



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL HOMERO
CASTANIER CRESPO DE LA CIUDAD DE AZOGUES.**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTORES: Juan Carlos Espinoza Armijos

Luis Alberto Sarango González

DIRECTOR: Ing. Giovani Santiago Pulla Galindo MSc.

MATRIZ CUENCA

2017

DECLARACIÓN

Yo, Juan Carlos Espinoza Armijos, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Juan Carlos Espinoza Armijos

DECLARACIÓN

Yo, Luis Alberto Sarango González, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Luis Alberto Sarango González

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Carlos Espinoza Armijos y Luis Alberto Sarango González, bajo mi supervisión.

Ing. Giovani Santiago Pulla Galindo MSc.
DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Hacemos extensivo el agradecimiento a todo el personal que se ha involucrado de manera directa e indirecta en el desarrollo del presente trabajo, amigos compañeros, docentes de la institución, parte fundamental de nuestra formación académica y personal durante la carrera.

Al Ing. Giovani Santiago Pulla Galindo MSc. Tutor y director del tema de tesis, por su constancia, capacidad de transmitir sus conocimientos y poder guiar con satisfacción el proyecto planteado.

Al Ing. Javier Cabrera por el apoyo durante el desarrollo de la propuesta del tema de investigación.

Al Dr. Renán Ulloa C. Gerente del Hospital Homero Castanier Crespo por la apertura y disponibilidad de las instalaciones e información para poder realizar el proyecto de investigación.

A los funcionarios de la Empresa eléctrica Azogues, de manera especial al Ing. Diego Mogrovejo por brindar el apoyo y facilitar los equipos de medición necesario para el levantamiento de información.

Atentamente

Los Autores.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de titulación principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación académica. A nuestros padres, hermanos y amigos por demostrarnos siempre su cariño y apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS.....	XI
LISTA DE ANEXOS	XIV
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Eficiencia energética.	5
1.1.1. Eficiencia energética eléctrica.	6
1.1.2. Eficiencia energética en edificios.....	7
1.1.3. Optimización de las instalaciones.....	11
1.2. Políticas y regulaciones de la energía eléctrica.	11
1.2.1. Pérdidas de energía.....	13
1.2.2. Regulaciones de energía eléctrica.....	14
1.3. Calidad energía eléctrica.....	18
1.3.1. Calidad del suministro eléctrico.....	19
1.4. Efectos de la calidad de la energía eléctrica.....	21
1.5. Pérdidas de energía eléctrica.....	22
1.5.1. Perdidas de potencia.	23
1.6. Disturbios, causas y soluciones.	25
1.6.1. Perturbaciones en la red eléctrica.	25
CAPITULO II	33
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL ENERGÉTICA.	33
2.1. Antecedentes.	33
2.1.1. Hospital Homero Castanier Crespo.....	33

2.2.	Situación actual.....	37
2.2.1.	Combustible.....	37
2.2.2.	Energía eléctrica.....	37
2.2.3.	Consumo de energía.....	38
2.2.4.	Eficiencia energética en el hospital relacionada con el número de camas y el área del hospital.....	39
2.3.	Descripción de los equipos instalados en el lugar.....	45
2.3.1.	Transformadores.....	45
2.3.2.	Luminarias.....	45
2.3.3.	Cocina, insumos médicos, lavandería y varios.....	46
2.3.4.	Motores y bombas.....	46
2.3.5.	Equipo de Rayos X.....	47
2.4.	Matriz e identificación de los sistemas energéticos.....	47
2.5.	Causas y efectos de los problemas encontrados en el sistema eléctrico.....	49
CAPITULO III.....		51
LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN SOBRE CALIDAD DE ENERGÍA.....		51
3.1.	Selección del sistema eléctrico.....	51
3.1.1.	Antecedentes.....	51
3.1.2.	Descripción de equipos.....	52
3.2.	Descripción de los equipos usados en las mediciones.....	52
3.2.1.	Analizador de energía trifásica marca Fluke modelo 1750.....	52
3.3.	Descripción de las mediciones realizadas en campo.....	54
3.3.1.	Mediciones de calidad de energía.....	55
3.4.	Levantamiento de equipos de alimentación de energía.....	62
3.5.	Determinación de variables de estudio.....	63
3.5.1.	Factor de potencia.....	64
3.5.2.	Distorsión armónica.....	64
3.5.3.	Variación de frecuencia.....	64

3.5.4. Disturbios relacionados con la calidad de energía.....	64
CAPITULO IV	66
PROPUESTA DE MEJORA.....	66
4.1. Análisis de datos obtenidos.....	66
4.1.1. Análisis de calidad de energía.	66
4.2. Planteamiento de soluciones para los sistemas de alimentación de energía.	70
4.3. Propuestas para la disminución de consumo de energía eléctrica.	72
4.3.1. Corrección del bajo factor de potencia.....	72
4.3.2 Propuesta para disminuir el consumo de energía.....	77
4.4. Análisis técnico económico de la propuesta.	81
4.5. Evaluación de resultados.	86
CAPITULO V	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1. Conclusiones.....	88
5.2. Recomendaciones.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	92

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Factores que influyen en la optimización de energía eléctrica	7
Fig. 2. Consumo de electricidad por sector en el Ecuador.	12
Fig. 3. Sistema trifásico de tensión eléctrica (cada color identifica 1 fase A-B-C).....	22
Fig. 4. Ejemplo de perturbación transitoria oscilatoria.....	25
Fig. 5. Ejemplo de perturbación transitoria impulsiva positiva.....	26
Fig. 6. Depresión de tensión (Sag).....	27
Fig. 7. Salto de tensión (Swell).....	27
Fig. 8. Interrupciones.....	28
Fig. 9. Sobretenión.....	28
Fig. 10. Desequilibrio de tensión.	29
Fig. 11. Armónico en la presencia de onda.	30
Fig. 12. Corte de tensión de onda.	30
Fig. 13. Fluctuación de tensión de onda.....	31
Fig. 14. Consumo promedio anual de electricidad y combustible por cama.	43
Fig. 15. Consumo promedio anual de electricidad y combustible por superficie construida. CH: Suiza, IT: Italia, Bélgica: BE, NZ: Nueva Zelanda, SE: Suecia, GR: Grecia, CA: Canadá, US: Estados Unidos, UK Reino Unido.....	44
Fig. 16. Carga instalada en el Hospital Homero Castanier Crespo transformador 500 kVA.	48
Fig. 17. Carga instalada en el transformador de 500 kVA en el Hospital Homero Castanier Crespo.	48
Fig. 18. Demanda coincidente del transformador de 500 kVA del Hospital Homero Castanier Crespo.	49
Fig. 19. Distribución de pines del medidor de energía Fluke 1750.....	54
Fig. 20. Medidor de calidad Fluke 1750.	54
Fig. 21. Red de alimentación hacia los transformadores de 75 kVA y 500 kVA.....	71
Fig. 22. Alimentación del transformador de 75 kVA.	71
Fig. 23. Alimentación del transformador de 500 kVA.	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de confort para diferentes establecimientos de salud.....	9
Tabla 2. Balastro recomendado para lámparas de uso hospitalario.	10
Tabla 3. Evolución de pérdidas de energía de la Empresa Eléctrica Azogues en porcentaje.	14
Tabla 4. Estándares IEEE e IEC para la calidad de la energía por campo de aplicación.	14
Tabla 5. Variación de voltaje en diferentes etapas.....	19
Tabla 6. Límites de armónicos.....	20
Tabla 7. Promedio de pacientes atendidos en el Hospital Homero Castanier Crespo.....	34
Tabla 8. Clasificación de los establecimientos de salud según MSP.	35
Tabla 9. Valores de consumo de energía eléctrica últimos siete meses 2016.....	39
Tabla 10. Valores de demanda energética por unidad de camas.	40
Tabla 11 Consumo promedio de energía por camas	42
Tabla 12. Consumo energía térmica MWh/año.	42
Tabla 13. Datos de transformadores instalados en el Hospital Homero Castanier Crespo. .	45
Tabla 14. Porcentajes de luminarias instaladas en el Hospital Homero Castanier Crespo...	46
Tabla 15. Equipos de fuerza instaladas en el Hospital Homero Castanier Crespo.	47
Tabla 16. Descripción de transformador de rayos X de 75 kVA.....	47
Tabla 17. Carga instalada dentro de los equipos que consumen energía en el generador de 500 kVA.	47
Tabla 18. Valores de energía y cargos para el transformador de 75 kVA en el año de 2016.	51
Tabla 19. Valores de energía y cargos para el transformador de 500 kVA en el año de 2016.	52
Tabla 20. Distribución de pines del medidor de energía Fluke 1750.....	53
Tabla 21. Fechas de medición de calidad de energía en los transformadores instalados en el Hospital.....	55
Tabla 22. Valores obtenidos de niveles de tensión en el transformador de 75 kVA	55
Tabla 23. Valores obtenidos de niveles de tensión en el transformador de 500 kVA	55
Tabla 24. Valores obtenidos de factor de potencia en el transformador de 75 kVA.	56
Tabla 25. Valores obtenidos de factor de potencia en el transformador de 500 kVA.	56
Tabla 26 .Valores obtenidos para distorsión armónica. Fase AN en el transformador de 75 kVA.	56
Tabla 27. Valores obtenidos para distorsión armónica. Fase BN en el transformador de 75 kVA.	57

Tabla 28. Valores obtenidos para distorsión armónica. Fase CN en el transformador de 75 kVA.	57
Tabla 29. Valores obtenidos para distorsión armónica. Fase AN en el transformador de 500 kVA.	58
Tabla 30. Valores obtenidos para distorsión armónica. Fase BN en el transformador de 500 kVA.	58
Tabla 31. Valores obtenidos para distorsión armónica. Fase CN en el transformador de 500 kVA.	59
Tabla 32. Valores obtenidos para THDV.	59
Tabla 33. Valores de variación de frecuencia en el transformador de 75 kVA.	59
Tabla 34. Valores de variación de frecuencia en el transformador de 500 kVA.	60
Tabla 35. Valores obtenidos de huecos de tensión en el transformador de 75 kVA.	60
Tabla 36. Valores obtenidos de huecos de tensión en el transformador de 500 kVA.	60
Tabla 37. Valores obtenidos de interrupción larga en el transformador de 500 kVA.	61
Tabla 38. Valores obtenidos de sobretensión en el transformador de 500 kVA.	61
Tabla 39. Valores obtenidos de desequilibrio de tensión en el transformador de 75 kVA.	61
Tabla 40. Valores obtenidos de desequilibrio de tensión en el transformador de 500 kVA. ..	61
Tabla 41. Valores obtenidos de parpadeo flicker en el transformador de 75 kVA.	62
Tabla 42. Valores obtenidos de parpadeo flicker en el transformador de 500 kVA.	62
Tabla 43. Descripción del generador de energía marca SMDO.	62
Tabla 44. Descripción del caldero.	63
Tabla 45. Límites para la distorsión armónica de tensión según IEC 61000.	64
Tabla 46. Valores obtenidos para la variación de tensión según UNE-EN-50160.	64
Tabla 47. Valores de potencia reactiva necesaria para compensar el bajo factor de potencia en los transformadores de 75 y 500 kVA.	73
Tabla 48. Valores promedio mensual de energía que se genera en los transformadores de 75 kVA y 500 kVA.	73
Tabla 49. Valores promedio mensual de energía que se genera en los transformadores de 75 y 500 kVA.	74
Tabla 50. Resumen de materiales primarios para el diseño del banco de condensadores de 75 kVA.	76
Tabla 51. Resumen de materiales primarios para el diseño del banco de condensadores de 500 kVA.	77
Tabla 52. Propuesta de cambio de luminarias y lámparas por de menor potencia.	78
Tabla 53. Potencia con las lámparas actuales y con lámparas propuestas.	79
Tabla 54. Consumo con las lámparas actuales y con lámparas propuestas.	79
Tabla 55. Valores de consumo de energía eléctrica con los cambios propuestos.	80

Tabla 56. Consumo promedio y ahorro mensual estimado por uso de equipos de corrección de factor de potencia del transformador de 75 kVA.	81
Tabla 57. Consumo promedio y ahorro mensual estimado por uso de equipos de corrección de factor de potencia del transformador de 500 kVA.	81
Tabla 58. Consumo promedio y ahorro mensual estimado, por sustitución de equipos de iluminación.....	82
Tabla 59. Consumo promedio y ahorro mensual (actual, futuro).	82
Tabla 60. Materiales necesarios para la propuesta de ahorro energético.....	83
Tabla 61. Tabla de VAN y TIR generados en el Hospital Homero Castanier Crespo.	86
Tabla 62. Relación costo beneficio de la propuesta.	87

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. LEVANTAMIENTO DE ILUMINACIÓN EN EL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO.....	92
ANEXO 2. LEVANTAMIENTO DE EQUIPOS QUE CONSUMEN ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO.....	96
ANEXO 3. PERTURBACIONES DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	105
ANEXO 4. FOTOGRAFÍAS DE LOS TRANSFORMADORES DEL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO.....	106
ANEXO 5. MEDICIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA EN EL TRANSFORMADOR	109
ANEXO 6. MEDICIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA EN EL TRANSFORMADOR DE .	115
ANEXO 7. CONSUMO PROMEDIO DE ILUMINACIÓN EN EL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO	122



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se refiere a Eficiencia Energética y Calidad de Energía en el Hospital Homero Castanier Crespo de la ciudad de Azogues. Como primera etapa se realizó la recopilación de información de la situación actual del Hospital encontrando que existe un elevado consumo energético y penalizaciones por bajo factor de potencia. Se realizaron mediciones de campo e inspecciones de las instalaciones del Hospital con el fin de analizar el consumo de energía y los disturbios generados en el sistema eléctrico. Con la información recopilada se generaron propuestas para disminuir el consumo en el sistema de iluminación mediante el cambio de luminarias, también se propuso la corrección del factor de potencia implementando un banco de condensadores por cada transformador. Se evaluó la factibilidad y rentabilidad de las propuestas mediante el análisis técnico económico, y se determinó que las mismas son viables. Permitiendo recuperar la inversión y generar beneficios económicos para la Institución. Finalmente se realizaron conclusiones y recomendaciones que ayudaran a optimizar el uso de energía eléctrica.

Palabras clave:

CALIDAD DE ENERGÍA, EFICIENCIA ENERGÉTICA, AHORRO ENERGÉTICO, FACTOR DE POTENCIA.



ABSTRACT

The current research refers to the Energy Efficiency and Quality at the Homero Castanier Crespo Hospital in the city of Azogues. As a first step, the compilation of information on the existing situation of the Hospital observing that there high energy consumption and penalties for low power factor. Field measurements and inspections to the Hospital facilities were performed in order to analyze the energy consumption and disturbances generated in the electrical system. With the information gathered proposals to reduce consumption in the lighting system were caused by changing lamps, the power correction factor is also recommended by implementing a capacitor bank for each transformer. The feasibility and effectiveness of the proposals were assessed by an economic and technical analysis, and concluded that they are viable. Allowing to recover the investment and produce economic benefits for the Institution. Finally, conclusions and recommendations were made to help optimize the use of electricity.

Keywords:

ENERGY QUALITY, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SAVING, POWER FACTOR.



INTRODUCCIÓN

El trabajo de tesis tiene como objetivo principal evaluar la eficiencia energética y la calidad de energía en el Hospital Homero Castanier Crespo; establecimiento calificado dentro de la provincia como centro prioritario de atención de salud y uno de los principales consumidores de energía eléctrica de la Empresa Eléctrica Azogues.

Para ello el proyecto se divide en 5 capítulos distribuidos de la siguiente manera:

En el Capítulo I se realiza una descripción y fundamentación teórica que se apoya en la investigación teórico científico de eficiencia energética y calidad de energía, los factores que influyen en la optimización de las instalaciones, políticas y regulaciones de la energía eléctrica, pérdidas, disturbios y perturbaciones del sistema eléctrico.

El Capítulo II se realiza la descripción de la situación actual energética, el consumo promedio mensual y los equipos instalados en el lugar para obtener la carga instalada e identificar los principales consumidores de energía eléctrica. Se describen las causas encontradas durante el levantamiento de información que pueden afectar la calidad del servicio eléctrico y los efectos generados. Se efectúa una breve comparación del Hospital con establecimientos hospitalarios internacionales.

En el Capítulo III se desarrolla el levantamiento de información sobre calidad de energía con el uso del equipo de medición Fluke 1750 en las acometidas internas de la red. Se realizan mediciones en los transformadores de alimentación de 75 y 500 kVA evaluando niveles de tensión, factor de potencia, distorsión armónica, THDV, variación de frecuencia y disturbios relacionados con la calidad de energía. Las mediciones realizadas se comparan con normas y regulaciones vigentes.

Con la información recopilada en los capítulos anteriores, el Capítulo IV se realiza el análisis de los resultados de calidad de energía y consumo de energía eléctrica. Se plantean soluciones para los sistemas de alimentación de energía y disminución de consumo de energía eléctrica. Se describen propuestas para la corrección de bajo factor de potencia con la instalación de un banco de condensadores en cada transformador y la sustitución de luminarias para disminuir el consumo de energía. Las propuestas son evaluadas mediante el análisis técnico económico que permitirá valorar la rentabilidad del proyecto y la aplicación o inversión del mismo.



En el Capítulo V se formula las conclusiones y las recomendaciones que permitirán optimizar los recursos de energía eléctrica en las instalaciones del Hospital Homero Castanier Crespo.

El tema de investigación permite ofrecer alternativas de ahorro y optimización de las instalaciones dentro del Hospital, reducir las penalizaciones por bajo factor de potencia y encaminar a los altos directivos hacia un ahorro energético con las propuestas planteadas. El trabajo de investigación sirve además como guía de apoyo para investigaciones de similares características en donde se vea involucrada la calidad de energía y eficiencia energética para centros hospitalarios.



CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Eficiencia energética.

“Es el conjunto de acciones o actividades destinadas a optimizar la relación entre la cantidad de energía efectivamente aprovechada y la energía consumida para el uso establecido”. (Agencia Chilena de Eficiencia Energética [AChEE], 2013, pág. 9)

Se refiere al ahorro que se le puede dar a la energía reduciendo al máximo pérdidas y desperdicios sin descuidar la calidad de la misma para obtener el resultado final que es el uso en establecimientos, equipos y consumidores finales.

En el Ecuador el término “eficiencia energética” no es muy explotado y no existen parámetros de control o regulaciones en el campo hospitalario. El plan que maneja el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), es limitado y se remite a impulsar proyectos para un mejor uso de la energía convencional sin estar claramente definidos.

“La energía eléctrica a diferencia de otras fuentes de energía no permite su almacenamiento en grandes cantidades, es por eso que requiere de redes de distribución complejas por ser de uso variado cuando se la necesita y a precios razonables. Implícitamente está involucrado toda la red para transportarla, para cuando exista sobredemanda estar lista para abastecerla y cuando ésta baje, sub-dimensionar toda la infraestructura.

El uso racional y eficiente de energía está en generar y distribuir energía útil o activa, además de compensar otro tipo de energías resultantes como la energía reactiva y de distorsión”. (Morante, 2014, pág. 7)

Con la innovación tecnológica y el uso de equipos electrónicos, “más del 50% de la energía eléctrica consumida es procesada por algún tipo de convertidor electrónico.” (Barcells & Jordi, 2011, pág. 1). Su utilidad es fundamental en la actualidad para modificar parámetros de alimentación de energía, sin embargo ocasionan distorsión y perturbación en el sistema con pérdidas en la eficiencia del sistema de distribución, distorsión en la calidad de onda de tensión y finalmente fallos en equipos de control o electrónicos.



En el caso de uso hospitalario el control que se hagan a todas las perturbaciones juega un papel preponderante en la calidad de energía y funcionamiento de los equipos que garanticen la seguridad de los usuarios a todo nivel de atención.

“El consumo de energía eléctrica en el sector hospitalario corresponde uno de sus gastos principales debido a la cantidad de maquinaria, iluminación, la climatización y el cuidado higiénico que se les da a los equipos en general.” (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid [Fenercom], 2010, pág. 23)

Es importante mencionar que el mayor consumo energético no representa mayor comodidad o se ve reflejado en un mejor servicio. Este factor es eficiente cuando las instalaciones presten las comodidades para el servicio cuidando al máximo los rendimientos energéticos.

“La eficiencia energética en instalaciones de salud se fundamenta en 5 aspectos:

- Mejoramiento de la eficiencia de los servicios activos o alta demanda como climatización, ventilación, iluminación y abastecimiento de electricidad.
- Mejoramiento de aislamiento térmico o de la arquitectura.
- La optimización de la gestión de sus procesos.
- La mejora en los hábitos del usuario.
- Implementación de medidas de control y monitoreo”. (AChEE, 2011, pág. 25)

1.1.1. Eficiencia energética eléctrica.

Se refiere a la reducción de las potencias y energías que se requieren en el sistema eléctrico, sin que afecte el sistema en el cual está referido. Una instalación eléctrica eficiente genera reducción de costos y permite la optimización técnica del sistema.

Es necesario tomar en cuenta 3 aspectos relacionados a la eficiencia energética:

- Mejorar y optimizar los recursos ambientales (protocolo Kioto), calentamiento global y el efecto invernadero para la cantidad de energías fósiles que se usan en la actualidad, optimizando el recurso energético.
- Mejorar la infraestructura de las instalaciones, reduciendo al máximo paradas improvisadas o desperdicios que por esta causa generen.
- Reducción de costos de producción de energía por cambios técnicos y sostenibles.

Con un análisis técnico y fundamentado se puede obtener un 30% de ahorro energético si se enfoca el estudio del proyecto en eficiencia energética. (AChEE, 2011, pág. 11).

1.1.2. Eficiencia energética en edificios.

“Existen regulaciones dentro de la eficiencia energética para edificios, dentro de sus objetivos pretende entre sus puntos, instaurar acciones, tomar medidas, determinar objetivos y responsabilidades para el uso eficiente de energía en edificios, establecer requisitos mínimos y reducir el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono”. (Diario Oficial de la Unión Europea [DOUE] 2010, pág. 1) Sin embargo en el Ecuador estos alcances son muy restringidos por lo que es primordial controlar el consumo de energía en instalaciones o edificaciones.

“Las autoridades del sector eléctrico a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) son responsables de la gestión y control de proyectos, promover el uso de la eficiencia energética, reducir el impacto ambiental, con el fin de implementar medidas de ahorro energético.” (Ministro de Electricidad y Energía Renovable [MEER], 2009, pág. 1). La importancia entonces de considerar el análisis de eficiencia energética dentro del campo de aplicación en la actualidad.

Los hospitales se consideran como infraestructura del tipo edificio. El concepto de eficiencia energética debe optimizar recursos de energía para lograr el mismo objetivo sin que este se vea afectado, sino buscar la mejora continua.

El ahorro de las tarifas se ve reflejado en el valor de las facturas a pagar. La optimización de energía en los edificios reduce la demanda de energía, pudiéndose llegar a reformar las instalaciones de una manera más eficiente reduciendo el consumo. En la Fig. 1 se presenta los factores que influyen en la optimización de energía eléctrica.

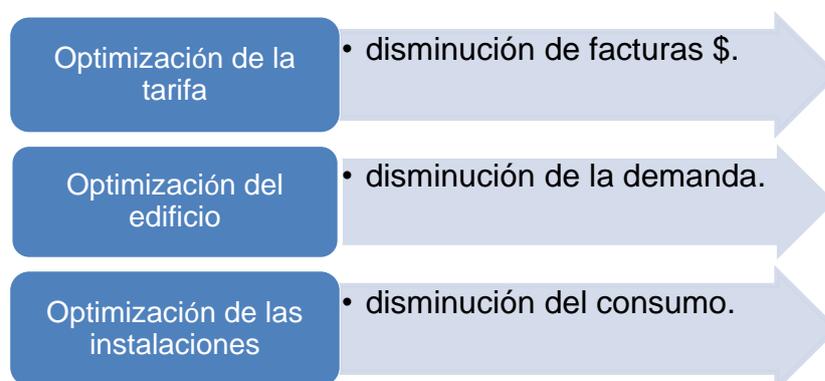


Fig. 1. Factores que influyen en la optimización de energía eléctrica
Fuente: (Energylab, Ciemat, & Fenosa, 2016)

En el sector hospitalario existe un sinnúmero de habitaciones especiales para cada tipo de demanda, pudiendo ir desde un desván de artículos de limpieza hasta un quirófano, se



debe prestar atención en todos los niveles. El estudio de eficiencia energética aplicado a hospitales debe fragmentarse de acuerdo a la criticidad de la demanda en cada sector o departamento, tales como quirófanos, emergencia, consultorios, etc. El consumo de energía se evalúa con el valor global a fin de establecer los puntos de control.

Otro factor importante al momento de analizar el factor energético está en la cantidad de personas que circulan a lo largo del día, su funcionalidad y los momentos en los que se desenvuelve en las instalaciones como quirófanos, sala de emergencias, de cuidados intensivos y ambulatorios. Las instalaciones administrativas deben ser evaluadas con el fin de garantizar el buen uso y ambiente de trabajo con la optimización energética.

1.1.2.1. Sistema de Iluminación

“Los factores a considerar dentro de la eficiencia en iluminación son la calidad visual ante el paciente, la disponibilidad de uso de los equipos de acuerdo al uso y el consumo energético que este valor representa en la facturación mensual.” (Idae & Cei, 2001, pág. 7)

En eficiencia de iluminación se debe evaluar el porcentaje de reducción de energía que puede ocasionar el ahorro, con la actualización e instalación de equipos de menor consumo energético, evaluación de costo beneficio que representa el cambio y la mejora de equipos y finalmente el retorno de la inversión.

La iluminación comparada con el resto de equipos posee potencia individual muy baja sin embargo por la cantidad que se encuentran instaladas, se considera crítica e importante dentro del estudio de eficiencia energética.

Para optimizar los recursos energéticos relacionados a la iluminación es necesario considerar el uso de acuerdo a las tareas específicas que se desarrollan dentro del Hospital, es por eso que se ha realizado los siguientes grupos de acuerdo a la percepción o nivel de iluminación que necesita cada área.

- Espacio con actividad visual elevada: Quirófanos, laboratorios, salas de rehabilitación y terapia, salas de reconocimiento y tratamiento, unidad de cuidados intensivos, emergencias, salas de rayos x, salas de radioterapia, salas de consultas externas.
- Espacios con actividad visual normal: Unidades de hospitalización, farmacia, oficinas, despachos.
- Espacios con actividad visual baja: vestíbulos, pasillos y escaleras, comedores y cafeterías, servicios, almacenes, zonas de esperas y paso. (Idae & Cei, 2001, pág. 13)

El tiempo de uso es fundamental cuando se trata de ahorro de energía, y va ligado a las actividades que desarrollan, de acuerdo a esta consideración se tiene la siguiente clasificación:

- Zonas de uso máximo las 24 horas los 365 días del año: Urgencias, unidades de hospitalización, salas de máquinas, cocina (actividad casi constante), ascensores, vestíbulos, escaleras, accesos, pasillos, etc. Farmacia y unidad de cuidados intensivos (puede cerrar parcialmente de ser el caso).
- Zonas de uso elevado en donde debe existir al menor una unidad de cada una siempre lista para atención: Quirófanos, laboratorios, esterilización, rayos x, diálisis.
- Zonas de menor uso laboral de 8 a 12 horas al día: Consulta externa, oficinas, radioterapia, almacenes, archivos. (Idae & Cei, 2001, pág. 14)

Criterios de diseño

Las condiciones estándares que se deben cumplir en los establecimientos de salud de acuerdo al área de trabajo están descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores de confort para diferentes establecimientos de salud.

TIPO DE RECINTO	ILUMINACIÓN (LUX).	RANGO DE CONFORT TÉRMICO [°C]
Hospitalización	300	21-24
Laboratorios/farmacia	300	21-26
Salas de espera	300	19-23
Salas de tratamiento	300-500	21-26
Dermatología	500	20-24
Unidad de cuidados intensivos	300	20-24
Pabellones quirúrgicos	500-1000	18-26
Urgencias	300	20-24
Salas pre y post operatorio	300	21-26
Oficinas/ zonas administrativas	500	20-25
Áreas vestuario y aseo	150	20-26
Servicios higiénicos	150-200	20-24
Pasillos	150-200	19-25

Fuente: (AChEE, 2011)

Se entiende por iluminancia a la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) que es emitido por una fuente de luz, llega vertical u horizontalmente a una superficie dividido por dicha superficie, siendo su unidad de medida el lux.

Ejemplos de iluminancia para la luz del sol al aire libre esta entre 32 000 a 100 000 lux, pasillos en edificios promedio de 10 lux, la luz de la luna representan alrededor de 1 lux.

Tipos de lámparas

El alumbrado en el sector hospitalario debe ser flexible de acuerdo al tipo de uso; desde intensa, sin reflejos, de fácil limpieza y sin producir calor para el caso de quirófanos, a cálida de colores fríos o neutros y flexibles para habitaciones de pacientes.

De acuerdo a los requerimientos hospitalarios las lámparas recomendadas para el sector hospitalario capaces de brindar características óptimas se pueden clasificar de acuerdo a:

- Fluorescentes tubulares lineales (T8) de 26 mm. de diámetro.
- Fluorescentes tubulares lineales (T5) de 16 mm. de diámetro.
- Fluorescentes compactas con equipo incorporado (denominadas lámparas de bajo consumo).
- Fluorescentes compactos (TC).
- Fluorescentes compactos de tubo largo (TC-L).
- Lámparas incandescentes halógenas.
- Lámparas de inducción electromagnética.
- Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM).
- Vapor de mercurio color corregido (VM), (sólo para los exteriores). (Idae & Cei, 2001, pág. 26)

El balastro es el componente que limita el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos y deben proporcionar a éstas las características de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posibles. Desde el punto de vista de la eficiencia energética, los balastros se clasifican según el tipo de lámpara, número de lámparas asociadas al equipo y potencia de las mismas:

En la Tabla 2 se describen los balastros recomendados para cada tipo de lámpara.

Tabla 2. Balastro recomendado para lámparas de uso hospitalario.

TIPO DE LÁMPARA	BALASTRO RECOMENDADO
Lámpara tubular fluorescente T8, (d=26)	Electromagnético / Electrónico
Lámpara tubular fluorescente T5, (d=16)	Electrónico
Lámpara fluorescente compacta	Electromagnético / Electrónico
Lámpara vapor de mercurio	Electromagnético
Lámpara de halogenuros metálicos	Electromagnético/ Electrónico
Incandescencia halógenas	Electromagnético / Electrónico
Lámparas de inducción	Electromagnético Electrónico

Fuente: (Idae & Cei, 2001)



Existe variedad de posibilidades para el ahorro energético en iluminación desde tubos fluorescentes básicos hasta sistemas led, sensores, controladores de tiempo, etc. Cada uno representa un costo diferente de acuerdo a la necesidad de grado de eficiencia energética que se requiere alcanzar.

