

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas  
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

## PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL SAN LUIS DE OTAVALO

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento  
Eléctrico.

Autor:

Luis Fabián Chuquín Potosí

Directora:

Msc. Eliana Ormeño.

Ibarra-Ecuador

Diciembre 2019



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100369034-2
APELLIDOS Y NOMBRES:	Luis Fabián Chuquín Potosí
DIRECCIÓN:	Natabuela, Panamericana antigua y Antonio Ante
EMAIL:	<a href="mailto:luisclf15@gmail.com">luisclf15@gmail.com</a>
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL: 0989672101

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL SAN LUIS DE OTAVALO
AUTOR (ES):	Luis Fabián Chuquín Potosí
FECHA: DD/MM/AAAA	09/12/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Eliana Ormeño

#### 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 09 días del mes de diciembre de 2019

EL AUTOR:   
(Firma).....  
Nombre: Luis Fabián Chuquín Potosí



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Luis Fabián Chuquín Potosí, con cedula de identidad No. 100369034-2, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado denominado: **"PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL SAN LUIS DE OTAVALO"**. Que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes mencionada, aclarando que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentando para ningún grado o calificación profesional. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Luis Fabián Chuquín Potosí

C.I. 100369034-2

Ibarra, diciembre del 2019



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

MSc. Eliana Ormeño.

### CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Chuquín Potosí Luis Fabián, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL SAN LUIS DE OTAVALO"**. Para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.

MSc. Eliana Ormeño  
**DIRECTOR DE TESIS**

## DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por ayudarme a sobrellevar los momentos difíciles y darme fortaleza para poder cumplir mis objetivos tanto en el ámbito académico como personal.

A mi familia por el constante apoyo que me ha brindado y ayudarme a confiar en mí, demostrándome que los sueños se pueden cumplir con perseverancia y dedicación.

Especialmente a mis padres Alfonso y Carmelina, que me dieron la vida y en base a su sacrificio diario me ayudaron a conseguir este título profesional; y el orgullo que sienten por mí fue el motor de mi vida para llegar hasta el final. Es por ustedes que luche tanto para conseguirlo, por mi admiración hacia ustedes, porque simplemente son los mejores padres que Dios me pudo dar.

A mis hermanos que de una o otra forma supieron apoyarme en mis decisiones y alentarme en mis deseos de superación.

**L.F.Ch.P**

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte, por permitirme cursar mi carrera y formarme profesional,

Al hospital San Luis de Otavalo, por su cordial atención a los requerimientos para el desarrollo de este trabajo, especialmente al personal de mantenimiento por la colaboración en todo el trayecto del estudio.

A la directora de tesis, por la paciencia y su atento trato hacia mi persona que permitieron llevar de la mejor manera el desarrollo del estudio.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA</b> .....	ii
<b>2. CONSTANCIAS</b> .....	ii
<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</b> .....	iii
<b>ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR</b> .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
INDICE DE CONTENIDO .....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
Introducción.....	xviii
A1. Contextualización. ....	xviii
A2. Planteamiento del problema. ....	xx
A3. Formulación del problema. ....	xxi
A4. Justificación.....	xxi
A5. Alcance del trabajo .....	xxii
A6. Viabilidad de la investigación.....	xxii
A7. Objetivo General.....	xxiii
A8. Objetivos Específicos .....	xxiii
CAPITULO 1 .....	1
Fundamento teórico .....	1
1.1. Auditoría energética.....	1
1.1.1 Auditoría energética eléctrica.....	2

1.1.2	Objetivos de una auditoría eléctrica .....	2
1.1.3	Tipos de auditorías energéticas. ....	3
1.2.	Descripción de las metodologías de auditorías energéticas aplicadas a hospitales. ....	3
1.2.1	Análisis comparativo de las metodologías.....	6
1.2.2	Metodología de auditoría eléctrica aplicada al HSLO. ....	8
1.3.	Eficiencia energética.....	9
1.3.1	Beneficios al aplicar propuestas de eficiencia energética.....	10
1.3.2	Eficiencia energética aplicada al sector de la salud.....	11
1.3.3	Normativa vigente en el país. ....	13
1.3.4	Normativa Internacional. ....	14
1.4.	Problemas de calidad de la energía eléctrica.....	16
1.4.1	Cargas lineales y no lineales.....	16
1.4.2	Niveles de voltaje .....	17
1.4.3	Desbalance de voltaje.....	19
1.4.4	Perturbaciones rápidas de voltaje. ....	19
1.4.5	Distorsión armónica. ....	20
1.4.6	Variación de frecuencia.....	23
1.4.7	Iluminación en hospitales. ....	23
1.5.	Equipos de medición utilizados en la auditoria.....	25
1.5.1	Analizador de red.....	25
1.5.2	Otros equipos de medición.....	26
<b>CAPITULO 2 .....</b>		<b>27</b>
<b>Auditoria energética eléctrica en el Hospital San Luis de Otavalo (HSLO).....</b>		<b>27</b>
2.1.	Información básica del hospital.....	28
2.1.1	Instalaciones y servicios prestados por la institución.....	29
2.2.	Planificación. ....	29

2.2.1	Información preliminar a la auditoría.....	30
2.2.2	Descripción de las fuentes de energía .....	30
2.2.3	Descripción de los tableros eléctricos principales.....	33
2.2.4	Descripción de los tableros de distribución.....	35
2.2.5	Descripción de los Sub tableros de distribución. ....	36
2.3.	Diagnóstico.....	38
2.3.1	Análisis del consumo de energía.....	38
2.3.2	Levantamiento de carga.....	43
2.3.3	Mediciones de calidad de energía.....	46
2.3.4	Mediciones en los principales tableros de la institución.....	56
2.3.5	Análisis de sistema de iluminación del hospital. ....	58
CAPITULO 3 .....		61
<b>Propuesta técnica para el mejoramiento de la eficiencia energética eléctrica. ....</b>		<b>61</b>
3.1.	Introducción.....	61
3.2.	Objetivo de la propuesta.....	61
3.3.	Alcance de la propuesta.....	61
3.4.	Diseño de la propuesta.....	62
3.4.1	Disminución de problemas para mejorar la calidad de energía.....	62
3.4.2	Sustitución de equipos ineficientes.....	65
3.5.	Desarrollo de la propuesta.....	66
3.5.1	Balanceo de cargas .....	66
3.5.2	Diseño de un banco de capacitores para el cuarto de máquinas.....	68
3.5.3	Diseño de filtros para corrientes armónicas.....	71
3.5.4	Sustitución de tubos fluorescentes T8 32W por luminarias LED T8 18W. ....	74
3.3.	Análisis técnico.....	78
3.3.1	Análisis de la implementación de un banco de capacitores.....	78

3.3.2	Análisis de la implementación de filtro para armónicos. ....	78
3.3.3	Análisis de la implementación de tubos LED. ....	81
3.3.4	Análisis de la implementación se sensores de presencia. ....	83
3.3.5	Resumen de las propuestas planteadas.....	83
CONCLUSIONES .....		85
RECOMENDACIONES .....		87
REFERENCIAS .....		88
ANEXOS.....		93
ANEXO 1. Niveles de iluminación en establecimientos sanitarios. ....		93
ANEXO 2. Línea en media tensión del HSLO.....		94
ANEXO 3. Formularios y planillas de registro.....		95
ANEXO 3. Diagrama unifilar del HSLO.....		96
ANEXO 5. Cámara de transformación del HSLO.....		97
ANEXO 6. Resumen del consumo electrico mensual del hospital San Luis de Otavalo.....		98
ANEXO 7. Inventario de carga en el hospital por equipos. ....		99
ANEXO 8 . Resumen de las mediciones de calidad de energia en el transformador 75 Kva. .....		106
ANEXO 9. Valores de armónicos de voltaje individuales obtenidos.....		110
ANEXO 10. Niveles de iluinación con tubos LED. ....		111

## INDICE DE FIGURAS

Fig.1 Beneficios de eficiencia energética.....	10
Fig.2. Principales beneficios por la implementación de medidas de eficiencia energética .....	11
Fig. 3. Distribución de la demanda energética anual, por sector de consumo, en centros de salud. ....	12
Fig. 4 Esquema de la norma ISO 50001:2011 .....	14
Fig. 5. Sag de voltaje de 60% de 4 ciclos .....	17
Fig.6. Elevación momentánea de tensión.....	18
Fig.7.Limites para el índice de nivel de voltaje .....	18
Fig.8 Efecto Flicker de voltaje.....	20
Fig.9. Primera, tercera y quinta armónica.....	21
Fig.10 Valores mínimos para armónicos individuales y TDD .....	23
Fig. 11. Nivel de percepción visual según su función en los hospitales .....	24
Fig. 12 Analizador de redes eléctricas Fluke serie 1748.....	25
Fig. 13 Conexión del analizador Fluke serie 1748 .....	26
Fig. 14. Procedimiento para la estructuración del capítulo.....	27
Fig.15. Ubicación del Hospital San Luis de Otavalo .....	28
Fig. 16. Fuente de energía primaria.....	31
Fig. 17 Fuente de emergencia.....	32
Fig. 18 Cámara de transformación. ....	32
Fig. 19 a) Disposición física del tablero TPN; b) Diagrama unifilar del tablero TPN.....	34
Fig. 20 a) Disposición física del tablero TPE; b) Diagrama unifilar del tablero TPE .....	34
Fig. 21 a) Disposición física del tablero TTA; b) Diagrama unifilar del tablero TTA.....	35
Fig. 22 Disposición física del tablero de distribución STDN .....	36
Fig. 23 Disposición física del tablero de distribución STDE .....	36
Fig. 24 Demanda facturada mensual por periodos de registro en el HSLO .....	39

Fig. 25. Demanda vs costo de la demanda mensual en el HSLO .....	40
Fig. 26 Energía eléctrica activa mensual por periodos de registro en el HSLO.....	40
Fig. 27 Energía eléctrica activa consumida mensual en el HSLO.....	41
Fig. 28. Promedio mensual del consumo eléctrico por periodos de registro en el HSLO .....	41
Fig. 29 Energía caracterizada por equipos .....	45
Fig. 30. Perfil de voltaje del transformador N.2.....	47
Fig. 31 Perfil de corrientes del transformador N.2.....	48
Fig. 32 Perturbaciones medidas en el transformador N.2 .....	50
Fig. 33 THDV medidos en el transformador N.2 .....	50
Fig. 34 Amónicos de voltaje individuales medidos en el transformador N.2.....	51
Fig. 35 THDI medidos en el transformador N.2 .....	52
Fig. 36 Factor de potencia medida en el transformador N.2 .....	53
Fig. 37 Perfil de potencia activa en el transformador N.2.....	55
Fig. 38 Perfil de potencia reactiva en el transformador N.2 .....	55
Fig. 39 Perfil de la potencia aparente en el transformador N.2 .....	55
Fig. 40 Armónicos individuales de corriente en el tablero STDN .....	57
Fig. 41. Consumo de energía por luminaria.....	59
Fig. 42. Distribución de luminarias en: Hospitalización, Odontología, Recuperación. ....	59
Fig.43. Diseño del filtro para armónicos impares. ....	74
Fig.44. Entorno del proyecto de iluminación. ....	74
Fig.45. Simulación de iluminación en el área de recuperación .....	75
Fig. 46. Proyecto de iluminación terminado .....	76
Fig. 47 Simulación del filtro en PSCAD .....	79
Fig. 48 Valores de THDi sin filtro y con filtro. ....	79
Fig. 49 Señal de corriente con filtro y sin filtro en la línea 1. ....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1 Cuadro comparativo de las metodologías .....	7
TABLA 1. 2 Diseño de la metodología de investigación.....	9
TABLA 1. 3 Orden, frecuencia y secuencia de los armónicos.....	21
TABLA 1. 4 Efectos de armónicos de acuerdo a su secuencia.....	21
TABLA 1. 5 Características principales del analizador Fluke serie 1742-1746-1748 .....	25
TABLA 2. 1. Clasificación para hospitales según su nivel de atención. ....	28
TABLA 2. 2. Distribución física del Hospital San Luis de Otavalo .....	29
TABLA 2. 3 Características del generador.....	31
TABLA 2. 4 Características transformador monofásico .....	33
TABLA 2. 5 Características transformador 2 .....	33
TABLA 2. 6 Distribución de sub tableros en el interior del hospital. ....	37
TABLA 2. 7 Consultas atendidas en el HSLO.....	42
TABLA 2. 8 Índice energético en el HSLO.....	42
TABLA 2. 9 Demanda por sub tableros normal. ....	44
TABLA 2. 10 Demanda por sub tableros de emergencia. ....	44
TABLA 2. 11 Inventario del consumo eléctrico mensual. ....	45
TABLA 2. 12 Resumen de las mediciones de voltaje. ....	46
TABLA 2. 13 Resumen de desbalances de voltajes calculados.....	47
TABLA 2. 14 Resumen de las mediciones de corrientes .....	48
TABLA 2. 15 Resumen de desbalances de corrientes calculados .....	49
TABLA 2. 16 Resumen de mediciones de flicker. ....	49
TABLA 2. 17 Resumen de mediciones de THDI.....	51
TABLA 2. 18 Resumen del cálculo de TDD. ....	52
TABLA 2. 19 Resumen de mediciones del Fp. ....	53
TABLA 2. 20 Resumen de mediciones de potencias. ....	54

TABLA 2. 21 Indicadores de uso del transformador N.2.....	54
TABLA 2. 22 Indicadores de uso del transformador. ....	56
TABLA 2. 23 Resumen de mediciones de fp en los tableros principales. ....	57
TABLA 2. 24 Mediciones de THDi en los tableros de distribución .....	58
TABLA 2. 25 Resumen de luminarias en el hospital .....	58
TABLA 2. 26 Niveles de iluminación en los principales servicios del hospital .....	60
TABLA 3. 1 Mediciones de voltajes y corrientes en los sub tableros .....	67
TABLA 3. 2 Desbalance de cargas en los sub tableros. ....	67
TABLA 3. 3 Acciones para balance de cargas.....	68
TABLA 3. 4 Características técnicas para los bancos de condensadores seleccionados .....	70
TABLA 3. 5 Reactancias capacitivas calculadas .....	72
TABLA 3. 6 Reactancias inductiva, inductancia, resistencia y capacitancia calculadas.....	72
TABLA 3. 7 Resistencia con factor de calidad de 100 calculadas.....	72
TABLA 3. 8. Corrientes armónicas individuales calculadas .....	73
TABLA 3. 9 Cálculos de parámetros eléctricos para los filtros de armónicos.....	73
TABLA 3. 10. Características técnicas de las luminarias seleccionadas.....	75
TABLA 3. 11. Acciones de mantenimiento en las luminarias .....	76
TABLA 3. 12 Características técnicas del sensor elegido.....	77
TABLA 3. 13 Cálculo del ahorro de energía por la implementación de un banco de capacitores .....	78
TABLA 3. 14. Valores de THDi en el tablero STDE .....	79
TABLA 3. 15. Valores de THDi con filtro vs sin filtro .....	80
TABLA 3. 16 Cálculo del ahorro de energía por la implementación de la propuesta.....	81
TABLA 3. 17 Consumo balastro electromagnético vs electrónico.....	81
TABLA 3. 18 Consumo balastro electrónico vs tecnología LED.....	81
TABLA 3. 19 Ahorro potencial por implementación de tecnología LED .....	82

TABLA 3. 20 Pago mensual de energía eléctrica mensual por cambio de tecnología ..... 82

TABLA 3. 21 Ahorro potencial por implementación de tecnología LED ..... 83

TABLA 3. 22 Consumo de energía mensual con la instalación de sensores ..... 83

TABLA 3. 23 Ahorro potencial por implementación de sensores. .... 83

TABLA 3. 24 Resumen de las propuestas planteadas..... 84

## RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad buscar oportunidades de ahorro de energía eléctrica en el hospital San Luis de Otavalo mediante la aplicación de una auditoría en el sistema eléctrico, con la finalidad de mejorar la eficiencia energética.

Para dar cumplimiento con los objetivos se realizó la investigación de estudios relacionados con la eficiencia energética y auditorías energéticas aplicadas a hospitales, con el fin de evaluar las actividades y resultados de dichos estudios para posteriormente plantear una metodología de aplicación para una auditoría de acuerdo al alcance del estudio y los objetivos planteados.

La metodología aplicada al hospital cuenta de 3 etapas; en la primera parte se realiza una evaluación preliminar de las instalaciones, describiendo su sistema eléctrico desde el suministro hasta los tableros eléctricos que entregan energía a las cargas dentro del hospital; la segunda fase consta de un diagnóstico del consumo de energía mensual, el análisis de las mediciones de calidad de la energía en los 2 transformadores del cuarto de máquinas y en los puntos críticos del hospital en esta misma fase se evalúa los niveles de iluminación de seleccionadas áreas de servicio del hospital; la tercera etapa consiste en desarrollar una propuesta que mejore la eficiencia energética del hospital en base a los resultados de la auditoría energética eléctrica.

Como conclusión se obtiene que el sistema eléctrico del hospital presenta varios problemas eléctricos, tanto en diseño como en operación; estos problemas permitieron plantear propuestas detalladas en el tercer capítulo, obteniendo como resultado un ahorro de energía mensual de 3137,51 kWh y un ahorro anual de energía de 37601,26.

## ABSTRACT

The aim of this study is to look for opportunities to save electricity at San Luis de Otavalo hospital by applying an audit to the electrical system, with the aim of improving energy efficiency.

In order to meet the objectives, research was carried out on studies related to energy efficiency and energy audits applied to hospitals, in order to evaluate the activities and results of these studies and subsequently to propose an application methodology for an audit according to the scope of the study and the objectives set.

The methodology applied to the hospital has 3 stages; in the first part a preliminary evaluation of the facilities is carried out, describing its electrical system from supply to electrical panels delivering energy to charges within the hospital; the second phase consists of a diagnosis of monthly energy consumption, the analysis of energy quality measurements in the 2 transformers in the engine room and at the hospital's critical points at this same stage, the lighting levels of selected hospital service areas are evaluated; the third stage is to develop a proposal that improves the energy efficiency of the hospital based on the results of the electric energy audit.

The conclusion is that the hospital's electrical system presents several electrical problems, both in design and in operation; these problems allowed for detailed proposals in the third chapter, resulting in monthly energy savings of 3137,51 kWh and annual energy savings of 37601,26.

## Introducción

### A1. Contextualización.

En los últimos años la implementación de sistemas de gestión energética ha llegado a ser una alternativa muy importante dentro de la planificación energética de los países, debido a la creciente demanda una acción de gestión representa una necesidad vista hacia el futuro (Peláez & Espinoza, 2015). Al reducir o limitar la demanda de energía se puede ayudar a aumentar la resistencia ante una serie de riesgos como el incremento de precios de la energía, el estrés de la infraestructura, interrupciones en el sistema de abastecimiento y en general a reducir emisiones de gas de efecto invernadero (Hoeven, 2015).

En el 2014, la Conferencia de las Naciones Unidas Río+20 sobre Desarrollo Sostenible a través del programa Desarrollo Industrial Inclusivo y Sostenible (ISID) por sus siglas en inglés, acordó que las industrias tendrán la necesidad de mejorar su eficiencia energética ya sea incluyendo fuentes de energía renovable o prácticas de eficiencia energética disponibles (Yong, 2014). A nivel internacional, la eficiencia energética ha sido incorporada como una política pública con enfoque energético y ambiental (MEER, 2013). Dichas políticas implantadas irán encaminadas a la renovación tecnológica y a la facilitación de auditorías energéticas para el fortalecimiento de estas industrias y sectores específicos, todo esto enlazado con objetivos sociales (J. Briano, Báez, & Morales, 2016). Casos exitosos a nivel regional, de la aplicación de políticas de eficiencia energética son Brasil, Chile y México (MEER, 2017).

En España podemos encontrar normativas, planes de fomento y estrategias más relevantes relativas al ahorro energético y las auditorías energéticas como: destacan la norma ISO 50001, la norma UNE-EN 16247 o las guías del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) (Pedrajas, 2017).

En el caso de Ecuador, el país se ha comprometido con los objetivos globales a través de la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dentro de la función ejecutiva, la planificación nacional y la relación con los actores privados y ciudadanía en

general y de igual manera, el Estado busca apoyar las temáticas tratadas dentro de la Agenda 2030, que se pueden justificar mediante programas y proyectos, como es el caso de la eficiencia energética y energías renovables, enmarcadas en la creación de instituciones, infraestructura, normativa y planes (INER, 2018).

Como lo menciona (Eras, 2016) en los últimos diez años, el Ecuador registró una tasa de crecimiento promedio anual de 4% en consumo de energía y según el ARCONEL la tasa de crecimiento anual promedio de oferta y demanda de energía alcanzaron el 6%. Por dicha razón el estado ecuatoriano a través de la Constitución de la República del Ecuador promueve la eficiencia energética, y el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias, como es el caso de las energías renovables (Const,2008,art. 413-414). De igual manera, La Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica busca fomentar la eficiencia energética en la sociedad y promover conductas orientadas al consumo energético con el fin de reducir costos de producción (LOSPEE,16-ene.-2015 ,art. 74).

Según (Albornoz, 2014) La Industria es responsable de casi el 30% del consumo de energía eléctrica del país esta es utilizada para incrementar la productividad, competitividad de dichas instituciones. Por esta razón, en el sector industrial ecuatoriano se han implementado Sistemas de Gestión de Energía (SGE) a través de la aplicación de estándares internacionales, tales como la norma ISO 50001 (Cisneros, 2014). Y con la implementación del proyecto en 39 industrias se logró: un ahorro de energía de 13.397 mWh, equivalentes a USD 1.607.695 (Eras, 2016).

En la investigación realizada por.(Löhr, Serrano, & Zamorano, 2009) establece que en América latina uno de los países que contribuido al estudio de eficiencia de energía en hospitales públicos es Chile cuyos resultados se obtiene que el sector salud representa el 15% del consumo total del sector público. Debido a que los hospitales deben estar operativos las veinticuatro horas del día y los 365 días del año, sino incluso por la constante necesidad de disponibilidad de suministro, equipamiento médico, requisitos especiales de climatización y calidad del aire y control de enfermedades (Fenercom, 2010).

En contexto, La auditoría energética permitirá evaluar con claridad en base a datos el rendimiento y la eficiencia energética además permitirá identificar, predecir y administrar el desempeño energético y las oportunidades de ahorro existentes (AEC,2018). El uso racional de energía eléctrica tiene como fin obtener el máximo rendimiento de la energía consumida en las instalaciones garantizando un funcionamiento sin interferencias de todos los receptores conectados a la red (Ramírez, 2005).

Hoy en día los hospitales públicos son considerados como importantes consumidores debido a sus complejas instalaciones y para su funcionamiento se requiere una minuciosa planificación en cuanto a expansión, mejoramiento y especialmente el mantenimiento (Padró & Morales, 2011). Según, (Páez, S/A) un hospital puede consumir entre 20-60 MWh por cama, unas 20 toneladas medias de CO<sub>2</sub>, lo que implicaría entre 240 y 770 dólares al mes.

A nivel nacional, se han realizado estudios de auditoría eléctrica a industrias, así como a hospitales de los cuales podemos mencionar algunos de ellos como el Hospital Baca Ortiz de Quito, Hospital Metropolitano, Hospital de Especialidades de las Fuerzas Armadas N°1 y el Hospital Homero Castanier Crespo. Y en vista que se han obtenido resultados positivos y con el fin de ayudar a la institución, se ha planteado realizar una propuesta técnica para el mejoramiento de la eficiencia energética eléctrica en el Hospital San Luis de Otavalo, con el fin de valorar sus niveles de consumo energético actuales, estableciendo propuestas de ahorro y eficiencia energética.

## A2. Planteamiento del problema.

En los últimos años el gobierno desarrollado políticas, estrategias y proyectos energéticos para contribuir con la eficiencia energética, sin embargo, en el área de salud no existe legislación que obligue a estos sectores desarrollar auditorías energéticas que permitan el levantamiento de información del consumo actual (Albuja & Soria, 2017).

Por esta razón que las instituciones públicas de salud no se han visto en la necesidad de plantear planes de ahorro y eficiencia energética que permitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyan al crecimiento como institución.

Los hospitales debido a la necesidad de responder a los constantes desafíos médicos y a nuevas tecnologías han causado que la estructura de las instalaciones eléctricas se tenga que adaptar al constante incremento de los servicios y equipos médicos (Guamán & Huilca, 2017.). Debido a esta situación se producen fallas o interferencias que ocasionan pérdidas en el sistema eléctrico y ponen en peligro el funcionamiento de una serie de equipos médicos, de cómputo y de comunicaciones (Parrales & Flores, 2015).

Además, cabe mencionar debido a la antigüedad de algunos centros de salud estos carecen de antecedentes de haberse realizado balances energéticos en los equipos ni en los sistemas que permitan manejar adecuadamente los valores óptimos de trabajo de cada

sistema, así como el consumo energético de la institución, de tal forma que demuestre la situación actual y el nivel de eficiencia de cada uno de ellos (González & Trajano, 2015).

El Hospital San Luis de Otavalo (HSLO) no está libre de estos problemas, debido al incremento de la demanda de pacientes, apertura de nuevas especialidades y a la necesidad de responder a los desafíos de nuevas tecnologías se ha visto en la obligación de crecer institucionalmente sin tener una planificación adecuada causando sobrecarga en su sistema eléctrico y a consecuencia la presencia de problemas eléctricos en sus instalaciones como circuitos con carga no adecuada, desbalance de fases, elevado factor de potencia etc.

### A3. Formulación del problema.

¿Cómo se podría mejorar la eficiencia energética eléctrica en el Hospital San Luis de Otavalo en base a una auditoria energética?

### A4. Justificación.

La presente investigación se realiza a consecuencia del elevado consumo de energía eléctrica que afecta a las instituciones públicas a causa de diferentes factores como comportamiento humano, distribución de espacios, antigüedad de la infraestructura y su gran capacidad instalada en el sistema eléctrico. Y el hospital no está exento de estos problemas debido a la demanda en la atención a pacientes elevada se ha visto en la necesidad de adaptarse a los requerimientos tecnológicos actuales.

El HSLO cuenta ya con 64 años de vida institucional y en todo el trayecto de prestación de servicio médico, carece de algún estudio que determine el estado de su sistema eléctrico. El crecimiento institucional en los últimos años fue evidente y en la actualidad es considerado como una casa de salud básica con un total de 83 camas y 5 áreas de atención médica, el cual necesita un servicio eléctrico de calidad que no comprometa sus actividades diarias, por esta razón que se ha planteado el tema **PROPUESTA TECNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGETICA ELECTRICA EN EL HOSPITAL SAN LUIS DE OTAVALO**, con el fin de valorar sus niveles de consumo energético actuales, encontrar posibles problemas eléctricos y fallas de corrientes que no pueden ser atendidas inmediatamente, sino a través de un análisis exhaustivo y personalizado de las instalaciones.

La propuesta técnica nos brindará información útil, precisa y veraz el cual nos permite evaluar e identificar áreas con problemas eléctricos, optimizar la energía y despejar inconvenientes que afectan al hospital. Gracias a la información obtenida se pueden

determinar parámetros que ayuden a tomar acciones para conocer si el sistema eléctrico puede admitir la aplicación de otras o nuevas cargas y tomar decisiones de propuestas de mejoras y en consecuencia el ahorro económico y energético que justifique las medidas adoptadas.

En contexto general su aplicación buscara elaborar una propuesta técnica que podría dar solución a los problemas eléctricos encontrados, contribuir con el ahorro económico, optimizar el uso de energía eléctrica y ayudar a la reducción de gases invernadero que afectan al ambiente.

#### A5. Alcance del trabajo

De acuerdo con la información enviada por el Hospital el trabajo cubre las siguientes áreas: traumatología, psiquiatría, rehabilitación, cirugía interna, consulta externa, servicios generales y oficinas. Para cumplir con los objetivos se considerará los consumos de energía eléctrica proporcionados por la institución que ayuden a establecer un parámetro de consumo de la institución, se tomará en cuenta el consumo estimado de las cargas instaladas, se detallará los problemas eléctricos encontrados y el diagrama unifilar del consumo eléctrico actual. Los cálculos de los consumos energéticos se obtendrán mediante la información entregada por la institución y datos obtenidos en la auditoria con la estructura tarifaria vigente en Ecuador.

El informe de la propuesta técnica se elaborará solamente del sistema eléctrico el cual contendrá los valores del desempeño energético actuales, en base a los resultados obtenidos en la auditoria se realizará una propuesta técnica que contribuya a la eficiencia energética de Hospital. Cabe mencionar que, al ser una institución pública de salud, podría presentar áreas restringidas de las cuales se tomaran valores referenciales al momento de realizar el informe de la auditoria.

#### A6. Viabilidad de la investigación.

- Aspecto administrativo.

La presente investigación cuenta con el apoyo del personal de mantenimiento del Hospital, debido a la necesidad de solucionar los problemas que aquejan a la institución la parte administrativa ha puesto a disponibilidad el acceso a las instalaciones, a datos de consumo y equipos que se utilizaran durante la investigación.

- Aspecto técnico.

Para realizar esta investigación se tomará como referencia estudios similares realizados dentro del área de salud que contribuyeron con la eficiencia energética, algunos estudios encontrados son el Hospital Metropolitano de Quito, que obtiene como resultados ahorro un 52% del consumo anual de energía en iluminación, el Hospital Baca Ortiz de Quito con un ahorro anual del 77.81 kWh y el Hospital de Especialidades de las Fuerzas Armadas N°1 con un ahorro anual del 117.218 kWh.

- Aspecto económico.

Para realizar la investigación no requiere de una inversión económica significativa ya que solamente se planteará una propuesta técnica de consumo eléctrico, y dependerá de la institución si determinar la viabilidad de la aplicación de las conclusiones presentadas en este trabajo.

#### A7. Objetivo General

- Diseñar una propuesta técnica para el mejoramiento de la eficiencia energética eléctrica en el Hospital San Luis Otavalo a través de una auditoría eléctrica.

#### A8. Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte de las metodologías utilizadas para realizar auditorías energéticas en hospitales.
- Realizar una auditoría eléctrica en el sistema eléctrico del Hospital San Luis de Otavalo para determinar el perfil de consumo existente.
- Realizar una propuesta técnica para mejorar la eficiencia energética eléctrica.

# CAPITULO 1

## Fundamento teórico

El capítulo 1 expone un análisis de las metodologías de auditorías energéticas aplicadas a hospitales en el Ecuador, desarrollado mediante la recopilación de estudios relacionados con el tema de investigación. Además, presenta el marco conceptual de subtemas relacionados con la temática a tratar.

### 1.1. Auditoría energética.

La auditoría energética es una herramienta fundamental para la eficiencia y ahorro energético, permite analizar y diagnosticar de la situación actual de los consumos de energía, además permitirá plasmar una propuesta ordenada y estructurada de medidas prácticas para mejorar costes y rentabilidad a corto, medio y largo plazo del uso de la energía (AEC, 2018). Para la realizar una auditoria energética se considera de una serie de pautas y acciones previamente definidas, que aseguren el correcto desarrollo y ejecución de esta para que posteriormente el equipo auditor sea capaz de realizar sus funciones exitosamente (Aguilar Romero, 2012).

Una auditoria energética se caracteriza por analizar los elementos que produzcan energía ya sea en industrias o edificaciones como los siguientes (López Cardona, 2017).

- Energía eléctrica.
- Uso de combustibles (gas natural, diésel, gasolina, carbón, entre otros.)
- Procesos de aire comprimido.
- Sistemas de iluminación.
- Equipos para tratamiento de las condiciones del aire.
- Procesos productivos.
- Normalización de las instalaciones eléctricas de una edificación.
- Contabilidad energética.

### 1.1.1 Auditoría energética eléctrica.

La energía, especialmente la eléctrica, es un recurso con gran incidencia en los procesos productivos y en los actos cotidianos, íntimamente relacionado con el confort, la calidad de vida y el desarrollo económico (Zelaya 2015).

Una auditoría energética eléctrica es una herramienta técnica que permite tener el conocimiento fiable y completo del consumo eléctrico de las instalaciones de las organizaciones y sus resultados permiten verificar de forma objetiva el cumplimiento de la legislación vigente y plantear soluciones enfocadas a la reducción de consumo de energía eléctrica (Guamán & Huilca, 2017).

En las instituciones de salud se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para desarrollar una auditoría energética eléctrica (López Cardona, 2017).

- Tipo de usuario ante el operador de red.
- Equipos que consumen energía reactiva y pagos por este concepto.
- Calderas.
- Sistemas de iluminación.
- Sistemas de climatización.
- Aislamiento térmico.

Las auditorías energéticas es una herramienta poderosa en la búsqueda de soluciones de ahorro energético, y su implementación debe ser considerada en cualquier programa de eficiencia energética (Ruiz-Duarte, Taddei-Arriola, Retes-Arballo, & Taddei-Bringas, 2016).

### 1.1.2 Objetivos de una auditoría eléctrica

Para obtener resultados eficaces dentro del proceso de dar soluciones al consumo de energía eléctrica en edificaciones el auditor debe tener en consideración los siguientes objetivos (Vintimilla & Paladines, 2012).

- Obtener un conocimiento fiable de los consumos energéticos.
- Identificar dónde y cómo se consume la energía y los factores que afectan a su consumo.
- Optimizar el consumo de energía.
- Detectar y evaluar las oportunidades de ahorro y de mejora.
- Eliminar pérdidas energéticas.
- Maximizar la eficiencia de la instalación.

### 1.1.3 Tipos de auditorías energéticas.

Una auditoria energética se puede clasificar de acuerdo a la profundidad del caso de estudio, en la Tabla se detalla los tipos de auditorías con sus características.

Tipo de auditoria	Características
Diagnostico energético	Detalla solamente el estado actual de una determinada instalación eléctrica.
Auditoria energética básica	Incluye un estudio sobre el estado actual de las instalaciones, propuestas de mejora enfocadas en el ahorro energético, identificación de potenciales reducciones en costos de operación, y disminución de emisiones de gases.
Auditoria energética profunda	Contiene todos los elementos de los dos tipos de auditoría explicados con anterioridad, tiene como adicional un estudio sobre el proceso productivo, son empleadas con el fin de analizar la viabilidad de utilizar energías renovables
Auditoria energética dinámica y continua	Contiene todos los elementos de las anteriores con el adicional que se realiza continuamente. Este tipo de auditorías son las que se incluyen en los Sistemas de Gestión Energética.

Fuente: (López Cardona, 2017).

En general, para realizar una auditoria energética no existe una forma establecida, aunque normalmente suelen seguir el mismo patrón, aunque su realización y la profundidad de cada metodología varía entre cada autor.

### 1.2. Descripción de las metodologías de auditorías energéticas aplicadas a hospitales.

En el caso de hospitales, existen varios factores a considerar al momento de diseñar una metodología para una auditoria eléctrica,

Según (Juan, 2017) algunos factores a tener en cuenta son, los servicios prestados, su forma y tamaño, su ubicación y su relación con el entorno, las variables climatológicas y el tipo de construcción. Igualmente (Hualla, Paul, & Mostajo Sotomayor, 2017), señala que el consumo energético también dependerá de la tecnología instalada en las diferentes áreas del hospital, es decir un edificio no tendrá igual consumo que el otro.

En consecuencia, el desarrollo de una metodología dependerá del criterio que tenga el auditor de acuerdo al edificio propuesto para realizar la investigación y la profundidad que se

quiera dar a la auditoría. A continuación, se detallan algunas metodologías aplicadas a casos de estudios exitosos en Ecuador.

- Caso 1. Auditoría energética del Hospital Metropolitano de Quito.

El Hospital Metropolitano de Quito, clasificado por su topología como una unidad de tercer nivel de atención, cuenta con un área aproximada de 2300m<sup>2</sup> distribuido en 6 plantas y un total de 129 camas (Lugmaña, 2014)..

(Rueda, 2016) En este proyecto de investigación se realizó una auditoría básica en el edificio principal del hospital. Para cumplir los objetivos de este estudio el autor planteó 3 etapas:

- La primera etapa consiste en el análisis de la contabilidad energética y recolección de datos de los consumos y costes energéticos, se investigaron la estructura tarifaria para cada insumo y con expresiones matemáticas se calculó el consumo energético mensual con el fin de estimar el consumo en los meses que no se dispone de facturación.
- En la segunda etapa se calcularon los valores medios de consumo mensual de cada fuente y se obtuvieron las ratios de eficiencia energética, para esto se utilizó el número de camas por la superficie de construcción. Estos valores permitieron al auditor relacionar al edificio con otros centros con sus mismas características.
- La tercera etapa consistió en establecer propuestas de mejora de acuerdo al diagnóstico energético relacionado.

Como propuesta de mejora el auditor presentó las siguientes recomendaciones; el remplazo de luminarias que representan el 30% del consumo eléctrico del hospital por bombillas tipo LED, la instalación de colectores fotométricos para la producción de agua caliente, la reducción del consumo gaseoso de la caldera, la instalación de motores de cogeneración para cubrir la demanda térmica del edificio auditado.

- Caso 2. Auditoría Energética en el Hospital Julius Doepfner de la ciudad de Zamora.

(Lugmaña, 2014) El Hospital provincial Julius Doepfner de la ciudad de Zamora, clasificado por su topología como una unidad de segundo nivel de atención, cuenta con un edificio de 3 plantas con un total de 57 camas.

(Aguilar Romero, 2012) Para la realización de esta auditoría energética se propuso una evaluación sistemática desde el punto de entrega de la energía hasta el punto de uso final, en la

que se examinó cómo y dónde la energía ingresa en cada instalación, cómo se utiliza la energía y la eficiencia entre la alimentación y el uso de energía.

Para cumplir con estos requerimientos se llevaron a cabo los siguientes pasos: realizar encuestas, analizar el consumo y costos de energía, comparar el rendimiento de la energía, establecer patrones de uso, realizar el inventario de cargas, determinar las oportunidades de eficiencia energética y evaluar los beneficios obtenidos.

Como resultado del estudio se propone un plan de mejoras con las siguientes propuestas; intercambiar luminarias fluorescentes de 40W por luminarias de 36W, crear campañas para el ahorro energético, utilizar el GLP para el funcionamiento de la calefacción en las secadoras y por último se plantea el remplazo del transformador por su elevado costo de energía relacionado con pérdidas en el entrehierro.

- Caso 3. Auditoria Eléctrica en el Hospital de Especialidades de las Fuerzas Armadas N.1.

(Lugmaña, 2014) El Hospital de Especialidades de las Fuerzas Armadas N.1, ubicado en el centro norte de la ciudad de Quito desde el año 1977, clasificado por su topología como una unidad de tercer nivel de atención con un total de 220 camas.

(Guamán & Huilca, 2017) En este caso de estudio se realizó una auditoria profunda, el autor presenta una planeación de actividades previa a la auditoria, las etapas son las siguientes:

- Actividades preauditoria (planificación de estrategias y actividades)
- Recolección y revisión de la información existente (Estructuración de insumos energéticos)
- Actividades y mediciones in situ (Trabajo en campo)
- Análisis y evaluación de datos. (Recopilación de datos y tabulación de resultados).

Como resultado de la auditoria se consiguió caracterizar del consumo energético (por electricidad, Glp y Diesel), realizar el levantamiento de cargas clasificado por equipos, medir parámetros que relaciona la calidad de energía en transformadores y obtener los niveles de iluminación en las áreas del hospital; en base lo mencionado se planea propuestas de eficiencia eléctrica, en el sistema de iluminación con la implementación de lamparás LED, concientización del uso racional de la energía en equipos médicos, computación refrigeración y se elabora un plan de mantenimiento para el sistema eléctrico del hospital.

- Caso 4. Elaboración de un sistema de Gestión Energética para el Hospital Baca Ortiz de Quito, según Normativa INEN ISO 50001.

