



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS
Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**“AUDITORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI
OTANI DE VILCABAMBA”**

*TESIS DE GRADO PREVIA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO*

AUTOR:

Luis Armando Zaavedra Ortiz

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Carlos Gustavo Samaniego Ojeda

**LOJA - ECUADOR
2013**

CERTIFICACIÓN

Ing. Carlos Gustavo Samaniego Ojeda

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en “AUDITORIA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA”, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por el señor: **Luis Armando Zaavedra Ortiz**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Julio del 2013



Ing. Carlos Gustavo Samaniego Ojeda

DIRECTOR DE TESIS

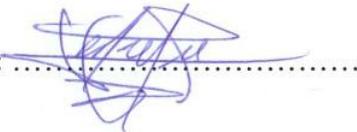
AUTORIA

Yo **Luis Armando Zaavedra Ortiz**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca virtual.

Autor: Luis Armando Zaavedra Ortiz

Firma:



Cedula: 2200019988

Fecha: 19 – 09- 2013

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, PRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACION ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo **Luis Armando Zaavedra Ortiz** declaro ser autor de la tesis titulada: “**Auditoria Energética en el Hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba**” como requisito para optar al grado de: **Ingeniero Electromecánico**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 19 días del mes de Septiembre del dos mil trece, firma el autor.

Firma: 

Autor: Luis Armando Zaavedra Ortiz

Cedula: 2200019988

Dirección: Loja, Barrio la Argelia

Correo Electrónico: luis_zaa1985@hotmail.com

Teléfono: 0986772597

Celular: 0986772597

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Carlos Gustavo Samaniego Ojeda, Mg, Sc

Tribunal de grado: Ing. Patricio Muñoz Vizhñay. Mg, Mc.

Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo, Mg, Mc.

Ing. Darwin Giovanni Tapia Peralta. Mg, Mc.

PENSAMIENTO

“El honor más grande aún no se ha otorgado, la carrera más dura aún no ha comenzado. No basta con soñarlo, hay que echarle manos a la obra, luchar hasta conseguir el éxito de nuestro presente. Nunca es tarde... Enhorabuena”

G.M. Quirós

DEDICATORIA

A Dios primeramente quien es la guía en mi vida, a mis padres que con su amor y apoyo incondicional han sabido estar junto a mí en las buenas y en las malas, para darme la mano y hacer de mí un hombre de bien. También a mis maestros quienes me han brindado de sus conocimientos para hacer posible este proyecto.

AGRADECIMIENTO

Es preciso dejar constancia mi agradecimiento a la *Universidad Nacional de Loja*, al *Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables*, representada en cada uno de los docentes, que en su momento me brindaron sus conocimientos y apoyo para la formación como futuro profesional

Un agradecimiento muy especial también a mis familiares, compañeros y amigos que con su apoyo y ánimo me impulsaron a la culminación de mi Proyecto de Tesis.

.

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	II
AUTORIA.....	III
PENSAMIENTO	IV
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
TABLA DE CONTENIDOS	VIII
a.-TÍTULO.....	1
b. RESUMEN	2
C.- INTRODUCCIÓN.....	4
d.- REVISION DE LITERATURA.....	5
d.1. Capítulo I: Auditoria energética.....	5
d.1.1. Generalidades del hospital KOKICHI OTANI	5
d.1.2. Auditoria energética	6
d.1.2.1. Objetivos de una Auditoría Energética.....	6
d.1.2.2. Beneficios de una Auditoría Energética	6
d.1.2.3. Procedimiento para realizar una Auditoría Energética.....	7
d.1.2.4. El Auditor Energético	8
d.1.2.5. Medios Materiales para las auditorías energéticas	9
d.1.3. Eficiencia energética	10
b.1.4. Uso de energía en los hospitales	10
b.1.4.1. Electricidad.....	11
b.1.4.2. Petróleo / Gas.....	11
b.1.4.3. Agua.....	12
b.1.5. Iluminación	12
b.1.5.1. Niveles recomendados de iluminación en hospitales	13
b.1.5.2. Tipos de luminarias	14
d.2. Capitulo II: Energía eléctrica.....	20
d.2.1. Calidad de la energía eléctrica	20
d.2.1.1. Problemas que afectan la calidad de energía eléctrica	21
d.2.1.2. Definiciones Generales.....	21

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

d.2.2. Coeficiente de carga de los transformadores	22
d.2.2.1. Factor de carga (FC)	22
d.2.2.2. Factor de utilización (Fu)	23
d.2.2.3. Factor de cargabilidad media (FLA)	23
d.2.2.4. Pérdidas de potencia en transformador.....	23
d.2.2.4.1. Pérdidas en el hierro (Ph):.....	23
d.2.2.4.2. Pérdidas en el cobre (Pc):	24
d.2.2.5. Gastos anuales por las pérdidas.	24
d.2.3. Herramienta para evaluar el uso de la energía	25
d.2.3.1. Inventario de la carga eléctrica.....	25
d.2.4. Factor de potencia	26
d.2.4.1. Problemas por bajo factor de potencia	26
d.2.4.2. Beneficios por corregir el factor de potencia.....	26
d.2.5. Calidad del producto	27
d.2.5.1 Regulación No. CONELEC – 004/01.....	28
d.2.5.1.1. Nivel de Voltaje	28
d.2.5.2. Perturbaciones	29
d.2.5.2.1. Parpadeo (Flicker).....	29
d.2.5.3. Armónicos	31
d.2.5.4. Factor de Potencia	33
e.- MATERIALES Y MÉTODOS	34
e.1. Materiales.....	34
e.1.1. Registrador de calidad de energía Fluke 1744	35
e.1.1.1. Funciones del Fluke	35
e.1.1.2. Configuración de la red eléctrica para conexión del equipo Fluke.....	36
e.1.1.3. Evaluación de los datos registrados a través del software PQ log.....	36
e.2. Métodos.....	37
f. RESULTADOS	38
f.1. Portadores energéticos que se utilizan en el hospital	38
f.1.1. Electricidad	38
f.1.2. Diésel	38
f.1.3. Gas licuado de petróleo.....	38

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

f.1.4. Consumo de agua.....	38
f.2. Gastos de consumos globales de los diferentes portadores energéticos en el 2011 ...	39
f.3. Análisis energético de los portadores	40
f.4. Análisis del consumo de energía eléctrica.....	41
f.5. Tabulación de los Datos de Electricidad	44
f.5.1. Consumo de energía eléctrica por cama	46
f.6. Descripción de las instalaciones de suministro eléctrico.....	47
f.6.1. Descripción de la alimentación del sistema eléctrico	47
f.6.2. Generador auxiliar de emergencia	48
f.6.3. Tablero general de distribución	49
f.6.4. Tablero de transferencia automática	50
f.6.5. Datos del transformador.....	50
f.7. Análisis de la calidad de energía mediante la interpretación de las mediciones obtenidas en el tablero general de distribución.....	51
f.7.1. Nivel de tensión	52
f.7.2. Perturbaciones.....	53
f.7.2.1. Parpadeo (Flicker Pst)	53
f.7.3. Distorsión armónicos de voltaje (THDV).....	53
f.7.4. Factor de potencia	57
f.8. Análisis de potencias en el transformador	58
f.8.1. Potencia activa	58
f.8.2. Potencia reactiva	59
f.8.3. La potencia aparente	59
f.8.4. Régimen diario de utilización de potencia activa	61
f.9. Cálculo del coeficiente de carga del transformador de 100 kVA.....	62
f.9.1. Calculo del factor de carga (FC).....	63
f.9.2. Calculo del factor de utilización (Fu)	63
f.9.3. Calculo del factor de potencia.	64
f.9.4. Cálculo del factor de cargabilidad media (FLA)	64
f.9.5. Calculo de las pérdidas de energía en el transformador	64

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

f.9.6. Desbalance de carga.....	67
f.10. Oportunidades de ahorro de energía.....	67
f.10.1. Inventario de carga del hospital KOKICHI OTANI.....	67
f.10.2. Oportunidades de ahorro en el sistema de iluminación	72
f.10.2.1. Análisis del sistema de iluminación.....	72
f.10.2.2. Levantamiento de la carga del sistema de iluminación.....	72
f.10.3. Oportunidades de ahorro en el área de lavandería	74
f.10.3.1. Descripción de las lavadoras y secadora.....	74
f.11. Elaboración del plan de mejoras.....	76
f.11.1. Propuestas de ahorro en el sistema de iluminación	76
f.11.1.1. Reemplazo de lámparas fluorescentes tubulares de 40W por las de 32 W	77
f.11.1.2. Reemplazo de lámparas incandescentes de 100W por Fluorescentes compactas de 26 W.....	79
f.11.1.3. Reemplazo de Lámparas de mercurio de 175 W por las de sodio de 100 W	80
f.11.2. Propuesta de ahorro en el área de lavandería.....	82
f.11.2.1. Energía eléctrica consumida por la lavadora Girbau	82
f.11.2.2. Energía total consumida por la lavadora Girbau	82
f.11.2.3. Sistema a Glp que se propone implementar	83
f.11.2.4. Energía consumida en un cilindro de gas.....	83
f.11.2.5. Cantidad promedio de cilindros que se consumirían mensualmente en la lavadora.	84
f.11.2.6. Ahorro económico que se obtendría al reemplazar el sistema eléctrico de la calefacción de la lavadora.....	84
f.11.2.7. Costo de la implementación para el calentamiento de agua con Glp.....	84
f.11.2.8. Tiempo de retorno de la inversión en la lavadora	85
f.11.3. Oportunidades de ahorro basado en el cambio de comportamiento de los usuarios.	85
f.11.4. Ahorro económico total	86
f.11.5. Ahorro energético total	86
f.12. Corrección del factor de potencia.....	87

f.12.1. Cálculo de un banco de condensadores.	87
f.12.2 Ahorro por corrección de factor de potencia	88
f.12.3. Inversión por corrección de factor de potencia.....	91
f.11.4.4. Tiempo de retorno de la inversión del banco de condensadores.....	91
g.- DISCUSIÓN	92
h.- CONCLUSIONES	93
i.- RECOMENDACIONES	94
j.- BIBLIOGRAFÍA	95
k. ANEXOS	97

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Exterior del hospital KOKICHI OTANI.....	5
Figura 2. Lámpara incandescente no halógena.	14
Figura 3. Lámparas incandescentes halógenas.....	15
Figura 4. Lámpara fluorescente tubular.	15
Figura 5. Balance energético de una lámpara fluorescente.	16
Figura 6. Lámpara fluorescente compacta.	17
Figura 7. Lámpara fluorescente sin electrodo.	17
Figura 8. Lámpara de vapor de mercurio de alta presión.	18
Figura 9. Balance energético de una lámpara de mercurio de alta presión.	18
Figura 10. Lámpara de halogenuros metálicos.....	19
Figura 11. Lámpara de vapor de sodio a baja presión.....	20
Figura 12. Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a baja presión.	20
Figura 13. Tecnología led.....	20
Figura 14. Analizador de redes Fluke 1744	35
Figura 15. Software PQ Log	36
Figura 16. Gastos de portadores energéticos.....	40
Figura 17. Gráfico de Pareto de los consumos energéticos del hospital	41
Figura 18. Consumo de energía eléctrica año 2007	42
Figura 19. Consumo de energía eléctrica año 2008	42
Figura 20. Consumo de energía eléctrica año 2009	43
Figura 21. Consumo de energía eléctrica año 2010	43
Figura 22. Consumo de energía eléctrica año 2011	43
Figura 23. Demanda mensual (año 2011)	45
Figura 24. Energía diaria (año 2011)	46
Figura 25. Factor de Carga mensual (año 2011)	46
Figura 26 Promedio mensual de Kwh por cama (año 2011).....	47
Figura 27. Transformador de 100 KVA existente en el hospital.....	48
Figura 28. Generador auxiliar de 20 KVA	49
Figura 29. Tablero general de distribución	49
Figura 30. Tablero de transferencia automática	50
Figura 31. Potencia activa del transformador.....	58
Figura 32. Potencia reactiva del transformador.....	59
Figura 33. Triangulo de la relación entre las potencias activa “P”, reactiva “Q” y aparente “S”.	60
Figura 34. Potencia aparente total del transformador.....	60

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

Figura 35. Comportamiento de la Potencia activa en un día laborable	61
Figura 36. Demanda de potencia activa en 24 horas	62
Figura 37. Carga total instalada en KW	69
Figura 38. Porcentaje de carga instalada en el hospital.....	69
Figura 39. Desglose de demanda en porcentajes de las diferentes cargas.....	70
Figura 40. Consumo de energía en porcentajes obtenido del inventario de carga.	71
Figura 41. Descripción porcentual de las lámparas.....	73
Figura 42. Distribución porcentual de la potencia de iluminación.....	73
Figura 43. Porcentaje de energía consumida por cada tipo de luminaria.	74

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1. Límites de Voltaje.....	29
Tabla 2. Límites del THD.	32
Tabla 3. Gastos de portadores energéticos	39
Tabla 4 Energía consumida en el hospital durante el año 2011	40
Tabla 5. Datos de consumo eléctrico año 2011	44
Tabla 6. Datos del transformador	51
Tabla 7. Límites de regulación N ^o 004/01 CONELEC	51
Tabla 8. Valores de los niveles de tensión	52
Tabla 9. Valores de los niveles de Flicker Pst.....	53
Tabla 10. Resultados de la distorsión armónica de voltaje de la fase 1	54
Tabla 11. Resultados de la distorsión armónica de voltaje de la fase 2	55
Tabla 12. Resultados de la distorsión armónica de voltaje de la fase 3	56
Tabla 13. Valores de los niveles del factor de potencia	57
Tabla 14. Valores máximos y mínimos de potencia del centro de carga (100 KVA)	63
Tabla 15. % de factores de carga.....	63
Tabla 16. Valores para el cálculo de las pérdidas del transformador.	65
Tabla 17. Corrientes por fase	67
Tabla 18. Carga total instalada.....	68
Tabla 19. Inventario de la carga instalada.....	70
Tabla 20. Inventario de la carga instalada en el sistema de iluminación.	72
Tabla 21. Costos por consumo de energía en lámparas tubulares de 40W.	78
Tabla 22. Costos por consumo de energía en lámparas tubulares de 32W.	78
Tabla 23. Ahorro anual por cambio de lámparas.	78
Tabla 24. Costos por consumo de energía en lámparas incandescentes de 100W.	79
Tabla 25. Costos por consumo de energía en lámparas fluorescentes de 26W.	79
Tabla 26. Ahorro anual por cambio de lámparas.	80
Tabla 27. Costos por consumo de energía en lámparas de mercurio de 175W.	80
Tabla 28. Costos por consumo de energía en lámparas de sodio de 100W.....	81
Tabla 29. Ahorro anual por cambio de lámparas.	81
Tabla 30. Ahorro económico total.....	86
Tabla 31. Ahorro energético total.	87

a.-TÍTULO

**“AUDITORIA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE
VILCABAMBA”**

b. RESUMEN

Los portadores energéticos deber ser utilizados de forma adecuada, optimizando su forma de uso y buscando siempre la manera de reducir su consumo para de esta manera evitar los altos costos de las planillas mensuales.

Este proyecto de tesis tiene como finalidad determinar los índices de consumo de los portadores energéticos que utiliza el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba, para cumplir con sus actividades diarias utiliza electricidad, diésel, Gas licuado de petróleo-GLP y agua, siendo la electricidad el de mayor consumo con un 77% del consumo total, seguido del agua el cual se lo ha tomado en cuenta por su representación importante en el consumo del hospital con un 20%, luego se encuentra el gas licuado de petróleo con un 2% y por último se encuentra el consumo de diésel que representa el 1%

El presente trabajo de tesis también evalúa la calidad de energía para definir las oportunidades de ahorro y asegurar el normal desempeño de las actividades que se realizan mejorando la atención a las personas, donde se ha podido encontrar la existencia de un bajo factor de potencia de 0.88, es por eso que se ha planteado una alternativa de solución para dicho problema.

Además en el presente trabajo consta un plan de mejoras que permita disminuir su consumo y mejorar su forma de utilización basada en la eficiencia energética, con el plan de mejoras que se pretende realizar en dicho hospital, el consumo energético se reduce de 239 571 MJ a 221 353 MJ al año dando un resultado de reducción de energía del 7,6%.

SUMMARY

The payees energy duty to be used in an appropriate way, optimizing their use form and always looking for the way to reduce their consumption for this way to avoid the high costs of the monthly schedules.

This thesis project has as purpose to determine the indexes of the energy payees' consumption that it uses the hospital KOKICHI OTANI of Vilcabamba, to fulfill its daily activities it uses electricity, diesel, liquefied Gas of petroleum-GLP and it dilutes, being the electricity that of more consumption with 77% of the total consumption, followed by the water which has taken it to him into account for its important representation in the consumption of the hospital with 20%, then meets the liquefied gas of petroleum with 2% and lastly he/she is the diesel consumption that represents 1%

The present thesis work also evaluates the energy quality to define the saving opportunities and the normal acting of the activities that you/they are carried out improving the attention to people, to assure where he/she has been able to find the existence of a low factor of power of 0.88, it is for that reason that he/she has thought about a solution alternative for this problem.

Work also presently consists a plan of improvements that allows to diminish its consumption and to improve its use form based on the energy efficiency, with the plan of improvements that seeks to be carried out in this hospital, the energy consumption he/she decreases from 239571 MJ to 221353 MJ a year giving a result of reduction of energy of 7,6%.

C.- INTRODUCCIÓN

Para optimizar el uso de energía en un hospital existen una variedad de medidas y herramientas. Una alternativa es capacitar a los funcionarios para mejorar la gestión hasta involucrar a los usuarios de un hospital cambiando su conducta hacia el consumo de energía. La adecuada utilización de los portadores energéticos dentro de una institución en el sector de la salud se refiere a tener el menor gasto por consumo, sin dejar de brindar las atenciones y comodidades a los pacientes y personal que laboran.

Puesto que el hospital viene laborando desde hace muchos años con la misma infraestructura, se ha planteado realizar una auditoría energética para conocer si existen deficiencias energéticas que puedan estar afectando el normal desempeño de las actividades que se realizan en el hospital, incluyendo también en esta un análisis de la calidad de la energía eléctrica, acatando las ordenanzas y normas establecidas por el Consejo Nacional de Electricidad-CONELC en la regulación N° 004/01.

El objetivo principal del presente trabajo de tesis es realizar un estudio de la eficiencia energética que permita identificar las oportunidades de ahorro existentes y poder plantear alternativas de solución a los problemas que se puedan tener, incluyendo los problemas de calidad de energía que estén causando un consumo energético innecesario.

En los últimos años el hospital ha venido incrementando la atención a las personas, por lo que también ha aumentado el consumo energético para satisfacer las necesidades existentes, es por eso que primero se ha planteado determinar los principales portadores energéticos usados en el hospital y sus índices de consumo, para determinar cuáles son los portadores sobre los cuales se debe profundizar el estudio.

Puesto que el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba no dispone de un estudio de eficiencia energética que permita a sus directivos impulsar un proyecto sostenido de ahorro de energía, la necesidad de este hospital es realizar un plan efectivo de mejoras desde hábitos de consumo a imperfecciones en las instalaciones con el fin de reducir el consumo energético que actualmente existe.

d.- REVISION DE LITERATURA

d.1. Capítulo I: Auditoria energética

d.1.1. Generalidades del hospital KOKICHI OTANI

El hospital KOKICHI OTANI está ubicado en la parroquia de Vilcabamba, Cantón Loja, el mismo que viene laborando desde 1980, gracias a la iniciativa y aporte económico de su más grande investigador el Dr. Kokichi Otani, quien, además, propuso con su apoyo como presidente del Hoshi Seisaku del Japón, la creación de un Centro Autónomo de Salubridad para preservar el estado ecológico del “Valle Sagrado” y coordinar la ayuda internacional que deseaban hacer otros centros de investigación de Asia y Europa, interesados en descubrir los elementos naturales que hacían posible “dar más años a la vida y más vida a los años”. El pueblo de Vilcabamba en gratitud le puso el nombre de Kokichi Otani a su hospital; y él siguió aportando. En 1983 lo equipó con una especial unidad para chequear y monitorear el corazón de los habitantes, debido a que a los científicos japoneses les interesaba el porqué del buen funcionamiento del corazón de los longevos.

Está ubicado en la avenida Eterna Juventud entre las calles Miguel Carpio Mendieta y Sucre, esta unidad médica cuenta con diversos servicios como laboratorio, rayos x, medicina general, odontología, vacunas, pediatría, medicina interna, cirugía, ginecología y obstetricia, teniendo como misión la atención integral y oportuna a los pacientes. En la figura 1 se puede observar el exterior del hospital desde la avenida Eterna Juventud.



Figura 1. Exterior del hospital KOKICHI OTANI

d.1.2. Auditoría energética

Una auditoría energética es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida. Cuando el objeto de estudio es un edificio ocupado se busca reducir el consumo de energía, manteniendo y mejorando al mismo tiempo el confort higrotérmico, la salubridad y la seguridad. Más allá de la simple identificación de las fuentes de energía, una auditoría energética tiene por objeto dar prioridad a los usos energéticos de acuerdo con el mayor a menor costo efectivo de oportunidades para el ahorro de energía.¹

d.1.2.1. Objetivos de una Auditoría Energética

Para conseguir una imagen real del consumo energético de una empresa, hay que identificar dónde y cómo se consume la energía y determinar los factores que afectan a dicho consumo. De esta manera trabajaremos en:

- Lograr mejoras en la contratación de la energía eléctrica y combustibles.
- Optimizar el suministro de energía a los equipos receptores.
- Eliminar las pérdidas energéticas de la instalación, mejorando su eficiencia.
- Minimizar las emisiones y subproductos de la instalación.
- Diversificación de los suministradores de energía.
- Estudiar la utilización energías renovables es viable en la empresa.

d.1.2.2. Beneficios de una Auditoría Energética

Una correcta auditoría energética posibilita tanto la reducción de los costes en energía, como ampliar la vida útil de los equipos. Siendo consecuencia directa una mayor

¹ Auditoría energética (*es.wikipedia.org/wiki/Auditoría energética*)

competitividad de la empresa, y verse y ser vista una empresa preocupada por el Medioambiente.

d.1.2.3. Procedimiento para realizar una Auditoría Energética

Al momento de realizar una auditoría energética se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1 Etapa: Recolección de información básica e inventario general de las instalaciones.

- Identificación del proceso productivo y/o área principales.
- Identificación de las fuentes de energía.
- Identificación de los consumidores de energía, capacidad instalada y horas de operación.
- Información histórica de las facturas de los suministradores de energía.

2 Etapa: Elaborar balances de energía, con el objeto de conocer la distribución de energía en las diferentes fases del proceso productivo y/o áreas, es decir la caracterización de carga.

- Toma de datos.
- Registros y mediciones puntuales.
- Las diferentes formas de energía que entran o salen del sistema deben estar referidas a un mismo período de tiempo y expresadas en las mismas unidades.
- Los balances deben regirse por el principio de que la energía que se aporta al sistema es idéntica al que éste cede.

3 Etapa: Determinar la incidencia del consumo de energía de cada equipo o grupo de equipos en el consumo de energía total y por lo tanto en el costo total.

4 Etapa: Obtener índices de consumo de energía los cuales pueden ser usados para determinar eficiencia energética de las operaciones, y consecuentemente, el potencial de ahorro de energía. Índices típicos:

- Consumo específico de energía.
- Factor de carga

5 Etapa: Determinar los potenciales de ahorro de energía por equipos, áreas o centros de costos, mediante una evaluación técnica detallada en los diferentes campos, como:

- Sistemas Eléctricos: evaluación de la transformación y distribución, cargas eléctricas, generación propia.
- Sistemas Mecánicos: evaluación de sistemas de aire comprimido, sistemas de bombeo, sistemas de manejo de aire, manejo de materiales sólidos.
- Sistemas Térmicos: generación de vapor, sistemas de refrigeración y aire acondicionado, hornos industriales, sistemas de quemadores, etc.

6 Etapa: Identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía.

7 Etapa: Evaluación de los ahorros de energía en términos de costos. Se lleva a cabo una evaluación económica que permite realizar un análisis en función de los desembolsos requeridos para poner en práctica las recomendaciones de la auditoría.

d.1.2.4. El Auditor Energético²

Es el profesional que realiza la auditoría en ocasiones coordinando a un grupo de especialistas, por la amplitud o complejidad de la instalación analizada.

La diversidad de tipos de empresas, pertenecientes a sectores con procesos muy diferentes, distintos tipos de equipos consumidores y tecnologías energéticas horizontales específicas hacen aconsejable que el auditor, o el coordinador al menos, tenga una formación muy amplia, con conocimientos de las técnicas energéticas en profundidad y capacidad para relacionar los procesos productivos con el consumo de energía.

² Manual de auditorías energéticas
(www.euresplus.net/.../Manual%20de%20auditorías%20energéticas.pdf)

El auditor energético deberá poseer los conocimientos necesarios para la realización de cálculos técnicos y económicos así como la capacidad de realizar o dirigir las mediciones que sean necesarias.

d.1.2.5. Medios Materiales para las auditorías energéticas

Los medios que se indican a continuación son materiales imprescindibles para la auditoría, también pueden complementarse con otros elementos más sofisticados para facilitar el trabajo del auditor.

- Medidas Eléctricas

Un analizador de redes con sus pinzas amperimétricas y voltimétricas. Para medidas puntuales pueden utilizarse tester o multímetros.

- Medidas para instalaciones de combustión

Un analizador de gases de combustión, que incluya sonda para toma de muestras, opacímetro, termómetro para gases y ambiente.

- Otros instrumentos y medios

La sonda de medida de tiro y sondas (tubos de Pitot, Annubar, Isocinéticas) para medidas de velocidad, son facultativas. Estas sondas permiten determinar los caudales volumétricos de los gases a partir de la medida del perfil de velocidades en los conductos, medir diferencias de presión, presiones estáticas y dinámicas y tomas de muestras representativas que no alteran la composición de los gases, en particular si arrastran partículas.

Otros equipos facilitan la labor del auditor, aunque no son imprescindibles: Luxómetros, sondas de temperatura ambiente, pirómetros ópticos y termográficos, anemómetros y caudalímetros. Como medios auxiliares deben mencionarse el ordenador portátil, cronómetro, herramientas, y material de seguridad.

d.1.3. Eficiencia energética

La eficiencia energética es la capacidad para usar menos energía produciendo la misma cantidad de iluminación, calor y otros servicios energéticos. La eficiencia energética es la fuente de energía más importante del futuro. Esta se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso.

Si es Eficiencia Energética ahorrar teniendo un consumo inteligente.

- Consumo inteligente
- Mayor Productividad
- Mayor Rendimiento
- Mayor Rentabilidad
- Todas las Energías
- Cultura y Tecnología
- Mejores Hábitos
- Mejor gestión de procesos.

No es Eficiencia Energética tener una menor calidad de vida.

- Sacrificio
- Menor Calidad de Vida
- Menor Bienestar
- Menor Producción
- Menor crecimiento
- Menor competitividad

b.1.4. Uso de energía en los hospitales

La energía es fundamental para el funcionamiento de las distintas unidades y áreas de los hospitales (Pabellones, Unidad de Tratamiento Intensivo, Boxes Ambulatorios, Salas de Hospitalización, Admisión, Pasillos, etc.). En todos estos lugares se requiere la climatización producida por la combustión de petróleo o gas (u otro combustible), o el

uso de electricidad; la iluminación producida por la electricidad; el vapor producido por la transformación del agua mediante la combustión de petróleo o gas; el agua del sistema de agua potable; etc.

La estructura de consumo de energía en los hospitales está definida por la intensidad de uso que se haga de los diferentes componentes de la matriz energética: Electricidad, Petróleo / Gas y Agua.

b.1.4.1. Electricidad

Es la fuente energética más importante ya que, sin electricidad, la mayor parte de los aparatos médicos y técnicos simplemente no funcionarían. Además, todos los sistemas de iluminación necesitan electricidad, así como los equipos de computación, las instalaciones de ventilación y aire acondicionado, las bombas para las calefacciones, máquinas de frío, los compresores de aire comprimido, ascensores y muchos equipos y máquinas. Por esta razón se debe asegurar un suministro de electricidad estable y sin interrupciones, especialmente para los aparatos médicos y para las instalaciones de comunicación. El suministro debe estar garantizado incluso en caso de un apagón o de fluctuaciones en el voltaje.

Una parte importante de los usos de la electricidad en el hospital no son reemplazables. Otros sin embargo, pueden ser sustituidos por una fuente de energía alternativa, por ejemplo la utilización de equipos generadores de frío a gas en lugar de aire acondicionado eléctrico, o calderas de vapor para los esterilizadores en lugar de generación eléctrica de vapor, etc. Estas decisiones determinarán la intensidad de uso de la electricidad.

b.1.4.2. Petróleo / Gas

Si no se puede asegurar el suministro de petróleo o gas (u otro combustible), las instalaciones principales de calefacción no podrían cumplir sus funciones fundamentales. Asimismo, tampoco podrían funcionar las calderas generadoras de vapor ni los equipos generadores de frío por absorción.

Las calderas de generación de calor y vapor abastecen las instalaciones de calefacción, las cocinas, la lavandería, la generación de agua caliente, esterilización y desinfección. El sistema de ventilación y aire acondicionado necesita vapor para humedecer el aire.

Las instalaciones de refrigeración se necesitan para una climatización adecuada de las cámaras de refrigeración de la cocina, las cámaras de refrigeración de patología, los equipos refrigerantes para la medicina, los aparatos médico-técnicos y las salas de computación.

b.1.4.3. Agua

En general se subestima la importancia de este medio como parte del sistema de energía del hospital. Indirectamente, el agua es una fuente de energía tan vital como las otras y se debe garantizar su abastecimiento permanente. En todas las áreas del hospital se necesita agua limpia como agua potable, para limpieza e higiene, para la cocina y los baños. También se requiere del suministro de agua blanda para calefacción, y para la generación de vapor para esterilización y para humedecer el ambiente. Para ciertos equipos médicos se requiere la provisión de agua completamente desalinizada, obtenida mediante el tratamiento por osmosis del agua blanda.

Se debe poner atención que no se formen legionelas peligrosas en la red de agua caliente para las duchas y lavamanos. Por lo tanto, primero se debe calentar el agua en el calentador de agua potable a 65° C mínimo para matar las legionelas, antes de conducirla a una temperatura inferior a la red de agua potable y los puntos de consumo.

b.1.5. Iluminación

Hoy en día resulta muy fácil ahorrar energía mediante tecnologías modernas de iluminación que, al mismo tiempo, permiten mejorar la calidad de la iluminación.