1.1.3. Optimización de las instalaciones.

Iluminación. “Las reducciones que se puedan lograr en la iluminación son fundamentales dentro del ahorro energético. Se puede estimar que se pueden conseguir ahorros importantes de hasta el 65% del consumo de energía del Hospital en la iluminación modificando el tipo de luminaria, sistemas de control y aprovechar el medio ambiente como luz natural.” (Idae & Cei, 2001, pág. 23)

Un sistema de alumbrado puede estar compuesto por:

- *Fuente de luz.* Se refiere al elemento que genera la energía lumínica.
- *Luminaria.* Es el complemento de la fuente de luz que distribuye la luz dentro de un espacio determinado.
- *Equipos auxiliares o de control.* Son todos los elementos que complementan a la fuente de luz como adicionales, ya sea porque la fuente no puede funcionar por sí sola, o funcionan como elemento de control de la misma”. (Fenercom, 2010, pág. 94)

“Para la elección de fuentes de luz es importante considerar la cantidad de lúmenes, calidad de la luz, cantidad de energía consumida por lámpara y el diseño del sistema de iluminación.” (Fenercom, 2010, pág. 68)

La mejor opción será la que con las mismas características de luz se consuma la menor cantidad de energía.

1.2. Políticas y regulaciones de la energía eléctrica.

En el Ecuador existen regulaciones y políticas que han sufrido cambios y reformas desde su creación, “teniendo como objetivo principal establecer las normas y procedimientos para la aplicación de la ley en la actividad de generación y en la prestación de los servicios públicos de transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, necesarios para satisfacer la demanda nacional, mediante el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales”. (Constitución de la República del Ecuador [CRE], 2015, pág. 4)

Instituye normas relacionadas con la estructura del sector eléctrico, que han permitido tener control sobre las distintas variables relacionadas a la energía eléctrica. (CRE, 2015, pág. 4)

Establece además dentro de sus regulaciones el plan maestro de electrificación a través del balance energético nacional como una herramienta de gestión para la toma de decisiones en el sector energético a través de 3 ejes fundamentales:

“Garantizar el suministro de energía eléctrica con criterios de eficiencia, sostenibilidad, calidad, continuidad y seguridad, promover la producción y el uso eficiente de la energía eléctrica, incrementar el nivel de modernización, investigación y desarrollo tecnológico en el sector eléctrico, incrementar la cobertura y la prestación del servicio de energía eléctrica y reducir los impactos socio ambientales del sistema eléctrico”. (MEER, 2014, pág. 49) En la Fig. 2 se presenta una breve descripción de consumo de energía por sectores.

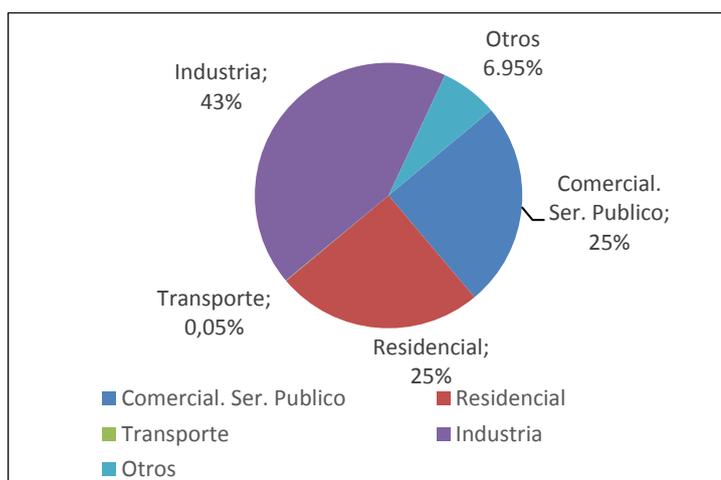


Fig. 2. Consumo de electricidad por sector en el Ecuador.
Fuente: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos [MICSE], 2014)

Según la Fig. 2, el consumo de energía en el sector comercial o público ocupa un rubro importante, ligado al crecimiento económico del país que debe ser considerado dentro del campo de estudio para hospitales.

Los principales campos de acción en este tipo de sectores que destinan el uso final de energía son: refrigeración, climatización e iluminación.

Para el control de consumo energético en los diferentes sectores del país, mediante decreto ministerial 1048 se crea:



“EL INSTITUTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES (INER), COMO ENTIDAD ADSCRITA AL MINISTERIO DE ELECTRICIDAD que tiene por objeto fomentar:

- La investigación científica y tecnológica.
- La innovación y formación científica.
- La difusión del conocimiento.
- La eficiencia energética.
- El desarrollo y uso de prácticas tecnológicas no contaminantes, de bajo impacto.
- La diversificación de la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia”. (CRE, 2012, pág. 1)

Con la creación del INER se promueve el uso y la generación de nuevas alternativas energéticas así como el cambio de la matriz productiva con el uso de herramientas de eficiencia energética, sustentadas en mayor promoción en energías renovables y menos dependientes de las energías derivadas del petróleo.

“Dentro de los Aspectos de Sustentabilidad y Sostenibilidad Social y Ambiental del Consejo Nacional de Electricidad establece que se debe orientar e implementar medidas de eficiencia en edificios y dependencias públicas”. (Agencia de Regulación y Control de Electricidad [ARCONEL], 2013, pág. 18)

Según el plan que se maneja a largo plazo es que todos los establecimientos públicos y de servicio cuenten con planes de eficiencia energética establecidos y regulados por el INER.” (ARCONEL, 2013, pág. 18) Para el caso de las instalaciones del Hospital Homero Castanier Crespo, no existen planes o metodologías de eficiencia energética aplicados o en estudio.

Lo cual se hace importante que la institución se enmarque dentro de las políticas que establece dicho plan.

La mejora que se pueda dar en este punto al hospital permitirá evaluar las características del establecimiento de salud con respecto a la eficiencia y uso de energía.

1.2.1. Pérdidas de energía.

“El MEER y ARCONEL con referencia al Plan Maestro de Electrificación 2014 desarrolla estrategias de tal modo que la gestión de las distribuidoras de energía disminuya pérdidas y amplíen la cobertura sin descuidar la calidad del servicio”. (MEER, 2014, pág. 1)

Lo descrito anteriormente se puede ver reflejado en la Empresa Eléctrica Azogues, según la Tabla 3.

Tabla 3. Evolución de pérdidas de energía de la Empresa Eléctrica Azogues en porcentaje.

EVOLUCIÓN DE PÉRDIDAS ENERGÍA EN PORCENTAJE (%)												
Distribuidora	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Nov 2013
E. E. Azogues	7,38	6,97	7,58	6,05	5,01	5,18	5,44	5,21	5,04	5,04	4,3	4,6

Fuente: (MEER, 2014)

1.2.2. Regulaciones de energía eléctrica

Las regulaciones establecidas en el sector eléctrico están determinadas de acuerdo a cada país. Existen normas internacionales que son formadas con el aval de entidades nacionales dedicados a la normalización y que pertenecen a organismos internacionales como:

- “IEC (International Electrotechnical Commission),
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers,
- CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization)”, etc. (Sánchez, 2009, pág. 437)

“Las regulaciones con mayor aceptación a nivel internacional son IEC y del IEEE”. (Sánchez, 2009, pág. 437).

Tabla 4. Estándares IEEE e IEC para la calidad de la energía por campo de aplicación.

CAMPO DE COBERTURA	ESTÁNDARES RELEVANTES SEGÚN IEEE	ESTÁNDARES RELEVANTES SEGÚN IEC
Armónicas.	IEEE Std C57.110, IEEE Std 519, IEEE Std 929	
Disturbios.	ANSI C62.41, IEEE Std 1100, IEEE Std 1250	
Equipo de mitigación.	IEEE Std 446, IEEE Std 1035, IEEE Std 1250	
Interfase con la compañía.	IEEE Std 446, IEEE Std 1001, IEEE Std 1035	
Monitoreo.	IEEE Std 1100, IEEE Std 1159	
Inmunidad de la carga.	IEEE Std 141, IEEE Std 446, IEEE Std 1100	
Definiciones y metodología.		61000-1-X
Ambiente.		61000-2-X
Límites.		61000-3-X
Pruebas y mediciones.		61000-4-X
Instalación y mitigación.		61000-5-X
Inmunidad genérica y emisiones.		61000-6-X

Fuente: (Sánchez, 2009)



Dentro del sector eléctrico ecuatoriano se han instaurado normativas, regulaciones y una serie de capítulos y artículos de los cuales se hace referencia a la Regulación CONELEC 004/01.

A continuación se hace una breve descripción de normas internacionales y la nacional aplicada en la actualidad.

1.2.2.1. Estándar EN 50160

Estándar Europeo que tiene como objetivo describir las características principales del voltaje en las terminales de alimentación del consumidor en sistemas de distribución pública de medio y bajo voltaje en condiciones normales de operación. (Grupo de Investigación, desarrollo e innovación de la UNEX, 2009, pág. 13)

1.2.2.2. Estándar IEC

Desarrolla normas sobre compatibilidad electromagnética. Algunas de esas se describen a continuación

- “IEC 6100032 establece los límites para la emisión de corriente armónica hasta 16 A aplicable para equipos eléctricos suministrados desde la red de alimentación con tensión ≥ 220 V.
- IEC 6100024 establece las perturbaciones permisibles a nivel industrial, aplicables a redes de distribución de 50-60 Hz en media y baja tensión. Esta norma identifica el tipo de clase de acuerdo al tipo de equipo y sus características y son:
 - Clase 1. Equipos muy sensibles a las perturbaciones.
 - Clase 2. puntos de conexión común y puntos de conexión interior en la industria.
 - Clase 3. Para alimentaciones a través de convertidores, equipos de consumo de energía elevado o motores con arranque frecuente de gran capacidad.
- IEC 6100024 explica los parámetros de medida para la calidad de energía y la interpretación de resultados, identifica el ancho de banda, y los parámetros mínimos a considerar como: frecuencia, magnitud de la tensión de alimentación, flicker, fluctuaciones, interrupciones, desequilibrios, transmisión de señales, y cambios rápidos en la tensión de alimentación”. (Sánchez, 2009, pág. 437)

1.2.2.3. Estándar IEEE

Relaciona la calidad de la potencia de energía.



- IEEE 519. Se refiere a recomendaciones prácticas y requerimientos para armónicos en sistemas eléctricos de potencia, en donde los operadores tienen la misión de suministrar el nivel óptimo de onda estableciendo los límites de distorsión armónica en función del valor de cortocircuito (SCR) y el orden de la armónica.
- La publicación de la IEEE Estándar 602-1996 Recomendada para Sistemas Eléctricos en Instalaciones de Salud, es útil para proporcionar una práctica recomendada para el diseño y operación de los sistemas eléctricos en los centros de salud”. (Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE], (2007), pág. 6) Todos los establecimientos relacionados como centros de atención o salud se consideran dentro del alcance del libro.

Ofrece recomendaciones para el diseño, considerando las normas, costos relacionados y naturaleza de la fuente de energía eléctrica a fin de establecer la mejor opción de diseño de sistemas en establecimientos de salud. (IEEE, 2007, pág. 4)

Establece parámetros de control dentro del sistema eléctrico para cada necesidad dentro de las instalaciones. Diferencia notablemente cada departamento interno dentro del centro de atención, por ejemplo las zonas ambulatorias, áreas de diagnóstico o emergencia críticos que deben ser dimensionados a partir de los datos de carga propios de cada sector y la carga instalada de los equipos. (IEEE, 2007, pág. 6)

Para establecimientos de salud las cargas eléctricas las divide en: las siguientes categorías generales:

- a) Equipamiento de equipo.
- b) Calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (HVAC & R)
- c) Transporte (ascensores, carretillas)
- d) Bombas auxiliares (fuego, colector de aceite, aire clínica y de vacío, tubo neumático)
- e) Equipo Funcional
- f) Cocina
- g) Diálisis
- h) Sistemas de comunicación
- i) Máquinas comerciales
- j) Servicio de lavandería
- k) Equipo médico
- l) Rayos X y Sistemas de Imagen
- m) Radioterapia
- n) Laboratorio



- o) Cirugía
- p) Cuidados intensivos, recuperación de emergencia
- q) Violencia física y terapia ocupacional
- r) Terapia de inhalación
- s) Farmacia
- t) Administración de Materiales
- u) Registros médicos. (IEEE, 2007, pág. 6)

Estrategias de la gestión de la demanda usadas para el ahorro de energía se trata en esta norma, en la selección adecuada de los componentes del sistema así como su disposición, se hace fundamental para ofrecer el establecimiento de salud con energía eléctrica confiable, segura y económica. (IEEE, 2007, pág. 6)

Dentro del estudio relaciona los problemas relacionados con el servicio de energía, problemas operativos agudos, como dispensar medicamentos, la realización de procedimientos quirúrgicos, o la realización de trabajos de laboratorio médico. Evalúa la proyección y futuro crecimiento de la demanda con el fin de que el centro pueda proporcionar atención debida a los pacientes. (IEEE, 2007, pág. 6)

En la Tabla 4 se identifican los valores principales de la norma IEEE e IEC y las aplicaciones principales a las cuales aplica cada una de ellas.

1.2.2.4. Regulación No. CONELEC 004/01.

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), ente regulador del sector eléctrico ecuatoriano establecen una normativa de calidad del servicio eléctrico y los procedimientos de evaluación a ser observados por las empresas eléctricas distribuidoras reglamentados por la Regulación CONELEC 004/01 emitida en el 2001.

La Calidad de Servicio se medirá de acuerdo a 3 ejes fundamentales:

Calidad del Producto.

- “Nivel de voltaje
- Perturbaciones de voltaje
- Factor de Potencia

Calidad del Servicio Técnico:

- Frecuencia de Interrupciones
- Duración de Interrupciones



Calidad del Servicio Comercial:

- Atención de Solicitudes
- Atención de Reclamos
- Errores en Medición y Facturación". (Agencia de Control y Regulación de Electricidad [ARCONEL], 2001, pág. 3)

1.3. Calidad energía eléctrica.

Calidad de Energía Eléctrica (CEE) establece las características mediante el cual el servicio de energía así como el producto final cumplen las expectativas del cliente mismo que debe mantenerse dentro de los parámetros establecidos por el órgano regulador ARCONEL mediante el cual se han establecido métodos, leyes, penalizaciones, etc.

Cualquier desviación que se dé a los estándares de la calidad de energía se le denomina mala calidad de energía.

El estándar de calidad involucra:

- Tensión o voltaje constante
- Forma de onda sinusoidal
- Frecuencia constante.

La Calidad de Energía Eléctrica (CEE) utiliza para describir el comportamiento característico de las magnitudes eléctricas y las repercusiones que pueden darse en las mismas, las magnitudes se representan como ondas y por los niveles que tengan cada una de ellas. Se refiere también al estudio de fenómenos electromagnéticos que alteran la operación de un sistema eléctrico de potencia.

En el caso del Hospital Homero Castanier Crespo es importante que la operación del sistema eléctrico sea monitoreada constantemente debido al tipo de servicio que presta y la criticidad en atención de pacientes en donde los equipos de control y medicación de pacientes son importantes para garantizar la seguridad y vida de los pacientes que acuden a estos establecimientos.

La deficiente calidad de la energía eléctrica en el sector hospitalario puede ocasionar fallas en la atención de pacientes, espacios críticos como emergencia y quirófanos en donde la calidad de energía debe ser constante y sin cortes, considerando que la calidad de atención está ligada al servicio sin poner en riesgo y peligro la integridad de las personas.

1.3.1. Calidad del suministro eléctrico.

De acuerdo a lo que establece el ARCONEL la calidad del producto técnico que se debe controlar son: nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia; en donde el distribuidor de la energía debe realizar la gestión de mediciones y correspondientes acciones en caso de presentar anomalías.

1.3.1.1 Nivel de Voltaje.

Se define como las variaciones de los valores eficaces medidos cada diez minutos con relación al voltaje nominal. Se recomienda tomar el valor del voltaje nominal de la placa del transformador, y de acuerdo a la normativa si cuando el 5% o más de las mediciones realizadas durante 7 días continuos no cumple se considera el incumplimiento de la misma. (ARCONEL, 2001, pág. 5)

Se debe realizar las mediciones en los diferentes niveles de tensión que existen.

Para efectos de cálculo se consideran los niveles de voltaje, la zona si es urbana o rural y la topología a fin de que las mediciones sean representativas.

Las variaciones de voltaje permitidas con respecto al voltaje nominal vienen determinadas de acuerdo a la siguiente Tabla.

Tabla 5. Variación de voltaje en diferentes etapas.

DESCRIPCIÓN	SUB ETAPA 1	SUB ETAPA 2
Alto voltaje	±7,0%	±5,0%
Medio voltaje	±10,0%	±8,0%
Bajo voltaje Urbanas	±10,0%	±8,0%
Bajo voltaje Rurales	±13,0%	±10,0%

Fuente: (ARCONEL, 2001)

1.3.1.2 Factor de Potencia.

Si en el periodo establecido las mediciones del factor de potencia (fp) están por debajo del límite establecido del 5%. Se considera que existe incumplimiento con el índice de calidad. El límite inferior permitido está en 0.92. (ARCONEL, 2001, pág. 9)

1.3.1.3 Armónicos de voltaje.

Los valores eficaces de los voltajes armónicos individuales (V_i), y el factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje (THD) representados como porcentajes del voltaje

nominal no deben sobrepasar los valores límites establecidos según la Tabla 6. (ARCONEL, 2001, pág. 7)

Tabla 6. Límites de armónicos.

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i $ O $ THD $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2,0	6,0
7	2,0	5,0
11	1,5	3,5
13	1,5	3,0
17	1,0	2,0
19	1,0	1,5
23	0,7	1,5
25	0,7	1,5
>25	$0,1+0,6*25/n$	$0,2+1,3*25/n$
Impares múltiplos de 3		
3	1,5	5,0
6	1,0	1,5
9	0,3	0,3
15	0,2	0,2
Mayores de 21	0,2	0,2
Pares		
2	1,5	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,2	0,5
10	0,2	0,5
12	0,2	0,5
Mayores a 12	0,2	0,5
THD	3	8

Fuente: (ARCONEL, 2001)

1.3.1.4 Perturbaciones.

Parpadeo (Flicker). Se considera el índice de severidad.

La severidad del parpadeo (flicker) se expresa en términos de un índice denominado Pst para períodos de tiempos cortos, y de otro denominado Plt para períodos de tiempo largos.

El límite $Pst = 1$ es el máximo permitido asociado al parpadeo o fluctuación máxima de luminancia que soporta el ojo humano sin molestia. Este no debe superar a la unidad en las mediciones.

En caso de que en los periodos de mediciones establecidas estos valores sobrepasen el 5% dentro de los 7 días con mediciones fuera del límite Pst que establece la Regulación, el suministro de energía no cumple. (ARCONEL, 2001, pág. 6)



1.3.1.5 Calidad del Servicio técnico.

Se evalúa de acuerdo a la frecuencia y duración de las interrupciones del suministro eléctrico. Estas deben ser identificadas de acuerdo al punto 3.1.2 de la Regulación CONELEC 004/01. (ARCONEL, 2001, pág. 10)

Para el cálculo del índice de calidad se deben tomar en cuenta las “interrupciones de corta duración mayores a tres minutos, incluidas las de origen externo por fallas en la transmisión, las inferiores a este tiempo no se consideran interrupciones a tomar en cuenta dentro del índice de calidad”. (ARCONEL, 2001, pág. 12)

1.4. Efectos de la calidad de la energía eléctrica.

La evidencia de la mala calidad de energía puede verse en apariciones de deformaciones o distorsiones en la forma de onda (senoidal), desviaciones de la corriente o tensión causando fallas en el servicio final al usuario.

Se debe realizar el análisis en los sistemas de energía eléctrica de toda la red, medir, gestionar y evaluar las mejores opciones contra fallo en equipos.

Problemas asociados al uso de calidad de energía. Surgen cuando existe cualquier desviación de la tensión, corriente y frecuencia, la interrupción del servicio de energía y cualquier anomalía que al consumidor final deteriore el uso establecido de los equipos y su estabilidad en el uso continuo.

Efectos relacionados a un mal uso de la energía eléctrica. Causan deterioros en los equipos que conllevan pérdidas o paradas en el producto final ya sea producción o servicios, incrementos en la facturación indebida por lecturas incorrectas por bajo factor de potencia, los costos por pérdidas, etc.

Efectos nocivos en la calidad de energía eléctrica a causa de perturbaciones. Debido a fallos puntuales en el uso de equipos degradándolos, errores en ordenadores y equipos electrónicos de potencia, errores en la conmutación de equipos electrónicos, incremento de pérdidas en transformadores, por variaciones de frecuencia se pueden presentar variaciones en la velocidad de máquinas rotativas como motores, esfuerzos severos de fatiga en turbinas de generación térmicas, etc.

Por armónicos se presentan mayores pérdidas en los transformadores, vibración en motores interferencias y bajo factor de potencia.

1.5. Pérdidas de energía eléctrica.

El sistema de distribución en la actualidad y el alto costo que representa el consumo de energía eléctrica involucra a todos los responsables a disminuir al máximo las pérdidas que se generen, esto se ve reflejado en consumo de dólares optimizando la utilidad de las empresas responsables de la distribución.

La red de distribución industrial está constituida por un sistema trifásico de conductores, alimentados por tensiones sinusoidales desfasadas 120° entre cada una de ellas se denomina red ideal. Una red no ideal está constituida por la desviación de este modelo como por ejemplo fases de distinta amplitud, forma de onda no sinusoidal, etc.

En la actualidad no existe red ideal debido a varias causas como por ejemplo, los generadores y su sistema de distribución que poseen cierta impedancia originando caídas de tensión y pérdidas en el sistema de distribución.

Las cargas absorben corrientes transitorias internas y consumen corrientes no sinusoidales y desequilibradas, perturbando la forma de onda y el equilibrio del sistema.

La electrónica de potencia y la microelectrónica ha sido creciente en los últimos años con el aumento de la tecnología, sin embargo es importante considerar que estos producen perturbaciones en la calidad de la energía.

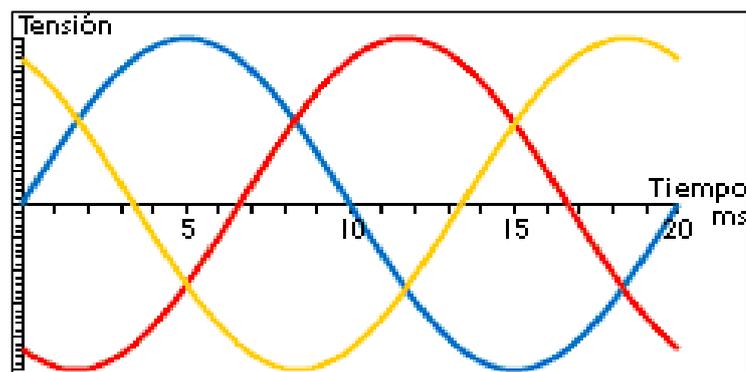


Fig. 3. Sistema trifásico de tensión eléctrica (cada color identifica 1 fase A-B-C).

Fuente: (Elca, 2012)

Cargas Lineales y no lineales en redes de corriente alterna.

Una carga es lineal si cuando se alimenta con tensión sinusoidal representa una corriente sinusoidal de igual frecuencia, aunque admite desfases entre la corriente de carga y tensión que la ha producido.



Están relacionados por un factor constante dependiendo de la frecuencia, los condensadores e inductancias se consideran elementos lineales aunque provoquen desfase entre tensión y corriente.

Todo lo contrario se considera una carga no lineal, cuando la relación tensión - corriente no es constante; es decir la corriente es no senoidal y cuyo paso por la impedancia del circuito provoca caída de voltaje no senoidal, generando distorsiones en el voltaje.

Los focos incandescentes y sistemas de calefacción se consideran cargas lineales, mientras que hornos de arco y convertidores de arco son no lineales.

El uso masivo de cargas no lineales en la industria repercute en varios factores como distorsiones de voltaje en los sistemas, sobrecalentamientos en equipos de generación como transformadores, capacidad disminuida en equipos de distribución, generación de campos electromagnéticos elevados, penalizaciones por bajos factores de potencia.

Es importante tener en cuenta el aumento y la caracterización dentro del estudio este tipo de cargas y evaluar su posible mitigación para evitar pérdidas en la calidad de energía y multas por incumplimiento de límites de energía.

1.5.1. Pérdidas de potencia.

1.5.1.1. Potencia activa (P).

La potencia activa se la define como la potencia que se transforma en trabajo o calor (pérdida). Las máquinas eléctricas de corriente alterna transforman la electricidad en trabajo y calor. Su unidad de medida es el vatio (W).

Las pérdidas por potencia activas se producen por varias causas, incorrecto dimensionamiento de cableado eléctrico, rozamiento entre rodamientos, a causa de equipos de fuerza, etc.

Todas ellas se presentan físicamente en los equipos y sugiere el desgaste de los mismos por el aumento de calor a causa del funcionamiento.

1.5.1.2. Potencia reactiva (Q).

La potencia reactiva es la potencia que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos como por ejemplo: motores, transformadores, reactancias. Su unidad de medida es el voltamperio reactivo (VAR).



1.5.1.3. *Potencia Aparente (S)*

Es la suma geométrica de las 2 potencias activa y reactiva mediante la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} \quad (1)$$

Su unidad de medida es el voltamperio (VA).

El factor de potencia (fp) es el cociente de la potencia activa en relación a la potencia aparente, el factor de potencia es el indicador de aprovechamiento de uso en la energía eléctrica.

El valor de factor de potencia se considera ideal cuando es igual a uno el cual corresponde a una carga netamente activa o resistiva, sin embargo se considera útil para las empresas el valor no menor a 0,92.

El ARCONEL establece que para aquellos consumidores de la categoría general que con mediciones reactivas mensuales inferiores a 0,92, se aplicaran penalizaciones según reglamento de tarifas por bajo factor de potencia.

El valor o recargo por incumplimiento se determina por facturación mensual de consumo de energía, demanda, pérdidas en los transformadores y comercialización multiplicados por Bfp (factor de penalización). (ARCONEL, 2001, págs. 9-10)

$$Bfp = \left(\frac{0,92}{fpr}\right) - 1 \quad (2)$$

1.5.1.4. *Causas para un bajo factor de potencia.*

Cuando los requerimientos de potencia reactiva aumentan debido al aumento considerable de equipos que generen potencia reactiva como motores, lámparas fluorescentes, transformadores, equipos de refrigeración o electrónicos subutilizados a causa de la mala planificación o gestión, provocan una reducción significativa del factor de potencia que conlleva a recargos y penalizaciones por incumplimientos.

1.5.1.5. *Métodos de corrección del factor de potencia.*

Existen métodos de compensación de potencia reactiva tales como compensación global, grupal o individual. Entré los cuales se tiene:

- El uso de condensadores conectados en paralelo con las cargas que generan dicha energía, deben conectarse lo más próximos posibles a las cargas que generan la potencia reactiva para compensarla.
- Los reguladores de potencia o de energía reactiva controlan la conexión de los condensadores para asegurar el factor de potencia cumpla con los requisitos establecidos.

1.6. Disturbios, causas y soluciones.

1.6.1. Perturbaciones en la red eléctrica.

“Las normas internacionales referentes a la calidad de la energía eléctrica y la contaminación hacia la red eléctrica con corrientes armónicas, han cobrado especial interés debido a las perturbaciones que presenta la onda de tensión que proporciona la red. Idealmente esta onda de tensión debe ser una senoidal pura con una frecuencia constante; sin embargo, en la realidad esto no sucede, ya que la onda de tensión presenta perturbaciones”. (Huerta, 2006, pág. 34)

Se dividen en: transitorios, variaciones de tensión de breve o larga duración y distorsión de la forma de onda y otro tipo de perturbaciones que se describirán a continuación.

1.6.1.1. Transitorios.

Oscilatorio. Se da cuando existen cambios repentinos en la tensión o la corriente ya sea con polaridad positiva y negativa.

Para corregir se debe colocar estabilizadores resonantes, cambiadores de tomas ultra rápidas, y filtros de paso bajo al igual que las transitorias impulsivas.

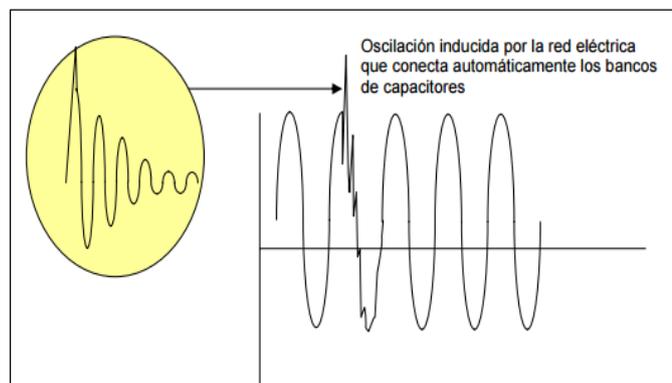


Fig. 4. Ejemplo de perturbación transitoria oscilatoria.
Fuente: (Savener, 2017)

Impulsivas.

Es un cambio súbito y unidireccional (positivo o negativo) en la condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos y de frecuencia diferente a la frecuencia del sistema.

Son de moderada y elevada magnitud pero de corta duración medida en microsegundos. Normalmente están caracterizados por sus tiempos de ascenso donde: $1\mu\text{sec} \leq \text{tiempo ascenso} \leq 10\mu\text{sec}$, y por sus tiempos de descenso donde: $20\mu\text{sec} \leq \text{tiempo de descenso} \leq 150\mu\text{sec}$. Y por su contenido espectral de origen atmosférico. (Kai & Gien, 2009, pág. 2)

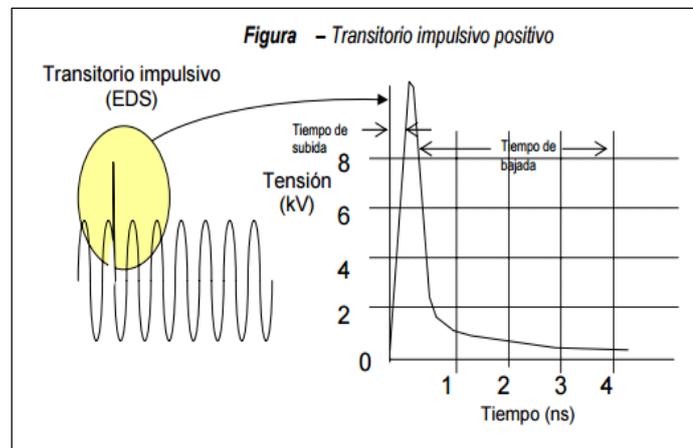


Fig. 5. Ejemplo de perturbación transitoria impulsiva positiva.
Fuente: (Savener, 2017)

Soluciones para corregir perturbaciones transitorias.

Debido a que la causa principal de estos son originadas a descargas atmosféricas, maniobras en línea alta, mediana y baja frecuencia debido a bancos de condensadores se recomienda el uso de transformadores de ultra aislamiento, filtros de paso bajo, así como supresores.