(Lugmaña, 2014) El Hospital Baca Ortiz de Quito, clasificado por su topología como una unidad de tercer nivel de atención por ser un Hospital de especialidades pediátricas, cuenta con un área aproximada de 2000m<sup>2</sup> con un total de 253 camas.

(Albuja Espinosa & Soria Acosta, 2017) En este caso de estudio se desarrolló un sistema de gestión energética (SGEn) para el Hospital Baca Ortiz de Quito, fundamentada principalmente en la aplicación de la norma ISO 50001. Y complementario a este, se presenta la aplicación de una auditoría energética con base en la norma ISO 50002, aunque el autor establece que no se regirá estrictamente a los lineamientos de la norma citada; para el cumplimiento de los objetivos el autor plantea las siguientes fases:

- a) Planteamiento de la auditoría
- b) Reunión de apertura
- c) Recolección de datos
- d) Plan de mediciones
- e) Ejecución.
- f) Análisis de datos y resultados
- g) Identificación de resultados.
- h) Generación del reporte
- i) Reunión de clausura

Con la aplicación de la auditoría el autor determina los índices porcentuales de la matriz energética del hospital, puntualiza los principales usos de la energía, establece un perfil de la demanda, presenta indicadores energéticos del sistema eléctrico, sistema de combustibles, sistema de generación de vapor; y como resultados presenta ahorro de energía por el cambio de motores, medidas que promuevan el uso racional de la energía con la hibernación de computadoras, control y sustitución del sistema de iluminación y plantea una estructura para la gestión de la energía en el hospital.

#### 1.2.1 Análisis comparativo de las metodologías.

En la Tabla 1.1 se presentan unas las diferentes metodologías caracterizadas por sus beneficios y actividades.

TABLA 1. 1 Cuadro comparativo de las metodologías

Caso de estudio	Actividades	Beneficios propuestos
Caso 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Análisis de contabilidad energética</li> <li>○ Recolección y cálculo de los datos de los consumos y costes energéticos.</li> <li>○ Investigar de estudios realizados para estimar su desempeño energético con base en edificios similares,</li> <li>○ Establecer las propuestas de mejora de acuerdo al diagnóstico energético realizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Caracterización del consumo eléctrico del hospital</li> <li>✓ Propuestas de eficiencia energética eléctrica para iluminación</li> <li>✓ Propuestas de eficiencia energética térmica en calderos mediante la instalación de colectores fotométricos y motores cogeneradores.</li> </ul>
Caso 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Realizar una encuesta de condiciones</li> <li>○ Establecer el mandato de auditoría</li> <li>○ Establecer el alcance de la auditoría</li> <li>○ Analizar el consumo de energía y los costos</li> <li>○ Comparar el rendimiento de la energía</li> <li>○ Perfil de los patrones de uso de la energía</li> <li>○ Inventario del uso de la energía</li> <li>○ Identificar las oportunidades de Gestión de la Energía</li> <li>○ Evaluar los beneficios</li> <li>○ Informe para la acción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se plantea el remplazo del transformador</li> <li>✓ Propuestas de eficiencia energética eléctrica para iluminación</li> <li>✓ Propuestas de eficiencia energética para lavadoras con la combinación de energía eléctrica con GLP.</li> </ul>
Caso 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades preauditoria.</b></li> <li>○ Socializar con el personal</li> <li>○ Realizar un cronograma de las actividades</li> <li>○ Crear planillas y encuestas para la recolección de información</li> <li>○ Recorrer las instalaciones del hospital</li> <li>○ Recolección y revisión de la información existente</li> <li>○ Revisión de información estadística relevante</li> <li>○ Revisión de antecedentes de proyectos afines</li> <li>○ Recolección de planillas de electricidad y maquinarias del hospital.</li>   <li>• <b>Actividades y mediciones in situ.</b></li> <li>○ Inspección visual en las instalaciones</li> <li>○ Medición de calidad energía</li> <li>○ Mediciones de nivel de iluminación.</li>   <li>• <b>Análisis y evaluación de datos.</b></li> <li>○ Evaluar los datos recopilados</li> <li>○ Caracterizar el consumo energético</li> <li>○ Identificación de medidas de eficiencia energética.</li> <li>○ Informe de auditoría</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Caracterización del consumo eléctrico del hospital,</li> <li>✓ Actualización de cargas</li> <li>✓ Consumo eléctrico de todo el hospital caracterizado por equipos</li> <li>✓ Medición de calidad de energía en transformadores Propuestas de eficiencia energética eléctrica para iluminación, equipos médicos, de computación y refrigeración</li> <li>✓ Plan de mantenimiento</li> </ul>

Caso 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Planteamiento de la auditoría. Plantea objetivos, metas, tiempo, personal, criterios, profundidad del auditorio etc.</li> <li>○ Reunión de apertura. Se asigna roles de actuación, permisos, equipos de seguridad, periodos de trabajo, etc.</li> <li>○ Recolección de datos. Se recopila información de consumos de energía, planos, planillas etc.</li> <li>○ Plan de mediciones. Cuantificar y medir variables de energía</li> <li>○ Ejecución. Se refiere a las actividades de medición, verificación, cumplimiento de normativas, etc.</li> <li>○ Análisis de datos y resultados. Establece una metodología para evaluar los datos.</li> <li>○ Identificación de resultados. Identifica oportunidades de mejoras en los equipos y sistemas auditados.</li> <li>○ Generación del reporte. Resumen de la información recopilada y resultados relevantes.</li> <li>○ Reunión de clausura. Se explica los resultados, objetivos cumplidos, entrega del informe de auditoría y actas de clausura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Valor porcentual de la matriz energética caracterizado por electricidad, GLP y Diesel.</li> <li>✓ Principales usos de la energía en la institución.</li> <li>✓ Perfil de demanda.</li> <li>✓ Indicadores energéticos en sistema eléctrico (kW/h/día), sistema diésel (kW/h/m<sup>2</sup>), sistema de generación de vapor (Kw/kg-vapor) y el sistema energéticos GLP (kW/h/m<sup>2</sup>),</li> <li>✓ Oportunidades de ahorro tecno-económico con medidas como hibernación de computadores, apagado y control de luces en áreas de uso general.</li> <li>✓ Oportunidad de ahorro en el sistema de compresores por el cambio de motores.</li> <li>✓ Oportunidad de ahorro de energía eléctrica por el cambio de lámparas de tecnología T8 por tipo LED.</li> <li>✓ Estructuración de un sistema de gestión de la energía</li> </ul>
--------	---	---

Fuente:(Aguilar Romero, 2012) (Guamán & Huilca, 2017) (Albuja Espinosa & Soria Acosta, 2017) (Rueda, 2016)

Mediante los beneficios y actividades mencionados en la tabla anterior se desarrolla una nueva metodología de auditoría eléctrica que será implementada en el hospital la cual es presentada a continuación.

### 1.2.2 Metodología de auditoría eléctrica aplicada al HSLO.

La nueva metodología recoge actividades de cada caso de estudio dependiendo de la disponibilidad de la institución, así como la información prestada. Para el proceso de auditoría se tomó cuenta con tres componentes distintos y en cada una se irán detallando las actividades que se deberá cumplir para llegar a cumplir los objetivos planteados.

- Planificación.
- Diagnóstico
- Propuestas de mejora

A continuación, en la Tabla 1.2 se detallan todas las acciones necesarias por cada fase de la auditoría aplicada al hospital.

TABLA 1. 2 Diseño de la metodología de investigación.

Etapa	Objetivos	Actividades
Planificación.	<p>Realizar una recopilación de datos utilizando métodos como observación y entrevistando a personas encargadas del hospital.</p> <p>Realizar el reconocimiento preliminar del edificio, el estudio previo de las instalaciones eléctricas, con el fin de evaluar la magnitud de los problemas energéticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Socialización con el personal.</li> <li>b) Recorrer las instalaciones del hospital.</li> <li>c) Solicitar las planillas de electricidad y maquinarias del hospital.</li> <li>d) Recolectar de planimetría de instalaciones: planos de planta, instalaciones y modificaciones.</li> <li>e) Recoger fichas técnicas / manuales de equipos.</li> <li>f) Revisar de antecedentes de proyectos afines.</li> <li>g) Inspección de las instalaciones eléctricas.</li> <li>h) Detallar las fuentes de suministro de energía.</li> <li>i) Caracterizar la utilización del edificio o instalación.</li> </ul>
Diagnóstico	<p>Realizar las mediciones necesarias para caracterizar el consumo eléctrico en cada área y servicio del hospital.</p> <p>Analizar del consumo y mediciones eléctricas para identificación de las principales acciones correctivas en el sistema.</p> <p>Describir la información de los balances energéticos y los puntos críticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Analizar el consumo de energía y los costos</li> <li>b) Levantar la carga instalad en la institución.</li> <li>c) Determinar el perfil de los patrones de uso de la energía</li> <li>d) Calcular los parámetros eléctricos en el hospital</li> <li>e) Realizar mediciones de calidad de energía.</li> <li>f) Determinar los tableros que alimentan principales equipos médicos.</li> <li>g) Realizar mediciones de iluminación en distintos servicios del hospital.</li> </ul>
Propuestas de mejora	<p>Realizar un listado de recomendaciones o propuestas de mejora orientado a aumentar la eficiencia energética de los sistemas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Evaluar los datos recopilados</li> <li>b) Detallar los problemas encontradas en la auditoria.</li> <li>c) Identificación de medidas de eficiencia energética.</li> <li>d) Diseñar propuestas para mejorar la eficiencia energética eléctrica</li> </ul>

Fuente: (Almendra et al., 2014), (ITC, 2004), (Sultana & U., 2015), (2015), (Girini, López, & Fernández, 2012), (Aguilar Romero, 2012), (Guamán & Huilca, 2017), (Albuja Espinosa & Soria Acosta, 2017), (Rueda, 2016)

Las actividades planteadas serán desarrolladas de acuerdo al cronograma presentado al personal de mantenimiento y de acuerdo a la disponibilidad de las áreas a auditar.

### 1.3. Eficiencia energética.

La eficiencia energética se define como la reducción del consumo de energía manteniendo los requisitos energéticos establecidos sin alterar la producción, el confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente y fomentando un comportamiento sostenible con su uso (Vintimilla & Paladines, 2012).

Por tal motivo, el objetivo principal que persigue la eficiencia energética es contribuir con la eficiencia económica, considerando las condiciones necesarias para producir y consumir de manera eficiente su energía (A. E. Almeida, 2016). Los beneficios mencionados se basan en la

aplicación de un Sistema de Gestión Energética, estableciendo un conjunto de requisitos para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor eficacia (Cañizares-Pentón, Rivero-Aragón, Pérez-Bermúdez, & González-Suárez, 2014). En la Figura 1 se observa los posibles beneficios que presenta la implementación de acciones que contribuyan a la eficiencia energética.



Fig.1 Beneficios de eficiencia energética  
Fuente: [www.garperenergy.com](http://www.garperenergy.com)

Según (Hirzel et al., 2016) la eficiencia energética es considerada una de las formas más rentables para mejorar la seguridad del suministro, reduce las emisiones relacionadas con el efecto invernadero, disminuye el consumo de energía a precios accesibles y mejorar las competencias económicas.

### 1.3.1 Beneficios al aplicar propuestas de eficiencia energética.

Con aplicación de medidas de eficiencia energética se podría ahorrar más del 28% de los costos de energía en edificios, por tal motivo la mejora de la eficiencia energética es considerada uno de los pilares básicos de estrategias nacionales e internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero con costos económicos aceptables (De la Cruz-Lovera, Perea-Moreno, De la Cruz-Fernández, Alvarez-Bermejo, & Manzano-Agugliaro, 2017).

Las acciones de eficiencia energética aplicadas a industrias o empresas pueden presentar varios beneficios como muestra la Figura 2:

	Impulsores	Beneficios
<b>Legales</b>	Normativa mundial	A nivel mundial se desarrolla regulación en EE y se detectan buenas prácticas
<b>Económicas</b>	Ahorros energéticos razonables.	Ahorro energéticos y por lo tanto económicos.
	Precio de la energía	El encarecimiento del precio de la energía hace que se necesario llevar a cabo medidas que permitan la reducción del consumo.
	Uso de energías limpias.	Se comienza a primar el uso de ciertas tecnologías limpias, como ocurre con el coche eléctrico
	Acceso a subvención en materia de eficiencia energética EE.	La implantación de medidas de eficiencia energética permite en diversos casos el acceso a incentivos en materia de ahorro de energía.
<b>Estratégicas</b>	Liderazgo.	Posición ventajosa frente a competidores, por mejora de la imagen de la empresa, y cobertura en riesgo.
	Negocio.	La EE permite abrir nuevos modelos de negocio.
<b>Concientización</b>	Concientización ambiental.	Creciente concienciación ambiental que influye en un aumento de la implementación de medidas de EE
<b>Tecnológicos</b>	Innovación.	Modernización del proceso productivo y de las instalaciones de la organización

Fig.2. Principales beneficios por la implementación de medidas de eficiencia energética  
Fuente: Eficiencia energética en Ecuador: identificación de oportunidades. Pg.43.

### 1.3.2 Eficiencia energética aplicada al sector de la salud

Tanto en países industrializados como en países en desarrollo, el sector de la salud consume enormes cantidades de energía, además dicho sector carece de estudios que relacionen las cifras del consumo de energía por lo que se hace necesario medir y comparar con parámetros de referencia para conocer el grado de afectación al cambio climático (Salud sin Daño, 2018).

Como lo menciona (Crawford, 2014) “La eficiencia energética debería recibir una mayor prioridad en el diseño, planificación y gestión de las instalaciones para permitir que los servicios de salud en los países pobres en energía puedan mover la escala de energía más económica y eficientemente.” p.29.

Los edificios de hospitales ya sean públicos o privados, pueden tener un gran aporte a la eficiencia energética, a consecuencia de su servicio constante a la comunidad tienen un gran potencial de ahorro estimado entre 20% hasta 40% (Teke & Timur, 2014). El Departamento de Energía de los Estados Unidos ha demostrado que el uso de energía en hospitales abarca distintas unidades y áreas (Figura 3), y con la aplicación de medidas de eficiencia energética es posible reducir su consumo en un 20-30% (Gordo, Campos, & Coelho, 2015).

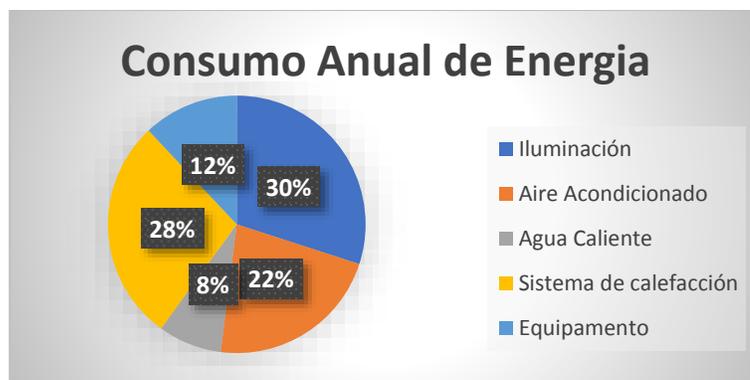


Fig. 3. Distribución de la demanda energética anual, por sector de consumo, en centros de salud.  
Fuente(García-Sanz-Calcedo, 2014)

En los últimos años se presentó un número creciente de países que han introducido estrategias de eficiencia energéticas en sus edificios de uso público con el fin de obtener sistemas energéticos óptimos, competitivos y sostenibles (De la Cruz-Lovera et al., 2017).

Según (Salazar & Cifuentes, S/A) para optimizar el uso de energía en un hospital existen dos alternativas, la primera es capacitar a los funcionarios y usuarios para mejorar la gestión y la otra posibilidad establece la contratación de servicios profesionales para que ellos se hagan cargo de la gestión de energía en el hospital.

La principal fuente de generación alternativas de energía en hospitales es generalmente los combustibles fósiles y el uso de energías renovables es bastante limitado, en estudios anteriores se ha planteado el uso combinado de las fuentes de energía renovable para podría cubrir algunas necesidades de energía de una manera rentable (Vourdoubas, 2018).

Si se aplica estrategias de eficiencia energética en los hospitales, se deberá tomar en cuenta diferentes variables como (AChEES/A)

- Años de servicio del hospital.
- Horas de funcionamiento diarias.
- Número de pacientes.
- Configuración del sistema eléctrico: descripción y planos del sistema eléctrico.
- Sistema térmico y otros sistemas importantes de gran consumo de energía.
- Tarifas y consumos de energía eléctrica

Por tal motivo, para implementar acciones que contribuyan a la eficiencia energética en hospitales se debe realizar un estudio exhaustivo de acuerdo al tipo de hospital al que será dirigido el estudio.

### 1.3.3 Normativa vigente en el país.

El Ecuador acogiendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, implementó políticas de eficiencia energética y energías renovables a través del MEER Ministerio de Electricidad y energías Renovables, se creó la Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética, encargada de la gestión de energía eficiente y del desarrollo de las energías renovables en el país.

Por otro lado, El Ecuador a través de su constitución política del 2008 ha implementado acciones legislativas para incentivar al uso eficiente de energía. La constitución en su TÍTULO VII, Capítulo segundo, Sección séptima.

Art. 413 establece que “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables diversificadas, de bajo impacto, que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas y el derecho al agua “ (Const2008Art.413).

Art. 414 establece que “El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto Invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo” (Const2008Art.413).

Así mismo en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica LOSPEE, vigente desde el 2015, en su Art. 74, establece sus objetivos relacionados a la eficiencia energética.

a) fomentar la eficiencia en la economía y en la sociedad en general...; b) promover valores y conductas orientados al empleo racional de los recursos energéticos...; c) propiciar la utilización racional de la energía...; d) incentivar la reducción de costos de producción...; e) disminuir el consumo de combustibles fósiles...; f) orientar y defender los derechos del consumidor...; y, g) disminuir los impactos ambientales (LOSPEE, 2015 ,art. 74).

Además, Ecuador cuenta con regulaciones que fomentan el uso correcto de la energía como son las regulaciones relacionadas con la calidad energía como es la No. CONELEC – 005/18, que establece parámetros para un adecuado uso de la energía.

Desde el punto de vista energético hospitalario, nuestro país no cuenta con una caracterización detallada del sector hospitalario, pero por su alto consumo de energía y así necesidad de aprovecharla las 24 horas se podría catalogados a estos edificios como consumidores industriales.

#### 1.3.4 Normativa Internacional.

En el Ecuador actualmente no existen normativas sobre eficiencia energética, sin embargo, existen medidas y proyectos independientes con objetivos muy concreto basadas en la normativa ISO 50001 generando varios beneficios para estas instituciones (J. I. Briano, Báez, & Moya Morales, 2016).

- Normativa ISO 50001

Esta norma es un estándar internacional que integra el concepto de Sistemas de gestión de la energía y permite a organizaciones o empresas grandes o pequeñas, gestionar los sistemas energéticos estableciendo un proceso como: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (Cisneros, 2014).

La normativa se implementa mediante lineamientos de gestión de energía con el fin de cumplir con los objetivos de eficiencia que pueden ser fijados por las mismas empresas u organizaciones o por las instituciones a las que pretendan obtener un certificado de la normativa (Vázquez, 2013).

Para la implementación de dicha norma se ha establecido un esquema que se muestra en la Figura 4, mediante la consecución de pasos, facilita la actuación al momento diseñar o implantar un sistema de gestión de energía con el fin de alcanzar los objetivos que contribuyan al ahorro.

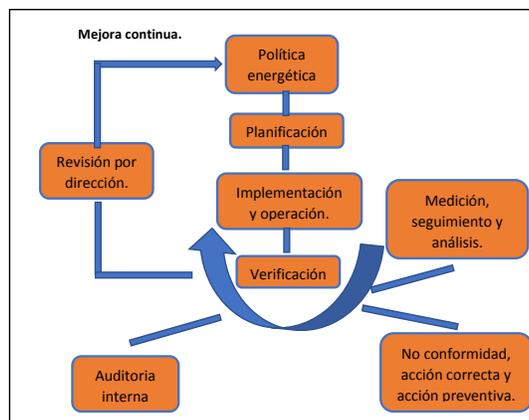


Fig. 4 Esquema de la norma ISO 50001:2011  
Fuente: [www.guiaiso50001.cl](http://www.guiaiso50001.cl)

➤ Antecedentes de la normativa.

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU DI), fue la primera institución en solicitar a la Organización internacional de normalización (ISO por sus siglas en ingles), el desarrollo de una norma internacional de Gestión de la Energía con el fin de disponer una respuesta efectiva al cambio climático y a la proliferación de normas nacionales de gestión de la energía (Cisneros, 2014).

En el año 2000 se implementó una normativa que contribuye a la gestión de energía a través del Instituto Nacional Americano de Normalización (ANSI por sus siglas en ingles), y paralelamente ANSI busco analizar cómo promover una resolución del Sistema de Gestión de Energía dentro de la ISO (Eccleston, March, & Cohen, 2011).

En febrero de 2008, se crea el Comité Técnico 242 (TC 242), cuya presidencia está precedida por un representante del Instituto Nacional de Normalización estadounidense (ANSI) y la Secretaría está compartida entre Estados Unidos y Brasil, con el objeto de desarrollar y emitir la norma internacional de gestión energética ISO 50001 (Reva, 2015).

En el 2011 se establece la norma internacional de gestión de la energía UNE-EN ISO 50001:2011, la cual contienen una serie de directrices de carácter general para la aplicabilidad de la eficiencia energética, basados en el principio de ciclo de mejora PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) (López Cardona, 2017).

En los últimos años ha presentado una serie de mejoras, entre las mejoras que aporta la nueva Norma UNE-EN ISO 50001:2018 destacan las estructurales como: la estructura de alto nivel que permite aumentar el alineamiento de las normas de sistemas de gestión de ISO aportando una estructura, texto, términos y definiciones comunes, con el objetivo de facilitar a las empresas la integración de los diferentes sistemas de gestión de acuerdo con las normas ISO que tengan implantadas. (AENOR, 2018)

➤ Objetivos de la normativa.

Esta normativa tiene tres principios fundamentales que son (Laszlo & Sroufe, 2015):

- ✓ Reducir el egreso económico de las organizaciones al aumentar la eficiencia energética y reducir o administrar eficazmente la generación de energía o su uso.
- ✓ Reducir la generación de gases de efecto invernadero que según la mayoría de los científicos cree que es el principal controlador detrás del cambio climático.

- ✓ Promover las relaciones públicas para mejorar la gestión de energía y demostrar que la organización está haciendo esfuerzos medibles para administrar la energía.

En el Ecuador existen escasos antecedentes de la aplicación de estándares que contribuyan a la gestión de energía en los hospitales. Sin embargo, hay países que han hecho de la gestión de energía una política pública como es el caso de Chile que según la literatura analizada presenta estudios con el fin de promover la eficiencia energética en hospitales como en sus industrias.

#### 1.4. Problemas de calidad de la energía eléctrica.

Se entiende como calidad de la energía a un bajo nivel de disturbios en la red, es decir el mínimo de distorsiones armónicas, variaciones de voltaje, interrupciones, sobretensiones, tanto en el suministro como en la recepción (Esparza González, Mata Guerrero, & Castañeda Ramos, 2006). Una mala calidad de energía puede generar distorsiones o deformaciones de la onda característica sinusoidal pura, lo que ocasiona fallas inesperadas o repentinas en los dispositivos eléctricos, además conlleva a el fallo de equipos sensibles electrónicos (Freire & Vergara, 2010).

##### 1.4.1 Cargas lineales y no lineales

Actualmente en las instalaciones industriales, comerciales y residenciales es muy común la utilización de cargas que contengan circuitos electrónicos, los cuales son fuentes emisoras de distorsión armónica en la red, ya que bajo ciertas condiciones pueden deteriorar la magnitud, la forma de onda, la amplitud, y la simetría del voltaje (Esparza González et al., 2006).

A continuación, se definen dos tipos de cargas lineales y no lineales, presentes en los sistemas eléctricos.

- a) Una carga es lineal cuando se aplica un voltaje sinusoidal directamente a una carga y esta produce una corriente sinusoidal proporcional sin que esta altere su forma (Ríos & Quintana, 2014). Las cargas lineales pueden ser de tipo resistivo, inductivo y capacitivo, también es relacionada con la ley de Ohm entre voltaje y corriente manteniendo su forma de onda constante (Guamán & Huilca, 2017).
- b) Las cargas no lineales son aquellas que tienen consumos de corriente o voltajes no sinusoidales, estas cargas generan inconvenientes en la forma de onda de las cargas, estas son generadas por controles de motores de corriente directa, inversores, variadores de velocidad en motores, grandes instalaciones de computadoras y electrónica de control (Esparza González et al., 2006).

#### 1.4.2 Niveles de voltaje

Los niveles de voltaje están normados mediante la regulación No. CONELEC – 005/18, que establece valores límites para el aumento o decremento de los niveles de voltaje que entrega la empresa distribuidora. A continuación, se detallan los fenómenos relacionados con el nivel de voltaje.

- Caídas de tensión de corta duración (sag).

La sag de tensión es la reducción en el voltaje nominal por un corto período de tiempo, esto ocurre cuando la tensión de alimentación baja de 0.1 a 0.9 pu de la tensión nominal durante un período de hasta un minuto (Johnson & Hassan, 2016). Generalmente son producidas por la puesta en operación de cargas pesadas como motores o a su vez factores atmosféricos (Flores, 2008). La Figura 5 muestra la forma de onda de sag de voltaje.

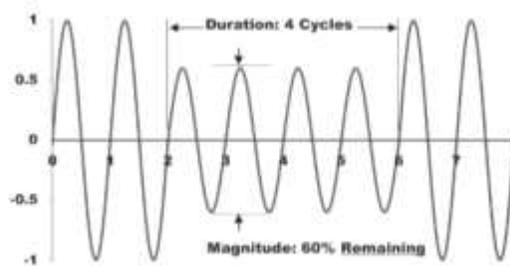


Fig. 5. Sag de voltaje de 60% de 4 ciclos  
Fuente: Power Quality Issues, Impacts, and Mitigation for Industrial Customers

Un sag de voltaje puede ocasionar problemas como: mal funcionamiento del equipo de tecnología de la información, sistemas de control basados en microprocesador que pueden llevar a un paro de proceso, desconexión de contactores y relés electromecánicos, desconexión y pérdida de eficiencia en máquinas rotativas eléctricas (A. Almeida, Moreira, & Delgado 2003).

- Aumento de tensión de corta duración (Swell).

Es un incremento a un valor entre el 1.1 y el 1.8 pu del nominal, con una duración entre 0.5 ciclos de línea a 1 minuto (Echavarría & Berber, 2009). Ocurre cuando se apaga una carga pesada, pérdida de la generación, transformador mal regulado, condiciones defectuosas en el sistema de distribución, bajo carga de una fase mientras que otras dos fases en un sistema trifásico se sobrecarguen (Johnson & Hassan, 2016). La Figura 6 muestra la forma de onda en un incremento de voltaje.

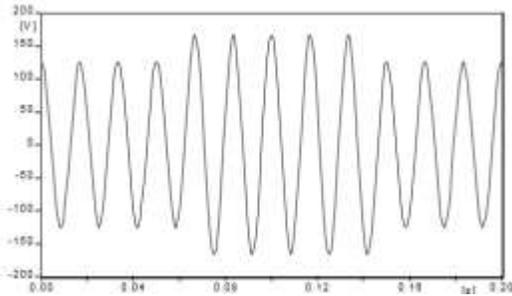


Fig.6. Elevación momentánea de tensión.

Fuente:(Ramírez Castaño & Cano Plata, 2006)

Las consecuencias para este fenómeno son: pérdida de datos, oscilando de la iluminación y pantallas, paro o daño del equipo sensible, si los valores del voltaje son demasiado altos (Alam & Gain, 2014). En la Figura 7 presenta el índice de nivel de voltaje permitidos en la regulación No. CONELEC – 005/18.

**Tabla 1:** Límites para el índice de nivel de voltaje

Nivel de Voltaje	Rango admisible
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	± 5.0 %
Medio Voltaje	± 6.0 %
Bajo Voltaje	± 8.0 %

Fig.7.Limites para el índice de nivel de voltaje

Fuente: CONELEC 005/18

La normativa se cumple cuando el nivel de voltaje en el punto de medición se encuentra por arriba del el 95% de las mediciones realizadas en un periodo mínimo de 7 días.

- Interrupciones de larga y corta duración.

Una interrupción de corta duración es una interrupción total de la alimentación eléctrica durante unos pocos milisegundos, en cambio una Interrupción de larga duración es la interrupción total de la alimentación eléctrica por una duración mayor de 1 a 2 segundos las posibles causas son: Equipos fallan en la red del sistema eléctrico, las tormentas y los objetos (árboles, coches, etc.) líneas o postes llamativos, fuego, error humano, mala coordinación o falta de dispositivos de protección (A. Almeida et al., 2003).

### 1.4.3 Desbalance de voltaje

Como su nombre lo indica, es la diferencia de magnitud o desfase a 120° eléctricos de , principalmente se las puede observar en redes trifásicas, generalmente sucede cuando se conectan cargas monofásicas a un circuito trifásico como: hornos de inducción, transformadores conectados en delta abierto, fallas de aislamiento en conductores, etc. (Álvarez Villegas & Victoriano Gutiérrez, 2016).

Técnicamente el desbalance de voltaje está definido como la relación de la componente de voltaje de secuencia negativa y la componente de voltaje de secuencia positiva, estos voltajes se obtienen resolviendo las magnitudes de la línea trifásica en dos componentes de simetría voltajes de línea y de fases. El factor de porcentaje de desbalance de voltaje está dado por la ecuación 1.7 y 1.8 (Ramos, 2003).

$$\% \Delta V = \frac{V_-}{V_+} \quad (1.1)$$

Dónde:

- V- = Componente de voltaje de secuencia negativa.
- V+ = Componente de voltaje de secuencia positiva.

También se puede relacionar con la siguiente ecuación:

$$\% \Delta V_k = \frac{V_k - V_n}{V_n} \quad (1.2)$$

Dónde:

- $\Delta V_k$  = Variación del voltaje de suministro respecto al voltaje nominal en el punto k.
- $V_k$  = Voltaje en suministro en el punto k, determinado como el promedio de medidas registradas
- $V_n$  = voltaje nominal en el punto k.

Los límites de operación para el desbalance de tensión se encuentran en la regulación No. CONELEC – 005/18 en el numeral 11.

### 1.4.4 Perturbaciones rápidas de voltaje.

Estas fluctuaciones tienen una duración entre varios milisegundos, la amplitud de variación no supera  $\pm 0.1$  pu del voltaje nominal, produciendo grandes problemas de regulación de tensión en la industria eléctrica (Hiler & Lozada, 2018). Un síntoma de este tipo de problema

es el parpadeo que tiene una frecuencia por debajo de 25 Hz, y se las observa en las luces incandescentes (Seymour & Horsley, 2005).

- Parpadeo (Flicker).

Se le conoce por este nombre (en inglés, flicker) por el efecto que tiene sobre la operación normal de las lámparas. Consiste en variaciones cíclicas de la envolvente de tensión, con valores entre el 0.9 y el 1.1 pu del nominal (Echavarría & Berber, 2009). La Figura 8 se muestra las formas de onda de estas perturbaciones.

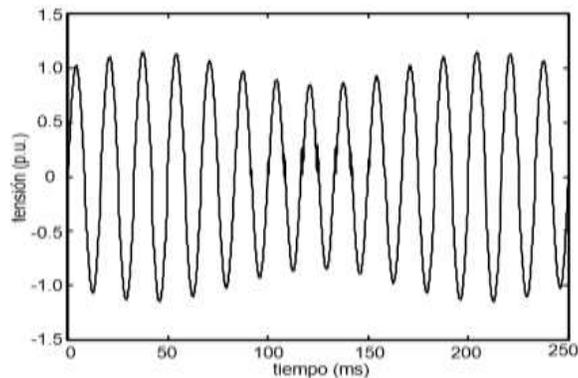


Fig.8 Efecto Flicker de voltaje  
Fuente: (Echavarría, 2009)

PST. Es el término que permite evaluar la severidad del flicker en periodos cortos con intervalos de observación de 10 minutos y está dada por la ecuación 1.6.

$$Pst = \sqrt{0.031P_{01} + 0.00657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}} \quad (1.3)$$

El Flicker Pst se evalúa mediante la regulación No. CONELEC – 005/18, donde establece que el límite del índice de severidad del flicker Pst en el punto de medición no deberá superar la unidad.

#### 1.4.5 Distorsión armónica.

Los armónicos son voltaje o corrientes sinusoidales con frecuencia que son múltiplos enteros de la frecuencia nominal del sistema, las ondas distorsionadas pueden ser descompuestas en una sumatoria de la frecuencia fundamental y los armónicos estableciendo (Ríos & Quintana, 2014). La Figura 9 muestra formas de ondas distorsionadas de la primer, tercera y quinta armónica.

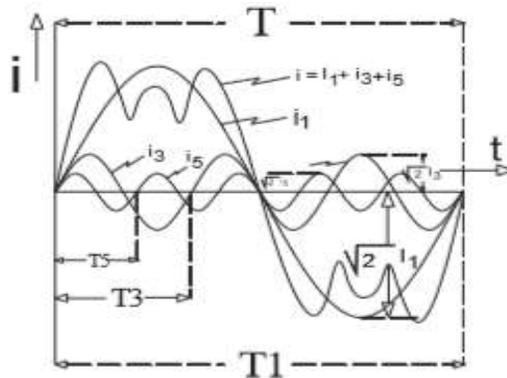


Fig.9. Primera, tercera y quinta armónica.

Fuente: Incidencias de Cargas No Lineales en Transformadores de Distribución.

Como muestra la figura existen diferentes órdenes de acuerdo la razón entre la frecuencia de un armónico y la frecuencia del fundamental, estas pueden ser de orden par e impar (Ríos & Quintana, 2014). En la Tabla 1.2 se describe las órdenes de frecuencias y secuencias de cada uno de los armónicos.

TABLA 1. 3 Orden, frecuencia y secuencia de los armónicos.

Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Frecuencia	60	120	180	240	300	360	420	480	540
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	0

Fuente: Incidencias de Cargas No Lineales en Transformadores de Distribución

De acuerdo a la tabla anterior se puede decir que cada armónico posee un nombre, una secuencia y frecuencia, los cuales presentan diferentes problemas. La Tabla 1.3 muestra los efectos que ocasionan los armónicos en las instalaciones de acuerdo a su secuencia.

TABLA 1. 4 Efectos de armónicos de acuerdo a su secuencia.

Armónico	Efectos.
Secuencia (+)	Puede ocasionar calentamiento en conductores, desperfectos en circuitos, etc.
Secuencia (-)	Puede ocasionar el freno de los motores, es decir produce un campo magnético giratorio contrario a la fundamental además provoca calentamientos en conductores.
Secuencia (0)	Pueden ocasionar calentamiento, estas secuencias son múltiplos de la tercera armónica.

Fuente: Elaborada por el autor.

Para un sistema eléctrico, las formas de onda de las armónicas para corrientes y voltajes están dadas por las ecuaciones 1.1 y 1.2 respectivamente.

$$i_a = I_{ma} \sin(a\omega t - \delta a) \quad (1.4)$$

$$v_a = V_{ma} \sin(a\omega t - \delta a) \quad (1.5)$$

Donde el subíndice (a) significa en número de la armónica y (m) son los valores RMS de la respectiva armónica.

- La distorsión total armónica THD

Es utilizada para la medición de distorsión armónica en un sistema eléctrico, este puede ser deducido tanto para los armónicos de corriente como para los de tensión, la ecuación que determina el THD está presentada para ecuación 1.3(Freire & Vergara, 2010).

$$THD = \sqrt{\frac{\sum_{h>1}^{hmax} I^2}{I^2}} \quad (1.6)$$

- Distorsión total de demanda TDD.

En la normativa internacional IEEE 519, establece valores límites de TDD que s relacionado como el contenido de distorsión armónica con respecto al valor máximo de corriente medido en un punto de conexión y este dado por la ecuación 1.5.

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{hmax} I^2}}{I_{max}} \quad (1.7)$$

Algunas fuentes generadoras de los niveles de distorsión armónica dentro de una instalación eléctrica convencional son (Esparza González et al., 2006).

- Alumbrado fluorescente, hasta un 26%.
- Equipos de comunicaciones hasta un 26%.
- Controladores para edificios inteligentes: hasta un 58 %
- PC, impresoras, mini computadoras, etc. Producen una distorsión armónica de 124%.
- Fuentes de energía ininterrumpida (UPS): producen hasta 26% de distorsión armónica.

En la Figura 10, realizada en base a la regulación No. CONELEC – 005/18, establece los valores límites de los voltajes armónicos individuales y los TDD.

Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico Fundamental						
$I_{sc}/I_L$	<11	11sh<17	17sh<23	23sh<35	35sh	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Los armónicos pares se limitan al 25% de los límites de los armónicos impares mostrados anteriormente

\* Todo equipo de generación se limita a estos valores independientemente del valor de  $I_{sc}/I_L$  que presente

Donde  $I_{sc}$  = corriente Máxima de cortocircuito en el punto de acoplamiento común.  
 $I_L$  = Máxima demanda de la corriente de carga (a frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común.

TDD = Distorsión total de la demanda (RSS) en % de la demanda máxima.

Fig.10 Valores mínimos para armónicos individuales y TDD  
Fuente: CONELEC 005/18

Se cumple con la regulación cuando el factor de distorsión armónica individual y total de voltaje en el punto de medición es menores a los límites establecidos en un periodo mínimo de 7 días.

Los equipos utilizados en los hospitales en su gran mayoría requieren de una configuración de diodos para su funcionamiento, generando contenido armónico produciendo altas corrientes instantáneas y potencias pico, las mismas que pueden afectar al correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

#### 1.4.6 Variación de frecuencia.

Es la desviación de la frecuencia del sistema de energía del valor nominal aceptable estándar (generalmente 50 o 60Hz), la generación de energía en el sistema eléctrico debe ser igual a la demanda de energía, si hay más demanda que la generación que la frecuencia tiende a caer, pero si la demanda es menos que la generación, la frecuencia tiende a ir más alta (Johnson & Hassan, 2016).

#### 1.4.7 Iluminación en hospitales.

La iluminación en hospitales, salas de consulta, etc., debe servir a dos objetivos fundamentales: garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes, y contribuir a una atmósfera en la que el paciente se sienta confortable, garantizando la máxima eficiencia energética posible (IDAE, 2001)

Un hospital tiene una gran demanda de sus sistemas de iluminación, debido a su carácter multidisciplinario de servicios y a su variedad de actividades que desarrollan, por tal motivo los

sistemas de iluminación son clasificados según el nivel de percepción que se precisa para realizar la tarea o función específica como muestra la Figura 11.

Nivel de percepción visual para realizar una función específica en los hospitales		
Espacios con actividad visual elevada	Espacios con actividad visual normal	Espacios con actividad visual baja
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Quirófanos</li> <li>■ Laboratorios</li> <li>■ Salas de rehabilitación y terapia</li> <li>■ Salas de reconocimiento y tratamiento</li> <li>■ Urgencias</li> <li>■ Servicios de urgencias</li> <li>■ Salas de rayos X</li> <li>■ Salas de medicina nuclear</li> <li>■ Salas de radioterapia</li> <li>■ Salas de consultas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Unidades de hospitalización</li> <li>■ Farmacia</li> <li>■ Oficinas</li> <li>■ Despachos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vestibulos</li> <li>■ Pasillos y escaleras</li> <li>■ Comedores y cafeterías</li> <li>■ Servicios</li> <li>■ Almacenes</li> <li>■ Zonas de esperas y paso</li> </ul>

Fig. 11. Nivel de percepción visual según su función en los hospitales  
Fuente: Elaborado por el autor en base a (IDAE, 2001)

- Parámetros de iluminación recomendados en hospitales.