En los hospitales, el consumo de electricidad en la iluminación depende del equipamiento. Una correcta iluminación de las salas, los pasillos, oficinas, los espacios funcionales y otras áreas puede ser un gran aporte para reducir el consumo de energía. No se trata de apagar la luz, sino de aplicar soluciones energéticamente eficientes con una buena calidad de iluminación, pues las nuevas tecnologías de iluminación pueden

reducir el consumo de energía en hasta un 60%, obteniendo a su vez una mayor calidad de iluminación en beneficio de los pacientes y funcionarios.

El diseño del espacio puede repercutir decisivamente en el ahorro de energía, pues si el cielo y las paredes tienen un alto grado de reflejo, se necesita menos energía para lograr la misma intensidad de iluminación.

b.1.5.1. Niveles recomendados de iluminación en hospitales³

La iluminación en hospitales, salas de consulta, etc., debe servir a dos objetivos fundamentales: garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes, y contribuir a una atmósfera en la que el paciente se sienta confortable. La adecuada iluminación puede influenciar el estado de ánimo, y por tanto, combinada con otros elementos, contribuir significativamente al proceso de recuperación del enfermo.

Al estudiar el diseño del alumbrado de un centro hospitalario, se puede observar la existencia de distintas tareas en diferentes espacios, que requieren de un tratamiento específico, pues no se tratará o planeará igual la iluminación de un quirófano, que de la lavandería, una sala de consulta o la cafetería. Cada espacio y las tareas que en él se desarrollan tienen requisitos de iluminación particulares y específicos.

- Recepción y salas de espera: de 300 a 600 lux.
- Salas de consulta y examen: de 400 a 1000 lux
- Quirófanos (general): de 300 a 1000 lux
- Quirófanos (mesa de operaciones): de 3000 a 8000 lux.
- Laboratorios: de 400 a 1000 lux.
- Habitaciones (general): entre 50 y 300 lux.
- Habitaciones, sobre la cama (para examen o lectura): entre 350 y 750 lux.
- Alumbrado nocturno: entre 10 y 50 lux.
- Consultas dentales, sobre el sillón de examen: entre 750 y 5000 lux.

³ Niveles recomendados de iluminación en hospitales (blog.ledbox.es/noticias-y-novedades/637)

b.1.5.2. Tipos de luminarias

Los parámetros fundamentales a la hora de elegir un tipo de luminaria u otro son los siguientes:

- Potencia eléctrica consumida (W).
- Eficacia luminosa: relación entre el flujo luminoso aportado por la luminaria (lúmenes) y la potencia eléctrica consumida (W).
- Vida útil en horas de uso.

Entre los diversos tipos de luminaria en el mercado se encuentran:

- **Lámparas incandescentes**

Incandescentes no halógenas: La lámpara incandescente produce luz por medio del calentamiento eléctrico de un alambre (el filamento) a una temperatura alta que la radiación se emite en el campo visible del espectro. Son las más antiguas fuentes de luz conocidas con las que se obtiene la mejor reproducción de los colores, con una luz muy cercana a la luz natural del sol. Su desventaja es la corta vida de funcionamiento, baja eficacia luminosa (ya que el 90% de la energía se pierde en forma de calor) y depreciación luminosa con respecto al tiempo. La ventaja es que tienen un coste de adquisición bajo y su instalación resulta simple, al no necesitar de equipos auxiliares, tienen una vida útil de 1000 h. (ver figura 2).



Figura 2. Lámpara incandescente no halógena.

Incandescentes halógenas: incorporan un gas halógeno para evitar la evaporación del filamento y se deposita en la ampolla. Presentan un mayor coste que la no halógena, un mayor rendimiento y vida útil que éstas, (ver figura 3).



Figura 3. Lámparas incandescentes halógenas

- **Lámparas fluorescentes**

Lámparas fluorescentes tubulares: son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación estos tres colores se obtienen una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo, (ver figura 4).

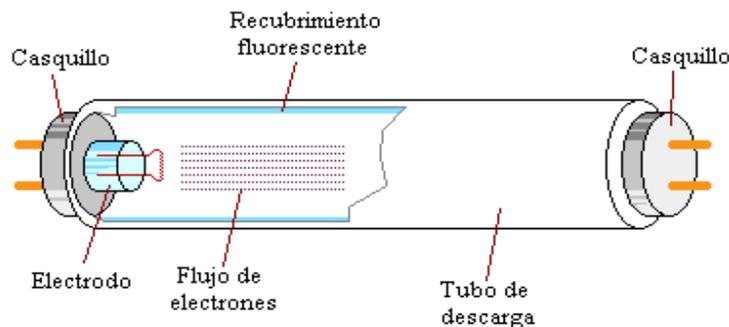


Figura 4. Lámpara fluorescente tubular.

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones.

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente. Esta última es muy importante porque determina la presión del gas y en último término el flujo de la lámpara. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara. En la figura 5 se muestra el balance energético de la lámpara fluorescente.



Figura 5. Balance energético de una lámpara fluorescente.

La duración de estas lámparas se sitúa entre 5000 y 7000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, hecho que se incrementa con el número de encendidos, impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red. Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora.

El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas. Para las lámparas destinadas a usos habituales que no requieran de gran precisión su valor está entre 80 y 90. De igual forma la apariencia y la temperatura de color varía según las características concretas de cada lámpara.

Lámparas fluorescentes compactas: presentan el mismo funcionamiento que las tubulares. Están formadas por uno o más tubos fluorescentes doblados. Son la alternativa de mayor eficacia y vida útil a las lámparas incandescentes, (ver figura 6).



Figura 6. Lámpara fluorescente compacta.

Lámparas fluorescentes sin electrodos: emiten luz en presencia de un campo magnético junto con una descarga en gas. Presentan una elevada vida útil (60000 horas) sólo limitada por los componentes electrónicos. Se les denomina también lámparas de inducción, (ver figura 7).



Figura 7. Lámpara fluorescente sin electrodo.

- **Lámparas de vapor de mercurio de alta presión:**

Son luminarias de mayor potencia que las de fluorescencia, consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque, emiten un mayor flujo luminoso aunque presentan una eficacia algo menor. Se suelen emplear en la iluminación de grandes áreas como calles, naves industriales, (ver figura 8).

Una de las características de estas lámparas es la vida útil, teniendo en cuenta la depresión se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W.

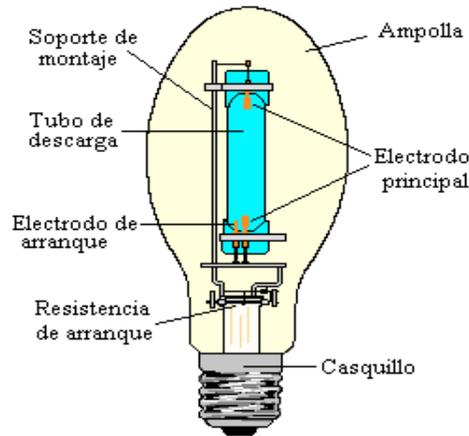


Figura 8. Lámpara de vapor de mercurio de alta presión.

A continuación en la figura 9 se presenta el balance energético de este tipo de lámparas



Figura 9. Balance energético de una lámpara de mercurio de alta presión.

- **Lámparas de halogenuros metálicos:**

Presentan halogenuros metálicos junto al relleno de mercurio mejorando su capacidad para reproducir el color y su eficacia. Su uso está muy extendido en aplicaciones de alumbrado público, fachadas, monumentos, (ver figura 10).

Algunas características de este tipo de lámparas son: a una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).

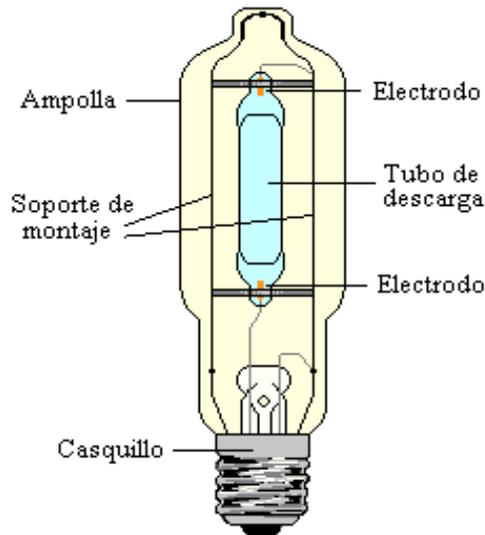


Figura 10. Lámpara de halogenuros metálicos.

- **Lámparas de vapor de sodio a baja presión:**

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes.

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior como se muestra en la figura 11.

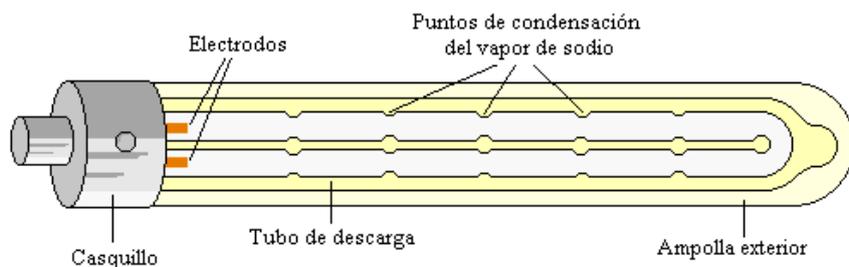


Figura 11. Lámpara de vapor de sodio a baja presión.

A continuación en la figura 12 se presenta el balance energético de este tipo de lámparas.



Figura 12. Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a baja presión.

- **Tecnología led**

Los diodos emisores de luz (LED) están basados en semiconductores que convierten la corriente eléctrica en luz sin necesidad de filamento. Su vida útil es elevada (del orden de 50000 horas) siendo un 80% más eficientes que las lámparas incandescentes. Se emplean en un gran número de aplicaciones como escaparates, señalización luminosa, iluminación decorativa, (ver figura 13).



Figura 13. Tecnología led.

d.2. Capítulo II: Energía eléctrica

d.2.1. Calidad de la energía eléctrica

La calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

d.2.1.1. Problemas que afectan la calidad de energía eléctrica

- Variación de tensión
- Armónicos de la red
- Parpadeo o flicker
- Bajo factor de potencia

d.2.1.2. Definiciones Generales⁴

Factor de Carga.- Es la razón entre la carga promedio y la carga pico ocurridas durante un período específico de tiempo.

Centro de transformación: Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

Factor de potencia: Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

Fluctuaciones de Voltaje (o Variaciones de voltaje): Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

Frecuencia de las interrupciones: Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro a un consumidor.

Interrupción: Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los consumidores del área de concesión del distribuidor.

Niveles de voltaje: Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el reglamento de suministro del servicio.

Periodo de medición: A efectos del control de la calidad del producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones del nivel de voltaje, perturbaciones y factor de potencia, mismo que será de siete días continuos.

Perturbación rápida de voltaje (flicker): Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal,

⁴ REGULACIÓN No CONELEC – 004/01

pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto “Flicker” (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

Voltaje nominal (Vn): Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

Voltaje de suministro (Vs): Es el valor del voltaje del servicio que el distribuidor suministra en el punto de entrega al consumidor en un instante dado.

Todos aquellos términos que no se encuentren definidos en forma expresa en esta regulación, tendrán el mismo significado que los establecidos en los demás reglamentos y regulaciones vigentes.

Armónicas: Significa que la forma de onda de la tensión (o corriente) no es una senoidal pura. Esto resulta de la adición de una o más ondas armónicas que se superponen a la onda fundamental o de 60 Hz. La aparición creciente de cargas no lineales en sistemas de distribución, tales como televisores, computadores, convertidores estáticos de potencia, controladores de motores con rectificadores controlados de silicio, hornos de arco en aplicaciones industriales. La solución ante este problema podemos mantener baja la impedancia eléctrica.

d.2.2. Coeficiente de carga de los transformadores

La cargabilidad de los transformadores depende de los niveles energéticos y de la carga que esté actuando sobre un transformador, existen algunos indicadores ligados a estos y se describen a continuación:

d.2.2.1. Factor de carga (FC)

Definido como la demanda media en comparación con la demanda máxima.

$$FC = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Demanda Media}} \quad (1)$$

d.2.2.2. Factor de utilización (Fu)

Matemáticamente el factor de utilización se define como la relación entre la demanda máxima y la potencia del transformador tomando en cuenta que si:

$F_u \leq 0,5$ entonces los transformadores del transformador del alimentador se encuentran sub cargados.

$F_u \geq 0,5$ entonces los transformadores del transformador del alimentador se encuentran sobre cargados.

$$F_u = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad del Transformador}} \quad (2)$$

d.2.2.3. Factor de cargabilidad media (FLA)

Definido como la demanda media en función de la capacidad instalada.

$$FLA = \frac{\text{Demanda Media}}{\text{Capacidad del Transformador}} \quad (3)$$

Los factores anteriormente mencionados sirven para evaluar como el transformador se encuentra ya sea en estado normal, sub cargado o sobrecargado.⁵

d.2.2.4. Pérdidas de potencia en transformador

En un transformador eléctrico, al igual que en todas las máquinas eléctricas, hay pérdidas de potencia. Por tratarse de una máquina estática, no existen pérdidas de potencia de origen mecánico en un transformador y éstas se reducen a las del hierro del circuito magnético y las del cobre de los bobinados.

d.2.2.4.1. Pérdidas en el hierro (Ph):

La potencia pérdida en el hierro del circuito magnético de un transformador puede ser medida la prueba de vacío. Se alimenta el transformador al vacío, la potencia absorbida en ese momento corresponde exactamente a las pérdidas en el hierro.

⁵ Análisis de la Calidad de la Energía Eléctrica y Estudio de Carga de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Tesis.

d.2.2.4.2. Pérdidas en el cobre (Pc):

Es la suma de las potencias pérdidas en los bobinados de un transformador, funcionando bajo carga nominal. El valor de esta potencia depende de la intensidad de corriente tanto en el bobinado primario como en el secundario, la cual varía mucho desde el funcionamiento en vacío a plena carga.

La variación del valor de la potencia pérdida en el cobre es proporcional al cuadrado de la intensidades de corriente de carga y a la resistencia de los bobinados.

$$P_{cu} = I_1^2 \times r_1 + I_2^2 \times r_2 \quad (4)$$

Dónde:

P_{cu} = Pérdidas en los bobinados del transformador.

I₁ = Intensidad en el bobinado primario.

I₂ = Intensidad en el bobinado secundario.

r₁ = Resistencia del bobinado primario.

r₂ = Resistencia del bobinado secundario.

d.2.2.5. Gastos anuales por las pérdidas.

La energía disipada por las pérdidas en el hierro y en el cobre depende de la curva de carga del transformador y se estiman para un año empleando la ecuación.⁶

$$E_p = \left[(P_h \times H) + P_{cu} \times \sum \left(\frac{P}{P_n} \right)^2 \times h \right] \times d \quad (5)$$

Dónde:

E_p = Pérdidas de energía en kWh.

P_h = Pérdidas en el hierro a tensión nominal en kW.

P_{cu} = Pérdidas en el cobre a plena carga en kW.

P_n = Potencia nominal del transformador en kVA.

P = Carga real del transformador en kVA.

H = Número horas diarias conectado el transformador.

⁶ Tesis – Auditoría energética del hospital Julius DOEPFNER de la ciudad de Zamora. Autor: Cristhian Aguilar. Universidad Nacional de Loja.

h = Número de horas al día en que el transformador suministra carga P.

d = Número de días al año en que funciona el transformador.

Desbalance de carga

El desbalance de carga en un sistema trifásico se lo puede calcular a través de la corriente que circula por las líneas como se muestra a continuación en la siguiente formula.

$$\text{Desbalance de carga} = \frac{\text{Face 1}}{\text{Face 2}} \times 100\% \quad (6)$$

d.2.3. Herramienta para evaluar el uso de la energía

Dos de las herramientas esenciales que el auditor necesita para evaluar plenamente todas las instalaciones son el perfil de la demanda (es decir, la caracterización de las cargas eléctricas en términos de tiempo, uso y tamaño) y el inventario de la carga. Estas dos herramientas son complementarias y es en donde se describen en detalle los sistemas que consumen energía en una instalación.

El auditor energético tiene que saber la energía que se consume y cuanto se consume por cada sistema, siendo útil saber que la carga total de energía se distribuye entre varios sistemas.

d.2.3.1. Inventario de la carga eléctrica

El inventario de la carga eléctrica es un método sistemático de recopilación y organización de información; hacer una lista o inventario de todas las cargas en una instalación responde a dos preguntas importantes:

- ¿Dónde se utiliza la energía eléctrica?
- ¿Cuánto y en qué periodo de tiempo se consume la energía eléctrica?

A menudo el proceso de identificación de categorías de uso pertinente que los consumos excesivos puedan ser fácilmente identificados y esto conduce con frecuencia a las oportunidades de ahorro de bajo costo. La identificación de cargas de alto consumo, le permita considerar las mejores oportunidades de ahorro, debido a que en el inventario

también se cuantifica la demanda, asociada con cada grupo de carga o un grupo de cargas.

d.2.4. Factor de potencia

El factor de potencia se define como el cociente de la relación de la potencia activa entre la potencia aparente; esto es:

$$\text{f.p.} = P/S \quad (7)$$

El factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

d.2.4.1. Problemas por bajo factor de potencia

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas e incremento de las caídas de tensión en los conductores.
- Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente.

d.2.4.2. Beneficios por corregir el factor de potencia

- Disminución de las pérdidas en conductores.
- Reducción de las caídas de tensión.
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones
- Reducción de los costos por facturación eléctrica.

Para el cálculo de corrección de potencia se requiere de varias fórmulas que las presentaremos a continuación:⁷

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (8)$$

$$Q_c = P[\text{tg}(\cos^{-1}fp_1) - \text{tg}(\cos^{-1}fp_2)] \quad (9)$$

$$Q = P \times \tan(\varphi) \quad (10)$$

$$\varphi = \cos^{-1}(fp) \quad (11)$$

Dónde:

φ = ángulo entre la potencia activa y la potencia aparente

fp = factor de potencia

Q = Potencia reactiva expresada en kVAR

P = Potencia activa expresada en kW

Qc = Valor del banco de condensadores expresado en kVAR

d.2.5. Calidad del producto

La calidad del producto se refiere al cumplimiento de los parámetros eléctricos en cuanto a su adecuado funcionamiento según la regulación establecida por el CONELEC.

El objetivo de la presente Regulación es establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.

Los aspectos de calidad del producto técnico que se controlarán son el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del CONELEC al momento que se le requiera.

⁷ Tesis, Análisis técnico económico de la fábrica "textil San Pedro" de Quito, capítulo V (dspace.epn.edu.ec/.../3/T%2011096%20CAPITULO%205%20pdf.pdf)

d.2.5.1 Regulación No. CONELEC – 004/01⁸

d.2.5.1.1. Nivel de Voltaje

- **Índice de Calidad**

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad (12)$$

Dónde:

ΔV_k = variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k = voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n = voltaje nominal en el punto de medición.

- **Mediciones**

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición:

20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.

0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.

0,01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.

2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.

3. Simultáneamente con el registro del voltaje se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.

⁸ Regulación No. CONELEC – 004/01

4. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

- **Límites**

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Límites de Voltaje.

	Subetapa 1	Subetapa 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: www.conelec.gob.ec

d.2.5.2. Perturbaciones

d.2.5.2.1. Parpadeo (Flicker)

- **Índice de Calidad**

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flicker, se considerará el índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (P_{st}), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a la normas IEC; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}} \quad (13)$$

Dónde:

P_{st} = Índice de severidad de flicker de corta duración

$P_{0.1}$, P_1 , P_3 , P_{10} , P_{50} = Niveles de efecto “flicker” que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación.

- **Mediciones**

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
3. Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto “Flicker” para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868.

Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de flicker, se efectuarán mediciones de monitoreo de flicker, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

- **Límites**

El índice de severidad del Flicker P_{st} en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite $P_{st} = 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población.

Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible arriba señalado, en cada punto de medición, si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido en este numeral, por un tiempo superior al 5 % del período de medición de 7 días continuos.

d.2.5.3. Armónicos

- **Índices de Calidad**

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100 \quad (14)$$

$$THD = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100 \quad (15)$$

Dónde:

V_i = factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD = factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

V_i = valor eficaz (rms) del voltaje armónico “i” (para $i = 2 \dots 40$) expresado en voltios.

V_n = voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

- **Mediciones**

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean

representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.

3. Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. En cada punto de medición, para cada mes, el registro se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7.

- **Límites**

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') señalados a continuación. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive, a continuación en la tabla 2 se muestran los valores del límite THD.

Tabla 2. Límites del THD.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA 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 tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	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	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

Fuente: www.conelec.gob.ec

d.2.5.4. Factor de Potencia

- **Índice de Calidad**

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.

- **Medición**

Adicionalmente a las disposiciones que constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, el Distribuidor efectuará registros del factor de potencia en cada mes, en el 2% del número de Consumidores servidos en AV y MV. Las mediciones se harán mediante registros en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

- **Límite**

El valor mínimo es de 0,92.

e.- MATERIALES Y MÉTODOS

e.1. Materiales

Los materiales utilizados para el normal desarrollo de este proceso investigativo, están detallados a continuación

Materiales para mediciones eléctricas

- Analizador de redes trifásico marca Fluke 1744.
- Medidor de potencia.
- Multímetro.
- Pinza amperimétrica.

Materiales tecnológicos o software

- PQ log
- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Microsoft Power Point
- Power Translator
- Internet

Materiales de oficina

- Computadora
- Calculadora
- Impresora
- Hojas de papel bond
- Lápiz y bolígrafos

Otros materiales

- Cámara fotográfica
- Flexómetro para mediciones de longitud

e.1.1. Registrador de calidad de energía Fluke 1744

El registrador de calidad de energía 1744 de Fluke que se muestra en la figura 14 el cual se utilizó para nuestras mediciones es un aparato de registro de la energía eléctrica sofisticado, sólido y fácil de usar, diseñado para el electricista o el especialista en calidad de la energía.

El registrador permite realizar un estudio de la carga a lo largo de un periodo especificado o monitorear la calidad de la potencia para descubrir o informar perturbaciones en las redes de tensión baja y media.

Este instrumento monitoriza la calidad de la energía midiendo perturbaciones en redes con un máximo de 3 tensiones + neutro y 4 corrientes. Los valores registrados se guardan en los períodos secuenciales de pre mediación elegidos. Los valores medidos pueden evaluarse gráfica o numéricamente con el software PQ Log.



Figura 14. Analizador de redes Fluke 1744

e.1.1.1. Funciones del Fluke

- Tensión eficaz de cada fase (media, mín., máx.)
- Corriente eficaz de cada fase y neutra (media, mín, máx.)
- Eventos de tensión (caídas, subidas, interrupciones)
- Potencia (kW, kVA, kVAR, factor de potencia PF, tangente de potencia)
- Energía total
- Flicker (Pst, Plt)

- THD de la tensión
- THD de la corriente
- Armónicos de tensión hasta el 50o orden (no incluidos en la función P)
- Interarmónicos de tensión (no incluidos en la función P)
- Tensión de señalización de la red eléctrica
- Frecuencia

e.1.1.2. Configuración de la red eléctrica para conexión del equipo Fluke

El registrador puede prepararse para funcionar con varias configuraciones de redes eléctricas:

- Tensión monofásica
- Tensión monofásica, corriente, potencia
- Tensión trifásica
- Tensión trifásica, corriente trifásica, potencia

La forma de conexión del analizador que se utilizó se la representa en el anexo 1

e.1.1.3. Evaluación de los datos registrados a través del software PQ log

El registrador mide un máximo de tres tensiones y 4 corrientes. Los valores registrados se guardan en una base de datos por periodos secuenciales obteniendo el promedio de un rango elegido. Los valores medidos pueden evaluarse numéricamente con el software PQ Log, figura 15.



Figura 15. Software PQ Log

e.2. Métodos

Para llevar a cabo el presente proyecto se comenzó investigando sobre auditorías energéticas relacionadas con nuestro tema de tesis, para de esta forma tener conocimiento de cómo se podría realizar adecuadamente una auditoría energética.

Luego se procedió con la recopilación de información de la facturación histórica de la energía consumida en el hospital del año 2011 para lo cual se tuvo que acudir a la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. - EERSSA para la respectiva información, seguidamente el levantamiento de la carga y verificación de las instalaciones eléctricas del hospital.

La información obtenida mediante observaciones, consultas y entrevistas fue organizada y analizada para luego resumirla y digitalizarla para que sea utilizada en las posteriores etapas del estudio investigativo.

Seguidamente se determinó cuáles son los posibles problemas de la investigación, los cuales se detallan a continuación.

- ¿Cuáles son los principales portadores energéticos y en cuál de ellos es el que hay que concentrar la investigación?
- ¿Cuáles son las oportunidades de ahorro en el hospital que se podría aplicar?
- ¿Cuál será el plan de mejoras que se pueda implementar para lograr las oportunidades de ahorro?
- La falta de conocimiento acerca de cómo se encuentra la calidad de energía del hospital

Luego se instaló el analizador de redes para la adquisición de los datos que servirían para conocer el verdadero estado de la calidad de energía eléctrica.

Se interpretó los datos obtenidos a través del levantamiento de la carga y los datos del analizador de redes para definir las medidas para el ahorro de energía y reducir costos energéticos en el hospital, evaluados económicamente.

f. RESULTADOS

El hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba para cumplir con sus actividades diarias utiliza electricidad, diésel, Gas licuado de petróleo-GLP y agua.

Actualmente el hospital cuenta con 5 consultorios con un total de 18 camas y diversos servicios necesarios en un hospital. Es un hospital de una sola planta en la cual en la parte posterior se encuentran servicios adicionales como la cocina, lavandería y un taller de mantenimiento que demandan gastos de energía considerables.

f.1. Portadores energéticos que se utilizan en el hospital

f.1.1. Electricidad

La energía eléctrica en el hospital es distribuida por un transformador de 100 kVA a las diferentes áreas, la alimentación principal de electricidad del transformador se conecta a las líneas de la EERSSA que es la encargada de distribución local.

f.1.2. Diésel

Este portador es utilizado solo para la alimentación del generador de emergencia, es decir solo cuando hay racionamientos de energía eléctrica, es por eso que el gasto de diésel en el generador no representa un valor significativo debido a que no está funcionando continuamente.

f.1.3. Gas licuado de petróleo

Este portador se lo utiliza principalmente para la cocina así como también para calentar agua para bañar a los niños recién nacidos, vale recalcar que se utilizan cilindros de gas de uso doméstico y son entregados a un valor de \$1.80 dólares.

f.1.4. Consumo de agua

Se ha considerado el agua dentro de la presente auditoria energética debido a que forma parte indispensable para el funcionamiento de diferentes actividades del hospital y por el cual se paga un valor mensual por consumo, la tarifa existente actualmente por m³ es de 0.21 dólares.

Para la distribución del agua en el hospital se tiene una cisterna y dos bombas.

f.2. Gastos de consumos globales de los diferentes portadores energéticos en el 2011

Tabla 3. Gastos de portadores energéticos

Periodo	Datos de facturación y consumo de energía								TOTAL \$
	Electricidad		Diésel		GLP		Agua		
	kwh	\$	Galones	\$	N ⁰ cilindros	\$	m ³	\$	
Enero	3 905	341.42	5	5.20	6	10.8	246	93.25	
Febrero	4 010	342.88	5	5.20	7	12.6	246	93.25	
Marzo	4 331	378.69	6	6.25	7	12.6	251	95.42	
Abril	4 201	372.36	7	7.25	6	10.8	255	96.62	
Mayo	4 198	374.41	6	6.25	6	10.8	251	95.42	
Junio	4 234	361.37	6	6.25	6	10.8	251	95.42	
Julio	4 143	354.26	7	7.25	7	12.6	251	95.42	
Agosto	4 340	382.99	7	7.25	7	12.6	251	95.42	
Septiembre	4 028	355.86	5	5.20	6	10.8	251	95.42	
Octubre	4 231	355.57	6	6.25	6	10.8	251	95.42	
Noviembre	4 051	361.94	5	5.20	7	12.6	251	95.42	
Diciembre	4 404	379.08	7	7.25	7	12.6	251	95.42	
Subtotal \$	50 076	4 360.72	72	74.8	78	140.4	2 542.1	1 143.9	5 719.82
%		77%		1%		2%		20%	100%

Fuente: planillas de datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

De acuerdo con la tabla 3 de pagos por concepto del consumo de portadores energéticos se puede evidenciar el alto consumo de electricidad representando un 77% del consumo total, seguido del agua el cual se lo ha tomado en cuenta por su representación importante en el consumo del hospital con un 20%, luego se encuentra el gas licuado de petróleo con un 2% y por último se encuentra el consumo de diésel que representa el 1%, a continuación en la fig. 16 se representa los gastos por consumos a través de un gráfico.

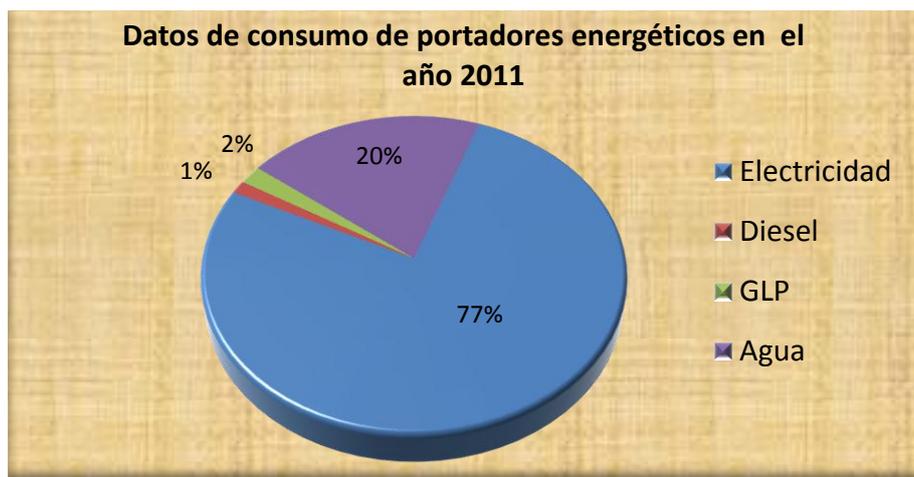


Figura 16. Gastos de portadores energéticos

Fuente: planillas de datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

f.3. Análisis energético de los portadores

Tabla 4 Energía consumida en el hospital durante el año 2011

Periodo	Electricidad		Diésel		GLP		TOTAL MJ
	kwh	MJ	Galones	MJ	N ⁰ cilindros	MJ	
Enero	3 905	14 058	5	732.6	6	3 750	18 540.6
Febrero	4 010	14 436	5	732.6	7	4 374	19 542.6
Marzo	4 331	15 591.6	6	879.12	7	4 374	20 844.7
Abril	4 201	15 123.6	7	1 026.6	6	3 750	19 900.2
Mayo	4 198	15 112.8	6	879.12	6	3 750	19 741.9
Junio	4 234	15 242.4	6	879.12	6	3 750	19 871.5
Julio	4 143	14 914.8	7	1 026.6	7	4 374	20 315.4
Agosto	4 340	15 624	7	1 026.6	7	4 374	21 024.6
Septiembre	4 028	14 500.8	5	732.6	6	3 750	18 983.4
Octubre	4 231	15 231.6	6	879.12	6	3 750	19 860.7
Noviembre	4 051	14 583.6	5	732.6	7	4 374	19 690.2
Diciembre	4 404	15 854.4	7	1 026.6	7	4 374	21 255
Subtotal	50 076	180 273.6	72	10 553.3	78	48 744	239 571
%		75.2%		4.4%		20.3%	100%

Fuente: planillas de datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

Para conocer el comportamiento de los portadores energéticos es necesario realizar un análisis llevándolos a la misma unidad de energía, en este caso se utilizó el joule como se muestra en la tabla 4.