1.6.1.2. Variaciones de tensión de corta duración.

Depresiones de tensión (Sag).

Consisten en la reducción entre 0.1 y 0.9 p.u. en el valor eficaz de la tensión o corriente con una duración de 0.5 ciclos a 1 minuto. (Kai & Gien, 2009, pág. 9)

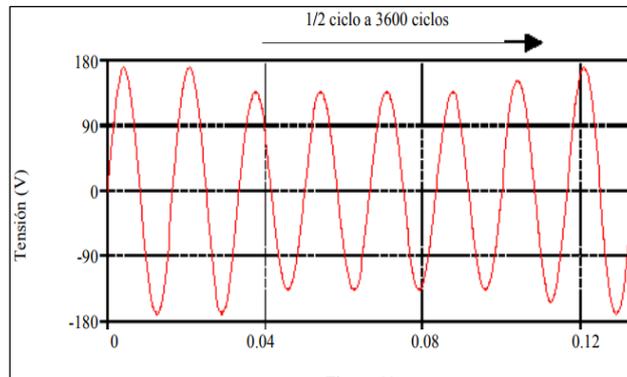


Fig. 6. Depresión de tensión (Sag).
Fuente: (Ramírez & Cano, 2003)

Soluciones para corregir depresión de tensión (Sags).

Se asocian a fallas en el sistema, energización de grandes cargas, arranque de motores de gran potencia y energización de transformadores de potencia.

La consecuencia que representa es el funcionamiento anormal de los equipos electrónicos y de control, pérdidas de datos en ordenadores y posibles paros.

El uso de SAIS (Sistema de alimentación ininterrumpida o UPS) en línea y fuera de línea con filtro así como el uso de resonantes son buenas opciones para reducir al máximo este tipo de tensiones.

Salto de tensión (Swell). Corresponde al incremento del valor eficaz de la tensión o corriente entre 1.1 y 1.8 p.u. con una duración desde 0,5 ciclos a 1 minuto. (Kai & Gien, 2009, pág. 10)

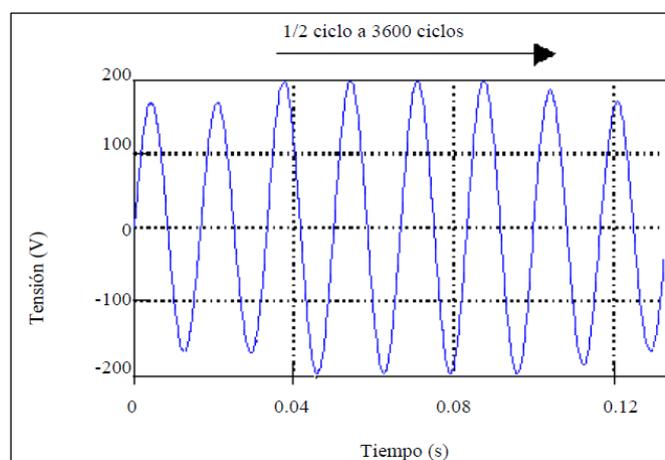


Fig. 7. Salto de tensión (Swell).
Fuente: (Ramírez & Cano, 2003)

Soluciones para corregir salto de tensión (Swell). Se asocian a fallas en el sistema aunque no son tan comunes con el Sag, sin embargo pueden ser causadas por la desconexión de grandes cargas o energización de grandes bancos capacitores. La consecuencia es un funcionamiento anormal de equipos electrónicos sensibles. Se deben instalar equipos SAIS en línea y fuera de línea con filtro, cambiadores de tomas ultrarrápidas y estabilizadores resonantes.

Interrupciones. Se da cuando la tensión o corriente disminuyen a menos de 0.1 p.u. por un periodo de tiempo no mayor a un minuto. (Kai & Gien, 2009, pág. 11)

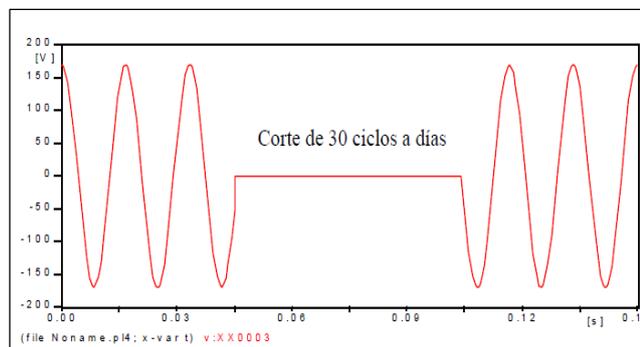


Fig. 8. Interrupciones.
Fuente: (Ramírez & Cano, 2003)

1.6.1.3. Variaciones de tensión de larga duración.

El valor de desviación eficaz de la tensión se da con una duración superior a un minuto y se subdividen en:

Sobretensión. Cuando el incremento de la tensión es superior al 110% del valor nominal con una duración mayor a 1 minuto. Generados principalmente a la desconexión de grandes cargas o conexión de bancos de capacitores.

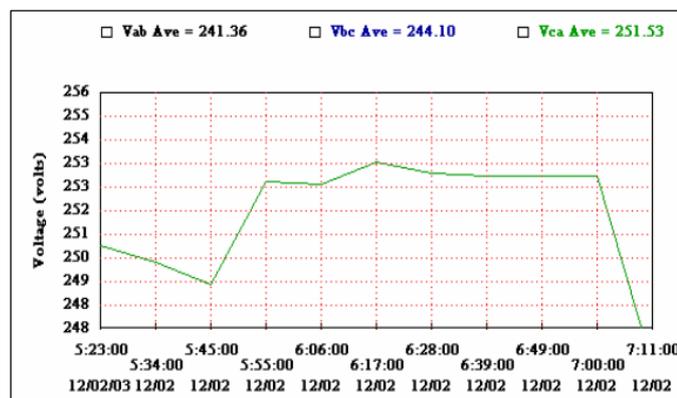


Fig. 9. Sobretensión
Fuente: (Kai & Gien, Calidad de la energía eléctrica, 2009)

Baja tensión. Cuando en el valor eficaz de la tensión es menor al 90% del valor nominal por el periodo mayor a 1 minuto generado debido a la conexión de cargas o a la desconexión de bancos capacitores hasta que los equipos de control reaccionen. En ambos casos de baja y sobre tensión se deben a variaciones de carga de conexión y desconexiones.

Interrupción sostenida. Se da cuando la tensión se ausenta por un periodo superior a 1 minuto. Se consideran permanentes y es necesario actividades manuales para restablecerla.

Desequilibrio de tensiones. Se da cuando las líneas de tensión no son iguales.

Se define como la desviación máxima respecto al valor promedio de las tensiones de línea, dividida entre el promedio de las tensiones de línea, expresado en porcentaje. (Kai & Gien, 2009, pág. 13)

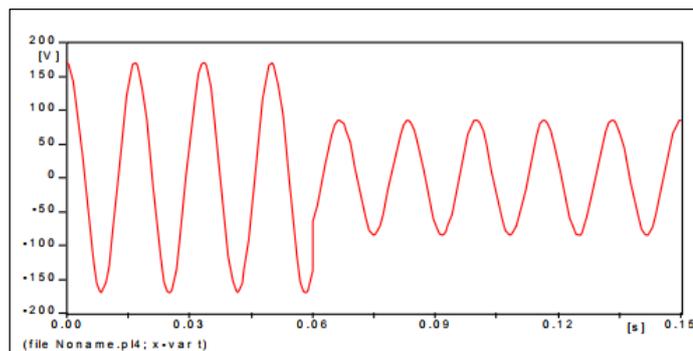


Fig. 10. Desequilibrio de tensión.
Fuente: (Ramírez & Cano, 2003)

1.6.1.4. Distorsión de la forma de onda.

La deformación se establece al comportamiento sinusoidal de la tensión o corriente a la forma de onda pura. Las causas principales para la distorsión de onda se deben a presencia de corriente directa, armónicos, interarmónicos, hendiduras o huecos y ruidos.

1.6.1.5. Armónicos.

Resulta de la adición de una o más ondas armónicas que sobreponen a la onda fundamental o de 60 Hz y que la deforman. Es decir son tensiones o corrientes sinusoidales cuya frecuencia es un múltiplo integral de la frecuencia fundamental.

Fourier establece que la forma de ondas distorsionadas es descompuesta en la suma de una componente fundamental más las componentes armónicas. (Kai & Gien, 2009, pág. 15)

El uso de equipos electrónicos de cargas no lineales aumentan considerablemente la presencia de armónicos en el sistema eléctrico presentando defectos tales como sobrecalentamiento en conductores efecto Joule en motores, transformadores, resonancia en tableros eléctricos salto de breakers por aumentos de temperatura, interferencia en circuitos de comunicación, provocan la disminución del factor de potencia, etc.

Soluciones ante la presencia de armónicos. Se recomienda el uso de filtros de corriente pasivos y activos junto a la carga perturbadora luego de haber realizado las mediciones en la red eléctrica. El uso de SAIS en línea, cambiadores de tomas ultrarrápidas y filtros activos de tensión son recomendables en la mitigación de armónicos.

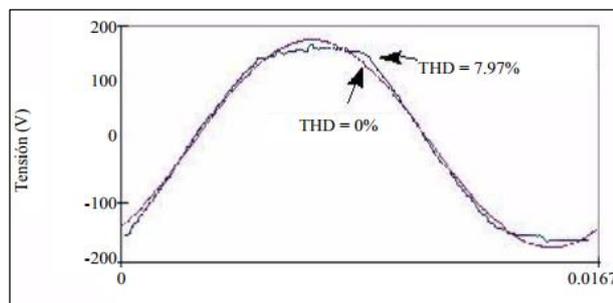


Fig. 11. Armónico en la presencia de onda.
Fuente: (Ramírez & Cano, 2003)

1.6.1.6. Corte.

Son hendiduras que causan perturbaciones a la onda de tensión que tienen su origen en la operación de los dispositivos de electrónica de potencia cuando la corriente se conmuta de una fase a otra, es aquí en donde se produce un cortocircuito. (Kai & Gien, 2009, pág. 18)

Si es Continuo el corte, es decir permanente puede ser caracterizado a través del espectro armónico. El uso de SAIS o UPS en la línea o fuera de ella son alternativas para atenuar el defecto por cortes.

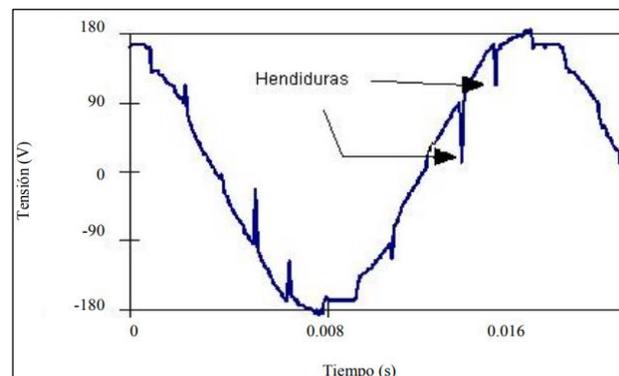


Fig. 12. Corte de tensión de onda.
Fuente: (Ramírez & Cano, 2003)

1.6.1.7. Ruido.

Denominada también interferencia electromagnética (EMI). Es una señal indeseable, como espectro de frecuencia amplia inferior a 200 kHz superpuesto a la tensión o corriente del sistema en los conductores de las fases, neutros o líneas de señales.

Es generado por sistemas de transmisión de señales de radio, operación de lámparas fluorescentes y controladores de atenuación de niveles de iluminación, afecta a equipos al producir problemas durante la ejecución de programas o software. (Kai & Gien, 2009, pág. 18)

Soluciones para mitigar el ruido en el sistema eléctrico. Causados por los equipos de electrónica de potencia, generalmente son causa de instalaciones de componentes no adecuados y fallos en los equipos a causa de operaciones defectuosas.

Se recomienda el uso de SAIS en línea, filtros de paso bajo, transformadores de aislamiento, estabilizadores resonantes.

1.6.1.8. Fluctuaciones de tensión (Flicker).

Flicker o parpadeo es un disturbio en la magnitud de tensión, del tipo conducido y no simétrico.

Son variaciones sistemáticas del perfil de la tensión o una serie de variaciones aleatorias a la magnitud de la tensión, especificado de 0.95 a 1.05 p.u. (Kai & Gien, 2009, págs. 18-19)

El ejemplo de parpadeo se da en las lámparas de baja tensión visual que sufren los usuarios al ser percibidas como titilaciones por el ojo humano.

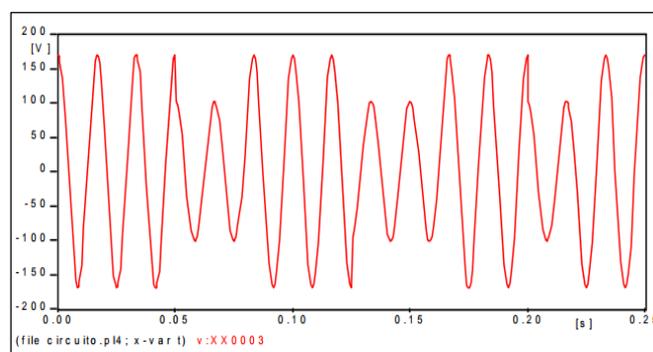


Fig. 13. Fluctuación de tensión de onda.
Fuente: (Ramírez & Cano, 2003)

Soluciones para las fluctuaciones de tensión (flickers). Se deben instalar equipos tipo SAIS en línea, cambiadores ultra rápidos en línea, el uso de estabilizadores resonantes.



Otro factor fundamental a considerar dentro de las perturbaciones dentro de la calidad de energía es la puesta a tierra.

1.6.1.9. *Puesta a tierra aislada.*

La mayoría de los problemas de calidad de energía se deben a una inapropiada o inefectiva forma de distribución de energía y la conexión a tierra, alambrado inapropiado por la falta de compatibilidad entre tierra y conexión a tierra, alta impedancia en el sistema de conexión a tierra, niveles excesivos de corriente en el sistema de tierras por errores de alumbrado, corriente de fuga, corrientes circulantes en el sistema, etc.

Por lo tanto es uno de los principales aspectos a considerar dentro del sistema eléctrico.

1.6.1.9.1. *Conexión a tierra efectiva*

Establece voltaje cero como referencia para un sistema de distribución eléctrico y provee protección para el sistema eléctrico y del equipo de voltajes superpuestos por descarga o contacto.

- La resistencia de tierra debe ser lo más baja posible.
- Se lo debe hacer en la entrada del servicio.
- El neutro del sistema de distribución se conecta a tierra en la entrada del servicio.
- El neutro y tierra se conectan juntos al secundario del transformador en el sistema de distribución, donde el secundario forma un sistema aterrizado.

El 90% de los disturbios que se presentan en las instalaciones de edificios corresponden a problemas originados por los usuarios. (Enríquez, 2012, pág. 26) Debido a una mala calidad de energía producto de alambrado incorrecto, puesta a tierra sin estudio técnico, o interferencias con cargas dentro de las instalaciones.



CAPITULO II

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL ENERGÉTICA.

2.1. Antecedentes.

Los establecimientos hospitalarios o de salud generalmente funcionan 24 horas al día y la necesidad de uso varía de acuerdo al tipo de servicio o al número de pacientes que ingresan al sector. Por tanto su demanda eléctrica es variable y son varios factores que inciden en la demanda de energía que se requiere.

Es importante involucrar espacios de estudio de eficiencia energética en hospitales, mejorar la calidad de servicio, el aprovechamiento de los recursos, dimensionamiento de sus instalaciones y por tanto optimizar costos que estos representan debido al mal uso de los mismos.

De acuerdo al Capítulo I se entiende por eficiencia energética a todas las actividades que se desarrollan con el fin de optimizar los recursos energéticos sin descuidar la calidad de la energía.

No obstante se tomará como método de análisis comparativo la complejidad de los hospitales de acuerdo a variables de clasificación con otros establecimientos de similar capacidad.

2.1.1. Hospital Homero Castanier Crespo.

“Instaurado en mayo de 1982 como Hospital base que prestaba servicios de clínica, cirugías, pediatría gineco-obstetricia, emergencia, centro quirúrgico, odontología, laboratorio clínico y patológico, Rayos X y servicio de consulta externa.” (Ministerio de Salud Pública [MSP], 2016, pág. 1)

Está ubicado en el sector sur del Ecuador, provincia del Cañar, en el cantón Azogues, ciudad principal de la provincia, entre las calles Andrés F. Córdova y Luis M. Gonzales junto al río Burgay.

La demanda del Hospital es alta debido a que es uno de los principales establecimientos de salud a nivel del Austro.

Dentro de la ciudad de Azogues es el único de servicio público. Los cantones de atención del Hospital son Biblián, Azogues y sus alrededores.

Según la Tabla 7 se puede evidenciar que la cantidad de atenciones por consulta externa corresponde al 46,7% y 42,7% por emergencias. (Hospital Homero Castanier Crespo [HHCC], 2016, pág. 10)

Tabla 7. Promedio de pacientes atendidos en el Hospital Homero Castanier Crespo.

SERVICIOS	FRECUENCIA ANUAL	%	UNIDAD
Hospitalización	9 163	10,6%	Pacientes
Consulta externa	40 586	46,7%	Pacientes
Emergencia	37 098	42,7%	Pacientes
Total:	86 847	100%	Pacientes
Frecuencia promedio mensual	7 237		Pacientes
Frecuencia promedio diaria	241		Pacientes

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

El Hospital en la actualidad se fundamenta en el acuerdo ministerial 00001537 “ESTATUTO ORGÁNICO DE GESTIÓN ORGANIZACIONAL POR PROCESOS DE LOS HOSPITALES” del Ministerio de Salud Pública del Ecuador que establece las políticas de funcionamiento del mismo, entre las cuales se tiene los siguientes ejes fundamentales: (MSP, 2012, pág. 12)

- Garantizar la equidad en el acceso y gratuidad de los servicios, trabajar bajo los lineamientos del modelo de atención integral de salud de forma integrada y en red con el resto de las unidades operativas de salud del Ministerio de Salud Pública y otros actores de la red pública y privada complementaria que conforman el sistema nacional de salud del Ecuador.
- Mejorar la accesibilidad y el tiempo de espera para recibir atención, considerando la diversidad de género, cultural, generacional, socio económica, lugar de origen y discapacidades.
- Involucrar a los profesionales en la gestión del Hospital, aumentando su motivación, satisfacción y compromiso con la misión del Hospital.
- Garantizar una atención de calidad y respeto a los derechos de las y los usuarios, para lograr la satisfacción con la atención recibida.
- Desarrollar una cultura de excelencia con el fin de optimizar el manejo de los recursos públicos, y la rendición de cuentas. (MSP, 2012, pág. 42)



Los establecimientos de salud se clasifican por los niveles de atención y según capacidad resolutoria; es decir, la capacidad que tiene el Hospital y sus servicios para satisfacer las necesidades de salud de sus pacientes de una forma cualitativa y cuantitativa. (MSP, 2017, pág. 8)

En la Tabla 8 a continuación se puede apreciar la clasificación de los hospitales según el Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

Tabla 8. Clasificación de los establecimientos de salud según MSP.

NIVELES DE ATENCIÓN, NIVELES DE COMPLEJIDAD, CATEGORÍA Y NOMBRES DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD			
NIVELES DE ATENCIÓN	NIVELES DE COMPLEJIDAD	CATEGORÍA DE ESTABLECIMIENTOS DE SALUD	TIPO
Primer nivel de atención	1° nivel de complejidad	I-1	Puesto de Salud
	2° nivel de complejidad	I-2	Consultorio General
	3° nivel de complejidad	I-3	Centro de Salud A
	4° nivel de complejidad	I-4	Centro de Salud B
	5° nivel de complejidad	I-5	Centro de Salud C-Materno Infantil y Emergencia
Segundo nivel de atención	AMBULATORIO		
	1° nivel de complejidad	II-1	Consultorio de especialidad (es) clínico -quirúrgico
		II-2	Centro de Especialidades
	2° nivel de complejidad	II-3	Centro clínico -quirúrgico ambulatorio (Hospital del día)
	HOSPITALARIO		
	3° nivel de complejidad	II-4	Hospital Básico
	4° nivel de complejidad	II-5	Hospital General
Tercer nivel de atención	AMBULATORIO		
	1° nivel de complejidad	III-1	Centro de especialización
	HOSPITALARIO		
	2° nivel de complejidad	III-2	Hospital especializado
3° nivel de complejidad	III-3	Hospital de Especialidades	
Cuarto nivel de atención	1° nivel de complejidad	IV-1	Centros de experimentación clínica de alta especialidad

Fuente: (MSP, 2017)

El Hospital Homero Castanier Crespo se considera como establecimiento de salud de segundo nivel de atención, cuarto nivel de complejidad según la Tabla 8.



Es decir es un Hospital General que cuenta con 150 camas para hospitalización.

El número de camas es un factor estándar para determinar el tipo de establecimiento de salud independientemente del índice de ocupación y estadía que representa. (Sepúlveda, 2008, pág. 65)

Por lo indicado el Hospital Homero Castanier Crespo corresponde a la siguiente descripción de clasificación según lo establece el MSP:

“Establecimiento de salud que cuenta con los servicios de consulta externa, emergencia e internación y con las especialidades clínicas y/o quirúrgicas de: medicina interna, medicina familiar, ginecología y obstetricia, pediatría, cirugía general, odontología y otras especialidades reconocidas de conformidad con la ley, según su perfil epidemiológico”. (MSP, 2017, pág. 3)

“Dispone de cuidados de enfermería y obstetricia, además de los servicios de apoyo diagnóstico y terapéutico como: centro quirúrgico, centro obstétrico, terapia intensiva (cuidados intensivos) y neonatología con lactario, radiología e imagen, laboratorio de análisis clínico, laboratorio de anatomía patológica, medicina transfusional, nutrición y dietética; farmacia institucional para el establecimiento público y farmacia interna para el establecimiento privado, con un stock de medicamentos facultados por la Autoridad Sanitaria Nacional”. (MSP, 2017, pág. 3)

Además puede contar con servicio de diálisis, servicio de atención básica de quemados, rehabilitación integral y banco de leche humana”. (MSP, 2017, pág. 3)

Brinda atención con un enfoque integral de acuerdo al modelo de gestión del Ministerio de Salud Pública (MSP) del Ecuador.

Los servicios que brinda a la ciudadanía en general se describen a continuación:

Consulta externa, medicina interna, cirugía general, cirugía plástica, neurocirugía, pediatría, gastroenterología, otorrinolaringología, urología, traumatología, gineco – obstetricia, reumatología, geriatría, nefrología, infectología, hematología, psiquiatría, psicología clínica, cardiología, audiología, nutrición, odontología: profilaxis, obturación, exodoncias, endodoncias, emergencias. (HHCC, 2016, pág. 15)



La estructura del edificio cuenta con 35 años de antigüedad, el sistema eléctrico se mantiene desde la fecha de instalación, las reformas, adquisición de equipos y recursos, mejoras se han visto reflejadas principalmente en áreas de consulta externa y oficinas.

Actualmente los nuevos equipos ofimáticos y clínicos en las áreas mencionadas incrementaron el consumo energético global del Hospital.

El inventario de equipos con que cuenta el Hospital puede dar referencia que varios de ellos han cumplido su vida útil de funcionamiento, es decir, se debe prestar gran atención en estos ya que pueden ser causa de incremento de costos de mantenimiento y consumo de energía.

Las instalaciones eléctricas del Hospital son aceptables, se pudo realizar una inspección visual en donde se evidencia que cuenta con protecciones dimensionadas correctamente y tableros eléctricos en sitios adecuados para su respectivo control y mantenimiento.

2.2. Situación actual.

El Hospital Homero Castanier Crespo utiliza como energía para su funcionamiento energía eléctrica y combustible.

2.2.1. Combustible.

El combustible usado en el Hospital es petróleo tipo diésel II.

Los equipos usados dentro del Hospital para consumo de estos son los generadores de energía de respaldo, en caso de cortes de energía de la red de Empresa Eléctrica Azogues.

2.2.2. Energía eléctrica.

La electricidad como fuente de energía es uno de los recursos más usados en el Hospital. De esta se derivan equipos de control, potencia, ofimáticos, etc.

Los equipos que constan dentro del uso de energía eléctrica en un Hospital son los siguientes:

Sistemas de iluminación. Generan luz para el normal funcionamiento de las instalaciones del lugar, dentro de estos están involucrados iluminación de pasillos, consultorios, quirófanos, señalizaciones e iluminación de señales como salidas de emergencia, identificación de departamentos, etc.



Equipos de generación de fuerza. Dentro de esta clasificación se encuentran motores capaces de transformar la energía eléctrica en potencia, fuerza o energía, se tienen dentro de estos motores el uso para ascensores, compresores, bombas, secaderos, etc.

Equipos de aclimatación. Se incluyen los equipos usados para brindar ambientes atemperados, como calefacción o refrigeración.

Equipos de limpieza, cocina e insumos. Dentro de esto están contemplados cocinas, hornos, elementos de calentamiento o atemperado de alimentos como refrigeradoras, etc. Insumos de limpieza como: lavadora, secadoras, planchas y demás equipos que cumplen la función de mantener limpios los insumos para uso del personal y pacientes.

Equipos ofimáticos. Considerados todos los utilitarios para el desempeño y manejo de información administrativa y de control.

Equipos médicos, esterilizadores, auxiliares, etc. Dentro de este grupo están considerados todos los elementos capaces de brindar atención y control para los pacientes en diferentes etapas o controles. Se tienen equipos de laboratorio como agitadores, centrifugas hasta equipos de Rayos X, radiografías, emergencias, cuidados intensivos, etc.

Se pudo realizar el levantamiento de la información técnica de cada equipo (ANEXO 2) con inspecciones de campo y en equipos pequeños se realiza la comparación con equipos similares.

Las características de un sistema eléctrico hospitalario se diferencia notablemente de un usuario de tipo industrial o residencial debido a las particularidades en horarios de uso, no se puede establecer exactamente cuando un equipo de emergencias puede o no ser ocupado, sin embargo es posible mediante estadísticas del Hospital levantar dicha información e ir relacionándolas con el uso de energía de cada equipo en función del uso de camas y pacientes.

2.2.3. Consumo de energía.

El consumo de energía mensual promedio se determinó con el consumo de los últimos siete meses del 2016.

El Hospital cuenta con 2 medidores de energía de los cuales se pudo obtener el consumo individual con datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Azogues. Los medidores corresponden a cada uno de los 2 transformadores existentes.



En la Tabla 9 se representa el consumo de cada uno de los medidores.

Tabla 9. Valores de consumo de energía eléctrica últimos siete meses 2016.

	TRANSFORMADOR 500 kVA	PAGO POR SERVICIO ELÉCTRICO.	TRANSFORMADOR 75 kVA	PAGO POR SERVICIO ELÉCTRICO.
MES	ENERGÍA kWh	\$	ENERGÍA kWh	\$
Junio	54 288,0	4 299,2	698,0	189,8
Julio	54 288,0	4 299,2	683,0	186,4
Agosto	55 390,0	4 374,5	713,0	194,5
Septiembre	54 918,0	4 368,3	707,0	327,6
Octubre	52 636,0	4 158,9	691,0	219,5
Noviembre	53 815,0	4 242,3	705,0	221,3
Diciembre	50 905,0	4 026,6	705,0	320,9
Promedio	53 748,6	4 252,7	700,3	237,1

Fuente: (HHCC, 2016)

2.2.4. Eficiencia energética relacionada con el número de camas y el área del Hospital.

El número de camas es usado como parámetro de control dentro de los análisis de datos en hospitales, bajo este criterio es posible establecer indicadores cuando se trata de determinar las características de un Hospital de acuerdo a sus niveles de atención, índice de ocupación de camas, rotación de pacientes, etc. (Sepúlveda, 2008, pág. 92)

Los hospitales públicos son medidos de acuerdo al número de camas que estos poseen, además de cumplir con parámetros como el nivel de complejidad I, II, III, IV. (MSP, 2017, pág. 3), tipo de equipos, etc.

Es importante enfocar la eficiencia energética dentro de los indicadores de control que mantiene el Hospital público y analizar su comportamiento de acuerdo a la cantidad de camas que posee el Hospital Homero Castanier Crespo.

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable trata en varios de sus acuerdos objetivos referentes al tema de eficiencia energética enmarcada en el desarrollo, investigación, innovación, el desarrollo y la diversificación de asuntos relacionados con el buen uso de energía y eficiencia energética. (CRE, 2012, pág. 8) Sin embargo son propuestas encaminadas al desarrollo de objetivos globales de eficiencia en el país.

Se debe considerar de vital importancia el proyecto realizado como tema de estudio para generar información útil en el desarrollo de la eficiencia en hospitales.

Se puede comparar el consumo de energía del Hospital si se considera la relación de uso de energía por cama, es decir, consumo kWh por cama. (Sepúlveda, 2008, pág. 91)

“Los hospitales públicos pueden medir la eficiencia energética tomando como referencia el consumo de energía por paciente, es decir por cama ocupada. También considera el consumo de energía de acuerdo a la cantidad de espacio físico que el Hospital cuenta para atender a sus pacientes”. (Sepúlveda, 2008, pág. 67)

$$\text{Consumo energético eléctrico} = \left[\frac{KWh}{m^2} \right]; \left[\frac{KWh}{camas} \right] \quad (3)$$

Los resultados que se presentan a continuación fueron obtenidos a partir de la demanda de pacientes atendidos en el Hospital.