Como se mencionó anteriormente los niveles de iluminación dependerá de la función que se desarrolle en hospital, por lo que se deberá estar regidos a normas que establezcan niveles de iluminación en trabajos específicos. A nivel internacional existen estudios donde la aplicación de la normativa UNE-EN 12464 es utilizada para definir parámetros mínimos de iluminación en las áreas de los hospitales, en el Anexo 1 mediante una tabla se presentada los valores los parámetros mínimos de iluminación.

- Metodología para la evaluación de los niveles de iluminación.

Para evaluar los niveles de iluminación y su reporte de resultados se requiere un conocimiento previo de las áreas de trabajo y las tareas visuales asociadas a las áreas a tratar, las mediciones de iluminación se las realiza con un luxómetro y según (Cabeza, Cabeza, & Corredor, 2008) es posible evaluar la iluminación mediante lo siguientes pasos:

- Verificar que las luminarias tengan el tiempo requerido de trabajo.
- Comprobación del calibrado para la tapa de la fotocelda del luxómetro.
- El luxómetro se posiciona en un punto por cada área del plano de trabajo y en lugares donde el trabajador realiza tareas.
- Determinación de la cantidad de mediciones, esto está dado por la cantidad de áreas de trabajo que se utiliza para una tarea.
- Realizar las mediciones de la altura del plano de trabajo con respecto al piso y la altura desde la luminaria hasta el plano de trabajo

- Una vez tomadas todas las mediciones se realiza el promedio de las mismas para obtener la iluminación promedio del área.

### 1.5. Equipos de medición utilizados en la auditoria.

Para el desarrollo de la auditoria es importante el uso de equipos para las mediciones, con el fin de obtener parámetros que permitan una correcta evaluación del sistema eléctrico del hospital. Para cumplir este objetivo se utilizaron los siguientes equipos.

#### 1.5.1 Analizador de red.

El analizador de redes eléctricas utilizado en la auditoria pertenece a la familia Fluke de la serie 1748, y su imagen se muestra en la Figura 12.



Fig. 12 Analizador de redes eléctricas Fluke serie 1748  
Fuente: Fluke Corporation 2019

El modelo 1748 de Fluke puede registrar más de 500 parámetros diferentes para cada período, permitiendo un análisis detallado de la calidad eléctrica y una mejor identificación de los problemas existentes (Corporation, 2019). Y cuenta con las siguientes características técnicas:

TABLA 1. 5 Características principales del analizador Fluke serie 1742-1746-1748

Parámetro		Rango	Resolución máxima	Exactitud (entonces bajo las condiciones de referencia (% de la lectura + % del rango))	
Tensión		1000 V	0.1 V	±0.1 % de la lectura + 0.01 %	
Corriente	Estructura 60/50 Hz	Medio de Rogowski	10 mV	±0.1 mV	±0.3 % + 0.02 %
		Medio de pinza	100 mV	0.1 mV	±0.3 % + 0.02 %
			50 mV	±0.1 mV	±0.2 % + 0.02 %
			500 mV	0.1 mV	±0.2 % + 0.02 %
	Flujo 1000 A	100 A	0.01 A	±0.1 % + 0.02 %	
		1000 A	0.1 A	±0.1 % + 0.02 %	
		Flujo 3000 A	300 A	1 A	±0.1 % + 0.02 %
			3000 A	10 A	±0.1 % + 0.02 %
		Flujo 9000 A	900 A	1 A	±0.3 % + 0.02 %
			9000 A	10 A	±0.3 % + 0.02 %
40 A		4 A	1 mA	±0.7 % + 0.02 %	
40 A		40 A	10 mA	±0.7 % + 0.02 %	
Frecuencia		40.5 Hz a 65 Hz	0.01 Hz	±0.1 %	
Tensión mín. línea		1000 V	0.1 V	±0.2 % de la lectura + 0.01 % de la lectura	
Corriente mín. línea		Definida por el usuario	Definida por el usuario	±0.5 % + 0.2 %	
THD en la tensión		1000 %	0.1 %	±0.3 % + 0.02 %	
THD en la corriente		1000 %	0.1 %	±0.3 % + 0.02 %	
Acondicion de tensión del 2° a 50°		1000 V	0.1 V	±0.1 % ±0.1 % de la lectura ±0.1 % ±0.02 %	
Acondicion de corriente del 2° a 50°		Definida por el usuario	Definida por el usuario	±0.1 % del rango de corriente ±0.1 % de la lectura ±0.1 % del rango de corriente ±0.1 % del rango	

Fuente: (Corporation, 2019)

La conexión del equipo de medida se muestra en la Figura 13, las mediciones de corriente se las realiza mediante 4 sondas de corriente y los voltajes mediante de pinzas tipo lagarto, las demás magnitudes se las realiza internamente.

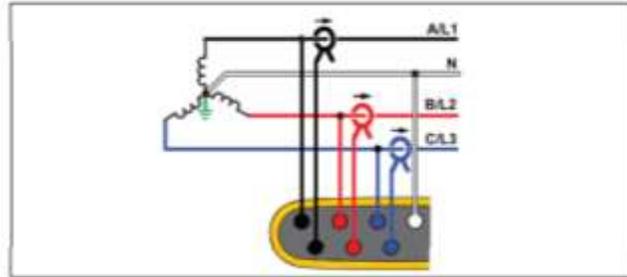


Fig. 13 Conexión del analizador Fluke serie 1748  
Fuente: (Corporation, 2019)

Para el sistema trifásico se estableció la conexión siguiente: medición de tensión en las tres fases, medición de tensión en el neutro, medición de corriente en las tres fases y corriente en el neutro.

#### 1.5.2 Otros equipos de medición.

En la auditoria la pinza amperimétrica permite a la medición de corrientes y voltaje en los sub tableros de distribución, esta acción se realizó entre 10am y 13pm, con un registro del valor máximo al momento de la medición y como resultado se obtuvo la carga total instalada en los tableros que se encuentran dentro del HSLO.

Luxómetro, permite medir la iluminación o nivel de iluminación (lux), con el fin de obtener datos y comparar con los niveles recomendados por los estándares establecidos sobre iluminación. Con el luxómetro se obtuvo mediciones de luminosidad en diferentes áreas del HSLO, aunque cabe mencionar que hubo restricción en algunas áreas por falta de coordinación con el personal, los valores de luminosidad fueron realizadas en un horario de 10pm a 13.pm.

## CAPITULO 2

### **Auditoria energética eléctrica en el Hospital San Luis de Otavalo (HSLO)**

El capítulo 2 muestra las características generales del hospital y el desarrollo de las 2 etapas planteadas en la metodología de auditoria. Inicialmente se realizará una descripción de la ubicación y especificaciones de servicio, luego se presentará el desarrollo de las etapas de planificación y diagnóstico de la auditoria, y finalmente en el capítulo 3 detallará las propuestas de mejora. A continuación, en la Figura 14 se presenta un diagrama de la estructura del capítulo a tratar.

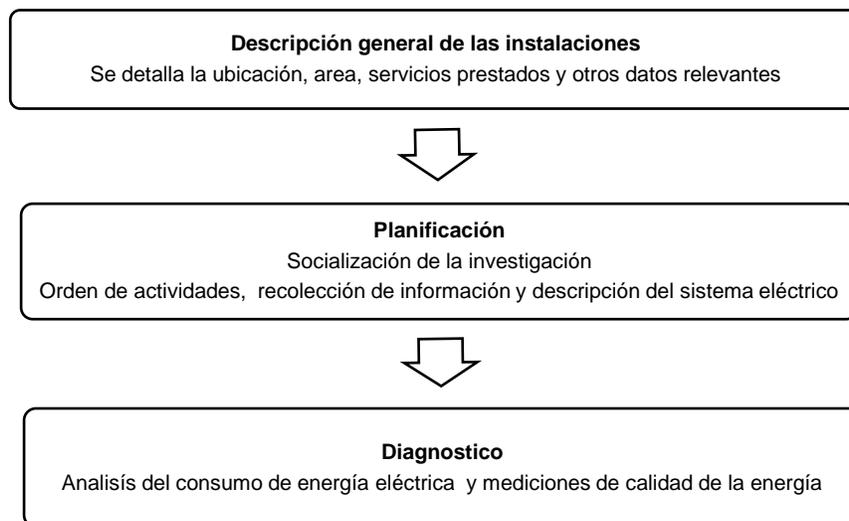


Fig. 14. Procedimiento para la estructuración del capítulo

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se mencionó en el capítulo 1 existen varios métodos para la aplicación de una auditoria eléctrica a un hospital y con base en los antecedentes se plantea un procedimiento para llevar actividades ordenas y obtener datos reales. La figura 14 muestra el procedimiento que se llevará a cabo en la estructuración del capítulo 2, que con lleva el detalle de las 2 primeras fases de la metodología de la auditoria planteada en el capítulo 1.

## 2.1. Información básica del hospital.

El HSLO, de acuerdo con el reglamento establecido por el Ministerio de Salud Pública (MSP), permite homologar a los centros de salud de acuerdo a su topología, como muestra la Tabla 2.1, es clasificado como un hospital básico correspondiente al segundo nivel de atención, localizado en el Distrito de Salud 10D02 Antonio Ante, Otavalo, la Figura 15 presenta la ubicación de la casa de salud.

TABLA 2. 1. Clasificación para hospitales según su nivel de atención.

Nivel de atención	Topología	Funciones
<b>Primer</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Puestos de salud</li> <li>2) Centros de salud A, B, C</li> <li>3) Consultorios médicos</li> <li>4) Dispensarios médicos.</li> <li>5) Unidades móviles</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Puerta de entrada al sistema de salud</li> <li>❖ Síntesis de información.</li> <li>❖ Promoción, prevención, curación, rehabilitación.</li> <li>❖ Urgencias y emergencias.</li> <li>❖ Responsabilidad de la salud de los individuos.</li> </ul>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hospital del día.</li> <li>2) Hospital básico.</li> <li>3) Hospital general.</li> <li>4) Consultorio de especialidades.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Nivel de referencia (1er nivel).</li> <li>❖ Atención de emergencia 24 horas.</li> <li>❖ Hospitalización.</li> <li>❖ Quirófano.</li> <li>❖ Docencia.</li> <li>❖ Especialidades básicas.</li> </ul>
<b>Tercer</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hospital especializado.</li> <li>2) Hospital de especialidades.</li> <li>3) Unidad móvil especializada.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Atención de emergencia 24 horas.</li> <li>❖ Hospitalización y cuidados críticos.</li> <li>❖ Quirófanos.</li> <li>❖ Docencia e investigación.</li> <li>❖ Atención de especialidades.</li> <li>❖ Promoción, curación prevención y rehabilitación</li> </ul>

Fuente: Autor en base al modelo de atención integral de la salud del MSP.

El hospital fue inaugurado el 24 de mayo de 1953 por el presidente José María Velasco Ibarra, con el pasar de los años se ha visto en la necesidad de ampliar sus servicios médicos con el fin de cubrir la demanda de pacientes y en la actualidad el hospital cuenta con 75 camas con diferentes áreas de atención médica distribuida en 2 plantas.



Fig.15. Ubicación del Hospital San Luis de Otavalo  
Fuente: Google maps.

Según información de los responsables del hospital, no cuenta con estudios realizados en área de eléctrica que garanticen el buen estado de ellas, con el pasar de los años únicamente se ha realizado el intercambio de equipos que han cumplido su vida útil especialmente en el sistema de iluminación.

### 2.1.1 Instalaciones y servicios prestados por la institución.

La casa de salud cuenta con dos pisos destinados para la atención médica y administrativa, la Tabla 2.2 presenta la distribución física clasificada por sus áreas de atención y sus especialidades médicas.

TABLA 2. 2. Distribución física del Hospital San Luis de Otavalo

Planta Baja	Administrativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Dirección Hospitalaria</li> <li>❖ Financiero</li> <li>❖ Tic's</li> <li>❖ Talento Humano</li> <li>❖ Administración</li> <li>❖ Admisión</li> <li>❖ Trabajo Social</li> <li>❖ Información</li> </ul>
	Consulta Externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Odontología</li> <li>❖ Cardiología</li> <li>❖ Psiquiatría</li> <li>❖ Medicina Interna</li> <li>❖ Cirugía</li> <li>❖ Nutrición</li> <li>❖ Ginecología</li> <li>❖ Pediatría</li> <li>❖ Traumatología</li> <li>❖ Fisiatría</li> </ul>
	Área Quirúrgica	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Quirófano</li> <li>❖ Sala de Parto</li> </ul>
	Unidad de apoyo Diagnostico y Terapéutico	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Fisioterapia</li> <li>❖ Rayos X</li> <li>❖ Ecografía</li> </ul>
	Emergencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Emergencias</li> </ul>
Primer Piso	Hospitalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Hospitalización</li> </ul>

Fuente: Información Hospital San Luis de Otavalo

Además, forman parte de la institución otras áreas como: subsuelo que se ubica en la parte inferior izquierda del edificio principal, consta de bodegas y áreas de mantenimiento; la casa de máquinas que está ubicada en los exteriores del edificio. El Anexo 2 presenta la planimetría con las áreas que forman parte de la institución y la línea en medio voltaje que alimenta al hospital.

### 2.2. Planificación.

La primera etapa consiste en realizar la planificación, con el fin de definir actividades y alcances de la auditoría mediante la metodología planteada en la Tabla 1.2 para el cumplimiento de los objetivos del estudio. Se inició el proyecto con la socialización al personal de

mantenimiento y administrativo para dar a conocer el alcance, los objetivos y obtener el permiso y colaboración para la obtención de información e ingreso a las instalaciones del hospital.

### 2.2.1 Información preliminar a la auditoria

Para el desarrollo de la auditoria fue necesario diseñar formularios y recoger información del sistema eléctrico del hospital. A continuación, se detallan las actividades mencionadas.

- Diseño de formularios.

Los formularios facilitaron la recolección de características de los sistemas eléctricos, consumos de potencias y energía del hospital para su posterior análisis, en el Anexo 3 se presenta el detalle de la información recopilada.

- Información proporcionada por parte de la institución.

El personal de mantenimiento facilitó documentos requeridos para el desarrollo de la auditoria, como:

- Lista de equipos eléctricos presentes en el hospital
- Información estadística de atención medica
- Planillas de consumo eléctrico
- Planos arquitectónicos del hospital

Los documentos antes mencionados fueron utilizados para; caracterizar el consumo de energía eléctrica; relacionar las actividades del hospital con su consumo; analizar el consumo mensual; describir el sistema eléctrico del hospital y actualizar el diagrama unifilar presentado en el Anexo 4.

### 2.2.2 Descripción de las fuentes de energía

El hospital San Luis de Otavalo cuenta con una fuente de energía eléctrica normal suministrada por la Empresa Eléctrica Regional Norte. S.A (EMELNORTE) y una fuente de energía de emergencia suministrada por un generador trifásico AC de 218 kVA, que entra en operación en caso de falla del servicio eléctrico de la empresa que suministra.

- Fuente de energía normal.

Esta fuente de energía es entregada por EMELNORTE desde la subestación Otavalo conectada a través del alimentador 2 con un calibre de conductor 3x2/0 AWG a una estructura **(EST- 3HR)**, esta línea aérea se conecta a 3 seccionadores fusibles unipolares de tipo abierto y 3 pararrayos que protegen un transformador de medición trafomix de sobrecorrientes y

sobrevoltajes respectivamente. La Figura 16 muestra la estructura y el transformador de medición con sus protecciones.



Fig. 16. Fuente de energía primaria.  
Fuente: Tomada por el autor.

De los terminales secundarios del transformador de medición sale una línea aérea de 3 conductores # 500 MCM, tipo TW que alimenta la cámara de transformación con una distancia aproximada de 10m.

- Fuente de energía de emergencia.

Este sistema de generación se encuentra conformado por un generador de marca NEWAGE-STAMFORD, con un consumo de combustible tipo Diésel y el detalle de las características se presenta en la Tabla 2.3.

TABLA 2. 3 Características del generador

Características Generador	
Descripción	Generador 3 $\phi$ AC
Serie	S0344D
Potencia [kW]	175
Potencia Nominal [kVA]	218
Marca	NEWAGE-STAMFORD
Voltaje Nominal [V]	120/208
Corriente Nominal [A]	807
Factor de Potencia	0.8

Fuente: Elaborado por el autor

El generador se encuentra conectado a través de 3 conductores # 250 MCM por cada fase, al tablero de transferencia TTA y de este al Tablero de Distribución de Emergencia STDE que alimenta a los sub tableros de emergencia en cada piso. La Figura 17 presenta al generador utilizado como fuente de energía de emergencia para el hospital.



Fig. 17 Fuente de emergencia  
Fuente: Fuente: Tomada por el autor.

Este generador tiene la función de abastecer de energía eléctrica a una parte de la institución cuando se presente un problema con la fuente de energía normal.

- Descripción de la cámara de transformación.

La cámara de transformación se encuentra dentro del espacio físico de la casa de máquinas, está conformada por 2 transformados; un monofásico de 75 kVA y un trifásico de 500 kVA; la protección contra sobrecorrientes está realizada mediante 4 seccionadores porta fusibles con una capacidad de aislamiento de 10k, 100 A, instalados en 2 crucetas de 3 mts. La Figura 18 presenta los transformadores mencionados en la cámara de transformación.



Fig. 18 Cámara de transformación.  
Fuente: Tomada por el autor.

El transformador monofásico en sus salidas de baja tensión está conectados a bases porta fusibles para bajo voltaje con 2 cartuchos fusibles de 500V, 100 A y en sus salidas conectados a 2 conductores #2/0AWG como fases, tipo TW, más un conductor 1x1/0AWG, tipo TW como neutro. En la Tabla 2.4 se puede observar las características del transformador monofásico (N.1).

TABLA 2. 4 Características transformador monofásico

<b>Características transformador N.1</b>	
<b>Descripción</b>	Transformador 1 $\phi$
<b>Serie</b>	8884180
<b>Código EMELNORTE</b>	V3T21
<b>Potencia Nominal [kVA]</b>	75
<b>Marca</b>	INMETEL
<b>Voltaje Nominal [V]</b>	13.2/120-240

Fuente: Elaborado por el autor

Según información proporcionada por el personal de mantenimiento y mediante los análisis de las instalaciones y mediciones realizadas se determinó que esta máquina estática se instaló con el fin de abastecer de energía al ascensor implementado en la casa de salud

El transformador N.2 en su salida de baja tensión está conectado por 4 conductores por fase # 500 MCM, Tipo TW a 3 porta fusibles de baja tensión tipo NH4, 500V, 1000 A y estos conectados al tablero principal normal TPN con una distancia aproximada de 6m. La Tabla 2.5 presenta las características del transformador trifásico (N.2).

TABLA 2. 5 Características transformador 2

<b>Características transformador N.2</b>	
<b>Descripción</b>	Transformador 3 $\phi$
<b>Serie</b>	00329
<b>Código EMELNORTE</b>	V3T22
<b>Potencia Nominal [kVA]</b>	500
<b>Marca</b>	ECUATRAN
<b>Voltaje Nominal [V]</b>	13.2/220
<b>Corriente Nominal [A]</b>	21,9/1312
<b>Impedancia (%)</b>	4,6
<b>Conexión</b>	D-Y5

Fuente: Elaborado por el autor

Se constató que el transformador N.2 abastece de energía a todas las cargas de la institución, por tal motivo el caso de estudio se centrará en esta fuente de energía. El Anexo 5 presenta la planimetría de la cámara de transformación ubicada en la casa de máquinas.

### 2.2.3 Descripción de los tableros eléctricos principales.

El hospital cuenta con 3 tableros principales, un tablero principal normal (TPN), un tablero principal de emergencia (TPE) y un tablero de transferencia automática (TTA) ubicados junto en la cámara de transformación.

El Tablero Principal Normal (TPN), tiene como acometida los alimentadores secundarios del transformador N.2 y llega a un disyuntor principal de 1200 A, y este a su vez es conectado

mediante barras de cobre a 4 disyuntores de salida, la Figura 19 en el subíndice a) muestra la disposición física de tablero y el subíndice b) presenta el diagrama unifilar del tablero.

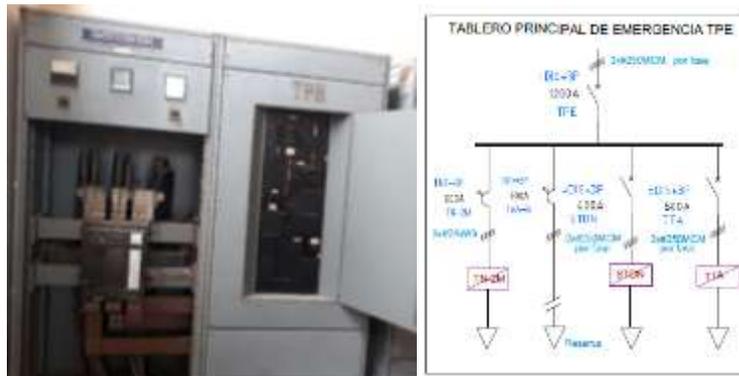


Fig. 19 a) Disposición física del tablero TPN; b) Diagrama unifilar del tablero TPN  
Fuente: Tomada por el autor.

Las salidas del tablero TPN están conformadas por; un disyuntor trifásico de 600 A conectado a 3 conductores por fase # 250 MCM, que distribuye energía al tablero de transferencia automática (TTA) ubicado en el cuarto de generación de emergencia; un disyuntor trifásico de 400 A conectado a 2 conductores por fase # 250 MCM, que distribuye energía al tablero de distribución STDN ubicado en el subsuelo de la institución; un disyuntor trifásico de 200 A conectado a un conductor por fase # 250 MCM, que distribuye energía al sub tablero TN-2M ubicado en el cuarto de máquinas y un disyuntor trifásico de 100 A que se mantiene de reserva.

El Tablero Principal de Emergencia (TPE), es alimentado desde el tablero de transferencia automática a un disyuntor trifásico de 600 A, con 3 conductores por fase de # 250 MCM y sus salidas realizan mediante 3 disyuntores, la Figura 20 en el subíndice a) muestra la disposición física de tablero y el subíndice b) presenta el diagrama unifilar del tablero.



Fig. 20 a) Disposición física del tablero TPE; b) Diagrama unifilar del tablero TPE  
Fuente: Tomada por el autor.

Las salidas del tablero TPE están conformadas por; un disyuntor trifásico de 400 A conectado a 2 conductores por fase # 250 MCM, que distribuye energía al tablero de distribución

STDE ubicado en el subsuelo de la institución; un disyuntor trifásico de 125 A conectado a un conductor por fase # 2/0 AWG, que distribuye energía al sub tablero TE-2M ubicado en el cuarto de máquinas y un disyuntor trifásico de 100 A que se mantiene de reserva.

El Tablero de Transferencia Automática (TTA) es alimentado desde el tablero TPN con 3 conductores por fase # 250 MCM y por el generador con 3 conductores por fase # 250 MCM, en su interior cuenta con 2 disyuntores trifásicos de 600 A y demás dispositivos de control, en la Figura 21 el subíndice a) muestra la disposición física de tablero y el subíndice b) presenta el diagrama unifilar del tablero.

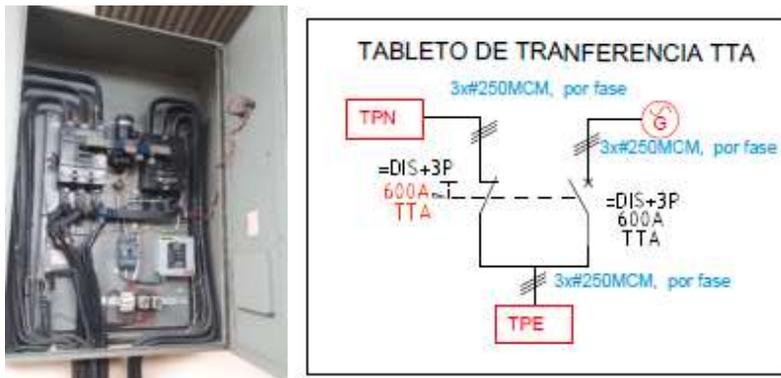


Fig. 21 a) Disposición física del tablero TTA; b) Diagrama unifilar del tablero TTA  
Fuente: Tomada por el autor.

La salida del tablero TTA está conectado por 2 conductores por fase de # 250 MCM al tablero de principal de emergencia TPE y está ubicado en el cuarto de generación. Para mayor detalle de lo indicado se presenta el Anexo 4 y 5

#### 2.2.4 Descripción de los tableros de distribución.

En el sub suelo se encuentran ubicados 2 tableros de distribución, un tablero de distribución normal STDN y un tablero de distribución de emergencia SDTE, que alimenta a 24 sub tablero distribuidos en el interior y exterior del hospital.

El tablero de distribución STDN, tiene una acometida desde el tablero principal TPN con 2 alimentadores por fase # 250 MCM a un disyuntor de 400 A como protección principal, en el tablero se encuentran instalados 12 interruptores electromagnéticos trifásicos, en la Figura 22 se presenta un gráfico de la disposición física del disyuntor y los interruptores en el tablero.

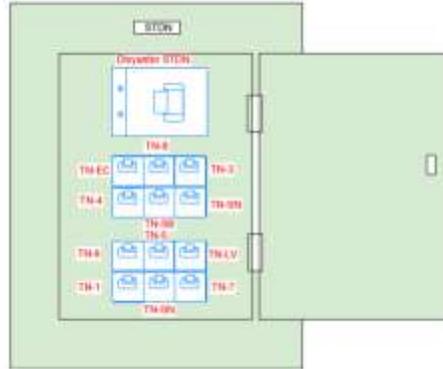


Fig. 22 Disposición física del tablero de distribución STDN  
Fuente: Elaborado por el autor.

La Figura 23 muestra el tablero STDE, es alimentado desde el tablero principal TPE con 2 conductores por fase # 250 MCM a un disyuntor trifásico de 400 A como protección principal, cuenta con 10 interruptores electromagnéticos trifásicos y 2 interruptores electromagnéticos bifásicos, en la Figura 22 se presenta un gráfico de la disposición física del disyuntor y los interruptores en el tablero.

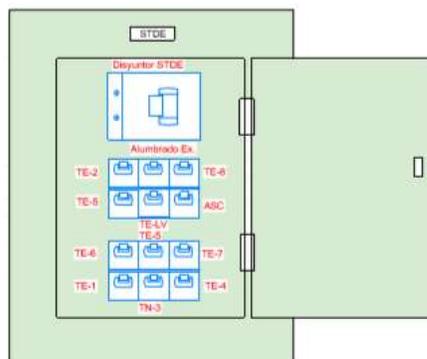


Fig. 23 Disposición física del tablero de distribución STDE  
Fuente: Elaborado por el autor.

Existen interruptores que no presentan identificación y por la prohibición de desconectar algún circuito fue imposible determinar las cargas que alimentan, por lo que no se toman en cuenta para la siguiente descripción.

### 2.2.5 Descripción de los Sub tableros de distribución.

El hospital cuenta con una organización funcional que abarca diferentes áreas; administrativas, médicas y mantenimiento, para abastecer de energía eléctrica existen distribuidos dos sub tableros. La Tabla 2.6 muestra el nombre del sub tablero con el calibre de conductor de llegada, protecciones asociadas y áreas que alimenta.

TABLA 2. 6 Distribución de sub tableros en el interior del hospital.

Nombre	Protección principal	Conductor de entrada	Circuitos encontrados	Áreas que alimenta
Tablero TN-3	3P-50A	3x4AWG + 1x4AWG + 1x4AWG, Tipo TW	11 monofásicos	Información, Medicina interna, Consultorio traumatología, Consulta externa, Baños ingreso, Farmacia, Nutrición, Ecografía diagnóstica, Vestidores muestra especiales, Aseo, Control, Rayos x, Sala de manteo, Pasillos.
Tablero TE-3	3P-70A	3x4AWG + 1x8AWG + 1x10AWG, tipo TW	10 monofásicos 1 bifásico	
Tablero TN-4	3P-40A	3x2AWG + 1x6AWG + 1x10AWG, Tipo TW	11 monofásicos	Recepción, Archivo, Oficinas, Sala situacional, Contabilidad, Planificación, Coordinación enfermería, Dirección, Recepción, Gestión administrativa, Sala de uso múltiple
Tablero TE-4	3P-40A	3x4AWG + 1x10AWG + 1x10AWG, Tipo TW	12 monofásicos	
Tablero TN-2	3P-70A	3x250MCM + 1x2AWG + 1x8AWG, Tipo TW	5 monofásicos 1 bifásico 3 trifásicos	Recursos humanos, Talento humano, Administración, Trabajo social, Atención al usuario, Fisioterapia, Comedor, Vestidores Dormitorios, Toda el área de Cocina, Capilla, Pasillos
Tablero TE-2	3P-30A	3x2AWG + 1x2AWG 1x10AWG, Tipo TW	9 monofásicos	
Tablero TN-LV	3P-40A	3x6AWG + 1x6AWG + 1x10AWG, Tipo TW	7 monofásicos 3 trifásicos	Costura, Equipos de curación, Deposito, Esterilizado, Área de lavado, Pasillos,
Tablero TE-LV	3P-100A	3x6AWG + 1x6AWG + 1x10AWG, Tipo TW	8 monofásicos 2 trifásicos	
Tablero TN-1	3P-30A	3x2AWG + 1x6AWG + 1x10AWG, Tipo TW	No se permitió el acceso	Emergencia, Consulta pediátrica, Consultorio ginecología, Sala ocupacional, Sala de partos, Vestidores, Sala de reuniones, Quirófano, Recuperación, Planta alta Emergencias, Pasillos
Tablero TE-1	3P-30A	3x250AWG + 1x2AWG + 1x4AWG, Tipo TW	No se permitió el acceso	
Tablero TN-7	3P-40A	3x2AWG + 1x6AWG + 1x10AWG, Tipo TW	10 monofásicos	Dormitorios medicina interna, Dormitorio Traumatología, Utería sucia, Preparación de medicamentos, Vestidores, Vestuarios auxiliares, Material e insumos, Sala de reuniones, Baños
Tablero TE-7	3P-40A	3x10AWG + 1x12AWG + 1x12AWG, Tipo TW	7 monofásicos	
Tablero TN-5A	3P-50A	3x4AWG + 1x6AWG + 1x10AWG, Tipo TW	No se permitió el acceso	Dormitorios enfermedades respiratorias, Estación de utería, Elaboración material, Estación enfermería, Neonatología, Quirúrgicos, Pasillos
TableroTE-5A	3P-50A	3x4AWG + 1x6AWG + 1x10AWG, Tipo TW	No se permitió el acceso	
Tablero TN-5	3P-40A	3x2AWG + 1x2AWG + 1x6AWG, Tipo TW	3 monofásicos 1 bifásico 1 trifásico	Lactario, Vestidores, Sépticos internos, Sépticos externos, Cuidados intermedios, Sala de recién nacidos, Estación de enfermería, Dormitorio ginecología Pasillos
TableroTE-5	3P-40A	3x4AWG + 1x4AWG + 1x10AWG, Tipo TW	5 monofásicos 1 trifásico	
Tablero TN-6	3P-50A	3x4AWG + 1x4AWG + 1x10AWG, Tipo TW	9 monofásicos	Dormitorios entrada principal, Pasillos
TableroTE-6	3P-50A	2x6AWG + 1x8AWG + 1x10AWG, Tipo TW	6 monofásicos	
Tablero TN-SB	3P-100A	3x2AWG + 1x2AWG + 1x10AWG, tipo TW	6 monofásicos 3 trifásicos 1 bifásico	Toda el área de subsuelo: bodegas mantenimiento, etc.

Fuente: Elaborado por el autor.

La tabla anterior no considera los interruptores que no fueron identificados a las áreas que alimenta. Además de las áreas que abastecen cada sub tablero, existen derivaciones a otros tableros pequeños que se los utilizan normalmente para alimentación de otras cargas.

### 2.3. Diagnóstico.

Una vez realizada la planificación de la auditoria, la siguiente fase se realiza el diagnóstico, el objetivo de esta fase es analizar el consumo de energía eléctrica mensual y las mediciones de calidad de energía en puntos críticos como transformadores y tableros de distribución.

Para cumplir con el objetivo se realizó mediciones desde el mes de marzo hasta el mes de julio del 2019 con diferentes equipos de medida como: analizadores de redes eléctricas, pinza amperimétrica y luxómetros obteniendo diferentes resultados que a continuación serán analizados.

#### 2.3.1 Análisis del consumo de energía.

Para realizar el análisis del consumo de energético, fue necesario la recolección de las facturas de consumo eléctrico emitidas en los 12 meses anteriores, este caso se tomó los datos de las facturas desde el mes de febrero del 2018 hasta marzo del 2019, los datos tomados fueron caracterizados en una tabla presente en el Anexo 6.

El HSLO según el pliego tarifario vigente, está regulado mediante la tarifa de MEDIA TENSIÓN: ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PUBLICO CON DEMANDA, aplicada a consumidores catalogados en la categoría general de asistencia social y beneficio público.

Para esta categoría el consumidor deberá pagar (ARCONEL, Enero – Diciembre 2019).

- ✓ Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- ✓ Un cargo por demanda en USD/kW-mes, por cada kW de demanda mensual facturable.
- ✓ Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de 08h00 hasta las 18h00.
- ✓ Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de 18h00 hasta las 22h00.
- ✓ Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de 22h00 hasta las 08h00; incluyendo la energía de sábados, domingos y feriados.
- Análisis de la demanda.

La Figura 24 presenta los valores de la demanda normal o máxima (8h00-18h00, 22h00-8h00), y demanda pico (18h00 – 22h00), en este se observa que la demanda normal en todos los dos registros tiende hacer mayor que los registros en la demanda pico.

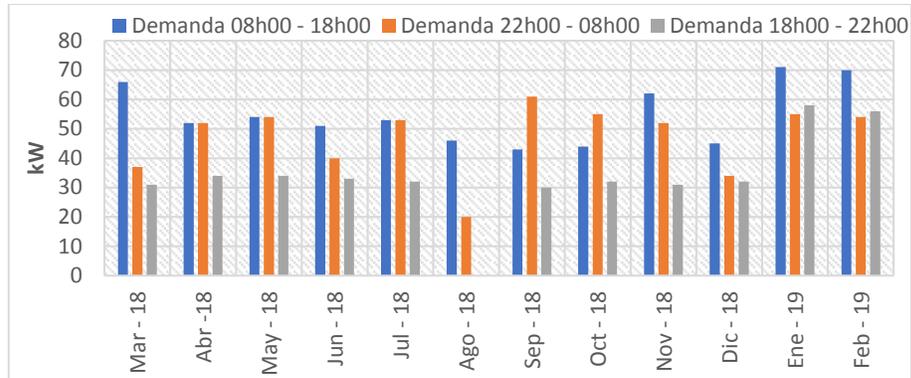


Fig. 24 Demanda facturada mensual por periodos de registro en el HSLO  
Fuente: Elaborado por el autor.

En la figura anterior también se puede determinar el valor máximo de la demanda mensual encontrándose en el mes de enero del 2019 con 71 kW y una demanda promedio de 56,67 kW durante el periodo de análisis.

Para el cálculo de los valores a cancelar por la demanda del hospital se toma como referencia el costo USD/kW presente en el pliego tarifario vigente, donde establece que la demanda facturada está dada por la demanda requerida por el consumidor en el horario fuera de las horas pico, por lo tanto, el valor a pagar por la demanda facturada se establece mediante las ecuaciones 2.1 y 2.2:

$$DF = DM * (\text{Consumo (USD/kW - mes)}) * FC \quad (2.1)$$

Donde:

- DF= Demanda facturada en USD.
- DM= Demanda máxima.
- Consumo (USD/kW-mes) =Costo de la demanda por kW-mes.
- FC= Factor de corrección.

$$FC = \frac{DP}{DM} \quad (2.2)$$

Donde:

- DP= Demanda pico
- DM= Demanda máxima o normal.

En base a los cálculos realizados en la Figura 25 presenta los valores de la demanda facturada en comparación con el costo de monetario de la misma.

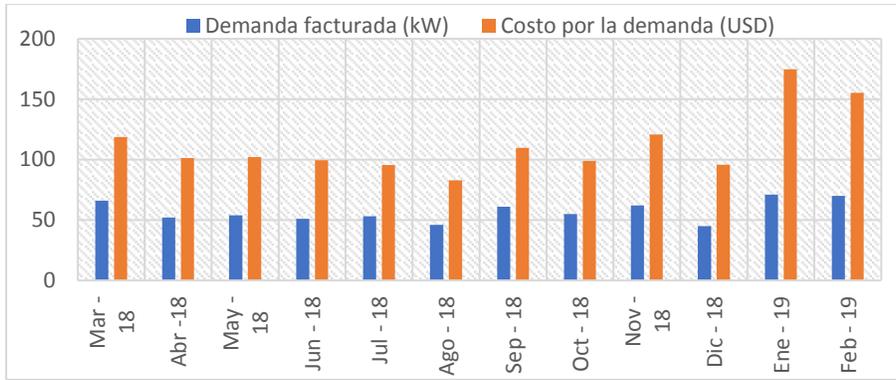


Fig. 25. Demanda vs costo de la demanda mensual en el HSL0  
Fuente: Elaborado por el autor.

En esta figura se puede observar que el valor máximo a pagar por este servicio se encuentra en el mes de enero con 174,66 USD y el valor mínimo a pagar en el mes de agosto con 82,80 USD, además se determinó que posee un promedio mensual de 111,85 USD.

- Análisis del consumo de energía eléctrica.

El HSL0 cuenta con 3 intervalos de registro del consumo eléctrico, (8h00-18h00), (18h00-22h00), (22h00-8h00), los cuales representan el total del consumo mensual. En la Figura 26 se puede observar las variaciones del consumo de la energía eléctrica mensual en los 3 intervalos de tiempo.

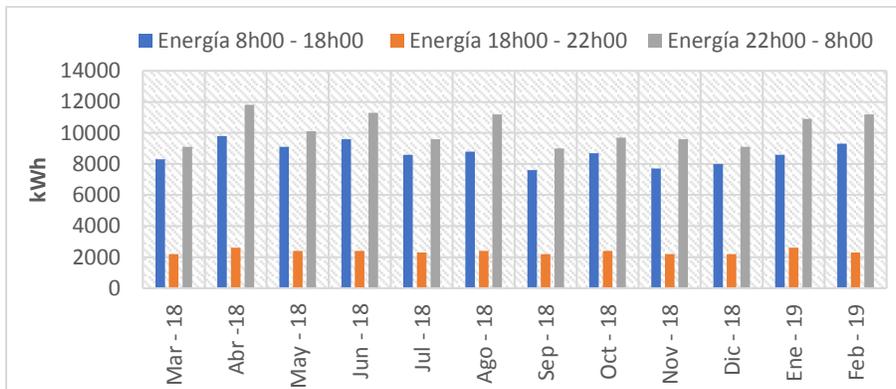


Fig. 26 Energía eléctrica activa mensual por periodos de registro en el HSL0  
Fuente: Elaborado por el autor.

En la figura anterior se puede observar que el patrón de comportamiento es similar en todos los meses con los diferentes horarios, el horario de mayor consumo es de 22h00 – 8h00 y el horario de menor consumo es de 18h00 – 22h00 es decir en horas pico. El comportamiento del consumo eléctrico mensual total es presentado en la Figura 27.