A continuación en la figura 17 se puede observar el comportamiento de los principales portadores energéticos.

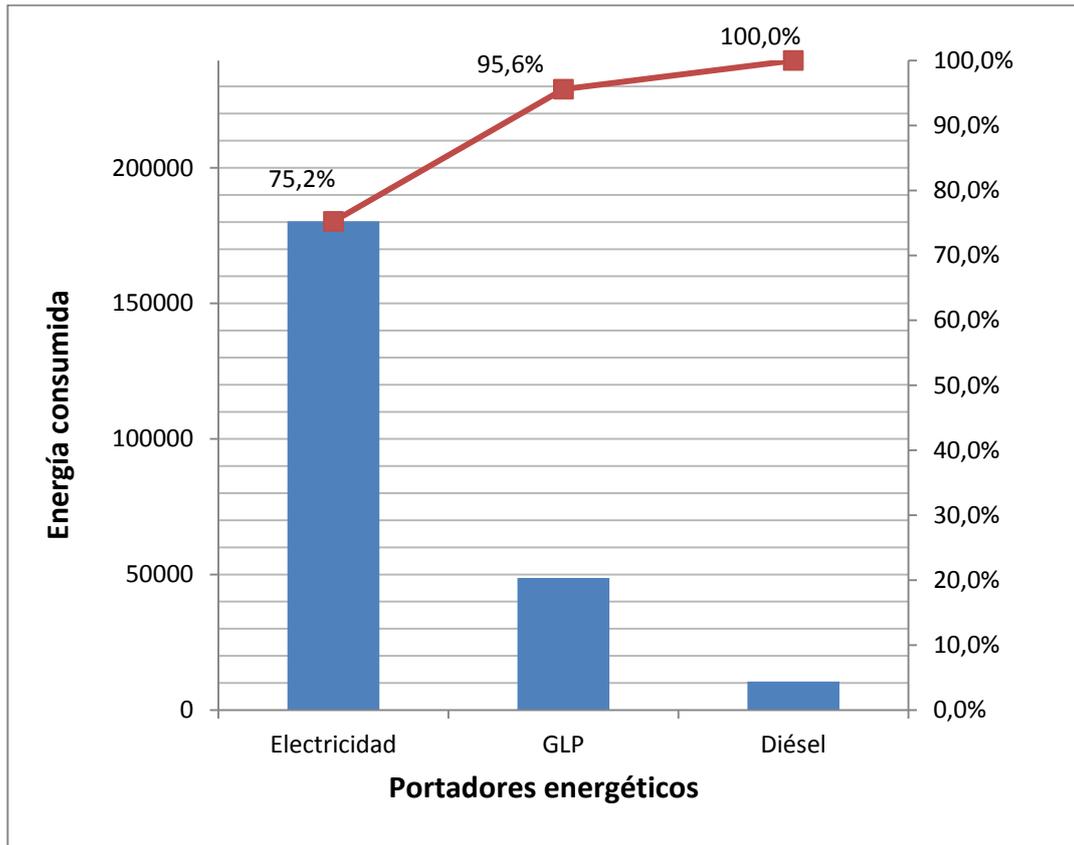


Figura 17. Gráfico de Pareto de los consumos energéticos del hospital

Fuente: Autor.

A través del gráfico de Pareto de la figura 17 se puede observar que durante el año 2011 en el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba el portador energético que representa mayor consumo es la electricidad seguido del Glp y diésel.

f.4. Análisis del consumo de energía eléctrica

Para tener un mejor entendimiento sobre el consumo de energía eléctrica del hospital se puede analizar partiendo desde hace algunos años atrás como se muestran en las siguientes figuras.

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

Para registros históricos de los consumos se tuvo que acudir a la EERSSA, para la obtención de las facturas de consumo de energía de los años 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011.

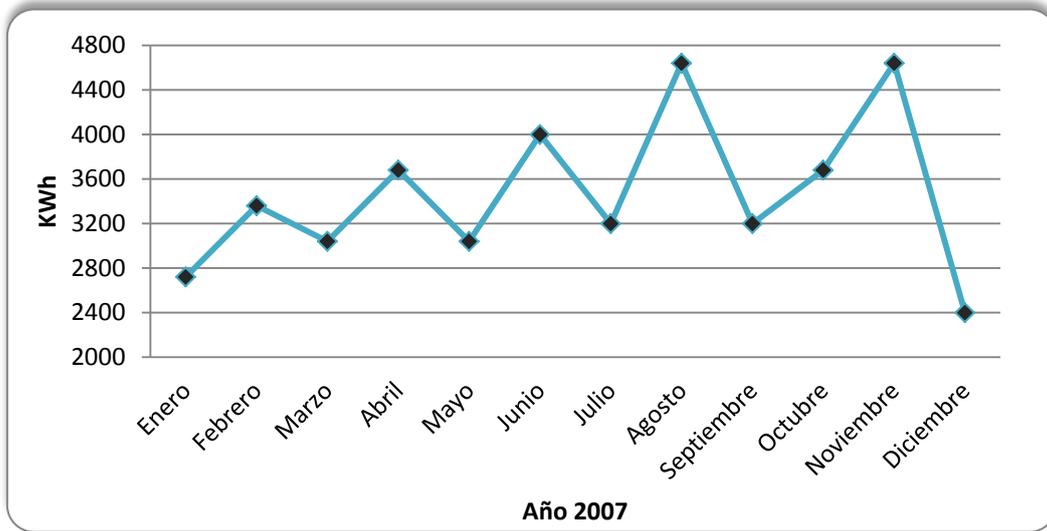


Figura 18. Consumo de energía eléctrica año 2007

Fuente: EERSSA, datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

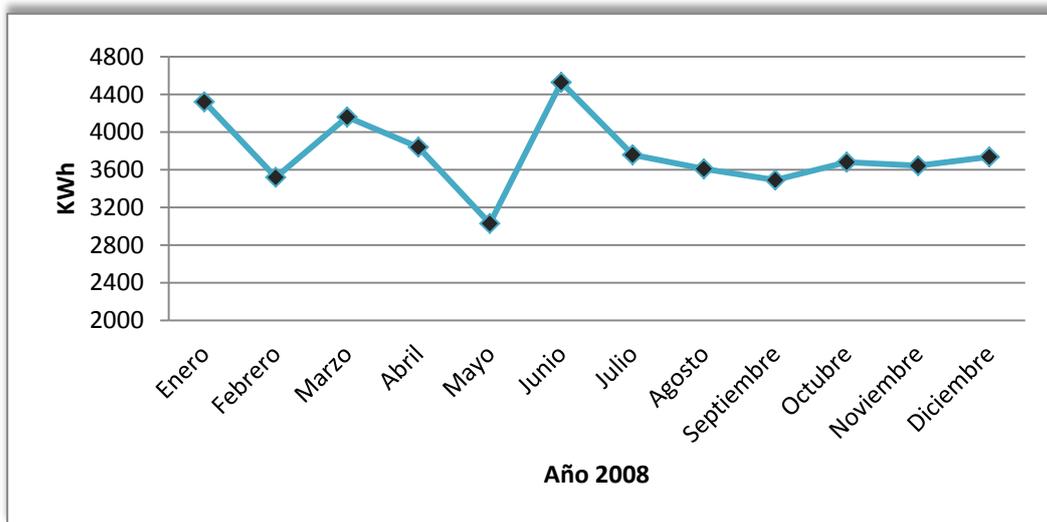


Figura 19. Consumo de energía eléctrica año 2008

Fuente: EERSSA, datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

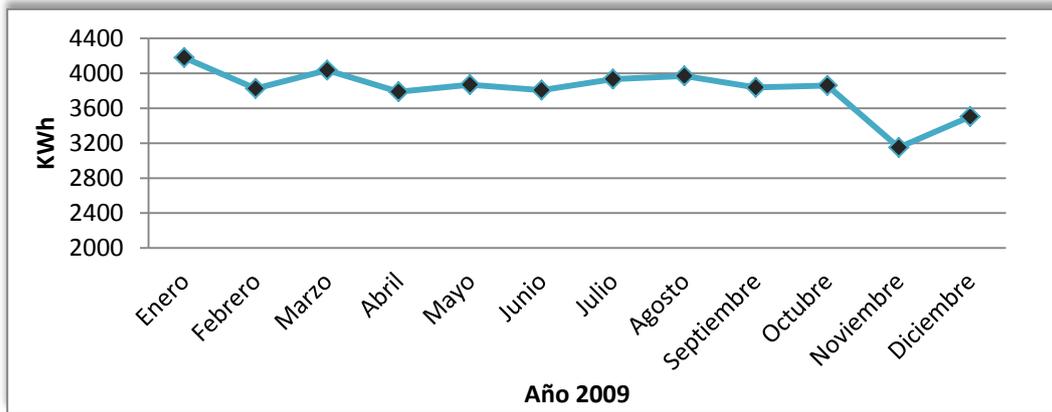


Figura 20. Consumo de energía eléctrica año 2009

Fuente: EERSSA, datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

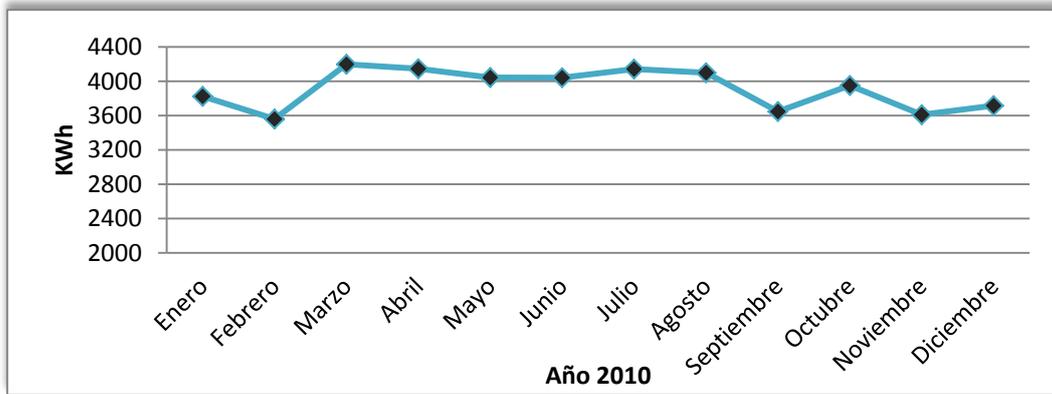


Figura 21. Consumo de energía eléctrica año 2010

Fuente: EERSSA, datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

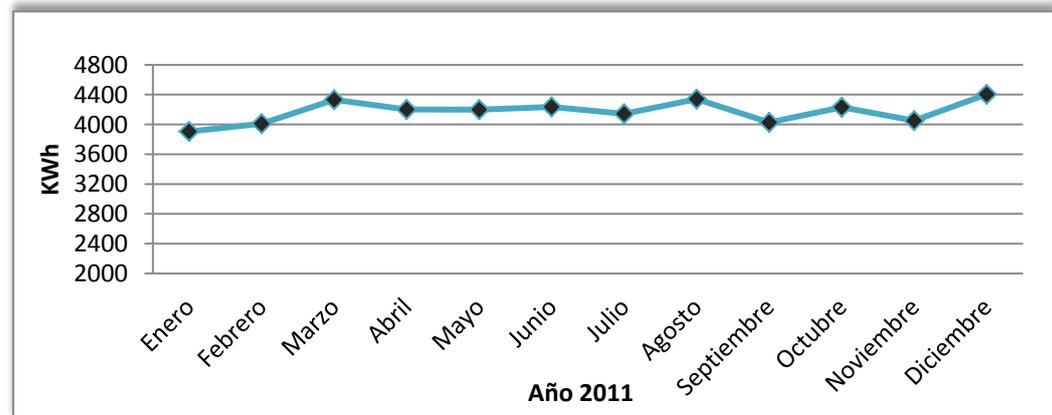


Figura 22. Consumo de energía eléctrica año 2011

Fuente: EERSSA, datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

f.5. Tabulación de los Datos de Electricidad

Por ser la energía eléctrica el portador más importante de este hospital en la tabla 5 se muestran datos del consumo de electricidad para un mejor análisis.

Tabla 5. Datos de consumo eléctrico año 2011

Mes	Demanda kw	Energía kwh	Días	Promedio Energía/día	Factor de carga (%)
Enero	21,0	3 905	31	126	25
Febrero	24,5	4 010	28	143,2	24
Marzo	25,3	4 331	31	139,7	23
Abril	26,4	4 201	30	140	22
Mayo	27,3	4 198	31	135,4	21
Junio	22,5	4 234	30	141,1	26
Julio	22,9	4 143	31	133,6	24
Agosto	27,4	4 340	31	140	21
Septiembre	25,4	4 028	30	134,3	22
Octubre	21,0	4 231	31	136,5	27
Noviembre	26,6	4 051	30	135	21
Diciembre	25,0	4 404	31	142,1	24
Total	27,4	50 076	365		

Fuente: Autor.

Fuente: EERSSA, datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

Es importante saber que es y cómo se calcula un factor de carga que aparece en la tabla.

El factor de carga es la relación entre el consumo durante un periodo de tiempo determinado y el consumo que habría resultado de la utilización continua de la potencia máxima contratada durante ese período.

Básicamente el Factor de Carga es un número que nos indica el porcentaje de utilización de la potencia contratada durante un mes o un año.

Para lo cual se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Factor de carga (\%)} = \frac{\text{kWh usado en el periodo}}{\text{kW} \times 24 \text{ hrs} \times \text{N}^{\circ} \text{ de días en el periodo}} \times 100$$

Dónde:

kwh: Energía consumida al mes.

kw: demanda pico.

24 horas al día.

No. de días del periodo.

También se ha ilustrado en una presentación gráfica los datos importantes y valores derivados del año 2011, los mismos que están representados en las figuras 23, 24 y 25.

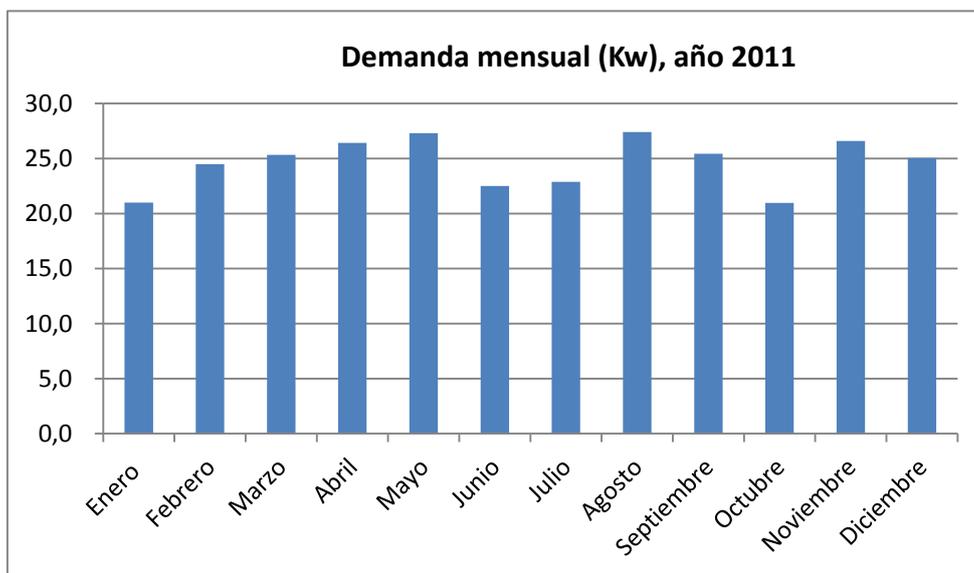


Figura 23. Demanda mensual (año 2011)

Fuente: EERSSA, datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

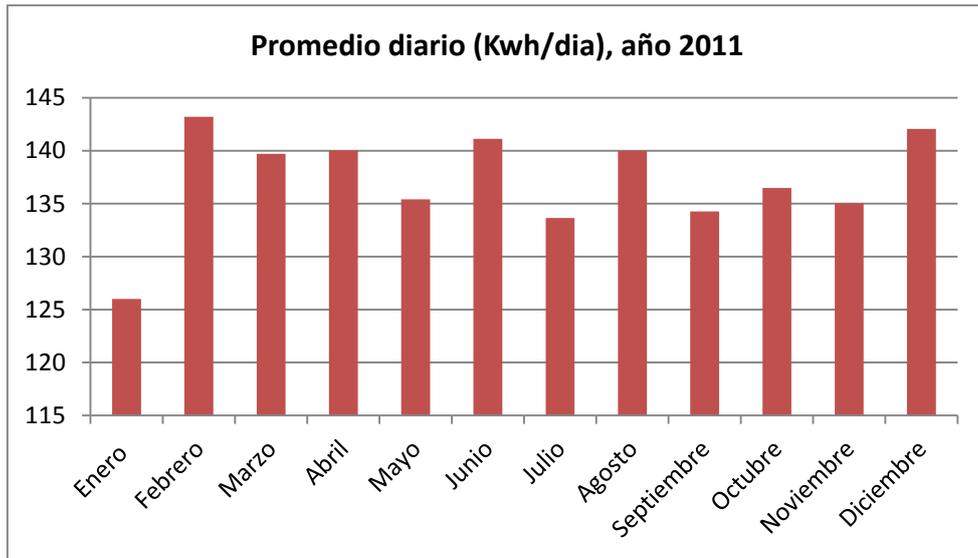


Figura 24. Energía diaria (año 2011)

Fuente: EERSSA, datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

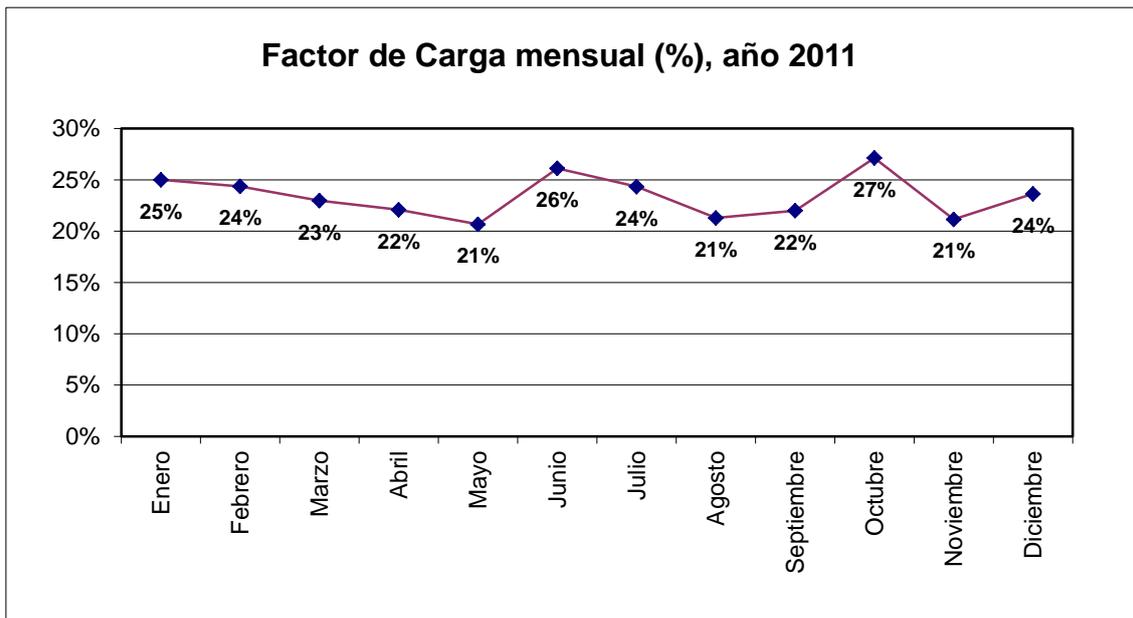


Figura 25. Factor de Carga mensual (año 2011)

Fuente: EERSSA, datos estadísticos del hospital, **Elaboración:** Autor.

f.5.1. Consumo de energía eléctrica por cama

En la figura 26 se puede observar el comportamiento de los kwh/cama/mes durante el año 2011, el cual tiene un promedio mensual de 231.8 kwh/cama/mes. Por lo general se

estima el consumo de energía eléctrica en hospitales en sectores urbanos entre 750-850 kwh/cama/mes y en sectores rurales entre 150-300 kwh/cama/mes.

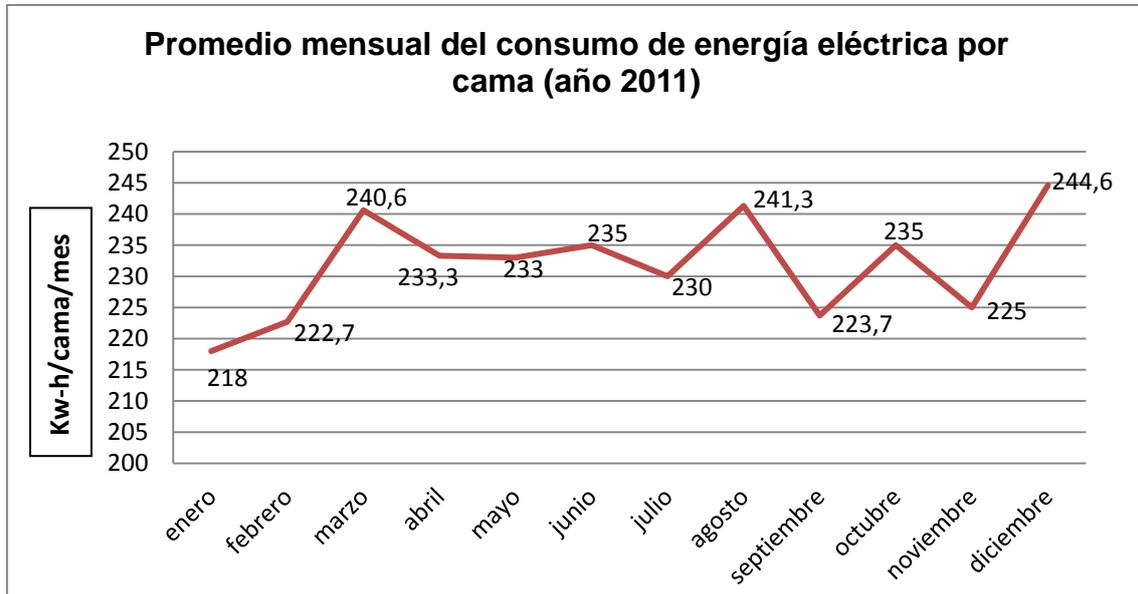


Figura 26. Promedio mensual de Kwh por cama (año 2011)

Fuente: Autor.

f.6. Descripción de las instalaciones de suministro eléctrico

f.6.1. Descripción de la alimentación del sistema eléctrico

El hospital KOKICHI OTANI cuenta con una acometida trifásica de 13.8 kV, la cual es recibida de una red de alimentación de la EERSSA la misma que parte desde un poste de hormigón armado de 11 metros de longitud marcado con el número 039919, ubicado en la calle Sucre en la parte posterior del Hospital, el conductor utilizado es el número 1/0 AWG aislado para 13 800 voltios. Esta acometida se conecta a tres seccionadores fusibles, para luego alimentar a un transformador trifásico que tiene una potencia de 100 kVA. Este transformador está ubicado en una cabina de transformación que tiene un área de 12m², aislada para no presentar ningún peligro, en el anexo 8 se puede observar el diagrama de la alimentación eléctrica.

De la salida de baja tensión del transformador de 100 kVA que se puede observar en la figura 27, se toma las señales de tensión y mediante transformadores de corriente se reducen y se toman las señales de corriente de las tres líneas, para de esta manera tener

valores accesibles para alimentar un contador de energía trifásico marcado con el numero # 32421.



Figura 27. Transformador de 100 kVA existente en el hospital

A continuación de la salida de baja tensión se conecta las líneas con conductor número 600 mcm a tres interruptores principales con tres fusibles, los cuales pasan por un interruptor de 630 amperios hacia al tablero general.

f.6.2. Generador auxiliar de emergencia

El generador con que cuenta el hospital KOKICHI OTANI que se muestra en la figura 28, fue fabricado en U.S.A, tiene una capacidad de generación de 20 kVA, este generador puede trabajar con una tensión de 120/220 V y una corriente de 84 A.

Cuenta con un banco de baterías de 24 Vcc y un motor de combustión interna a diésel de 28 HP y 1 800 RPM con acoplamiento directo entre motor y alternador, formando un solo grupo monoblock, este a su vez está montado sobre bancada de acero, a la salida del generador se encuentra un disyuntor trifásico de 250 A que se conecta al tablero de transferencia automática, este tablero se encuentra en la misma cabina del transformador.



Figura 28. Generador auxiliar de 20 kVA

f.6.3. Tablero general de distribución

El tablero de distribución general se encuentra en una habitación aparte, que tiene un área de 10m² como se observa en la figura 29 y desde aquí se distribuye la energía eléctrica a los subtableros existentes.



Figura 29. Tablero general de distribución

f.6.4. Tablero de transferencia automática

Este se encuentra en la misma habitación que el generador se lo puede observar en la figura 30, este tablero cuenta en la parte exterior con instrumentos de medición analógicos y otros dispositivos dentro de los que se encuentran los siguientes:

- 2 Amperímetros
- 2 Voltímetros
- 1 Frecuencímetro
- 1 Vatímetro
- Lámparas de señalización
- Dispositivo de control



Figura 30. Tablero de transferencia automática

El tablero de transferencia automática permite el funcionamiento del generador en caso que el suministro eléctrico por parte de la EERSSA sufra algún fallo, permitiendo la conexión y desconexión de los dos sistemas de distribución de energía eléctrica.

Este tablero de transferencia automática no se encuentra funcionando correctamente debido a que no se le ha dado mantenimiento desde hace mucho tiempo.

f.6.5. Datos del transformador

Los datos de la placa se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Datos del transformador

DATOS DEL TRANSFORMADOR	
Potencia nominal del transformador (kVA)	100
Tipo de transformador	Trifásico
Marca de transformador	VERBANO
Tensión nominal (V)	13 800/220
Corriente nominal (A)	4.4/252.4
Conexión	Δ/Y
Numero de medidor conectado	32421
Consumo promedio de energía (Kwh/mes)	4 180

Fuente: Placa del transformador

Las mediciones se las realizo en el tablero general de distribución con el analizador de redes Fluke 1744 (anexo 2), durante 7 días continuos en intervalos de 10 minutos como exige la regulación del CONELEC N⁰ 004/01, la cual se la realizo desde el 20 al 27 de febrero del 2013. Se procedió con las mediciones del nivel de voltaje, perturbaciones como flicker, armónicos de voltaje y factor de potencia cumpliendo con lo establecido por el CONELEC cuyos valores limites se presentan a continuación en la tabla 7.

Tabla 7. Límites de regulación N⁰ 004/01 CONELEC

Nivel de tensión	$\pm 10\%$
Flicker (Pst)	<1
Armónicos de Voltaje (THDV)	8%
Factor de Potencia	0.92

Fuente: Regulación del CONELEC – 004/01

f.7. Análisis de la calidad de energía mediante la interpretación de las mediciones obtenidas en el tablero general de distribución.

De las mediciones obtenidas en el tablero general, las muestras que se obtuvieron fueron de cada minuto, dando un total de 10 080 muestras cumpliendo con lo que establece la norma de acuerdo a la regulación del CONELEC. De los datos recopilados se realizara el análisis correspondiente a la calidad de energía.

f.7.1. Nivel de tensión

Según se puede apreciar en la tabla 8, los niveles de tensión se encuentran dentro de los límites establecidos por la REGULACION N^o. CONELEC – 004/01 en las tres fases, es decir dentro del $\pm 10\%$ de la tensión nominal, puesto que los valores de tensión estuvieron entre 116,32 y 124,07 voltios.

Tabla 8. Valores de los niveles de tensión

NIVEL DE TENSIÓN LINEA 1				NIVEL DE TENSIÓN LINEA 2				NIVEL DE TENSIÓN LINEA 3			
límites				límites				límites			
-10%		10%		-10%		10%		-10%		10%	
<114.3		>139.7		<114.3		>139.7		<114.3		>139.7	
valor medio promedio				valor medio promedio				valor medio promedio			
121,08				119.63				119,82			
mínimo		máximo		mínimo		máximo		mínimo		máximo	
118,02		124,07		116,42		122,87		116,32		123,01	
22/02/2013		20/02/2013		22/02/2013		20/02/2013		22/02/2013		20/02/2013	
11:13		22:57		11:07		23:56		19:12		23:20	
Nº de muestras mayores al límite				Nº de muestras mayores al límite				Nº de muestras mayores al límite			
0		0		0		0		0		0	
Cumplimiento con la regulación				Cumplimiento con la regulación				Cumplimiento con la regulación			
SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
X		X		X		X		X		X	

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

El grafico de los niveles de tensión se lo puede apreciar en el anexo 3

f.7.2. Perturbaciones

f.7.2.1. Parpadeo (Flicker Pst)

De acuerdo a las mediciones del índice de severidad flicker de corta duración representadas en la tabla 9, se puede observar que el número de muestras que exceden los valores permitidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la REGULACION N^o. CONELEC – 004/01. También se representa en esta tabla los valores máximos y mínimos alcanzados en las tres fases así como también los valores promedios. Lo cual indica que no existen problemas en cuanto a estas perturbaciones, es decir que cumplen con la normativa.

Tabla 9. Valores de los niveles de Flicker Pst

FLICKER (Pst)			
	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Limite	1	1	1
Total de muestras	10 080	10 080	10 080
Numero de muestras mayores al limite	9	4	28
Porcentaje de cumplimiento	99.91%	99.96%	99.72
Valor máximo registrado	2.485	2.257	2.6
Valor mínimo registrado	0	0	0
Valor promedio	0.060	0.058	0.078

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

El gráfico de los valores de flicker Pst se lo puede apreciar en el anexo 4.

f.7.3. Distorsión armónicos de voltaje (THDV)

La distorsión armónica se la puede analizar a través de la distorsión armónica total THD de voltaje o individual desde el segundo hasta el cuadragésimo orden.