Tabla 10. Valores de demanda energética por unidad de camas.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Número de camas	150	Unidades
Ocupación promedio de camas (74,3%)	111	Unidades
Consumo Promedio mensual del Hospital.	54 448,86	$\frac{kWh}{mes}$
Área hospitalaria (m^2)	5 700,30	m^2
Consumo promedio anual por metro cuadrado.	116,22	$\frac{kWh}{m^2 \times año}$

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

“La eficiencia energética en el Hospital relaciona el consumo de energía por cama hospitalaria o paciente y el área de construcción útil del Hospital.” (Sepúlveda, 2008, pág. 65)

“Es posible conocer si un Hospital es eficiente energéticamente hablando si se relaciona los valores de energía eléctrica y térmica usada en las instalaciones del Hospital.” (Sepúlveda, 2008, pág. 101)

Para determinar el consumo promedio diario de energía (E), se tienen los datos de la Tabla 10, divididos para el número de días que tiene el mes obteniéndose el siguiente resultado:

$$E = \frac{\text{Consumo Promedio Mensual} \left(\frac{KWh}{mes} \right)}{\#días del mes} \quad (4)$$

Donde:

$$E = \text{Consumo promedio diario de energía} \left(\frac{KWh}{día} \right)$$



Por tanto se tiene:

$$E = \frac{54\,448,86}{30} = 1\,814,96 \frac{kWh}{dia}$$

El Consumo diario de energía por cama hospitalaria (E_{ch}), relaciona el consumo promedio de energía de la formula (4) para la ocupación promedio de camas según la Tabla 10 obteniéndose el siguiente resultado:

$$E_{ch} = \frac{E \left(\frac{kWh}{dia} \right)}{Ocupación\ promedio\ de\ camas\ (unidad)} \quad (5)$$

Donde:

$$E_{ch} = Consumo\ promedio\ diario\ de\ energía\ por\ cama\ hospitalaria. \left(\frac{KWh}{Cama\ x\ día} \right)$$

Por tanto se tiene:

$$E_{ch} = \frac{1\,814,96}{111} = 16,35 \left(\frac{KWh}{Cama\ x\ día} \right)$$

Y el consumo E_{ch} anual se obtiene:

$$E_{ch\ x\ año} = E_{ch} \times 365\ días \quad (6)$$

$$E_{ch\ x\ año} = 5\,697,75 \left(\frac{kWh}{Cama\ x\ año} \right)$$

Para el consumo promedio anual de energía por metro cuadrado (E_{m^2}), se obtiene el siguiente resultado de acuerdo a la superficie que posee el Hospital:

$$E_{m^2} = E_{ch\ x\ año} \times \frac{Ocupación\ promedio\ de\ camas\ (unidad)}{Área\ hospitalaria\ (m^2)} \quad (7)$$

Donde:

$$E_{m^2} = Consumo\ promedio\ anual\ de\ energía\ por\ metro\ cuadrado \left(\frac{kWh}{m^2\ x\ año} \right)$$

Por tanto se tiene:

$$E_{m^2} = 5\,697,75 \times \frac{111}{5\,700,3} = 116,3 \left(\frac{kWh}{m^2\ x\ año} \right)$$

Los valores se resumen en la Tabla 11.

Tabla 11 Consumo promedio de energía por camas

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Consumo promedio de energía	1 814,96	$kWhxdía$
Consumo diario de energía por cama	16,35	$\frac{kWh}{Cama \times día}$
Consumo promedio anual de energía por cama	5 697,75	$\frac{kWh}{Cama \times año}$
Consumo promedio anual por metro cuadrado	116,30	$\frac{kWh}{m^2 \times año}$

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

“La eficiencia energética puede relacionar también el número de camas y la cantidad de combustible necesaria para generar energía, es decir, a mayor cantidad de camas es necesario mayor uso de combustible y como resultado mayor energía térmica para atender a mayor cantidad de pacientes, en uso de equipos, calefacción, lavandería”, etc. (Sepúlveda, 2008, pág. 94)

De acuerdo a información obtenida en el Hospital se pudo determinar valores de energía térmica consumida por año y relacionarla con el número de camas y los metros cuadrados de construcción para obtener los siguientes resultados de la Tabla 12. Los parámetros de consumo se establecen de acuerdo a las características específicas entre los elementos de medición.

Para poder definir las unidades de medición se establecen unidades de medida estándar, watt. La unidad de medida que se usara para el cálculo será la el consumo energético en kW o MWh sobre la superficie del Hospital y la cantidad de camas que posee.

“El consumo energético térmico se considera como Mega Watt-hora como magnitud para mantener unidades estándar de comparación”. (Sepúlveda, 2008, pág. 101)

Tabla 12. Consumo energía térmica MWh/año.

Consumo Energía térmica.	9,73	$\frac{MWh}{cama \times año}$
Área hospitalaria.	5 700,3	m^2
Consumo energía térmica promedio anual por metro cuadrado.	190,00	$\frac{KWh}{m^2 \times año}$

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

Con los datos obtenidos se puede comparar si el Hospital es eficiente energéticamente relacionando los valores de cantidad de energía eléctrica, térmica, número de camas y metros cuadrados de construcción. Este valor se puede relacionar con hospitales de similares características y poder obtener relaciones y puntos de partida para el tema de estudio.

“Se puede comparar entonces la eficiencia energética con la cantidad de combustible. Es por eso que se establece valores para hospitales eficientes de acuerdo a la Fig. 14 y 15”. (Sepúlveda, 2008, pág. 102)

Se pueden comparar los valores obtenidos con establecimientos internacionales haciendo uso de las referencias según el (Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies) “que relaciona los datos de consumo energético de hospitales en promedio anual separado en energía eléctrica y calorífica de acuerdo a la cantidad de camas y la superficie construida”. (Sepúlveda, 2008, pág. 102)

Con los valores obtenidos en la Tabla 10, y 12 de energía eléctrica por cama o metro cuadrado y térmica anual; es posible construir la Fig. 14 y 15.

En la Fig. 14 se puede evidenciar la curva de eficiencia de energía eléctrica por número de camas comparado con la energía térmica, indica si un Hospital es eficiente (sección amarilla) comparado con las variables de los ejes coordenados.

En la Fig. 14 se encuentra el Hospital Homero Castanier Crespo con la descripción “HCC” en color rojo, que está dentro de la zona de equipos eficientes en el consumo de energía eléctrica comparado con la energía térmica.

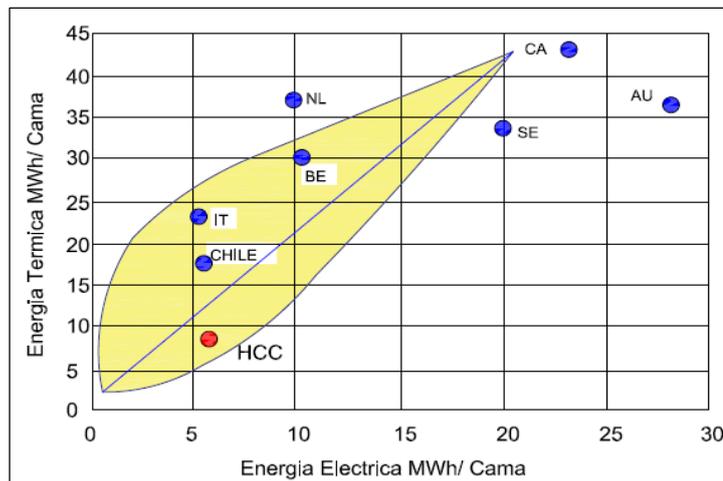


Fig. 14. Consumo promedio anual de electricidad y combustible por cama.

Fuente: (Sepúlveda, 2008)

Es importante mencionar que en el Ecuador las consideraciones climáticas son diferentes si se comparan con países de la Unión Europea que tienen estaciones variables con el clima. Sin embargo se puede considerar como referencia para el análisis.

En la Fig. 15 se puede apreciar el consumo de energía eléctrica relacionada por los metros cuadrados de construcción, relacionado con la energía térmica usada en las instalaciones.

La Fig. 15 se usa para contrastar el estado de eficiencia energética en países europeos comparando la relación de número de camas, y también indicar si el Hospital es eficiente (sección amarilla) comparado con las variables de los ejes coordenados.

Se puede evidenciar además al Hospital Homero Castanier Crespo con la descripción "HCC" en color azul, está fuera de la zona eficiente de consumo.

En resumen el índice de consumo de energía térmica es menor comparado con la energía por metro cuadrado, esto se debe a que el consumo de energía térmica es reducido por no contar con equipos de aclimatación de gran escala como lo tienen en lugares de climas variados.

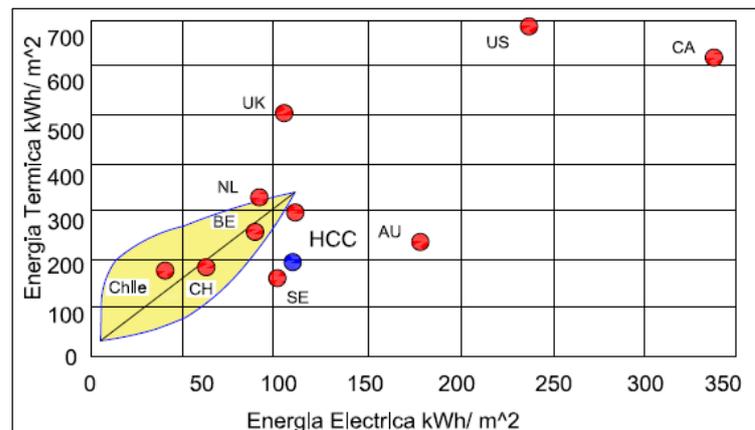


Fig. 15. Consumo promedio anual de electricidad y combustible por superficie construida. CH: Suiza, IT: Italia, Bélgica: BE, NZ: Nueva Zelanda, SE: Suecia, GR: Grecia, CA: Canadá, US: Estados Unidos, UK Reino Unido.

Fuente: (Sepúlveda, 2008)

El consumo promedio del Hospital Homero Castanier Crespo en electricidad y combustible por superficie construida es similar a los hospitales de Suecia (SE) y de Chile.

El consumo promedio anual de electricidad y combustible por cama es relativamente bajo comparado con hospitales internacionales.

La causa del resultado inferior se debe a que la energía térmica usada en hospitales extranjeros considera energía utilizada para acondicionador de aire debido a los cambios de temporadas o estaciones. Sin embargo es importante considerarlo dentro del tema de estudio.



En general los valores obtenidos en hospitales extranjeros son superiores a los comparados en el Hospital Homero Castanier Crespo, se puede establecer que son resultado del uso maquinaria más compleja, el nivel de confort que exigen normativas internacionales no aplicadas en el país y el uso de equipos de aclimatación producto de cambios de estaciones que en el Ecuador no es común y no forma parte del tema de estudio.

2.3. Descripción de los equipos instalados en el lugar.

El Hospital Homero Castanier Crespo tiene instalado los siguientes equipos:

2.3.1. Transformadores.

- Transformador 1 de 500 kVA que se utiliza para todas las instalaciones generales del Hospital.
- Transformador 2 de 75 kVA utilizado para los equipos de Rayos X.

Tabla 13. Datos de transformadores instalados en el Hospital Homero Castanier Crespo.

	TRANSFORMADOR 75 kVA	TRANSFORMADOR 500 kVA
Tiempo de Uso	24 horas x día	24 horas x día
Vida del Equipo	33 años	33 años
Usos	Rayos X	Instalaciones en general
Transformador	Trifásico en Cabina	Trifásico en Cabina
Fase Conexión	ABC	ABC
Voltaje	22.0 KV	22.0 KV
Potencia (kVA)	75	500
Protección BT	200 A	400 A
Configuración BT	Estrella	Estrella
Configuración MT	Delta	Delta
Voltaje Secundario	220 V	220 V

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017)

2.3.2. Luminarias

Cuenta con 1748 luminarias de varios tipos; siendo el de tubo fluorescente con balastro electromagnético el más utilizado y corresponde al 83%, 8,47% lámparas fluorescentes (ahorradores) y el 8,47% de lámparas son incandescentes del total de las instalaciones.



El promedio de uso de las luminarias es variado y depende de la ubicación, tipo de oficina o departamento, horario de trabajo, etc.

Se consideran lugares estratégicos como emergencia, que utiliza iluminación las 24 horas del día, pasillos en donde el promedio de uso va desde 4 hasta las 24 horas, cuidados intensivos, camas de pacientes, etc.

El estado de las luminarias es relativamente bueno, aunque existen lámparas que según información del personal de mantenimiento no funcionan correctamente o tienen su vida útil cumplida.

En el ANEXO 1 se presenta el levantamiento de luminarias.

Se puede entonces obtener del ANEXO 1 el tipo de luminarias instaladas en el Hospital. Este cuadro se resume en la Tabla 14.

Tabla 14. Porcentajes de luminarias instaladas en el Hospital Homero Castanier Crespo.

LUMINARIAS	CARGA (W)	CANTIDAD	PORCENTAJE
Lámpara con tubo fluorescente con balastro electromagnético.	40	1.448	83.07%
	20	4	
	Total:	1.452	
Lámpara fluorescente (Ahorrador).	60	115	8.47%
	15	33	
	Total:	148	
Lámpara incandescente.	60	148	8.47%
Total General:		1.748	100%

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

2.3.3. Cocina, insumos médicos, lavandería y varios

Dentro de esta clasificación se encuentran todos los equipos usados en las instalaciones del Hospital y son propios en cada departamento.

En el ANEXO 1 y 2 se describen estos insumos.

2.3.4. Motores y bombas.

El Hospital cuenta con equipos de generación de fuerza que se utilizan en el ascensor, bombas de agua, combustible, calderas, cisternas, etc.

En la Tabla 15 se presenta el levantamiento de equipos de fuerza instalados en el Hospital.

Tabla 15. Equipos de fuerza instaladas en el Hospital Homero Castanier Crespo.

CASA DE MAQUINAS	CANTIDAD	UBICACIÓN	CARGA UNITARIA kW	CARGA TOTAL INSTALADA kW
Motor ascensor	2	Ascensor	40	80
Motor bombas	3	Casa de máquinas	11,19	33,57
Motor	1	Casa de máquinas	1,16	1,16
Motor	4	Casa de máquinas	3,7	14,8
TOTAL	10		56,05	129,53

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

2.3.5. Equipo de Rayos X.

Es alimentado por el segundo transformador, y alimenta energía hacia el departamento de Rayos X descrito en la Tabla 16.

Tabla 16. Descripción de transformador de 75KVA para Rayos X.

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	VOLTAJE V	POTENCIA kVA	CORRIENTE.	NÚMERO DE FASES
Rayos X						
Ge healthcare Rayos X	1	Rayos X	380	108	165-130	trifásico

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017)

2.4. Matriz e identificación de los sistemas energéticos.

Mediante el levantamiento de cargas realizadas en los equipos instalados en el lugar se realiza el indicador de cantidad de energía consumida dentro del Hospital.

Se identifica la cantidad, la potencia requerida para cada uno de los equipos, la demanda y factor coincidente para finalmente obtener la demanda requerida de acuerdo a la Tabla 17.

Tabla 17. Carga instalada dentro de los equipos que consumen energía en el Transformador de 500 kVA.

ESTABLECIMIENTO	CARGA INSTALADA kW	DEMANDA COINCIDENTE kW	PORCENTAJE
Total iluminación	80,92	58,26	30,89%
Motores y bombas	129,53	32,38	17,17%
Cocina	50,43	17,65	9,36%
Insumos médicos	98,13	34,35	18,21%
Lavandería	38,17	32,07	17,00%
Varios	39,72	13,90	7,37%
Total	436,899	188,61	100%

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017)

La carga instalada es el resultado de las cargas que posee cada uno de los equipos con los máximos requerimientos.

La demanda coincidente se obtiene en base del factor de la carga instalada y la aplicación del factor de coincidencia para cada una de las cargas instaladas, el cual determina la carga considerada en la demanda coincidente durante el periodo de máxima solicitud. (Cuenca & Enriquez, 2012, pág. 15)

Según la Tabla 17 la iluminación representa un porcentaje considerable dentro de la demanda del Hospital consumo de energía. Los valores obtenidos en la Tabla se describen en el ANEXO 1 y 2.

De acuerdo a la Fig. 16, 17 y 18 se representan mediante gráficos los valores de carga instalada y demanda coincidente obtenidos del levantamiento de información del Hospital. Se describe en porcentaje el valor que cada uno representa.

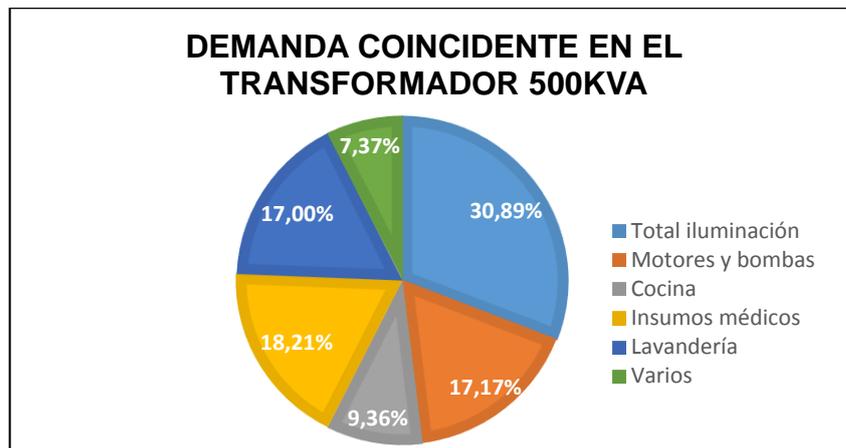


Fig. 16. Demanda coincidente en el Hospital Homero Castanier Crespo para el transformador 500 kVA.
Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017)

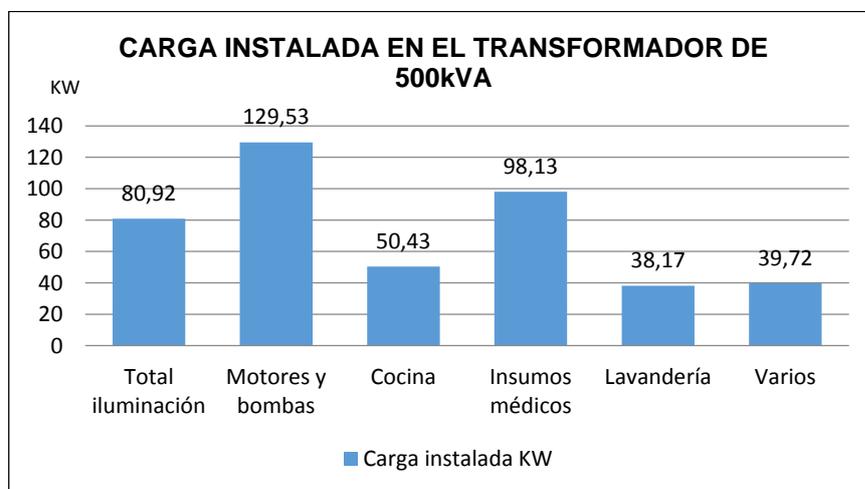


Fig. 17. Carga instalada en el transformador de 500 kVA en el Hospital Homero Castanier Crespo.
Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

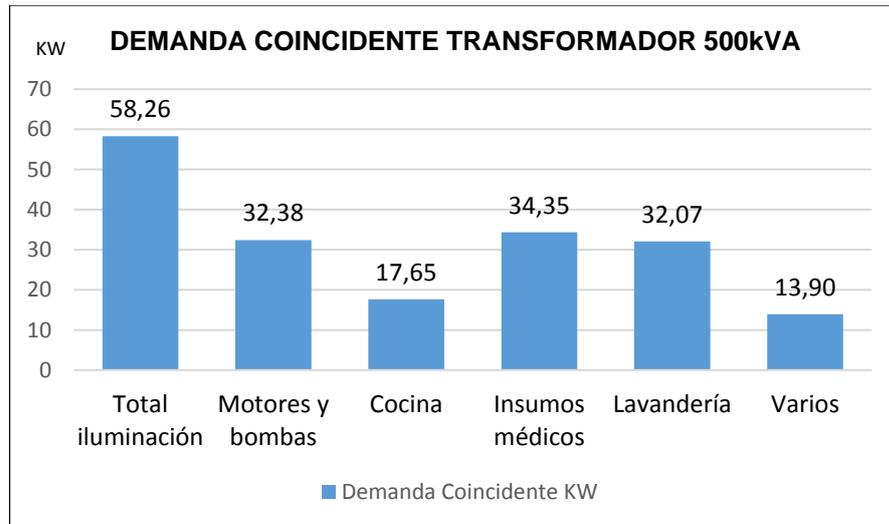


Fig. 18. Demanda coincidente del transformador de 500 kVA del Hospital Homero Castanier Crespo.

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017)

2.5. Causas y efectos de los problemas encontrados en el sistema eléctrico.

La energía eléctrica es considerada como la más importante para el funcionamiento del Hospital, es decir cualquier acción que se tome sobre esta se replicara notablemente en ahorro de recursos.

Se pudieron identificar durante el levantamiento de información del Hospital varias causas que afectan directamente al sistema eléctrico y por tanto se derivan en aumento de consumo eléctrico y pérdidas de energía en los diferentes sectores del Hospital.

A continuación se enumeran varios de ellos.

Causas

- Equipos médicos que han cumplido su vida útil, incrementando el consumo de energía.
- Luminarias instaladas en lugares donde no existe presencia de pacientes o personas.
- Luminarias en mal estado.
- Transformador sobredimensionado.
- Oficinas, consultorios y habitaciones que no utilizan la iluminación natural, ya que permanecen cerradas las cortinas y en su lugar mantienen iluminación artificial en horas del día.
- Instalaciones eléctricas de los equipos en la casa de máquinas y área de nutrición que han cumplido su vida útil, observándose el deterioro de estos equipos.
- El Hospital no cuenta con fuentes de energías amigables con el medio ambiente.

*Efectos.*

Por lo indicado no se tiene un consumo eficiente de energía eléctrica en el Hospital, esto como consecuencia no permite optimizar los recursos de forma eficiente, presentándose los siguientes problemas:

- Aumento de consumo de energía eléctrica a causa de uso de equipos obsoletos y falta de control y optimización del sistema de iluminación.
- Facturación de energía elevada.
- Degradación de equipos que no se utilizan.
- Sobre demanda de energía comparada con el número de camas ocupadas por paciente, haciendo que los costos de atención se incrementen.
- Perturbaciones en las instalaciones eléctricas internas del Hospital.
- Incremento económico en mantenimientos de los equipos eléctricos del Hospital.
- Degradación de instalaciones eléctricas.
- Agotamiento y estrés del personal del Hospital, por falta del uso de iluminación natural.
- Pérdidas eléctricas por el deterioro de las instalaciones.
- En algunos casos el uso ineficiente de sistema de iluminación, lo cual provoca pérdidas de vida útil de estos equipos.

CAPITULO III

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN SOBRE CALIDAD DE ENERGÍA

3.1. Selección del sistema eléctrico.

3.1.1. Antecedentes

En el presente Capitulo se describe la información realizada sobre calidad de energía en los transformadores del Hospital, el equipo de medición usado es de marca Fluke 1750 de propiedad de la Empresa Eléctrica Azogues, en función de este equipo se tomaron mediciones en las acometidas de la red para finalmente evaluar la calidad de energía en el sistema y compararlo con las regulaciones vigentes según la Regulación CONELEC 004/01.

Como antecedente se pudo obtener detalle de la facturación del último periodo desde junio a diciembre de 2016. En las Tablas 18 y 19 se resume la facturación y la penalización por energía reactiva en los transformadores de 75 kVA y 500 kVA.

Tabla 18. Valores de energía y cargos para el transformador de 75 kVA en el año de 2016.

AÑO 2016	ENERGÍA kWh	ENERGÍA kVARh	CARGO POR SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PUBLICO	PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA
JUNIO	698	606	\$ 189,78	\$ 28,60
JULIO	683	578	\$ 186,43	\$ 26,69
AGOSTO	713	645	\$ 194,49	\$ 31,72
SEPTIEMBRE	707	638	\$ 327,62	\$ 52,98
OCTUBRE	691	626	\$ 219,48	\$ 35,84
NOVIEMBRE	705	642	\$ 221,27	\$ 36,49
DICIEMBRE	705	596	\$ 320,86	\$ 48,79
TOTAL	4902	4331	\$ 1 659,93	\$ 261,11
PROMEDIO MENSUAL	700,29	618,71	\$237,13	\$37,30

Fuente. (Empresa Eléctrica Azogues [EEA], 2016)

El estudio de la calidad de energía se realizó cumpliendo con las mediciones necesarias y establecidas en la Regulación CONELEC 004/01 dentro del Hospital, en los puntos de distribución para el transformador de 500 kVA y 75 kVA obteniendo resultados individuales de acuerdo a lo establecido en la Regulación, registrando datos continuos de las mediciones instantáneas y captura de imágenes para el análisis de datos.

La alimentación de energía proviene de la Empresa Eléctrica Azogues teniendo en cuenta al Hospital como cliente esencial para el buen funcionamiento y seguridad en la atención que ofrece a la ciudadanía.

El sistema eléctrico del Hospital Homero Castanier Crespo cuenta con redes subterráneas que alimentan a los transformadores de 500 kVA y 75 kVA. La energía es suministrada por la Empresa Eléctrica Azogues, su nivel de alimentación es de 22 kV.

Tabla 19. Valores de energía y cargos para el transformador de 500 kVA en el año de 2016.

AÑO 2016	ENERGÍA kWh	ENERGÍA kVARh	SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO	PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA
JUNIO	54 288	22 640	4 299,16	0
JULIO	54 288	22 640	4 299,16	0
AGOSTO	55 390	24 183	4 374,45	14,38
SEPTIEMBRE	54 918	23 951	4 368,26	13,71
OCTUBRE	52 636	22 187	4 158,89	0
NOVIEMBRE	53 815	21 458	4 242,32	0
DICIEMBRE	50 905	19 964	4 026,56	3 165,9
TOTAL	376 240	157 023	\$ 29 768,80	\$ 3 193,99
PROMEDIO MENSUAL	53 748,57	22 431,85	\$4 252,68	\$266,16

Fuente. (EEA, 2016)

3.1.2. Descripción de equipos

- Transformador de 500 kVA que alimenta a toda la carga eléctrica del Hospital.
- Transformador de 75 kVA que alimenta los equipos de Rayos X.
- Cuenta además con un generador de 180 kVA de 144 kW y 473 A.
- En el ANEXO 4 se puede apreciar en la imagen los transformadores y generador eléctrico instalado en el Hospital Homero Castanier Crespo.

3.2. Descripción de los equipos usados en las mediciones.

El equipo usado en las mediciones fue proporcionado por la Empresa Eléctrica Azogues, estos equipos son usados por la empresa para determinar las mediciones periódicas como proveedor de energía. Es importante considerar que la Empresa tiene dentro de sus políticas el cumplimiento de las regulaciones, entre ellas CONELEC 004/01:

“La política de Calidad de la Empresa Eléctrica Azogues S.A. debe estar enmarcada en el esfuerzo para alcanzar la satisfacción del cliente y el cumplimiento de la Regulación vigente, que son prioridad en el desarrollo de las actividades operativas y administrativa.” (EEA, 2013, pág. 35)

3.2.1. Analizador de energía trifásica marca Fluke modelo 1750.

El equipo de medición Fluke 1750 posee las siguientes características.

“Es un instrumento de medida que registra los parámetros eléctricos del sistema, supervisa la calidad de energía y monitorea funciones, se puede colocar en el circuito de alimentación de los medidores de energía eléctrica de los usuarios de Bajo Voltaje, en las Subestaciones, en los Transformadores y en las Cabinas de Transformación.” (EEA, 2013, pág. 55)

“Posee cuatro sondas de corriente de 400 A, pinzas de corriente y una amplia gama de flexibilidad.” (EEA, 2013, pág. 55)

En la Tabla 20 se describe la distribución de pines del medidor de energía.

Tabla 20. Distribución de pines del medidor de energía Fluke 1750.

PIN	DESCRIPCIÓN	OPCIONES
1	Entrada de energía eléctrica 120/240 V, 50/60 Hz.	
2	Indicador de medida de corriente.	Estable: presencia de voltaje sin sobrecarga. Parpadeo: sobre voltaje (umbral corresponde a 110 V).
3	Cinco entradas de medida de voltaje.	
4	Ranura para insertar la tarjeta de memoria SD.	
5	Indicador de estado de la tarjeta de memoria SD.	Color verde: tarjeta de memoria inserta. Parpadeo: estado de carga, no hay que quitar la tarjeta de memoria.
6	Indicador de estado del Controlador Inalámbrico.	Azul: controlador inalámbrico habilitado pero no existe comunicación. Parpadeo: comunicación con controlador inalámbrico. Apagado: inactivo.
7	Puerto Ethernet.	
8	Indicador de carga.	Parpadeo: red ocupada.
9	Indicador de enlace.	Apagado: no existe enlace. Prendido: existe enlace. Parpadeo: existe comunicación con la PC.
10	Cinco terminales de medida de Corriente.	
11	Indicador de corriente.	Prendido: prueba de corriente en un rango normal Parpadeo: >110% del rango de prueba, usado para una prueba de rango alta. Apagado: poca corriente para la medida.
12	LED de Energía.	Verde: entrada de CA normal. Parpadeo Verde/Tomate: grabación. Parpadeo Rojo: grabación en la UPS.
13	Terminal de Tierra.	

Fuente: (EEA, 2013).

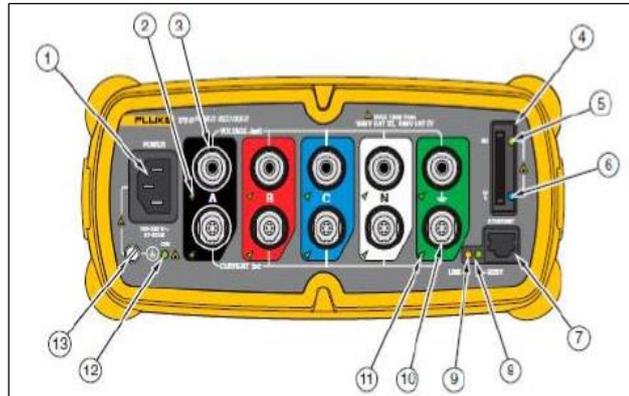


Fig. 19. Distribución de pines del medidor de energía Fluke 1750

Fuente: (EEA, 2013)



Fig. 20. Medidor de calidad Fluke 1750.

Fuente: (EEA, 2013)

3.3. Descripción de las mediciones realizadas en campo.

Se realizaron mediciones continuas en las fechas que indica la Tabla 21, el cual registró datos en los puntos de distribución inicialmente en el transformador de 500 kVA.

El transformador de 500 kVA es el que alimenta todas las instalaciones del Hospital, para luego hacerlo en el transformador de 75 kVA que alimenta únicamente al sistema de Rayos X del Hospital.

Las mediciones fueron registradas en el equipo de medición y transformadas al ordenador para poder obtener imágenes y Tablas de medición que nos sirvieron para el análisis de datos.

En la Tabla 21 se detalla las fechas que fue colocado el equipo de medición.

Las mediciones realizadas fueron durante siete días interrumpidos en intervalos de 10 minutos, se conectaron 4 puntas de medición una en cada línea y la última en neutro en los generadores de 75 kVA y 500 kVA.

Tabla 21. Fechas de medición de calidad de energía en los transformadores instalados en el Hospital.

TRANSFORMADOR	FECHA INICIO MEDICIÓN	FECHA FINALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN
500 kVA	02/02/2017	20/02/2017
75 kVA	22/12/2016	30/12/2016

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

Los parámetros que se consideraron inicialmente son los regulados por CONELEC 004/01 y se describen a continuación.

3.3.1. Mediciones de calidad de energía.

3.3.1.1. Niveles de tensión.

Los valores se resumen en las siguientes Tablas.

Tabla 22. Valores obtenidos de niveles de tensión en el transformador de 75 kVA

FASES	FASE AN	FASE BN	FASE CN
% de medidas dentro del límite del $\pm 10\%$ de 127 V de las 1008 mediciones.	100,00%	100,00%	100,00%
Valor Máximo	128,40 V	129,40 V	128,65 V
Valor Mínimo	124,02 V	124,80 V	123,78 V

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

Tabla 23. Valores obtenidos de niveles de tensión en el transformador de 500 kVA

FASES	FASE AN	FASE BN	FASE CN
% de medidas dentro del límite del $\pm 10\%$ de 127 V de las 1008 mediciones.	100,00%	100,00%	100,00%
Valor Máximo	126,60 V	127,41 V	126,80 V
Valor Mínimo	122,37 V	123,23 V	122,50 V

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

3.3.1.2. Factor de potencia.

Los valores se resumen en las siguientes Tablas.