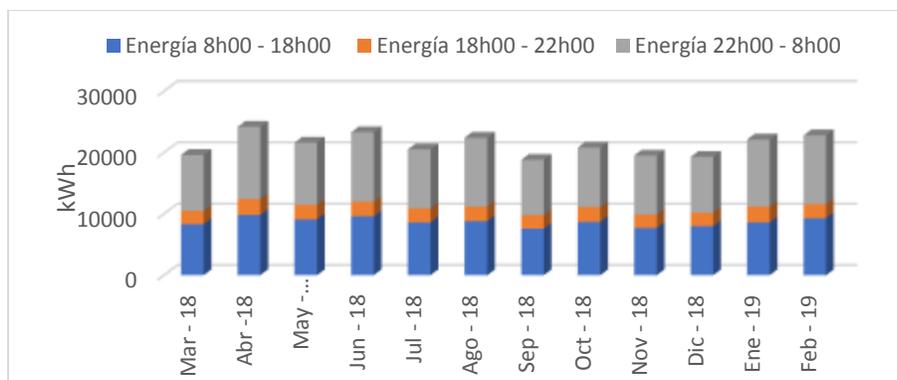


Fig. 27 Energía eléctrica activa consumida mensual en el HSLO  
Fuente: Elaborado por el autor.

La Figura 28 presenta el valor porcentual de los 3 horarios del consumo eléctrico, encontrándose el mayor gasto en el horario de las 22h00 – 8h00 con un valor de 48% del total. Siendo este comportamiento beneficioso para el hospital por el costo de energía en este horario es de \$ 0.054 siendo el de menor costo en comparación de los demás registros.

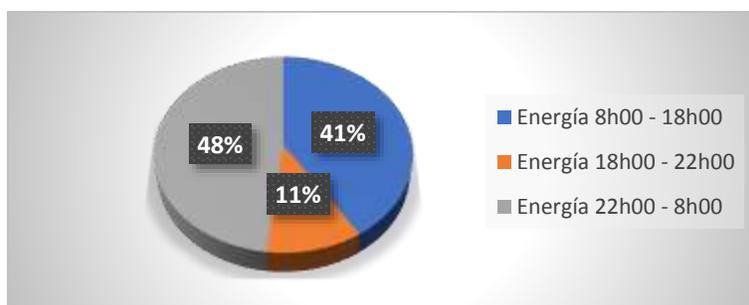


Fig. 28. Promedio mensual del consumo eléctrico por periodos de registro en el HSLO  
Fuente: Elaborado por el autor.

Como se mencionó anteriormente el pliego tarifario establece los valores por kW-mes a pagar y en este caso existe costos diferentes en los 3 intervalos de registros, para el horario de 8h00 – 18h00 y 18h00 – 22h00 el valor es de \$0.065 a diferencia del horario de 22h00 – 8h00 donde su valor es de \$0.054.

- Índices de desempeño energéticos (IDEn) del HSLO.

Para establecer un índice energético que abarque el funcionamiento del hospital se debe tener en cuenta la funciones a desempeñar mayormente, en este caso por ser un hospital básico se analizará con la variable de consultas mensuales realizadas como muestra la Tabla 2.7.

TABLA 2. 7 Consultas atendidas en el HSLO

Unidades de producción								
Consultas atendidas en el periodo 2018-2019								
Meses	Atendidos en consulta externa					Atendidos en emergencia		Total
	Medicina interna	Cirugía	Pediatría	Ginecología	Odontología	Médico	Obstetriz	
Mar-18	718	645	476	521	459	1413	274	4506
Abr-18	792	732	503	552	626	1266	212	4683
May-18	803	786	524	527	614	1307	227	4788
Jun-18	733	682	468	560	523	1141	244	4351
Jul-18	681	514	402	483	557	1302	310	4249
Ago-18	563	369	324	516	309	1335	310	3726
Sep-18	476	501	492	564	310	1456	175	3974
Oct-18	926	686	805	556	905	1567	355	5800
Nov-18	670	584	453	585	561	1401	289	4543
Dic-18	552	575	442	532	484	1661	276	4522
Ene-19	779	607	485	583	592	1705	305	5056
Feb-19	753	644	506	562	523	1364	273	4625

Fuente: Información hospital San Luis de Otavalo

Esta variable se toma debido a que el hospital cuenta con un número de camas para hospitalización mínimo ocupado en la segunda planta y la mayor parte de actividades se la realizan en la planta baja con actividades administrativas y de consultas.

Para determinar el índice energético se relaciona la cantidad mensual de consumo de energía en kWh por el número de consultas mensuales totales, en la Tabla 2.8 se presenta los índices energéticos.

TABLA 2. 8 Índice energético en el HSLO

Índices energéticos kWh/Consulta			
MESES	Energía	Consultas atendidas	Índice energético
	kWh	#	kWh/Consulta
mar-18	19600	4506	4,35
abr-18	24200	4683	5,17
may-18	21600	4788	4,51
jun-18	23300	4351	5,36
jul-18	20500	4249	4,82
ago-18	22400	3726	6,01
sep-18	18800	3974	4,73
oct-18	20800	5800	3,59
nov-18	19500	4543	4,29
dic-18	19300	4522	4,27
ene-19	22100	5056	4,37
feb-19	22800	4625	4,93
Promedio	21241,67	4568,58	4,78

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se puede observar en la tabla anterior el índice energético tiene un promedio mensual de 4,78 kWh/consulta, es decir que por todas las actividades que con lleva una consulta realizada se consume un aproximado de 4,78 kWh.

Otra variable con la que se puede analizar el índice de desempeño energético es relacionándolo con el área que está destinado para sus funciones. En este caso se realiza con el consumo anual sobre el área aproximada del hospital a través de la ecuación 2.3.

$$IDEn = \frac{\text{Consumo eléctrico mes - año}}{m2 \text{ de construcción}} \quad 2.3$$

$$IDEn = \frac{254900kW}{12200m2} = 20,89 \text{ kWh}/m2$$

El índice energético en el hospital relaciona el consumo de energía con las áreas destinadas a la producción de la institución, además permite conocer indicadores de ahorro, tendencia de consumo y lo más fundamental ayuda a la proyección de cargas futuras.

### 2.3.2 Levantamiento de carga.

En esta actividad se busca representar el uso que se da a la energía eléctrica en la institución, con el fin de encontrar los equipos o servicios que presenten el mayor consumo eléctrico. El levantamiento de carga se realizó mediante un recorrido por las diferentes áreas e instalaciones del hospital para conocer el área que es abastecida por diferentes sub tableros de distribución y los equipos asociados a ellos.

El hospital cuenta con una base de datos de bienes y con el fin de agilizar el proceso se obtuvo un informe con los equipos eléctricos con sus características y ubicación, con esta información se procedió a comprobar sus datos técnicos y horas de uso para identificar su patrón de consumo.

- Consumo eléctrico por sectores del hospital

Con mediciones puntuales entre las 10 am a 13pm, se determinó la posible demandada máxima por sectores que abastecen los sub tableros tanto normales y de emergencia. También se estimó el porcentaje demandada por tablero en relación con la demanda total del sistema. La Tabla 2.9 representa datos porcentuales aproximados de la demanda relacionada con los sub tableros de distribución normal.

TABLA 2. 9 Demanda por sub tableros normal.

<b>Tablero</b>	<b>Demanda (kW)</b>	<b>%</b>
Subsuelo	0,47	1,12
TN- 2	0,96	2,29
TN-3	2,23	5,33
TN -4	0,80	1,92
TN -LV	2,67	6,38
TN - 6	0,49	1,17
TN -5	0,54	1,29
TN – 7	1,34	3,22
TN – M	0,69	1,66
TN-5A	2,03	4,85
TN-1	2,03	4,85
Total	14,25	34,09

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se puede apreciar en la figura la mayor demanda de potencia es el área que abastece el tablero TN-LV con un 6,38% de la demanda, seguido del tablero TN-3 con un valor porcentual de 5,33%, las cargas relacionadas las áreas son lavanderías y áreas de rayos x respectivamente.

Por otro lado, en la Tabla 2.10 se presenta los datos porcentuales de la demanda por cada tablero de emergencia.

TABLA 2. 10 Demanda por sub tableros de emergencia.

<b>Tablero</b>	<b>Demanda (kW)</b>	<b>%</b>
TE - 2	4,00	9,57
TE -3	1,96	4,68
TE -4	2,29	5,47
TE -LV	3,52	8,43
TE - 6	0,31	0,74
TE – 5	1,09	2,62
TE – 7	0,50	1,21
TE - 2M	9,82	23,50
TE-5A	2,03	4,85
TE-1	2,03	4,85
Total	27,56	65,91

Fuente: Elaborado por el autor.

En cambio, la mayor demanda eléctrica en los tableros de emergencia se encuentra asociado al tablero TE-2M que alimenta a la casa de máquinas con 23,50%, seguido del tablero TE-2 que alimenta el área de cocina de la institución con 9,57%. Para los tableros normales y de

emergencia TE 5A, TN 5A y TN 1, TE 1; se estimó una demanda dada la ubicación de estos en lugares que no se tuvo acceso.

- Usos finales de la energía eléctrica en el hospital.

Para obtener un mejor análisis los equipos se clasificaron de la siguiente forma, equipos médicos, electromecánicos, oficina y de iluminación. La Tabla 2.11 presenta el resumen del inventario de carga aproximado caracterizado por: carga instalada y consumo mensual, el inventario de carga se encuentra detallado en el Anexo 7.

TABLA 2. 11 Inventario del consumo eléctrico mensual.

Caracterización del consumo eléctrico	Carga instalada (kW)	%	Energía consumida (kWh)	%
EQUIPOS DE CALOR Y FRIO	90,58	36%	4092,04	16,76%
MAQUINAS ELECTRICAS	39,85	7%	6724,87	27,54%
EQUIPOS MEDICOS	100,81	33%	3161,61	12,95%
EQUIPOS ELECTRONICOS	35,52	11%	4163,43	17,05%
ILUMINACION	42,34	13%	6280,84	25,72%
TOTAL	309,13	100%	24422,77	100%
VALOR DE LA FACTURA MENSUAL			24200	
ERROR			222,77	0,91%

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se observa en la tabla 2.11 los equipos que mayor consumo de energía mensual tienen son los equipos de iluminación y maquinas eléctricas. El error encontrado entre las planillas y lo calculado, puede ser causa de la aproximación de horas del consumo de algunos equipos debido a que se estimó horas de uso en base a referencias de otras instituciones. Con el inventario de carga se puede identificar las áreas con mayor carga instalada como muestra la Figura 29.

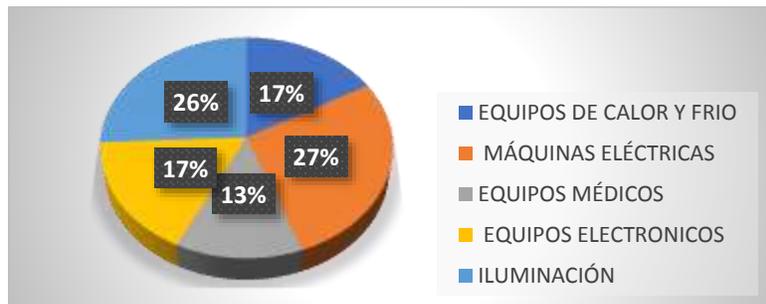


Fig. 29 Energía caracterizada por equipos  
Fuente: Elaborado por el autor.

Con base en los resultados obtenidos se planteó enfocarse en las áreas que presentan mayor consumo de energía eléctrica, con el fin de tener mejores resultados en la propuesta. Las

oportunidades de ahorro como primera opción se tienen el sistema de iluminación y en los equipos que se encuentra en el cuarto de máquinas.

### 2.3.3 Mediciones de calidad de energía.

En la segunda fase de la auditoria con los analizadores de red Fluke serie 1748 se realizó las mediciones eléctricas en los 2 transformadores de la institución, con esto se obtuvo información actual y detallada del comportamiento eléctrico, permitiendo la descripción del estado en el que opera el hospital y la propuesta de soluciones a posibles fallas encontradas.

Los equipos utilizados para el registro de las mediciones eléctricas permanecieron conectados por 7 días con registro de intervalos de 10 minutos, según la regulación del CONELEC 008/15 en el mes de marzo del 2019. Una vez obtenidos los datos se realizó el análisis y la evaluación de cada parámetro con las normas establecidas en la regulación CONELEC 008/15 y otras normas internacionales relacionadas con la calidad de energía. A continuación, se realiza el análisis de cada parámetro registrado en el periodo de medición en el transformador N.2 y también se presenta en el Anexo 8 la tabla resumen y las gráficas obtenidas de las mediciones realizadas al transformador N.1, por motivo de la mínima carga presente no se la tomaron en cuenta en el siguiente análisis.

- Análisis de las mediciones de voltaje.

Para el análisis de las mediciones de voltaje realizadas en los transformadores, se toma como referencia la regulación CONELEC 008/15 que en su numeral 8,2, establece las variaciones de voltaje máximas y mínimas en un  $\pm 8\%$  del voltaje nominal. La Tabla 2.12 presenta el resumen de las mediciones registradas en el transformador N.2.

TABLA 2. 12 Resumen de las mediciones de voltaje.

Descripción	Voltaje (V)			# de registros			Cumple Normativa	Observaciones
	Promedio	Máximo	Mínimo	Total	No cumple	%		
V Delta L1-L2	219,13	212,88	210,88	1010	0	0,00	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 8.2
V Delta L2-L3	221,64	215,28	213,12	1010	0	0,00	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 8.2
V Delta L3-L1	216,88	210,61	208,85	1010	0	0,00	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 8.2

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla anterior se puede observar que ningún valor está fuera de los límites establecidos por el CONELEC 008/15. En la Figura 30 se presenta el perfil de voltaje de las 3 líneas del sistema, así como el voltaje máximo y mínimo admitido en los 7 días de registro.

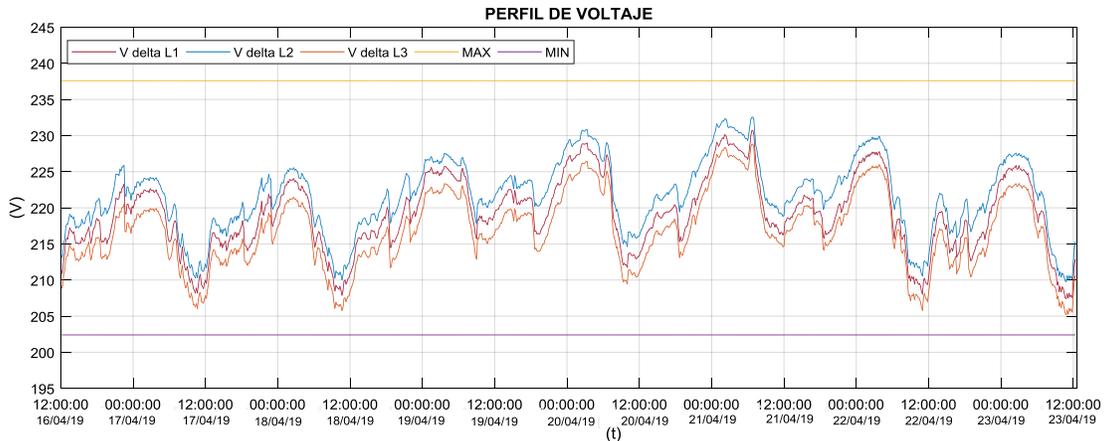


Fig. 30. Perfil de voltaje del transformador N.2  
Fuente: Elaborado por el autor.

Como se mencionó anteriormente y en base a la gráfica, se puede determinar que no existen incrementos o caídas de voltaje en el transformador N.2, por tal motivo la empresa distribuidora cumple con los niveles de variación de voltajes permitidos.

Otro parámetro de análisis es el desequilibrio o desbalance de voltaje, la Tabla 2.13 presenta un resumen de los desbalances entre líneas y del suministro total.

TABLA 2. 13 Resumen de desbalances de voltajes calculados

Descripción	Voltaje (%)			# de registros	Cumple Normativa	Observaciones
	Promedio	Máximo	Mínimo			
Desbalance suministro	1,02	1,35	0,66	1010	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 11.1
Desbalance L1L2	2,08	3,03	1,55	1010	NO	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 11.1
Desbalance L2L3	0,94	1,23	0,38	1010	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 11.1
Desbalance L3L1	1,15	2,15	2,15	1010	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 11.1

Fuente: Elaborado por el autor.

La regulación del CONELEC 008/15 determina que el desbalance de tensión promedio de un conjunto de muestras debe estar comprendido entre el 0 y 2% y con la tabla resumen se deduce que las líneas L1L2 superan el límite establecido. Las principales causas de este fenómeno se dan por la conexión de cargas monofásicas no uniformes al sistema trifásico.

Con el análisis realizado se puede determinar que el incremento del desbalance se da en el horario de 18:00 a 00:00 aproximadamente, esto fenómeno se puede ser causa de la conexión de circuitos de luminarias indistintamente en las líneas del sistema.

- Análisis de las mediciones de corriente.

Para el análisis de las corrientes se presenta la Tabla 2.14 con el resumen de valores registrados, como se puede apreciar las corrientes máximas en ningún instante sobrepasan la

corriente nominal del transformador por lo que se podría concluir que trabaja en óptimas condiciones.

TABLA 2. 14 Resumen de las mediciones de corrientes

Descripción	Corrientes (A)				# de registros
	Nominal	Promedio	Máximo	Mínimo	Total
Corriente L1	1312	71,89	150,95	34,72	1010
Corriente L2		79,79	153,05	43,19	1010
Corriente L3		74,95	144,25	41,06	1010
Corriente N		56,06	89,31	38,31	1010

Fuente: Elaborado por el autor

Con la tabla anterior también se puede observar que la corriente en el neutro sobrepasa el 50% del promedio de las corrientes de fase. Y según (Cadavid & Gallego, 2003) en los sistemas se espera que la corriente del neutro no supere el 20% de las de fase, también menciona que este fenómeno se produce por desbalance de cargas e instalación de equipos electrónicos ocasionando sobrecarga en dicho conductor, incremento de la tensión neutro-tierra, distorsión de tensión y corriente, factor de diversidad y atenuación.

Las mediciones de corrientes de las 3 fases y neutro registradas durante una semana, se puede apreciar en la Figura 31.

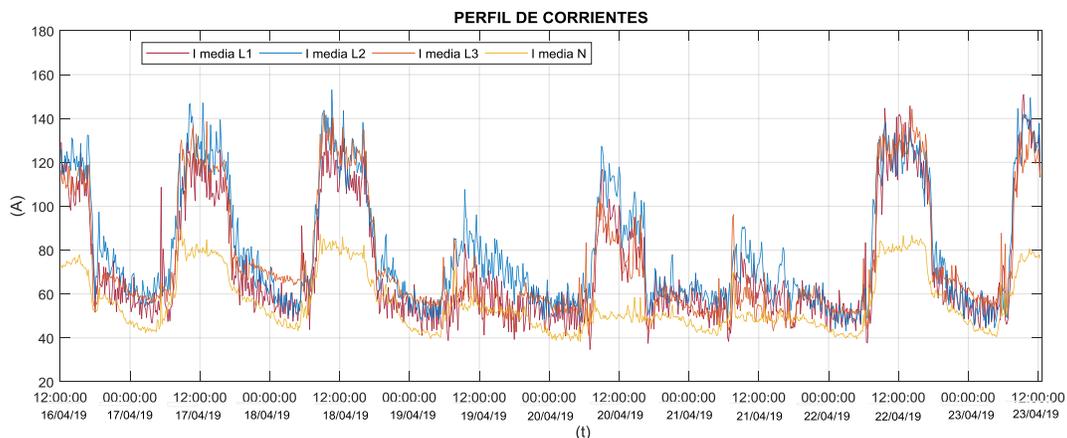


Fig. 31 Perfil de corrientes del transformador N.2

Fuente: Autor.

En la figura anterior se puede percibir que el patrón de comportamiento es similar en los días entre semana, existe un incremento de corriente en el horario de 7:00am a 8:00am aproximadamente luego tiende a establecerse la corriente en el horario de 8:00am a 16:00 pm y finalmente la corriente cae en el horario de 18:00pm 22:00, se puede determinar que el horario de mayor demanda es relacionado con el horario de trabajo de oficina que tiene la institución, ya que en los fines de semana la corriente tiende a disminuir.

Para el análisis del desbalance de corrientes se presenta la Tabla 2.15 en la que se puede observar que el valor promedio es de 9.5% y el valor máximo es de 41.14%; y la regulación internacional EN 50160 establece un valor máximo del 10%, en base al promedio encontrado se puede decir que el transformador opera cumpliendo la normativa.

TABLA 2. 15 Resumen de desbalances de corrientes calculados

Descripción	Corrientes (%)			# de registros	Cumple Normativa	Observaciones
	Promedio	Máximo	Mínimo			
Desbalance suministro (%)	9,52	41,14	0,27	1010	SI	Cumple con la norma europea EN 50160
Desbalance L1L2 (%)	11,65	45,00	0,00	1010	NO	No cumple con la norma europea EN 50161
Desbalance L2L3 (%)	11,4	38,85	0,01	1010	NO	No cumple con la norma europea EN 50162
Desbalance L3L1 (%)	10,6	43,00	0,03	1010	NO	No cumple con la norma europea EN 50163

Fuente: Elaborado por el autor

Sin embargo, existen picos de corrientes que generan un desbalance entre líneas, teniendo un porcentaje mayor entre las líneas L1L2 y un menor porcentaje las líneas L3L1, en base a estos resultados se analizó el patrón de comportamiento del desfase de las 3 líneas, encontrando un comportamiento similar entre las líneas L1L2, L3L1 con un incremento en el horario de 18:00 a 00:00, caso contrario con las líneas L2L3 que presenta comportamiento con variantes no significativas. Con este análisis se puede determinar que en las líneas L1 y L3 existen cargas que funcionan en el horario antes mencionado y son las causantes del desbalance de corriente encontrado, como medida de acción sería equiparar las 2 líneas con la línea menos sobrecargada para equilibrar el sistema.

- Análisis de las mediciones de perturbaciones (flicker).

En la regulación de calidad de servicio, evalúa de las variaciones de voltaje a corto plazo estableciendo un intervalo de mediciones en que la unidad no deberá sobrepasar en un 5% de todas las mediciones registradas. La Tabla 2.16 detalla las mediciones del efecto flicker Pst.

TABLA 2. 16 Resumen de mediciones de flicker.

Descripción	Voltaje (V)			# de registros			Cumple Normativa	Observaciones
	Promedio	Máximo	Mínimo	Total	Fuera de norma	%		
Flicker Pst Fase 1	0,19	1,86	0,04	1010	5	0,50	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 9.2
Flicker Pst Fase 2	0,19	2,04	0,04	1010	6	0,59	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 9.2
Flicker Pst Fase 3	0,19	1,97	0,04	1010	3	0,30	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 9.2

Fuente: Elaborado por el autor

Los valores presentados en la tabla anterior demuestran los registros que sobre pasan la unidad son minoría y por lo tanto estas perturbaciones no afectan al transformador. En la Figura 32 se observa la gráfica de las mediciones de flicker registradas.

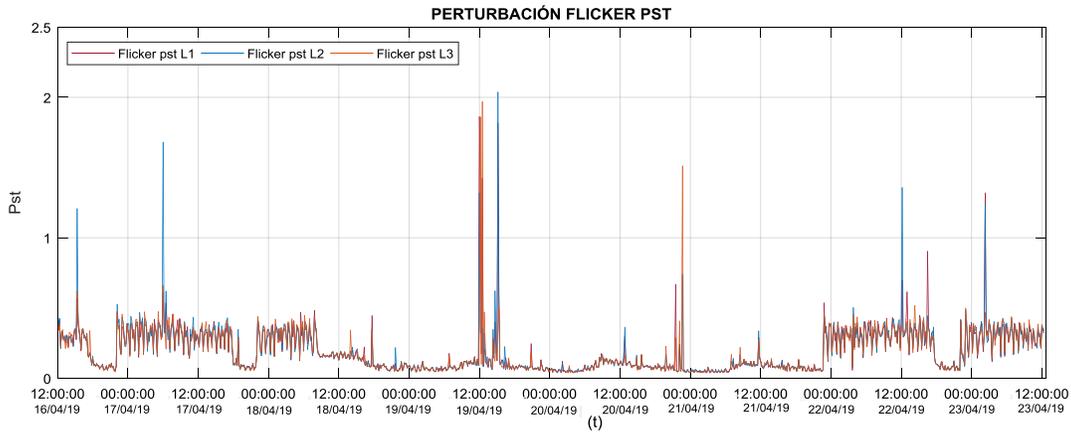


Fig. 32 Perturbaciones medidas en el transformador N.2  
Fuente: Autor.

Este tipo de perturbaciones se encuentran bajo los límites por tal motivo no es necesario su análisis.

- Análisis de las mediciones del THD de voltaje.

Para el análisis del THDV, la regulación de calidad de servicio menciona que el valor máximo de distorsión armónica total no deberá exceder del 8% y en un periodo de medición los valores promedio no excederán del 5%. Con las mediciones se obtiene que el promedio es de 2,203%, en consecuencia, se encuentra entre los límites establecidos en la regulación. A continuación, se muestra la Figura 33 con las mediciones del THDV en el transformador N.2

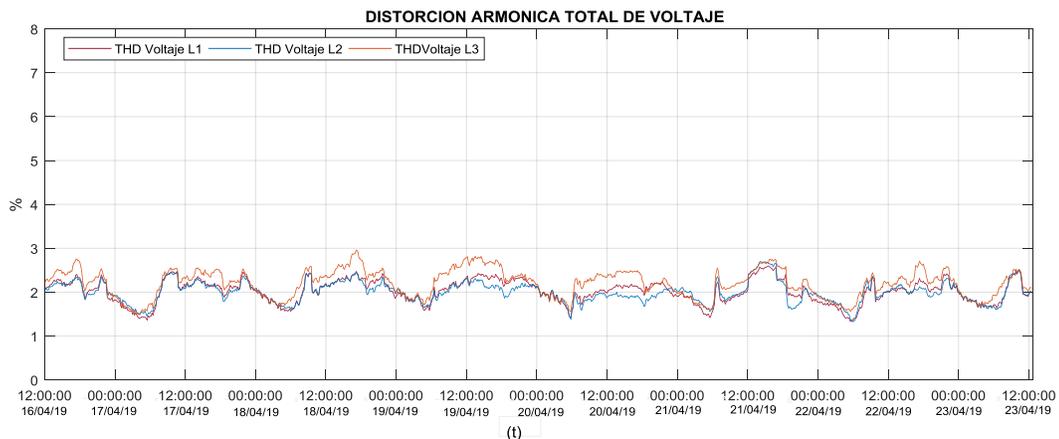


Fig. 33 THDV medidos en el transformador N.2  
Fuente: Elaborado por el autor.

Las mediciones de THDv también se pueden evaluar como distorsión armónica individual y en la Figuras 34 se observa la gráfica con los datos de los armónicos de voltaje desde el orden 2 hasta el 20 de las 3 líneas respectivamente.

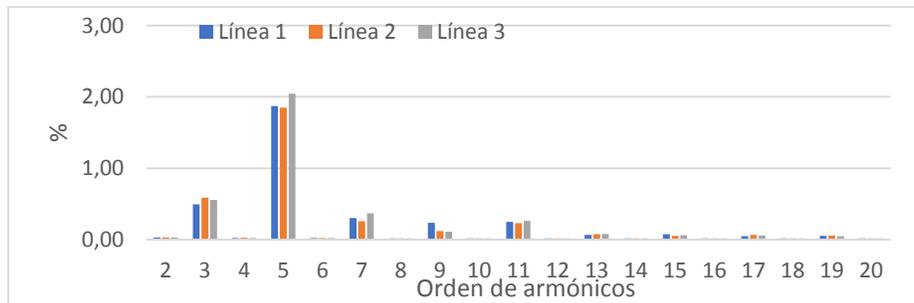


Fig. 34 Armónicos de voltaje individuales medidos en el transformador N.2  
Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo a la figura 33 y 34, se determinó que ningún valor excede los límites de distorsión armónicos establecidos en la regulación CONELEC donde establece distintos valores para cada armónico resultante. El resumen de las armónicas individuales medidas se muestra en el Anexo 9.

- Análisis de las mediciones del THD de corriente.

Con la información registrada del THDI se elaboró la Tabla 2.17 con el resumen de las mediciones promedio, máximas y mínimas durante un periodo de 7 días con un total de 1010 muestras.

TABLA 2. 17 Resumen de mediciones de THDI

Descripción	THDi (%)			
	Promedio	Máximo	Mínimo	Total
THDI Línea 1	16,15	27,04	10,99	1010
THDI Línea 2	19,30	30,33	11,54	1010
THDI Línea 3	19,98	32,96	13,31	1010
THDI Neutro	51,88	79,95	34,69	1010

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla se puede apreciar que la línea 3 presentan el promedio elevado y el valor máximo de distorsión armónica en los días de registro, en cambio la línea 1 es la de menos porcentaje de distorsión armónica presenta. En la Figura 35 se puede observar la gráfica de todos los datos obtenidos.

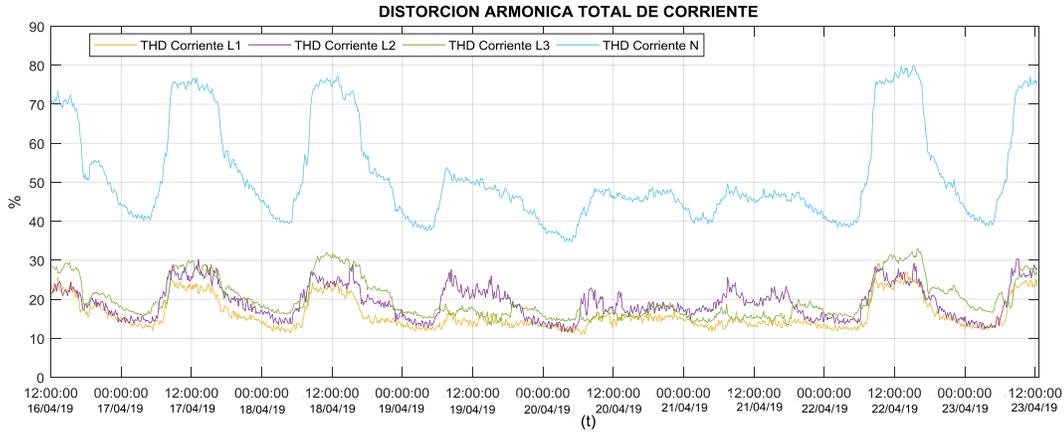


Fig. 35 THDI medidos en el transformador N.2  
Fuente: Elaborado por el autor.

La regulación del CONELEC en su numeral 29,1 establece criterios para la evaluación de la distorsión armónica de corriente individual (h) y hace referencia a la distorsión de demanda total (TDD) para obtener los valores límites, por esta razón se utilizó la ecuación 2.4 para encontrar el valor que referencia a este transformador, en la Tabla 2.18 se presenta los resultados del cálculo realizado.

TABLA 2. 18 Resumen del cálculo de TDD.

Potencia (kVA)	I <sub>cc</sub> (kA)	I <sub>L</sub> (kA)	I <sub>cc</sub> /I <sub>L</sub>	TDD Limite (%)	TDD calculados (%)				Observaciones
					Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutro	
500	20,34	0,153	132,94	15	16,63	19,82	20,50	52,51	No cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 29.2

Fuente: Elaborado por el autor.

Donde I<sub>cc</sub> es la corriente de cortocircuito e I<sub>L</sub> es la corriente máxima de carga a frecuencia fundamental. Con los datos anteriores se puede determinar que el transformador incumple con la normativa, también se puede apreciar que el mayor porcentaje de distorsión está presente en el neutro, esto se da por el desbalance entre fases descrito anteriormente, pudiendo ocasionar el aumento de los armónicos.

- Análisis de las mediciones de factor de potencia.

Al igual de las mediciones anteriores se realizó la Tabla 2.19, la cual presenta un resumen de las mediciones registradas de F<sub>p</sub> y la comparación con el valor permitido por la empresa eléctrica EMELNORTE.

TABLA 2. 19 Resumen de mediciones del Fp.

Descripción	Fp inductivo			# de registros	Fp capacitivo			# de registros	Valor requerido	Cumple regulación
	Promedio	Máximo	Mínimo		Promedio	Máximo	Mínimo			
Fp Línea 1	0,95	0,98	0,88	967	-0,96	-0,97	-0,95	43	0,92	SI
Fp Línea 2	0,90	0,96	0,77	1010	1,00	1,00	1,00	100	0,92	SI
Fp Línea 3	0,93	0,97	0,86	634	-0,95	-0,97	-0,92	376	0,92	SI
Fp Total	0,84	0,89	0,74	1006	-0,85	-0,86	-0,83	4	0,92	NO

Fuente: Elaborado por el autor.

Con los datos anteriores se puede determinar que el factor de potencia total está por debajo del valor permitido, por lo que el hospital debería ser objeto de penalización, sin embargo, el hospital no tiene este recargo en su planilla de consumo eléctrico, en la tabla del Anexo 7 se puede observar el cálculo del factor de potencia con los datos de la planilla eléctrica. En la figura 36 se presenta la gráfica de las mediciones de factor de potencia obtenidos.

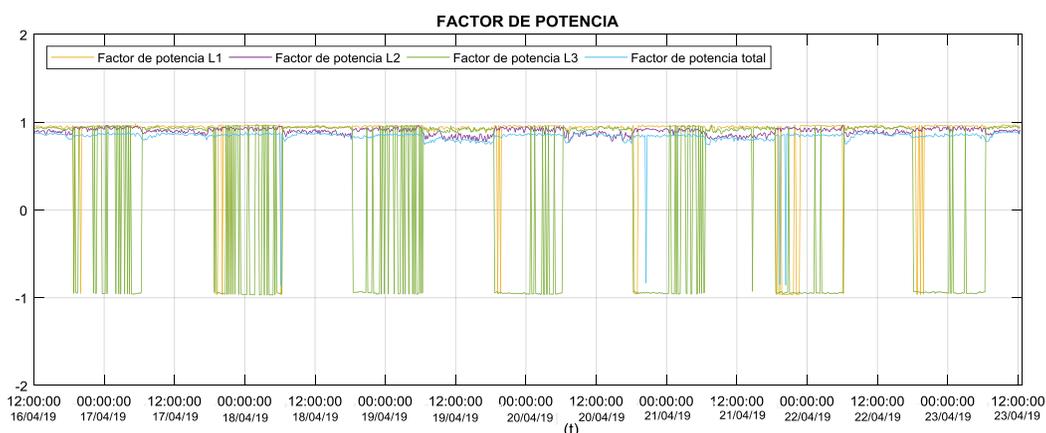


Fig. 36 Factor de potencia medida en el transformador N.2

Fuente: Elaborado por el autor

Mediante la gráfica se puede establecer un patrón de comportamiento en la línea 3 se puede apreciar que existe un horario marcado de factor de potencia en retraso es decir el sistema tiene cargas inductivas aproximadamente esas horas son de 18:00 a 00:00, que puede ser ocasionado por los tubos fluorescentes de las luminarias del hospital o el uso de equipos médicos que contengan núcleos de hierro que son los que requieren energía reactiva para su funcionamiento.

Las mediciones tomadas en el periodo de análisis determinan que el hospital no opera en los límites del factor de potencia establecido por lo que en los resultados de la investigación se planteará una propuesta para su corrección en áreas críticas.

- Análisis de las mediciones de potencias

Las mediciones registradas de las potencias proporcionan información acerca de la demanda requerida en los diferentes horarios que opera el transformador. En la Tabla 2.20, se

resume las mediciones de potencia activa (kW), potencia reactiva (kVAr) y potencia aparente (kVA)

TABLA 2. 20 Resumen de mediciones de potencias.

Descripción	Potencia activa (kW)		
	Promedio	Máximo	Mínimo
P Línea 1	8,49	17,56	4,15
P Línea 2	9,04	16,43	5,34
P Línea 3	8,85	16,98	4,84
P Total	26,38	47,68	14,88
Potencia reactiva (kVAr)			
Q Línea 1	2,79	6,40	1,60
Q Línea 2	4,52	9,40	1,95
Q Línea 3	3,22	6,70	1,85
Q Total	16,51	28,69	10,44
Potencia aparente (kVA)			
S Línea 1	8,94	18,25	4,49
S Línea 2	10,14	18,55	5,73
S Línea 3	9,43	18,26	5,37
S Total	31,28	55,58	19,88

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla anterior presenta los indicadores de uso del transformador, en lo correspondiente a la potencia demandada por la carga se obtiene un valor medio de 26,37 kW y un valor máximo de 47,68 kW localizado en el horario de oficina. Respecto a la potencia activa el sistema demanda una media de 16,51 kVAr y un valor máximo de 28.69 kVAr. Finalmente se puede apreciar los valores de la potencia aparente que tiene como punto máximo de 55,58 kVA y un promedio de potencia requerida de 31,28.

Para obtener una idea más clara de la carga a la que está sometido el transformador se presenta la Tabla 2.21, que muestra los indicadores del uso del transformado N.2

TABLA 2. 21 Indicadores de uso del transformador N.2.

Potencia	Demanda media	Demanda máxima	Factor de carga	Factor de uso	Potencia disponible
	kVA		%		
500	31,28	55,58	56,28	11,12	88,88

Fuente: Elaborado por el autor

La tabla anterior resume el factor de carga, factor de uso y la potencia disponible. El factor de carga obtenido establece que el 56% de la carga máxima instalada es aprovechada durante todo el día que opera el hospital, el factor de uso indica que el 11,12 % de la capacidad del transformador es utilizada y en consecuencia se tiene el valor de 88, 88% de potencia disponible. En consecuencia, se determinó que el transformador N.2 se encuentra sub utilizado y de acuerdo al factor de utilización las pérdidas representarían valores considerables.

A continuacion, se presentan las graficas de las mediciones de potencias total registradas. En las Figuras 37, 38, 39 se muestra las mediciones de las potencias totales de la potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente respectivamente.