Al observar la norma IEEE 519-1992 en la cual el límite de THDV es del 5% y la REGULACION N^o. CONELEC – 004/01 en la cual el límite de THDV es del 8%, se puede apreciar en las siguientes tablas que los registros tomados por el analizador cumplen con las normas en su totalidad.

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

El grafico se lo puede apreciar en el anexo 5.

Tabla 10. Resultados de la distorsión armónica de voltaje de la fase 1

DISTORSIÓN ARMONICAS FASE 1						
Límite THDV 8%	Muestras mayores al límite 0	THDV				
		Mínimo 0.79 21/02/2013 06.40	Máximo 3.47 20/02/2013 21:40			
>8% 0.00%	<8% 100.00%					
ARMÓNICOS INDIVIDUALES						
Orden	Limite	Promedio	Clasificación	#M>Límite	%>Límite	%<Límite
5	6	2.67	Armónicos Individuales Impares no múltiplos de 3	0	0.00%	100%
7	5	1.92		0	0.00%	100%
11	3.5	1.68		0	0.00%	100%
13	3	0.52		0	0.00%	100%
17	2	0.14		0	0.00%	100%
19	1.5	0.14		0	0.00%	100%
23	1.5	0.05		0	0.00%	100%
25	1.5	0.00		0	0.00%	100%
29	1.32	0.00		0	0.00%	100%
31	1.25	0.14		0	0.00%	100%
35	1.13	0.00		0	0.00%	100%
37	1.08	0.00		0	0.00%	100%
3	5	1.26	Armónicos Individuales Impares múltiplos de 3	0	0.00%	100%
9	1.5	0.85		0	0.00%	100%
15	0.3	0.30		0	0.00%	100%
21	0.2	0.05		0	0.00%	100%
27	0.2	0.00		0	0.00%	100%
33	0.2	0.14		0	0.00%	100%
39	0.2	0.00	0	0.00%	100%	
2	2	0.19	Armónicos Individuales pares	0	0.00%	100%
4	1	0.09		0	0.00%	100%
6	0.5	0.00		0	0.00%	100%
8	0.5	0.00		0	0.00%	100%
10	0.5	0.00		0	0.00%	100%
12	0.5	0.00		0	0.00%	100%
14	0.5	0.00		0	0.00%	100%
16	0.5	0.00		0	0.00%	100%
18	0.5	0.00		0	0.00%	100%
20	0.5	0.00		0	0.00%	100%
22	0.5	0.00		0	0.00%	100%
24	0.5	0.00		0	0.00%	100%
26	0.5	0.00		0	0.00%	100%
28	0.5	0.00	0	0.00%	100%	
30	0.5	0.00	0	0.00%	100%	

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

32	0.5	0.00		0	0.00%	100%
34	0.5	0.00		0	0.00%	100%
36	0.5	0.00		0	0.00%	100%
38	0.5	0.00		0	0.00%	100%
40	0.5	0.00		0	0.00%	100%

Fuente: Analizador de redes Fluke, Elaboración: Autor.

Tabla 11. Resultados de la distorsión armónica de voltaje de la fase 2

DISTORSIÓN ARMONICAS FASE 2			
Limite THDV 8%	Muestras mayores al límite 0	THDV	
		Mínimo 0.97	Máximo 4.48
>8%	<8%	21/02/2013 06:56	20/02/2013 21:33
0.00%	100.00%		

ARMÓNICOS INDIVIDUALES						
------------------------	--	--	--	--	--	--

Orden	Limite	Promedio	Clasificación	#M>Limite	%>Limite	%<Limite
5	6	3.63	Armónicos Individuales Impares no múltiplos de 3	0	0.00%	100%
7	5	2.04		0	0.00%	100%
11	3.5	0.61		0	0.00%	100%
13	3	0.66		0	0.00%	100%
17	2	0.19		0	0.00%	100%
19	1.5	0.19		0	0.00%	100%
23	1.5	0.05		0	0.00%	100%
25	1.5	0.10		0	0.00%	100%
29	1.32	0.11		0	0.00%	100%
31	1.25	0.14		0	0.00%	100%
35	1.13	0.00		0	0.00%	100%
37	1.08	0.00		0	0.00%	100%
3	5	1.24	Armónicos Individuales Impares múltiplos de 3	0	0.00%	100%
9	1.5	0.62		0	0.00%	100%
15	0.3	0.19		0	0.00%	100%
21	0.2	0.09		0	0.00%	100%
27	0.2	0.05		0	0.00%	100%
33	0.2	0.14		0	0.00%	100%
39	0.2	0.00		0	0.00%	100%
2	2	0.05	Armónicos Individuales	0	0.00%	100%
4	1	0.09		0	0.00%	100%
6	0.5	0.04		0	0.00%	100%
8	0.5	0.09		0	0.00%	100%
10	0.5	0.00		0	0.00%	100%
12	0.5	0.00		0	0.00%	100%
14	0.5	0.00		0	0.00%	100%
16	0.5	0.00		0	0.00%	100%
18	0.5	0.00		0	0.00%	100%
20	0.5	0.00		0	0.00%	100%

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

22	0.5	0.00	pares	0	0.00%	100%
24	0.5	0.00		0	0.00%	100%
26	0.5	0.00		0	0.00%	100%
28	0.5	0.00		0	0.00%	100%
30	0.5	0.00		0	0.00%	100%
32	0.5	0.00		0	0.00%	100%
34	0.5	0.00		0	0.00%	100%
36	0.5	0.00		0	0.00%	100%
38	0.5	0.00		0	0.00%	100%
40	0.5	0.00		0	0.00%	100%

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

Tabla 12. Resultados de la distorsión armónica de voltaje de la fase 3

DISTORSIÓN ARMONICAS FASE 3			
Limite THDV 8%	Muestras mayores al límite 0	THDV	
		Mínimo 0.75 27/02/2013 06:57	Máximo 4.03 21/02/2013 20:44
>8% 0.00%	<8% 100.00%		

ARMÓNICOS INDIVIDUALES						
Orden	Limite	Promedio	Clasificación	#M>Limite	%>Limite	%<Limite
5	6	3.59	Armónicos Individuales Impares no múltiplos de 3	0	0.00%	100%
7	5	1.38		0	0.00%	100%
11	3.5	0.51		0	0.00%	100%
13	3	0.38		0	0.00%	100%
17	2	0.28		0	0.00%	100%
19	1.5	0.14		0	0.00%	100%
23	1.5	0.09		0	0.00%	100%
25	1.5	0.05		0	0.00%	100%
29	1.32	0.04		0	0.00%	100%
31	1.25	0.14		0	0.00%	100%
35	1.13	0.00		0	0.00%	100%
37	1.08	0.00		0	0.00%	100%
3	5	0.69	Armónicos Individuales Impares múltiplos de 3	0	0.00%	100%
9	1.5	0.87		0	0.00%	100%
15	0.3	0.24		0	0.00%	100%
21	0.2	0.09		0	0.00%	100%
27	0.2	0.04		0	0.00%	100%
33	0.2	0.14		0	0.00%	100%
39	0.2	0.00		0	0.00%	100%
2	2	0.04		0	0.00%	100%
4	1	0.09		0	0.00%	100%
6	0.5	0.18		0	0.00%	100%
8	0.5	0.04		0	0.00%	100%
10	0.5	0.04		0	0.00%	100%

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

12	0.5	0.00	Armónicos Individuales pares	0	0.00%	100%
14	0.5	0.00		0	0.00%	100%
16	0.5	0.00		0	0.00%	100%
18	0.5	0.00		0	0.00%	100%
20	0.5	0.00		0	0.00%	100%
22	0.5	0.00		0	0.00%	100%
24	0.5	0.00		0	0.00%	100%
26	0.5	0.00		0	0.00%	100%
28	0.5	0.00		0	0.00%	100%
30	0.5	0.00		0	0.00%	100%
32	0.5	0.00		0	0.00%	100%
34	0.5	0.00		0	0.00%	100%
36	0.5	0.00		0	0.00%	100%
38	0.5	0.00		0	0.00%	100%
40	0.5	0.00		0	0.00%	100%

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

De acuerdo a las tablas 10, 11 y 12 se puede observar que los niveles de distorsión armónica total de voltaje THD se encuentra dentro de los límites establecidos por el CONELEC es decir que no sobrepasan el 8% en ninguna de las tres fases.

De la misma manera que la distorsión armónica total, evaluando los armónicos de voltaje del segundo al cuadragésimo orden individualmente no se encuentra ninguno de ellos fuera de los límites establecidos en ninguna de las tres fases.

f.7.4. Factor de potencia

Tabla 13. Valores de los niveles del factor de potencia

Factor de potencia línea 1			Factor de potencia línea 2			Factor de potencia línea 3		
Nº de muestras obtenidas 10080			Nº de muestras obtenidas 10080			Nº de muestras obtenidas 10080		
Límite	Muestras inferiores al límite		Límite	Muestras inferiores al límite		Límite	Muestras inferiores al límite	
0.92	6 564		0.92	4 481		0.92	7 936	
Cumplimiento			Cumplimiento			Cumplimiento		
Si			Si			Si		
No	x	65.12%	No	x	44.45%	No	x	78.73%
Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
0.65	0.87	0.99	0.52	0.86	1	0.014	0.83	0.99

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

De acuerdo a la tabla 13 se puede observar que los valores del factor de potencia en las tres fases son menores al límite establecido que es de 0.92 y superan el 5% permitido en la regulación del CONELEC.

Los gráficos del factor de potencia de las tres fases se los puede observar en el anexo 6.

f.8. Análisis de potencias en el transformador

f.8.1. Potencia activa

La potencia activa representa la capacidad de una instalación eléctrica para transformar la energía eléctrica en trabajo útil, es decir: mecánica (movimiento o fuerza), lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es realmente la consumida en una instalación eléctrica. Se representa por “P” y se mide en vatios (w). El producto de la potencia por el tiempo es la energía activa (kwh), que es lo que factura la compañía eléctrica.

A continuación en las figura 30 se representa la curva de la potencia activa.

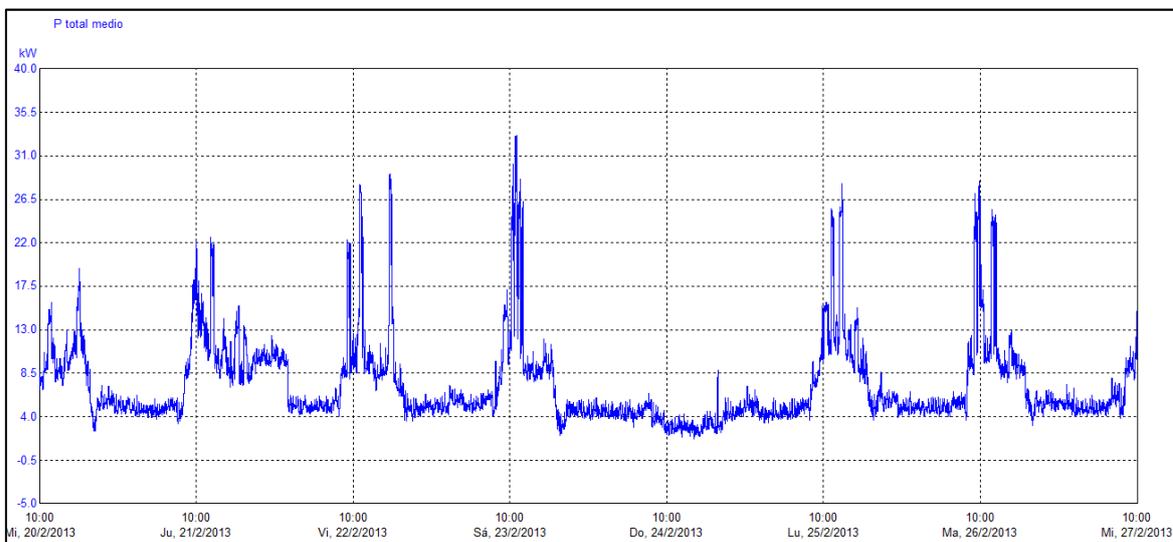


Figura 31. Potencia activa del transformador

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

Se puede observar en la figura 31 que durante el día la potencia activa se hace mas notoria llegando a un maximo de 33.12 kw y por las noches y fines de semana llegando

a un mínimo de 1.7 kw, dando como resultado durante los 7 días de medición un promedio de 7.3 kw.

f.8.2. Potencia reactiva

La potencia reactiva (y la energía reactiva) no es una potencia (energía) realmente consumida en la instalación, ya que no produce trabajo útil debido a que su valor medio es nulo. Aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Se representa por “Q” y se mide en voltio amperios reactivos (VAR).

A continuación en las figura 32 se representa la curva de la potencia reactiva.

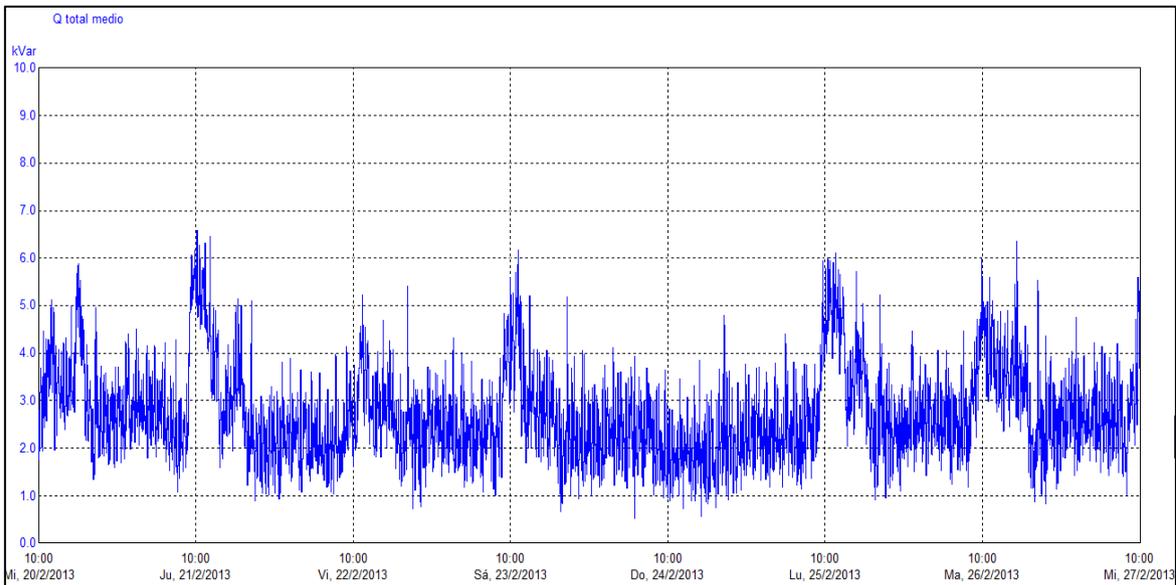


Figura 32. Potencia reactiva del transformador

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

f.8.3. La potencia aparente

La potencia aparente es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva, según se muestra en la figura 33. Se representa por “S” y se mide en voltio amperios (VA). Para una tensión dada la potencia aparente es proporcional a la intensidad que circula por la instalación eléctrica.

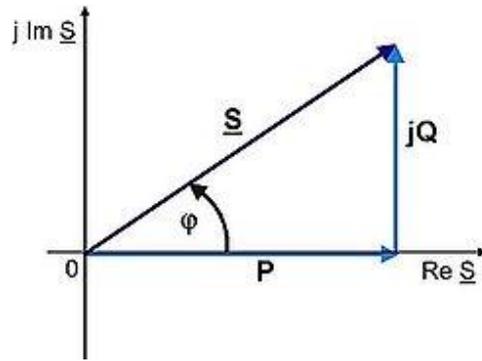


Figura 33. Triángulo de la relación entre las potencias activa “P”, reactiva “Q” y aparente “S”.

A continuación en las figura 34 se representa la curva de la potencia aparente total registrada durante los 7 días de medición en la que se observa los valores maximos y minimos alcanzados.

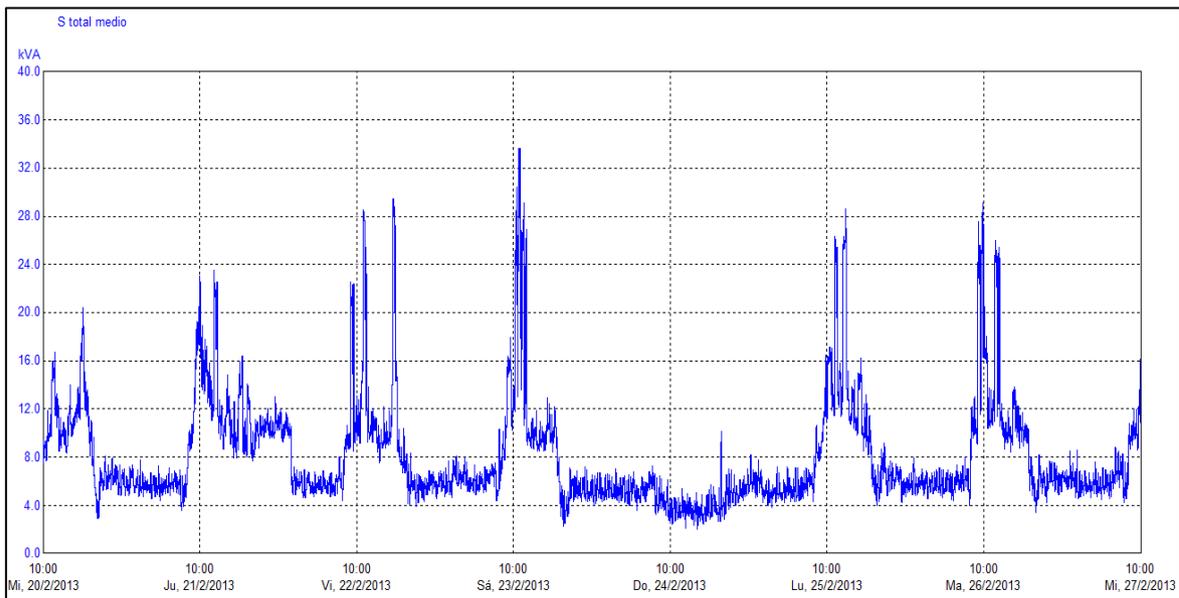


Figura 34. Potencia aparente total del transformador

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

Dado que la potencia activa (P) es la que define el trabajo útil en las instalaciones eléctricas (necesidades del hospital) podemos considerarla fija. Por tanto a mayor potencia reactiva (Q) mayor potencia aparente (S) y por tanto mayor circulación de intensidad por la instalación eléctrica.

Es decir, si en una instalación eléctrica existe potencia reactiva (Q), hace que la intensidad que circula sea mayor que la necesaria para el trabajo útil demandado.

f.8.4. Régimen diario de utilización de potencia activa

De acuerdo a los datos obtenidos de las mediciones se ha tomado un día cualquiera como referencia para detallar como es el comportamiento del consumo diario de potencia activa, tomando el día lunes 25 de febrero hasta el día 26 como se observa en las figuras 35 y 36.

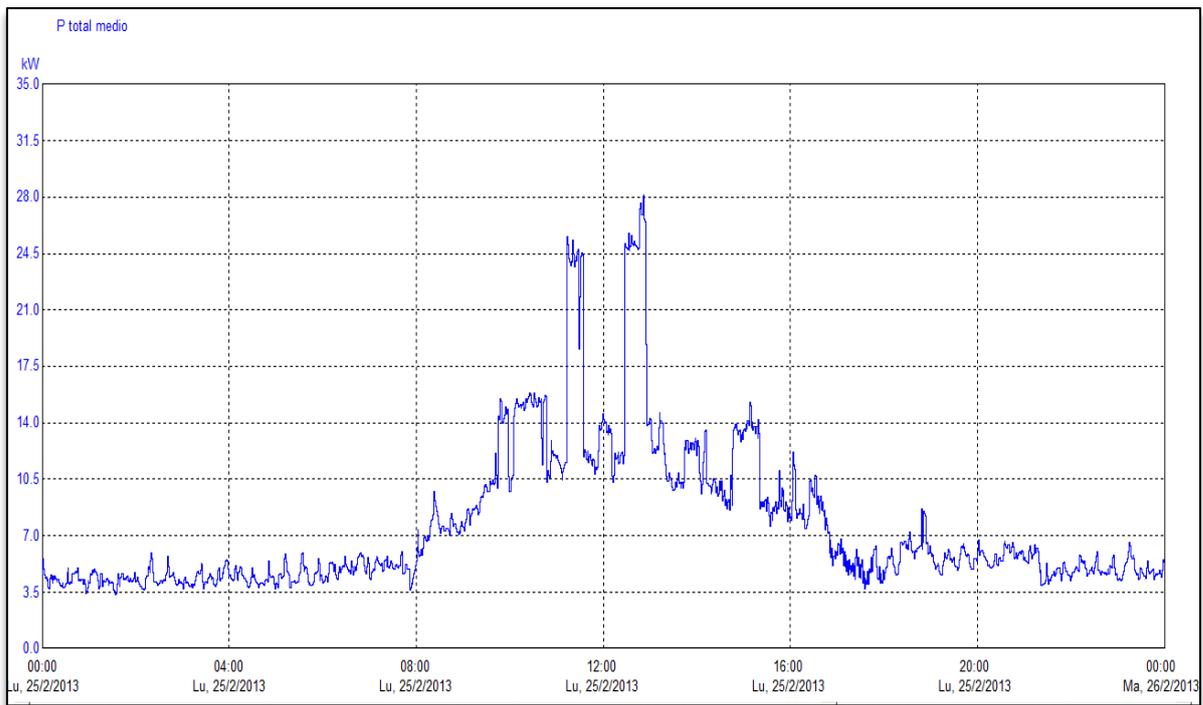


Figura 35. Comportamiento de la Potencia activa en un día laborable

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

La demanda de la potencia activa empieza a subir a partir de las 8:00 AM, cuando empiezan las labores de atención a los pacientes así como también en las otras áreas como es en lavandería, administración, laboratorio y taller de mantenimiento. A las 12:00 PM baja un poco la demanda debido al descanso por horario de almuerzo que tienen en el hospital, por lo general a las 13:00 PM las personas que elaboran en este centro de salud retoman sus actividades por lo que la demanda de potencia activa aumenta nuevamente hasta las 17:00 PM, donde se terminan la mayor parte de actividades quedando únicamente funcionando lo que es emergencia y hospitalización.

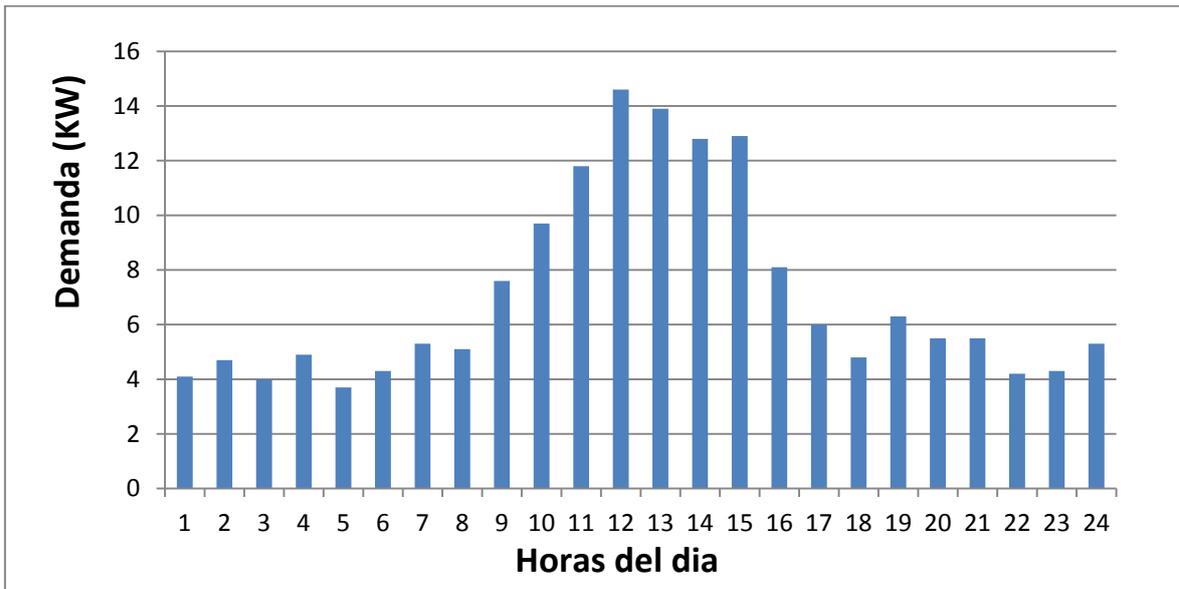


Figura 36. Demanda de potencia activa en 24 horas

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

El horario del día representa el de mayor demanda teniendo un valor promedio de 12 kw y sus valores mínimos y máximos están entre 6.2 kw y 28 kw tomando como referencia el día 25 de febrero, con un factor de potencia que varía sus valores desde 0.85 a 0.98, esto es en el horario de labores de 8:00 AM a 17:00 PM.

A partir de las 17:00 PM la demanda de potencia activa empieza a reducirse llegando a un valor mínimo de 3.8 kw y un máximo de 8.5 kw con un factor de potencia que alcanza valores desde 0.69 a 0.97. A las 8:00 AM del día 26 de febrero empieza nuevamente sin tomar en cuenta sábado y domingo, cuyo consumo de potencia disminuye debido a que el hospital no trabaja a toda su capacidad.

f.9. Cálculo del coeficiente de carga del transformador de 100 kVA

Para calcular los coeficientes de carga se utilizaron los datos de potencia expuestos en la tabla 14.

Tabla 14. Valores máximos y mínimos de potencia del centro de carga (100 KVA)

CENTRO DE CARGA	Valores	S (kVA)	Q (kVAR)	P (kw)
Transformador de 100 kVA	Dmáx.	33.67	6.58	33.12
	Dmed.	8.26	2.62	7.27
	Dmín.	2.04	0.52	1.65

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

f.9.1. Calculo del factor de carga (FC)

Para este cálculo se aplica la ecuación 1.

$$Fc = \frac{\text{Demanda media (kVA)}}{\text{Demanda maxima (kVA)}}$$

$$Fc = \frac{8.26 \text{ kVA}}{33.67 \text{ kVA}}$$

$$Fc = 0.25 \times 100 = 25\%$$

El factor de carga nos sirve para saber si la potencia que tenemos controlada es la correcta para el consumo que tenemos y según la tabla 15, nuestro factor de carga que es del 25% se encuentra en un uso normal.

Tabla 15. % de factores de carga

Factor de carga	0 -5 %	5 – 20 %	20 – 40 %	40 – 66 %	Más del 66 %
Uso de la potencia controlada	Muy Baja	Baja	Normal	Alta	Muy Alta

Fuente: www.mifactura.es/mi-factor-de-carga

f.9.2. Calculo del factor de utilización (Fu)

Para este cálculo se aplica la ecuación 2.

$$Fu = \frac{\text{Demanda máxima (kVA)}}{\text{Potencia del transformador (kVA)}}$$

$$Fu = \frac{33.67 \text{ kVA}}{100 \text{ kVA}}$$

$$Fu = 0.336$$

El factor de utilización resultante es 0.342 lo cual indica un bajo nivel de carga existente, es decir que no existe sobrecarga.

f.9.3. Calculo del factor de potencia.

Es la relación entre potencia activa y la potencia aparente (ecuación 7). Para lo cual se utilizaron valores de demanda media medidos en un periodo de 7 días.

$$\text{Cos } \theta = \frac{P}{S}$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{7.27 \text{ kw}}{8.26 \text{ kVA}}$$

$$\text{Cos } \theta = 0.88$$

f.9.4. Cálculo del factor de cargabilidad media (FLA)

Para este cálculo se aplica la ecuación 3.

$$FLA = \frac{\text{Demanda Media (kVA)}}{\text{Potencia del transformador (kVA)}}$$

$$FLA = \frac{8.26 \text{ kVA}}{100 \text{ kVA}}$$

$$FLA = 0.0826$$

f.9.5. Calculo de las pérdidas de energía en el transformador

Para calcular las pérdidas en el transformador se utiliza la ecuación 5.

$$E_p = \left[(P_h \times H) + P_{cu} \times \sum \left(\frac{P}{P_n} \right)^2 \times h \right] \times d$$

El transformador existente tiene una antigüedad de aproximadamente 32 años es de la marca Verbano cuyos valores de pérdidas en el hierro y en el cobre son mayores con respecto a los fabricados actualmente, por esta razón se utilizaran como referencia para el cálculo de las pérdidas de energía los valores de transformadores de similares características que hayan sido fabricados aproximadamente en la misma época para asemejar los valores de las perdidas, en el anexo 10 se encuentran las tablas en las cuales se tomaron como referencia. A continuación se presentan los valores a utilizarse.

Perdidas en el hierro del transformador = 413 W

Perdidas en el cobre del transformador = 2060 W

La potencia aparente se la obtiene de las mediciones realizadas con el analizador fluke, de las cuales se recopila los valores promedio de cada hora de un día tipo en este caso serán del día lunes 25 de febrero del 2013.

A continuación en la tabla 16 se exponen los valores de las mediciones de un día con valores de cada hora.

Tabla 16. Valores para el cálculo de las pérdidas del transformador.

Tiempo	kVA	$\left(\frac{P}{P_n} \right)^2$
1: 00	4.79	0.00229
2: 00	5.24	0.00274
3: 00	4.91	0.00241
4: 00	6.07	0.00368
5: 00	4.34	0.00188
6: 00	4.81	0.00231
7: 00	5.82	0.00338
8: 00	5.71	0.00326
9: 00	8.50	0.00722
10: 00	10.95	0.01199
11: 00	12.92	0.01669
12: 00	15.80	0.02496

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

13: 00	14.70	0.02160
14: 00	13.41	0.01798
15: 00	13.65	0.01863
16: 00	9.14	0.00835
17: 00	6.73	0.00453
18: 00	5.18	0.00268
19: 00	7.14	0.00509
20: 00	6.04	0.00364
21: 00	5.91	0.00349
22: 00	4.74	0.00224
23: 00	4.97	0.00247
24: 00	6.08	0.00369
TOTAL		0.16449

Fuente: Autor.

$$Ep = [(0.413 \times 24) + (2.06 \times 0.16449 \times 24)] \times 365$$

$$Ep = [(9.912) + (8.132)] \times 365$$

$$Ep = [18.044] \times 365$$

$$Ep = 6586 \text{ Kwh} - \text{año}$$

Para determinar los costos por concepto de las pérdidas en el transformador se utiliza la tarifa vigente para el hospital, que es denominada asistencia social y beneficio público con demanda siendo el costo de 0.055 USD/kwh.⁹

$$\text{Costo de energía en un año} = 6586 \text{ Kwh} \times 0.055 \text{ USD/kwh}$$

$$\text{Costo de energía en un año} = \$362.23$$

Como se puede observar en un año el transformador tiene un costo de pérdidas de \$362.23.