Tabla 24. Valores obtenidos de factor de potencia en el transformador de 75 kVA.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA	PORCENTAJE DE MEDICIONES FUERA DEL LIMITE
FP Media Total	0,94 FP	23/12/2016 10:50	0,84 FP	24/12/2016 1:10	>5%
FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA	>5%
FP Media Total	0,94 FP	26/12/2016 17:10	0,83 FP	5/12/2016 16:00	

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 25. Valores obtenidos de factor de potencia en el transformador de 500 kVA.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA	PORCENTAJE DE MEDICIONES FUERA DEL LIMITE
FP Media Total	0,93 FP	02/02/2017 14:50	0,85 FP	03/02/2017 2:50	>5%
FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA	>5%
FP Media Total	0,94 FP	08/02/2017 8:10	0,82 FP	05/02/2017 4:10	

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

3.3.1.3. Distorsión Armónica.

Los valores se resumen en las siguientes Tablas.

Tabla 26. Valores obtenidos de distorsión armónica Fase AN en el transformador de 75 kVA.

IMPARES NO MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	5	7	11	13	17	19	23	25
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	1,5	1,5
Valor máximo medido	2,52	1,29	0,53	0,2	0,1	0,06	0,04	0,03
% dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	3	9	15	21				
Límite	5	1,5	0,3	0,2				
Valor máximo medido	0,76	0,22	0,07	0,03				
% dentro del límite	100	100%	100%	100%				
PARES								
Orden armónica	2	4	6	8	10	12	14	16
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor máximo medido	0,04	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
%dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 27. Valores obtenidos de distorsión armónica Fase BN en el transformador de 75 kVA.

IMPARES NO MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	5	7	11	13	17	19	23	25
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	1,5	1,5
Valor máximo medido	2,05	1,25	0,59	0,22	0,11	0,06	0,03	0,04
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100	100%	100%	100%
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	3	9	15	21				
Límite	5	1,5	0,3	0,2				
Valor máximo medido	0,78	0,63	0,09	0,05				
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%				
PARES								
Orden armónica	2	4	6	8	10	12	14	16
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor máximo medido	0,03	0,05	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 28. Valores obtenidos de distorsión armónica Fase CN en el transformador de 75 kVA.

IMPARES NO MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	5	7	11	13	17	19	23	25
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	1,5	1,5
Valor máximo medido	2,09	1,16	0,63	0,28	0,15	0,07	0,04	0,04
% dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	3	9	15	21				
Límite	5	1,5	0,3	0,2				
Valor máximo medido	0,69	0,37	0,12	0,06				
% dentro del límite	100%	100%	100%	100%				
PARES								
Orden armónica	2	4	6	8	10	12	14	16
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor máximo medido	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
% dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 29. Valores obtenidos de distorsión armónica Fase AN en el transformador de 500 kVA.

IMPARES NO MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	5	7	11	13	17	19	23	25
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	1,5	1,5
Valor máximo medido	1,98	1,13	0,48	0,2	0,11	0,05	0,03	0,03
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	3	9	15	21				
Límite	5	1,5	0,3	0,2				
Valor máximo medido	0,75	0,24	0,04	0,04				
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%				
PARES								
Orden armónica	2	4	6	8	10	12	14	16
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor máximo medido	0,01	0,07	0,08	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 30. Valores obtenidos de distorsión armónica Fase BN en el transformador de 500 kVA.

IMPARES NO MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	5	7	11	13	17	19	23	25
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	1,5	1,5
Valor máximo medido	1,53	1,06	0,56	0,22	0,11	0,06	0,03	0,04
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	3	9	15	21				
Límite	5	1,5	0,3	0,2				
Valor máximo medido	0,79	0,57	0,1	0,06				
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%				
PARES								
Orden armónica	2	4	6	8	10	12	14	16
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor máximo medido	0,04	0,11	0,1	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 31. Valores obtenidos de distorsión armónica Fase CN en el transformador de 500 kVA.

IMPARES NO MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	5	7	11	13	17	19	23	25
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	1,5	1,5
Valor máximo medido	2,02	1,04	0,55	0,27	0,14	0,07	0,05	0,04
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3								
Orden armónica	3	9	15	21				
Límite	5	1,5	0,3	0,2				
Valor máximo medido	0,083	0,39	0,12	0,07				
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%				
PARES								
Orden armónica	2	4	6	8	10	12	14	16
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor máximo medido	0,04	0,08	0,14	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
% Dentro del límite	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Factor de distorsión Armónica THD.

Los valores se resumen en la siguiente Tabla.

Tabla 32. Valores obtenidos para THDV.

DESCRIPCIÓN	MEDICIONES (%)		
	FASE A	FASE B	FASE C
THDV TRANSFORMADOR 500 kVA	2,34	2,01	2,24
THDV TRANSFORMADOR 75 kVA	2,91	2,54	2,49

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

3.3.1.4. Variación de frecuencia.

Los valores se resumen en las siguientes Tablas.

Tabla 33. Valores de variación de frecuencia en el transformador de 75 kVA.

PORCENTAJE DE MEDIDAS DENTRO DEL LÍMITE DE LAS 1 008 MEDICIONES	100.00%
Valor máximo	60,09 Hz (0,15%)
Valor mínimo	59,91 Hz (-0,16%)

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 34. Valores de variación de frecuencia en el transformador de 500 kVA.

% DE MEDIDAS DENTRO DEL LÍMITE DE LAS 1 008 MEDICIONES	100%
Valor máximo	60,0 Hz (0,17%)
Valor mínimo	59,90 Hz (-0,17%)

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

3.3.1.5. *Disturbios relacionados con la calidad de energía*

Sags.

Los valores se resumen en las siguientes Tablas.

Tabla 35. Valores obtenidos de huecos de tensión en el transformador de 75 kVA.

	FASE AN	FASE BN	FASE CN
Cantidad	5	6	5
Valor máximo	100,71 V (-20,70%)	101,12 V (-20,38%)	100,49 V (-20,87%)
Valor mínimo	0 -00:00:00,25	0 -00:00:00,05	0 -00:00:00,43

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 36. Valores obtenidos de huecos de tensión en el transformador de 500 kVA.

	FASE AN	FASE BN	FASE CN
Cantidad	4	4	5
Valor máximo	0,09 V (-99,93%)	0,09 V (-99,93%)	0,09 V (-99,93%)
Valor mínimo.	0 -00:04:58,42	0 -00:04:56,99	0 -00:05:03,61

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Interrupciones.

No se evidencian interrupciones cortas y largas en el transformador de 75 kVA.

En el transformador de 500 kVA se puede encontrar que existe interrupción larga de acuerdo a la Tabla 37.

Tabla 37. Valores obtenidos de interrupción larga en el transformador de 500 kVA.

	FASE AN	FASE BN	FASE CN
Cantidad	2	2	2
Valor máximo	0,09 V (0,07%)	0,09 V (0,07%)	0,09 V (0,07%)
Duración máxima.	0 -00:04:55,212	0 -00:04:56,975	0-00:04:58,428

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Sobretensión temporal y transitoria

Tabla 38. Valores obtenidos de sobretensión en el transformador de 500 kVA

DESCRIPCIÓN	FASE AN	FASE BN	FASE CN			
	3	3	0			
Valor máximo	189,79 V	209,73 V	0			
Duración máxima	0 - 00:00:05,1	0 - 00:00:05,1	0			
Duración						
	t < 10ms	10ms ≤ t ≤ 500ms	500ms < t ≤ 5s	5s < t ≤ 60s	60s < t	
u ≥ 120% (u ≥ 152,4 V)	-	2	-	1	-	
120% > u > 110% (152,4 V > u > 139,7 V)	-	-	-	-	-	
110% ≥ u (139,7 V ≥ u)	-	-	-	-	-	

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

No se tienen sobretensiones, interrupciones temporal y transitoria en el transformador de 75 kVA. En el de 500 kVA se evidencia sobretensiones de acuerdo a la Tabla 38.

3.3.1.6. Desequilibrio de tensión.

Los valores se resumen en las siguientes Tablas.

Tabla 39. Valores obtenidos de desequilibrio de tensión en el transformador de 75 kVA.

PORCENTAJE DE MEDIDAS DENTRO DEL LÍMITE DE 1 008 MEDICIONES.	100%
Valor Máximo	0,55%

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 40. Valores obtenidos de desequilibrio de tensión en el transformador de 500 kVA

PORCENTAJE DE MEDIDAS DENTRO DEL LÍMITE DE 1 008 MEDICIONES.	100%
Valor Máximo	0,52%

Fuente (Espinoza & Sarango, 2017).

3.3.1.6.3. Parpadeo Flicker.

Los valores se resumen en las siguientes Tablas.

Tabla 41. Valores obtenidos de parpadeo flicker en el transformador de 75 kVA

	FASE AN	FASE BN	FASE CN
PORCENTAJE DE MEDIDAS DENTRO DEL LÍMITE DE 1 008 MEDICIONES.	98,92%	98,92%	97,84%
Valor Máximo	0,30	0,45	0,61

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 42. Valores obtenidos de parpadeo flicker en el transformador de 500 kVA.

	FASE AN	FASE BN	FASE CN
PORCENTAJE DE MEDIDAS DENTRO DEL LÍMITE DE 1 008 MEDICIONES.	98,85%	99,91%	99,91%
Valor Máximo	0,39	0,31	0,31

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

3.4. Levantamiento de equipos de alimentación de energía

Los equipos de alimentación de energía se clasifican de acuerdo al tipo de energía que necesita el Hospital para su buen desempeño y funcionamiento, los cuales se describen a continuación:

- Sistema de Distribución Eléctrico de la red de la Empresa Eléctrica Azogues C.A, Se alimenta a las cabinas de transformación del establecimiento donde están ubicados los transformadores de 500 kVA y 75 kVA, su nivel de tensión es de 22 kV y una red trifásica a una frecuencia de 60 Hz del alimentador #121 que proviene de la subestación AZOGUES #1.
- Generador Eléctrico. Existe en el Hospital un generador eléctrico con las siguientes características:

Tabla 43. Descripción del generador de energía marca SMDO.

MARCA	SDMO
POTENCIA NOMINAL	180 kVA
MOTOR	John Deere
VOLTAJE	Trifásico
CORRIENTE	470 A
POTENCIA DE MOTOR	150 HP

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017)



El cual es usado en caso de emergencia ante la falta de energía eléctrica.

- 1) *Sistema de generación de energía térmica.* Dentro de sus instalaciones se encuentra un caldero, de las siguientes características:

Tabla 44. Descripción del caldero.

MARCA	Estándar Kessel (Italia)
PASOS	2
POTENCIA NOMINAL	800 kgvap/hora
P. MÁX. TRABAJO.	12 kg/cm ³
COMBUSTIBLE	Diésel II industrial
QUEMADOR	Weishaupt
TIEMPO OPERACIONAL	32 años

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

El caldero utiliza combustible fósil tipo diésel II industrial para su funcionamiento. El uso específico de este caldero está determinado para equipos de esterilización, lavandería y área de nutrición.

3.5. Determinación de variables de estudio.

Los valores que se toman para el análisis de la calidad de energía son:

- a) Factor de potencia.
- b) Distorsión armónica.
- c) Factor de distorsión armónica THD.
- d) Variación de frecuencia.
- e) Variaciones de tensión.
- f) Disturbios relacionados con la calidad de energía como:
 - Sags, (Hueco de tensión)
 - Interrupción del suministro.
 - Sobretensión temporal.
 - Sobretensión transitoria.
- g) Desequilibrio de tensión.
- h) Parpadeo Flicker.

Los rangos que se observa en los factores indicados son:

3.5.1. Factor de potencia.

De 0.92 a 1 según la Regulación CONELEC-004/01. (ARCONEL, 2001, pág. 22)

3.5.2. Distorsión armónica

Según se puede evidenciar en la Tabla 45 los valores límites según IEC 61000. (Kai & Gien, 2009, pág. 6)

Tabla 45. Límites para la distorsión armónica de tensión según IEC 61000

ORDEN DE ARMÓNICA	IEC 61000
5	6
7	5
3	5
9	1,5
2	2
4	1

Fuente: (Kai & Gien, 2009).

3.5.3. Variación de frecuencia.

De $\pm 1\%$ del 95% de la mediciones según norma UNE-EN 50160. (Grupo de Investigación, desarrollo e innovación de la UNEX, 2009, pág. 14)

3.5.4. Disturbios relacionados con la calidad de energía.

3.5.4.1. Variaciones de Tensión

Tabla 46. Valores obtenidos para la variación de tensión según UNE-EN-50160.

EVENTO EN LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	MAGNITUD	DURACIÓN
Sags Hueco de tensión	90%<1%	10ms <1 minuto
Baja de tensión	90%<1%	>1 minuto
Interrupción del suministro	<1%	<3 minutos (breve)
		>3 minutos (larga)
Sobretensión temporal	>110%	Relativamente larga
Sobretensión transitoria	>110%	Algunos milisegundos

Fuente: (Gomezcoello & Holguín, 2010).

De $\pm 10\%$ de mediciones durante el periodo de una semana no sobrepasen el margen según norma UNE-EN-50160. (Chamorro, pág. 8)

De acuerdo a la Tabla 46, establece la norma UNE EN-50160. (Gomezcoello & Holguín, 2010, pág. 26)



3.5.4.2. *Parpadeo Flicker*

Valores de $Pst = 1$ como límite máximo en el 95% de las mediciones realizadas, establece la norma IEC 61000-3-7. (Sánchez, 2009, pág. 44)

3.5.4.3. *Desequilibrio de tensión*

El 95 % de los valores eficaces calculados en 10 minutos de la componente inversa de la tensión de alimentación deben situarse entre el 0,5 y el 2% de la componente directa según norma IEEE-519-1992. (Gomezcoello & Holguín, 2010, pág. 31)



CAPITULO IV

PROPUESTA DE MEJORA

4.1. Análisis de datos obtenidos.

El objetivo de este punto es evaluar los valores de las mediciones realizadas con las normativas citadas y realizar sugerencias de mejora en los casos que corresponde.

4.1.1. Análisis de calidad de energía.

A continuación se analizan las variables de calidad de energía cuyos datos se obtuvieron en los transformadores de 75 kVA y 500 kVA.

4.1.1.1. Niveles de tensión.

En las Tablas 22 y 23 del Capítulo 3 se presenta las mediciones de niveles de tensión de cada una de las fases, para los transformadores de 75 kVA y 500 kVA, en las mismas se observan los valores máximos y mínimos de tensión, teniendo que el 100% de valores medidos se encuentra dentro de los límites del $\pm 10\%$ según la norma IEEE-519-1992.

Conclusiones:

Se concluye que los valores de tensión en cada una de las fases de los transformadores no sobrepasan el límite $\pm 10\%$ recomendado en la norma IEEE-519-1992.

Recomendaciones:

Se recomienda realizar mantenimientos en las instalaciones eléctricas y equipos para evitar posibles fallas eléctricas que ocasionen variaciones de tensión. Cuando se tenga que realizar nuevas instalaciones o instalar nuevos equipos al sistema, realizar un estudio para evitar sobrecargar el transformador y tener inconvenientes en el sistema eléctrico.

4.1.1.2. Factor de Potencia.

En las Tablas 24 y 25 del Capítulo 3 se presenta las mediciones de factor de potencia para los transformadores de 75 kVA y 500 kVA en las mismas se observan los valores de factor de potencia máximos y mínimos que son mayores al 5% fuera del límite según la Regulación CONELEC 004/01 de acuerdo al rango 0,92 a 1 ocasionando que genere



energía reactiva.

Analizando las Tablas 18 y 19 del Capítulo 3 en donde se describe el historial de consumo de energía durante 7 meses, de allí se puede determinar que el cliente ha sido penalizado por parte de la EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES S.A. En el transformador de 75 kVA con un promedio mensual de \$37,30 y en el transformador de 500 kVA se ha penalizado con un promedio mensual de \$266,16.

Conclusiones:

Se concluye que los valores de factor de potencia están fuera del rango de 0,92 a 1 establecido en la Regulación CONELEC 004/01 y que son mayores al 5% de la mediciones realizadas, por lo cual es penalizado por bajo factor de potencia.

Recomendaciones:

Se recomienda efectuar la compensación con un sistema adecuado de un banco de capacitores.

4.1.1.3. Distorsión Armónica y Factor de distorsión Armónica THD.

En las Tablas 26 a la 31 del Capítulo 3 se presenta las mediciones de distorsión armónica de cada fase de los transformadores de 75 kVA y 500 kVA, en las mismas se observan que los valores máximos de distorsión armónica no exceden el límite del 8%, según lo recomendado en la norma IEC 61000. El valor del factor de distorsión armónica THDV se presenta en la Tabla 32 del Capítulo 3 en donde se observa que los valores están dentro de los límites recomendados en la norma IEC 61000.

Conclusiones:

Los valores individuales de armónicos y el factor de distorsión THDV se encuentran dentro de los límites permitidos esto es que no exceden el límite del 8% según lo establecido en la norma IEC 61000.

Recomendaciones:

Se recomienda realizar mantenimiento periódico a los motores, lámparas fluorescentes que se encuentran en el área de máquinas, lavandería y nutrición, para evitar variaciones de distorsión armónica. Estos equipos están deteriorándose como se pudo observar en las inspecciones realizadas y son equipos que pueden generar



armónicos.

4.1.1.4. *Variación de frecuencia.*

En las Tablas 33 y 34 del Capítulo 3 se presenta las mediciones de frecuencia realizadas a los transformadores de 75 kVA y 500 kVA, en las mismas se observan valores máximos y mínimos de variación de frecuencia, los mismos que están dentro de los límites establecidos en la norma UNE- EN-50160 que establece variaciones de frecuencia de hasta el $\pm 1\%$ en el 95% de las mediciones realizadas.

Conclusiones:

No existen variaciones de frecuencia en las mediciones realizadas y cumplen con la norma UNE- EN-50160 que establece variaciones de hasta $\pm 1\%$.

Recomendaciones:

La empresa distribuidora es la que se encarga de mantener la frecuencia en condiciones normales si se presenta algún problema de variación de frecuencia que este fuera de los límites establecidos de valores de $\pm 1\%$ de los 60 Hz la empresa es la encargada de corregirlos evitando inconvenientes a los usuarios. Se recomienda utilizar un sistema de energía interrumpida (U.P.S) para los equipos de quirófanos y oficinas (computadores, impresoras) del establecimiento por posibles variaciones de frecuencia en la red eléctrica.

4.1.1.5. *Disturbios relacionados con la calidad de energía.*

Sags:

En las Tablas 35 y 36 del Capítulo 3 se indican la cantidad de Sags en cada una de las fases, para los transformadores de 75 kVA y 500 kVA, en las mismas se observan la duración máxima de los Sags, los valores obtenidos están dentro de lo recomendado según la norma UNE-EN-50160, que deben ser menores que el 1% del 90% de la mediciones realizadas.

Interrupciones:

En la Tabla 37 del Capítulo 3 se indican la cantidad de interrupciones de energía suministrada por los transformadores de 500 kVA y 75 kVA. La cantidad de interrupciones presentes en el periodo de medición en el transformador de 500 kVA están dentro del límite según la norma UNE-EN-50160, que deben ser menores al 1% en el periodo analizado.



En el transformador de 75 kVA no se evidencian interrupciones.

Sobretensión temporal y transitoria:

En la Tabla 38 del Capítulo 3 se indica la cantidad de sobretensiones en el transformador de 500 kVA, en él se observa la cantidad de eventos, valores máximos y duración máxima de sobretensión temporal y transitoria.

Los valores de sobretensión están dentro de los límites según lo recomendado en la norma UNE-EN-50160, que es sobretensiones temporales mayores a 110% con una duración (relativamente larga) y transitoria mayor a 110% con una duración (algunos milisegundos).

En el transformador de 75 kVA no se evidencian sobretensiones transitorias y temporales.

Conclusiones:

Se concluye que la cantidad de Sags, interrupciones y sobretensiones no superan lo recomendado según la norma UNE-EN-50160 que deben ser las cantidades de sags menores que el 1% del 90% de la mediciones realizadas, interrupciones menores al 1% en el periodo analizado y sobretensiones temporales mayor a 110% con una duración (relativamente larga) y transitoria mayor a 110% con una duración (algunos milisegundos).

Recomendaciones:

Se recomienda revisar y ajustar conexiones y dar un mantenimiento programado de las instalaciones, tableros de distribución para evitar variaciones en la red de alimentación de energía y fallas de equipos.

Desequilibrio de tensión:

En las Tablas 39 y 40 del Capítulo 3 se presenta las mediciones del desequilibrio de tensión de los transformadores de 75 kVA y 500 kVA. Se pudo observar el desbalance entre fases teniendo los porcentajes dentro del límite. Los valores están dentro del rango 0,5% a 2% establecido según la norma IEEE-519-1992.

Conclusiones:

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los porcentajes recomendados en la norma IEEE-519-1992.



Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios eléctricos si se realiza nuevas instalaciones eléctricas.

4.1.1.6. Parpadeo Flicker.

En las Tablas 41 y 42 del Capítulo 3 se indican las mediciones de parpadeo Flicker de los transformadores de 75 kVA y 500 kVA, los valores parpadeo de corta duración $Pst=1$ como límite máximo en el 95% de las mediciones realizadas según la norma IEC 61000-3-7.

Los valores de parpadeo flicker por cada fase no superan el límite recomendado según la norma IEC 61000-3-7 que deben ser menores o iguales a 1.

Conclusiones

Los valores obtenidos se encuentran dentro del límite según la norma IEC 61000-3-7.

Recomendaciones

Se recomienda revisar el estado de conexión en el punto de acoplamiento con las acometidas y dar un mantenimiento programado a las instalaciones internas para evitar posibles alteraciones y fallas en la red eléctrica.

4.2. Planteamiento de soluciones para los sistemas de alimentación de energía.

La acometida trifásica en media tensión está conectada al sistema de la Empresa Eléctrica Azogues del alimentador 0121 y su nivel de tensión es de 22 kV, y que proviene de la subestación AZOGUES #1. Las protecciones de la acometida de media tensión son de tipo seccionador fusible con tirafusibles de 6K.

En las inspecciones realizadas se constató que las protecciones, conductor y los terminales de la alimentación se encuentran en buen estado. En la Fig. 21 se observa la acometida de alimentación a los transformadores de 75 kVA y 500 kVA.

La acometida va hacia una cabina de transformación, en la misma se encuentran dos transformadores de 75 kVA y 500 kVA, los terminales de media tensión, protecciones y conductores que conectan la alimentación con los transformadores se encuentran en buen estado de funcionamiento como se pudo visualizar en las inspecciones realizadas.



Fig. 21. Red de alimentación hacia los transformadores de 75 kVA y 500 kVA
Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

En la Fig. 22 se observa la red de alimentación al transformador de 75 kVA.



Fig. 22. Alimentación del transformador de 75 kVA.
Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

En la Fig. 23 se observa la red de alimentación al transformador de 500 kVA.



Fig. 23. Alimentación del transformador de 500 kVA.
Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

En conclusión el sistema de alimentación se encuentra en un buen estado sin presentar ningún inconveniente para su correcto funcionamiento por lo cual no se debe realizar ningún plan de mejora, lo que se recomienda es realizar mantenimientos preventivos una vez por año para evitar problemas en el sistema eléctrico del Hospital.

4.3. Propuestas para la disminución de consumo de energía eléctrica.

De acuerdo a lo analizado en los capítulos anteriores se propone dar soluciones a los problemas encontrados como es el bajo factor de potencia y sobre el alto consumo de energía.

4.3.1. Corrección del bajo factor de potencia.

Según el análisis se pudo determinar que el transformador de 75 kVA y 500 kVA presentan bajo factor de potencia durante los periodos de medición incumpliendo lo indicado por la Regulación CONELEC 004/01 y por lo tanto ocasiona recargos extras en la facturación por esta causa.

La propuesta para corregir el bajo factor de potencia es instalar un banco de condensadores, en cada transformador debido a la capacidad de cargas independientes en las que se maneja.

La importancia de corregir el bajo factor de potencia es reducir al máximo las penalizaciones por energía reactiva en los consumos, para lograr esto es necesario distribuir

las unidades capacitivas de acuerdo a su uso, en el caso del Hospital se lo debe hacer en los transformadores de donde se realizaron las mediciones. Existen varios métodos para corregir el factor de potencia, instalación de condensadores, compensación de motores sincrónicos, etc. Destacándose la instalación de un banco de condensadores debido a la versatilidad de uso, mantenimiento y costo.

Con los datos obtenidos mediante el equipo de medición Fluke, los valores de potencia reactiva, activa y aparente se puede desarrollar el banco de condensadores para la corrección del factor de potencia. Este valor permite obtener los kVAR necesarios para no tener bajo factor de potencia.

De acuerdo a las gráficas del ANEXO 5 y 6 se tienen los siguientes valores del factor de potencia.

Tabla 47. Valores de potencia reactiva necesaria para compensar el bajo factor de potencia en los transformadores de 75 y 500 kVA.

DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR DE 500	TRANSFORMADOR DE 75
	kVA	kVA
	Valor	Valor
Factor de potencia $\text{Cos}\phi$	0,82	0,83
Carga reactiva Q_i. (kVAR)	29,43	29,38
Potencia Activa P. (kW)	42,16	43,72
Potencia Aparente S. (kVA)	51,42	52,67
Factor de potencia deseado ($\text{cos}\phi$)	0,95	0,95
Potencia reactiva Q_c. (kVAR)	15,57	15,01

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

En las Tablas 18 y 19 del Capítulo 3 se pudo obtener los valores de energía reactiva que es facturada al Hospital tendiendo como valores promedios los que se describen en la Tabla 48.

Tabla 48. Valores promedio mensual de energía que se genera en los transformadores de 75 kVA y 500 kVA.

VALORES PROMEDIO MENSUAL	ENERGÍA kWh	ENERGÍA kVARh	PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA (\$).	FP
Transformador 75 kVA	700,29	618,71	37,30	0,83
Transformador 500 kVA	53 748,57	22 431,86	266,17	0,82

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).



Los valores de penalización por bajo factor de potencia están ligados directamente a la energía reactiva resultante de la facturación mensual.

Es por eso que para reducir al máximo las penalizaciones por esta causa es necesario disminuir los valores de energía reactiva.

En la Tabla 48 se presentan valores promedios mensuales de energía en el Hospital.

La energía necesaria (Q_c) para reducir la energía reactiva (Q_i) se aplica mediante un banco de condensadores, compensando la energía reactiva (Q_i) con el fin de que la energía resultante (Q_f) mantenga el factor de potencia ϕ_f 0,95 según la necesidad planteada.

Los valores de energía reactiva (Q_f) se indican en la siguiente Tabla para los 2 transformadores.

Tabla 49. Valores promedio mensual de energía que se genera en los transformadores de 75 y 500 kVA.

DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR DE 500 kVA	TRANSFORMADOR 75 kVA
	Valor	Valor
Factor de potencia ϕ_i	0,82	0,83
Carga reactiva Q_i (kVAR)	29,43	29,38
Factor de potencia Compensado ϕ_f	0,95	0,95
Energía reactiva Q_c (kVAR)	15,57	15,01
Energía reactiva $Q_f = Q_i - Q_c$ (kVAR)	13,86	14,37

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

Se puede concluir que para obtener el factor de potencia $\phi_f = 0,95$ es necesario reducir los valores de Q. (kVAR) en promedio del 47% para el transformador de 500 kVA y del 49% para el transformador de 75 kVA.

El desarrollo de los parámetros necesarios para el banco de condensadores se describe a continuación.

Según el diagrama de potencias obtenido por el analizador Fluke del ANEXO 5 y 6, la potencia reactiva necesaria no es constante en el tiempo; es decir el valor de Q. varía desde los 9,74 kVAR hasta los 29,43 kVAR para el transformador de 500 kVA y según los datos de facturación hasta 31,15 kVAR.



Por lo tanto cuando la energía reactiva sea baja, la carga de compensación estará sobredimensionada.

Se recomienda instalar un banco de condensadores automático que transmita energía de acuerdo a la variabilidad de alimentación en el Hospital.

Banco de condensadores para los transformadores de 75 kVA y 500 kVA.

De acuerdo a la Tabla 49 se necesita una potencia reactiva de 15,01 kVAR del transformador de 75 kVA y 15,57 kVAR para el transformador de 500 kVA.

Se recomienda incrementar este valor entre un 15 y 20% para solventar posibles ampliaciones, por tanto se tiene:

Para el transformador de 75kVA:

$$Q_c = 15,01 \text{VAR} * 1,2$$

$$Q_c = 18,07 \text{ kVAR} \sim 20 \text{ kVAR}$$

Para el transformador de 500kVA:

$$Q_c = 15,57 \text{VAR} * 1,2$$

$$Q_c = 18,68 \text{ kVAR} \sim 20 \text{ kVAR}$$

Como promedio de cálculo se escoge $Q_c = 20$ kVAR que permita encontrar el factor de potencia a 0,95, con la carga máxima instalada formado por los siguientes escalones de potencias mediante 3 condensadores cada uno en paralelo de acuerdo a la siguiente secuencia: 5, 5, 10 (kVAR) en total deben sumar el valor necesario de 20 kVAR necesarios para cumplir con Q_c .

El banco de condensadores cuando detecte bajo factor de potencia deberá inmediatamente enviar señal de alerta a los capacitores que incrementaran potencia reactiva según sea necesario, de igual manera si el factor de potencia se encuentra en valores normales o superiores a 0,95 no se realizara compensación de la energía reactiva, permitiendo que no exista sobre dimensionamiento cuando no haya demanda mayor de energía o consumo.

El banco de condensadores se debe tomar en cuenta por tanto la potencia en kVAR que dependerá del valor del $\cos\phi$, la tensión nominal que debe ser mayor o igual a la tensión de la red y el nivel de escalonamiento que se le va a dar al banco.

El banco de condensadores debe contener un controlador de factor de potencia que ajusta el valor de sensibilidad C/k correspondientes a valores desde 0 a 1.

Este permitirá el accionamiento por cada condensador desde el factor de potencia cerca del límite, pasando por un $\cos\phi$ medio y así hasta tener un $\cos\phi$ hasta que se accione el último condensador correspondiente a incrementar la energía a 20 kVA para el caso del transformador de 75 kVA.

Componentes del banco de condensadores

El banco de condensadores está constituido por:

- 1 Controlador que mide el $\cos\phi$ y ordena a los condensadores acercarse al $\cos\phi$ requerido.
- Condensadores, los elementos que brindan la energía reactiva necesaria a la instalación.
- Contactores que conectan a los capacitores del banco.