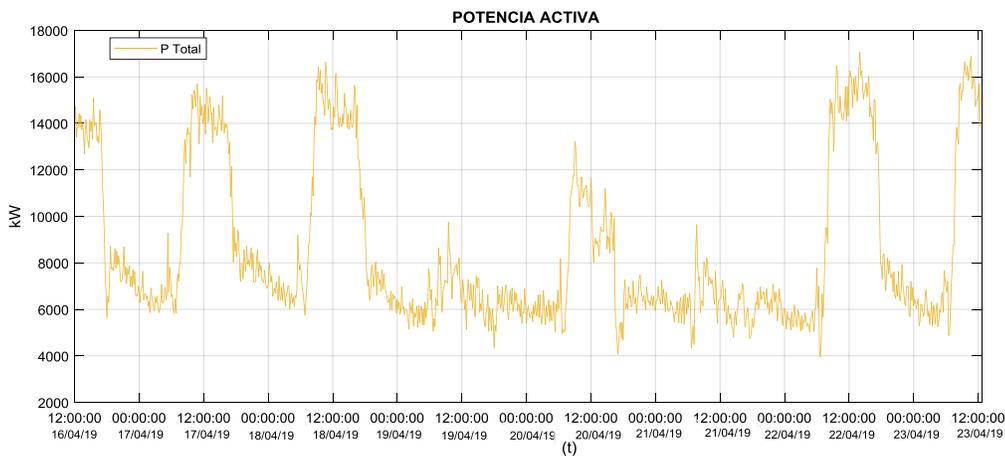


Fig. 37 Perfil de potencia activa en el transformador N.2  
Fuente: Elaborado por el autor

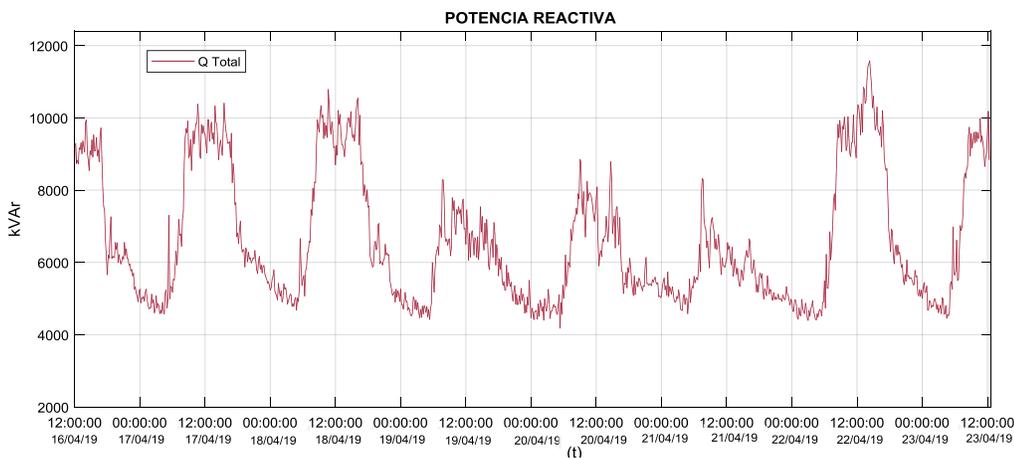


Fig. 38 Perfil de potencia reactiva en el transformador N.2  
Fuente: Elaborado por el autor

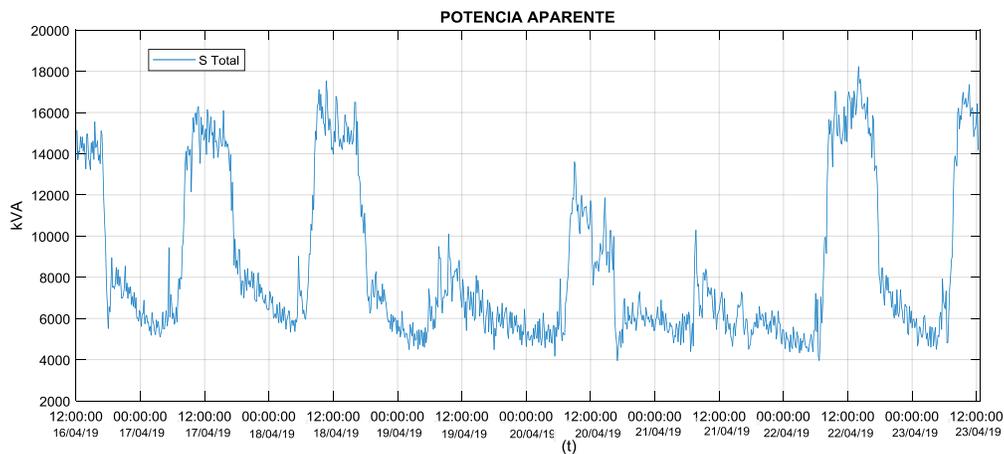


Fig. 39 Perfil de la potencia aparente en el transformador N.2  
Fuente: Elaborado por el autor

Con las figuras anteriores se puede determinar que la demanda de potencia del hospital está caracterizada por un patrón secuencial, por ejemplo, en el horario entre las 7:00 a 8:30 la demanda empieza a crecer, entre las 8:30 a 16:00 la demanda permanece estable en su punto máximo, en el horario de 16:00 a 17:00 la demanda cae rápidamente y de 17:00 a 7:00 tiende a la disminución a su punto mínimo hasta que el ciclo vuelva a empezar. También se puede diferenciar la demanda en los fines de semana, como se aprecia en la figura no existe subidas abruptas de potencia en estos días.

Este patrón de consumo es fruto de las horas de trabajo establecidas en el hospital, en el horario de incremento del consumo se realizan actividades médicas y administrativas y al momento que el consumo se realizan actividades médicas en el área de hospitalización, es decir, el sistema eléctrico es utilizado solamente en la segunda planta.

- Caracterización del consumo de energía eléctrica en el hospital.

Una vez analizado el consumo eléctrico del hospital en general es necesario conocer el porcentaje de consumo está relacionado con cada transformador, para eso se presenta la Tabla 2.22 que establece una comparación de los 2 transformadores de acuerdo su consumo mensual, calculado con los datos del analizador instalado.

TABLA 2. 22 Indicadores de uso del transformador.

	Consumo medido y calculado	
	kWh/mes	%
Transformador N.1	5,91	0,03
Transformador N.2	17768,62	99,97
Total	17774,53	100,00

Fuente: Elaborado por el autor

Con los datos obtenidos en la tabla anterior se puede concluir que el transformador que abastece en mayor porcentaje de energía es el transformados N.2 y el transformador N.1 abastece una cantidad insignificante en el sistema eléctrico del hospital. En consecuencia, se puede decir que los 2 transformadores que abastecen al hospital se encuentran sobre dimensionados para la carga que alimentan.

#### 2.3.4 Mediciones en los principales tableros de la institución.

Con el fin de determinar los tableros que influyen mayormente en los problemas de calidad de la energía planteados anteriormente, se realizó la medición en 4 tableros principales del hospital y en vista el hospital tiene un patrón de consumo eléctrico que se asemejan en los días entre semana, se realizó las mediciones en los tableros STDN, STDE, TN-2M Y TE-2M, en el

periodo de 24 horas con intervalos de registro de 1 minuto. En el Anexo 9 se presenta un resumen de las mediciones registradas.

- Mediciones del factor de potencia.

El factor de potencia en uno de los problemas que se encuentra en los límites de los valores requeridos por lo que se realizó mediciones con el fin establecer el tablero que mayor influye en este problema. En la Tabla 2.23 se presenta el resumen de dichas mediciones.

TABLA 2. 23 Resumen de mediciones de fp en los tableros principales.

Descripción	Tablero STDN			Tablero STDE			Tablero TN-2M			Tablero TE-2M		
	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín
Fp Línea 1	0,91	0,95	0,51	0,69	0,98	0,41	1,00	1,00	1,00	0,41	0,79	0,02
Fp Línea 2	0,91	0,94	0,87	0,81	0,96	0,59	0,63	0,64	0,62	0,05	0,23	0,00
Fp Línea 3	0,96	0,98	0,93	0,90	0,99	0,46	0,29	0,32	0,25	0,16	0,35	0,06
Fp Total	0,93	0,95	0,76	0,82	1,00	0,56	0,64	0,65	0,63	0,14	0,32	0,00

Fuente: Elaborado por el autor

Con la tabla anterior se puede determinar los tableros que presentan mayor problema de caída del factor de potencia, encontrándose el peor valor en el tablero TE-2M que alimenta las bombas de agua de la casa de máquinas. Con los datos obtenidos también se busca plantear soluciones a los problemas descritos para cada tablero.

- Mediciones de armónicos de corriente individuales.

El mayor problema encontrado en la auditoria al hospital es la presencia de armónicos, los cuales sobrepasan los límites establecidos tanto totales (THDI), como armónicos individuales. En la Figura 40 se observa los armónicos encontrados en el tablero STDN y la Tabla 2.24 presenta el resumen de los THDi totales en los dos tableros.

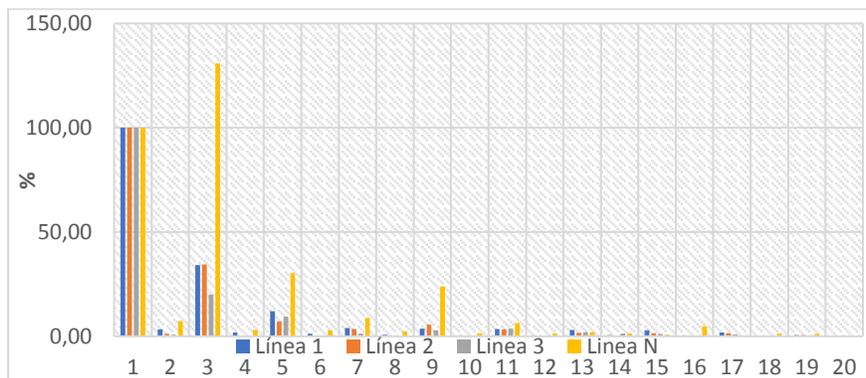


Fig. 40 Armónicos individuales de corriente en el tablero STDN

Fuente: Elaborado por el autor

TABLA 2. 24 Mediciones de THDi en los tableros de distribución

Descripción	STDE			STDN		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
Línea 1	177,30	25,40	79,18	144,90	26,20	38,82
Línea 2	72,80	11,30	25,33	51,60	25,90	36,32
Línea 3	151,50	11,50	30,20	29,40	16,50	23,03
Neutro	294,70	83,10	141,42	439,10	52,60	137,76

Fuente: Elaborado por el autor

La grafica anterior muestra que los armónicos de corriente tienen mayor valor en la línea del neutro, este fenómeno se da por conexión de cargas no lineales a un sistema trifásico provocando armónicos y como se observa los armónicos de orden impar sobrepasan significativamente los valores requeridos, en este tipo de sistemas todos armónicos impares son sumados a la corriente que circula en el neutro.

### 2.3.5 Análisis de sistema de iluminación del hospital.

El HSLO, en los últimos días se ha visto en la necesidad de remplazar su sistema de iluminación, por lo que se ha realizado sustitución de luminarias antiguas por tubos fluorescentes caracterizado con la nomenclatura T8 con una potencia de 32 watts, esta sustitución se la ha hecho parcialmente de acuerdo a la necesidad de sustitución, aunque en la actualidad la mayoría de áreas se encuentran instaladas este tipo de luminarias, existen otro tipo de lámparas instaladas que aún no han sido remplazadas.

- Tipos de luminarias utilizadas en el hospital

En la actualidad el hospital cuenta con 6 diferentes tipos de luminarias repartidas en toda el área que ocupa el hospital, en el Anexo 7 se presenta el levantamiento de cargas del sistema de iluminación caracterizado por tipo de luminaria, potencia, ubicación y energía aproximada de consumo al mes. En la Tabla 2.25 se presenta un resumen de las luminarias totales existentes en la casa de salud.

TABLA 2. 25 Resumen de luminarias en el hospital

Descripción	Cantidad	Potencia total (kW)	Energía consumida (kWh)
Lámpara fluorescente (2x32W) + Balastro	506	32,384	5184,64
Lámpara ahorradora 20W	186	3,72	520,8
Luminaria tipo pared	77	3,08	277,2
Lámpara fluorescente (2x40W) +Balastro	26	2,56	203,2
Lámpara ojo de buey	26	0,935	93,5
Lámpara cuadrada tipo incandescente	3	0,15	1,5

Fuente: Elaborado por el autor

La tabla anterior se puede observar que las fluorescentes (2x32W) son las que presentan mayor influencia en el consumo de energética, por la cantidad numerosa que se encuentran instaladas dentro del hospital. Por la cantidad representativa de luminarias existentes el consumo también tiende a ser elevado, la Figura 41 que presenta la caracterización de las luminarias por su consumo.

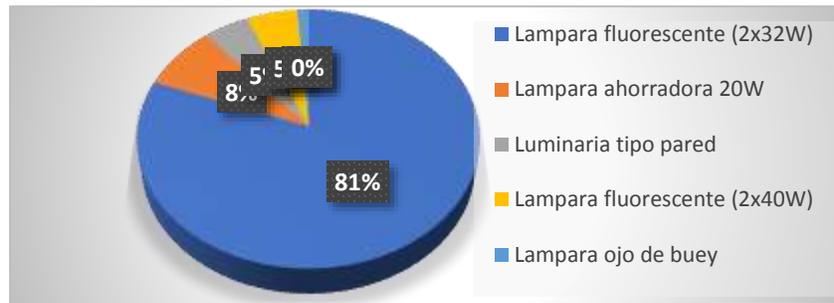


Fig. 41. Consumo de energía por luminaria.  
Fuente: Elaborado por el autor.

El mayor porcentaje de consumo de energía en las luminarias está dado por las lámparas fluorescentes y por su gran número de unidades instaladas y a las áreas que se encuentran presenta una oportunidad de ahorro significativo para el hospital.

- Medicines de iluminación en los principales servicios del hospital.

Este estudio de iluminación no se lo realiza en todos los servicios del hospital, solo se toma en cuenta áreas representativas y los datos son tomados en el día, para complementar el estudio se recomienda también tomar mediciones en la noche y complementar con todas las áreas del hospital, la Figura 42 presenta la distribución de luminarias en algunas áreas que abarca el estudio.



Fig. 42. Distribución de luminarias en: Hospitalización, Odontología, Recuperación.  
Fuente: Elaborado por el autor.

En esta actividad se busca obtener los valores de iluminación general de algunos servicios prestados por el hospital con el fin de comparar con los niveles de iluminación recomendados en las normativas antes mencionadas en el capítulo 1. En la Tabla 2.26 se presenta los niveles de iluminación tomados en los diferentes servicios del hospital.

TABLA 2. 26 Niveles de iluminación en los principales servicios del hospital

Área de trabajo	Ubicación	Magnitudes (lux)			Promedio	Valor requerido	# Luminarias	Observaciones
		Punto 1	Punto 2	Punto 3				
Oficinas	Trabajo social	120	110	214	167,00	300	2	Sin luz natural
	Talento humano	156	163	124	147,67	300	4	Con luz natural
Consultorios	Cirugía	164	188	214	188,67	400	2	Sin luz natural
	Traumatología	355	395	983	577,67	400	2	Con luz natural
Odontología	Sala de odontología	160	280	328	256,00	500	4	Con luz natural
Laboratorios	Laboratorio 1	119	485	152	252,00	500	3	Con luz natural
	Laboratorio 2	173	258	731	387,33	500	2	Con luz natural
Scanner	Rayos X	130	122	103	118,33	300	3	Sin luz natural
Salas de parto	Recuperación	163	165	157	161,67	100	2+4 focos	Sin luz natural
	Quirófano	105	108	168	127,00	300	8	Sin luz natural
Áreas de operación	Recuperación	302	265	171	246,00	500	4	Con luz natural
	Quirófano	181	137	120	146,00	1000	8	Sin luz natural
Hospitalización de pacientes	6 camas	95	220	40	118,33	100	2	Con luz natural
	3 camas	332	664	332	442,67	100	3	Con luz natural
	1 cama	920	301	228	483,00	100	2	Con luz natural
Salas de guardia	Estación de enfermería	555	285	175	338,33	100	3	Con luz natural

Fuente: Elaborado por el autor.

En la tabla anterior se puede observar que existen servicios que no cumplen con los niveles mínimos de iluminación. Las áreas que cumplen con los valores mínimos de iluminación se identificaron en la planta alta, que puede ser causa de una buena iluminación natural existente y las áreas que no cumplen los valores se encuentran en la planta baja del hospital, esto puede ser a causa del desgaste de las luminarias ya que en el recorrido se observó que algunas luminarias presentan pantallas difusoras amarillentas o tubos quemados o a su vez luminarias sin ellos, ocasionando una mala calidad de iluminación.

En general se puede concluir que el principal problema en el sistema de iluminación es un bajo o nulo mantenimiento que se da a las luminarias y una oportunidad de mejora sería realizar el cambio de luminarias, mantenimiento o remplazo de difusores que se encuentran deteriorados.

## CAPITULO 3

### **Propuesta técnica para el mejoramiento de la eficiencia energética eléctrica.**

Una vez obtenido el resultado de la auditoria eléctrica en las instalaciones del hospital, el capítulo 3 se presenta propuestas encaminadas a mejorar la eficiencia energética en el sistema eléctrico del HSLO. Las propuestas planteadas tienen dos ejes principales que son la disminución de problemas de calidad de la energía y la sustitución de equipos ineficientes. Cuyo fin principal es el uso eficiente de la energía y contribuir a la eficiencia energética eléctrica.

#### 3.1. Introducción.

En los últimos años el Ecuador a través de su ente regulador de la eficiencia energética ha venido implementando regulaciones y estrategias para el uso eficiente de la energía, acciones que buscan contribuir al cuidado de los recursos energéticos y el cuidado del medio ambiente. Las medidas de eficiencia energética están dirigidos a los distintos sectores de producción y servicio del país, por tal motivo el estudio que se plantea busca establecer una propuesta para el mejoramiento de la eficiencia energética en el sector salud, específicamente en el HSLO, con el fin de mejorar su calidad de atención y el mejoramiento de sus sistemas eléctricos. La propuesta de esta investigación se basa a la recolección de datos mediante una auditoria eléctrica con el fin de plantear soluciones a los problemas eléctricos encontrados y sustituir equipos ineficientes para mejorar la eficiencia energética.

#### 3.2. Objetivo de la propuesta.

- Desarrollar una propuesta técnica para el mejoramiento de la eficiencia energética eléctrica en el HSLO

#### 3.3. Alcance de la propuesta.

Con base en la auditoria eléctrica desarrollada, la propuesta plantea identificar oportunidades de ahorro energético, plantear soluciones a problemas eléctricos y hacer un análisis técnico, con el fin de contribuir al uso eficiente de la energía eléctrica en el HSLO.

### 3.4. Diseño de la propuesta

A partir de los resultados obtenidos en la auditoria, la propuesta se fundamenta en 2 ejes principales que son disminución de problemas la calidad de energía y sustitución de equipos ineficientes, que con una correcta implementación se obtendrá evidentes mejorías en el uso de energía eléctrica.

#### 3.4.1 Disminución de problemas para mejorar la calidad de energía.

A continuación, se detallan los problemas que afectan a la calidad de energía del HSLO.

- Balanceo de cargas en el sistema eléctrico.

Para realizar el equilibrio de cargas en el sistema eléctrico del hospital, se tendrá que realizar mediciones de parámetros eléctricos de todos los sub tableros o tableros de distribución, que presenten mayor porcentaje de desequilibrio entre sus fases y realizar las siguientes actividades

- Encender todos los equipos eléctricos asociados con la alimentación de energía eléctrica del tablero que se requiera el balanceo.
- Realizar mediciones de parámetros eléctricos en cada fase de alimentación al tablero
- Identificar el porcentaje de desbalance de cada una de las fases, posteriormente se tendrá que medir en cada uno de los circuitos de los tableros e identificar la carga de cada uno.
- Finalmente, intercambiar los circuitos entre fases que presenten desbalance sin afectar al sistema eléctrico y a los equipos asociados.

Las actividades tendrán que ser desarrolladas por personal calificado para evitar desconexiones involuntarias o descargas eléctricas.

- Compensación del factor de potencia en la casa de máquinas del hospital.

Se plantea instalar un banco de capacitores para la corrección del factor de potencia en los tableros TN-2M Y TE-2M, para lo cual se plantea la instalación un banco de condensadores con compensación automática.

Un banco de capacitores está conectado en paralelo a una carga que genera reactivos negativos, estos son encargados de suministrar reactivos positivos que disminuyan los reactivos negativos, la potencia aparente y mejore el factor de potencia. La compensación de energía reactiva se puede realizar de dos formas; compensación fija y compensación automática, esto de

acuerdo a los requerimientos del sistema a compensar. La potencia requerida para la compensación de un sistema está dada por la ecuación 3.1

$$Q_{eff} = P * (\tan(\phi_1) - \tan(\phi_2)) \quad 3.1$$

Donde:

- $Q_{eff}$  = Potencia reactiva requerida por el sistema
- $P$  = Potencia activa que absorbe la carga
- $\phi_1$  = Angulo del factor de potencia original
- $\phi_2$  = Angulo del factor de potencia requerido

Para el cálculo de la corriente que circula en el banco de capacitores se presenta la ecuación 3.2.

$$I = \frac{Q_{eff}}{V * \sqrt{3}} \quad 3.2$$

Donde:

- $Q_{eff}$  = Potencia reactiva requerida por el sistema
- $V$  = Voltaje línea - línea

Además, se requieren ecuaciones que relacionen las potencias con las corrientes y voltajes que serán mencionadas en el desarrollo de la propuesta.

Un banco de capacitores ayuda mejorar la eficiencia del sistema como menciona (Clavijo Flores, 2015), la compensación del factor de potencia en un sistema eléctrico es una excelente opción para mejorar la eficiencia energética ya que reduce las pérdidas en el transporte de la energía, presentando un ahorro considerable de energía al transformador dependiendo de la carga que se compense. Aunque su implementación llegaría a ser costoso debido al tipo de compensación recomendada para este tipo de sistemas.

- Disminución de corrientes armónicas en el sistema eléctrico del HSLO.

La propuesta se plantea realizar el diseño de un filtro para armónicos pasivo sintonía para la atenuación de los armónicos que presentan elevados niveles de distorsión, en este caso se realizará el diseño para los armónicos impares de hasta h13, para observar el porcentaje de disminución del THDi con la implementación, además se considera la ubicación más cercana a las fuentes armónicas y la ubicación recomendada es en los tableros STDE Y STDN.

Existen filtros activos y pasivos, los pasivos que se ajustan a la frecuencia que deben eliminarse y los activos que inyectan corrientes armónicas cancelando las corrientes que las generan.

Un filtro activo es capaz de eliminar las corrientes armónicas, filtra las corrientes del neutro, compensación de factor de potencia y equilibrio de corrientes desbalanceadas (Bueno Muñoz & Fajardo Muzo, 2013). En cambio, un filtro pasivo presenta una trayectoria de baja impedancia a la corriente armónica que se quiera cancelar, esto se logra porque el capacitor y la bobina del filtro entran en resonancia serie, con lo que el filtro opone una impedancia mucho menor a la armónica que la que presenta el sistema (Bonilla Silva & Quinatoa, 2017).

Un filtro pasivo con sintonía única consta de una rama RLC en serie, su función es sintonizar la armónica para la que fue diseñado hasta que la impedancia reactiva e inductiva sean iguales por lo que se anulan, ocasionado que la impedancia del filtro sea mínima similar a la resistencia, permitiendo la circulación de corrientes armónica a tierra. Las ecuaciones utilizadas para calcular los parámetros del filtro son:

La reactancia eficiente ( $X_c$ ) se calcula mediante la ecuación 3.3

$$X_{eff} = \frac{(V_{ll})^2}{Q_{eff}} \quad 3.3$$

Donde:

- $Q_{eff}$  = Potencia reactiva requerida por el sistema
- $V_{ll}$  = Voltaje línea - línea

La reactancia capacitiva está dada por la ecuación 3.4.

$$X_c = \frac{h^2}{h^2 - 1} * X_{eff} \quad 3.4$$

Donde:

- $h^2$  = Armónica a una sintonía  $h$
- $X_{eff}$  = Reactancia eficiente

La reactancia inductiva se obtiene con la ecuación 3.5.

$$X_l = \frac{X_c}{h^2} \quad 3.5$$

Donde:

- $X_c$  = Reactancia inductiva
- $h$  = Armónica de sintonía

Entonces la inductancia estará dada por la ecuación 3.6

$$L = \frac{Xl}{2\pi i * f} \quad 3.6$$

La capacitancia a frecuencia fundamental se calcula con la ecuación 3.7.

$$C = \frac{1}{2\pi i * f * Xc} \quad 3.7$$

La resistencia se calcula con la ecuación 3.8

$$R = \frac{Xl(fRes)}{Qeff} \quad 3.8$$

Cabe mencionar que la normativa internacional IEEE Std 1531 – 2003, se hace referencia a la Guía para Aplicaciones y Especificaciones de Filtros Armónicos, la cual presenta requerimientos y pasos para el cálculo de filtros para armónicos.

#### 3.4.2 Sustitución de equipos ineficientes

Con la propuesta planteada se analiza el ahorro en el consumo eléctrico por la sustitución de equipos ineficientes por equipos que disminuyan su consumo sin afectar su calidad de producción o servicio.

- Reemplazo de luminarias fluorescentes por luminarias con tecnología LED

La implementación de tubos led en la iluminación de hospitales hoy en día a tomado fuerza debido a que presenta mayor eficiencia en comparación con los tubos fluorescentes. Según (Salazar Monroy), una lámpara LED de luz blanca convierte entre un 70% y un 80% de la energía consumida en luz y entre un 20% y un 30% en calor y una lámpara fluorescente convierte el 20% de la energía consumida en luz, el 40% en calor y cerca del 40% restante en radiación infrarroja.

Pero no sólo se trata de ahorro energético y protección del medio ambiente; Joaquín Montenegro, Director General de Hospitales Nisa en (Hospitecnia, 2019), destaca que “la iluminación LED aplicada al campo hospitalario permite obtener un mejor confort visual tanto para

trabajadores como pacientes incrementando la sensación de bienestar en los centros y nos permite reinvertir ese ahorro en equipo sanitario para dotar de la mejor tecnología a los profesionales y a los pacientes y garantizar la máxima seguridad tanto en el diagnóstico como en el tratamiento de las distintas patologías”.

- Ventajas de tubos led frente a tubos fluorescentes

En los últimos años la tecnología LED ha ido ganando espacio frente a la iluminación convencional esto a consecuencia de sus grandes ventajas que poseen a continuación se detalla alguna de ellas.

- Generan un ahorro en el consumo eléctrico entre el 50% y el 70% respecto al ya obsoleto sistema de iluminación fluorescente
- Son fabricados en una amplia gama de tonos de luz, cubriendo tonalidades que van desde los 3000K (tono cálido) hasta los 6500K (tono más frío).
- A diferencia de los tubos fluorescentes, los tubos LED funcionan directamente a 230V.
- Evita la emisión de decenas de toneladas de contaminantes y se facilita al máximo el reciclado de los materiales.
- Larga vida útil pudiendo llegar hasta 50.000 horas de vida frente a 6.000 horas que podría llegar un tubo fluorescente.

### 3.5. Desarrollo de la propuesta

En el desarrollo se relaciona la implementación de la propuesta con el ahorro energético eléctrico.

#### 3.5.1 Balanceo de cargas

De acuerdo con el análisis realizado a partir de las mediciones obtenidas durante la auditoría eléctrica se determina que el mayor porcentaje del desequilibrio entre fases se da en horarios de la noche, por tal motivo se puede concluir que el desbalance está asociado con las cargas monofásicas de luminarias instaladas en el sistema trifásico, es por eso que se plantea evaluación de los sistemas de iluminación con el fin de repartir equitativamente en las 3 líneas estos sistemas y así disminuir el porcentaje de desbalance.

A continuación, se realiza un ejemplo de aplicación para la propuesta de acuerdo a las actividades mencionadas anteriormente, con base en la actividad de la auditoría fue la toma de

mediciones de corrientes y voltajes en los tableros distribuidos en todo el hospital, obteniendo los siguientes resultados presentes en la Tabla 3.31

TABLA 3. 1 Mediciones de voltajes y corrientes en los sub tableros

Tablero	Voltaje (L1-L2)	Voltaje (L2-L3)	Voltaje (L3-L1)	Corriente (L1)	Corriente (L2)	Corriente (L3)
	V	V	V	A	A	A
Subsuelo	210	207	206	3,1	1,1	0,1
TE - 2	210	208	206	0,2	18	19
TN- 2	208	210	209	0,19	8,3	0,3
TE -3	213	210	208	5,8	6,4	5,7
TN-3	213	211	208	5,2	7,3	7,9
TE -4	211	208	207	12,2	5,8	3
TN -4	213	214	208	3,1	2	2,2
TE -LV	208	203	205	7,1	13,8	12,2
TN -LV	208	205	203	13,2	5,4	6,3
TE - 6	201	205	0	0,6	2,3	0
TN - 6	207	203	202	1,8	1,5	1,3
TE – 5	206	203	201	3	0,2	7,2
TN -5	203	206	202	1,3	2,6	1,2
TE – 7	206	201	202	2,8	1,7	0,26
TN – 7	205	205	208	8,7	2,6	1,3
TN – 2M	214	218	214	0,5	1,7	4
TE - 2M	211	211	211	34,7	29,3	25,6

Fuente: Elaborado por el autor

Con la tabla anterior se puede determinar los índices de desbalance de corrientes que tienen cada uno de los tableros, para tener un mejor conocimiento de los niveles de desbalance en cada tablero se presenta la Tabla 3.2.

TABLA 3. 2 Desbalance de cargas en los sub tableros.

Tablero	Corriente (L1)	Corriente (L2)	Corriente (L3)	Desbalance tablero
	A	A	A	%
Sub suelo	3,1	1,1	0,1	116,28
TE - 2	0,2	18	19	53,23
TN- 2	0,19	8,3	0,3	183,28
TE -3	5,8	6,4	5,7	7,26
TN-3	5,2	7,3	7,9	16,18
TE -4	12,2	5,8	3	74,29
TN -4	3,1	2	2,2	27,40
TE -LV	7,1	13,8	12,2	25,08
TN -LV	13,2	5,4	6,3	59,04
TE - 6	0,6	2,3	0	137,93
TN - 6	1,8	1,5	1,3	17,39
TE – 5	3	0,2	7,2	107,69
TN -5	1,3	2,6	1,2	52,94
TE – 7	2,8	1,7	0,26	76,47
TN – 7	8,7	2,6	1,3	107,14
TN – 2M	0,5	1,7	4	93,55
TE - 2M	34,7	29,3	25,6	16,18

Fuente: Elaborado por el autor

Una vez que se obtiene el desbalance y las corrientes de cada uno de los tableros, es necesario identificar los circuitos de cada uno de los tableros para distribuirlos en cada una de las líneas. En la Tabla 3.3 de acuerdo a las mediciones tomadas se presenta observaciones para disminuir los niveles de desbalance en los tableros.

TABLA 3. 3 Acciones para balance de cargas

Tablero	Circuitos encontrados	Desbalance suministro	Recomendaciones
		%	
Sub suelo	6 monofásicos, 3 trifásicos, 1 bifásico	116,28	Reubicar los circuitos trifásicos y distribuir equitativamente los circuitos monofásicos
TE - 2	10 monofásicos	53,23	Ubicar los circuitos monofásicos uniformemente
TN- 2	5 monofásicos, 1 bifásico 3 trifásicos	183,28	Reubicar los circuitos trifásicos y distribuir equitativamente los circuitos monofásicos
TE -3	10 monofásicos, 1 bifásico	7,26	No requiere acciones
TN-3	11 monofásicos	16,18	No requiere acciones
TE -4	12 monofásicos	74,29	Distribuir la carga de la línea 1 distribuyendo a la línea 2 y 3
TN -4	11 monofásicos	27,40	Distribuir la carga de la línea 1 distribuyendo a la línea 2 y 3
TE -LV	8 monofásicos, 2 trifásicos	25,08	Ubicar uniformemente los circuitos trifásicos
TN -LV	7 monofásicos, 3 trifásicos	59,04	Distribuir la carga de la línea 1 distribuyendo a la línea 2 y 3
TE - 6	6 monofásicos	137,93	Distribuir los circuitos monofásicos a la línea 1
TN - 6	9 monofásicos	17,39	No requiere acciones
TE – 5	5 monofásicos, 1 trifásico	107,69	Distribuir los circuitos monofásicos a la línea 1 y 2
TN -5	3 monofásicos, 1 bifásico, 1 trifásico	52,94	Distribuir los circuitos monofásicos a la línea 1 y 2
TE – 7	7 monofásicos	76,47	Distribuir la carga de la línea 3 distribuyendo a la línea 2 y 1
TN – 7	10 monofásicos, 1 trifásico	107,14	Equilibrar la carga a la línea 1
TN – 2M	10 monofásicos	93,55	Distribuir los circuitos monofásicos para las 3 líneas
TE - 2M	3 monofásicos, 5 trifásicos	16,18	No se requiere acciones

Fuente: Elaborado por el autor

Para obtener un correcto equilibrio de cargas en los sub tableros es recomendable tomar las medidas eléctricas antes planteadas con los equipos asociados a cada uno de los circuitos encendidos con el fin de obtener datos de corrientes reales a la demanda de cada uno y así tomar correctas decisiones en el intercambio de circuitos.

### 3.5.2 Diseño de un banco de capacitores para el cuarto de máquinas.

El tipo de compensación elegida para los tableros afectados es una compensación automática en grupo, este tipo de compensación se la realiza cuando las cargas se encuentran situados en distintos lugares y con demanda de energía reactiva variante como es este caso.

Para realizar el cálculo del banco de condensadores primeramente se realiza el cálculo de los reactivos necesarios para mejorar el factor de potencia a un valor de 0.95, en este caso se realiza el cálculo del banco de capacitores para el tablero TE-2M.

Primeramente, se realiza el cálculo de la potencia reactiva requerida para la corrección del factor de potencia con la ecuación 3.1.

$$Q_{eff} = P * (\tan(\phi_1) - \tan(\phi_2))$$

$$Q_{eff} = 1,68kW * (\tan(71,33) - \tan(18,19))$$

$$Q_{eff} = 3,58 \text{ kVAr}$$

Con la ecuación 3.1 se obtiene que los reactivos requeridos para la compensación en el sistema trifásico son de 3,58 kVAr, ahora, es necesario establecer un valor comercial para 3 capacitores que serán conectados a cada línea; en este caso el diseño se realizó con 3 capacitores de 2,5 kVAr con un total de 7,5 kVAr, esto con el fin de tener alternativa de compensación en caso de daño de alguno de estos.

Una vez calculado los reactivos necesarios con la ecuación 3.2 se procede al cálculo de la corriente que circula por el banco de capacitores.

$$I = \frac{Q_{eff}}{V * \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{2500VAr}{220V * \sqrt{3}} = 6,57 \text{ A}$$

Por lo tanto, es necesario un banco de 3 capacitores de 2,5kVAr; 220V; 7A, para la compensación del factor de potencia. Adicionalmente en base a la capacidad de corriente que circula por cada capacitor es posible dimensionar los breakers que protegerán a cada capacitor, para esto basta con multiplicar la corriente calculada con la ecuación 3,2 por una constante de 1,25.

$$I = 6,57 \text{ A} * 1,25 = 8,21 \text{ A}$$

Tomando en cuenta el valor calculado se selecciona un breaker de 10 A, para cada capacitor y una protección principal de 30 A. Una vez calculado las protecciones se procede al cálculo del transformador de corriente a utilizar con las ecuaciones 3. y 3.10.

$$S = \frac{P}{\cos \phi} \quad 3.9$$

$$S = \frac{1,68kW}{0,32} = 5,25kVA$$

$$I = \frac{S}{V * \sqrt{3}} \quad 3.10$$

$$I = \frac{5,25kVA}{220 * \sqrt{3}} = 13,77A$$

Entonces:

$$Tc = \frac{13,77}{5} = 2,75A$$

Por lo tanto, se requiere un transformador de corriente de 2,75 A, como los demás elementos es necesario seleccionar un valor comercial por lo tanto se elige un  $Tc = \frac{20}{5} A$ .

Para la selección de los contactores es preciso conocer que un banco automático produce elevadas sobrecorrientes transitorias pudiendo alcanzar fácilmente valores de 150 a 200In, causando problemas tanto al sistema como a los capacitores. Por lo cual es necesario la instalación de contactores especiales que limiten estas sobrecorrientes, para el diseño se elige 3 contactores que soporten 2 veces la corriente nominal  $2 * Ln = 16,42A$ . Así que se selecciona contactores de igual o mayor capacidad de corte.

De acuerdo a los resultados calculados para el banco de capacitores en la Tabla 3.4 se muestra los elementos con sus respectivas especificaciones.

TABLA 3. 4 Características técnicas para los bancos de condensadores seleccionados

Elemento	Cantidad	Especificaciones
Capacitor	3	2,5kVAr/ 220V/ 7A/60Hz
Transformador de corriente	1	20/5 A
Contactores	3	BF9/AC1/220V/18A/60Hz
Fusibles	3	Tipo NH-00 10A
Modulo automático	1	DCRK 7 60Hz
Breaker principal	1	3P/30A/220V
Breaker capacitores	3	3P/10A/220V
Armario	1	80x30x50
Otros	Varios	-----

Fuente: Elaborado por el autor

En vista que la potencia reactiva requerida para la compensación del factor de potencia en el tablero TN-2M es menor a la necesaria para el tablero TE-2M y al no encontrar valores de capacitores de menor valor se recomienda la instalación de un banco de capacitores con las mismas características.

### 3.5.3 Diseño de filtros para corrientes armónicas

Se recomienda la instalación de un filtro de sintonía simple por cada línea conectada al tablero, que disminuyan los problemas de armónicos encontrados en el sistema eléctrico del hospital. A continuación, se realiza el cálculo de los parámetros del filtro RLC para la línea 1 del tablero STDE y al final se presentará en una tabla los valores eléctricos de los elementos para cada línea. Para este cálculo se realiza en base a las mediciones del Anexo 10.

Primeramente, se realiza el cálculo de la potencia reactiva efectiva ( $Q_{eff}$ ) necesaria para mejorar el factor de potencia a 0,95 con la ecuación 3.1, según (Aguirre, P. 2016) los condensadores pierden su capacitancia a medida que envejecen aumentando gradualmente su frecuencia de sintonía por eso un filtro sintonizado a menos 6% por debajo de su frecuencia nominal trabajara correctamente. Obteniendo los siguientes resultados:

$$Q_{eff} = 4520W * (\tan(46,36) - \tan(18,19))$$

$$Q_{eff} = 3254,62 \text{ VAr}$$

En valor de reactivos requeridos para la compensación del factor de potencia es de 3,25 kVAr, sin embargo, es necesario establecer un valor comercial en este caso es 5 kVAr.

Para la compensación es necesario el cálculo de la reactancia efectiva que ayude a compensar el factor de potencia con la presencia de armónicos (Bonilla Llanganate, 2017). A continuación, se realiza el cálculo de la reactancia efectiva ( $X_{eff}$ ) del filtro para su respectiva corrección con la ecuación 3.3.

$$X_{eff} = \frac{(127V)^2}{3254,62 \text{ VAr}} = 4,96\Omega$$

La ecuación 3.5 permite calcular la reactancia capacitiva para el filtro sintonizado para una determinada armónica h y la Tabla presenta los valores calculados para cada armónica.

TABLA 3. 5 Reactancias capacitivas calculadas

Armónico	Reactancia C
	$\Omega$
3	5,67
5	5,20
7	5,08
9	5,03
11	5,01
13	4,99

Fuente: Elaborado por el autor

El siguiente paso es el cálculo de la reactancia inductiva y la capacitancia a frecuencia fundamental con las ecuaciones 3.6.

TABLA 3. 6 Reactancias inductiva, inductancia, resistencia y capacitancia calculadas.

Armónico	Reactancia L	Inductancia	Capacitancia
	$\Omega$	H	uf
3	0,7134	0,00189	467,545
5	0,2352	0,00062	510,585
7	0,1173	0,00031	522,443
9	0,0703	0,00019	527,323
11	0,0468	0,00012	529,793
13	0,0334	0,00009	531,214

Fuente: Elaborado por el autor

Para el cálculo de la resistencia con un factor de calidad de 100 se utiliza la ecuación 3.7.

TABLA 3. 7 Resistencia con factor de calidad de 100 calculadas

Armónico	Resistencia
	$\Omega$
3	0,0201
5	0,0111
7	0,0077
9	0,0059
11	0,0048
13	0,0041

Fuente: Elaborado por el autor

El filtro por su baja impedancia a la frecuencia requerida debe cumplir que  $X_l = X_c$  por lo tanto.

$$X_c = \frac{X_c}{h} = \frac{5,68\Omega}{2,82} = 2,01\Omega$$

$$X_l = h(X_l) = 2,82(0,71) = 2,00\Omega$$

Con los resultados anteriores muestran que el filtro cumple con la relación planteada. Y finalmente para determinar que el filtro soporte su operación a condiciones anormales sin presentar daños la normativa IEEE 18.2003, establece que el valor de la corriente eficaz no deberá sobrepasar el 135%. Y para eso se plantea la ecuación 3.10.

$$I_f = \frac{V_{ll}/\sqrt{3}}{X_c - X_l}$$

$$I_f = \frac{220V/\sqrt{3}}{5,68\Omega - 0,71\Omega} = 25,55A$$

Cálculo de las corrientes armónicas.

TABLA 3. 8. Corrientes armónicas individuales calculadas

Armónico	In (%)	If (A)	Ia (A)
3	31,49	25,55	8,04
5	23,98	25,55	6,12
7	18,20	25,55	4,64
9	12,58	25,55	3,21
11	9,89	25,55	2,52
13	8,76	25,55	2,24

Fuente: Elaborado por el autor

Corriente IRMS.

$$IRMS = \sqrt{I_f^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2} = 28,25A$$

3.11

$$\% \text{ margen de corriente} = \frac{IRMS}{I_f} * 100 = 110,56\%$$

Con el cálculo realizado se obtiene una subida de corriente del 110% del valor eficaz, en consecuencia, la máxima corriente de operación cumple los requisitos establecidos.

