA

PLANO GUIA



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis: Optimización del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lumbayque mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo - 2023

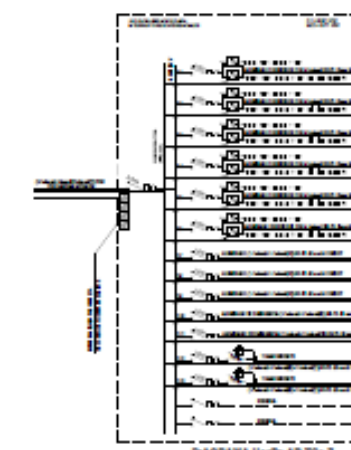
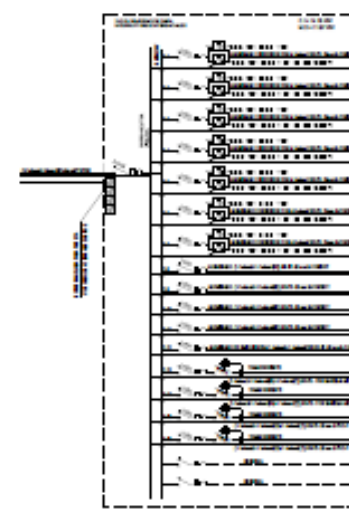
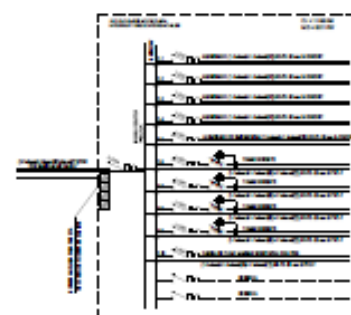
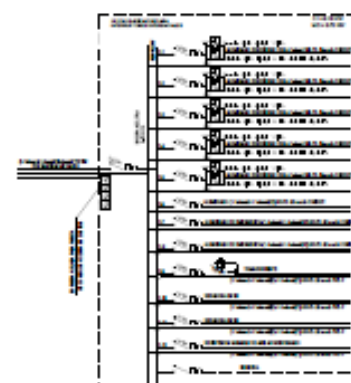
PLANO:	Diagramas Unifilares
--------	----------------------

ALUMNO: _____

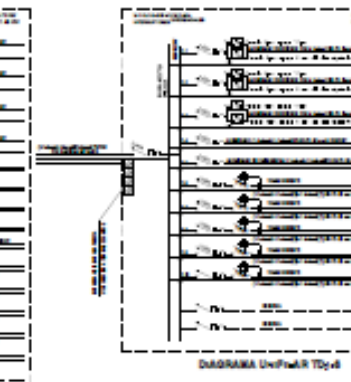
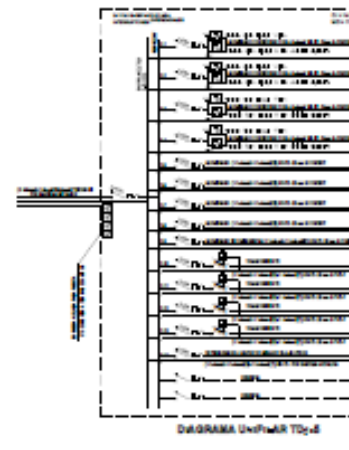
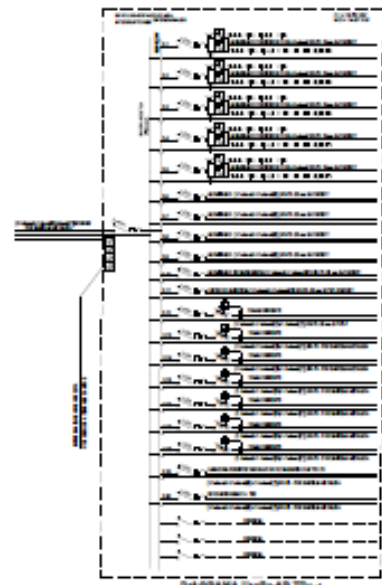
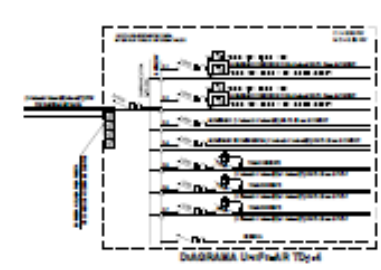
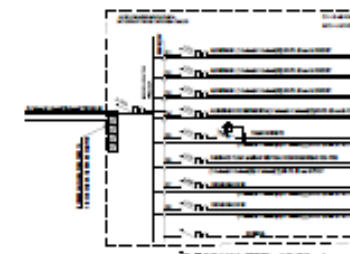
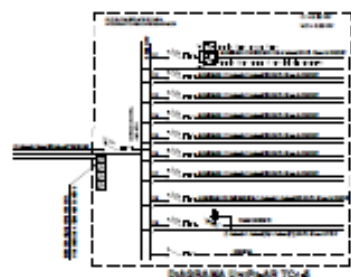
Rach. Pérez Pérez, Jorge Luis		
CAD: 3.00	ESCALA: 1/1000	FECHA: 06.10.20