Los elementos necesarios para el banco se resumen en la Tabla 50 y 51. Para cada transformador de 75 y 500 kVA.

Tabla 50. Resumen de materiales primarios para el diseño del banco de condensadores de 75 kVA.

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	U	Controlador de factor de potencia
1	U	Gabinete para banco de condensadores 1,2 x 0,7 x 0,4cm.
2	U	Condensador de 5 kVAR, 240 VAC
1	U	Condensador de 10 kVAR, 240 VAC
1	U	Interruptor termo magnético 80 A
1	U	Transformador de corriente 30/5
9	U	Fusibles 25 A
3	U	Breakers 25 A
5	M	Conductor 10 AWG-THHN
9	M	Conductor 6 AWG-THHN
6	M	Cable desnudo 8 AWG 7hilos

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 51. Resumen de materiales primarios para el diseño del banco de condensadores de 500 kVA.

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	U	Controlador de factor de potencia
1	U	Gabinete para banco de condensadores 1,2 x 0,7 x 0,4cm
2	U	Condensador de 5 kVAR, 240 VAC
1	U	Condensador de 10 kVAR, 240 VAC
1	U	Interruptor termo magnético 80 A
1	U	Transformador de corriente 35/5
9	U	Fusibles 25 A
3	U	Breakers 25 A
5	M	Conductor 10 AWG-THHN
9	M	Conductor 6 AWG-THHN
6	M	Cable desnudo 8 AWG 7hilos

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

4.3.2 Propuesta para disminuir el consumo de energía.

Según los valores de la Tabla 17 del Capítulo 2, de los equipos que consumen energía eléctrica, se detectó que el principal sistema que consume energía eléctrica es la iluminación con el 30,9% del total de la energía, y considerando que “desde el punto de vista energético el consumo de energía a causa de la iluminación varía entre un 20% y 30% del consumo total en un Hospital.” (Idae & Cej, 2001, pág. 8)

Y “el ahorro que puede representar está determinado desde un 20% hasta 85% en iluminación modificando el tipo de luminaria, sistemas de control y aprovechar el medio ambiente como luz natural.” (Idae & Cej, 2001, pág. 59)

Por esta causa se sugiere acciones de ahorro energético en el sistema de alumbrado.

Los equipos eléctricos de oficina, lavandería y cocina consumen energía en menor cantidad que los sistemas de iluminación lo que para estos casos únicamente se realizarán recomendaciones generales del buen uso de los mismos.

A continuación se describen las propuestas que nos permitirán ahorrar energía:

4.3.2.1 En Sistema de iluminación.

Según la Tabla 52 se determina que el 83% de luminarias son de tubos fluorescentes

con balastro electromagnético de 40 W.

Como propuesta de bajo impacto en el costo y de acuerdo a recomendaciones de iluminación para establecimientos de salud, se sugiere los siguientes cambios.

- Cambiar lámparas fluorescentes de 40 W con balastro electromagnético tipo T12 con flujo luminoso de 2.600 lúmenes, a lámparas fluorescente de 32 W tipo T8 balastro electrónico y flujo luminoso 2.600 lúmenes ahorrando 8 W por lámpara.
 - Cambiar lámparas incandescentes de cabecera de 60 W con flujo luminoso de 820 lúmenes por lámparas led 9,5 W con flujo luminoso 806 lúmenes ahorrando 50,5 W por lámpara.
 - Cambiar lámparas incandescentes (Apliques) de 60 W con flujo luminoso de 820 lúmenes por lámparas led 9,5 W con flujo luminoso de 806 lúmenes ahorrando 50,5 W por aplique.
- En el ANEXO 1B. Se presenta la propuesta cambio de luminarias fluorescentes de 40 W y lámparas incandescentes de 60 W que se proponen por otros de menor potencia para disminuir el consumo de energía eléctrica.

En el ANEXO 1C. Se presentan las luminarias que no se deben remplazar porque se encuentran en buen estado y son de baja potencia.

Los valores obtenidos con balastro T12 y potencia de 40 W se comparan con la propuesta de balastro T8 y de potencia 32 W indicados en la Tabla 52.

Tabla 52. Propuesta de cambio de luminarias y lámparas por de menor potencia.

LÁMPARA ACTUAL	POTENCIA (W)	LÁMPARA PROPUESTA	POTENCIA (W)	AHORRO ENERGÉTICO POR LÁMPARA (W)
Lámparas fluorescentes tipo T12.	40	Lámparas fluorescentes tipo T8	32	8
Lámparas incandescentes de cabecera.	60	Lámparas led	9,5	50,5
Lámparas incandescentes (Apliques).	60	Lámparas led	9,5	50,5

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

El cambio de balastro electromagnético en las lámparas fluorescentes tipo T12 de potencia 40 W a balastro electrónico representa una reducción del 25% de la energía consumida, respecto a un equipo electromagnético, incrementan la vida útil de las lámparas

hasta un 50% (Idae & Cei, 2001, pág. 28)

Con las mejoras propuestas se obtienen los siguientes resultados de disminución de potencia en el sistema de alumbrado indicado en la Tabla 53.

Tabla 53. Potencia con las lámparas actuales y con lámparas propuestas.

DEMANDA CON LÁMPARAS ACTUALES.	DEMANDA CON LÁMPARAS PROPUESTA.
POTENCIA kW	POTENCIA kW
188,61	153,66

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

El consumo de energía en iluminación se calculó de acuerdo al número estimado de horas de utilización de las lámparas en el Hospital descritos en el ANEXO 7, con lo cual se puede tener un ahorro estimado del 45% indicado en la Tabla 54.

Tabla 54. Consumo con las lámparas actuales y con lámparas propuestas.

CONSUMO ACTUAL			CONSUMO ESTIMADO		AHORRO	%
TIPO	UNIDADES	kWh/mes	PROPUESTA	kWh/mes	kWh/mes	
Tubo Fluorescente de 40 W	1 448	18 961,92	Lámpara 32 W+ (Balastro Electrónico)	1 185,92	7 776	41%
Lámpara Incandescente 60 W	148	2 131,20	Lámpara 9,5 W led	337,44	1 793,76	84%
Total		21 093,13	Total	11 523,26	9 569,76	45%

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

4.3.2.2 *En Equipos ofimáticos.*

El uso de los equipos ofimáticos está destinado para personal administrativo, con una utilización de 8 horas diarias aproximadas.

Para conseguir ahorro energético en estos equipos, se sugiera las siguientes recomendaciones:

- Configuración de equipos de apagado de monitores en tiempos cortos cuando no se utilizan.
- Campañas de apagado de equipos en horarios fuera de uso tales como horarios de almuerzo.



- Desconectar equipos de uso relativamente bajo como televisores, escáner, cuando no se utilicen ya que estos equipos al estar conectados tienen un consumo reducido de energía, pero teniendo un gran número de estos dispositivos conectados durante grandes periodos de tiempo se tienen pérdidas de energía relevantes este efecto se conoce como modo espera. (Idae & Cei, 2001, págs. 73-80)

4.3.2.3 En Equipos de lavandería y cocina.

El uso de estos equipos es de manera intermitente y varía de acuerdo al número de camas usadas por paciente.

Por lo tanto se sugieren las siguientes actividades.

- Establecer plan de lavado y secado de acuerdo a horas pico y de menor demanda con el fin de utilizar al máximo la capacidad de los equipos.
- Una vez establecido las horas críticas determinar turnos de secado y lavado, usándolos cuando la demanda está establecida.
- Establecer horarios de lavado y secado (incluyendo la mayor cantidad de prendas en cada carga).
- Realizar mantenimientos preventivos.
- Desconectar equipos de cocina que no se usan frecuentemente, ya que al estar conectados generan pérdidas.

El ahorro por optimización de luminarias con respecto a la facturación mensual se refleja en la Tabla 55.

Tabla 55. Valores de consumo de energía eléctrica con los cambios propuestos.

CONSUMO PROMEDIO MENSUAL ACTUAL	DISMINUCIÓN DE CONSUMO MENSUAL	CONSUMO PROMEDIO MENSUAL ESTIMADO
kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes
53 748,57	9 569,76	44 178,81

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

Existen otras posibilidades de ahorrar energía eléctrica como:

- En las instalaciones de uso regular como pasillos, baños, colocar sensores de movimiento, también donde se evidencia tránsito menor de personas como bodegas y vestuarios con el fin de optimizar el uso de electricidad.

- Realizar mantenimientos preventivos y reemplazar lámparas que ya han cumplido su vida útil.
- Aprovechar la luz natural evitando cerrar cortinas en horas del día, que nos ayudaran a tener un mejor reflejo y así no utilizar iluminación artificial.
- Mantener ventanas limpias, y libres de elementos de tal manera que permitan la libertad de iluminación natural.

4.4. Análisis técnico económico de la propuesta.

Para que las propuestas de cambios de equipamientos indicados en el punto 4.3 sean viables, se debe realizar un estudio de costo beneficio el cual se indicará a continuación.

El retorno de la inversión necesaria se basa en el tiempo en el cual la inversión realizada se verá reflejada en los ahorros obtenidos. Para eso se utiliza la fórmula 8.

$$\text{Periodo de Recuperación} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Ahorro total}} \left(\frac{\text{USD}}{\text{año}} \right) \quad (8)$$

En las Tablas 56, 57 y 58 se indican los valores de consumo actual y el consumo estimado si se realizan los cambios propuestos.

Tabla 56. Consumo promedio y ahorro mensual estimado por uso de equipos de corrección de factor de potencia del transformador de 75 kVA.

TRANSFORMADOR DE 75 kVA				AHORRO EN (%) (\$)
Consumo Actual kVARh/mes	618,71	Consumo Futuro kVARh/mes	302,62	51%
Costo Por Consumo Actual (\$)	37,3	Costo Por Consumo Futuro (\$)	0,00	\$ 37,3
TOTAL AHORRO PROMEDIO ANUAL (\$)				447,6

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 57. Consumo promedio y ahorro mensual estimado por uso de equipos de corrección de factor de potencia del transformador de 500 kVA.

TRANSFORMADOR DE 500 kVA				AHORRO EN (%) (\$)
Consumo Actual kVARh/mes	22 431,86	Consumo Futuro kVARh/mes	10 562,96	53%
Costo Por Consumo Actual (\$)	266,17	Costo Por Consumo Futuro (\$)	0,00	\$ 266,17
TOTAL AHORRO PROMEDIO ANUAL (\$)				3 194,04

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

Tabla 58. Consumo promedio y ahorro mensual estimado, por sustitución de equipos de iluminación.

EQUIPOS DE ILUMINACIÓN.				AHORRO EN (%) (kWh/mes)
Consumo Actual kWh/mes	21 093,13	Consumo Futuro kWh/mes	11 523,26	45%
TOTAL AHORRO PROMEDIO kWh/mes				9 569,76

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

Por la sustitución de equipos de iluminación se tendrá un ahorro de energía del 18% del consumo mensual del Hospital que se verá reflejado en el costo por consumo de energía, estos valores se indican en la Tabla 59.

Para el análisis se deben considerar los siguientes criterios técnicos.

- El equipo corrector de factor de potencia tiene una vida útil de 10 años y requiere mantenimientos periódicos anuales.
- Las luminarias tienen una vida útil de 20 000 horas, las cuales se deben sustituir cada 2,28 años, la recomendación a considerar es reemplazar cada 3 años.
- La lámpara led de 9,5 W tiene una vida útil de 15 000 horas, las cuales se deben sustituir cada 3 años.
- El costo de mantenimiento (sistema de iluminación, banco de condensadores) por mano de obra está valorado en \$116 anuales, recomendando realizar el mantenimiento con personal propio, de esta manera evitarnos estos costos.

En la Tabla 59 se indican los valores por consumo y costo (actuales, futuros).

Tabla 59. Consumo promedio y ahorro mensual (actual, futuro).

CONSUMO PROMEDIO MENSUAL ESTIMADO				AHORRO EN (%) (\$)
Consumo Actual kWh/mes	53 748,57	Consumo Futuro kWh/mes	44 178,81	18%
Costo Por Consumo Actual (\$)	4 252,69	Costo Por Consumo Futuro (\$)	3 495,51	\$757,18
TOTAL AHORRO PROMEDIO ANUAL (\$)				9 086,12

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

Para conseguir el ahorro indicado se deben adquirir los siguientes materiales indicados en la Tabla 60.

Tabla 60. Materiales necesarios para la propuesta de ahorro energético.

MATERIALES	CANTIDAD (U)	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL
Banco de condensadores 75 kVA y 500 kVA	2	2 283,28	4 566,56
Lámpara 2x32 con balastro electrónico	724	32	23 168,00
Lámpara 9,5 W led	148	22	3 256,00
TOTAL (\$)			30 990,56

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

Para el análisis se utilizara los conceptos del VAN (valor actual neto) y TIR (Tasa interna de retorno).

El VAN “es un indicador financiero que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia.” (Muñoz, 2011, págs. 1-2)

“Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros (ingresos menos egresos).

El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado.” (Muñoz, 2011, págs. 1-2)

“La tasa de interés con la que se descuenta el flujo neto proyectado, es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima esperada, por lo tanto, cuando la inversión resulta mayor que el BNA (beneficio neto actualizado), es decir un VAN negativo, es porque no se ha satisfecho dicha tasa.

Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a cero) es porque se ha cumplido dicha tasa, y cuando el BNA es mayor que la inversión (VAN positivo), es porque se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado un beneficio adicional.” (Muñoz, 2011, págs. 1-2)

“La fórmula que nos permite calcular el VAN (Valor Presente Neto) es:” (Muñoz, 2011, págs. 1-2)

$$BNA = \sum_{n=0}^n \frac{ln - En}{(1 + i)^n} \quad (9)$$



$$VAN = -I + \sum_{n=0}^n \frac{ln - En}{(1 + i)^n} \quad (10)$$

$$0 = -I + \sum_{n=0}^n \frac{ln - En}{(1 + TIR)^n} \quad (11)$$

"ln" representa los ingresos y "En" representa los egresos (generando el Flujo Neto).

"n" es el número de períodos considerado (el primer período lleva el número 0, no el 1).

El valor $(ln - en)$ indica los flujos de caja estimados de cada período.

El tipo de interés es "i". Cuando se iguala el VAN a 0, i pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno)." (Muñoz, 2011, págs. 1-2)

"TIR (tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o BNA) de una inversión sea igual a cero ($VAN = 0$)." (Muñoz, 2011, págs. 1-2)

"Recordemos que el VAN o BNA es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente (valor actual), aplicando la tasa de descuento." (Muñoz, 2011, págs. 1-2)

"Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor (tasa de descuento), y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor." (Muñoz, 2011, págs. 1-2)

"Si la TIR es igual a la tasa de descuento, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no. Si la TIR es menor a la tasa de descuento, el proyecto debe rechazarse." (Muñoz, 2011, págs. 1-2)

La relación costo beneficio del proyecto evalúa la rentabilidad del proyecto de acuerdo a la suma de todos los valores positivos que ocasiona (ingresos), contra el total de los valores negativos (gastos) que genera la ejecución del proyecto.

A continuación se indica en la Tabla 61 el cálculo del VAN y TIR, considerando un proyecto de inversión cada 3 años por costos de cambios de luminarias y mantenimiento de equipo corrector de factor de potencia, con un número de períodos $n = 10$ y tasa de descuento = 12%.



El costo de mantenimiento (En) considera el valor por recambio de equipos auxiliares en el banco de condensadores incluido la tasa del 1% para mantenimiento anual que es igual a \$350 y la sustitución de luminarias fluorescentes de 32 W cada 3 años y lámparas de led de 9,5 W cada 3 años.

La depreciación anual considera el método de línea recta cuando “se usan en la misma intensidad año por año a lo largo de su vida útil, razón por la cual la depreciación teórica debe ser la misma cada año” (Siigo, 2017, pág. 1).

Es decir el valor de depreciación es igual para todos los años en el periodo establecido para equipos industriales $n = 10$ años. (Spiller & Gosman, 1988, pág. 9)

El ahorro anual (ln) corresponde a la suma de los valores de: corrección por bajo factor de potencia para cada transformador descrito en la Tabla 56 y 57. Y el ahorro energético resultante por el cambio de luminarias se toman los valores que se encuentran en la Tabla 58.

El costo de inversión es el flujo de caja que generan los ingresos o ahorros menos los gastos por mantenimiento en cada periodo de tiempo ($ln - En$).

El flujo neto de la inversión considera periodos de cálculos anuales de acuerdo a la función (8) este valor genera el valor neto de los beneficios (BNA).

Que es la sumatoria de los valores de cada periodo, para el tema de estudio el (BNA) es mayor a la inversión, por tanto el proyecto se puede considerar rentable.

El valor del (VAN) se calcula con la función (10) que considera la diferencia entre la inversión realizada y sumatoria del valor neto de los beneficios en cada periodo de tiempo.

El valor de la (TIR) considera a la función (11) cuando el VAN = 0 y calcula la tasa de retorno de la inversión en el periodo de tiempo de 10 años

Cuando el VAN es mayor a la inversión presenta ganancias. Por lo tanto el proyecto se debe evaluar como aceptable.

Con el TIR superior a la tasa de descuento $i = 12\%$ el proyecto se define como rentable, de acuerdo a la Tabla 61 el valor es del 35,3%.



Tabla 61. Tabla de VAN y TIR generados en el Hospital Homero Castanier Crespo.

NUMERO DE PERIODOS (n)						10
TIPO DE PERIODO						Anual
TASA DE DESCUENTO (i)						12%
AÑO	EGRESOS " E_n " COSTO DE MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN ANUAL	INGRESOS " I_n "	FLUJO DE CAJA " $I_n - E_n$ "	$(1 + i)^n$	FLUJO NETO ANUAL
0	0,00	3 099,06	12 727,76	-30 990,56	0,00	-30 990,56
1	0,00	3 099,06	12 727,76	12 727,76	1,1	11 365,09
2	3 103,72	3 099,06	12 727,76	9 624,04	1,3	7 673,60
3	0,00	3 099,06	12 727,76	12 727,76	1,4	9 061,80
4	0,00	3 099,06	12 727,76	12 727,76	1,6	8 091,61
5	3 103,72	3 099,06	12 727,76	9 624,04	1,8	5 463,38
6	0,00	3.099,06	12.727,76	12 727,76	2,0	6.451,74
7	0,00	3 099,06	12 727,76	12 727,76	2,2	5 760,99
8	3 103,72	3 099,06	12 727,76	9 624,04	2,5	3 889,77
9	0,00	3 099,06	12 727,76	12 727,76	2,8	4 593,45
	TOTAL	30 990,60	127 277,64			
VALOR NETO DE LOS BENEFICIOS (BNA)						62 351,43
VALOR ACTUAL NETO (VAN)						31 360,87
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)						35,3%

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).

4.5. Evaluación de resultados.

Un proyecto es rentable cuando los valores de la relación costo-beneficio son mayores a la unidad, es decir si el valor de retorno de la inversión es menor al tiempo de vida útil de los equipos y el proyecto es factible en relación al costo.

La propuesta justifica la inversión ya que los valores de costo beneficio son mayores a la unidad y el tiempo de retorno de inversión es menor al de depreciación de los equipos que están considerados en la propuesta de acuerdo al TIR.

Los valores para mantenimiento de equipos tanto de transformadores y luminarias están considerados dentro del análisis con mano de obra propia del Hospital.



El tiempo de amortización de la propuesta considera 10 años de vida de los equipos, sin embargo se puede contemplar el cambio de luminarias dentro del periodo de vida útil de 3 años.

La propuesta de cambio de luminarias y banco de condensadores de acuerdo a la propuesta de ahorro permiten que el TIR sea positivo, mayor a la tasa de descuento, por lo tanto la inversión es rentable con el tiempo.

Según la Tabla 62 se puede notar que la inversión es rentable, ya que la relación costo beneficio es superior a la unidad, es decir, existen beneficios económicos con la implementación de la propuesta.

La relación costo beneficio según la función 7 se describe en la Tabla 62.

Tabla 62. Relación costo beneficio de la propuesta.

RELACIÓN COSTO BENEFICIO	ANÁLISIS	CONDICIÓN
Valor presente neto de la inversión	30 990,56	Aceptable
Valor Actual Neto del Proyecto	31 360,87	Aceptable
Relación Costo beneficio	1,03	Aceptable

Fuente. (Espinoza & Sarango, 2017).



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

1. La revisión y análisis del sistema eléctrico del Hospital Homero Castanier Crespo permitió identificar el deterioro de equipos e instalaciones eléctricas en áreas determinadas.
2. Las penalizaciones por bajo factor de potencia afectan a la facturación mensual del Hospital, generando pérdidas considerables al no contar con sistemas de compensación de energía reactiva.
3. Un buen uso de energía eléctrica genera ahorro (aplicando el uso adecuado de energía principalmente en horas laborales).
4. Al utilizar equipos más eficientes o implementar medidas de ahorro de energía nos permite tener un ahorro en la facturación de energía eléctrica de hasta \$12 727,76 anuales.
5. El inventario realizado con el levantamiento de equipos que consumen energía eléctrica en el Hospital permitió tener claro las posibilidades de ahorro energético.
6. El mantenimiento de equipos en el Hospital es controlado, sin embargo existen equipos que han cumplido su vida útil y por tanto deben ser cambiados.
7. El uso de equipos que corrigen el factor de potencia disminuirá el consumo de energía reactiva.
8. El VAN permitió evaluar las ganancias obtenidas de la inversión la cual con el análisis realizado es aceptable y de acuerdo al porcentaje encontrado de la TIR se considera que el proyecto es rentable.
9. Las propuestas de ahorro de energía son viables ya que permite obtener ahorros importantes en el consumo mensual, teniendo una recuperación de lo invertido en un periodo de 10 años y beneficios económicos para el establecimiento.
10. El cambio de luminarias permitirá disponer de espacios mejor iluminados disminuyendo el consumo de energía eléctrica.
11. Con los cambios propuestos en los sistemas eléctricos y de iluminación, se tendrá un sistema eléctrico más eficiente.



5.2. Recomendaciones

1. Llevar controles anuales de medición de calidad de energía en las instalaciones, de alimentación e instalaciones internas con el fin de evaluar posibles variaciones de la calidad de energía.
2. Se debe generar dentro del Departamento de mantenimiento y administración del Hospital un equipo de monitoreo y/o control de calidad de energía y eficiencia energética, de tal manera que se pueda evaluar de acuerdo a planes anuales las mediciones que por efecto de este proyecto se realizaron.
3. La implementación de las propuestas de disminuir el consumo de energía y corrección del factor de potencia se la puede realizar por etapas en caso de no contar con los recursos en primera instancia, es decir realizar un plan de cambio periódico de acuerdo a la capacidad económica del Hospital.
4. Elaborar planes de capacitación y prevención de uso de equipos que causan pérdidas en las instalaciones, instruir al personal y generar responsabilidades sobre la importancia del buen uso de la energía.
5. Reducir el uso de luminarias encendidas en espacios en donde no existe mucho movimiento de personal.
6. Realizar mantenimientos periódicos a las cabinas de transformación, para evitar inconvenientes por acumulación de partículas de polvo en estos equipos.
7. Realizar mantenimientos periódicos a las protecciones de luminarias, por acumulación de partículas de polvo que pueden afectar a los sistemas de iluminación.
8. Establecer consideraciones de ahorro energético dentro del campo de iluminación mediante programas de ahorro dentro del Hospital con el personal. Tal es el caso del uso de luz natural en donde se puede obtener mejoras considerables, sobretodo en oficinas y pasillos pues según se evidenció en el Hospital no se está utilizando este recurso.
9. En la iluminación de pasillos, baños, colocar sensores de movimiento, así como en bodegas y vestuarios con el fin de optimizar el uso de electricidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética [AChEE]. (2013). *Manual del Gestor Energético Sector Hospitalario*. Santiago de Chile.
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética [AChEE]. (2011). *Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos de Salud*. Santiago de Chile.
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad [ARCONEL]. (2013). *Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental*. Quito.
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad [ARCONEL]. (2001). *Regulación CONELEC 004/01*. Quito.
- Barcells, J. M., & Jordi, A. (2011). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. España: Graficas Días Tuduri.
- Chamorro, R. (2012). *Calidad de suministro eléctrico*. México D.F.
- Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos de Pichincha [CIEEPI]. (2007). *Proyecto eficiencia energética en edificios públicos*. Quito.
- Constitución de la República del Ecuador [CRE]. (2012). *Decreto N° 1048 Constitución de la república del Ecuador*. Quito.
- Constitución de la República del Ecuador [CRE]. (2015). *Ley orgánica del servicio público de energía*. Quito.
- Cuenca, M. A., & Enríquez, F. (2012). *Estudio de la demanda para el dimensionamiento y fiscalización del montaje de generadores estacionarios par el campus Girón*. Quito.
- Diario Oficial de la Unión Europea [DOUE]. (2010). *Directiva 2010/31/UE del parlamento europeo y del consejo*. Madrid.
- Elca. (2012). *Potencia trifásica*. Aragón
- Empresa Eléctrica Azogues [EEA]. (2013). *Manual de calidad*. Azogues.
- Empresa Eléctrica Azogues [EEA]. (2016). *Facturaciones del Hospital Homero Castanier Crespo*. Azogues.
- Enríquez, Gilberto. (2012). *Eficiencia y calidad en sistemas eléctricos*. México DF. Limusa.
- Espinoza, J. C., & Sarango, L. A. (2017). *Levantamiento de información en el Hospital Homero Castanier Crespo*. Azogues.
- Espinoza, J. C., & Sarango, L. A. (2017). *Mediciones de calidad de energía con el equipo fluke 1750*. Azogues.
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid [Fenercom]. (2010). *Guía de ahorro y eficiencia energética en hospitales*. Madrid.
- Energylab, & Ciemat, Fenosa. (2016). *Visión de la eficiencia energética en el sector hospitalario*. Madrid.
- Gomezcoello, D., & Holguín, M. (2010). *Análisis de calidad de energía eléctrica en el "nuevo campus" de la Universidad Politécnica Salesiana*. Guayaquil.
- Hospital Homero Castanier Crespo [HHCC]. (2016). *Índices estadísticos*. Azogues.
- Huerta, V. S. (2006). *Perturbaciones en la red eléctrica*. Chetumal.
- Idea, & Cei. (2001). *Guía técnica de eficiencia energética en iluminación, hospitales y centros de atención primaria*. Madrid.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE]. (2007). *Práctica recomendada de IEEE para sistemas eléctricos en instalaciones de atención médica IEEE Std 602-2007*. West Virginia.
- Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables [INER]. (2016). *Plan estratégico institucional INER 2014-2017*. Quito.
- Kai, & Gien. (2009). *Calidad de la energía eléctrica*. Bogotá.



- Kai, & Gien. (2009). *Corrección de factor de potencia y factor de la demanda*. Bogotá.
- Löhr, W., Gauer, K., Serrano, N., & Zamorano, A. (2009). *Eficiencia energética en hospitales públicos*. Santiago de Chile.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable [MEER]. (2009). *Eficiencia energética en el sector público*. Quito.
- Ministro de Electricidad y Energía Renovable [MEER]. (2014). *Plan estratégico institucional 2014-2017*. Quito.
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos [MICSE]. (2014). *Balance energético nacional*. Quito.
- Ministerio de Salud Pública [MSP]. (2012). *Estatuto orgánico por procesos*. Quito.
- Ministerio de Salud Pública [MSP]. (2016). *Cartera de servicios del Hospital Homero Castanier Crespo*. Quito.
- Ministerio de Salud Pública [MSP]. (2017). *Homologación establecimientos de salud*. Quito.
- Morante, J. R. (2014). *El almacenamiento de la electricidad*. Barcelona.
- Muñoz, M. P. (2011). *Fundamentos básicos de finanzas. VAN y TIR*. Santiago de Chile.
- Ramírez, S., & Cano, E. (2003). *Calidad del servicio de energía eléctrica*. Manizales.
- Spiller, & Gosman. (1988). *Contabilidad financiera. México*. McGraw-Hill.
- Sánchez, M. Á. (2009). *Calidad de la energía eléctrica*. Puebla, México.
- Savener. (2017). *Soluciones energéticas Integrales*. Santiago de Chile.
- Sepúlveda, R. A. (2008). *Aplicación metodológica para la determinación del desempeño energético en hospitales de la región metropolitana*. Santiago de Chile.
- Siigo. (2017). *Comprobante de depreciación*. Bogotá.
- Grupo de Investigación, desarrollo e innovación de la UNEX. (2009). *Calidad de servicio en un sistema eléctrico de potencia*. Badajoz.
- Wikipedia. (2017) *Eficiencia Energética*.

ANEXOS
**ANEXO 1. LEVANTAMIENTO DE ILUMINACIÓN EN EL HOSPITAL HOMERO
CASTANIER CRESPO.**
Anexo 1A. Luminarias.