De acuerdo al análisis anterior, los parámetros RLC del filtro sintonizado a la tercera armónica en la línea 1 están dados por:  $L = 1.89mH$ ,  $C = 476\mu f$ ,  $R = 0,22\Omega$ . En la Tabla 3.9 se presenta los valores de parámetros calculados para las líneas restantes y para el tablero STDN.

TABLA 3. 9 Cálculos de parámetros eléctricos para los filtros de armónicos

Descripción	Potencia	Potencia	Fp medido	Qeff	Xeff	Xc	Xl	L	C	R	If
Unidad	kW	W	pu	kVAr	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	mH	$\mu f$	$\Omega$	A
Tablero STDE	Línea 1	4520	0,69	3254,40	4,956	5,67	0,71	0,00189	467,917	0,02	25,63
	Línea 2	4930	0,81	1972,00	8,179	9,36	1,18	0,00312	283,534	0,03	15,53
	Línea 3	5370	0,9	859,20	18,77	21,47	2,70	0,00716	123,536	0,08	6,77
Tablero STDN	Línea 1	5380	0,91	699,40	23,061	26,38	3,32	0,00879	100,56	0,09	5,51
	Línea 2	5100	0,91	663,00	24,327	27,83	3,50	0,00928	95,326	0,10	5,22
	Línea 3	6110	0,94	244,40	65,994	75,49	9,49	0,02517	35,139	0,27	1,92

Fuente: Elaborado por el autor

Una vez calculados los valores RLC en la Figura 43 se presenta el diseño del filtro que está constituido por 7 ramales conectados en paralelo cada uno para la eliminación de un armónico específico.

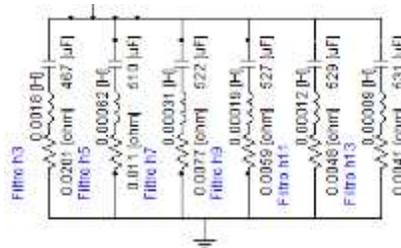


Fig.43. Diseño del filtro para armónicos impares.  
Fuente: Elaborado por el autor.

Con la instalación del filtro se busca reducir las corrientes armónicas del sistema eléctrico para mejorar la calidad de energía del sistema y evitar el daño de equipos que frecuentemente se producen. Por lo tanto, es necesario reducir las corrientes armónicas para evitar problemas en el sistema eléctrico.

### 3.5.4 Sustitución de tubos fluorescentes T8 32W por luminarias LED T8 18W.

Para obtener los niveles de iluminación que cumplan los requisitos establecidos por los organismos reguladores, mediante catálogos se buscó el tipo de lámpara led que abarquen las características luminotécnicas deseadas y con el software DialuxEvo, se realizó la simulación de los espacios de trabajo antes mencionados, la Figura 44 presenta el entorno de trabajo del proyecto realizado.

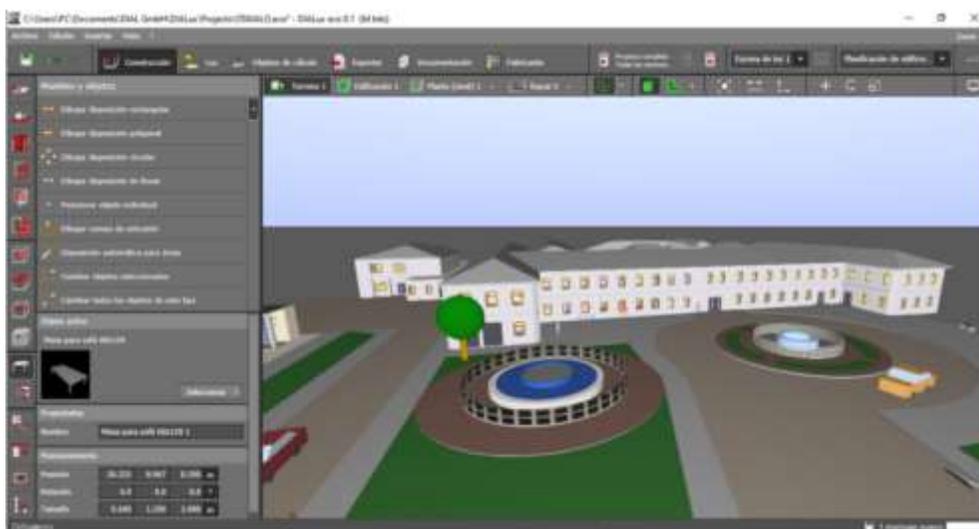


Fig.44. Entorno del proyecto de iluminación.  
Fuente: Elaborado por el autor.

Para realizar la simulación de iluminación en las áreas de trabajo fue necesario obtener las características (altura, color, área, tipo de luminaria. Etc.) De las mismas con el fin de obtener valores que se acercan lo más posible a la realidad. En la Figura 45 se muestra la simulación del área de recuperación con sus características físicas propias.



Fig.45. Simulación de iluminación en el área de recuperación  
Fuente: Elaborado por el autor.

Para la simulación utilizo los planos arquitectónicos de iluminación el mismo que permitieron establecer la ubicación exacta de cada luminaria, cabe mencionar que la simulación se realizó sin modificar la ubicación de las luminarias. Para obtener los valores adecuados se propone la instalación de 2 tipos de luminarias, la primera (tubos Led T8 2500lm 18W 6500K) para áreas donde sus actividades no requieran elevados niveles de iluminación y la segunda (tubos Led T5 18W 3700lm 6500K) que serán instaladas en áreas donde sus actividades requieran elevados niveles iluminación. En la Tabla 3.10 se presenta el tipo de lámparas led sugeridas con sus características de iluminación requeridas para las áreas simuladas.

TABLA 3. 10. Características técnicas de las luminarias seleccionadas

Tipo de lámpara		Tubo LED T8
Características.		Lugar a instalar (sugerido)
Potencia	18W	Lugares que no requieran niveles de iluminación elevada como: oficinas, consultorios, pasillos, salas de espera, farmacia, etc.
Lúmenes	2500lm	
Color	6500K	
Factor de potencia	0,96 – 0,98	
CRI	>85	
Medidas	120mm x 26mm	
Duración	50000h	
Eficiencia	140lm/W	
Tipo de lámpara		Tubo led T5
Características.		Lugar a instalar (sugerido)
Potencia	26 W	Lugares que requieran elevados niveles de iluminación como: quirófanos, salas de tratamiento y salas de reconocimiento.
Lúmenes	3700lm	
Color	6500K	
Factor de potencia	0,96 – 0,98	
CRI	>85	
Medidas	120mm x 26mm	
Duración	50000h	
Eficiencia	200lm/W	

Fuente: Elaborado por el autor.

El software empleado permite conocer fácilmente los niveles de iluminación, deslumbramiento y rendimiento cromático recomendados para cada área, ya que permite establecer el uso de cada local estableciendo los valores mínimos y máximos de lúmenes para cada una, si los valores en lúmenes requerido abarcan los requerimientos establecidos en el sumario de resultados aparecerá un punto verdoso caso contrario aparecerá un punto rojo, en la Figura 46 se presenta la simulación del proyecto de iluminación terminado.

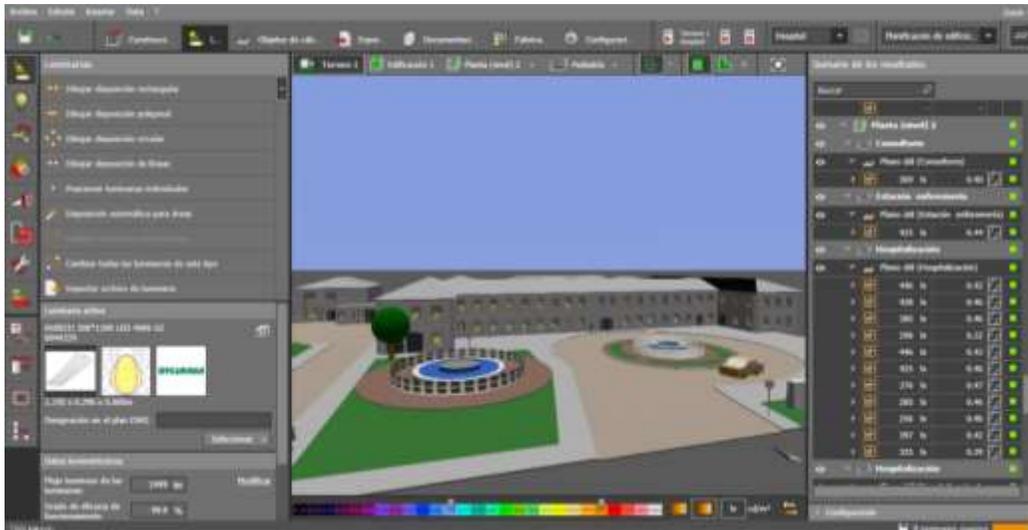


Fig. 46. Proyecto de iluminación terminado  
Fuente: Elaborado por el autor.

Como se puede observar en la gráfica anterior los niveles de iluminación simulados cumplen con los valores mínimos reglamentarios, por tal motivo se puede establecer que las luminarias elegidas proveerán de la energía lumínica necesaria para una correcta iluminación en los servicios prestados por la casa de salud y para corroborar dichas afirmaciones en el Anexo 10 se presenta el resumen de resultados de las áreas simuladas.

- Recomendaciones para el mantenimiento del sistema de iluminación.

Esta propuesta se busca identificar acciones de mantenimiento preventivo y correctivo que contribuyan a mejorar los niveles de iluminación en el hospital. La Tabla 3.11 presenta una lista de acciones de mantenimiento enfocado a las luminarias del hospital.

TABLA 3. 11. Acciones de mantenimiento en las luminarias

N.º	Propuesta	Frecuencia	Verificación
1	Reemplazo de luminarias que cumplieron su vida útil	Inmediato	Lámparas retiradas
2	Identificar los circuitos de iluminación en los tableros	Inmediato	Hoja de trabajo
3	Sustitución de tubos fluorescentes quemados	Inmediato	Tubos retirados

4	Sustitución de pantallas difusoras obsoletas	Verificando su estado	Difusores retirados
5	Independizar circuitos de Iluminación	Inmediato	Hoja de trabajo
6	Limpieza del interior y exterior de las luminarias	Anual	Hoja de trabajo
7	Verificación del correcto encendido y apagado de las luminarias	Trimestral	Hoja de trabajo
8	Sustitución de luminarias exteriores	Inmediato	Hoja de trabajo

Fuente: Guamán, 2017

Las propuestas planteadas en la tabla anterior podrán ser tomadas en cuenta en un plan de mantenimiento en el sistema eléctrico del hospital, el cual estará a cargo del personal de mantenimiento, ya que se observó que solo se realiza un mantenimiento correctivo de los equipos y ningún mantenimiento de los circuitos eléctricos.

- Implementación de sensores en áreas circulantes.

Al momento de dar propuestas que contribuyan a la eficiencia eléctrica en iluminación no solo basta con la instalación de luminarias eficientes, además es necesario instalar sistemas que ayuden controlar el encendido o apagado de ellas en lugares que no requieran el uso continuo. Por esto se plantea la instalación de sensores que ayuden a controlar la luminaria en lugares como: pasillos, baños, bodegas.

En caso puntuales es recomendable la instalación de sensores de movimiento en los pasillos del sub suelo bodegas de las mismas, ya que en algunos casos las luminarias permanecen encendidas por largos periodos de tiempo sin que exista actividad en dichas áreas.

Con la implementación de este tipo de tecnología se optimiza el consumo eléctrico ya que con estos sensores las luminarias se encienden únicamente cuando exista movimiento del área de instalación, en consecuencia, se utilizará únicamente cuando la iluminación sea requerida. En la Tabla 3.12 se presenta las características a tener en cuenta para la sección de un sensor de movimiento.

TABLA 3. 12 Características técnicas del sensor elegido

<b>Tipo de instalación</b>	Empotrado en pared
<b>Voltaje</b>	110-120V
<b>Rango de detección</b>	180°
<b>Distancia de detección</b>	9m Max
<b>Velocidad de detección</b>	0.6 a 1.5 metros por segundo
<b>Grado de protección</b>	IP20
<b>Tiempo de retardo</b>	Ajustable

Fuente: (VIDRI, 2019)

### 3.3. Análisis técnico.

Con base en el ahorro energético posible en el hospital, se desarrolla el análisis económico para la implementación de la propuesta. Que básicamente busca relacionar el consumo actual de energía con inversiones técnicas que a mediano o largo plazo proporcione ahorro económico que en algunos casos son significativos.

#### 3.3.1 Análisis de la implementación de un banco de capacitores.

La instalación del banco de capacitores presentará resultados positivos en cuanto al ahorro energético para obtener una idea de los beneficios que presentará la implementación de la propuesta se muestra la Tabla 3.13 que describe la reducción de pérdidas y el ahorro de energía.

TABLA 3. 13 Cálculo del ahorro de energía por la implementación de un banco de capacitores

Tablero	Conductor	Longitud	Resistencia conductor	Resistencia total	Corriente I1	Corriente I2	Perdidas P1	Perdidas P2	Reducción de pérdidas	Ahorro de energía	Ahorro de energía
	AWG	km	$\Omega/\text{km}$	$\Omega$	A	A	W	W	W	KWh/mes	KWh/año
TN-2M	2	0,02	0,55	0,01	1,44	0,97	0,07	0,03	0,04	0,01	0,13
TE-2M	2/0	0,02	0,27	0,01	25,31	3,73	10,45	0,23	10,22	3,07	36,81
Total									10,26	3,08	36,94

Fuente: Elaborado por el autor

Como muestran las tablas anteriores con la instalación de equipos que mejoren la calidad de energía es posible disminuir la carga del sistema, aprovechando al máximo la energía requerida por el hospital contribuyendo así a la eficiencia energética.

En el Anexo 6 se presenta el resumen del consumo mensual de energía eléctrica del hospital y se obtiene un factor de potencia promedio de 0.92 por lo que existe penalización, en consecuencia, la propuesta está encaminada a mejorar la calidad de energía con el fin de no disminuir la vida útil de los conductores y las maquinas eléctricas.

#### 3.3.2 Análisis de la implementación de filtro para armónicos.

Una vez diseñado todos los filtros pasivos de sintonía única, para validar la hipótesis se realiza la simulación de uno de ellos con el fin de observar su funcionamiento. Esto se realiza gracias al software de libre acceso PSCAD que permite la simulación de circuitos eléctricos de potencia.

Con la simulación se pretende observar las formas de onda de las señales de corriente antes y después de la instalación de los filtros, también se busca que la simulación permita el

comportamiento de los armónicos estén lo más apegado a los valores medidos. Para lo cual se coloca fuentes de corrientes en paralelo con los valores de las armónicas.

A continuación, en la Figura 47 se muestra el entorno del programa con la simulación del filtro de sintonía simple para atenuar la línea 1.

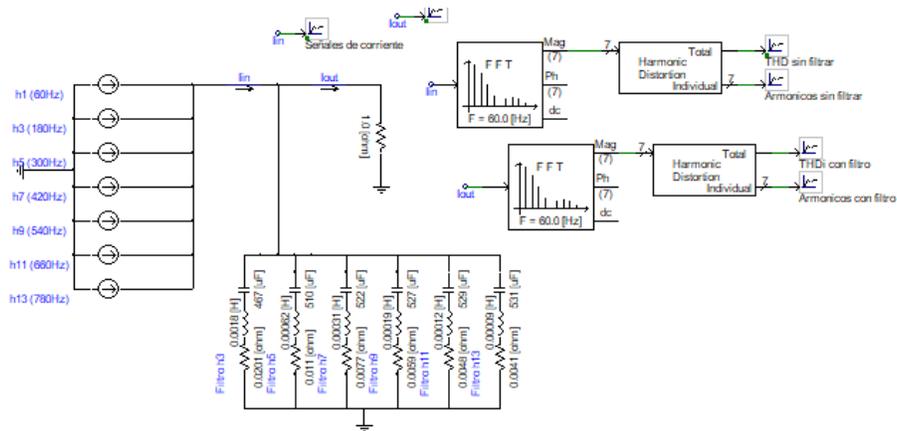


Fig. 47 Simulación del filtro en PSCAD  
Fuente: Elaborado por el autor

Una vez formado el circuito se procedió a calcular los valores de THDi de los armónicos impares tomados para el análisis para comparar con los valores de la simulación, obteniendo los valores presentes en la Tabla 3.14.

TABLA 3. 14. Valores de THDi en el tablero STDE

Línea	THDi medido	THDi simulado
Línea 1	79,18	85,57
Línea 2	20,47	23,42
Línea 3	30,2	35,54

Fuente: Elaborado por el autor

Con los valores que se observa en la tabla anterior se puede determinar que los valores simulados no están muy separados de los valores medidos. La Figura 48 muestra la magnitud del THDi en la Línea 1 del tablero STDE.

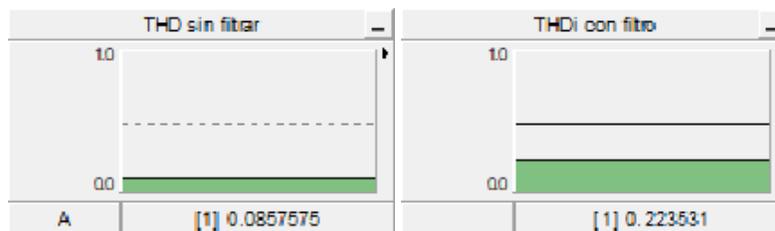


Fig. 48 Valores de THDi sin filtro y con filtro.  
Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede observar con la Figura anterior con la implementación del filtro diseñado para la línea 1, se reduce notablemente el THDi de un 85,57% a un 22,35%, por lo que se puede ultimar que el filtro diseñado operará correctamente. En la Tabla 3.15 se presenta los valores obtenidos en la simulación.

TABLA 3. 15. Valores de THDi con filtro vs sin filtro

Línea	Con filtro	Sin filtro
Línea 1	22,35	85,57
Línea 2	10,64	23,42
Línea 3	15,32	35,54

Fuente: Elaborado por el autor

Finalmente se presenta en la Figura 49 se puede observar la forma de onda de la corriente con todas las armónicas.

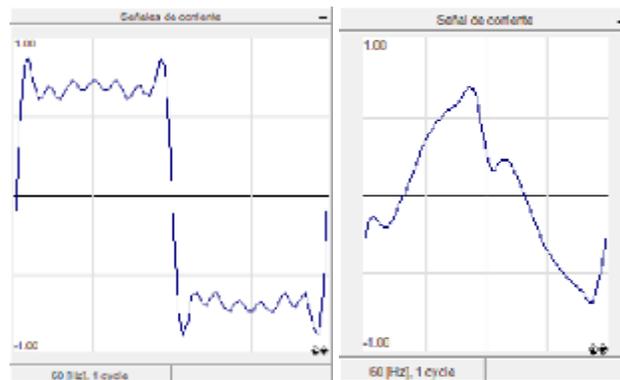


Fig. 49 Señal de corriente con filtro y sin filtro en la línea 1.

Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede observar la figura anterior la forma de onda se encuentra muy distorsionada a causa de los armónicos mostrados anteriormente, además se puede observar el comportamiento del sistema con la implementación de los filtros calculados.

- Ahorro de energía por la implementación.

Con la implementación de este tipo de filtros es posible también corregir el Fp en caso que sea necesario, por esta razón para el análisis de las pérdidas se toma como referencia el cálculo de los reactivos necesarios para compensar el sistema. Por lo tanto, las pérdidas en el sistema están dadas por el efecto Joule y en la Tabla 3.16 se resume dichos cálculos.

TABLA 3. 16 Cálculo del ahorro de energía por la implementación de la propuesta

Tablero	Conductor	Longitud	Resistencia conductor	Resistencia total	Corriente I1	Corriente I2	Perdidas P1	Perdidas P2	Reducción de pérdidas	Ahorro de energía	Ahorro de energía
	AWG	km	$\Omega/\text{km}$	$\Omega$	A	A	W	W	W	kWh/mes	kWh/año
STDN	2x250	0,05	0,16	0,01	49,25	42,51	52,72	39,28	13,44	6,72	80,65
STDE	2x250	0,05	0,16	0,01	51,52	50,44	57,70	55,30	2,40	1,20	14,42
<b>Total</b>									<b>15,85</b>	<b>7,92</b>	<b>95,08</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Se estima que con la implementación de la propuesta se obtendrá una reducción de pérdidas de 4,75kWh al mes y un ahorro de 57,05 kWh al año.

### 3.3.3 Análisis de la implementación de tubos LED.

Para el análisis se toma en cuenta el cuadro de luminarias utilizadas por el hospital detallado en capítulos anteriores. Como se mencionó anteriormente no existe información exacta del tipo de balastos que utiliza cada luminaria de la institución por lo que se hará la comparación del consumo de las luminarias con balastro electromagnético, con balastro electrónico y por sustitución por tubos led, teniendo en cuenta un consumo del 25% más para un balastro electromagnético y un 15% para un balastro electrónico, para esto se presenta la Tabla 2.17.

TABLA 3. 17 Consumo balastro electromagnético vs electrónico

Descripción	Cantidad	Potencia con balastro electromagnético en (W)	Potencia con balastro electrónico en (W)	Energía con balastro electromagnético en (kWh)	Energía con balastro electrónico en (kWh)
Pantalla 60x120 2xT8 32W	506	45540	37444	546,48	449,328
Pantalla 30x120 2xT8 40 W	24	2400	2208	28,8	26,496
<b>Total</b>	<b>530</b>	<b>47940</b>	<b>39652</b>	<b>575,28</b>	<b>475,824</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede observar en la tabla anterior existe una notable reducción del consumo con los 2 tipos de balastos, teniendo como resultado un menor consumo la implementación de balastos electrónicos. Para conocer el ahorro por la implementación de nuevas tecnologías en iluminación con respecto a las anteriores analizadas se presenta la Tabla 2.18.

TABLA 3. 18 Consumo balastro electrónico vs tecnología LED

Descripción	Cantidad	Potencia con balastro electromagnético en (W)	Potencia con balastro electrónico en (W)	Energía con balastro electromagnético en (kWh)	Energía con balastro electrónico en (kWh)
Lampara fluorescente (2x32W)	506	44,528	40,48	7128,88	6480,8
Lampara fluorescente (2x40W)	26	4,68	2,392	254	233,68
<b>Total</b>	<b>532</b>	<b>49,208</b>	<b>42,872</b>	<b>7382,88</b>	<b>6714,48</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Como se mencionó anteriormente para la instalación de tubos fluorescentes es necesario la instalación de aditivos para su funcionamiento y a consecuencia el aumento en un 15-25% de su potencia, en el caso de tubos LED se añade 1W por el driver interno a su consumo como muestra la Tabla 3.19.

TABLA 3. 19 Ahorro potencial por implementación de tecnología LED

Tipo de Luminaria	Cantidad	Potencia con balastro electrónico en (kW)	Potencia con tecnología LED en (kW)	Kilowatts ahorrados	Porcentaje de ahorro
Pantalla 60x120 2xT8 32W	506	40,48	19,228	21,252	52,5
Pantalla 30x120 2xT8 40 W	26	2,392	1,04	1,352	56,52
Total	532	42,872	20,268	22,604	52,72

Fuente: Elaborado por el autor

La instalación de tubos LED en remplazo de tubos fluorescentes supone un ahorro del 52% de potencia eléctrica por parte de luminarias en el hospital, si se hiciera la sustitución por tubos LED recomendados en el párrafo anterior.

En el caso de ahorro económico existen dos tarifas para el análisis de acuerdo a su valor por kWh, en la distribución de áreas detallado en el capítulo anterior se determinó que la planta baja es utilizada para la administración y en el primer piso se desarrolla actividades de hospitalización, en consecuencia, se divide las luminarias en el primer piso para en análisis con la tarifa de 18:00-22:00 y las luminarias de la planta baja con la tarifa de 22:00-18:00, obteniendo los siguientes resultados.

TABLA 3. 20 Pago mensual de energía eléctrica mensual por cubio de tecnología

Ubicación	Cantidad	Energía con balastro electrónico		Energía con tecnología LED	
		(kWh)	USD	(kWh)	USD
Planta baja	276	3070,88	165,82	1458,06	78,73
Primer piso	230	3412	221,78	1620,32	105,32
Total	506	6482,88	387,60	3078,38	184,06

Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede observar existe evidente disminución del consumo eléctrico por la implementación de la propuesta obteniendo una reducción de \$194 mensuales, para el análisis de la viabilidad de la propuesta se hace la comparación con el valor de la implementación de la propuesta para conocer el tiempo de retorno de dicha inversión con la siguiente ecuación.

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\text{Inversión realizada USD}}{\text{Ahorro total} \frac{\text{USD}}{\text{Año}}}$$

Obteniendo los resultados presentes en la Tabla 2.21.

TABLA 3. 21 Ahorro potencial por implementación de tecnología LED

Tipo de lámpara	Ahorro mensual (USD)	Ahorro por año (USD)	# de Tubos LED	Valor por Unidad (USD)	Inversión (USD)	Periodo de retorno (Años)
Tubo LED T8 18W	194	2328	1012	2,83	3066,76	1,3
Tubo LED T5 18W			52	3,9		

Fuente: Elaborado por el autor

Teniendo en cuenta que se tiene la infraestructura física y que la instalación se realiza por el personal de mantenimiento, solamente se calcula el valor de los tubos LED obteniendo un retorno de la inversión en un tiempo aproximado de 1 año 4 meses por lo que se concluye que el proyecto es viable.

### 3.3.4 Análisis de la implementación de sensores de presencia.

En la planta baja existen 3 bodegas y un pasillo donde se encuentran los tableros de distribución a los que se podría instalar estos sensores de presencia, estas áreas constan de 4 focos cada uno. Si los sensores proporcionan un ahorro de energía entre el 80% en la noche y 60% en el día, el ahorro energético se presenta en la Tabla 2.22.

TABLA 3. 22 Consumo de energía mensual con la instalación de sensores

Tipo de Luminaria	Cantidad	Potencia (kW)	Horas al mes	Energía consumida		Ahorro 60%	
				(kWh)	USD	(kWh)	USD
Foco Ahorrador 20 W	16	0,32	240	76,8	4,1472	46,08	2,48

Fuente: Elaborado por el autor

Evidentemente existirá un ahorro de energía con la implementación de los sensores. En la Tabla 3.23 se presenta el análisis del tiempo de retorno por la implementación de la propuesta.

TABLA 3. 23 Ahorro potencial por implementación de sensores.

Tipo de lámpara	Ahorro mensual (USD)	Ahorro por año (USD)	# de sensores	Valor por unidad (USD)	Inversión (USD)	Periodo de retorno (Años)
Foco Ahorrador 20 W	3,32	39,81	4	10	40	1,00

Fuente: Elaborado por el autor

Teniendo en cuenta que la instalación será por parte del personal de mantenimiento se obtiene que la inversión se recuperaría en el periodo de un año.

### 3.3.5 Resumen de las propuestas planteadas.

Las propuestas planteadas están encaminadas a dar solución a los problemas eléctricos del hospital y también se busca el ahorro energético eléctrico, para finalizar en la Tabla 3.24 se presenta el resumen de las propuestas planteadas con los beneficios posibles.

TABLA 3. 24 Resumen de las propuestas planteadas

Promedio consumo mensual		21241,67 kWh			
Costo mensual por energía eléctrica		1382,69 USD			
Propuesta	Energía ahorrada	Energía ahorrada	USD ahorrados	% de ahorro de energía	Observaciones
	kWh/mes	kWh/año	año	mes	
Filtros para armónicos	7,92	95,08	6,18	0,04	No viable
Compensación del Fp.	5,13	12,66	0,82	0,02	No viable
Sustitución por luminarias LED	3078,38	36940,56	2208,72	14,49	Viable
Instalación de sensores de movimiento	46,08	552,96	39,81	0,22	Viable
<b>Total</b>	<b>3137,51</b>	<b>37601,26</b>	<b>2255,5329</b>	<b>14,77</b>	

Fuente: Elaborado por el autor

Con la implementación de las propuestas se obtiene un ahorro mensual de energía eléctrica de 14,77%, teniendo como mejor propuesta la sustitución de tubos fluorescentes con el mayor porcentaje de ahorro.

## CONCLUSIONES

- Debido a todos los factores que engloban su consumo de energía eléctrica y a la necesidad de prestar un servicio constante, los hospitales son catalogados como instituciones que aportan en gran medida a la eficiencia energética y con la aplicación de una auditoria es posible evaluar los niveles de ahorro, la correcta operación y el confort de sus instalaciones, favoreciendo a la eficiencia energética y a la preservación del medio ambiente.
- En la primera fase de la auditoria se evidenció que el sistema eléctrico del hospital presenta falta de mantenimiento y nula asesoría técnica para su crecimiento, ocasionado que sus instalaciones eléctricas actualmente presenten un crecimiento desordenado e inseguro, presentado riesgo para las personas que hace uso de ellas y afectando al uso eficiente de la energía eléctrica.
- Con el levantamiento de cargas realizado por medio de la recolección de datos, se logró clasificar los equipos que consumen energía eléctrica de acuerdo al servicio que presta, obteniendo como resultado, el 16,76% del consumo eléctrico para equipos de calor y frio, el 27,54% maquinas eléctricas, 12,95% equipos médicos 17,05% equipos electrónicos y el 25,72 el sistema de iluminación.
- El análisis del consumo de energía del hospital permitió establecer que el hospital está asociado a la tarifa aplicada a consumidores de la categoría general de asistencia social y beneficio público en media tensión, la cual está regida por 3 horarios de registro de energía y demanda, con un promedio mensual del consumo de energía de 21241,67 kWh, un consumo anual de 254900kWh, un promedio mensual de energía reactiva de 8300kVARh y un promedio de factor de potencia de 0.93.
- Las mediciones de calidad de energía en los 2 transformadores muestran que el transformador de 75 kVA, no presenta problemas eléctricos y su consumo de energía es relativamente bajo; en cambio el transformador de 500kVA abastece el 99% del consumo eléctrico del hospital, presentando problemas de calidad de energía como problemas de armónicos con un THDi mayor en la línea 3 de 19,98%, desbalance de cargas entre L1-L2 de 11,65% y elevadas corrientes en el neutro llegando a superar el 45% de sus líneas.
- El diagnóstico del sistema de iluminación, permitió comparar los niveles de iluminación de algunas áreas de referencias del hospital con los niveles mínimos establecidos en la norma UNE-EN 12464, obteniendo como resultado niveles por debajo de niveles de iluminación en la mayoría de áreas de referencia; las áreas que cumplen esta normativa son las habitaciones de hospitalización y las áreas restantes incumplen dicha normativa.

Estos valores son a consecuencia de un bajo o nulo mantenimiento que se da a las luminarias.

- La propuesta de eficiencia energética se basa en los resultados obtenidos en la auditoría eléctrica aplicada al hospital San Luis de Otavalo y se encamina en la reducción de problemas que afectan a la calidad de energía como, solución de armónicos, factor de potencia y la sustitución de equipos ineficientes como remplazo de tubos fluorescentes por tubos LED
- La corrección del factor de potencia es una opción muy importante para contribuir a la eficiencia energética, con el análisis del consumo eléctrico mensual se obtuvo un valor promedio de 0,93 que no incumple la regulación del CONELEC que establece un valor mínimo de 0,92, sin embargo, se realizó mediciones con el analizador de redes para determinar tableros incumplan esta normativa teniendo como resultado un bajo factor de potencia en los tableros TN-2M, TE-2M con valores promedio de 0,32 y 0,64 respectivamente y con la implementación de la propuesta se estima la compensación a 0,95.
- Otro factor que contribuye a la eficiencia energética es la disminución de la presencia de armónicos en el sistema eléctrico y de la misma manera se realizó mediciones en los tableros que abarcan las cargas no lineales causantes de este fenómeno, obteniendo como valor preponderante las armónicas de 3er 5to orden con un valor de THDi de 79% en la línea 1 y con la implementación de la propuesta (filtros pasivos) se estima la reducción a un 20%.
- Las propuestas relacionadas con el sistema de iluminación presentan el mayor aporte a la eficiencia energética, el remplazo de tubos fluorescentes por tubos LED, establece la reducción del 52% de su potencia instalada correspondiente al sistema de iluminación con un ahorro de energía eléctrica mensual de 3404,5 kWh y la instalación de sensores de movimiento en áreas de poca circulación permitirán un ahorro de energía innecesaria.
- La implementación de las propuestas planteadas permitirá un ahorro energético mensual cercano a 3137,51 kWh y un ahorro anual de energía aproximado de 37601,26 con un ahorro monetario anual de alrededor de 2255,53 USD, que si se logra obtener este beneficio se puede invertir los recursos ahorrados en proyectos de mejora del sistema eléctrico.

## RECOMENDACIONES

- Es necesario llevar la contabilidad de la información energética de los servicios prestados por el hospital, esto se puede realizar mediante la medición y digitalización de los datos eléctricos, con el fin de obtener una base de datos del consumo eléctrico en los tableros principales para futuros estudios energéticos.
- Se recomienda estructurar un plan de mantenimiento para el sistema eléctrico de la institución que abarque al sistema de iluminación y circuitos de cargas, ya que se evidenció que este no se ha realizado con frecuencia derivando en niveles de iluminación bajos e instalaciones inseguras.
- Realizar la distribución de cargas eléctricas equitativamente con las 3 líneas del sistema eléctrico para evitar desbalance de corrientes para reducir pérdidas por producidas por sobre corrientes en el neutro que puedan ocasionar problemas en los equipos del hospital.
- Para obtener una mejor distribución de las instalaciones eléctricas dentro del hospital se recomienda realizar un rediseño tanto el sistema de iluminación, teniendo en cuenta la instalación nuevas cargas al sistema eléctrico y los niveles de iluminación requeridos.
- Crear campañas para concientizar sobre el uso racional de la energía eléctrica en las cuales intervengan el personal administrativo y personal médico del hospital, ya que una apropiada cultura de ahorro conlleva a grandes beneficios al momento de reducir costos por facturación eléctrica.
- Se tendrá que evaluar el comportamiento del transformador, con el fin de conocer las pérdidas que presenta por la sub utilización a la que está sometido.

## REFERENCIAS

- AChEE, Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (S/A). Manual de Gestor en Eficiencia Energética - Sector Hospitalario. In A. C. d. E. Energética (Ed.). Providencia.
- AEC, Agencia Española para la Calidad. (2018). Auditoria Energética. Retrieved from <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/auditoria-energetica>
- AENOR, Asociación Española de normalización y certificación. (2018). Cómo adaptarse a la nueva ISO 50001. Retrieved from [https://revista.aenor.com/341/como-adaptarse-a-la-nueva-iso-50001.html?utm\\_medium=EMAIL&utm\\_source=ES\\_AENOR&utm\\_campaign=A26102018065016](https://revista.aenor.com/341/como-adaptarse-a-la-nueva-iso-50001.html?utm_medium=EMAIL&utm_source=ES_AENOR&utm_campaign=A26102018065016)
- Aguilar Romero, C. W. (2012). Auditoría energética en el Hospital Julius DOEPFNER de la ciudad de Zamora.
- Alam, M., & Gain, M. (2014). Power Quality Problems and Solutions: An Overview. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(10).
- Albornoz, E. (2014). *Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía* Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Retrieved from <https://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Gui%CC%81a-Pra%CC%81ctica-para-Sistemas-de-Gestio%CC%81n-de-la-Energi%CC%81a.pdf>
- Albuja, L. A., & Soria, P. D. (2017). *Elaboración de un sistema de gestión energética para el hospital Baca Ortiz de Quito, según normativa INEN NTE ISO 50001*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18844>
- Almeida, A., Moreira, L., & Delgado, J. (2003). *Power Quality Problems and New Solutions*. Retrieved from <http://www.icrepq.com/pdfs/PL4.ALMEIDA.pdf>
- Almeida, A. E. (2016). Guía práctica para el uso eficiente de la energía eléctrica en el Ecuador. *Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética*, 113.
- Almendra, A., Miranda, A., & Luis Peralta, L. (2014). *Auditoría energética a edificios laborales de la SEZGO-CFE en México*. Retrieved from Veracruz:
- ARCONEL, Agencia de Regulación y Control de Energía. (Enero – Diciembre 2019). Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución. In.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (16-ene.-2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Artículo 74. Quito.
- AEC, Asociación Española para la Calidad, A. (2018). Auditoria energética. Retrieved from [www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/auditoria-energetica](http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/auditoria-energetica)
- Bonilla Silva, R. A., & Quinatoa, L. (2017). Auditoría energética del Hospital Básico Latacunga propuesta de mejoras para obtener un eficiente uso energético.
- Briano, J., Báez, M., & Morales, R. (2016). *Eficiencia energética en Ecuador. Identificación de oportunidades*. Dirección de Análisis y Estrategia de Energía (DAEE). . Corporación Andina de Fomento. Caracas. Retrieved from <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/977>
- Bueno Muñoz, H. A., & Fajardo Muzo, M. V. (2013). Diseño y construcción de un filtro activo para la eliminación de armónicos en una red bifásica residencial.