PLANO Nº:

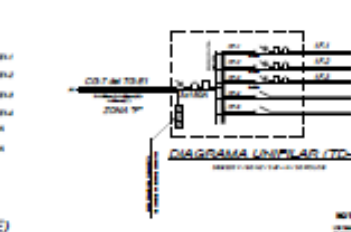
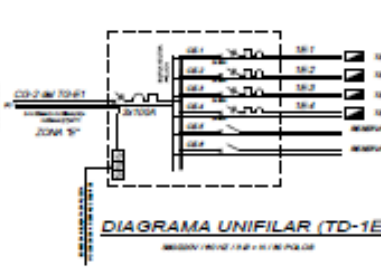
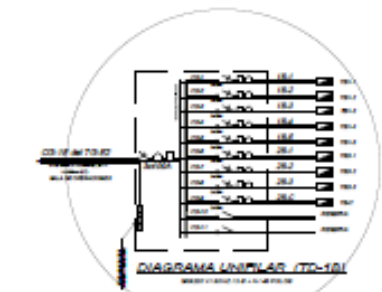
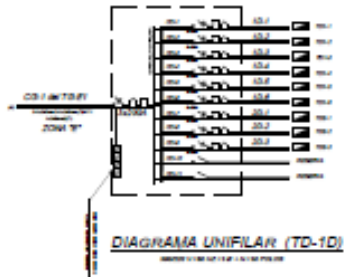
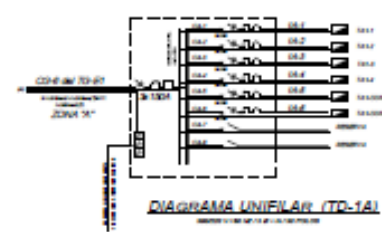
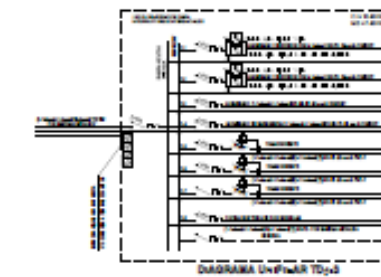
IE-04



FABREROS DEL
PRIMER PISO
ZONA C

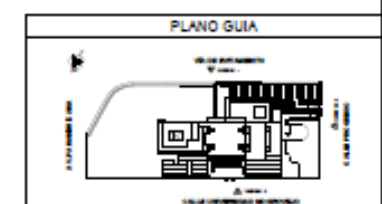


FABREROS DEL
PRIMER PISO
ZONA D

[illegible]

ANOTACIONES

LEYENDA	



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica		
TEMA: Optimización del sistema eléctrico del Hospital Regional de Lambayeque mediante el mantenimiento basado en condición (CBM) periodo: 2023		
PLANO: Diagramas Unifilares	PLANO Nº:	
ALUMNO: RICO, PINKO PINKO, JORGE LUIS	IE-06	
CAD: J.P.P	ESCALA: 1/1000	FECHA: 06/10/23