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)	(kW)	(kW)		(kW)
LUMINARIAS							
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	13	Primera Planta	40	0,04	0,57	0,70	0,40
Luminaria con 2 tubos fluorescentes de 40 W	640	Primera Planta	40	0,04	28,16	0,70	19,71
Luminaria con 3 tubos fluorescentes de 40 W	15	Primera Planta	40	0,04	0,66	0,70	0,46
Luminaria con 4 tubos fluorescentes de 40 W	40	Primera Planta	40	0,04	1,76	0,70	1,23
Luminaria con 2 tubos fluorescentes de 20 W	4	Primera Planta	20	0,02	0,09	0,70	0,06
Aplicador con foco ahorrador de 60 W	20	Primera Planta	60	0,06	1,20	0,70	0,84
Lámpara fluorescente (Ahorrador) de 60 W	25	Primera Planta	60	0,06	1,65	0,70	1,16
Tubo fluorescentes de 40 W	404	Planta baja	40	0,04	17,78	0,70	12,44
Lámpara de cabecera 60 W	37	Planta baja	60	0,06	2,22	0,70	1,55
Aplicador con una lámpara incandescente de 60 W	13	Planta baja	60	0,06	0,78	0,70	0,55
Lámpara de guía de 15 W	10	Planta baja	15	0,02	0,15	0,70	0,11
Lámpara fluorescente (Ahorrador) de 60 W	19	Planta baja	60	0,06	1,25	0,70	0,88
Tubo fluorescentes de 40 W	170	Segunda Planta	40	0,04	7,48	0,70	5,24



DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)	(kW)	(kW)		(kW)
LUMINARIAS							
Lámparas de cabecera de 60 W	39	Segunda Planta	60	0,06	2,34	0,70	1,64
Aplique con una lámpara incandescente de 60 W	15	Segunda Planta	60	0,06	0,90	0,70	0,63
Lámpara de guía de 15 W	13	Segunda Planta	15	0,02	0,21	0,70	0,15
Lámpara fluorescente (Ahorrador) de 60 W	14	Segunda Planta	60	0,06	0,92	0,70	0,65
Tubo fluorescentes de 40 W	166	Tercera Planta	40	0,04	7,30	0,70	5,11
Lámparas de cabecera de 60 W	54	Tercera Planta	60	0,06	3,56	0,70	2,49
Aplique con una lámpara incandescente de 60 W	14	Tercera Planta	60	0,06	0,92	0,70	0,65
Lámpara de guía de 15 W	10	Tercera Planta	15	0,02	0,15	0,70	0,11
Lámpara fluorescente (Ahorrador) de 60 W	13	Tercera Planta	60	0,06	0,86	0,70	0,60
		TOTAL:			80,92		58,26

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

**Anexo 1B. Propuesta de cambio de luminarias.**

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	PROPUESTA	AHORRO POR LÁMPARA (W)	CANTIDAD	POTENCIA	CARGA UNITARIA	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
				(W)	(kW)	(kW)		(kW)
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	Luminaria con un tubo fluorescente t8 de 32 W	8	13	32	0,03	0,46	0,70	0,32
Luminaria con 2 tubos fluorescentes de 40 W	Luminaria con un tubo fluorescente t8 de 32 W	8	640	32	0,03	22,53	0,70	15,77
Luminaria con 3 tubos fluorescentes de 40 W	Luminaria con un tubo fluorescente t8 de 32 W	8	15	32	0,03	0,53	0,70	0,37
Luminaria con 4 tubos fluorescentes de 40 W	Luminaria con un tubo fluorescente t8 de 32 W	8	40	32	0,03	1,41	0,70	0,99
Tubo fluorescentes de 40 W	Luminaria con un tubo fluorescente t8 de 32 W	8	404	32	0,03	14,22	0,70	9,95
Lámparas incandescentes cabecera 60 W	Luminaria Led 9,5 W	50,50	37	9,50	0,01	0,35	0,70	0,25
Aplicador con una lámpara incandescente de 60 W	Luminaria Led 9,5 W	50,50	13	9,50	0,01	0,12	0,70	0,09
Tubo fluorescentes de 40 W	Luminaria con un tubo fluorescente t8 de 32 W	8	170	32	0,03	5,98	0,70	4,19
Lámparas de cabecera de 60 W	Luminaria Led 9,5 W	50,50	39	9,50	0,01	0,37	0,70	0,26
Aplicador con una lámpara incandescente de 60 W	Luminaria Led 9,5 W	50,50	15	9,50	0,01	0,14	0,70	0,10
Tubo fluorescentes de 40 W	Luminaria con un tubo fluorescente t8 de 32 W	8	166	32	0,03	5,84	0,70	4,09
Lámparas incandescente cabecera 60 W	Luminaria Led 9,5 W	50,50	54	9,50	0,01	0,56	0,70	0,40
Aplicador con una lámpara incandescente de 60 W	Luminaria Led 9,5 W	50,50	14	9,50	0,01	0,15	0,70	0,10
		TOTAL:	1 620			52,67		36,87

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

**Anexo 1C. Luminarias sin reemplazar.**

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	POTENCIA	CARGA UNITARIA	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
		(W)	(kW)	(kW)		(kW)
LUMINARIAS						
Luminaria con 2 tubos fluorescentes de 20 W	4	20	0,02	0,09	0,70	0,06
Aplique con foco ahorrador de 60 W	20	60	0,06	1,20	0,70	0,84
Lámpara fluorescente (Ahorrador) de 60 W	25	60	0,06	1,65	0,70	1,16
Lámpara de guía de 15 W	10	15	0,02	0,15	0,70	0,11
Lámpara fluorescente (Ahorrador) de 60 W	19	60	0,06	1,25	0,70	0,88
Lámpara de guía de 15 W	13	16	0,02	0,21	0,70	0,15
Lámpara fluorescente (Ahorrador) de 60 W	14	60	0,06	0,92	0,70	0,65
Lámpara de guía de 15 W	10	15	0,02	0,15	0,70	0,11
Lámpara fluorescente (Ahorrador) de 60 W	13	60	0,06	0,86	0,70	0,60
TOTAL:	128			6,48		4,54

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).



ANEXO 2. LEVANTAMIENTO DE EQUIPOS QUE CONSUMEN ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO.

Anexo 2A. Equipos de lavado.

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA (kW)	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)		(kW)		(kW)
EQUIPOS DE LAVADO Y ACONDICIONADO DE ROPA							
Compresor	1	Lavandería	1 200	1,20	1,20	0,35	0,42
Plancha	2	Lavandería	2 800	2,80	5,60	0,35	1,96
Máquinas de coser	6	Área de costura	400	0,40	2,40	0,30	0,72
Lavadora de ropa mayor a 50 kg	1	Lavandería	6 000	6,00	6,00	1,00	6,00
Lavadora de ropa mayor a 50 kg	1	Lavandería	6 000	6,00	6,00	1,00	6,00
Lavadora de ropa mayor a 50 kg	1	Lavandería	4 500	4,50	4,50	1,00	4,50
Lavadora de ropa mayor a 50 kg	1	Lavandería	640	0,64	0,64	1,00	0,64
Lavadora de ropa 60 lb speed queen	1	Lavandería	329	0,33	0,33	1,00	0,33
Secadora a vapor	1	Lavandería	2 000	2,00	2,00	1,00	2,00
Secadora a vapor	1	Lavandería	2 000	2,00	2,00	1,00	2,00
Secadora a vapor	1	Lavandería	2 000	2,00	2,00	1,00	2,00
Aire acondicionado	1	Lavandería	2 750	2,75	2,75	1,00	2,75
Aire acondicionado	1	Lavandería	2 750	2,75	2,75	1,00	2,75
TOTAL:					38,17		32,07

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

**Anexo 2B. Equipos de cocina.**

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA EN (kW)	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)		(kW)		(kW)
COCINA							
Ablandador De Carne	1	Cocina	373	0,37	0,37	0,35	0,13
Cuarto Frio	1	Cocina	7 192	7,19	7,19	0,35	2,52
Extractores De Olores	1	Cocina	29	0,03	0,03	0,35	0,01
Extractores De Olores	1	Cocina	29	0,03	0,03	0,35	0,01
Banda Transportadora	1	Cocina	1 800	1,80	1,80	0,35	0,63
Batidora Industrial	1	Cocina	125	0,13	0,13	0,35	0,04
Batidora Industrial Havester	1	Cocina	125	0,13	0,13	0,35	0,04
Autoservicio	1	Cocina	746	0,75	0,75	0,35	0,26
Carro Caliente	1	Cocina	2 000	2,00	2,00	0,35	0,70
Carro Caliente	1	Cocina	2 000	2,00	2,00	0,35	0,70
Carro Termo De Cirujia-Pediatria	1	Cocina	2 000	2,00	2,00	0,35	0,70
Carro Termo De Ginecología	1	Cocina	746	0,75	0,75	0,35	0,26
Carro Termo De Clínica	1	Cocina	746	0,75	0,75	0,35	0,26
Cocina Eléctrica	1	Cocina	14 300	14,30	14,30	0,35	5,01
Molino De Carne Nagema Hv1	1	Cocina	1 300	1,30	1,30	0,35	0,46
Molino De Carne Bp115	1	Cocina	1 300	1,30	1,30	0,35	0,46
Maquina Universal Tor Rey M-12fs	1	Cocina	560	0,56	0,56	0,35	0,20
Rebanadora De Fiambres	1	Cocina	250	0,25	0,25	0,35	0,09
Tren Para Lavado De Loza	1	Cocina	250	0,25	0,25	0,35	0,09
Trituradora De Desperdicios	1	Cocina	2 600	2,60	2,60	0,35	0,91
Trituradora De Desperdicios	1	Cocina	2 600	2,60	2,60	0,35	0,91
Trituradora De Desperdicios	1	Cocina	2 300	2,30	2,30	0,35	0,81
Amasadora De Pan	1	Cocina	146	0,15	0,15	0,35	0,05
Congeladora De Alimentos Electro lux	1	Cocina	257	0,26	0,26	0,35	0,09
Cortadora De Pollo	1	Cocina	373	0,37	0,37	0,35	0,13
Esterilizadora De Vajilla	1	Cocina	3 000	3,00	3,00	0,35	1,05
Exprimidor De Jugos Cítricos	1	Cocina	186	0,19	0,19	0,35	0,07



DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA EN (kW)	CARGA INSTALADA (kW)	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)				(kW)
COCINA							
Horno Convección Gas	1	Cocina	1 492	1,49	1,49	0,35	0,52
Refrigeradora Indurama Ri 480	1	Cocina	490	0,49	0,49	0,35	0,17
Refrigeradora True T 35	1	Cocina	373	0,37	0,37	0,35	0,13
Refrigeradora Industrial Indurama	1	Cocina	740	0,74	0,74	0,35	0,26
TOTAL:					50,43		17,65

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

**Anexo 2C. Equipos de emergencia.**

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA EN (kW)	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)		(kW)		(kW)
EMERGENCIA							
Desfibrilador	3	Emergencia	400	0,40	1,20	0,35	0,42
Electrocardiógrafo	2	Emergencia	50	0,05	0,10	0,35	0,04
Electrocardiógrafo Schiller	1	Emergencia	50	0,05	0,05	0,35	0,02
Electro bisturí	1	Emergencia	200	0,20	0,20	0,35	0,07
Ecógrafo Mindray	3	Emergencia	250	0,25	0,75	0,35	0,26
Lámpara Cielítica	12	Emergencia	70	0,07	0,84	0,35	0,29
Lámpara Cielítica Auxiliar	8	Emergencia	150	0,15	1,20	0,35	0,42
Mesa Quirúrgica	8	Emergencia	500	0,50	4,00	0,35	1,40
Monitor Multiparámetro NihonKohden	1	Emergencia	74	0,07	0,07	0,35	0,03
Monitor Criticare Sholarli 507 EI	1	Emergencia	72	0,07	0,07	0,35	0,03
Oxímetro De Pulso Datex Ohmeda	1	Emergencia	70	0,07	0,07	0,35	0,02
Monitor Multiparámetros Mindray	1	Emergencia	74	0,07	0,07	0,35	0,03
Máquina De Anestesia	7	Emergencia	300	0,30	2,10	0,35	0,74
Succionador Vortex	4	Emergencia	150	0,15	0,60	0,35	0,21
Succionador Área Shock	3	Emergencia	150	0,15	0,45	0,35	0,16
Detector Cardíaco Fetal Sonicaid	1	Emergencia	0	0,00	0,00	0,35	0,00
Estufa Universal Memmert	1	Emergencia	150	0,15	0,15	0,35	0,05
Succionador Healthcare	1	Emergencia	150	0,15	0,15	0,35	0,05
			TOTAL:		12,08		4,23

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

**Anexo 2D. Equipos de fisioterapia.**

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA EN (kW)	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)		(kW)		(kW)
FISIOTERAPIA							
Baños De Parafina	1	Fisioterapia	120	0,12	0,12	0,35	0,04
Ultrasonido Tur Usr2	1	Fisioterapia	12	0,01	0,01	0,35	0,00
Ultrasonic D1b	1	Fisioterapia	12	0,01	0,01	0,35	0,00
Ultrasonido D1b	1	Fisioterapia	12	0,01	0,01	0,35	0,00
Generador De Corrientes Múltiples (Electro Estimulador)	1	Fisioterapia	34	0,03	0,03	0,35	0,01
Generador De Corrientes Múltiples	1	Fisioterapia	34	0,03	0,03	0,35	0,01
Ultrasonido Intelec Mobile 2776	1	Fisioterapia	12	0,01	0,01	0,35	0,00
Masajeador Raymax	1	Fisioterapia	15	0,02	0,02	0,35	0,01
Masajeador Raymax Viter Vr-7n	1	Fisioterapia	15	0,02	0,02	0,35	0,01
Masajeador Raymax Viter Vr-7n	1	Fisioterapia	15	0,02	0,02	0,35	0,01
Masajeador Raymax Viter Vr-7n	1	Fisioterapia	15	0,02	0,02	0,35	0,01
Calentador De Compresas	1	Fisioterapia	1000	1,00	1,00	0,35	0,35
Electro estimulador Multionda	1	Fisioterapia	120	0,12	0,12	0,35	0,04
Electro estimulador ntelec Advanced	1	Fisioterapia	120	0,12	0,12	0,35	0,04
Masajeador Raymax	1	Fisioterapia	15	0,02	0,02	0,35	0,01
Masajeador Raymax	1	Fisioterapia	15	0,02	0,02	0,35	0,01
Masajeador Raymax	1	Fisioterapia	15	0,02	0,02	0,35	0,01
			TOTAL:		1,58		0,55

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).

**Anexo 2E. Equipos de laboratorio.**

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA EN (kW)	CARGA INSTALADA (kW)	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)				(kW)
LABORATORIO Y MEDICINA							
Unidad De Destilación De Agua	1	Laboratorio	12 000	12,00	12,00	0,35	4,20
Esterilizador Vapor Eléctrico	1	Laboratorio	3 000	3,00	3,00	0,35	1,05
Agitador De Pipetas	1	Laboratorio	50	0,05	0,05	0,35	0,02
Centrífuga De Mesa Harmonic	1	Laboratorio	550	0,55	0,55	0,35	0,19
Centrífuga Serófuga	1	Laboratorio	66	0,07	0,07	0,35	0,02
Centrífuga De Mesa Harmonic	1	Laboratorio	550	0,55	0,55	0,35	0,19
Centrífuga Lw Scientific	1	Laboratorio	16	0,02	0,02	0,35	0,01
Mezclador Para Sangre En Tubos	1	Laboratorio	20	0,02	0,02	0,35	0,01
Coagulómetro	1	Laboratorio	550	0,55	0,55	0,35	0,19
Esterilizador Por Calor Seco	1	Laboratorio	1 400	1,40	1,40	0,35	0,49
Esterilizador Por Calor Seco Memert	1	Laboratorio	1400	1,40	1,40	0,35	0,49
Equipo Análisis Humaclot	1	Laboratorio	300	0,30	0,30	0,35	0,11
Analizador Electrolitos	1	Laboratorio	50	0,05	0,05	0,35	0,02
Analizador Sanguíneo 912 Roche	1	Laboratorio	240	0,24	0,24	0,35	0,08
Analizador Hematología Micros Es60	1	Laboratorio	240	0,24	0,24	0,35	0,08
Analizador De Química Clínica	1	Laboratorio	240	0,24	0,24	0,35	0,08
Agitador De Placas	1	Laboratorio	20	0,02	0,02	0,35	0,01
Baño María	1	Laboratorio	4 070	4,07	4,07	0,35	1,42
Analizador Hematológico Bs200	1	Laboratorio	230	0,23	0,23	0,35	0,08
Coagulómetro Sysmex Ca-500	1	Laboratorio	50	0,05	0,05	0,35	0,02
Espectrofotómetro Genesys 20	1	Laboratorio	60	0,06	0,06	0,35	0,02
Espectrofotómetro Microlab 300	1	Laboratorio	240	0,24	0,24	0,35	0,08
Espectrofotómetro 20 D	1	Laboratorio	60	0,06	0,06	0,35	0,02
Microscopio Olympus Cx31	1	Laboratorio	30	0,03	0,03	0,35	0,01
Microscopio Olympus Cx31 2	1	Laboratorio	30	0,03	0,03	0,35	0,01



DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA EN (kW)	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)		(kW)		(kW)
LABORATORIO Y MEDICINA							
Microscopio Olympus Cx31 3	1	Laboratorio	30	0,03	0,03	0,35	0,01
Microscopio Optika	1	Laboratorio	300	0,30	0,30	0,35	0,11
Microscopio Nikon	1	Laboratorio	41	0,04	0,04	0,35	0,01
Microscopio Olympus Cx31 4	1	Laboratorio	30	0,03	0,03	0,35	0,01
Microscopio Eclipse E100	1	Laboratorio	30	0,03	0,03	0,35	0,01
Microscopio Motic	1	Laboratorio	30	0,03	0,03	0,35	0,01
Micro centrifuga Hettich	1	Laboratorio	3 840	3,84	3,84	0,35	1,34
Lector De Microeliza	1	Laboratorio	92	0,09	0,09	0,35	0,03
Centrifuga HettichRotofix 32a	1	Laboratorio	240	0,24	0,24	0,35	0,08
Centrifuga Para Capilares Haematocrit Kht-430b	1	Laboratorio	134	0,13	0,13	0,35	0,05
Centrifuga Para Capilares Haematocrit Kht-400	1	Laboratorio	134	0,13	0,13	0,35	0,05
MicroscopioLeica Dm 1000	1	Laboratorio	46	0,05	0,05	0,35	0,02
Autoclave Tuttnauer 3870	1	Laboratorio	3000	3,00	3,00	0,35	1,05
Estufa De Calor Seco MenmertTip Inb400	1	Laboratorio	400	0,40	0,40	0,35	0,14
Cuna De Calor Radiante	9	Medicina	1 100	1,10	9,90	0,35	3,47
Bomba De Infusión	46	Medicina	20	0,02	0,92	0,35	0,32
Insuflador	3	Medicina	200	0,20	0,60	0,35	0,21
Arco En C (Rx)	1	Medicina	2 000	2,00	2,00	0,35	0,70
Microondas	11	Medicina	950	0,95	10,45	0,35	3,66
Selladora	1	Medicina	500	0,50	0,50	0,35	0,18
Electrocardiógrafo	3	Medicina	500	0,50	1,50	0,35	0,53
Negatoscopio	4	Medicina	60	0,06	0,24	0,35	0,08
Rx Portátil	2	Medicina	1 200	1,20	2,40	0,35	0,84
Analizador De Gases	1	Medicina	200	0,20	0,20	0,35	0,07
Silla Dental	3	Medicina	300	0,30	0,90	0,35	0,32
Termo Cuna	8	Medicina	1 250	1,25	10,00	0,35	3,50
Banco De Sangre	1	Medicina	550	0,55	0,55	0,35	0,19
Tomógrafo	1	Medicina	1 400	1,40	1,40	0,35	0,49
Mamógrafo	1	Medicina	800	0,80	0,80	0,35	0,28
Electroencefalógrafo	1	Medicina	3 500	3,50	3,50	0,35	1,23



DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA EN (kW)	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)		(kW)		(kW)
LABORATORIO Y MEDICINA							
Endoscopio	1	Medicina	400	0,40	0,40	0,35	0,14
Máquina De Hemodiálisis	4	Medicina	1 100	1,10	4,40	0,35	1,54
			TOTAL:		84,47		29,56

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

**Anexo 2F. Varios.**

DESCRIPCIÓN DE APARATOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	POTENCIA	CARGA UNITARIA EN (kW)	CARGA INSTALADA	FACTOR COINCIDENCIA	DEMANDA COINCIDENTE
			(W)		(kW)		(kW)
VARIOS							
Tomacorrientes Monofásicas Doble Planta Baja	110		200	0,20	6,60	0,35	2,31
Computadoras	145	Oficinas	120	0,12	17,40	0,35	6,09
Tomacorrientes Monofásicas Doble Primera Planta	126		200	0,20	7,56	0,35	2,65
Tomacorrientes Monofásicas Doble Segunda Planta	61		200	0,20	3,66	0,35	1,28
Tomacorrientes Monofásicas Doble Tercera Planta	75		200	0,20	4,50	0,35	1,58
TOTAL:					39,72		13,90

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).



ANEXO 3. PERTURBACIONES DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

CATEGORÍA	ESPECTRO DE FRECUENCIA (TÍPICO)	DURACIÓN (TÍPICO)	MAGNITUD DE LA TENSIÓN (TÍPICA)
TRANSISTORIOS			
Impulsivos			
nanosegundos	tr=5ns	<50ns	
Microsegundos	tr=5ns	50ns-1ms	
Milisegundos	tr=0,1ms	>1ms	
Oscilatorios			
Frecuencia baja	<5	0,5-50ms	0-4p.u.
frecuencia media	5-500kHz	20ms	0-8p.u.
frecuencia alta	0,5-5MHz	5ms	0-4p.u.
VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN			
Instantáneas			
sag (Dip)		0,5-30 ciclos	0,1-0,9p.u.
Swell		0,5-30 ciclos	1,1-1,8p.u.
Momentáneas			
Interrupción		0,5-3s	<0,1p.u.
sag (Dip)		30 ciclos-3s	0,1-0,9p.u.
Swell		30 ciclos-3s	1,1-1,8p.u.
Temporales			
Interrupción		3s-1 min	<0,1p.u.
sag (Dip)		3s-1 min	0,1-0,9p.u.
Swell		3s-1 min	1,1-1,8p.u.
VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN			
Interrupción sostenida		>1 min	0,0 p.u.
Subtensión		>1 min	0,8-0,9 p.u.
Sobretensión		>1 min	1,1-1,2 p.u.
DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN		estado estacionario	0,5-2%
DISTORSIÓN DE ONDA			
componentes D.C.		estado estacionario	0-0,1%
armónicos	0-100 armónicos	estado estacionario	0-20%
Interarmónicos	0-6 kHz	estado estacionario	0-2%
Notch	>10 kHz	estado estacionario	
ruido	Banda ancha	estado estacionario	0-1%
Fluctuaciones de tensión (parpadeo Flicker)	<25 kHz	Intermitente	0,1-7%
Variaciones de la frecuencia del sistema		<10s	

Fuente:(Meléndez & Herraiz, Marzo de 2005).

ANEXO 4. FOTOGRAFÍAS DE LOS TRANSFORMADORES DEL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO.



Transformador de 500 kVA.

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).



Transformador de 75 kVA.

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).



Generador Eléctrico.

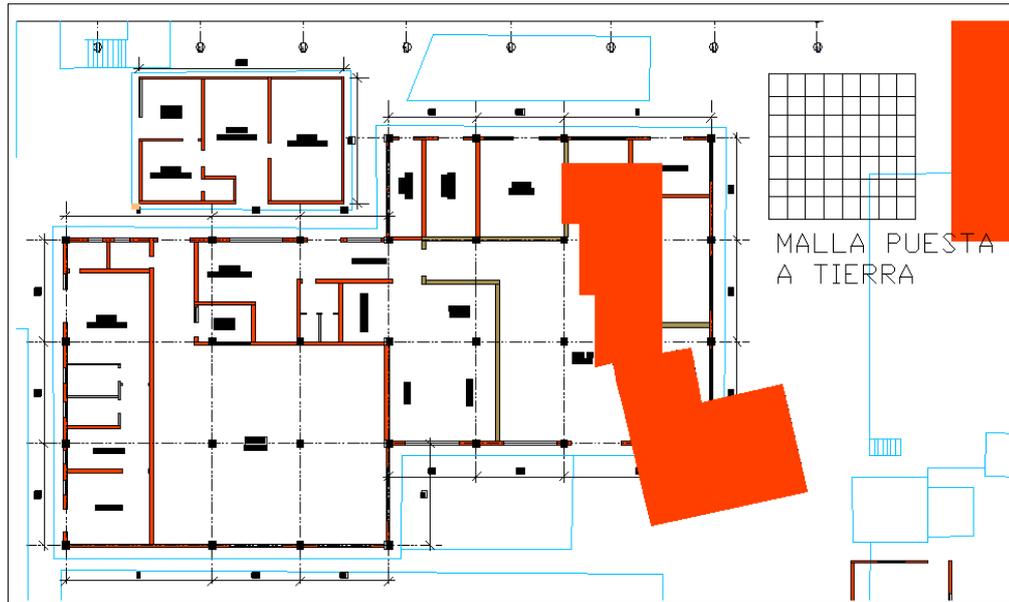
Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).



Circuito de transferencia

Fuente (Espinoza & Sarango, 2017).

Cuenta además con puesta a tierra que está ubicada en los patios del Hospital. En la Fig. de la página 107 se especifica el lugar dentro de las instalaciones del Hospital.



Descripción de ubicación de puesta a tierra en el Hospital Homero Castanier Crespo.
Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017).



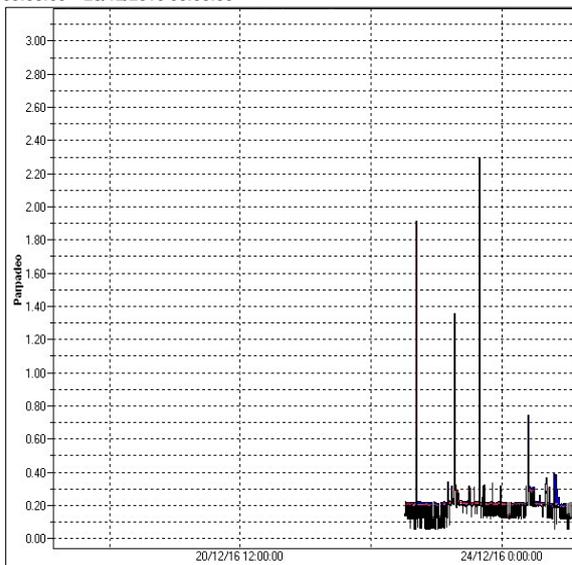
ANEXO 5. MEDICIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA EN EL TRANSFORMADOR DE 75 kVA.

Anexo 5A. Mediciones de parpadeo Flicker.

FASE	MÁX.	FECHA/ HORA	MÍN.	FECHA/ HORA
Parpadeo Pst Media	1,78	23/12/2016 16:50	0,05	23/12/2016 0:30
Parpadeo Pst Media	1,92	22/12/2016 20:40	0,07	24/12/2016 17:00
Parpadeo Pst Media	2,29	23/12/2016 16:50	0,06	23/12/2016 0:30

Imagen 1/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 18/12/2016 00:00:00 – 25/12/2016 00:00:00

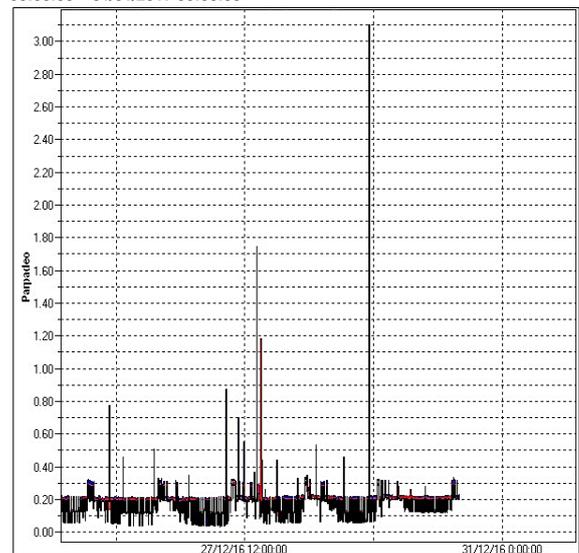


Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

FASE	MÁX.	FECHA/ HORA	MÍN.	FECHA/ HORA
Parpadeo Pst Media	2,83	29/12/2016 4:40	0,03	27/12/2016 4:00
Parpadeo Pst Media	2,64	29/12/2016 4:40	0,06	27/12/2016 0:20
Parpadeo Pst Media	3,10	29/12/2016 4:40	0,04	27/12/2016 5:30

Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 25/12/2016 00:00:00 – 01/01/2017 00:00:00



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)



Anexo 5B. Mediciones de factor de potencia en la Fase A.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media A	0,94	23/12/2016 10:10:00	0,76	23/12/2016 23:20:00

Imagen 1/2

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media A	0,93	29/12/2016 15:40:00	0,77	26/12/2016 03:10:00

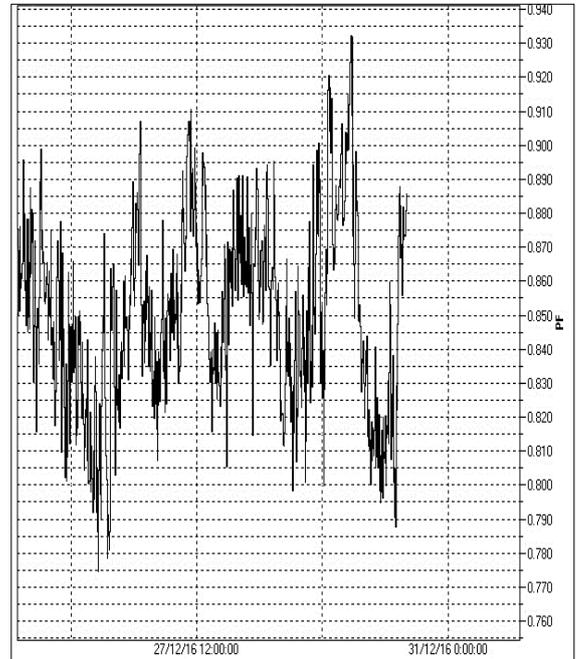
Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 18/12/2016 00:00:00 – 25/12/2016 00:00:00



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 25/12/2016 00:00:00 – 01/01/2017 00:00:00



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

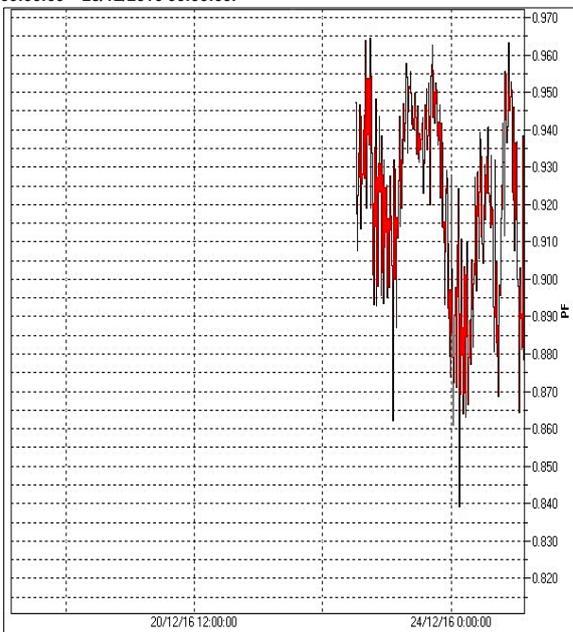


Anexo 5C. Mediciones de factor de potencia en la Fase B.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media B	0,96	22/12/2016 21:40:00	0,84	24/12/2016 02:50:00

Imagen 1/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 18/12/2016 00:00:00 – 25/12/2016 00:00:00.