- Cabeza, M. A., Cabeza, M. E., & Corredor, E. (2008). Evaluación de la iluminación en los puestos de trabajo de una empresa petrolera. *Visión Gerencial*(1), 33-44.
- Cadavid, D. R., & Gallego, L. F. (2003). ARMÓNICOS Y PROBLEMAS DE "POWER QUALITY" EN EL CONDUCTOR DE NEUTRO DE SISTEMAS TRIFÁSICOS. *Scientia et Technica*, 2(22), 19-24.
- Cañizares-Pentón, G., Rivero-Aragón, M. F., Pérez-Bermúdez, R. A., & González-Suárez, E. (2014). La gestión energética y su impacto en el sector industrial de la provincia de Villa Clara, Cuba. *Tecnología Química*, 34, 11-23.
- Cisneros, J. (2014). *Guía para la aplicación de sistemas de gestión energética orientado a la energía eléctrica, basado en la norma ISO 50001*. (Tesis Ingeniera Eléctrica ). EPN, Quito. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7749>
- Clavijo Flores, F. G. (2015). Análisis de factibilidad para la compensación de reactivo en función del mínimo de pérdidas en redes de distribución.
- Constitución de la República del Ecuador, C. (2008). *Biodiversidad y recursos naturales*. Artículo 413-414. Montecristi. Retrieved from Decreto Legislativo
- Fluke-Corporation, F. (2019). Fluke 1742, 1746 and 1748 Three-Phase Power Quality Loggers. Retrieved from <https://www.fluke.com/en/product/electrical-testing/power-quality/1742-1746-1748>
- Crawford, V. (2014). *Access to modern energy services for health facilities in resource-constrained settings*. Retrieved from
- De la Cruz-Lovera, C., Perea-Moreno, A., De la Cruz-Fernández, J., Alvarez-Bermejo, J. A., & Manzano-Agugliaro, F. (2017). Worldwide Research on Energy Efficiency and Sustainability in Public Buildings. *Sustainability*. doi:<https://doi.org/10.3390/su9081294>
- Eccleston, C. H., March, F., & Cohen, T. (2011). *Inside energy: Developing and managing an ISO 50001 energy management system*. CRC Press.
- Echavarría, R., & Berber, E. (2009). Reguladores rápidos de tensión. *RIEE&C Revista de ingeniería eléctrica, electrónica y computación*. Vol 6 no, 1, 8-15.
- Eras, A. (2016). *Guía práctica para el uso eficiente de la energía eléctrica en el Ecuador*. Publicación. Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética. Quito. Retrieved from <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/EQU/Guide%20for%20the%20Efficient%20Use%20of%20Electric%20Power%20in%20Ecuador-.pdf>
- Esparza González, M. S., Mata Guerrero, J. A., & Castañeda Ramos, L. A. (2006). Las cargas no Lineales, su Repercusión en las Instalaciones Eléctricas y sus Soluciones. *Conciencia Tecnológica*(32).
- Fenercom. (2010). *Guía de Ahorro y eficiencia energética en Hospitales*. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. Madrid. Retrieved from <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Ahorro-y-Eficiencia-Energetica-en-Hospitales-fenercom-2010.pdf>
- Flores, Z. (2008). *Factores que afectan a la Calidad de Energía y su Solución*. Retrieved from Mexico, D.F:
- Freire, D., & Vergara, C. (2010). *Análisis de la calidad de energía en los edificios utilizados por el hospital León Becerra*. Retrieved from Guayaquil:

- García-Sanz-Calcedo, J. (2014). Analysis on energy efficiency in healthcare buildings. *J Healthc Eng*, 5(3), 361-373. doi:10.1260/2040-2295.5.3.361
- Girini, R. G., López, G. R., & Fernández, J. F. (2012). Metodologías para auditorías energéticas en edificios. *Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*.
- González, R., & Trajano, J. (2015). *Estudio y análisis de eficiencia energética en los principales sistemas energéticos del Hospital Homero Castanier Crespo: Sistema eléctrico*. (Magister en Energías Renovables ). ESPE, Sangolquí.
- Gordo, E., Campos, A., & Coelho, D. (2015). *Energy Efficiency in a Hospital Building Case Study: Hospitais da Universidade de Coimbra*. Retrieved from
- Guamán, S., & Huilca, J. (2017.). *Auditoría eléctrica en el Hospital de Especialidades de las Fuerzas Armadas N.1.* ( Ingeniería Eléctrica (IE) Tesis Ingeniería Eléctrica (IE)). Escuela Politecnica Nacional, Quito. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17260> (CD-7764)
- Hiler, K., & Lozada, D. (2018). *Análisis de la Calidad de Energía Eléctrica en la Industria Alimenticia Agrovanic S.A.* Retrieved from Guayaquil:
- Hirzel, S., Nabitz, L., Wohlfarth, K., Rohde, C., Behling, I., Clarke, D., . . . Turner, R. (2016). *A Study on Energy Efficiency in Enterprises: Energy Audits and Energy Management Systems*. Paper presented at the Energy policies , Building operation, monitoring, energy management , Inspection, Pan European. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/EED-Art8-Implementation-Study\\_Task12\\_Report\\_FINAL-approved.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/EED-Art8-Implementation-Study_Task12_Report_FINAL-approved.pdf)
- Hoeven, M. v. d. (2015). *Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas*. Publicación. Agencia Internacional de Energía. Paris. Retrieved from [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IndicadoresdeEficienciaEnerg%C3%A9tica\\_FundamentosEstad%C3%ADsticos.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IndicadoresdeEficienciaEnerg%C3%A9tica_FundamentosEstad%C3%ADsticos.pdf)
- Hospitecna. (2019). Caso practico: Hospitales 100% LED. Retrieved from <https://hospitecna.com/instalaciones/caso-practico-hospitales-100-led/>
- Hualla, T., Paul, J., & Mostajo Sotomayor, A. M. (2017). Estudio de la eficiencia energética en los sistemas hospitalarios de Salud-Hospital II Ayaviri.
- IDAE, Intituto para la Diversificaión y Ahorro de la Energía. (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria*. Retrieved from Madrid:
- INER. (2018). Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.Los ODS, la eficiencia energética y las energías renovables. *INER*, 6, 64.
- ITC, Intituto Técnico las Canarias. (2004). Guía metodológica para la realización de auditorias energéticas en edificios e instalaciones. *Proyecto AQUAMAC*. Retrieved from [http://www.agenergia.org/wp-content/uploads/2018/05/1228906993\\_Guia\\_auditorias\\_EnergEdificiosAQUAMAC.pdf](http://www.agenergia.org/wp-content/uploads/2018/05/1228906993_Guia_auditorias_EnergEdificiosAQUAMAC.pdf)
- Johnson, D. O., & Hassan, K. A. (2016). Issues of Power Quality in Electrical Systems. *International Journal of Energy and Power Engineering*, 5(4), 148-154.
- Juan, L. (2017). *Criterios para la realización de una Auditoría Energética en usuarios Oficiales, Comerciales Y Residenciales de Colombia*. Retrieved from Manizales:

- Laszlo, C., & Sroufe, R. (2015). *ISO 50001 Energy Management Systems*. Retrieved from New York, NY:
- Lugmaña, G. (2014). Anuario de Estadísticas Hospitalarias Camas y Egresos 2014. In *DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS SOCIDEMOGRÁFICAS*.
- Löhr, W., Serrano, N., & Zamorano, A. (2009). *Eficiencia Energética en Hospitales Públicos*. Comisión Nacional de Energía. GTZ. Santiago de Chile. Retrieved from [https://energypedia.info/images/f/fd/Eficiencia\\_energetica\\_en\\_hospitales\\_publicos\\_GTZ.pdf](https://energypedia.info/images/f/fd/Eficiencia_energetica_en_hospitales_publicos_GTZ.pdf)
- MEER. (2013). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovables. Plan Maestro de Electrificación 2013-2022*. CONELEC. Quito. Retrieved from <https://www.energia.gob.ec/plan-maestro-de-electrificacion/>
- MEER. (2017). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovables. Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador 2016 -2035*. Eficiencia Energética del Ecuador. Quito. Retrieved from [https://www.celec.gob.ec/hidroaqoyan/images/PLANEE\\_ESPANOL/PLANEERmaquetadigitalflip\\_2017-05-17\\_17-10-53.html](https://www.celec.gob.ec/hidroaqoyan/images/PLANEE_ESPANOL/PLANEERmaquetadigitalflip_2017-05-17_17-10-53.html)
- Padró, D., & Morales, S. (2011). *Alternativas para el mejoramiento de la gestión energética del Hospital Santa Clara E.S.E Bogotá*. UNIVERSIDAD DE LA SALLE, BOGOTÁ, D. C. – COLOMBIA. Retrieved from <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/2447/T94.11%20P124a.pdf?sequence=1>
- Parrales, J., & Flores, A. (2015). *Auditoría y propuesta de mejora a las instalaciones eléctricas de la universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10280>
- Pedrajas, L. (2017). *Auditoría Energética de un Hospital*. (Tesis de Maestría). Universidad de Madrid, Madrid. Retrieved from <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/144874/retrieve>
- Peláez, M., & Espinoza, L. (2015). Eficiencia energética y ahorro de energía en el Ecuador. *Energías Renovables en el Ecuador - Situación Actual tendencias y perspectivas*, V, 255.
- Páez, N. (S/A). *Eficiencia Energética en Hospitales y Puertos*. Coordinador de Maestría Energías Renovables Grupo de investigación en energías renovables y eficiencia energética. ESPE.
- Ramos, R. (2003). *Elaboración de una metodología para la normalización de los estudios de calidad de la potencia eléctrica*. Retrieved from
- Ramírez Castaño, S., & Cano Plata, E. A. (2006). Calidad del Servicio de energía eléctrica. In: Universidad Nacional de Colombia.
- Ramírez, J. (2005). *Procedimientos para realizar auditorías eléctricas, Caso: ONG Plan Internacional - Piura*. (Licenciado en Ingeniería Mecánico-Eléctrica). Universidad de Piura, Perú. Retrieved from <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1444>
- Reva, D. (2015). *Generalidades de la norma ISO 50001*. Paper presented at the Taller de capacitación para el trabajo Escuela de Bachilleres "Enrique Laubscher". <https://www.slideshare.net/DavidReva/generalidades-de-la-norma-iso-50001>

- Rueda, P. (2016). Auditoría energética del Hospital Metropolitano de Quito. Trabajo de titulación de la Maestría en Energía Renovables y Sostenibilidad Energética. *Universidad de Barcelona*.
- Ruiz-Duarte, J. L., Taddei-Arriola, P. D., Retes-Arballo, J. A., & Taddei-Bringas, J. L. (2016). Hacia la eficiencia energética en una empresa manufacturera del sector electrónico: Una propuesta metodológica. *Produção em Foco*, 6(1).
- Ríos, R., & Quintana, S. (2014). *Incidencias de Cargas No Lineales en Transformadores de Distribución*. Retrieved from Asunción:
- Salazar, D., & Cifuentes, J. (S/A). *Eficiencia Energética en Hospitales*. Retrieved from <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4710/1/Eficiencia%20Energ%C3%A9tica%20en%20Hospitales.pdf>
- Salazar Monroy, J. A. Evaluación del proyecto de iluminación en el Hospital regional San Rafael de Fusagasugá.
- Salud sin Daño, A. L. (2018). Agenda para la implementacion de la eficiencia energética y la generación de energías limpias renovables. Retrieved from <https://www.hospitalesporlasaludambiental.net/energia/>
- Seymour, J., & Horsley, T. (2005). Los siete tipos de problemas en el suministro eléctrico. *APC Legendary Reliability*.
- Sultana, G., & U., H. H. (2015). *Electrical Energy Audit a Case Study*.
- Teke, A., & Timur, O. (2014). *Overview of Energy Savings and Efficiency Strategies at the Hospitals*. Paper presented at the International Journal of Economics and Management Engineering.
- Vintimilla , V., & Paladines, R. (2012). *Auditoría eléctrica a la Fábrica de Cartones Nacionales CARTOPEL*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1924>
- Vourdoubas, J. (2018). *Energy Consumption and Carbon Emissions in Venizelio Hospital in Crete, Greece: can it be Carbon Neutral?*
- Vázquez, R. (2013). Introducción a la norma ISO 50001 y ejemplo de aplicación. In.
- Yong, L. (2014). *Guia Practica para Sistemas de Gestion de la Energia*. Publicación. Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial Retrieved from <https://open.unido.org/api/documents/4676845/download/Gu%C3%ADa%20Pr%C3%A1ctica%20para%20la%20Implementaci%C3%B3n%20de%20un%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20Energ%C3%ADa>
- Zelaya , M. R. (2015). *Manual para la Preparación de Auditorías Energéticas y Evaluación Financiera de Proyectos de Eficiencia Energética*.
- Álvarez Villegas, A. Z., & Victoriano Gutiérrez, A. (2016). Análisis de parámetros de calidad de la energía a un sistema de producción farmacéutico.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Niveles de iluminación en establecimientos sanitarios.

Tarea o Actividad	Em lux	UGRL	Ra	
<b>SALAS PARA USO GENERAL</b>				
Oficina personal	400	19	80	Todas las iluminaciones a nivel del suelo
Salas de espera y Pasillos	200	33	80	
Pasillos durante la noche	50	22	80	
Salas de personal	300	19	80	
<b>SALAS DE GUARDIA Y MATERNIDAD</b>				
Alumbrado de lectura	300	19	80	Deben impedirse luminancia demasiado elevadas en el campo de acción de los pacientes
Alumbrado general	100	22	80	
Exámenes simples	300	19	90	
Exámenes y tratamientos	1000	19	90	Iluminancia al nivel del suelo
Cuartos de baño y servicios	200	33	80	
<b>SALAS DE EXAMEN</b>				
Alumbrado general	500	19	90	
Examen y tratamiento	1000	19	90	
Examen ocular externo	1000	-	90	
Examen auditivo	100	19	90	
<b>SALAS DE SCANNER</b>				
Alumbrado general	300	19	80	
Examen y tratamiento	1000	19	80	
<b>SALAS DE PARTO</b>				
Alumbrado general	300	19	80	
Examen y tratamiento	100	19	80	
<b>SALAS DE TRATAMIENTO</b>				
Diálisis	500	19	80	La iluminación debe ser controlable
Dermatología	500	19	80	
Salas de endoscopia	300	19	80	
Sala de yesos	500	19	80	
Masaje y radioterapia, baños médicos	300	19	80	
<b>AREAS DE OPERACIÓN</b>				
Salas preparatorias y de recuperación	500	19	90	Em 10000-100000 lux
Salas de operación	1000	19	90	
<b>UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS</b>				
Alumbrado general	100	19	90	A nivel del suelo
Exámenes simples	300	19	90	A nivel del suelo
Exámenes y tratamientos	1000	19	90	A nivel de la cama
Vigilancia nocturna	20	19	90	
<b>DENTISTA</b>				
Alumbrado general	500	19	90	El alumbrado debe estar libre de deslumbramiento para el paciente Pueden ser necesarios valores mayores a 5000 lux T <sub>cp</sub> ≥6000K
En el paciente	1000	-	90	
Quirófano	1000	-	90	
Emparejado del blanco dental	5000	-	90	
<b>LABORATORIOS Y FARMACIAS</b>				
Alumbrado general	500	19	80	
Inspección de colores	1000	19	90	
<b>SALAS DE DESCONTAMINACION</b>				
Salas de esterilización	300	22	80	
Salas de desinfección	300	22	80	
<b>SALAS DE AUTOPSIAS Y DEPOSITOS MORTUORIOS</b>				
Alumbrado general	500	19	90	Pueden ser necesarios valores mayores de 5.000 lux
Mesa de autopsia y desinfección	5000	-	90	

Fuente (Normativa UNE-EN 12464)

ANEXO 2. Línea en media tensión del HSLO

### ANEXO 3. Formularios y planillas de registro

#### DATOS GENERALES DE LA AMUNICIPALIDAD

Nombre Institucional: **Hospital San Luis de Otavalo** Fecha: **30/4/2019**  
 Dirección: **SUCRE-SUCRE** Área:   
 Número de camas: **79** Uso: **Hospital**  
 Número de especialidades: **8** Tipo: **Básico**  
 Denominación de los servicios prestados:

administración	área quirúrgica
emergencias	hospitalización
Unidad de apoyo diagnóstico y terapéuticos	

Descripción de los servicios prestados:

Horas available	Servicio prestado	Horas available	Servicio prestado
8	Dirección Hospitalaria	8	Odonatología
8	Departamento Radiología	8	Cardiología
8	Salud Bucal	8	Psiquiatría
8	Salud	8	Medicina Interna
8	Administración	8	Ortodoncia
8	Atención	8	Nefrología
8	Trabajo social	8	Neurología
8	Información	8	Podiatría
8	Salud de parto	8	Troncofisiología
8	Farmacología	8	Fisiología
8	Rayos X	8	Quirófano
24	Emergencias	24	Enfermería
		24	Hospitalización

#### SISTEMA ELÉCTRICO

Tipo de suministro: **Media tensión, Autoconsumo, demanda** Fecha: **30/4/2019**  
 Suministro: **60475-4** Centro de Transformación:   
 Transformadores asociados: **2** Capacidad: **500/75 kVA**  
 Procedimiento mensual de consumo:

Procedimiento del consumo mensual 0:00 - 18:00	8675,00
Procedimiento del consumo mensual 18:00 - 22:00	2330,00
Procedimiento del consumo mensual 22:00 - 0:00	30215,67

Procedimiento mensual de consumo energía reactiva:

Procedimiento del consumo mensual 00:00 - 24:00	8100
---	------

Procedimiento mensual de la demanda:

Procedimiento del consumo mensual 0:00 - 18:00	0,53
Procedimiento del consumo mensual 18:00 - 22:00	0,34
Procedimiento del consumo mensual 22:00 - 0:00	0,47

Procedimiento Factor de potencia:

Factor de potencia promedio	0,91
-----------------------------	------



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CARRERA DE ELECTRICIDAD  
IDENTIFICACION DE CIRCUITOS



Tablero	Circuito	Protección	Calibre entrada	Calibre salida	(A)	(B)	(C)	(VA)	(VB)	(VC)	Observaciones
TPN	TP	Disyuntor 3 polos - 1200A	4 x#500MCM, Tipo TW - cada fase	Barra de CU 20x5mm	Principal	Principal	Principal	124	126	124	
TPN	YTA	Disyuntor 3 polos - 600A	Barra de CU 20x5mm	3X250MCM, Tipo TW - cada fase	67,9	68,1	97,9	124	126	124	
TPN	STDN	Disyuntor 3 polos - 400A	Barra de CU 20x5mm	2X250MCM, Tipo TW - cada fase	34,2	40,2	35,1	124	126	124	
TPN	TN-2	Disyuntor 3 polos - 200A	Barra de CU 20x5mm	1X250MCM, Tipo TW - cada fase	0,5	1,7	04	124	126	124	
TPN	TAA-N	Disyuntor 3 polos - 100A	Barra de CU 20x5mm	---	---	---	---	---	---	---	Sin conexión a cargas
TPE	TPE	Disyuntor 3 polos - 600A	3X250MCM, Tipo TW - cada fase	Barra de CU 20x5mm	80,2	67,2	27	122	121	120	
TPE	STDE	Disyuntor 3 polos - 400A	Barra de CU 20x5mm	2X250MCM, Tipo TW - cada fase	87,2	48,9	49,8	122	121	120	
TPE	TE-2	Disyuntor 3 polos - 125A	Barra de CU 20x5mm	1X250MCM, Tipo TW - cada fase	34,7	29,3	25,6	122	121	120	
TPE	TAA-E	Disyuntor 3 polos - 100A	Barra de CU 20x5mm	---	---	---	---	---	---	---	Sin conexión a cargas
TTA	YTA	Disyuntor 3 polos - 600A	3X250MCM, Tipo TW - cada fase	Barra de CU 15x3mm	85	88,2	90,4	---	---	---	
TTA	TTA	Disyuntor 3 polos - 600A	Barra de CU 15x3mm	3X250MCM, Tipo TW - cada fase	---	---	---	212	212	212	Generador

Tablero Principal Normal TPN											
Protección	Disyuntor 3 polos - 1200A										
Alimentador	4 x#500MCM, Tipo TW - cada fase										
Tamaño	Rinnete										
Tipo	Trifásico										
Centro de carga	Protección	Voltajes (V)			Corriente (A)			Fp	Potencia Activa (W)		
		Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C				
TTA	3P-600A	124	126	124	67,9	68,1	97,9	0,92	26924,536		
STDN	3P-400A	124	126	124	34,2	40,2	35,2	0,92	12577,136		
TN-2	3P-200A	124	126	124	0,5	1,7	0,4	0,92	299,736		
TAA-N	3P-100A	124	126	124	0	0	0	0,92	0		

Tablero Principal Normal TPE											
Protección	Disyuntor 3 polos - 600A										
Alimentador	3x250MCM, Tipo TW - cada fase										
Tamaño	Rinnete										
Tipo	Trifásico										
Centro de carga	Protección	Voltajes (V)			Corriente (A)			Fp	Potencia Activa (W)		Alimentador
		Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C				
TPE	3P-600A	122	121	120	80,2	67,2	27	0,92	19463,152		
STDE	3P-400A	122	121	120	87,2	48,9	49,8	0,92	20728,796		
TE-2	3P-125A	122	121	120	34,7	29,3	25,6	0,92	9982,644		
TAA-E	3P-100A	122	121	120	0	0	0		0		

ANEXO 3. Diagrama unifilar del HSLO

ANEXO 5. Cámara de transformación del HSLO.

ANEXO 6. Resumen del consumo electrico mensual del hospital San Luis de Otavalo

Facturación del consumo de energía eléctrica																	
Periodo	Demanda en kW				Factor de corrección	Energía activa en kWh			Energía Reactiva (kVAr)	Factor de Potencia	Energía total (kWh)	Días Facturados	Demanda en USD	Energía en USD			Energía total USD
	8h00-18 h00	22h00-8h00	18h00 - 22h00	Facturada		8h00 - 18h00	18h00-22h00	22h00 - 8h00						8h00 - 18h00	18h00 - 22h00	22h00 - 8h00	
Mar - 18	66	37	31	66	0,6	8300	2200	9100	8800	0,91	19600	28	118,80	539,50	143,00	491,40	1294,11
Abr -18	52	52	34	52	0,65	9800	2600	11800	10400	0,92	24200	34	101,40	637,00	169,00	637,20	1546,01
May - 18	54	54	34	54	0,63	9100	2400	10100	9000	0,92	21600	30	102,06	591,50	156,00	545,40	1396,37
Jun - 18	51	40	33	51	0,65	9600	2400	11300	9700	0,92	23300	33	99,45	624,00	156,00	610,20	1491,06
Jul - 18	53	53	32	53	0,6	8600	2300	9600	8000	0,93	20500	31	95,40	559,00	149,50	518,40	1323,71
Ago - 18	46	20	0	46	0,6	8800	2400	11200	8900	0,93	22400	32	82,80	572,00	156,00	604,80	1417,01
Sep - 18	43	61	30	61	0,6	7600	2200	9000	7200	0,93	18800	29	109,80	494,00	143,00	486,00	1234,21
Oct - 18	44	55	32	55	0,6	8700	2400	9700	7400	0,94	20800	30	99,00	565,50	156,00	523,80	1345,71
Nov - 18	62	52	31	62	0,65	7700	2200	9600	7400	0,93	19500	31	120,90	500,50	143,00	518,40	1284,21
Dic - 18	45	34	32	45	0,71	8000	2200	9100	7300	0,94	19300	29	95,85	520,00	143,00	491,40	1251,66
Ene - 19	71	55	58	71	0,82	8600	2600	10900	7800	0,94	22100	33	174,66	559,00	169,00	588,60	1492,67
Feb - 19	70	54	56	70	0,74	9300	2300	11200	7700	0,95	22800	30	155,40	604,50	149,50	604,80	1515,61

Nota:

- Demanda facturada = demanda maxima registrada fuera del horas pico.
- Demanda pico = demanda registrada en el periodo de 18h00 – 22h00.
- Factor de corrección no puede ser mejor de 0,6, si es el caso sera el valor tomado sera en mencionado.

ANEXO 7. Inventario de carga en el hospital por equipos.

EQUIPOS DE ILUMINACION

Descripción	Cantidad	Ubicación	Carga instalada (W)	Carga Total (W)	Horas mes de uso	Consumo mensual
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	DIRECCION	0,064	0,128	120	15,36
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	1	RECEPCION	0,064	0,064	10	0,64
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	COORDINACION ENFERMERIA	0,064	0,128	100	12,8
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	3	PLANIFICACION	0,064	0,192	100	19,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	5	CONTABILIDAD	0,064	0,32	160	51,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	PASILLO DIRECCION	0,064	0,256	160	40,96
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	GESTION ADMINISTRATIVA	0,064	0,128	100	12,8
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	ARCHIVO 1	0,064	0,256	50	12,8
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	10	SALON MULTIPLE	0,064	0,64	50	32
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	3	PASILLO FISIOTERAPIA	0,064	0,192	160	30,72
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	FISIOTERAPIA	0,064	0,256	160	40,96
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	SALA SITUACIONAL	0,064	0,256	160	40,96
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	6	OFICINAS	0,064	0,384	120	46,08
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	6	ARCHIVO 2	0,064	0,384	50	19,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	6	INFORMACION Y RECEPCION	0,064	0,384	160	61,44
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	5	RECURSOS HUMANOS	0,064	0,32	160	51,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	5	ADMINISTRACION	0,064	0,32	160	51,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	TRABAJO SOCIAL	0,064	0,128	160	20,48
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	1	ATENCION AL USUARIO	0,064	0,064	160	10,24
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	5	PASILLO OFICINA	0,064	0,32	100	32
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	PASILLO INGRESO PRINCIPAL	0,064	0,256	160	40,96
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	1	INFORMACION	0,064	0,064	160	10,24
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	1	BAÑOS PRINCIPAL	0,064	0,064	20	1,28
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	3	MEDICINA INTERNA	0,064	0,192	120	23,04
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	CONSULTORIO TRAUMATOLOGIA	0,064	0,128	120	15,36
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	CONSULTA EXTERNA	0,064	0,256	120	30,72
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	MEDICINA INTERNA	0,064	0,256	120	30,72
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	CONSULTORIO MEDICINA INTERNA	0,064	0,128	120	15,36
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	1	HALL MEDICINA INTERNA	0,064	0,064	20	1,28
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	NUTRICION	0,064	0,256	160	40,96
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	9	FARMACIA	0,064	0,576	160	92,16
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	3	HALL FARMACIA	0,064	0,192	20	3,84
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	HALL NUTRICION	0,064	0,128	20	2,56
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	BODEGA	0,064	0,128	10	1,28
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	10	PASILLOS CONSULTAS	0,064	0,64	160	102,4
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	6	ODONTOLOGIA	0,064	0,384	120	46,08
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	17	LABORATORIOS	0,064	1,088	160	174,08
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	BACTERIOLOGICO	0,064	0,128	160	20,48
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	1	DIAGNOSTICO	0,064	0,064	160	10,24
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	ECOGRAFIA	0,064	0,128	160	20,48
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	7	UNIDAD DE RAYOS X	0,064	0,448	160	71,68
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	9	INGRESO EMERGENCIA	0,064	0,576	300	172,8
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	9	UNIDAD GINECOLOGIA	0,064	0,576	160	92,16
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	1	CONSULTORIO PEDIATRIA	0,064	0,064	160	10,24
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	1	CONSULTORIA MEDICINA	0,064	0,064	160	10,24
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	UNIDAD DE PARTOS	0,064	0,256	200	51,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	3	PASILLO PARTOS	0,064	0,192	160	30,72
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	5	PASILLO	0,064	0,32	160	51,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	13	UNIDAD DE QUIROFANOS	0,064	0,832	240	199,68

LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	15	UTILERIA QUIROFANOS	0,064	0,96	20	19,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	8	ESTERILIZADO	0,064	0,512	120	61,44
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	12	UNIDAD DE LAVADO	0,064	0,768	100	76,8
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	PASILLO	0,064	0,256	100	25,6
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	6	UNIDAD DE ARCHIVO	0,064	0,384	10	3,84
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	19	UNIDAD DE COCINA Y ALIMENTOS	0,064	1,216	200	243,2
<b>LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)</b>	<b>3</b>	<b>PASILLO</b>	<b>0,064</b>	<b>0,192</b>	<b>260</b>	<b>49,92</b>
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	26	HOSPITALIZACIÓN MEDICINA INTERNA	0,064	1,664	300	499,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	7	ENFERMERIA MEDICINA INTERNA	0,064	0,448	200	89,6
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	10	VESTIDORES	0,064	0,64	20	12,8
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	SALA DE REUNIONES	0,064	0,128	50	6,4
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	BAÑOS PRINCIPAL	0,064	0,256	20	5,12
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	13	PASILLOS HOSPITALIZACION MED	0,064	0,832	260	216,32
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	6	HOSPITALIZACIÓN TRAUMATOLOGIA	0,064	0,384	160	61,44
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	17	HOSPITALIZACION GINECOLOGIA	0,064	1,088	160	174,08
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	11	PASILLOS GINECOLOGIA	0,064	0,704	260	183,04
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	5	ESTACION ENFERMERIA	0,064	0,32	160	51,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	SALA DE RECIEN NACIDOS	0,064	0,256	160	40,96
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	3	PASILLO RECIEN NACIDOS	0,064	0,192	260	49,92
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	3	BAÑOS PRINCIPAL	0,064	0,192	20	3,84
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	14	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	0,064	0,896	300	268,8
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	5	PASILLO CUIDADOS INTENSIVOS	0,064	0,32	260	83,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	6	UNIDAD NEONATOLOGIA	0,064	0,384	160	61,44
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	19	ENFERMEDADES RESPIRATORIAS	0,064	1,216	160	194,56
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	4	ESTACION ENFERMERIA	0,064	0,256	160	40,96
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	13	HOSPITALIZACION	0,064	0,832	160	133,12
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	3	EDAS	0,064	0,192	160	30,72
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	8	PASILLOS PEDIATRIA	0,064	0,512	260	133,12
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	9	PASILLO PRINCIPAL	0,064	0,576	260	149,76
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	12	CAPILLA	0,064	0,768	50	38,4
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	2	ACCESO PRINCIPAL	0,064	0,128	160	20,48
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	12	HOSPITALIZACION PEDIATRIA	0,064	0,768	160	122,88
LAMPARA FLUORECENTE (2x32W)	9	SUBSUELO	0,064	0,576	100	57,6
LAMPARA AHORRADORA 20W	2	BAÑOS DIRECCION	0,02	0,04	20	0,8
LAMPARA AHORRADORA 20W	4	ARCHIVO 1	0,02	0,08	50	4
LAMPARA AHORRADORA 20W	2	TRABAJO SOCIAL	0,02	0,04	50	2
LAMPARA AHORRADORA 20W	2	CONSULTORIO TRAUMATOLOGIA	0,02	0,04	120	4,8
LAMPARA AHORRADORA 20W	1	MEDICINA INTERNA	0,02	0,02	120	2,4
LAMPARA AHORRADORA 20W	3	BAÑOS FARMACIA	0,02	0,06	20	1,2
LAMPARA AHORRADORA 20W	1	BODEGA	0,02	0,02	10	0,2
LAMPARA AHORRADORA 20W	2	ODONTOLOGIA	0,02	0,04	120	4,8
LAMPARA AHORRADORA 20W	5	LABORATORIOS	0,02	0,1	160	16
LAMPARA AHORRADORA 20W	1	DIAGNOSTICO	0,02	0,02	160	3,2
LAMPARA AHORRADORA 20W	4	UNIDAD DE RAYOS X	0,02	0,08	160	12,8
LAMPARA AHORRADORA 20W	4	INGRESO EMERGENCIA	0,02	0,08	360	28,8
LAMPARA AHORRADORA 20W	12	UNIDAD GINECOLOGIA	0,02	0,24	160	38,4
LAMPARA AHORRADORA 20W	27	ESTACION DE EMERGENCIA	0,02	0,54	200	108
LAMPARA AHORRADORA 20W	3	CONSULTORIA MEDICINA	0,02	0,06	120	7,2
LAMPARA AHORRADORA 20W	18	UNIDAD DE PARTOS	0,02	0,36	200	72
LAMPARA AHORRADORA 20W	2	ASEO	0,02	0,04	100	4
LAMPARA AHORRADORA 20W	7	UNIDAD DE QUIROFANOS	0,02	0,14	200	28
LAMPARA AHORRADORA 20W	2	ESTERILIZADO	0,02	0,04	200	8
LAMPARA AHORRADORA 20W	8	UNIDAD DE COCINA Y ALIMENTOS	0,02	0,16	100	16
<b>LAMPARA AHORRADORA 20W</b>	<b>4</b>	<b>ENFERMERIA MEDICINA INTERNA</b>	<b>0,02</b>	<b>0,08</b>	<b>50</b>	<b>4</b>
LAMPARA AHORRADORA 20W	3	VESTIDORES	0,02	0,06	90	5,4
LAMPARA AHORRADORA 20W	2	BAÑOS PRINCIPAL	0,02	0,04	20	0,8
LAMPARA AHORRADORA 20W	3	ESTACION ENFERMERIA	0,02	0,06	160	9,6

LAMPARA AHORRADORA 20W	2	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	0,02	0,04	160	6,4
LAMPARA AHORRADORA 20W	1	ENFERMEDADES RESPIRATORIAS	0,02	0,02	160	3,2
LAMPARA AHORRADORA 20W	9	ESTACION ENFERMERIA	0,02	0,18	160	28,8
LAMPARA AHORRADORA 20W	7	HOSPITALIZACION	0,02	0,14	160	22,4
LAMPARA AHORRADORA 20W	2	BODEGA	0,02	0,04	50	2
LAMPARA AHORRADORA 20W	12	HOSPITALIZACION PEDIATRIA	0,02	0,24	160	38,4
LAMPARA AHORRADORA 20W	31	SUB SUELO	0,02	0,62	60	37,2
LUMINARIA TIPO PARED	2	FRIGORIFICO	0,04	0,08	90	7,2
<b>LUMINARIA TIPO PARED</b>	<b>22</b>	<b>HOSPITALIZACION MEDICINA INTERNA</b>	<b>0,04</b>	<b>0,88</b>	<b>90</b>	<b>79,2</b>
LUMINARIA TIPO PARED	8	HOSPITALIZACION TRAUMATOLOGIA	0,04	0,32	90	28,8
LUMINARIA TIPO PARED	31	HOSPITALIZACION GINECOLOGIA	0,04	1,24	90	111,6
LUMINARIA TIPO PARED	2	SALA RECEN NACIDOS	0,04	0,08	90	7,2
LUMINARIA TIPO PARED	12	HOSPITALIZACION	0,04	0,48	90	43,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x40W)	1	UNIDAD DE COCINA Y ALIMENTOS	0,08	0,08	100	8
<b>LAMPARA FLUORECENTE (2x40W)</b>	<b>15</b>	<b>UNIDAD DE QUIROFANOS</b>	<b>0,08</b>	<b>1,2</b>	<b>100</b>	<b>120</b>
LAMPARA FLUORECENTE (2x40W)	4	HOSPITALIZACION	0,08	0,32	160	51,2
LAMPARA FLUORECENTE (2x40W)	6	SUBSUELO	0,08	0,48	50	24
LAMPARA OJO DE BUEY	12	SALA SITUACIONAL	0,055	0,66	100	66
LAMPARA OJO DE BUEY	5	UNIDAD DE PARTOS	0,055	0,275	100	27,5
LAMPARA CUADRADA TIPO INCANDESCENTE	1	UNIDAD DE QUIROFANOS	0,05	0,05	10	0,5
LAMPARA CUADRADA TIPO INCANDESCENTE	2	UNIDAD DE COCINA Y ALIMENTOS	0,05	0,1	10	1
<b>Total</b>			<b>6,638</b>	<b>42,349</b>		<b>6280,84</b>

### EQUIPOS ELECTRONICOS

Bien	Marca/ Raza/ Otros	Cantidad	Carga instalada (W)	Carga Total (W)	Horas mes de uso	Consumo mensual
COMPUTADOR DE ESCRITORIO	ADIKTA	10	0,2	2	160	320
COMPUTADOR DE ESCRITORIO	CLON	5	0,2	1	160	160
COMPUTADOR DE ESCRITORIO	HP	38	0,2	7,6	160	1216
COMPUTADOR DE ESCRITORIO	LENOVO	52	0,2	10,4	160	1664
COMPUTADOR DE ESCRITORIO	QBEX	4	0,2	0,8	160	128
COMPUTADOR DE ESCRITORIO	QUASAD	1	0,2	0,2	160	32
COMPUTADOR DE ESCRITORIO	SAMSUN	1	0,2	0,2	160	32
AMPLIFICADOR	TRIPLEX PROESIONAL AMPLIFIER	1	0,006	0,006	5	0,03
COMPUTADORA PORTATIL	HACER	1	0,9	0,9	90	81
COMPUTADORA PORTATIL	DELL	2	0,9	1,8	90	162
DVD	LG	2	0,1	0,2	5	1
IMPRESORA	VARIOS	3	0,1	0,3	10	3
IMPRESORA DE INYECCION	LEXMARK	2	0,1	0,2	10	2
IMPRESORA MATRICIAL	EPSON	2	0,1	0,2	20	4
IMPRESORA MULTIFUNCIONES	HP	10	0,1	1	20	20
IMPRESORA MULTIFUNCIONES	LEXMARK	11	0,1	1,1	20	22
IMPRESORA MULTIFUNCIONES	RICOH	3	0,1	0,3	20	6
IMPRESORA MULTIFUNCIONES	XEROX	1	0,1	0,1	20	2
MINICOMPONENTE	LG	1	0,48	0,48	40	19,2
UPS	APC	6	0,35	2,1	25	52,5
TELEVISOR	LG	8	0,25	2	120	240
TELEFONO FIJO	PANASONIC	3	0,6	1,8	15	27
			Carga total	35,526		4163,43

## EQUIPOS MEDICOS

Bien	Marca/ Raza/ Otros	Ubicación de Bodega	Cantidad	Carga instalada (W)	Carga Total (W)	Horas mes de uso	Consumo mensual
BOMBA DE SUCCION	FURNAS	CASA DE OXIGENO	1	0,437	0,437	10	4,37
AUTOCLAVE	BAUMER	CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	1	2,2	2,2	90	198
ESTERILIZADOR	MEMMERT	CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	2	1,4	2,8	40	112
MONITOR	EDAN	CENTRO OBSTETRICO	4	0,074	0,296	100	29,6
BOMBA DE INFUSION	VOLUMAT-AGILIA	CENTRO OBSTETRICO	9	0,33	2,97	5	14,85
TERMOCUNA	AMPLA-FANEM	CENTRO OBSTETRICO	2	1,25	2,5	150	375
MODULO ELECTRONICO PARA INSTRUMENTAL	AGILIA-FRESENIUS	CENTRO OBSTETRICO	1	0,72	0,72	50	36
LAMPARA DE CIRUGIA	WELCH-ALLYN	CENTRO OBSTETRICO	3	0,22	0,66	8	5,28
CAMA HOSPITALARIA	HOPEFULL	CENTRO OBSTETRICO	7	0,35	2,45	2	4,9
ELECTROBISTURI	VALLEYLAB	CENTRO QUIRURGICO	2	0,437	0,874	20	17,48
TALADRO PARA TRAUMATOLOGIA	UNIVERSAL	CENTRO QUIRURGICO	1	0,72	0,72	15	10,8
CAMA HOSPITALARIA	CI-HEALTH-CARE	CENTRO QUIRURGICO	1	0,35	0,35	2	0,7
LAMPARA DE CIRUGIA	MAQUET	CENTRO QUIRURGICO	5	0,22	1,1	8	8,8
VENTILADOR DE PRESION	CAMSCO	CENTRO QUIRURGICO	1	0,22	0,22	100	22
MONITOR	FORESEESON	CENTRO QUIRURGICO	8	0,074	0,592	100	59,2
MODULO ELECTRONICO PARA INSTRUMENTAL	AGILIA-FRESENIUS	CENTRO QUIRURGICO	2	0,72	1,44	50	72
SUCCIONADOR	GIMA	CENTRO QUIRURGICO	2	0,437	0,874	10	8,74
DEFIBRILADOR	METRAX	CENTRO QUIRURGICO	1	0,04	0,04	30	1,2
APARATO PARA ANESTESIA	PENLON	CENTRO QUIRURGICO	2	0,3	0,6	30	18
ASPIRADOR MEDICO QUIRURGICO	SMAF	CENTRO QUIRURGICO	2	0,437	0,874	30	26,22
NEGATOSCOPIO	NACIONAL	CONSULTA CARDIOLOGIA	1	0,06	0,06	20	1,2
NEGATOSCOPIO	NACIONAL	CONSULTA CIRUGIA GENERAL	1	0,06	0,06	20	1,2
LAMPARA DE CIRUGIA	WELCH-ALLYN	CONSULTA CIRUGIA GENERAL	1	0,22	0,22	8	1,76
ELECTROCARDIOGRAFO	EDAN	CONSULTA EXTERNA-ENFERMERIA	3	0,05	0,15	40	6
LAMPARA DE CIRUGIA	WELCH ALLYN	CONSULTA GINECOLOGÍA-CONSULTORIO 1	2	0,22	0,44	8	3,52
CAMA GINECOLOGICA	RITTER	CONSULTA GINECOLOGÍA-CONSULTORIO 2	2	0,35	0,7	2	1,4
COLPOSCOPIO	NEWTON	CONSULTA GINECOLOGÍA-CONSULTORIO 2	1	0,1	0,1	20	2
NEGATOSCOPIO	NACIONAL	CONSULTA MEDICINA INTERNA	1	0,06	0,06	20	1,2
LAMPARA DE CIRUGIA	WELCH ALLYN	CONSULTA PSIQUIATRIA	1	0,22	0,22	8	1,76
LAMPARA DE CIRUGIA	WELCH-ALLYN	CONSULTA TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	1	0,22	0,22	8	1,76
NEGATOSCOPIO	JINDE	CONSULTA TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	1	0,06	0,06	10	0,6
LAMPARA DE CIRUGIA	WELCH ALLYN	CONSULTA-PEDIATRÍA CONSULTORIO 1	2	0,22	0,44	8	3,52
LAMPARA DE CIRUGIA	WELCH ALLYN	EMERGENCIA	4	0,22	0,88	8	7,04
BOMBA DE INFUSION	INJECTOMAT-MC-AGILIA	EMERGENCIA	2	0,33	0,66	5	3,3
MODULO ELECTRONICO PARA INSTRUMENTAL	AGILIA-FRESENIUS	EMERGENCIA	1	0,72	0,72	50	36
CAMA GINECOLOGICA	MEGAMAT	EMERGENCIA	1	0,35	0,35	2	0,7
SUCCIONADOR	GIMA	EMERGENCIA	2	0,437	0,874	10	8,74
MONITOR	CONTEC	EMERGENCIA	4	0,074	0,296	100	29,6
NEBULIZADOR	DEVILBIS	EMERGENCIA	1	0,207	0,207	10	2,07
NEGATOSCOPIO	JINDE	EMERGENCIA	1	0,06	0,06	20	1,2