Vale recalcar que el cálculo de las pérdidas del transformador no es tomado en cuenta para beneficio del hospital puesto que el medidor de energía se encuentra en lado de baja tensión, por tanto no mide las pérdidas del transformador. Sin embargo se ha

⁹ Cargos tarifarios ONELEC

dejado planteado este cálculo para beneficio de la EERSSA y a estudiantes que quieran hacer cálculos similares.

f.9.6. Desbalance de carga

Se puede obtener el desbalance de carga a través de los valores de corriente en las tres fases utilizando los valores promedios que se representan en la tabla 17.

Tabla 17. Corrientes por fase

	I mínima (A)	I promedio (A)	I máxima (A)
Fase 1	6.32	22.68	102.03
Fase 2	3.21	24.41	101.44
Fase 3	4.75	20.48	102.75

Fuente: Analizador de redes Fluke, **Elaboración:** Autor.

Se observa que existe un desbalance de carga entre las tres fases, relacionadas y haciendo un balance en porcentaje se tiene lo siguiente:

- Desbalance entre fases (1-2) = 7.08 %
- Desbalance entre fases (2-3) = 16.09 %
- Desbalance entre fases (1-3) = 9.70 %

Este desbalance de carga también puede observarse en las curvas de corriente de las tres fases, representada en el anexo 7.

f.10. Oportunidades de ahorro de energía

f.10.1. Inventario de carga del hospital KOKICHI OTANI

Para el inventario de carga se utilizó la una metodología de un manual de auditoria de energía y herramienta que es desarrollado por canadienses para un programa de industria para la conservación de energía (Canadian Industry Program for Energy Conservation) CIPEC.¹⁰

¹⁰ Pdf- Manual de auditoria de energía y herramientas de Canadá.
(oe.nrcan.gc.ca/sites/oe.nrcan.gc.ca/.../energy-audit-manual-and-tool.pdf)

En el anexo 9 se encuentran el levantamiento eléctrico del hospital la misma que se la ha dividido en motores, iluminación, equipos médicos, equipos de frío y calor y otros. Donde los equipos de frío y calor vendrían a ser las refrigeradoras, congeladores y planchas.

En la tabla 18 se muestra la carga total instalada para el único transformador que existe en el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba.

Tabla 18. Carga total instalada

Carga total instalada para transformador trifásico de 100 kVA		
Tipo de carga	Potencia total instalada (kw)	Porcentual (%)
Motores	42	48,8
Iluminación	13	15
Equipos médicos	20,2	23,4
Equipos de frío y calor	7,75	9
Otros	3	3,5
Total	86	100

Fuente: Autor.

De la tabla 17 se puede realizar el cálculo de la potencia aparente instalada en KVA

$$kVA = \frac{P(kw)}{\cos \Phi} = \frac{86}{0,88} = 97,7kVA$$

El factor de potencia (0.88) es el valor promedio medido con el analizador redes.

Vale recalcar que en la parte de motores se ha incluido lo que es las lavadoras y secadora que se encuentran en el área de lavandería.

La carga total instalada también se muestra gráficamente en las siguientes figuras 37 y 38 donde se observa que los motores son la mayor potencia instalada con un 48.8%, es decir el área de lavandería y el área de mantenimiento es donde existe mayor carga seguido del sistema de iluminación con el 15% con cargas de lámparas de mercurio, incandescentes y fluorescentes, luego se encuentra lo que son equipos médicos con un

23,4%, seguido se encuentran los equipos de frio y calor con 9% y por ultimo otros con un 3.5%.

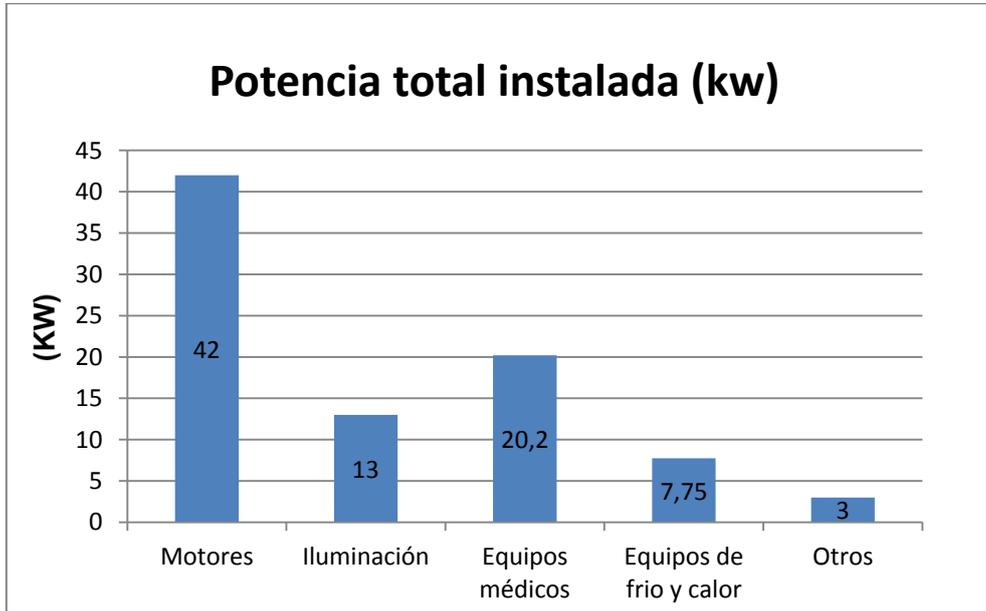


Figura 37. Carga total instalada en kw

Fuente: Autor.

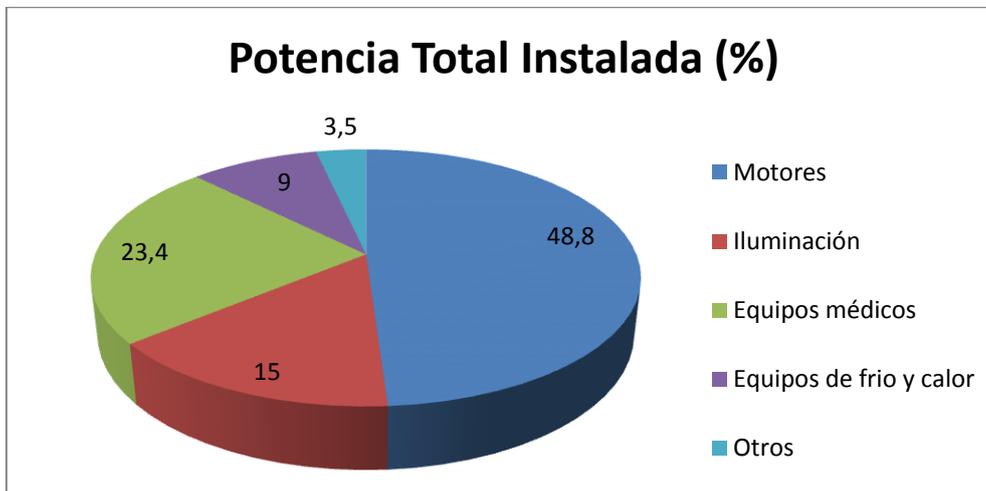


Figura 38. Porcentaje de carga instalada en el hospital

Fuente: Autor.

En la tabla 19 se resumen los datos de las cargas instaladas en categorías, para evaluar la carga de acuerdo a sus características mostrando la demanda pico y la energía que consume cada carga.

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

Tabla 19. Inventario de la carga instalada

#	Descripción del Grupo de Carga	Demanda máx.		Energía	
		kw	%	kwh	%
1.	Motores	12,9	47,2%	1.265	28%
2.	Iluminación	5,7	21,2%	1.579	35%
3.	Equipos médicos	4,6	16,7%	383	9%
4.	Equipos de frio y calor	2	8,3%	918	21%
5.	Otros	1,8	6,7%	331	7%
Total		27	100%	4.475	100%
Valores de la factura mensual		25	kw	4.180	kwh
Diferencia con la factura		2	10%	295	7%

Fuente: Autor.

A continuación en las figuras 39 y 40 se muestra el inventario de carga a través de gráficos circulares.

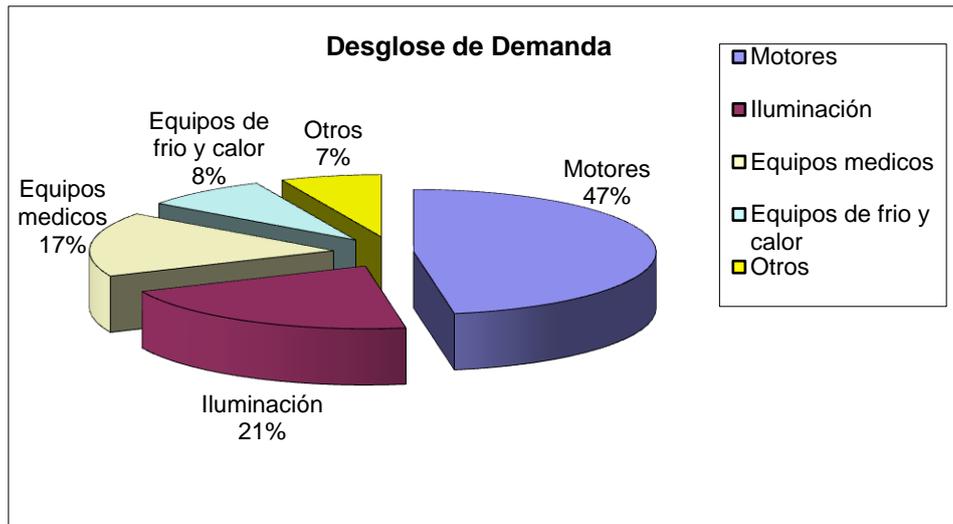


Figura 39. Desglose de demanda en porcentajes de las diferentes cargas

Fuente: Autor.

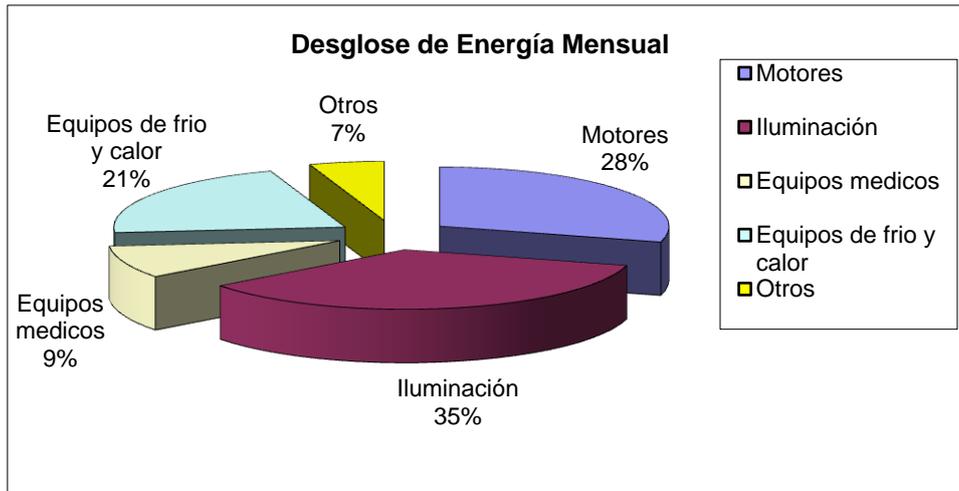


Figura 40. Consumo de energía en porcentajes obtenido del inventario de carga.

Fuente: Autor.

Como se puede observar el sistema de iluminación es el de mayor consumo dentro del hospital con un 35% seguido de motores con un 28%, los cuales comprenden lo que es lavadoras secadoras y los motores que se encuentran en el área de mantenimiento luego se encuentran los equipos de frio y calor con el 21% seguido de los equipos médicos con el 9% y por ultimo otros con el 7%.

La diferencia entre potencia y consumo es interesante observar, en este caso es notable que los motores se colocan en primer lugar en lo que es potencia seguido por la iluminación; pero en consumos se invierte la ubicación siendo los de mayor consumo los sistemas de iluminación; se puede decir entonces que para algunos equipos las horas de uso influyen de mayor manera que la potencia en sí misma.

A través del inventario de carga y el perfil de demanda se pudo identificar las oportunidades de ahorro que existen y estas se encuentran en el sistema de iluminación debido a que es el principal consumidor de energía eléctrica y lo que es motores lo cual comprende el área de mantenimiento y lavandería donde se encuentran la mayor potencia instalada de todo el hospital a continuación se hará un análisis de los sistemas y de los equipos para plantear las mejoras con las que se pueda lograr un ahorro energético y económico.

f.10.2. Oportunidades de ahorro en el sistema de iluminación

f.10.2.1. Análisis del sistema de iluminación

El hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba viene laborando desde hace muchos años siendo utilizadas al principio únicamente lámparas incandescentes para la iluminación del mismo, para luego con el pasar de los años reemplazarlas con lámparas fluorescentes que permitan un gran ahorro de energía, sin embargo los avances tecnológicos se han incrementado hasta el punto de tener luminarias muy eficientes tanto como las lámparas fluorescentes tubulares como las compactas que han reemplazado significativamente a las normalmente conocidas, mejorando los niveles de iluminación en gran porcentaje y utilizando menor potencia. Actualmente el hospital cuenta con 4 tipos diferentes de luminarias.

f.10.2.2. Levantamiento de la carga del sistema de iluminación

A continuación en la tabla 20 se detalla los tipos de lámparas existentes y la cantidad de cada tipo, además se hará constar la cantidad aproximada de energía que consume cada uno de ellos. Para la obtención de cantidad de energía tomamos el tiempo aproximado que pasan encendidas estas lámparas.

Tabla 20. Inventario de la carga instalada en el sistema de iluminación.

Total de luminarias							
Luminarias		Unidad	Total	Horas	Total	Factor de	Demanda
Descripción	Cant	kw	kw	/Mes	kwh	Simultaneid	kw
Lámparas fluorescentes tubulares	210	0,04	8,4	120	1.008	0,45	3,8
Lámparas fluorescentes compactas	74	0,02	1,5	75	111	0,45	0,7
Lámparas incandescentes	6	0,10	0,6	31	19	0,45	0,3
Lámparas de mercurio	14	0,175	2,5	180	441	0,45	1,1
TOTAL			12,7		1579		6

Fuente: Autor.

En el siguiente grafico 41 se muestra la cantidad de luminarias existentes en el hospital en porcentaje del total de las mismas.

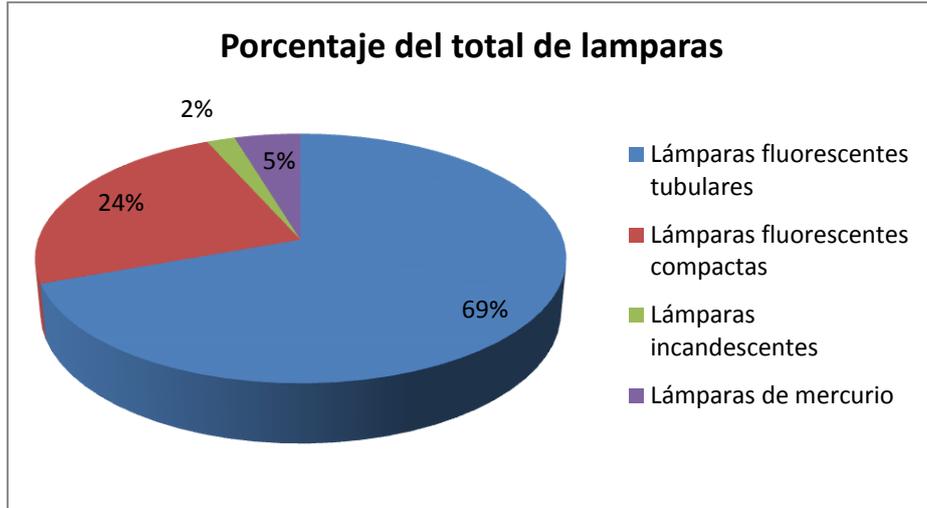


Figura 41. Descripción porcentual de las lámparas.

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la figura 41 las lámparas fluorescentes tubulares son de mayor porcentaje con el 69%, seguido de las lámparas fluorescentes compactas o también conocidas como ahorradoras con el 24%, las lámparas de mercurio con el 5% y por ultimo las lámparas incandescentes con el 2%.

En la figura 42 se puede observar el porcentaje de potencia instalada por cada tipo de lámpara existente en el hospital.

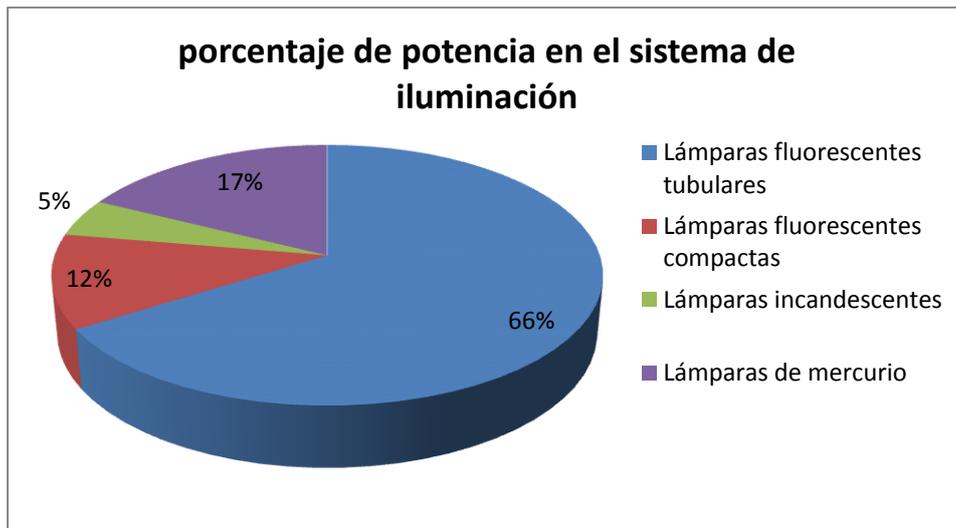


Figura 42. Distribución porcentual de la potencia de iluminación.

Fuente: Autor.

A continuación se presenta en el gráfico 43 el consumo de energía en porcentaje.

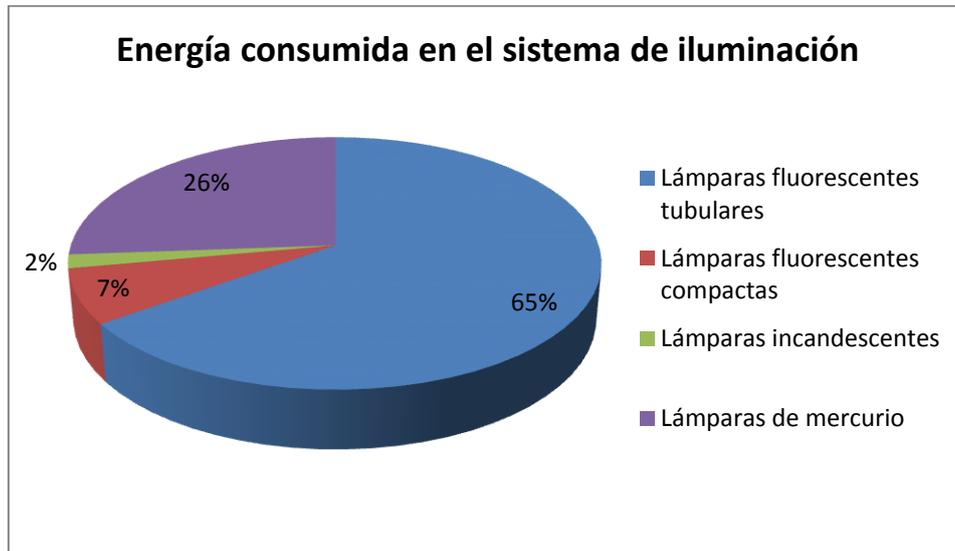


Figura 43. Porcentaje de energía consumida por cada tipo de luminaria.

Fuente: Autor.

Las figuras de potencia y energía muestran donde se puede aplicar las oportunidades de ahorro y principalmente sería en plantear el remplazo de lámparas fluorescentes tubulares más eficientes por las existentes que son donde hay un mayor consumo de energía

f.10.3. Oportunidades de ahorro en el área de lavandería

f.10.3.1. Descripción de las lavadoras y secadora.

A continuación se describen los equipos que se encuentran en el área de lavandería donde consta una gran parte de carga del hospital.

- **Lavadora Grandimpianti**

Capacidad 50 lbs

Voltaje: 220 V

Velocidad: 1725 rpm

Potencia del motor: 2.2 kw

Intensidad: 6.68 A

- **Lavadora Girbau**

Capacidad 50lbs

Año de compra: 2002

Voltaje: 220 V

Intensidad: 60 A

Velocidad: 403 rpm

Potencia del motor: 0,41 kw

Potencia de calefacción: 16,09 kw

- **Lavadora Ultraclean**

Capacidad 20 lbs

Voltaje 220 V

Intensidad 8.6 A

Potencia del motor: 1.5 kw

Velocidad 1725 rpm

- **Secadora Barck**

Capacidad 29 lbs

Voltaje: 220 V

Intensidad: 43 A

Velocidad: 1650 rpm

Potencia del motor: 0.4 kw

Potencia de calefacción: 15 kw

- **Plancha industrial Lahoz**

Modelo: LDC

Voltaje: 220 V

Potencia eléctrica: 2.78 kw

Los equipos mencionados anteriormente son los que cuenta el hospital en el área de lavandería, las fotos de las lavadoras, secadoras y planchadora se encuentran en el anexo 11.

f.11. Elaboración del plan de mejoras

En nuestro país la mayoría de edificaciones destinadas a casas de salud, clínicas y hospitales carecen de tecnología actual, es decir que utilizan sistemas y elementos menos eficientes, los mismos que comparativamente requieren mayor consumo de energía que los nuevos elementos.

En el presente estudio se proponen cambios importantes, como los que se detallan a continuación:

- Reemplazo de lámparas más eficientes por las existentes
- Reemplazo del calentamiento eléctrico del agua, existente en la lavadora de marca Girbau por calentamiento a través de un calefón que funcione con GLP
- Concienciar al personal que trabaja en los diferentes servicios para el uso adecuado de energía eléctrica.
- Corregir el bajo factor de potencia

f.11.1. Propuestas de ahorro en el sistema de iluminación

Luego de haber realizado el levantamiento de carga se ha podido observar que el sistema de iluminación ocupa un gran porcentaje de potencia utilizada del hospital, lo que nos conlleva a proponer el reemplazo de:

- Lámparas fluorescentes tubulares de 40 W por las de 32 W

- Lámparas incandescentes de 100 W por fluorescentes compactas de 26 W
- Lámparas de mercurio de 175 W por las de sodio de 100 W

Con el remplazo de estas lámparas se mejoraría la cantidad de lúmenes, esto sin saber si son los necesarios para cada espacio que se está iluminando, quedando pendiente como un nuevo tema de investigación la medición de los lúmenes en dicho hospital.

f.11.1.1. Reemplazo de lámparas fluorescentes tubulares de 40W por las de 32 W

En el hospital existen 210 lámparas fluorescentes tubulares de 40W, se planteará el remplazo con lámparas fluorescentes tubulares de 32W de marca Sylvania las cuales proporcionan una intensidad de 2800 lúmenes con respecto a las actuales de 40W con 2600 lúmenes.

El tipo de luminaria que se propone tiene las siguientes características:

- Tubos fluorescentes ahorradores de energía, tipo T8, de 32 W, de 25 mm de diámetro, tiene una adecuada temperatura del color.
- Balasto electrónico de alto factor de potencia.
- Los beneficios de la luminaria propuesta son:
 1. Adecuada luz en el sitio de trabajo
 2. Ambiente agradable y de mayor estética
 3. Mas productividad y confort
 4. Mayor duración de los componentes
 5. Menor y más fácil mantenimiento
 6. Operación más silenciosa
 7. Encendido rápido y eficaz
- Vida útil de 20.000 horas para tubos fluorescentes de 32 W.

En la tabla 21 se indica el consumo y pago mensual de energía por estas lámparas.

Cabe recalcar que estas lámparas están repartidas por casi todo el hospital y están encendidas en un promedio de 4 horas diarias donde el costo de energía es de 0,055 USD/kwh.

Consumo actual

Tabla 21. Costos por consumo de energía en lámparas tubulares de 40W.

Potencia	N Lámparas	Total kw	Tiempo (h)	USD/kwh	kwh/día	kwh/mes	Pago USD/mes
40W	210	8,4	4	0,055	33,6	1008	55,44

Fuente: Autor

La lámpara que se propone instalar en lugar de las actuales tiene un 7,1% de mayor intensidad luminosa además tiene un costo unitario de 1.25 USD, a continuación en la tabla 22 se presentara un resumen del ahorro en USD y el periodo de recuperación para verificar si es factible o no realizar este cambio.

Situación propuesta

Tabla 22. Costos por consumo de energía en lámparas tubulares de 32W.

Potencia	N Lámparas	Total kw	Tiempo (h)	USD/kwh	kwh/día	kwh/mes	Pago USD/mes
32W	210	6,68	4	0,055	26,75	802,5	44,14

Fuente: Autor

En la tabla 23 muestra cuan factible es realizar esta alternativa de ahorro de energía, la cual ayuda en forma muy considerable al hospital.

Ahorro por cambio de lámpara

Tabla 23. Ahorro anual por cambio de lámparas.

Potencia	Pago USD/mes	Ahorro mes (kwh)	Ahorro mes (USD)	Ahorro año (USD)	Inversión (USD)	Periodo simple de retorno (años)
32W	44,14	205,5	11,3	135,6	261,25	1,9

Fuente: Autor

Como se puede observar al cambiar las lámparas de 40W por las de 32W se obtendría un ahorro anual de 135,6 USD al año, con un período de retorno de 1,9 años, por lo que este periodo es muy accesible y este remplazo resulta muy beneficioso para el hospital.

f.11.1.2. Reemplazo de lámparas incandescentes de 100W por Fluorescentes compactas de 26 W.

Para 6 focos incandescentes de 100W registrados en el hospital se propone el remplazo por lámparas fluorescentes compactas de 26W las cuales proporcionan una intensidad de 1600 lúmenes frente a las actuales de 100W que cuenta con 1300 lúmenes, produciendo un 8,1% de intensidad luminosa mayor. Dichos focos se encuentran en su mayoría en los baños los cuales se encuentran encendidos en un promedio de 2 horas por día. Por medio de la tabla 24 se puede apreciar el consumo de energía.

Consumo actual

Tabla 24. Costos por consumo de energía en lámparas incandescentes de 100W.

Potencia	N Lámparas	Total kw	Tiempo (h)	USD/kwh	kwh/día	kwh/mes	Pago USD/mes
100W	6	0,6	2	0,055	1,2	36	1,98

Fuente: Autor

Las nuevas lámparas fluorescentes a instalarse tienen un costo unitario de 2,60 USD. En las siguientes tablas 25 y 26 se presenta un resumen del ahorro en USD y el periodo de recuperación de dicha inversión.

Situación propuesta

Tabla 25. Costos por consumo de energía en lámparas fluorescentes de 26W.

Potencia	N Lámparas	Total kw	Tiempo (h)	USD/kwh	kwh/día	kwh/mes	Pago USD/mes
26W	6	0,156	1,5	0,055	0,23	7,02	0,38

Fuente: Autor

Ahorro por cambio de lámpara

Tabla 26. Ahorro anual por cambio de lámparas.

Potencia	Pago USD/mes	Ahorro mes (kwh)	Ahorro mes (USD)	Ahorro año (USD)	Inversión (USD)	Periodo simple de retorno (años)
26W	0,38	29,98	1,65	19,78	15,60	0,8

Fuente: Autor

Como se puede observar al cambiar los focos de 100W por los de 26W se obtendría un ahorro anual de 19,78 USD al año, con un período de retorno de 0,8 años, este período es recuperable a corto plazo y resultaría beneficioso para el hospital este cambio.

f.11.1.3. Reemplazo de Lámparas de mercurio de 175 W por las de sodio de 100 W

Para 14 lámparas de vapor de mercurio de 160W registradas en el hospital, se plantea el reemplazo por lámparas de vapor de sodio de 100W las cuales proporcionan una intensidad de 8850 lúmenes frente a las actuales de 160W que cuenta con 7300 lúmenes, produciendo un 8,2% de intensidad luminosa mayor.

Dichas lámparas se encuentran instaladas en la parte posterior del hospital para dar iluminación por las noches pero no todas pasan prendidas durante la noche es por eso que se ha sacado un promedio de encendido de 6 horas diarias.

Por medio de la tabla 27 se puede apreciar el consumo de energía, así como el pago mensual de las lámparas existentes.

Consumo actual

Tabla 27. Costos por consumo de energía en lámparas de mercurio de 175W.

Potencia	N Lámparas	Total kw	Tiempo (h)	USD/kwh	kwh/día	kwh/mes	Pago USD/mes
175W	14	2,45	6	0,055	14,7	441	24,25

Fuente: Autor

Las nuevas lámparas a instalarse de 100W tienen un valor unitario de 20 USD. En la tabla 28 se presenta un resumen del ahorro en USD por las nuevas lámparas a remplazar.

Situación propuesta

Tabla 28. Costos por consumo de energía en lámparas de sodio de 100W.

Potencia	N Lámparas	Total kw	Tiempo (h)	USD/kwh	kwh/día	kwh/mes	Pago USD/mes
100W	14	1,4	6	0,055	8,4	252	13,86

Fuente: Autor

A continuación en la tabla 29 se muestra el estudio de cuan factible es realizar esta alternativa de ahorro de energía.

Ahorro por cambio de lámpara

Tabla 29. Ahorro anual por cambio de lámparas.

Potencia	Pago USD/mes	Ahorro mes (kwh)	Ahorro mes (USD)	Ahorro año (USD)	Inversión (USD)	Periodo simple de retorno (años)
100W	13,86	189	10,40	124,70	280	2,2

Fuente: Autor

Al aplicar esta alternativa de ahorro de energía nos muestra que el remplazo de las lámparas de 100W por las de 175W nos da como ahorro anual 124,70 USD, con un periodo de retorno de la inversión de 2,2 años, por lo que este periodo es muy accesible y este remplazo resulta de mucho beneficio.