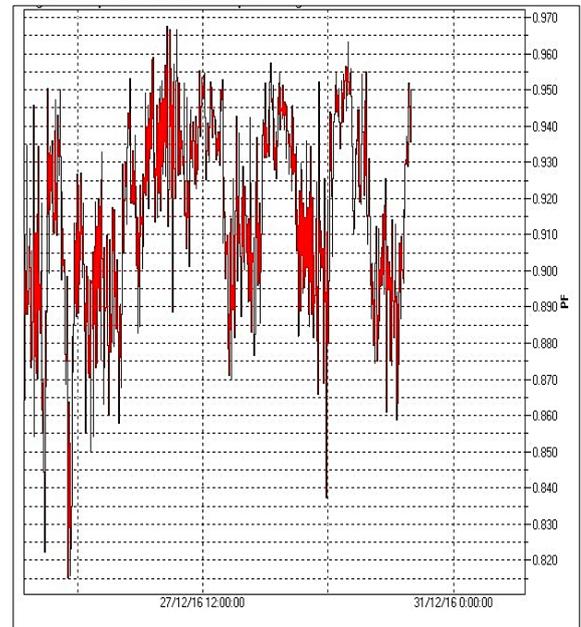


Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media B	0,97	27/12/2016 00:00:00	0,82	25/12/2016 14:50:00

Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 25/12/2016 00:00:00 – 01/01/2017 00:00:00



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)



Anexo 5D. Mediciones de factor de potencia en la Fase C.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media C	0,96	22/12/2016 18:40:00	0,88	24/12/2016 04:00:00

Imagen 1/2

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media C	0,97	29/12/2016 12:50:00	0,87	25/12/2016 16:00:00

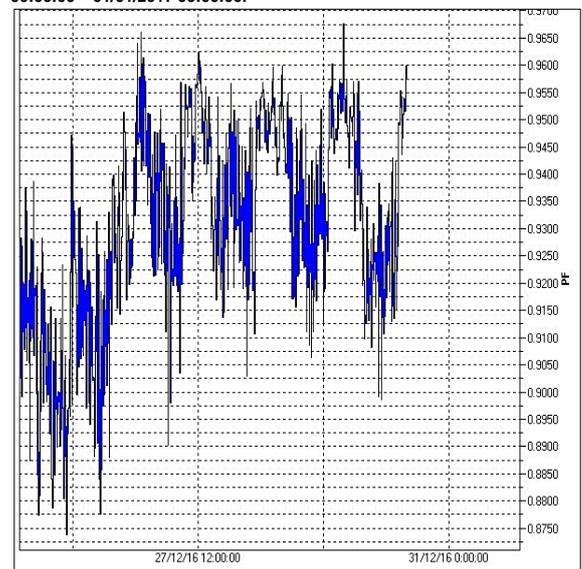
Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 18/12/2016 00:00:00 – 25/12/2016 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 25/12/2016 00:00:00 – 01/01/2017 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)



Anexo 5E. Mediciones de factor de potencia de la Fase media total.

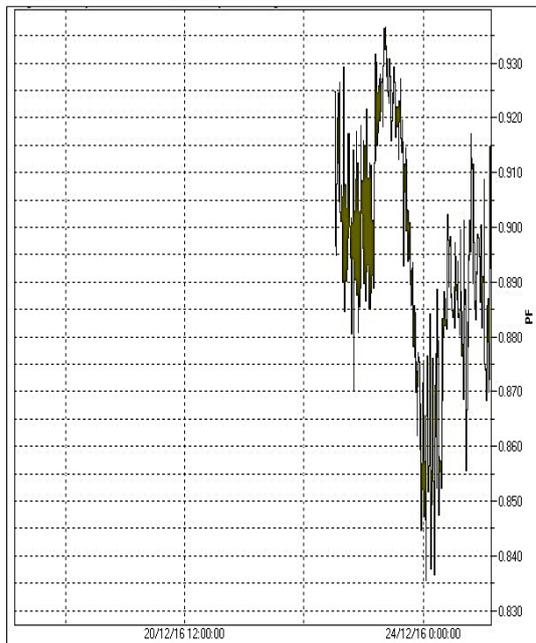
FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media Total	0,94	23/12/2016 10:50:00	0,84	24/12/2016 01:10:00

Imagen 1/2

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media Total	0,94	26/12/2016 17:10:00	0,83	25/12/2016 16:00:00

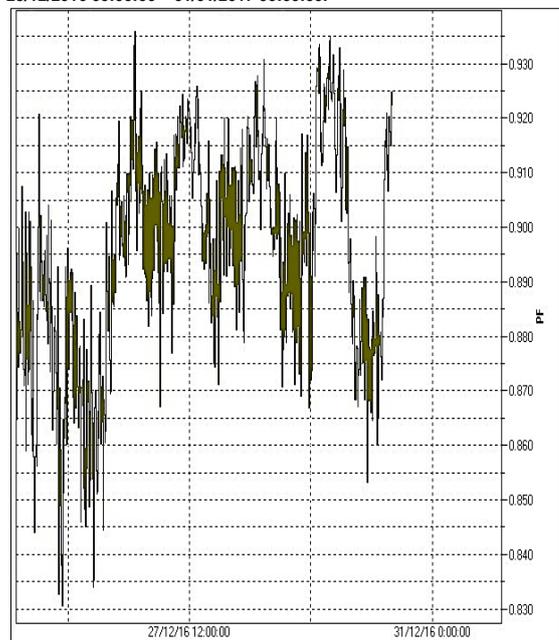
Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado:
18/12/2016 00:00:00 – 25/12/2016 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado:
25/12/2016 00:00:00 – 01/01/2017 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

**Anexo 5F. Mediciones de variación de frecuencia de la Fase media total.**

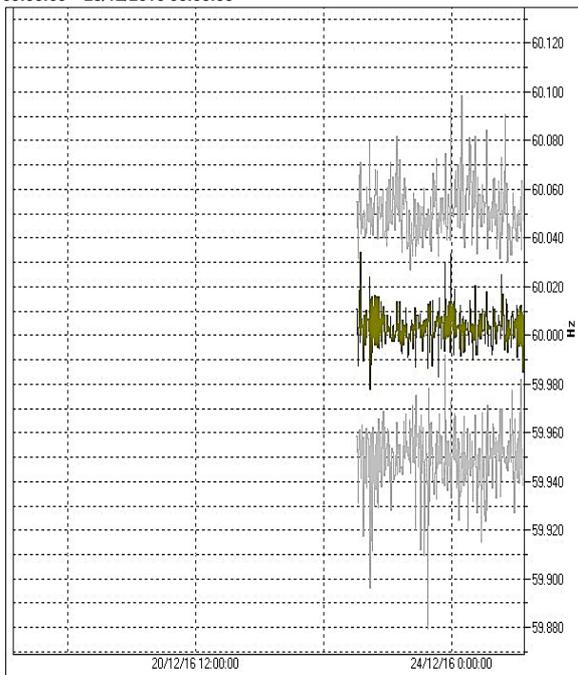
FASE	MÁX.	FECHA/ HORA	MÍN.	FECHA/ HORA
Frec. Media	60,03 Hz	22/12/2016 18:10	59,9 8 Hz	22/12/2016 21:20:00
Frec. Mín.	59,99 Hz	23/12/2016 22:00	59,8 8 Hz	23/12/2016 16:20:00
Frec. Máx.	60,10 Hz	24/12/2016 3:30	60,0 3 Hz	23/12/2016 10:30:00

Imagen 1/2

FASE	MÁX.	FECHA/ HORA	MÍN.	FECHA/ HORA
Frec. Media	60,04 Hz	28/12/2016 0:10	59,97 Hz	25/12/2016 23:10
Frec. Mín.	60,00 Hz	25/12/2016 18:10	59,88 Hz	30/12/2016 2:30
Frec. Máx.	60,13 Hz	30/12/2016 0:10	60,01 Hz	26/12/2016 8:30

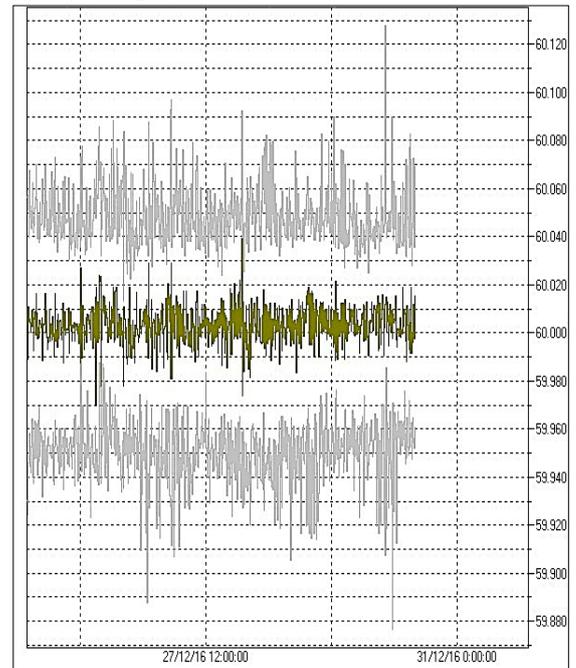
Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 18/12/2016 00:00:00 – 25/12/2016 00:00:00



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 25/12/2016 00:00:00 – 01/01/2017 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)



ANEXO 6. MEDICIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA EN EL TRANSFORMADOR DE 500 kVA

Anexo 6A. Mediciones de parpadeo Flicker Fase A.

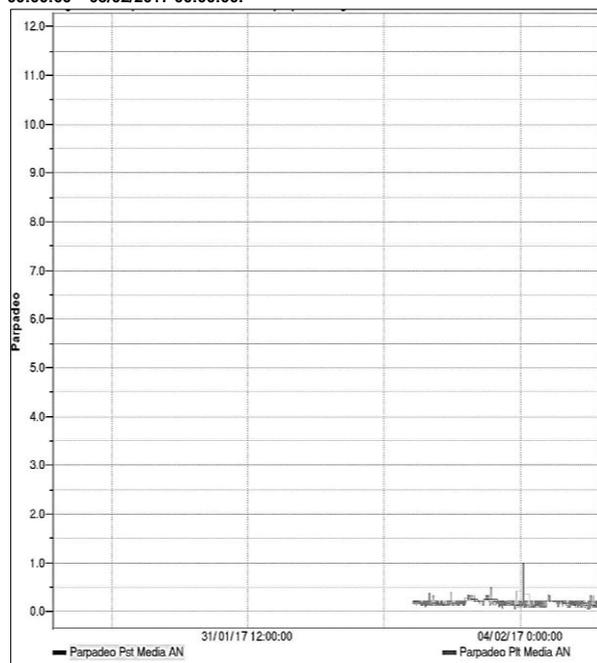
FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
Parpadeo Pst Media	0,99	04/02/2017 0:50	0,06	03/02/2017 22:30
Parpadeo Plt Media	0,44	03/02/2017 23:00	0,16	03/02/2017 21:00

Imagen 1/2

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
Parpadeo Pst Media	11,9	10/02/2017 11:06:59	0,02	10/02/2017 11:15:34
Parpadeo Plt Media	8,2	10/02/2017 11:00:00	0,15	06/02/2017 03:00:00

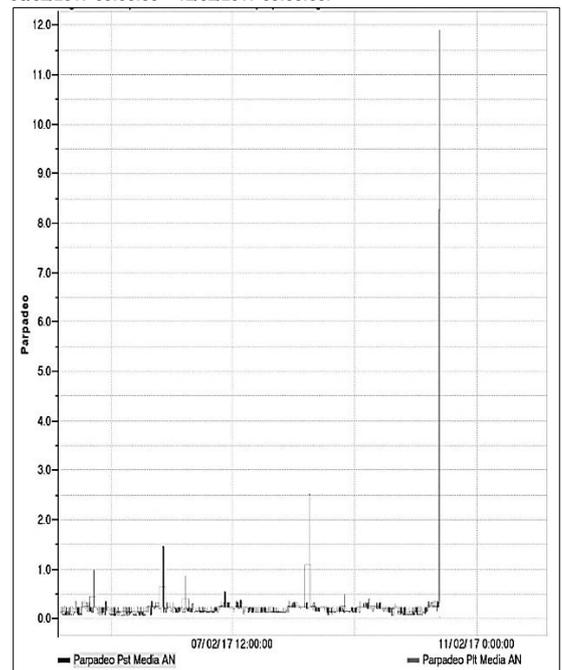
Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 29/01/2017 00:00:00 – 05/02/2017 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 06/02/2017 00:00:00 – 12/02/2017 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)



Anexo 6B. Mediciones de parpadeo Flicker en la Fase B.

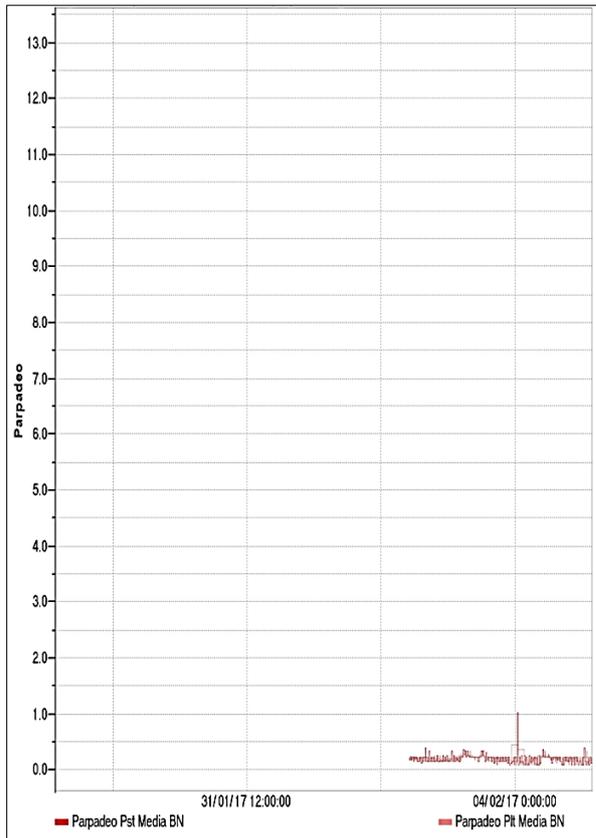
FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
Parpadeo Pst Media	1,03	04/02/2017 00:50:00	0,08	03/02/2017 22:30:00
Parpadeo Plt Media	0,46	03/02/2017 23:00:00	0,17	03/02/2017 21:00:00

Imagen 1/2

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
Parpadeo Pst Media	13,22	10/02/2017 11:06:59	0,02	10/02/2017 11:15:34
Parpadeo Plt Media	9,17	10/02/2017 11:00:00	0,16	06/02/2017 03:00:00

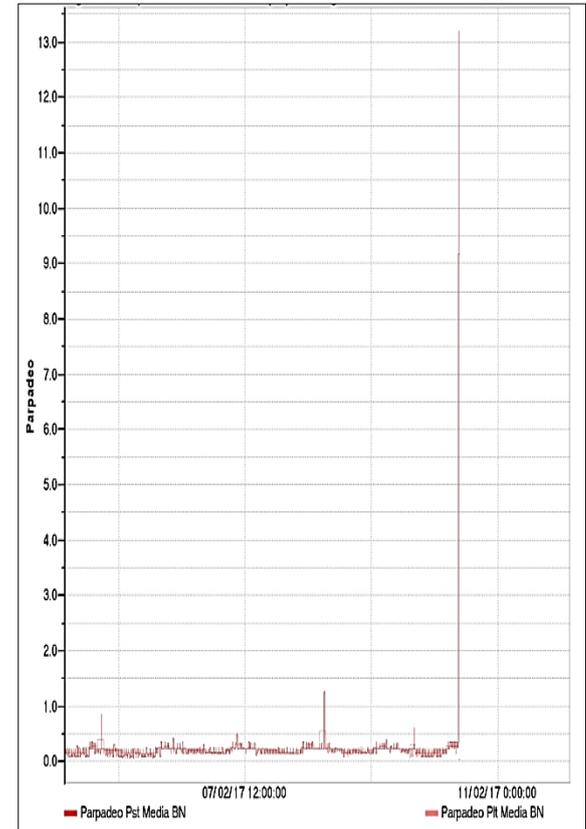
Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 29/01/2017 00:00:00 – 05/02/2017 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 06/02/2017 00:00:00 – 12/02/2017 00:00:00.



Fuente (Espinoza & Sarango, 2017)

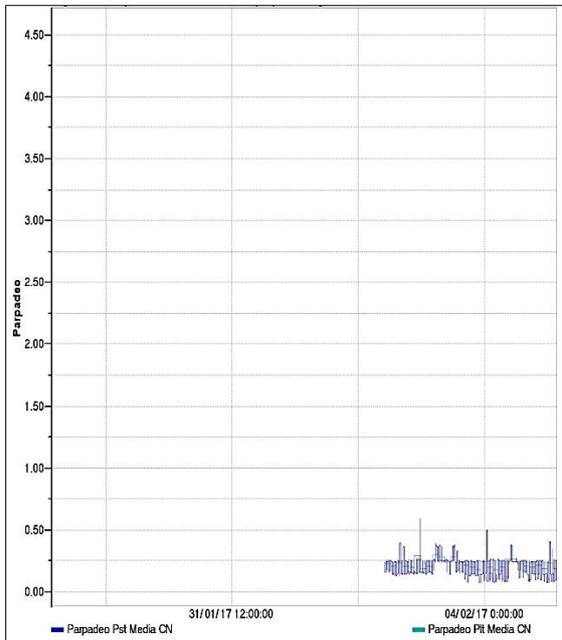


Anexo 6C. Mediciones parpadeo Flicker en la Fase C.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
Parpadeo Pst Media	0,59	03/02/2017 02:40:00	0,07	03/02/2017 22:30:00
Parpadeo Plt Media	0,30	03/02/2017 07:00:00	0,18	03/02/2017 21:00:00

Imagen 1/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 29/01/2017 00:00:00 – 05/02/2017 00:00:00.

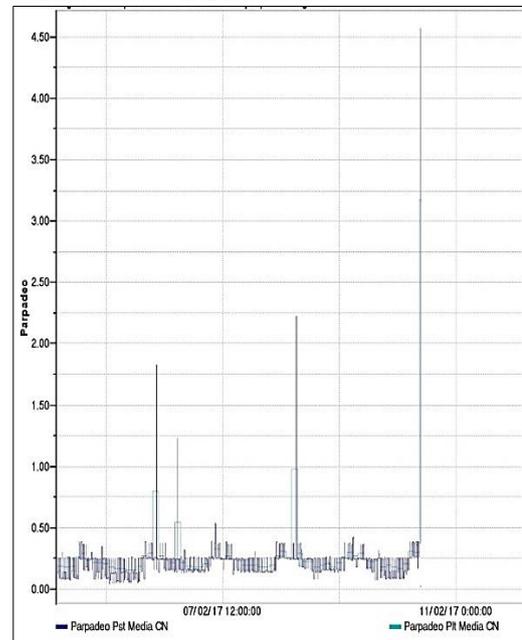


Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
Parpadeo Pst Media	4,58	10/02/2017 11:06:59	0,02	10/02/2017 11:15:34
Parpadeo Plt Media	3,17	10/02/2017 11:00:00	0,16	06/02/2017 01:00:00

Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 06/02/2017 00:00:00 – 12/02/2017 00:00:00.



Fuente (Espinoza & Sarango, 2017)

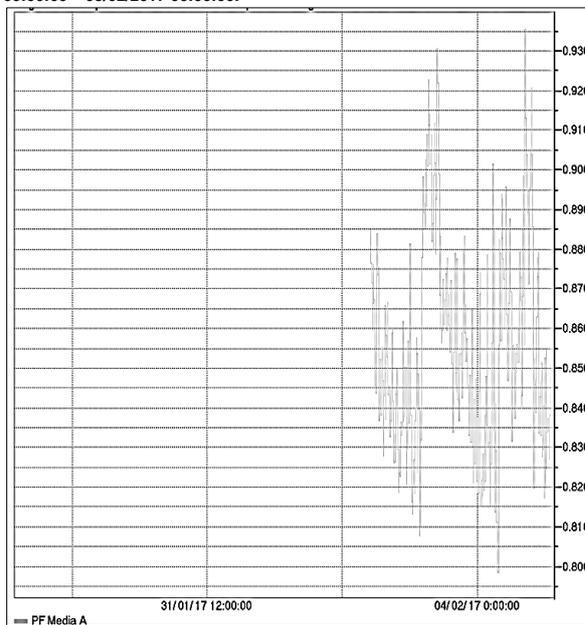


Anexo 6D. Mediciones de factor de potencia en la Fase A.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media A	0,94	04/02/2017 15:00:00	0,80	04/02/2017 06:30:00

Imagen 1/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 29/01/2017 00:00:00 – 05/02/2017 00:00:00.

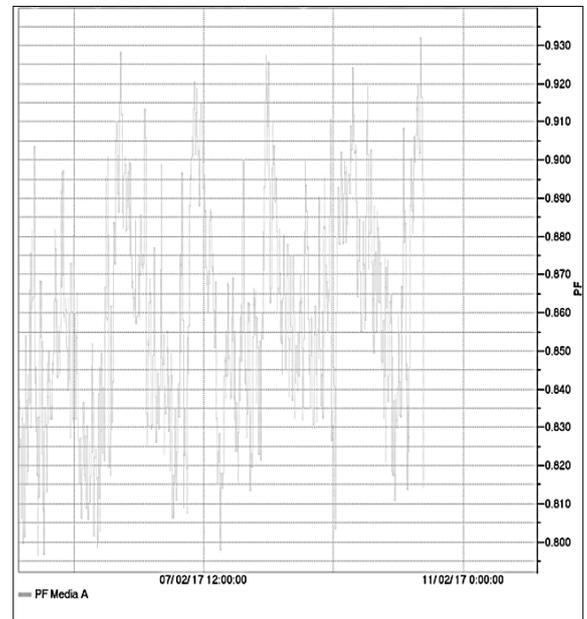


Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media A	0,93	10/02/2017 10:20:00	0,80	05/02/2017 06:20:00

Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 06/02/2017 00:00:00 – 12/02/2017 00:00:00.



Fuente (Espinoza & Sarango, 2017)



Anexo 6E. Mediciones de factor de potencia en la Fase B.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media B	0,97	04/02/2017 11:40:00	0,84	03/02/2017 02:50:00

Imagen 1/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 29/01/2017 00:00:00 – 05/02/2017 00:00:00.

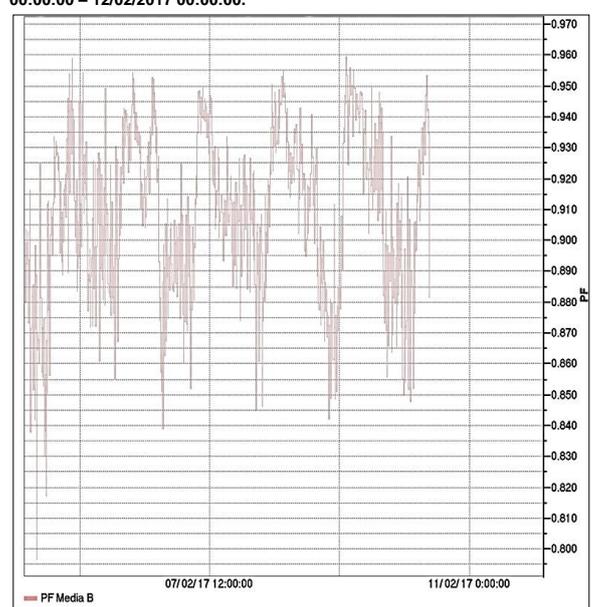


Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media B	0,96	09/02/2017 08:20:00	0,80	05/02/2017 04:10:00

Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 06/02/2017 00:00:00 – 12/02/2017 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)



Anexo 6F. Mediciones de factor de potencia en la Fase C.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media C	0,96	02/02/2017 14:50:00	0,89	03/02/2017 02:50:00

Imagen 1/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 29/01/2017 00:00:00 – 05/02/2017 00:00:00.

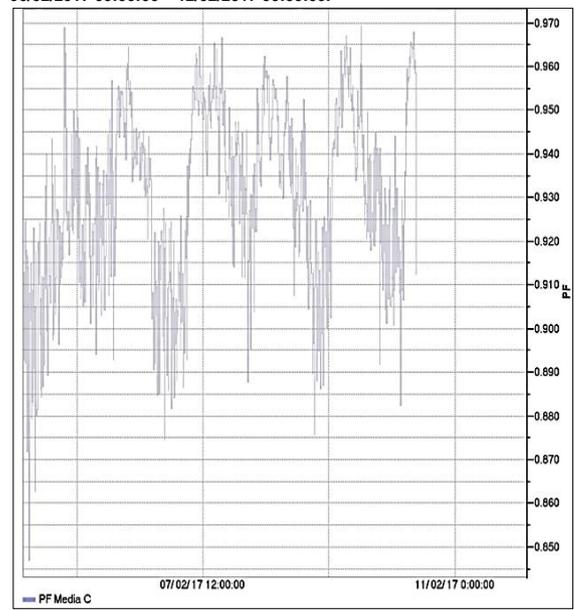


Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media C	0,97	09/02/2017 16:50:00	0,85	05/02/2017 02:10:00

Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 06/02/2017 00:00:00 – 12/02/2017 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

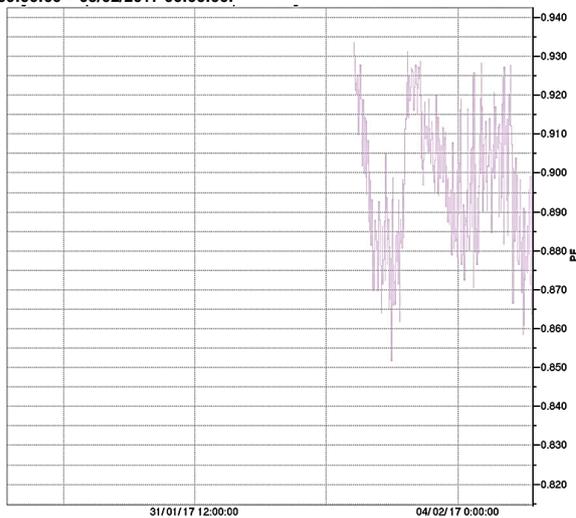


Anexo 6G. Mediciones de factor de potencia de la Fase media total.

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media Total	0,93	02/02/2017 14:50:00	0,85	03/02/2017 02:50:00

Imagen 1/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 29/01/2017 00:00:00 – 05/02/2017 00:00:00.

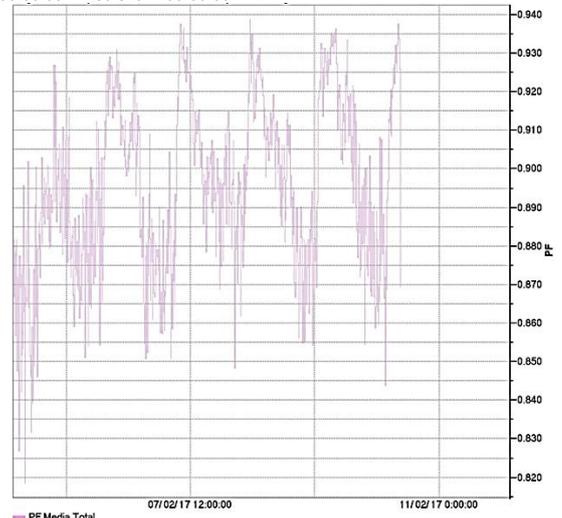


Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

FASE	MÁX.	FECHA/HORA	MÍN.	FECHA/HORA
FP Media Total	0,94	08/02/2017 08:10:00	0,82	05/02/2017 04:10:00

Imagen 2/2

Diagramas temporales de referencia del parpadeo registrado: 06/02/2017 00:00:00 – 12/02/2017 00:00:00.



Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)



ANEXO 7. CONSUMO PROMEDIO DE ILUMINACIÓN EN EL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO

Anexo 7A Horas promedio y consumo de luminarias

PLANTA BAJA						
DESCRIPCIÓN DE APARATOS	POTENCIA (W)	CANTIDAD	AREA	HORAS UTILIZADAS	KWh/día	KWh/mes
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	40	514	planta baja	8	164,48	4934,4
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	40	90	emergencia	24	86,4	2592
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	40	104	área de maquinas	12	49,92	1497,6
Lámpara incandescente de 60 W	60	20	planta baja	8	9,6	288
PROPUESTA PLANTA BAJA						
DESCRIPCIÓN DE APARATOS	POTENCIA (W)	CANTIDAD	AREA	HORAS UTILIZADAS	KWh/día	KWh/mes
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	514	planta baja	8	131,584	3947,52
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	90	emergencia	24	69,12	2073,6
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	104	área de maquinas	12	39,936	1198,08
Luminaria Led 9,5 W	9,5	20	planta baja	8	1,52	45,6

PRIMERA PLANTA						
DESCRIPCIÓN DE APARATOS	POTENCIA (W)	CANTIDAD	AREA	HORAS UTILIZADAS	KWh/día	KWh/mes
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	40	286	primera planta	8	91,52	2745,6
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	40	60	dormitorios	10	24	720
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	40	58	pasillos	24	55,68	1670,4
Lámpara incandescente de 60 W	60	50	primera planta	8	24	720
PROPUESTA PRIMERA PLANTA						
DESCRIPCIÓN DE APARATOS	POTENCIA (W)	CANTIDAD	AREA	HORAS UTILIZADAS	KWh/día	KWh/mes
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	286	primera planta	8	73,216	2196,48
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	60	dormitorios	10	19,2	576
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	58	pasillos	24	44,544	1336,32
Luminaria Led 9,5 W	9,5	50	primera planta	8	3,8	114



SEGUNDA PLANTA						
DESCRIPCIÓN DE APARATOS	POTENCIA (W)	CANTIDAD	AREA	HORAS UTILIZADAS	KWh/día	KWh/mes
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	40	52	segunda planta	8	16,64	499,2
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	40	60	dormitorios	10	24	720
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	40	58	pasillos	24	55,68	1670,4
Lámpara incandescente de 60 W	60	54	segunda planta	8	25,92	777,6
PROPUESTA SEGUNDA PLANTA						
DESCRIPCIÓN DE APARATOS	POTENCIA (W)	CANTIDAD	AREA	HORAS UTILIZADAS	KWh/día	KWh/mes
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	52	segunda planta	8	13,312	399,36
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	60	dormitorios	10	19,2	576
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	58	pasillos	24	44,544	1336,32
Luminaria Led 9,5 W	9,5	54	segunda planta	8	4,104	123,12

TERCERA PLANTA						
DESCRIPCIÓN DE APARATOS	POTENCIA (W)	CANTIDAD	AREA	HORAS UTILIZADAS	KWh/día	KWh/mes
Luminaria con un tubo fluorescente de 40 W	48	166	planta baja	8	63,744	1912,32
Lámpara incandescente de 60 W	60	24	planta baja	8	11,52	345,6
					TOTAL	1912,32
PROPUESTA TERCERA PLANTA						
DESCRIPCIÓN DE APARATOS	POTENCIA (W)	CANTIDAD	AREA	HORAS UTILIZADAS	KWh/día	KWh/mes
Luminaria con un tubo fluorescente T8 de 32 W	32	166	planta baja	8	42,496	1274,88
Luminaria Led 9,5 W	9,5	24	planta baja	8	1,824	54,72

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)

**Anexo 7B Ahorro total en base al consumo promedio de luminarias.**

CONSUMO ACTUAL			CONSUMO REFORMADO		AHORRO
TIPO	UNIDADES	KWh/MES	REFORMA	KWh/MES	KWh/ MES
Tubo fluorescente de 40 W	1 448	18 961,92	Luminaria con tubo fluorescente T8 de 32 W+ balastro electrónico.	11 185,92	7 776,00
Lámpara incandescente 60 W	148	2 131,20	Luminaria Led 9,5 W	337,44	1 793,76
TOTAL		21 093,12	TOTAL	11 523,36	9 569,76
					45%

Fuente: (Espinoza & Sarango, 2017)