SUCCIONADOR	GOMCO	HOSPITALIZACIÓN CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA	1	0,437	0,437	10	4,37
ESTERILIZADOR	MEMMERT	HOSPITALIZACIÓN CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA	1	1,4	1,4	40	56
LAMPARA CUELLO DE GANZO	FERROMEDIA	HOSPITALIZACIÓN CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA	1	0,24	0,24	90	21,6
BOMBA DE INFUSION	VOLUMAT-AGILIA	HOSPITALIZACIÓN CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA	2	0,33	0,66	5	3,3
MODULO ELECTRONICO PARA INSTRUMENTAL	AGILIA-FRESENIUS	HOSPITALIZACIÓN CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA	1	0,72	0,72	90	64,8
MONITOR	MINDRAY	HOSPITALIZACIÓN CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA	2	0,074	0,148	60	8,88
LAMPARA DE CIRUGIA	LAMPARA	HOSPITALIZACIÓN CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA	1	0,22	0,22	8	1,76
NEGATOSCOPIO	JINDE	HOSPITALIZACIÓN CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA	1	0,06	0,06	20	1,2
CAMA HOSPITALARIA	HOPEFULL	HOSPITALIZACIÓN CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA	19	0,35	6,65	2	13,3
LAMPARA CUELLO DE GANZO	FERROMEDIA	HOSPITALIZACIÓN GINECOLOGÍA	1	0,24	0,24	90	21,6
CAMA HOSPITALARIA	HILL-ROOM	HOSPITALIZACIÓN GINECOLOGÍA	2	0,35	0,7	2	1,4
BOMBA DE INFUSION	VOLUMAT-AGILIA	HOSPITALIZACIÓN GINECOLOGÍA	2	0,33	0,66	5	3,3
MODULO ELECTRONICO PARA INSTRUMENTAL	AGILIA-FRESENIUS	HOSPITALIZACIÓN GINECOLOGÍA	1	0,72	0,72	90	64,8
LAMPARA DE CIRUGIA	WELCH-ALLYN	HOSPITALIZACIÓN GINECOLOGÍA	1	0,22	0,22	8	1,76
ECOGRAFO	SAMSUNG	HOSPITALIZACIÓN GINECOLOGÍA	1	0,25	0,25	20	5
CAMA HOSPITALARIA	HOPEFULL	HOSPITALIZACIÓN GINECOLOGÍA	20	0,35	7	2	14
MONITOR	EDAN	HOSPITALIZACIÓN GINECOLOGÍA	2	0,074	0,148	60	8,88
ELECTROCARDIOGRAFO	DANATECH	HOSPITALIZACIÓN MEDICINA INTERNA	1	0,05	0,05	40	2
BOMBA DE INFUSION	INJECTOMAT-MC-AGILIA	HOSPITALIZACIÓN MEDICINA INTERNA	3	0,33	0,99	5	4,95
MODULO ELECTRONICO PARA INSTRUMENTAL	AGILIA-FRESENIUS	HOSPITALIZACIÓN MEDICINA INTERNA	1	0,72	0,72	90	64,8
MONITOR	MINDRAY	HOSPITALIZACIÓN MEDICINA INTERNA	2	0,074	0,148	60	8,88
CAMA HOSPITALARIA	HOPEFULL	HOSPITALIZACIÓN MEDICINA INTERNA	21	0,35	7,35	2	14,7
NEGATOSCOPIO	JINDE	HOSPITALIZACIÓN MEDICINA INTERNA	1	0,06	0,06	20	1,2
INCUBADORA NEONATAL	MEDIX	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGÍA	4	0,275	1,1	15	16,5
LAMPARA CUELLO DE GANZO	FERROMEDIA	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGÍA	1	0,24	0,24	90	21,6
BOMBA DE INFUSION	INJECTOMAT-MC-AGILIA	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGÍA	4	0,33	1,32	5	6,6
TERMOCUNA	FANEM	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGÍA	2	1,25	2,5	150	375
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	FANEM	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGÍA	1	0,58	0,58	40	23,2
MODULO ELECTRONICO PARA INSTRUMENTAL	AGILIA-FRESENIUS	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGÍA	1	0,72	0,72	90	64,8

VENTILADOR DE PRESION	INTERMED	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGIA	1	0,2	0,2	40	8
MONITOR	DRAGER	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGIA	3	0,074	0,222	60	13,32
MONITOR	MINDRAY	HOSPITALIZACIÓN PEDIATRIA	1	0,074	0,074	60	4,44
NEBULIZADOR	DEVILBIS	HOSPITALIZACIÓN PEDIATRIA	2	0,207	0,414	5	2,07
CAMA HOSPITALARIA	HOPEFULL	HOSPITALIZACIÓN PEDIATRIA	15	0,35	5,25	2	10,5
DIGITALIZADOR DE RAYOS X	CARESTREAM	IMAGENOLOGIA-RX-ECOS	1	0,8	0,8	20	16
EQUIPO DE REVELADO	AFP	IMAGENOLOGIA-RX-ECOS	2	0,484	0,968	20	19,36
EQUIPO DE RAYOS X	QUANTUM-MEDICAL	IMAGENOLOGIA-RX-ECOS	1	1,94	1,94	20	38,8
ECOGRAFO	MINDRAY	IMAGENOLOGIA-RX-ECOS	1	0,25	0,25	20	5
NEGATOSCOPIO	JINDE	IMAGENOLOGIA-RX-ECOS	1	0,06	0,06	20	1,2
ANALIZADOR DE HEMATOLOGIA	HORIBA	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	0,23	0,23	30	6,9
ANALIZADOR COAGULACION	DADE-BERHING	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	0,35	0,35	30	10,5
ANALIZADOR BIOQUIMICA	PREMIUM	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	0,35	0,35	30	10,5
ESTERILIZADOR	MEMMERT	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	1,4	1,4	40	56
ANALIZADOR COAGULACION	BEHNC	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	0,35	0,35	30	10,5
NEGATOSCOPIO	NACIONAL	MEDICINA OCUPACIONAL	1	0,06	0,06	20	1,2
LAMPARA DE LUZ HALOGENA	LITEX	ODONTOLOGIA	1	0,24	0,24	30	7,2
SUCCIONADOR	EGEO	ODONTOLOGIA	1	0,437	0,437	10	4,37
AUTOCLAVE	SERCON	ODONTOLOGIA	1	2,2	2,2	90	198
ESTERILIZADOR	OLIDEF-CZ	ODONTOLOGIA	1	1,4	1,4	40	56
EQUIPO DE ULTRASONIDOS	SIEMENS	REHABILITACION Y TERAPIA FISICA	3	0,69	2,07	40	82,8
LAMPARA DE CIRUGIA	WELCH ALLYN	REHABILITACION Y TERAPIA FISICA	1	0,22	0,22	8	1,76
EQUIPO DE MAGNETOTERAPIA	BAILEY	REHABILITACION Y TERAPIA FISICA	2	0,05	0,1	40	4
CAMA HOSPITALARIA	FERROMEDICA	RESIDENCIA MEDICA	4	0,35	1,4	2	2,8
LAMPARA DE CIRUGIA	SIN-INFORMACION	TEMPORAL	1	0,22	0,22	8	1,76
LAMPARA CUELLO DE GANSO	NACIONAL	CENTRO OBSTETRICO	2	0,24	0,48	90	43,2
LAMPARA CUELLO DE GANSO	NACIONAL	CONSULTA EXTERNA- ENFERMERIA	1	0,24	0,24	90	21,6
LAMPARA CUELLO DE GANSO	NACIONAL	HOSPITALIZACIÓN PEDIATRIA	1	0,24	0,24	90	21,6
LAMPARA CUELLO DE GANSO	NACIONAL	IMAGENOLOGIA-RX-ECOS	1	0,24	0,24	90	21,6
LAMPARA CUELLO DE GANSO	NACIONAL	MEDICINA OCUPACIONAL	1	0,24	0,24	90	21,6
NEGATOSCOPIO	NO DISPONE	CONSULTA-PEDIATRÍA CONSULTORIO 1	1	0,06	0,06	20	1,2
NEGATOSCOPIO	NO DISPONE	CONSULTA-PEDIATRÍA CONSULTORIO 2	1	0,06	0,06	20	1,2
NEGATOSCOPIO	WHIRLPOOL	EMERGENCIA	2	0,06	0,12	20	2,4
NEGATOSCOPIO	NO DISPONE	VARIOS	10	0,06	0,6	20	12
ELECTROBISTURI	ERBE	CONSULTA EXTERNA- ENFERMERIA	1	0,437	0,437	20	8,74
INCUBADORA	ATTEST	CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	1	0,8	0,8	15	12
INCUBADORA	HILLMED	CENTRO OBSTETRICO	1	0,8	0,8	15	12
VAPORIZADOR	DRAGER	CENTRO QUIRÚRGICO	1	0,46	0,46	40	18,4
MICROSCOPIO	OLYMPUS	LABORATORIO INSTITUCIONAL	2	0,46	0,92	50	46
CENTRIFUGA	HETTICH	LABORATORIO INSTITUCIONAL	8	0,575	4,6	30	138
MICROSCOPIO VINOCULAR	OLYMPUS	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	0,46	0,46	50	23
MICROSCOPIO ELECTRONICO	LW-SCIENTIFIC	LABORATORIO INSTITUCIONAL	2	0,46	0,92	50	46
TERMOBLOQUE DIGITAL	GLOBE	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	0,08	0,08	60	4,8
APARATO PARA RADIACION INFRARROJA	PRESTON	REHABILITACION Y TERAPIA F	1	0,05	0,05	60	3
UNIDAD DENTAL	MARC BELLE	ODONTOLOGIA	1	0,3	0,3	100	30
UNIDAD DENTAL	DABI-ATLANTE	PROCESO DE BAJA	1	0,3	0,3	100	30
		<b>Carga total</b>				99,357	4391
							3161,21

## MAQUINAS ELECTRICAS

Bien	Marca/ Raza/ Otros	Ubicación de Bodega	Cantidad	Carga instalada (W)	Carga Total (W)	Horas mes de uso	Consumo mensual
SOLDADORA	CEBORA	TALLER MECANICA	1	3,2	3,2	2	6,4
SISTEMA BOMBEO DE AGUA FRIA	BALDOR	CASA DE MAQUINAS	3	3,73	11,19	300	3357
SISTEMA BOMBEO DE AGUA CALIENTE	FORAS	CASA DE MAQUINAS	4	4,103	16,412	200	3282,4
TALADRO MANUAL	ELEWER	TALLER MECANICA	1	0,09	0,09	2	0,18
COMPRESOR	CAMPBELL	CASA DE MAQUINAS	1	0,746	0,746	20	14,92
COMPRESOR	JUN-AIR	ODONTOLOGIA	2	1,488	2,976	10	29,76
SOLDADORA	LINCOLL	TALLER MECANICA	1	3,2	3,2	2	6,4
ESMERIL	NACIONAL	CASA DE MAQUINAS	1	0,373	0,373	5	1,865
COMPRESOR DE AIRE	SCHUZ	CASA DE MAQUINAS	1	0,746	0,746	10	7,46
MAQUINA PARA CORTAR GASA	GEMSY	CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	1	0,924	0,924	20	18,48
<b>Carga total</b>					<b>39,857</b>	<b>571</b>	<b>6724,865</b>

## EQUIPOS DE CALOR Y FRIO

Bien	Marca/ Raza/ Otros	Ubicación de Bodega	Cantidad	Carga instalada (W)	Carga Total (W)	Horas mes de uso	Consumo mensual
REFRIGERADOR	INDURAMA	BODEGA INSTITUCIONAL	2	0,23	0,46	216	99,36
CUARTO FRIO	EQUIPAC	CENTRAL DE PREPARACIÓN - COMEDOR HSLO	2	3,4	6,8	200	1360
REFRIGERADOR	HACER	CENTRAL DE PREPARACIÓN - COMEDOR HSLO	1	0,25	0,25	216	54
BATIDORA	DYNASTY	CENTRAL DE PREPARACIÓN - COMEDOR HSLO	1	0,25	0,25	15	3,75
REFRIGERADOR	INDURAMA	CENTRO OBSTETRICO	1	0,23	0,23	216	49,68
REFRIGERADOR	FROSTMAN	HOSPITALIZACIÓN CIRUGIA TRAUMATOLOGIA	1	0,36	0,36	216	77,76
REFRIGERADOR	INDURAMA	HOSPITALIZACIÓN PEDIATRIA	2	0,23	0,46	216	99,36
REFRIGERADOR	DUREX	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	0,25	0,25	216	54
REFRIGERADOR	INDURAMA	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	0,23	0,23	216	49,68
MAQUINA DE COSER	SINGER	LAVANDERIA Y COSTURA	1	0,187	0,187	75	14,025
MICROONDAS	WHIRLPOOL	CENTRO OBSTETRICO	2	1,524	3,048	10	30,48
CALEFACTOR	HOMEDBASIX	CENTRO OBSTETRICO	2	5,5	11	10	110
CALEFACTOR	HOMEBASIX	HOSPITALIZACIÓN CIRUGIA TRAUMATOLOGIA	2	1,5	3	10	30
CALEFACTOR	HOMEDBASIX	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGIA	4	1,5	6	30	180
CALEFACTOR	PARABATH	REHABILITACION Y TERAPIA FISICA	1	1,5	1,5	10	15
CALEFACTOR	HOMEDBASIX	TRABAJO SOCIAL	1	1,5	1,5	10	15
CALENTADOR	RANGER	CENTRO QUIRURGICO	2	1,5	3	20	60
CALENTADOR	THERMO-SCIENTIFIC	HOSPITALIZACIÓN GINECOLOGIA	1	1,5	1,5	20	30
CALENTADOR	THERMO-SCIENTIFIC	HOSPITALIZACIÓN NEONATOLOGIA	2	1,5	3	20	60
CONGELADOR	INDREL	LABORATORIO INSTITUCIONAL	1	0,159	0,159	216	34,344
SECADORA	CISSELL	LAVANDERIA Y COSTURA	1	18,304	18,304	40	732,16
LAVADORA DE ROPA	MILNOR	LAVANDERIA Y COSTURA	3	2,2	6,6	40	264
SECADORA	UNIMAC	LAVANDERIA Y COSTURA	1	18,304	18,304	40	732,16
DISPENSADOR DE AGUA	TCL	VARIOS	5	0,42	2,1	4	8,4
MAQUINA PLANCHADORA ELECTRICA DE VAPOR	LAHOZ	LAVANDERIA Y COSTURA	1	2,8	2,8	20	56
MAQUINA OVERLOCK	GEMSY	LAVANDERIA Y COSTURA	1	0,373	0,373	20	7,46
PURIFICADOR DE AGUA	ELKAY	PASILLOS HSLO	1	0,42	0,42	1	0,42
<b>Carga total</b>					<b>90,58</b>		<b>4092,039</b>

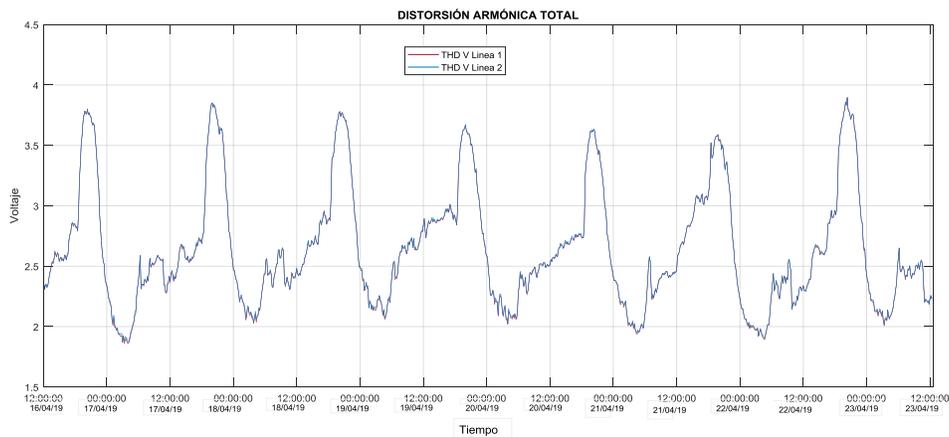
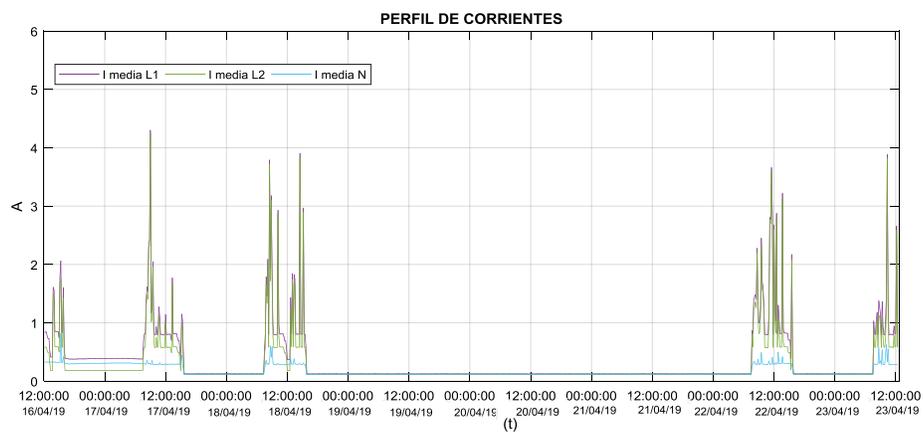
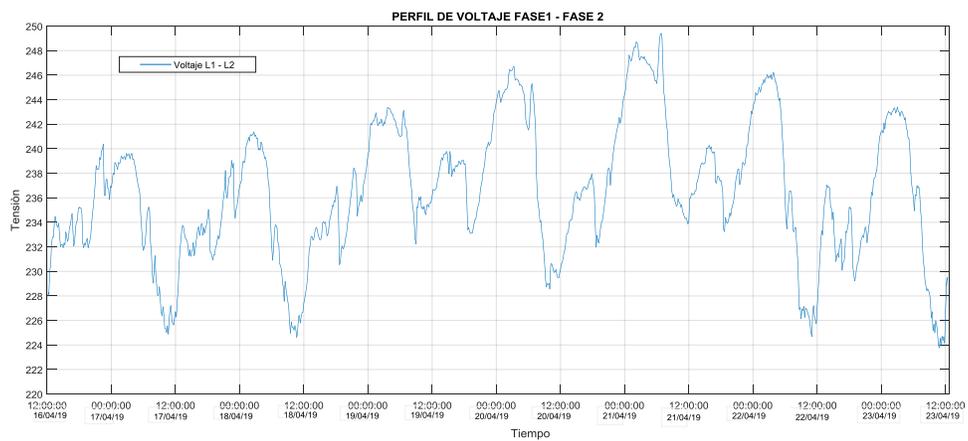
ANEXO 8 . Resumen de las mediciones de calidad de energía en el transformador 75 Kva.

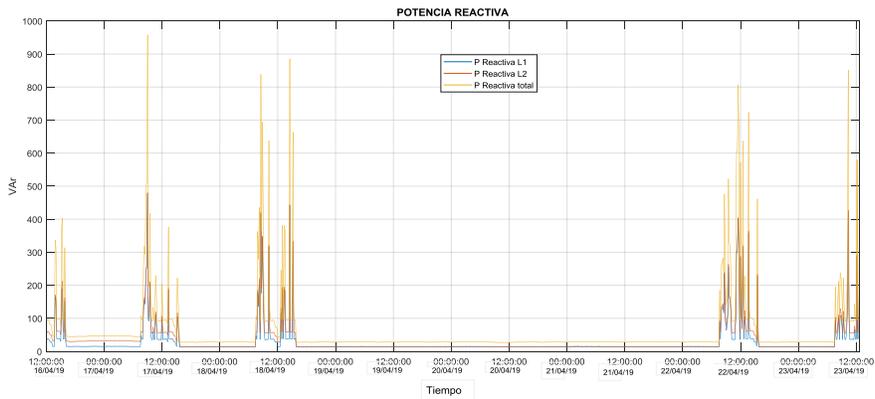
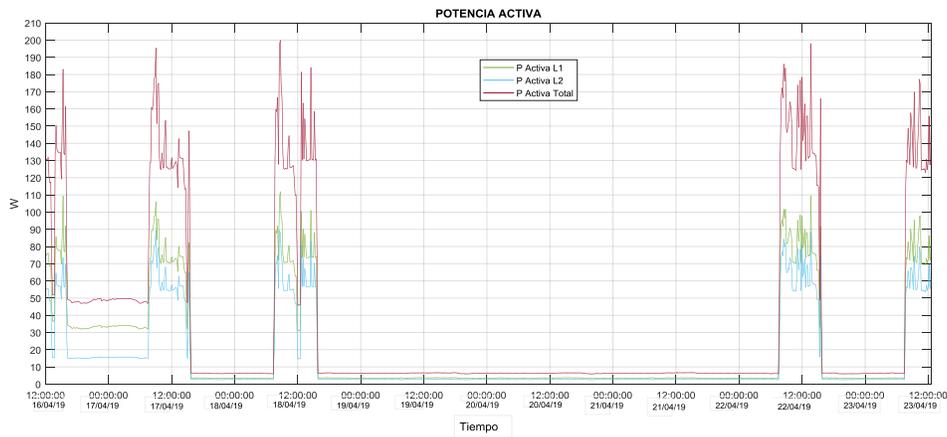
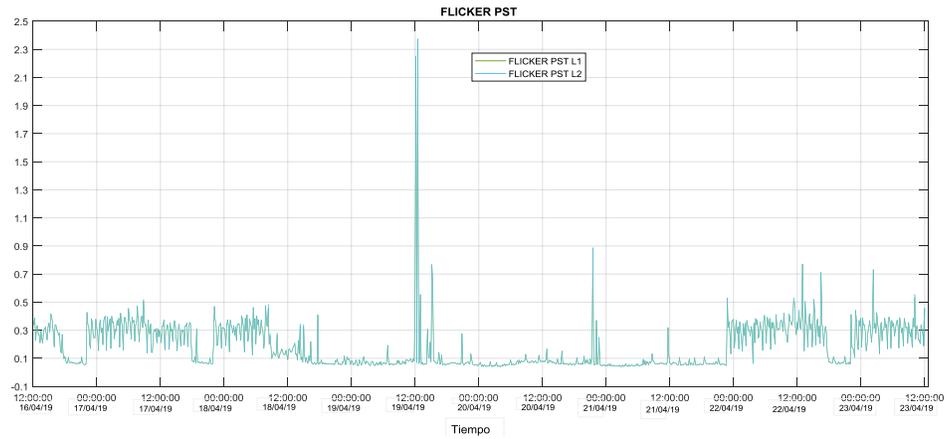
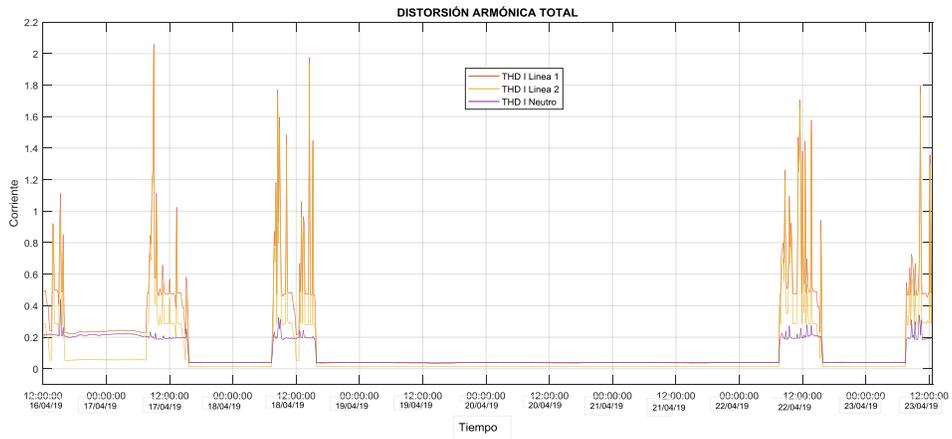
TRANSFORMADOR N.1			
Tipo	Monofásico		
Voltaje Media Tensión(V)	13800	Fecha de instalación	16/4/2019
Voltaje Baja Tensión (V)	120/240	Fecha de retiro	23/4/2019
Potencia (kVA)	75	Intervalo de registro	10 min

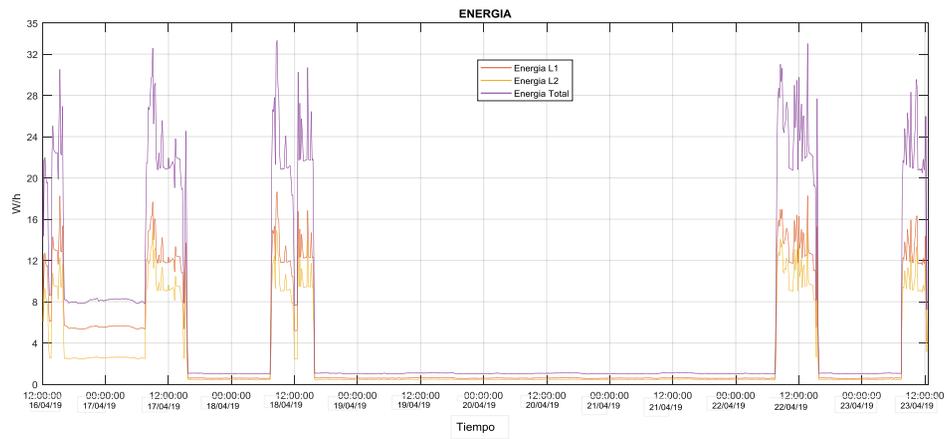
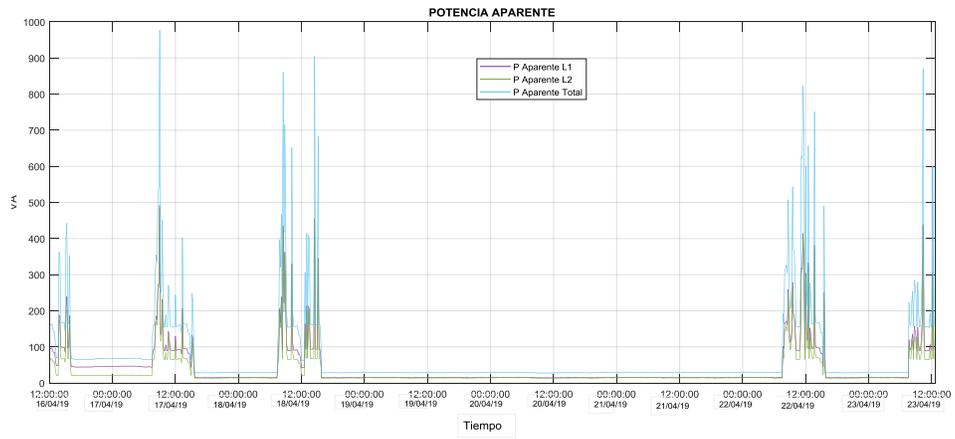
DESCRIPCION DE MEDIDAS

Descripción	Voltaje (V)			# de registros			Observaciones
	Promedio	Máximo	Mínimo	Total	No cumple	%	
V medio F1	118,13	124,73	111,90	1010	0	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 8.2
V medio F2	118,11	124,72	111,89	1010	0	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 8.2
V delta L1L2	236,22	249,42	223,77	1010	0	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 8.2
Voltaje (%)							
Desbalance F1F2	0,01	0,01	0,02	1010	0	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 11.2
Corrientes (%)							
Desbalance F1F2	12,59	56,16	0,01	1010	220	SI	Cumple con la norma europea EN 50160
Distorsión armónica total de voltaje							
THD Voltaje Fase 1 (V)	2,5336	3,8989	1,8599	1010	0	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 10.2
THD Voltaje Fase 2 (V)	2,5371	3,8916	1,8753	1010	0	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 101.2
Distorsión armónica total de corriente							
THD Corriente Fase 1 (A)	0,0402	2,0591	0,037	1010	0	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 29.2
THD Corriente Fase 2 (A)	0,0126	2,0157	0,0123	1010	0	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 29.2
THD Corriente Neutro(A)	0,0393	0,4392	0,0357	1010	0	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 29.2
Flickers pst							
Flicker pst Fase 1	0,097	2,3736	0,0401	1010	2	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 9.2
Flicker pst Fase 2	0,0965	2,3736	0,0403	1010	2	SI	Cumple con la regulación CONELEC 005/18, en su numeral 9.2
Corrientes (A)							
Corriente Fase 1	0,1248	4,3011	0,1196	1010			
Corriente Fase 2	0,1192	4,2458	0,1144	1010			
Corriente Neutro	0,1218	0,8184	0,1147	1010			
Potencia activa (W)							
P Fase 1	3,6107	111,856	3,2368	1010			
P Fase 2	2,8047	89,3698	2,4903	1010			
P Total	6,4126	199,864	5,9238	1010			
Potencia reactiva (VAr)							
Q Fase 1	14,5463	480,45	13,4839	1010			
Q Fase 2	14,0509	477,31	12,9764	1010			
Q Total	28,5939	957,888	26,6414	1010			
Potencia aparente (VA)							
S Fase 1	14,9752	492,007	13,9373	1010			
S Fase 2	14,3203	485,605	13,2668	1010			
S Total	29,2955	977,612	27,2041	1010			
Energía ( Wh)							
Energía L1	0,6019	18,6444	0,5395	1010			
Energía L2	0,4676	14,8978	0,4151	1010			
Energía total	1,0695	33,5422	0,9546	1010			

### A. Graficas obtenidas en las mediciones de calidad de energia en el transformador monofasico 75 kva







ANEXO 9. Valores de armónicos de voltaje individuales obtenidos.

Orden armónico	1			2			3			4		
Descripción	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Promedio	125,20	127,85	126,65	0,03	0,03	0,03	0,49	0,59	0,55	0,02	0,02	0,02
Máximo	132,12	134,20	133,23	0,06	0,06	0,07	1,21	0,99	1,17	0,04	0,04	0,03
Mínimo	118,48	121,02	119,81	0,02	0,02	0,02	0,18	0,33	0,21	0,02	0,02	0,02
# de registros	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
Fuera de norma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limite	0	0	0	2	2	2	5	5	5	5	5	5
Cumple normativa	SI											
Orden armónico	5			6			7			8		
Descripción	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Promedio	1,87	1,85	2,05	0,02	0,02	0,02	0,30	0,26	0,37	0,02	0,02	0,02
Máximo	2,45	2,65	2,88	0,04	0,04	0,03	0,73	0,72	0,88	0,02	0,02	0,02
Mínimo	1,00	1,18	1,27	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,06	0,02	0,02	0,02
# de registros	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
Fuera de norma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limite	6	6	6	0,5	0,5	0,5	5	5	5	0,50	0,50	0,50
Cumple normativa	SI											
Orden armónico	9			10			11			12		
Descripción	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Promedio	0,23	0,12	0,11	0,02	0,02	0,02	0,25	0,23	0,26	0,02	0,02	0,02
Máximo	0,40	0,27	0,23	0,02	0,02	0,02	0,44	0,37	0,40	0,02	0,02	0,02
Mínimo	0,08	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,11	0,14	0,16	0,02	0,02	0,02
# de registros	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
Fuera de norma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limite	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	3,5	3,5	3,5	0,50	0,50	0,50
Cumple normativa	SI											
Orden armónico	13			14			15			16		
Descripción	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Promedio	0,07	0,07	0,08	0,02	0,02	0,02	0,07	0,05	0,06	0,02	0,02	0,02
Máximo	0,16	0,16	0,17	0,02	0,02	0,02	0,15	0,13	0,15	0,02	0,02	0,02
Mínimo	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
# de registros	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
Fuera de norma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limite	3	3	3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,50	0,50	0,50
Cumple normativa	SI											
Orden armónico	17			18			19			20		
Descripción	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Promedio	0,05	0,07	0,06	0,02	0,02	0,02	0,05	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02
Máximo	0,13	0,12	0,13	0,02	0,02	0,02	0,13	0,15	0,14	0,02	0,02	0,02
Mínimo	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
# de registros	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
Fuera de norma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limite	2	2	2	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	0,50	0,50	0,50
Cumple normativa	SI											

## ANEXO 10. Niveles de iluminación con tubos LED.

### Consultorio (122)



Altura interior del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.5%, Paredes 58.2%, Suelo 75.5%, Factor de degradación: 0.80

#### Información de luz diurna

Local: Quito (-0.20° N -78.50° E)  
 Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)  
 Fecha y hora: 8/10/2019 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)  
 Luminancia en el cielo: 33666 cd/m²  
 Condición ambiental: Limpio  
 Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³  
 Factor de contaminación: 0.80

#### Plano útil

Superficie	Resultado	Medio (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Max./máx.
1 Plano útil (Consultorio)	Intensidad luminosa perpendicular (Adaptativamente) [lx]	366 (p.300)	0.76	652	0.002	0.001
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m						

# Luminaria	Φ(Luminaria) [m]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
4 SYLVANIA - 004328 RUBICO 300*1200 LED 4000 G2	2499	18.0	138.8
Suma total de luminarias	6996	72.0	138.8

Potencia específica de conexión: 4.83 Wh/m² = 1.24 Wh/m/100 lx (Superficie de planta de la estancia 14.59 m²)

### Consultorio (121)



Altura interior del local: 3.000 m, Grado de reflexión: Techo 70.5%, Paredes 57.5%, Suelo 75.5%, Factor de degradación: 0.80

#### Información de luz diurna

Local: Quito (-0.20° N -78.50° E)  
 Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)  
 Fecha y hora: 8/10/2019 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)  
 Luminancia en el cielo: 33666 cd/m²  
 Condición ambiental: Limpio  
 Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³  
 Factor de contaminación: 0.80

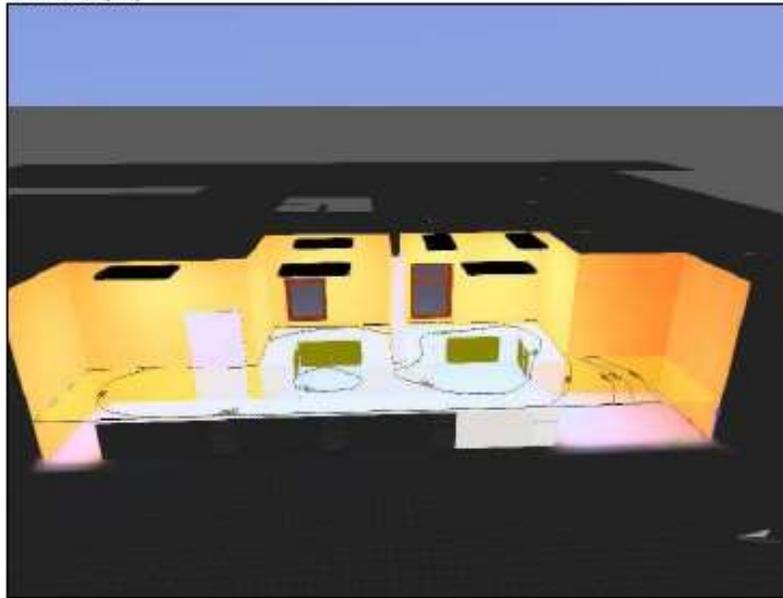
#### Plano útil

Superficie	Resultado	Medio (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Max./máx.
1 Plano útil (Consultorio)	Intensidad luminosa perpendicular (Adaptativamente) [lx]	472 (p.300)	0.00	653	0.00	0.00
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m						

# Luminaria	Φ(Luminaria) [m]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
4 SYLVANIA - 004328 RUBICO 300*1200 LED 4000 G2	2499	18.0	138.8
Suma total de luminarias	6996	72.0	138.8

Potencia específica de conexión: 9.02 Wh/m² = 1.27 Wh/m/100 lx (Superficie de planta de la estancia 11.97 m²)

Laboratorios (120)



Altura interior del local: 3.000 m, Grado de reflexión: Techo 70.5%, Paredes 57.7%, Suelo 75.6%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-0.20° N -78.50° E)  
 Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)  
 Fecha y hora: 8/10/2019 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)  
 Luminancia en el cielo: 39999 cd/m²  
 Condición ambiental: Limpio  
 Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³  
 Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Medio (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil (Laboratorio)	Intensidad luminosa perpendicular (Ajustativamente) [lx]	615 (p. 500)	139	864	0.23	0.16

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

#	Luminaria	Ø(Luminaria) [m]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
12	SYLVANIA - 0044328 RUBICO 300*1200 LED 4030 G2	2499	18.0	138.8
Suma total de luminarias		29988	216.0	138.8

Potencia específica de conexión: 6.80 W/m² = 1.07 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 32.74 m²)

Odontología (117)



Altura interior del local: 3, Grado de reflexión: Techo 70.5%, Paredes 61.2%, Suelo 75.6%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-0.20° N -78.50° E)  
 Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)  
 Fecha y hora: 8/10/2019 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)  
 Luminancia en el cielo: 39999 cd/m²  
 Condición ambiental: Limpio  
 Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³  
 Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Medio (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil (Odontología)	Intensidad luminosa perpendicular (Ajustativamente) [lx]	615 (p. 500)	10.8	810	0.025	0.013

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

#	Luminaria	Ø(Luminaria) [m]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
7	SYLVANIA - 0044328 RUBICO 300*1200 LED 4030 G2	2499	18.0	138.8
1	SYLVANIA - 0044328 RUBICO 300*1200 LED 4030 G2	2499	18.0	138.8
Suma total de luminarias		19992	144.0	138.8

## Oficinas (119)



Altura interior del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.5%, Paredes 50.0%, Suelo 75.0%, Factor de degradación: 0.80

## Información de luz diurna

Local: Guilo (-0.20° N -78.50° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 8/10/2019 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cielo: 33666 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

## Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min. medio	Min. máx.
1 Plano útil (Oficinas)	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	679 (± 300)	0.60	958	0.001	0.001

#	Luminaria	Φ[Luminaria] [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
12	SYLVANIA - 0044328 RUBICO 300*1200 LED 4000 G2	2498	18.0	138.8
Suma total de luminarias		29976	216.0	138.8

Potencia específica de conexión: 7.02 W/m² = 1.04 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 30.75 m²)

## Quirofano 1 (124)



Altura interior del local: 3.000 m, Grado de reflexión: Techo 70.5%, Paredes 50.0%, Suelo 75.0%, Factor de degradación: 0.80

## Información de luz diurna

Local: Guilo (-0.20° N -78.50° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 8/10/2019 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cielo: 33666 cd/m²

Condición ambiental: Muy limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

## Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min. medio	Min. máx.
1 Plano útil (Quirofano 1)	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1061 (± 1000)	148	5095	0.14	0.029

#	Luminaria	Φ[Luminaria] [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2	Philips - IPT570P 1xLED27S/930 WB DF	2990	34.0	76.5
1	Philips - SM400C POE W30L120 1 xLED42S/930	4197	55.5	75.6
1	Philips - SM400C POE W30L120 1 xLED42S/930	4197	55.5	75.6