En resumen al hacer estos cambios en el sistema de iluminación se obtendría un ahorro energético de 5 093 kwh por año y un ahorro económico de 280 USD por año.

f.11.2. Propuesta de ahorro en el área de lavandería

Se podría obtener un ahorro económico remplazando el calentamiento eléctrico del agua en la lavadora Girbau por calentamiento a través de un calefón que funcione con GLP, a continuación se expondrá los cálculos de factibilidad.

f.11.2.1. Energía eléctrica consumida por la lavadora Girbau

- Potencia de la lavadora marca Girbau: 16.5 kw, la misma que se divide en 0.41 kw del motor y 16.09 kw de calefaccion.
- Tiempo promedio de lavado: 55 minutos
- Cantidad promedio de veces de lavado por día: 2 veces por día de lunes a viernes.

$E = \text{potencia motor lavadora} \times \text{tiempo}$

$E = 0.41 \text{ kw} \times 25 \text{ minutos}$

$E = 0.170 \text{ kwh por lavada}$

$E = \text{Potencia calefacción lavadora} \times \text{tiempo}$

$E = 16.09 \text{ kw} \times 20 \text{ minutos}$

$E = 5.36 \text{ kwh por lavada}$

f.11.2.2. Energía total consumida por la lavadora Girbau

$\text{Energía total por lavada} = 5.36\text{kwh} + 0.170\text{kwh}$

$\text{Energía total por lavada} = 5.53 \text{ kwh}$

$\text{Energía total mensual} = 221.2 \text{ kwh}$

$\text{Energía total anual} = 2\ 654.4 \text{ kwh}$

Costo de la energía anual: \$ **145.1**

f.11.2.3. Sistema a Glp que se propone implementar

Para calcular el consumo del sistema que funcione a base de GLP que se propone implementar se debe conocer la cantidad de energía contenida en un cilindro y se hace de la siguiente manera:

Peso del cilindro lleno: 63 libras

Peso del cilindro vacío: 33 libras

Diferencia de peso: 30 libras

El peso del cilindro de gas que se consume es 30 libras lo que vendría a ser 13.636 Kg

El gas licuado que comercializa Lojagas es una mezcla de 67% de propano y 33% de butano, una vez que se encuentra el Glp en el cilindro, el 85% se encuentra en estado líquido y el 15% en estado gaseoso.

A través de información dada por la compañía Lojagas se conoció que el poder calorífico inferior (PCI) del GLP que comercializan es de 11 027.2 Kcal/Kg

f.11.2.4. Energía consumida en un cilindro de gas

Energía en un cilindro = 11 027.2 Kcal/Kg × 13.636 Kg

Energía en un cilindro = 150 366.9 Kcal × 4.185 KJ/Kcal

Energía en un cilindro = 629.36 MJ

Equivalencia energética 1kwh = 3.6 MJ

A continuación se calculará la energía necesaria para calentar el agua de la lavadora Girbau sabiendo que el sistema de calefacción de la lavadora Girbau tiene una potencia de 16.09 KW por 20 minutos aproximadamente que es el tiempo de llenado del tambor tenemos:

$E = 16.09 \text{ kw} \times 20 \text{ minutos}$

$E = 5.36 \text{ kwh}$

E = 19.3 MJ por lavada

E = 772 MJ al mes

f.11.2.5. Cantidad promedio de cilindros que se consumirían mensualmente en la lavadora.

Para calcular la cantidad promedio de cilindros, se hará a partir del valor de la energía eléctrica utilizada actualmente en joule con lo que se obtendrá el número aproximado.

$$\text{Numero de cilindros} = \frac{\text{Energía utilizada mensualmente para calentamiento}}{\text{Energía contenida en un cilindro}}$$

$$\text{Numero de cilindros} = \frac{772 \text{ MJ}}{629.36 \text{ MJ}}$$

$$\text{Numero de cilindros} = 1.22$$

Para el calentamiento de agua en la lavadora se consumiría aproximadamente 1.22 cilindros por mes, lo que daría como resultado que se consumiría aproximadamente 15 cilindros de GLP al año. El costo de los 15 cilindros sería de \$ 27 puesto que en el hospital los cilindros de GLP de uso doméstico son entregados a un valor de \$ 1.80

f.11.2.6. Ahorro económico que se obtendría al remplazar el sistema eléctrico de la calefacción de la lavadora.

Sabemos que la energía que consume al mes el sistema de calefacción de la lavadora es de 772 MJ lo que vendría a ser 9 264 MJ al año, transformando nos daría 2 573kwh al año, esto multiplicado por \$0.055 que es la tarifa eléctrica vigente para hospitales nos da un valor de \$141.5, restando el costo de los 15 cilindros que se ocuparía al año nos da un ahorro anual de \$ 114.5.

f.11.2.7. Costo de la implementación para el calentamiento de agua con Glp

Sabiendo que la potencia necesaria es de 16.09 kw se pudo seleccionar el tipo de calefón a utilizarse, el mismo que sería de marca Bosch modelo GWH10¹¹ con una

¹¹ Catálogo de calefones Bosch (<http://www.boschecuador.com/portal/html/gallery/Tecnova/Manual-Calefones-Bosch-Compact-2-27-9kw-automodulante-de-tiro-natural.pdf>)

potencia más próxima a la necesaria de 17.4 kw, el cual tiene un costo aproximado de \$ 290, incluyendo costo de instalación y accesorios.

f.11.2.8. Tiempo de retorno de la inversión en la lavadora

$$T = \frac{\text{Costo total del equipo a Glp}}{\text{Ahorro anual que se obtendrá}}$$

$$T = \frac{\$290}{\$114.5}$$

$$T = 2.5$$

La inversión se retorna en aproximadamente 2 años lo cual indica lo accesible hacer este cambio. Vale recalcar que de realizarse esta propuesta de ahorro se la haría únicamente utilizando un sistema de gas centralizado, esto es por seguridad.

f.11.3. Oportunidades de ahorro basado en el cambio de comportamiento de los usuarios.

Muchos pacientes y también el personal que elabora en el hospital tienen la costumbre de a menudo encender las lámparas sin apagarlas al abandonar el lugar, permaneciendo estas encendidas por largos periodos de tiempo. De igual manera suelen dejar artefactos o instrumentos médicos encendidos sin utilizarlos.

Una forma de concienciar a las personas sobre lo que se refiere a eficiencia energética, es a través de una campaña con la que se pueda lograr disminuir el consumo innecesario de energía eléctrica a través de las buenas prácticas de eficiencia energética, por parte de las personas que utilizan las instalaciones del hospital a continuación se exponen algunas recomendaciones para la reducción del consumo de energía eléctrica de iluminación a través de la concienciación de los usuarios:

- Realizar charlas para dar a conocer al personal que elabora en el hospital, como evitar las pérdidas energéticas y económicas que resultan del uso ineficiente de la energía eléctrica.
- Cuando se tiene áreas con horarios fijos bien establecidos se deba reducir al máximo las horas de uso de iluminación artificial.

- Apagar las luces que no son necesarias cuando se abandona el lugar de trabajo.
- Abrir persianas y mover objetos que estén obstruyendo la entrada de la luz natural y así utilizar lo menor posible la iluminación artificial en el hospital.
- Aprovechar la independencia y sectorización de los circuitos de iluminación, esto ayudará a iluminar solo en los lugares donde se necesita.

f.11.4. Ahorro económico total

En la tabla 30 se resume la inversión, ahorro y tiempo de recuperación total al proponer el plan de mejoras.

Tabla 30. Ahorro económico total.

AHORRO ECONÓMICO TOTAL			
Plan de mejoras	Propuesta	Inversión (USD)	Ahorro año (USD)
Sistema de iluminación	Reemplazo de 110 lámparas de 40 W por otras más eficientes de 32 W	261.25	135.6
	Reemplazo de 6 lámparas incandescentes de 100 W por lámparas de fluorescentes de 26 W	15.60	19.78
	reemplazo de 14 lámparas de mercurio de 175 W por lámparas de sodio de 100 W	280	124.70
Lavadora de marca Girbau	Reemplazo del calentamiento eléctrico por calentamiento a través de Glp utilizando un calefón	290	114.5
TOTAL		846.85	394.58
Tiempo de recuperación		2.1 años	

Fuente: Autor

f.11.5. Ahorro energético total

En la tabla 31 se muestran la cantidad de energía que se ahorraría con el plan de mejoras.

Tabla 31. Ahorro energético total.

AHORRO ENERGÉTICO TOTAL			
Situación actual			TOTAL
Electricidad (MJ/Año)	Diésel (MJ/Año)	GLP (MJ/Año)	(MJ/Año)
180 273.6	10 553.3	48 744	239 571
Situación propuesta			
152 674.8	10 553.3	58 125	221 353
Ahorro de energía que se obtendría			18 218
Porcentaje que se ahorraría			7.6%

Fuente: Autor

f.12. Corrección del factor de potencia

Mediante las mediciones realizadas con el analizador de redes se dio a conocer que todos los registros de factor de potencia están por debajo del límite establecido por la REGULACION No. CONELEC – 004/01 que es de 0,92, por esta razón es necesario corregir este problema mediante bancos de condensadores. El factor de potencia promedio es de 0.88 y es necesario corregirlo a 0.92 para cumplir con la regulación.

f.12.1. Cálculo de un banco de condensadores.

Para este cálculo se utilizó las ecuaciones 8, 9, 10 y 11.

$$Q_C = P[\text{tg}(\cos^{-1}fp_1) - \text{tg}(\cos^{-1}fp_2)]$$

Datos:

$$P_{\max} = 33.12 \text{ kw}$$

$$Fp_1 = 0.88$$

$$Fp_2 = 0.92$$

Con estos datos calcularemos el valor del banco de condensadores:

$$\varphi_1 = \cos^{-1}(fp_1)$$

$$\varphi_1 = \cos^{-1}(0.88)$$

$$\varphi_1 = 28.35^\circ$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(fp_2)$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(0.92)$$

$$\varphi_2 = 23^\circ$$

Con estos valores obtenemos las potencias reactivas.

$$Q_1 = P \times \tan(\varphi_1)$$

$$Q_1 = 33.12 \times \tan(28.35^\circ)$$

$$Q_1 = 17.87 \text{ kVAR}$$

$$Q_2 = P \times \tan(\varphi_2)$$

$$Q_2 = 33.12 \times \tan(23^\circ)$$

$$Q_2 = 14.06 \text{ kVAR}$$

El valor del banco de condensadores está dada por:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = (17.87 - 14.06) \text{ kVAR}$$

$$Q_c = 3.8 \text{ kVAR}$$

Como se puede observar se necesita en el tablero principal de un banco de condensadores de 3.8 kVAR.

f.12.2 Ahorro por corrección de factor de potencia

El principal ahorro que se va a calcular es evitar pagar la penalización por mantener un bajo factor de potencia que aún no se ha penalizado, para esto existe una fórmula¹² en particular que se la representa a continuación.

¹² Tesis, Análisis técnico económico de la fábrica "textil San Pedro" de Quito, capítulo V
(dspace.epn.edu.ec/.../3/T%2011096%20CAPITULO%205%20pdf.pdf)

$$P = \left(\frac{fp_1}{fp_2} - 1 \right) \times (USD \text{ consumo} + USD \text{ demanda} + USD \text{ comercializacion})$$

Dónde:

P = Penalización en USD por bajo factor de potencia

fp1 = factor de potencia límite 0,92

fp2 = factor de potencia promedio de la fábrica

USD consumo = Dólares que se cobra por consumo de energía mensual

USD demanda = Dólares que se cobra por consumo de demanda mensual en kw

USD comercialización = constante 1,41 USD

$$P = \left(\frac{0.92}{0.88} - 1 \right) \times (364 + 75.8 + 1.41)$$

$$P = (0.04545) \times (441.21)$$

$$P = \$ 20.05$$

El ahorro por evitar el bajo factor de potencia sería de \$ 240.6 al año, esto en caso que se llegase a penalizar por mantener este factor de potencia que es de 0.88.

En este caso como no existe una penalización por parte de la empresa eléctrica si se mejorara el factor de potencia a 0.92 solamente existiría un ahorro en la potencia consumida, puesto que al mejorar el factor de potencia se reduciría la intensidad. A continuación el cálculo de cuanta potencia se ahorraría.

Primero procedemos a calcular la corriente de fase con el factor de potencia inicial y con el factor de potencia al cual se quiere llegar.

$$I_1 = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \times V_l \times FP_1}$$

$$I_1 = \frac{33129W}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.88}$$

$$I_1 = 98.8 \text{ A}$$

Corriente sin corregir = $98.8/3 = 33A$

Este valor se encuentra repartido para las tres fases del sistema de distribución.

$$I_2 = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \times V_l \times FP_1}$$

$$I_2 = \frac{33129W}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.92}$$

$$I_2 = 94.5 A$$

Corriente corregida = $94.5/3 = 31.5A$

Luego se procede a calcular la resistencia eléctrica en los conductores, en este caso el transformador se encuentra a una distancia de 15 m del tablero principal de distribución y el tipo de cable que se utiliza es 2 AWG que tiene una resistencia eléctrica de 0.5126 ohmios/km

$$R_t = R_{\text{cable}} \times L_{\text{cable}}$$

$$R_t = 0.5126\Omega/\text{km} \times 0.015\text{km}$$

$$R_t = 7.69 \times 10^{-3} \Omega$$

Procedemos a determinar las pérdidas térmicas al pasar por un FP inicial ($\text{Cos } \varphi_1$) a un valor final ($\text{Cos } \varphi_2$).

$$P_1 = 3R_t \times I_1^2$$

$$P_1 = 3(7.69 \times 10^{-3}\Omega) \times 98.8^2 A$$

$$P_1 = 225.2 W$$

$$P_2 = 3R_t \times I_2^2$$

$$P_2 = 3(7.69 \times 10^{-3}\Omega) \times 94.5^2 A$$

$$P_2 = 206 W$$

$$\Delta P = 225.2 - 206 = 19.2 W$$

Calculo de la energía anual ahorrada

$$\Delta E = \frac{\Delta P \times \text{horas/mes} \times 12 \text{ meses}}{1000}$$

$$\Delta E = \frac{19.2W \times 720 \text{ horas/mes} \times 12 \text{ meses}}{1000}$$

$$\Delta E = 165.8 \text{ kwh}$$

Multiplicado por la tarifa eléctrica vigente para hospitales que es de \$ 0.055 nos da un ahorro de \$ 9.12 al año.

f.12.3. Inversión por corrección de factor de potencia

El banco de condensadores sería un banco variable trifásico de 5 kVAR, 13 A, 60 Hz y 220 V, su precio estaría en aproximadamente \$ 3000.

f.11.4.4. Tiempo de retorno de la inversión del banco de condensadores

$$T = \frac{\text{Costo total del equipo}}{\text{Ahorro anual que se obtendrá}}$$

$$T = \frac{\$3000}{\$9.12}$$

$$T = 329$$

La inversión se retorna en aproximadamente 329 años lo cual indica que no es accesible realizar este cambio.

g.- DISCUSIÓN

A través de los resultados obtenidos se busca reducir el consumo energético y obtener un ahorro económico en el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba sin dejar de brindar los servicios y comodidades a los pacientes y al personal que labora.

Luego de conocer los portadores energéticos que utiliza el hospital, siendo el principal portador la energía eléctrica que fue donde se centró el estudio de esta auditoría, se evaluó la calidad de energía a través del monitoreo con el analizador de redes Fluke 1744 durante 7 días continuos con intervalos de 1 minuto cumpliendo con los parámetros de la regulación del CONELEC 004/01.

De los datos obtenidos con el analizador se conoció que los aspectos de calidad de energía en su mayoría se encuentran dentro de los límites establecidos por el CONELEC excepto el factor de potencia que se encuentra en 0,88 por debajo del límite establecido por el CONELEC que es de 0,92.

A través del inventario de carga se pudo identificar algunas oportunidades de ahorro principalmente en el sistema de iluminación donde se ha planteado el cambio de tres tipos de lámparas, en el área de lavandería también se ha identificado la posibilidad de cambiar la calefacción eléctrica de agua con que cuenta la lavadora de marca Girbau por calefacción a través de un calefón utilizando GLP. La propuesta de corrección del factor de potencia también aparte de garantizar el buen funcionamiento de los aparatos eléctricos también vendría a significar un ahorro económico para el hospital puesto que se consumiría menos kVA.

h.- CONCLUSIONES

- Por medio de las facturas de consumo se conoció cuáles son los portadores energéticos utilizados en el hospital, siendo la electricidad el principal portador con mayor consumo, puesto que el GLP es utilizado solamente para la cocción de alimentos y el diésel únicamente para el generador de emergencia.
- De acuerdo al inventario de carga, el sistema de iluminación es el principal consumidor de energía eléctrica en el hospital siendo las lámparas fluorescentes tubulares con mayor consumo con el 65%, seguida de las lámparas de vapor de mercurio con el 26%, y por último las lámparas fluorescentes compactas e incandescentes con el 7% y 8% respectivamente razón por la cual se ha propuesto el cambio por lámparas más eficientes.
- Con el inventario de carga se pudo conocer que el área de lavandería es donde se encuentra la mayor potencia instalada con respecto a las otras áreas del hospital con el 44%, aquí se encontró la posibilidad de remplazo del sistema de calefacción eléctrico de agua de la lavadora Girbau por calefacción utilizando GLP por medio de un calefón.
- El consumo de energía eléctrica del hospital tiene un promedio de 231.8 kwh/cama/mes, el cual se encuentra dentro del rango establecido que esta entre 150-300 kwh/cama/mes en sectores rurales.
- Al haber realizado el estudio de calidad del producto con la ayuda del analizador de redes Fluke 1744, se determinó que estas mediciones en su mayoría cumplen con la regulación del CONELEC – 004/01, excepto la existencia de un bajo factor de potencia que es de 0.88.
- Con el plan de mejoras que se propone implementar se obtendría un ahorro económico de \$ 394.58 anual y un ahorro energético de 18 218 MJ al año.
- No existen planos ni diagramas de las instalaciones eléctricas del hospital que facilite principalmente al personal de mantenimiento como guía para la realización de algún trabajo o estudio.

i.- RECOMENDACIONES

- Concienciar a todo el personal que trabaja en el hospital para que haga uso racional de la energía eléctrica mediante charlas de ahorro energético.
- Crear un registro detallado del consumo de los portadores energéticos para poder ir evaluando periódicamente como es el comportamiento de los consumos futuros y tener la posibilidad de poder identificar cuando estos consumos sean excesivos y buscar si existe un problema que lo esté originando.
- Desconectar los circuitos que alimentan a máquinas y equipos que no estén siendo utilizados o se han descompuesto, ya que esto produce consumos de energía bajos pero constantes, lo que representa un gasto económicos al hospital.
- Realizar la medición de lúmenes en todos los espacios del hospital que se está iluminando para conocer si son los necesarios.
- Seleccionar modelos de alta eficiencia al momento de realizar la compra de equipos eléctricos, los cuales estén bien dimensionados para tener un bajo consumo de energía y cuya capacidad sea según el uso que se le vaya a dar.
- Realizar cada año un análisis energético en el hospital, pues a medida que pasa el tiempo el hospital puede aumentar la carga instalada.
- Realizar un levantamiento de los planos eléctricos completos del hospital incluyendo el diagrama unifilar, para tener como guía que sirva al personal de mantenimiento y facilitar los estudios eléctricos que se puedan realizar.

j.- BIBLIOGRAFÍA

Libros

- ALVARADO, José y ROMERO, Edgar. 2009. *Energías Renovables*. Bogotá : CEAC, 2009.
- CARRIÓN, Carlos. 2008. *Máquinas eléctricas*. México : Mc Graw-Hill, 2008.
- Energia, Asociacion para la investigacion 2003. *Manual de auditorias energéticas*. Madrid : España.221p., 2003.
- *FLUKE PQ Log PC Software. manual de uso*.
- Hurtado Pérez, Felipe. 2008. *Eficiencia energética en el Ecuador*. Quito : PUCE / 2008.
- Martínez, María Trullenque. 2009. *Eficiencia Energética en Centros Hospitalarios*. Madrid : Conferencias Y Formacion, 2009.
- RAMÍREZ, Patricio. 2012. *Transferencia de Calor*. Loja : UNL, 2012.
- Sanches, Aníbal. 2008. *Manual de Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Quito, Ecuador : s.n., 2008.

Tesis

- Romero, Cristhian Wilfrido Aguilar. 2012. *Auditoría energética en el hospital Julius DOEPFNER de la ciudad de Zamora*. Loja : s.n., 2012.
- *SARMIENTO, Freddy; SANCHES, Víctor. 2009, Análisis de la Calidad de Energía Eléctrica y Estudio de Carga de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca (Tesis Ing. Eléctrico) Cuenca Ecuador, Facultad de Ciencias Eléctricas.*

Páginas Web

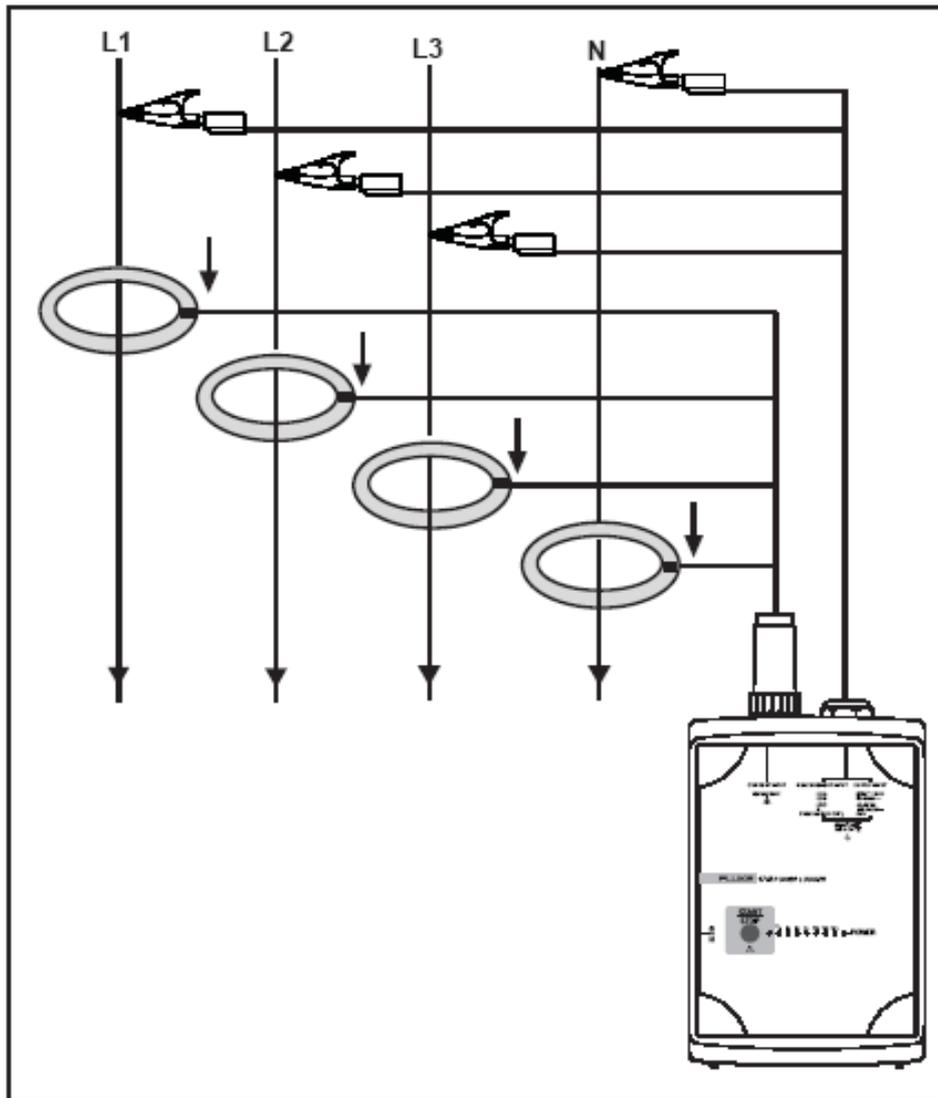
- Catalogo de calefones Bosch. [Citado el: 10 de Junio de 2013.] <http://www.boschecuador.com/portal/html/gallery/Tecnova/Manual-Calefones-Bosch-Compact-2-27-9kw-automodulante-de-tiro-natural.pdf>.
- http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/2392/1/images/folleto-1_FP_INELAP.pdf.
- <http://www.conelec.com.ec>. [Citado el: 14 de Noviembre de 2012.]
- Llumquinga Loya, Fredy S. 14 de Junio de 2011. [Citado el: 20 de Febrero de 2013.] <http://www.dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1888>.
- Escobar, Guillermo. 2003. manual de auditorias energeticas. Abril de 2003. [Citado el: 10 de Noviembre de 2012.] <http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/resource/Manual%20de%20auditor%C3%ADas%20energ%C3%A9ticas.pdf>.
- COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA. [En línea] http://www.legrand.cl/sitio/archivos/guia_catalogo_tecnico.pdf.

k. ANEXOS

ANEXO 1

CONEXIÓN DEL EQUIPO FLUCKER A LA RED ELÉCTRICA

Conexión para registro de un sistema trifásico de 4 hilos (en estrella)



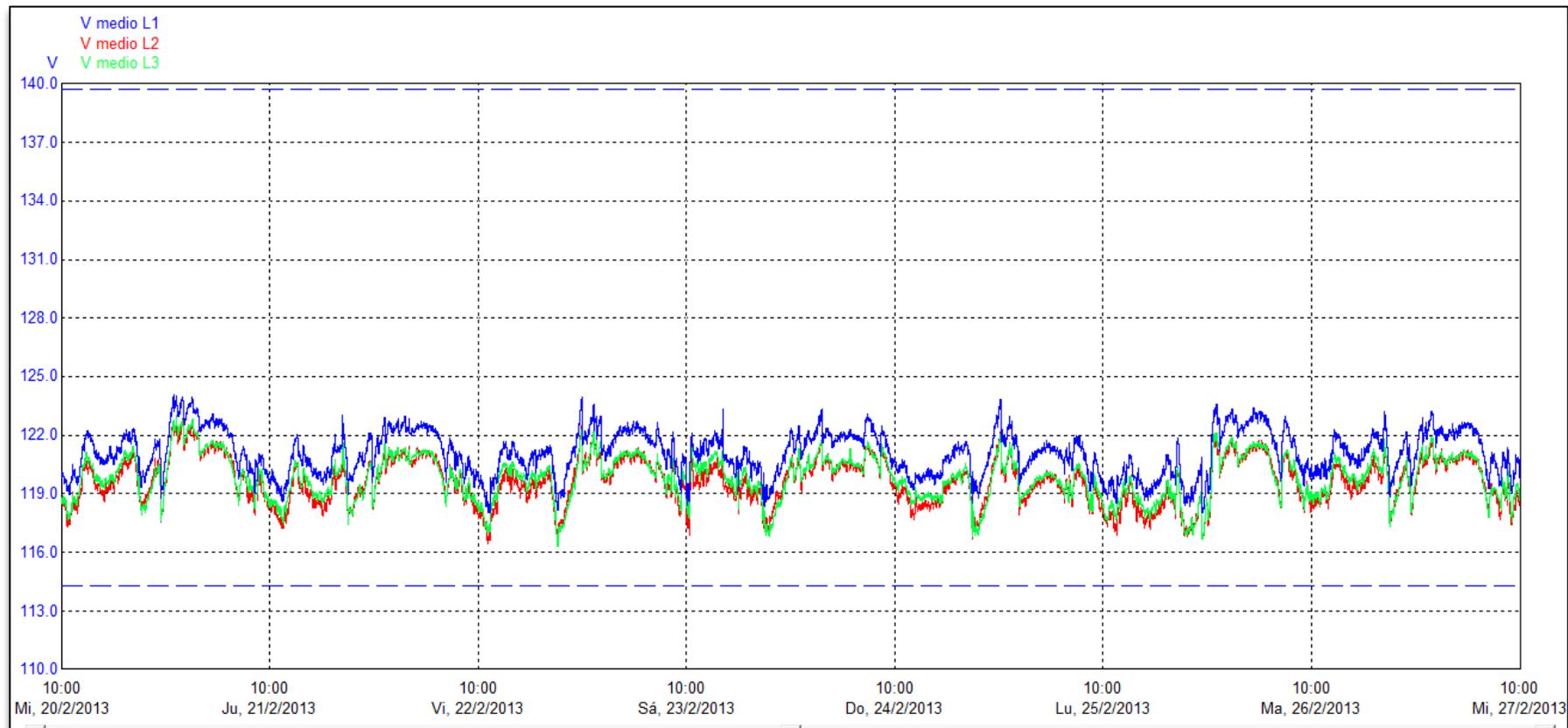
ANEXO 2

Conexión del analizador de redes en el tablero general de distribución



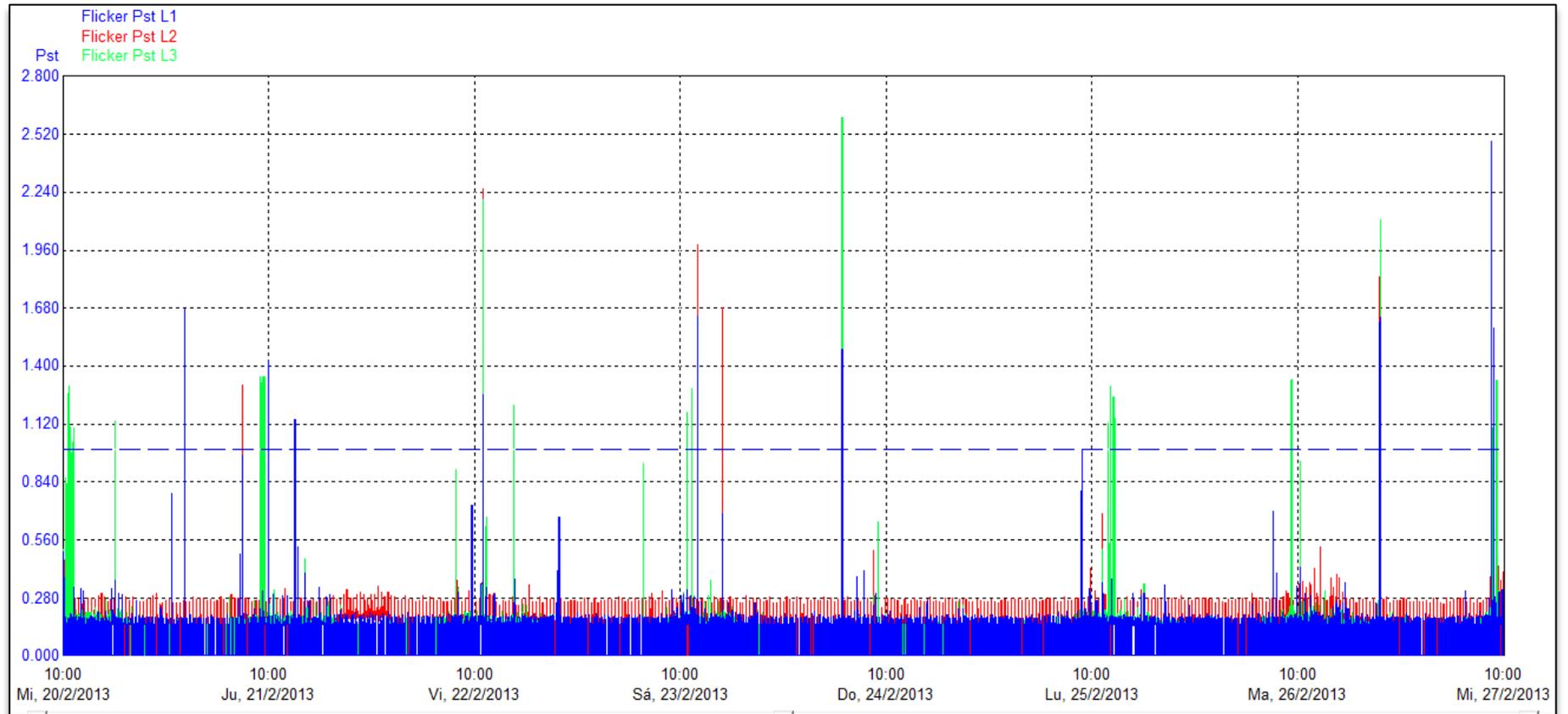
ANEXO 3

Gráfico de los valores de tensión obtenido del tablero general de distribución



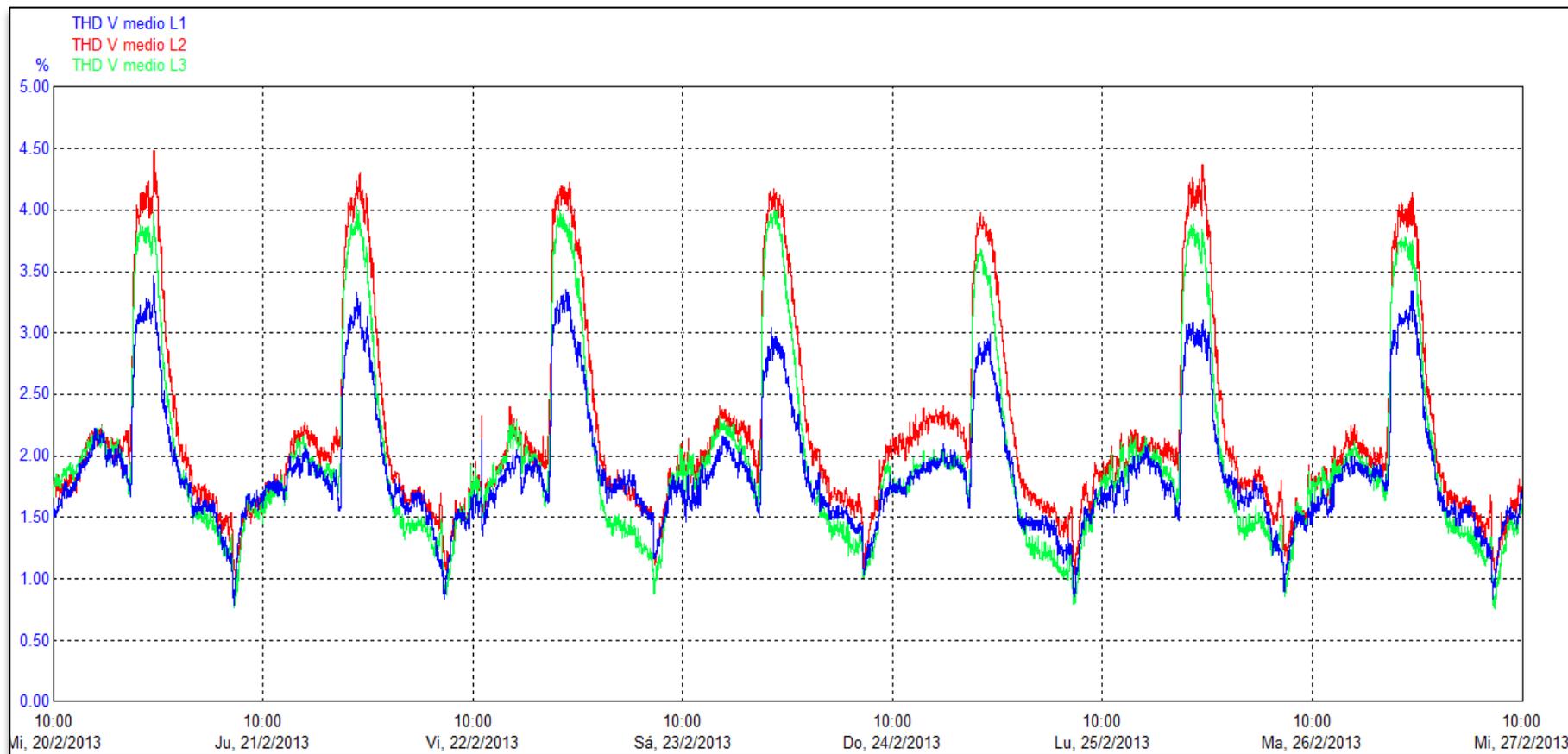
ANEXO 4

Gráfico de los valores de flicker Pst



ANEXO 5

Grafico de los valores de voltaje THDV



ANEXO 6

Gráficos del factor de potencia del transformador

Gráfico de los valores del factor de potencia de la fase 1

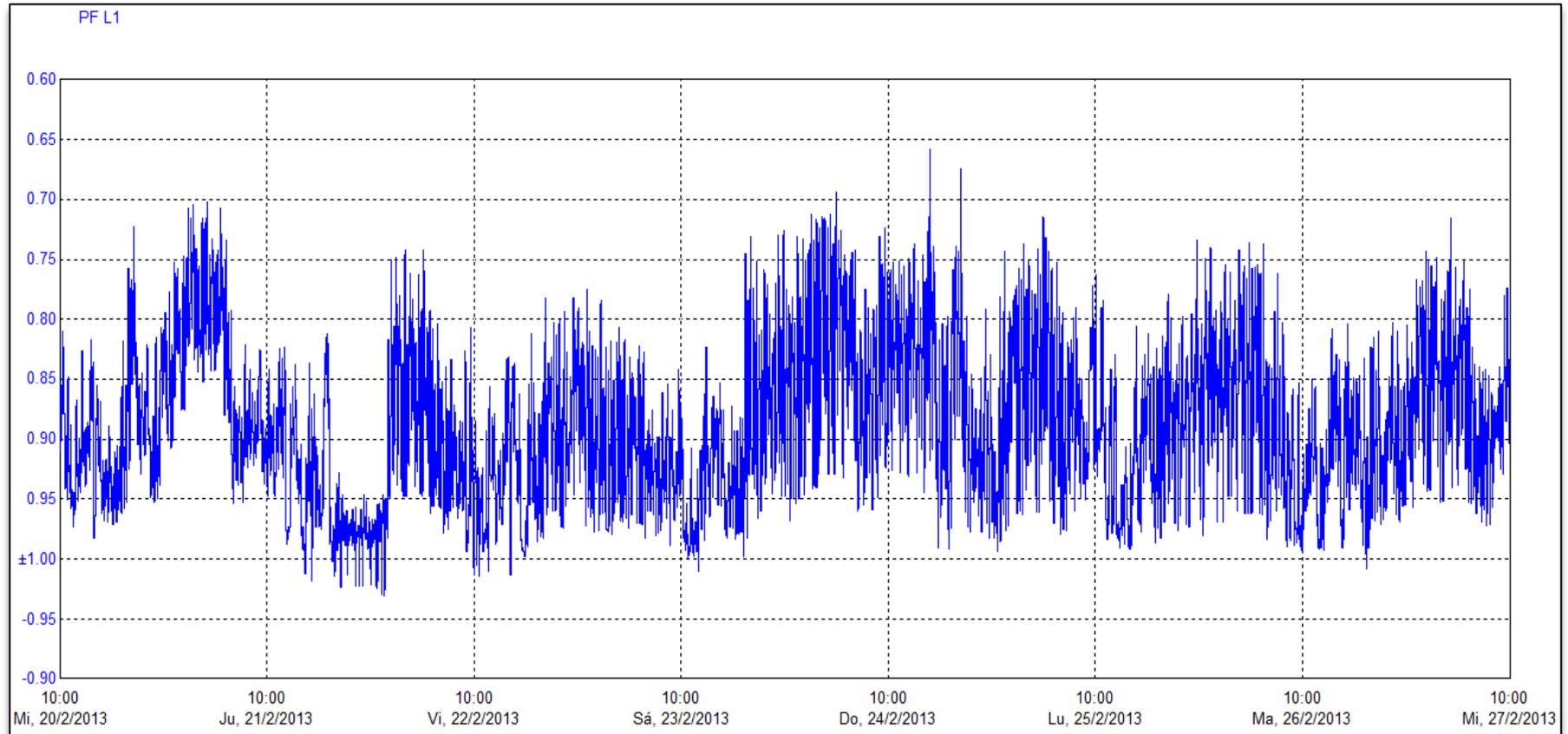


Gráfico de los valores del factor de potencia de la fase 2

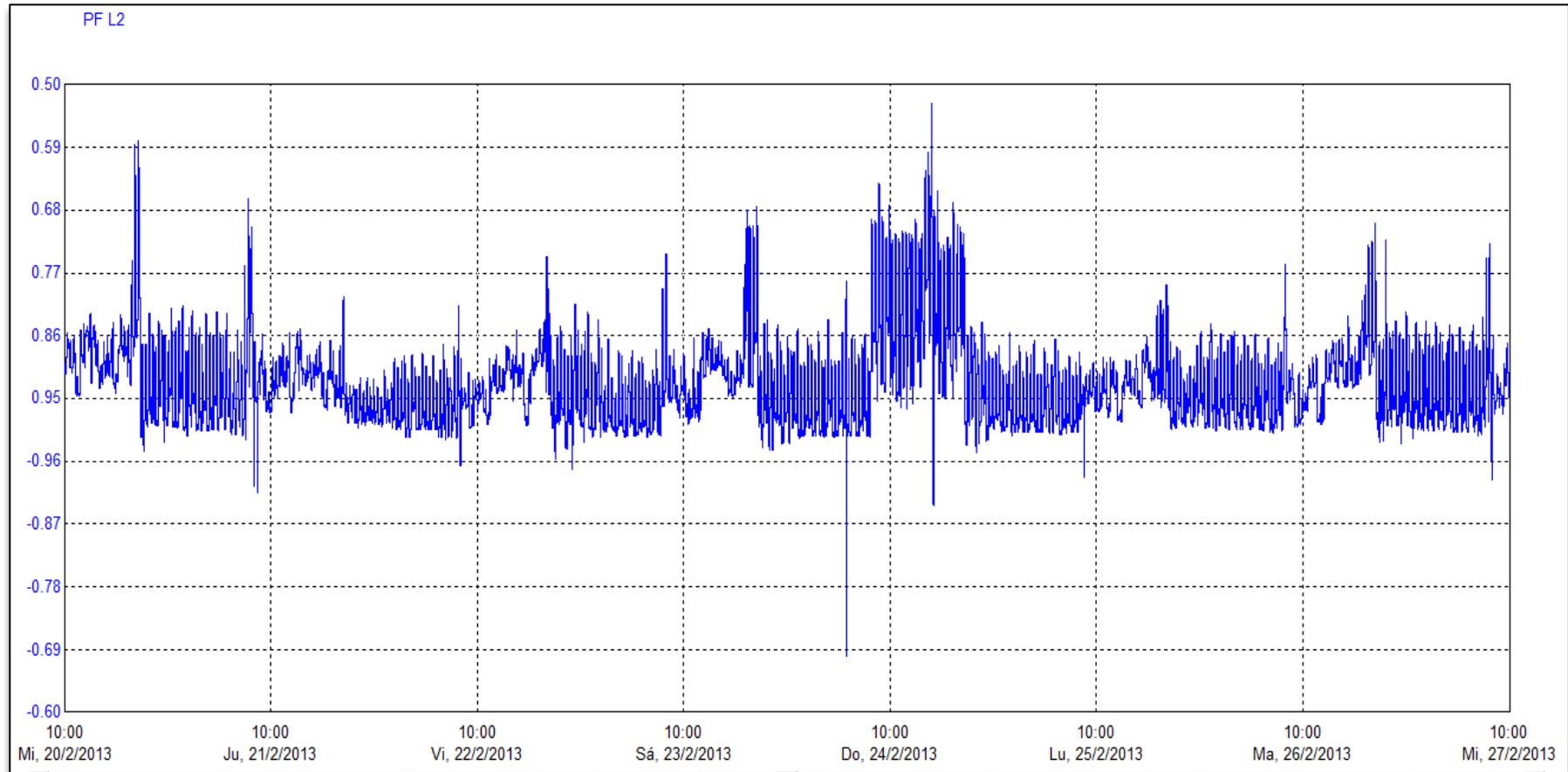
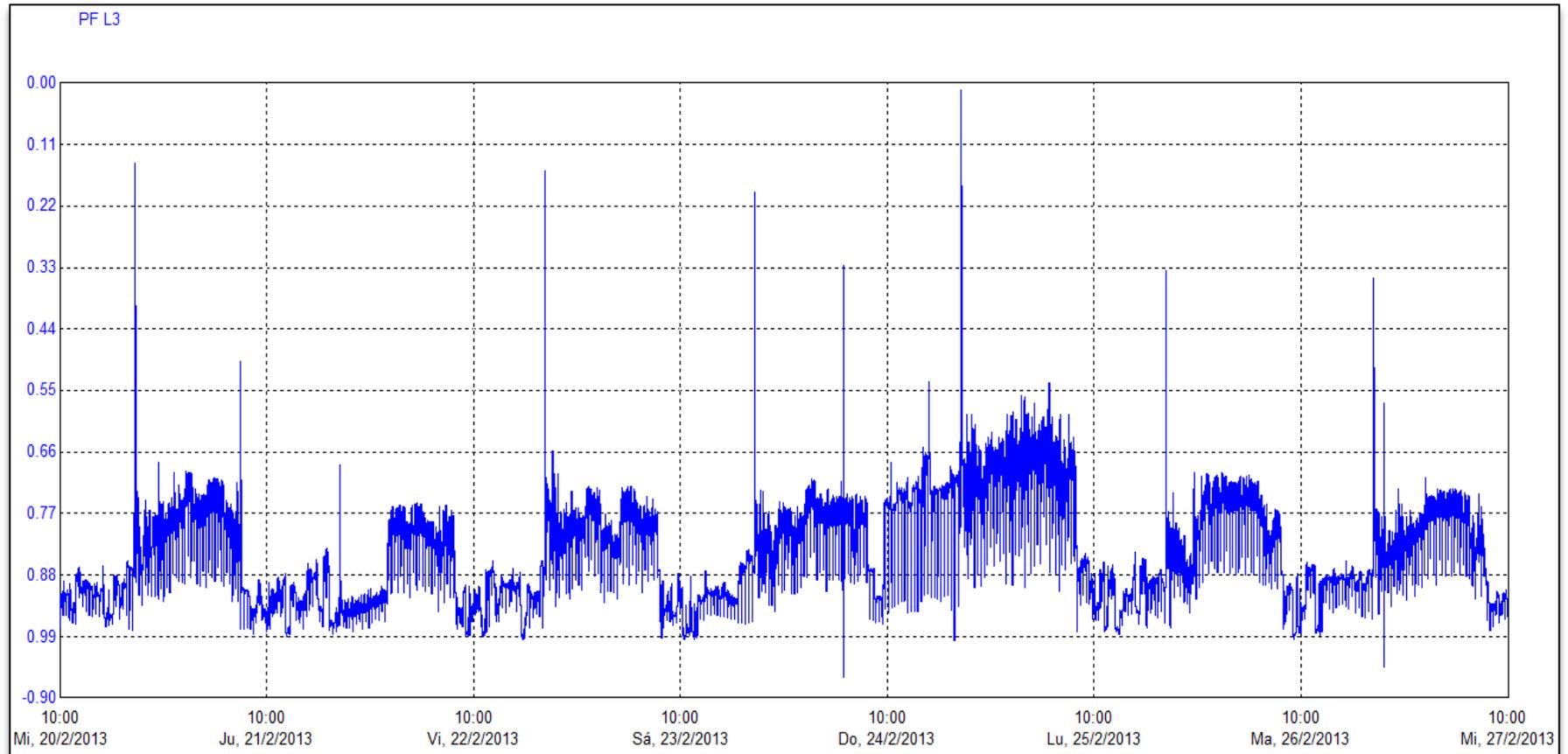
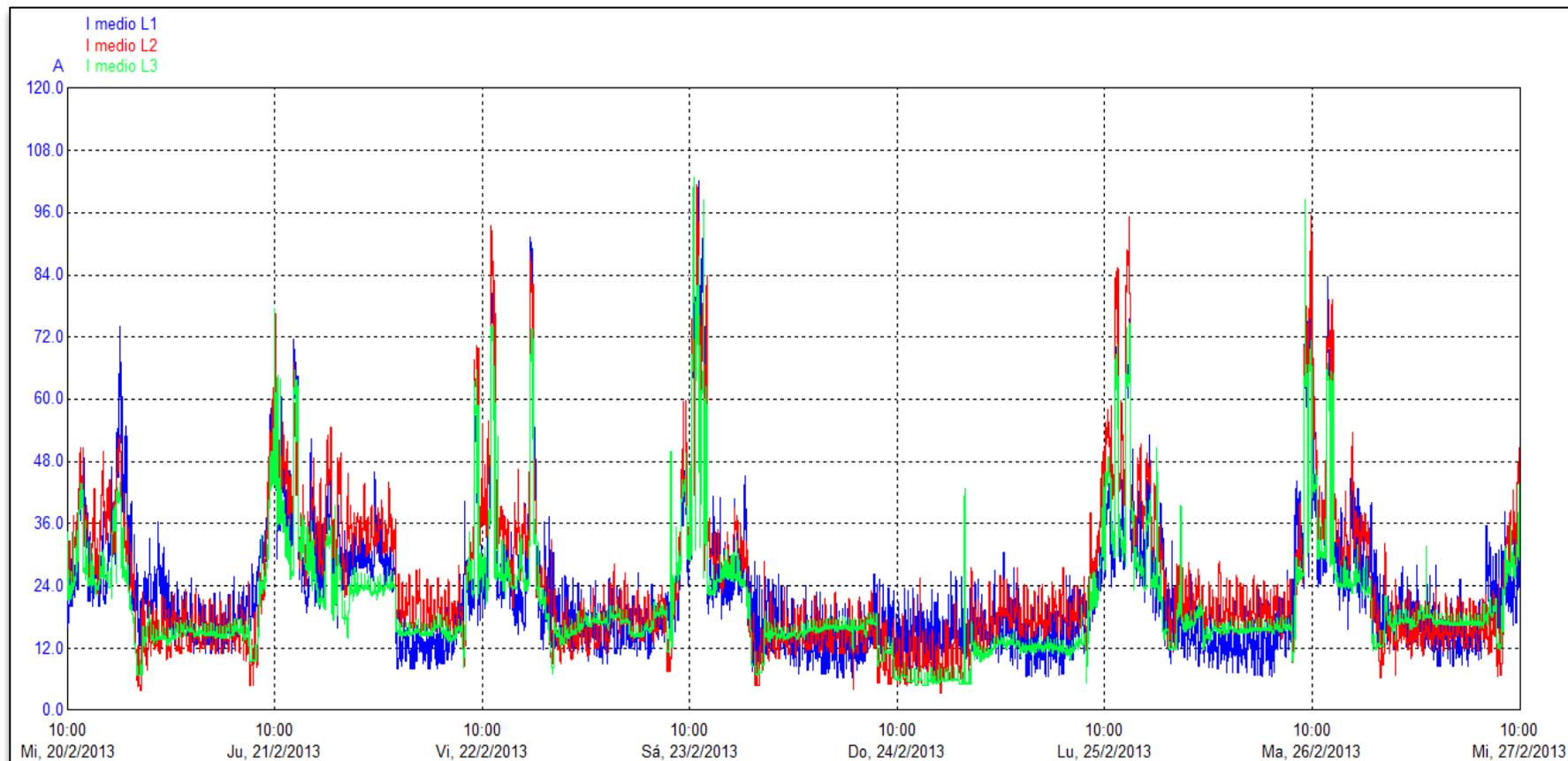


Gráfico de los valores del factor de potencia de la fase 3

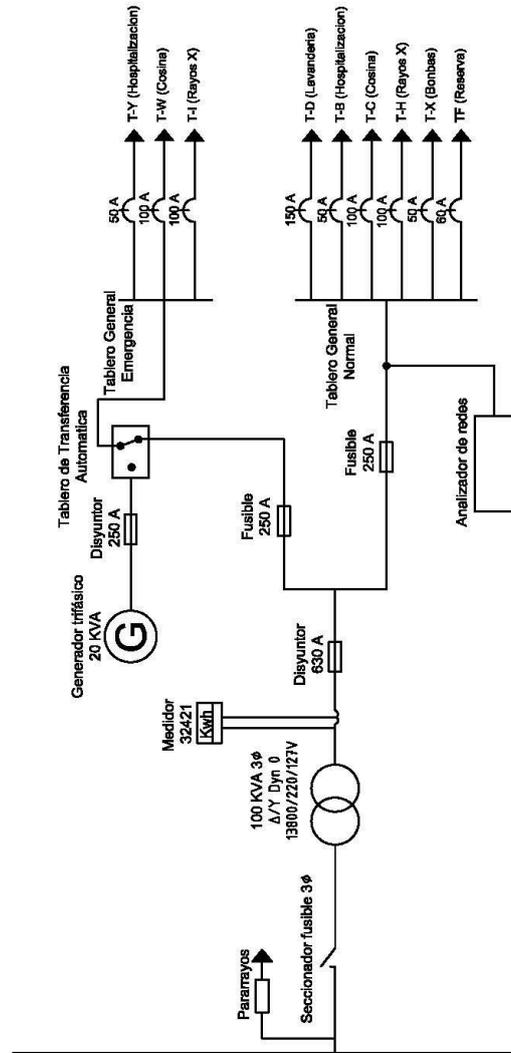


ANEXO 7

Gráfico de corrientes de las tres fases del transformador



ANEXO 8 Diagrama Unifilar del Hospital de Vilcabamba



Red Eléctrica B. T. EERSSA 3 x 2 AWG-ACSR + 1 x 4 AWG-ACSR

Universidad Nacional de Loja		
Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables		
Carrera: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Nombre: Diagrama Unifilar del Hospital de Vilcabamba	
Director: Ing. Carlos Samaniego	Autor: Luis Armando Zaavedra Ortiz	Lámina: 1

ANEXO 9

INVENTARIO DE LA CARGA INSTALADA EN EL HOSPITAL

Inventario de carga de motores

Total de motores					1.265 kwh		12,9 kw (Demanda)			
Motor Descripción	Cant	Motor HP	Carga	Eficienc	Unidad kw	Total kw	Horas /Mes	Total kwh	Factor de Simultaneidad	Demanda kw
Bomba de agua	2	3	100%	78%	2,87	5,74	8	45,9	0,45	2,6
Esmeril de mesa	1	0,5	100%	80%	0,47	0,47	4	1,9	0,45	0,2
Soldadora eléctrica	1	2	100%	80%	1,87	1,9	40	74,6	0,20	0,4
Compresor	2	0,75	100%	90%	0,62	1,2	32	39,8	0,30	0,4
Lavadora Girbau	1	22	100%	98%	16,75	16,7	37	619,6	0,20	3,3
Lavadora Grandimpianti	1	3	100%	90%	2,49	2,5	40	99,5	0,40	1,0
Lavadora Ultraclean	1	2	100%	90%	1,66	1,7	35	58,0	0,60	1,0
Secadora Barck	1	20,6	100%	98%	15,68	15,7	20	313,6	0,25	3,9
Máquina de coser	1	0.2	100%	90%	0,15	0,2	80	12,0	0,80	0,1
						46				

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

Inventario de la carga de iluminación

Total de luminarias		1.579 kwh		5,8 kw (Demanda)			
Luminarias		Unidad	Total	Horas	Total	Factor de	Demanda
Descripción	Cant	kw	kw	/Mes	kwh	Simultaneidad	kw
Lámparas fluorescentes tubulares	210	0,04	8,4	120	1 008	0,45	3,8
Lámparas fluorescentes compactas	74	0,02	1,5	75	111	0,45	0,7
Lámparas incandescentes	6	0,10	0,6	31	19	0,45	0,3
Lámparas de mercurio	14	0,175	2,5	180	441	0,45	1,1
			13				

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

Inventario de la carga de equipos médicos

Total de Equipos médicos		383 kwh		4,6 kw (Demanda)			
Equipos médicos		Unidad	Total	Horas	Total	Factor de	Demanda
Descripción	Cant	kw	kw	/Mes	kwh	Simultaneidad	kw
Esterilizador Menmert	2	2,00	4,0	13	52	0,30	1,20
Esterilizador Fanem	2	0,90	1,8	25	45	0,30	0,54
Esterilizador MLW	1	0,80	0,8	18	14,4	0,20	0,16
Baño María	1	1,20	1,2	40	48	0,30	0,36
Rotor de placas	1	0,01	0,01	50	0,5	0,20	0,00
Microscopio	1	4,00	4,0	10	40	0,20	0,80
Nebulizador	1	0,20	0,2	40	8	0,30	0,06
Analizador Automático de Matología	1	0,15	0,2	60	9	0,30	0,05
Espectafotometro	1	0,10	0,1	50	5	0,30	0,03
Micro centrifuga	1	0,22	0,2	70	15	0,30	0,07
Equipo de rayos x	1	6,50	6,5	15	98	0,20	1,30
Equipo odontológico	1	0,65	0,7	50	33	0,60	0,4
incubadora neonatal	1	0,36	0,4	15	5	0,40	0,1
Termocuna	2	0,25	0,5	20	10	0,40	0,2
			20,2				

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

Inventario de carga de Equipos de frio y calor

Total de Equipos de frio y calor		918 kwh			2 kw (Demanda)		
Equipos de frio y calor	Cant	Unidad	Total	Horas	Total	Factor de	Demanda
Descripción		kw	kw	/Mes	kwh	Simultaneidad	kw
Refrigeradora Innova	1	0,45	0,45	216	97	0,4	0,2
Refrigerador Electrolux	2	0,25	0,50	216	108	0,4	0,2
Refrigerador Indurama	1	0,20	0,20	720	144	0,4	0,1
Mini Refrigerador	2	0,18	0,36	480	173	0,4	0,1
Congelador Eiectrolux	1	0,60	0,60	216	130	0,4	0,2
Congelador Glacias Glass	1	0,16	0,16	720	115	0,4	0,1
Microondas	1	0,60	0,60	23	14	0,4	0,2
Plancha industrial Lahoz	1	2,78	2,78	23	64	0,4	1,1
Plancha Black Decker	1	1,1	1,10	35	39	0,4	0,4
Plancha Oster	1	1,0	1,00	35	35	0,4	0,4
			7,75				

AUTORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE VILCABAMBA

Inventario de carga de otros aparatos eléctricos

Total de otros		331 kwh			1,8 kw (Demanda)		
Otros aparatos eléctricos	Cant	Unidad kw	Total kw	Horas /Mes	Total kwh	Factor de Simultaneidad	Demanda kw
Computadora	12	0,18	2,16	140	302	0,6	1,3
Televisor LG	1	0,10	0,10	80	8	0,6	0,1
licuadora Óster	1	0,06	0,06	2	0,1	0,6	0,04
Radio grabadora	1	0,08	0,08	100	8,0	0,6	0,05
ventilador	2	0,08	0,16	30	4,8	0,6	0,10
aspiradora	1	0,16	0,16	8	1,3	0,6	0,10
impresora	4	0,08	0,3	20	6	0,6	0,2
			3				

ANEXO 10

PERDIDAS EN EL HIERRO Y EN EL COBRE DE LOS TRANSFORMADORES
DE DISTRIBUCION TRIFÁSICOS NUEVOS SEGÚN NORMA
INTERNACIONAL

 <p>endesa distribución</p> <p>DIR ECCIÓN DE EXPLO TACIÓN Y CALIDAD DE SUMINISTRO</p>	<p>NORMA GE FND001 TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN</p> <p>- CLASES B2 Y B1B2 -</p>	FND00100.DOC
		5ª Edición
		Hoja 12 de 43

Tabla 1 – según Norma UNE 21428-1

Potencia asignada (kVA)	$U_m \leq 24 \text{ kV}$				(*) I_0 al 100 % de U_r (A)	(*) I_0 al 110 % de U_r (A)
	Pérdidas en vacío 100 % de U_r (W)	Pérdidas Debidas a la Carga a 75° C (W)				
		a 420 V	A 242 V			
50	190	1100	---	3,5	7,5	
100	320	1750	---	2,5	6,0	
160	460	2350	1750	2,3	5,5	
250	650	3250	2450	2,0	5,0	
400	930	4600	3550	1,8	4,8	
630	1300	6500	5000	1,6	4,5	
1000 (k=0,75)	1700	10500	8400	1,3	3,6	
1000 (k=1)	1700	10500	11550	1,3	3,6	

Tabla 2 – según Norma UNE 21428-1

Potencia asignada (kVA)	$U_m = 36 \text{ kV}$				(*) I_0 al 100 % de U_r (A)	(*) I_0 al 110 % de U_r (A)
	Pérdidas en vacío 100 % de U_r (W)	Pérdidas Debidas a la carga a 75° C (W)				
		a 420 V	a 242 V			
50	230	1250	---	3,8	10,0	
100	380	1950	---	3,0	8,0	
160	520	2550	1900	2,5	7,0	
250	780	3500	2600	2,4	6,0	
400	1120	4900	3700	2,2	5,5	
630	1450	6650	5100	1,8	5,0	
1000 (k=0,75)	2000	10500	8400	1,5	4,0	
1000 (k=1)	2000	10500	11550	1,5	4,0	

PERDIDAS EN EL HIERRO Y EN EL COBRE DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION TRIFÁSICOS QUE HAN SIDO FABRICADOS DEL AÑO 2000 HACIA ATRAS

TABLA 2.09.11 a. Pérdidas normales en los transformadores de distribución

Potencia KVA	Pérdidas en el hierro						Pérdidas en el cobre					
	6 kV	10 kV	15 kV	20 kV	25 kV	30 kV	6 kV	10 kV	15 kV	20 kV	25 kV	30 kV
5	57	60	72	82	80	75	174	175	170	175	172	180
10	82	88	90	112	115	118	312	312	315	318	333	340
15	108	110	122	140	148	152	450	450	450	420	438	438
20	137	141	150	182	184	202	548	548	552	560	560	592
30	182	191	208	220	221	240	781	781	787	810	818	845
50	242	245	266	280	279	311	1220	1228	1245	1274	1283	1291
75	329	330	351	375	374	407	1640	1640	1665	1702	1718	1758
100	387	389	413	435	430	477	2050	2050	2066	2141	2158	2175
125	445	445	470	497	516	561	2422	2422	2481	2520	2520	2573
160	536	537	562	589	599	652	3068	3068	3033	3075	3075	3120
200	629	629	656	688	700	770	3554	3554	3562	3646	3646	3679
250	750	763	787	823	839	903	4275	4275	4291	4366	4366	4416
315	898	898	926	980	1000	1118	5330	5330	5330	5350	5350	5440
400	1062	1062	1110	1162	1193	1296	6460	6460	6466	6491	6491	6591
500	1301	1301	1360	1416	1465	1623	7850	7850	7860	8000	8000	7816
630	1488	1488	1544	1590	1630	1812	9830	9830	9870	9870	9870	9670
800	1847	1847	1913	1977	2018	2233	11533	11533	11533	11533	11533	11533
1000	2220	2253	2288	2353	2428	2695	13853	13853	13606	13710	13710	13550
1250	2568	2601	2645	2786	2828	3097	15600	15611	15611	16007	16007	15950
1600	3156	3156	3226	3296	3356	3700	18980	18980	18980	19380	19380	19100
2000	3797	3797	3830	3935	3997	4005	21750	21750	21750	22083	22083	20081

ANEXO 11

**FOTOS DE LAS LAVADORAS, SECADORA Y PLANCHADORA
EXISTENTES EN EL HOSPITAL**

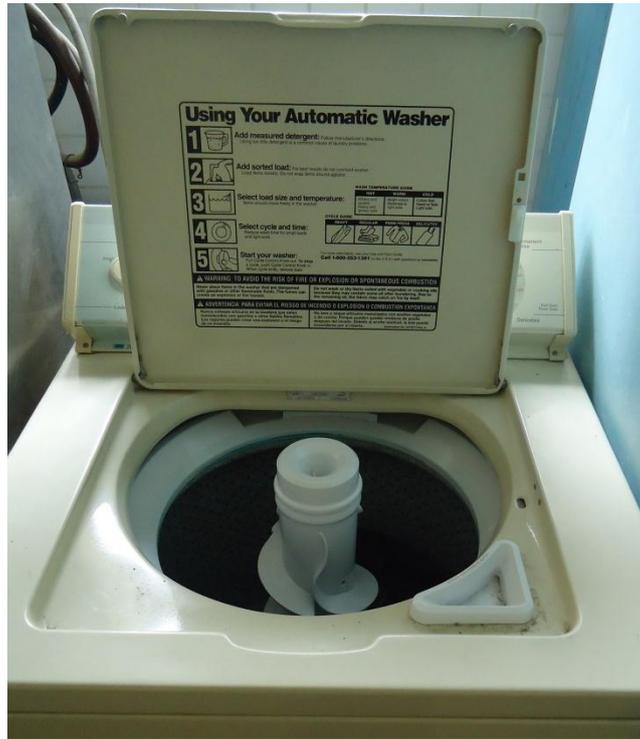
LAVADORA MARCA GRANDIMPIANTI



LAVADORA MARCA GIRBAU



LAVADORA MARCA ULTRACLEAN



SECADORA MARCA BARCK



PLANCHADORA MARCA LAHOZ





Universidad Nacional de Loja

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO DE TESIS

TEMA:

AUDITORIA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL KOKICHI OTANI DE
VILCABAMBA

CARRERA DE: ELECTROMECAÁNICA

AUTOR: LUIS ARMANDO ZAAVEDRA ORTIZ

Loja-Ecuador

2012

a.- TEMA

Auditoria energética en el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba

b.- PROBLEMÁTICA

b.1 Antecedentes

El ahorro de energía en las industrias y diversos sectores se ha convertido en un tema de suma importancia en todo el mundo por el impacto causado en lo económico y ambiental que ocasiona el despilfarro energético.

Actualmente el país tiene un alto nivel de pérdidas de energía eléctrica; tanto técnicas como no técnicas, por estos dos aspectos, es importante que se mejore la eficiencia en los campos de generación, transmisión y distribución, también es importante que los usuarios finales de la energía, por ejemplo hospitales, industrias y el comercio, estén al tanto de la conveniencia del uso racional de la energía, en primer lugar para tener un ahorro económico familiar y empresarial, y con una visión mas amplia, ayudando al país a preservar recursos para el futuro.

La electricidad es una de las formas de energía de mayor consumo, por ello es importante la realización de diagnósticos energéticos en los sectores industrial, comercial, de servicios, para lograr un ahorro de energía, y además un uso eficiente de la misma.

El sector salud en el país ha sido muy descuidado en lo que se refiere a sus portadores energéticos, tanto así que en hospitales públicos tienen problemas con la calidad de energía, ya que la parte administrativa descuida mucho el ámbito energético priorizando otros servicios, siendo este el que abarca un gran porcentaje de los gastos mensuales en las que incurren este tipo de instituciones.

En nuestro país no existe una política energética que se aplique enérgicamente y que se regule los usos de los diversos portadores energéticos, en las que participen diversos sectores de la sociedad para reducirlos consumos, ya que a través de un trabajo en conjunto se logra un ahorro energético que beneficiará a todos.

El hospital KOKICHI OTANI quien es el objeto de investigación ya tiene 32 años en funcionamiento el mismo que es de una sola planta y cuenta con monitores cardiacos, sala de partos, sala de recién nacidos, áreas de esterilización, de consulta externa, odontología, emergencia, quirófano, farmacia, y capacidad para 18 camas. Que abastece a las parroquias de Quinara, Yangana, Malacatos y Vilcabamba atendiendo mensualmente a un promedio de 1.800 usuarios.

A medida que pasan los años se ha ido incrementando el número de pacientes, es por eso que en los últimos años se han instalado nuevos equipos en las diferentes áreas del hospital. Esto ha producido que se tenga que ampliar las instalaciones de energía eléctrica por lo que va aumentando cada vez la demanda de potencia al sistema eléctrico.

b.2 Situación problemática

En el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba se viene laborando desde hace muchos años con la misma infraestructura, lo que en la actualidad se presume ha provocado una deficiencia energética que ponen en riesgo los equipos médicos. También ha sabido manifestar el encargado de la parte eléctrica de dicho hospital que el transformador que abastece al hospital se encuentra sobrecargado, siendo este un problema que no se ha podido identificar totalmente ya que no se ha realizado una auditoria energética en la que se pueda conocer si existe otras deficiencias que puedan estar afectando el normal desempeño de las actividades que se realizan en el hospital, por lo cual es necesario un estudio general de la eficiencia energética.

Debido a los elevados costos de energía eléctrica (aprox. 400 dólares) que se pagan mensualmente, la necesidad inmediata de este hospital es realizar un plan efectivo de mejoras desde hábitos de consumo a imperfecciones en las instalaciones con el fin de reducir el consumo energético que actualmente existe.

b.3. Problema general de investigación

El hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba no dispone de un estudio de eficiencia energética que permita a sus directivos impulsar un proyecto sostenido de ahorro de energía

b.4. Delimitación

b.4.1. Problemas específicos:

- 1.- ¿Cuáles son los principales portadores energéticos del hospital?
- 2.- ¿Cuál es la calidad de la energía eléctrica del hospital?

3.- ¿Cuál es el plan de mejoras para reducir los consumos existentes?

b.4.2. Espacio

El presente proyecto de tesis de grado se lo realizará con el propósito de utilizar eficientemente los portadores energéticos para el hospital KOKICHI OTANI que está ubicado en la parroquia de Vilcabamba provincia de Loja.

b.4.3. Tiempo

Luego de la aprobación del mismo se lo llevará a efecto en un periodo comprendido entre septiembre del 2012 hasta Julio del 2013, dando un total de 10 meses.

c.- JUSTIFICACIÓN

c.1 Justificación

La Universidad Nacional de Loja y el Área de Energía, las Industrias y los recursos Naturales No Renovables tiene como visión la educación de futuros profesionales, que den solución a los problemas de la sociedad. La principal misión es satisfacer las necesidades de prácticas académicas y de servicios especializados en Metal Mecánica de la institución y el público en general con eficacia y calidad para así remediar los problemas del entorno social mediante la investigación científica, es por eso que debido a la gran necesidad de buscar alternativas para el ahorro energético y basándome en la problemática existente he creído conveniente realizar una auditoria energética en el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba.

El presente proyecto de tesis se ve justificado, dado que el estudio de la eficiencia energética en el hospital KOKICHI OTANI ayudará a determinar las deficiencias que tenga el hospital en el tema energético, para así tomar los correctivos necesarios y poder dar una alternativa de ahorro que conlleven a un uso mas eficiente de los recursos que dispone el hospital, reduciendo los costos de operación, mantenimiento y mejorando la calidad del servicio.

Este proyecto investigativo será una fuente que ayudará a la definición de nuevos conceptos y conocimientos que fortalecerán mi actividad profesional dentro del campo de ahorro energético y calidad de energía.

c.2 Viabilidad

Este proyecto de tesis de grado es viable en el tiempo y en los recursos ya que se encuentra con el tiempo necesario para la culminación y se cuenta también con los recursos necesarios como es información bibliográfica, recursos económicos, recursos intelectuales, que se pondrán a disposición para llevar a mejor tiempo el desarrollo del presente proyecto de tesis, que es novedoso y aportaría con gran eficacia a los conocimientos para próximos investigadores.

OBJETIVOS

d.1 Objetivo general

Realizar una auditoria energética en el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba.

d.2 Objetivos específicos

- Determinar los principales portadores energéticos usados en el hospital y sus índices de consumo.
- Realizar un análisis de la calidad de la energía eléctrica en el hospital.
- Elaborar un plan de mejoras en función de las posibilidades de ahorro identificadas dentro del hospital.

e.- MARCO TEORICO

e.1 CAPITULO I:

e.1.1. Auditoría energética

La auditoría energética es un proceso sistemático para revisar la forma en que se consume la energía en un sitio, y cuyo objetivo fundamental es detectar los ahorros potenciales de energía existentes.

Es fundamental realizar un balance de energía que indique en qué cantidades se utiliza cada energético y en qué usos. Para ello es necesario realizar mediciones y registros de parámetros de consumos (eléctricos y térmicos).

Tras una auditoria podemos lograr ahorros del orden de un 15-25% del coste de energía en edificios, 20-50% en alumbrado público y 5-20% en industrias.

La Auditoria Energética es un proceso sistemático mediante el que:

- Se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético.
- Se detectan los factores que afectan al consumo de energía.
- Se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

e.1.1.1. Tipos de auditorías energéticas

Existen 2 tipos de auditorías:

1.- WTA (“WalkthroughAudit”), o Auditoría Energética Preliminar, que permite en una recorrida caminando por el sitio, detectar MCE’s (Medidas de Conservación de la Energía). En base a los consumos energéticos (facturados por los prestadores de servicios de energía), y la experiencia del consultor, se logra un diagnóstico con estimativos potenciales ahorros.

El objetivo de la WTA, es verificar si el potencial de ahorro es tal que resulte conveniente pasar a la siguiente fase y realizar un Auditoría Energética detallada.

2.- IGA (“Investment Grade Audit”) o Auditoría Energética detallada. Permite estudiar en detalle el balance energético del cliente y cada MCE, verificando con un alto grado de certeza, el ahorro a lograr, las inversiones necesarias y la viabilidad técnica y económica de las mismas.

Para realizar una auditoría energética, se deben seguir los siguientes pasos:

1.- Tareas preliminares: recopilar los datos históricos de consumos de todos los energéticos (electricidad, petróleo, gas natural, gas licuado, leña, etc). Analizar su sazonalidad, y evaluar la intensidad energética mes a mes (ej. kWh/ton producida)

Asimismo, la información técnica disponible (planos, unifilares, catálogos técnicos de equipos que consumen energía, etc.).

2.- Trabajo de campo. Para realizar registros y mediciones: se relevan todos los equipos que consumen energía, para comprender en detalle su funcionamiento y cómo se operan. Es necesario medir parámetros de operación para verificar su desempeño actual, tales como: Calderas y hornos, sistemas de refrigeración, motores, etc.

3.- Compilación de la información, análisis, y presentación de conclusiones.

e.1.1.2. Medios materiales para las Auditorias Energéticas:

- Medidas eléctricas: Analizador de redes y luxómetro.
- Medidas para instalaciones de combustión: analizador de gases y calidad de aire en interiores.
- Análisis de parámetros térmicos: Cámara termografica y análisis termoflujometrico.

Todo ello conduce a un plan de implantación de las mejoras acordadas con el cliente y un seguimiento de los resultados con la medición y verificación de los consumos reales.

- Reducción de los consumos energéticos y sus costes asociados.
- Negociación y cierre de propuestas.
- Propuestas de diversificación en la generación de energía.

- Aumento de la eficiencia de los equipos, procesos o servicios.
- Estimación del periodo de retorno de las inversiones propuestas

El Potencial de ahorro detectado en las auditorias es del 12% en Industrias y del 25% en el sector Terciario.

e.1.2. Eficiencia energética

La eficiencia energética es el consumo inteligente de la energía. Las fuentes de energía son finitas, y por lo tanto, su correcta utilización se presenta como una necesidad del presente para que podamos disfrutar de ellas en un futuro.

Pero practicar un consumo más responsable e inteligente de la energía que consumimos es tarea de todos. Si bien es cierto que la acción de una sola persona apenas se nota, **la repercusión global sí es importante cuando son varias las personas que utilizan los recursos de manera eficiente.** Si quieres ser una de éstas empieza desde ahora mismo a ahorrar dinero y energía.

e.1.3. Portadores energéticos en hospitales.

Las instalaciones hospitalarias constituyen un importante consumidor de portadores energéticos, principalmente energía eléctrica, utilizada para todo conjunto de servicios principales (equipamiento quirúrgico, rayos x, tomografía, etc.) un hospital consume además, grandes cantidades de combustibles si por ejemplo se utiliza la generación de vapor, como portador energético de varios servicios importantes: cocina, esterilización, lavandería, etc.

La estructura de consumo de energía está definida por la intensidad de uso que se haga de los diferentes componentes de la matriz energética: electricidad, petróleo / gas y agua.

e.1.3.1. Electricidad

La disponibilidad de electricidad en los hospitales es definitivamente de vital importancia. La falta de energía eléctrica puede tener consecuencias directas en la vida

de los pacientes especialmente en los quirófanos, unidades de cuidados intensivos, salas de emergencia, etc. La electricidad se usan para una gran variedad de propósitos, incluyendo iluminación, enfriamiento, compresores de aire, circulación de bombas, ventiladores de calefacción y aire acondicionado, equipos médicos y de oficina.

Para garantizar la continuidad de energía eléctrica en los hospitales, los sistemas de energía crítica ofrecen confianza en el buen balance a través de 3 puntos primordiales:

La **arquitectura** de la red de electricidad de los hospitales, diseñada para asegurar la disponibilidad de la distribución de la energía eléctrica de acuerdo al establecimiento de niveles críticos.

La elección de los **productos** y equipos y la instalación adecuada dentro del edificio.

Los **servicios** de operación y mantenimiento, adaptados al nivel más óptimo de desempeño

e.1.3.2. Petróleo / gas

El petróleo es la fuente de energía más importante de la sociedad actual, si nos ponemos a pensar qué pasaría si se acabara repentinamente, enseguida nos daríamos cuenta de la dimensión de la catástrofe. Si no se puede asegurar el suministro de petróleo o gas las instalaciones principales de calefacción no podrían cumplir sus funciones fundamentales. Asimismo, tampoco podrían funcionar las calderas generadoras vapor ni los equipos generadores de frío por absorción.

e.1.3.3. Agua

El sistema de abastecimiento público de agua es el conjunto de obras, equipos y servicios destinados al abastecimiento de agua potable de una comunidad para fines de consumo doméstico, servicios públicos, consumo industrial y otros usos. Esa agua suministrada por el sistema deberá ser siempre que sea posible, una cantidad suficiente y de la mejor calidad desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.

En los Hospitales se requieren tres tipos de agua para diferentes usos:

- Agua purificada para consumo humano, que corresponde al agua purificada para usar en bebederos, preparación de alimentos, etc.
- Agua para uso en el área de cirugía, curaciones y quirófanos
- agua para laboratorio y equipos de agua para diálisis.

e.1.4. Energía eléctrica

La energía Eléctrica desde hace algún tiempo se ha convertido en la esencia del desarrollo tecnológico, industrial, médico, educativo, artesanal, familiar, entre los principales, esto exige a las industrias a modernizarse en sus procesos de producción, sin descuidar el desarrollo tecnológico de los hospitales quienes brindan servicio a la sociedad, enmarcada a lo que se refiere a salud general

Los principales equipos consumidores de energía eléctrica en los hospitales son los siguientes:

- Motores eléctricos (electro bombas, ascensores, compresoras, ventiladores, extractores, lavadoras, secadoras, calandrias, entre otros).
- Lámparas de iluminación (fluorescentes, incandescentes, de descarga, etc)
- Calentadores de agua
- Hornos eléctricos
- Cocinas eléctricas
- Equipos de frío (conservadoras, refrigeradoras)
- Esterilizadores
- Equipos electromédicos (rayos x, tomógrafos, artroscopio, etc.)

e.1.4.1. Calidad de la energía eléctrica

El término "*calidad de energía eléctrica*" se emplea para describir la variación de la tensión, corriente, y frecuencia en el sistema eléctrico.

Históricamente, la mayoría de los equipos son capaces de operar satisfactoriamente con variaciones relativamente amplias de estos tres parámetros. Sin embargo, en los últimos diez años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos, no tan tolerantes a estas variaciones, incluyendo a los controlados electrónicamente.

e.1.4.2. Carga crítica.

Aquella que al dejar de funcionar o al funcionar inapropiadamente pone en peligro la seguridad del personal y/o ocasiona grandes perjuicios económicos

Por ejemplo, un paro no programado en un molino de laminación es muy costoso, mientras que la pérdida de un centro de información en un banco o el mal funcionamiento de los sistemas de diagnóstico en un hospital puede ser catastrófica.

e.1.4.3. Carga sensible.

Aquella que requiere de un suministro de alta calidad, esto es, libre de disturbios. El equipo electrónico es más susceptible a los disturbios que el equipo electromecánico tradicional.

e.1.4.4. Fenómenos que afectan la calidad de la energía eléctrica

Los parámetros de amplitud, frecuencia, forma de onda y continuidad de un sistema eléctrico, electrónico o de comunicaciones, pueden verse afectados por diferentes tipos de perturbaciones que se pueden dividir de acuerdo con su duración en siete categorías:

1. Transitorios electromagnéticos –TEM
2. variaciones de tensión de corta duración –VTCD
3. variaciones de tensión de larga duración–VTLD
4. desbalance de tensión –TD
5. Distorsión de la forma de señal –DFS
6. fluctuaciones de tensión –FT
7. variación de la frecuencia industrial –VFI

e.1.4.5. Equipo para mejorar la calidad de Energía Eléctrica

- Filtros de Armónicos (pasivos y activos)
- Transformadores de Aislamiento
- Descargadores de tensión (Varistores)
- Fuentes ininterrumpidas (S.A.I.)

e.1.4.6. Disturbios en la calidad de la energía

Los términos usados para describir los disturbios frecuentemente tienen diferente significado para diferentes usuarios. Pero muchos atributos de calidad de energía son comúnmente reconocidos. A continuación se da una breve descripción de algunos de los disturbios más comunes.

e.1.4.6.1. Pico de voltaje

Es un incremento en el nivel de voltaje que dura microsegundos. Es debido principalmente por fallas en la red eléctrica, descargas atmosféricas y switcheo de grandes cargas (ver figura 1).

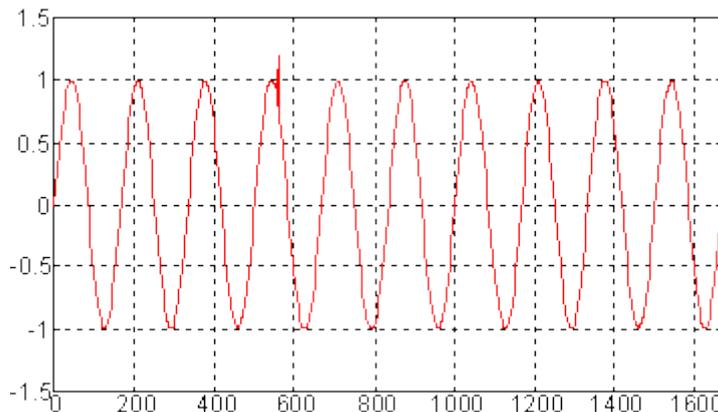


Figura 1 Pico de voltaje

e.1.4.6.2. Depresión de voltaje

Es un decremento momentáneo (varios ciclos de duración) en el nivel de voltaje. Es debido a la conexión de grandes cargas, descargas atmosféricas y fallas en la red eléctrica (ver figura 2).

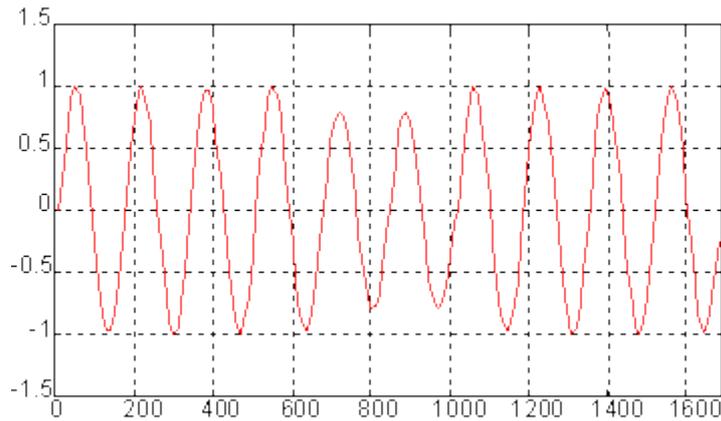


Figura 2 Depresión de Voltaje

e.1.4.6.3. Dilatación de voltaje

Es un incremento del voltaje de varios ciclos de duración. Es ocasionado por la desconexión de cargas grandes y no llega a ser un sobrevoltaje (ver figura 3).

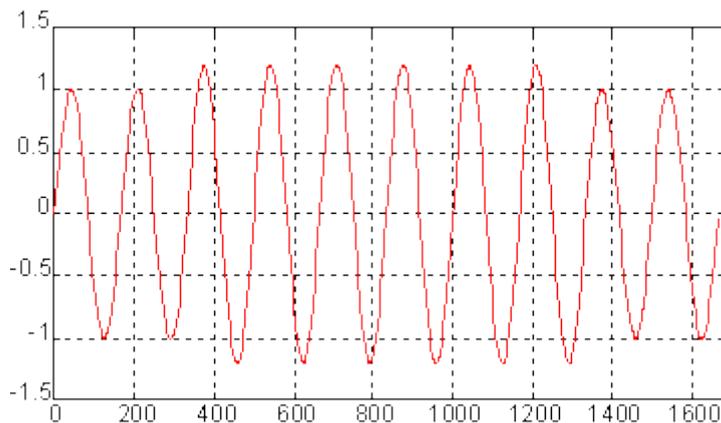


Figura .3 Dilatación de Voltaje.

e.1.4.6.4. Sobrevoltaje

Es una condición de voltaje elevado (arriba del valor nominal) que a diferencia del swell de voltaje, dura mucho más tiempo. Es causado por una pobre regulación de voltaje (ver figura 4).

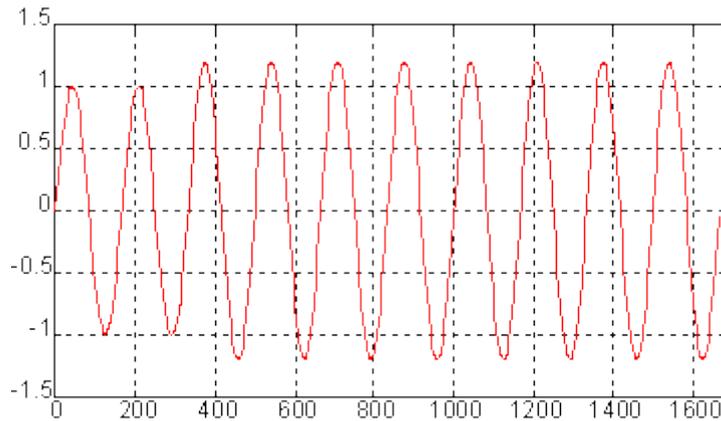


Figura 4 Sobrevoltaje.

e.1.4.6.5. Parpadeo

Se refiere a las fluctuaciones en el nivel de voltaje. Estas son debidas a la conexión de cargas cíclicas como hornos eléctricos o por oscilaciones subarmónicas (subarmónicas se refiere a señales de frecuencia menor a la fundamental). Por lo general este efecto se observa fácilmente en el cambio de intensidad bajo y alto de lámparas y ruido acelerado y desacelerado de motores (ver figura 5).

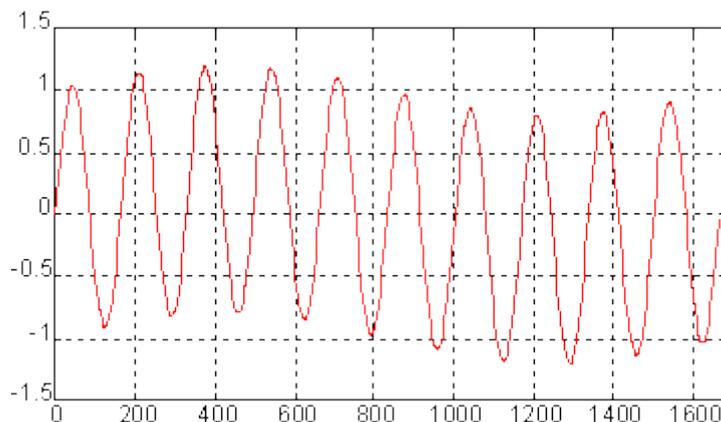


Figura 5 Parpadeo.

e.1.4.6.6. Interrupciones de energía

Es la pérdida total de potencia. Por lo general se considera interrupción cuando el voltaje ha decrecido a un 15 % del valor nominal o menos. Este es debido a aperturas de líneas, daño de transformadores, operación de fusibles o equipos de protección de la red,

entre otras posibilidades. También se consideran interrupciones de energía aquellas que duran milisegundos (ver figura 6).

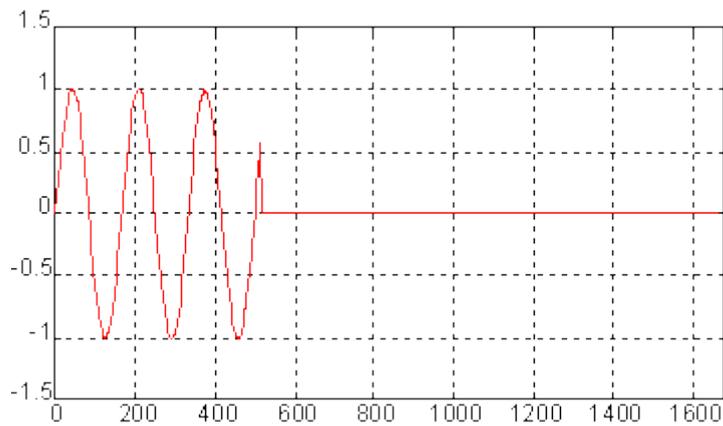


Figura 6 Interrupción de energía.

e.1.4.6.7. Ruido eléctrico

Es la distorsión (no necesariamente periódica) de la forma senoidal del voltaje. Este es debido a switcheo, transmisores de radio y equipo industrial de arco eléctrico (ver figura 7).

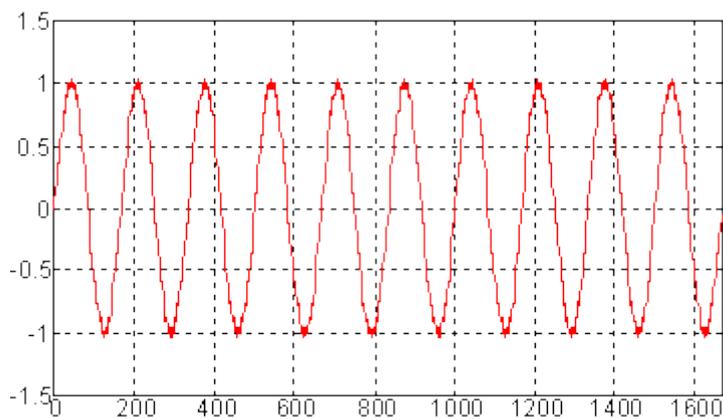


Figura 7 Ruido eléctrico.

e.1.4.6.8. Distorsión armónica

Es la distorsión (periódica) de la forma de onda senoidal del voltaje o corriente. Esta es causada por la operación de equipos no lineales como lo son rectificadores y hornos de arco eléctrico. Este es un fenómeno en estado estable (ver figura 8).

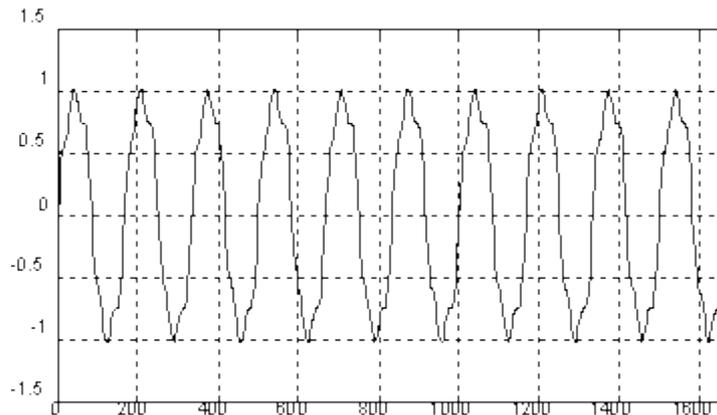


Figura 8 Distorsión armónica

e.1.4.4. Armónicas en los sistemas eléctricos

La distorsión de formas de onda de corrientes y voltaje debida a las armónicas es uno de los fenómenos que afectan la confiabilidad del sistema y por lo tanto la calidad de la energía. El acoplamiento magnético, causa que algunas armónicas de frecuencias elevadas produzcan interferencia en los sistemas de comunicación, sobre todo en líneas telefónicas. Este problema no es nuevo, sin embargo, debido al notable incremento de cargas no lineales conectadas al sistema eléctrico, el nivel promedio de armónicas en el sistema eléctrico de potencia se incrementa cada día más. Las cargas no lineales son como hornos de arco y de inducción, así como de cargas controladas por dispositivos electrónicos tales como SCR's, transistores de potencia, etc. La disponibilidad y el relativo bajo costo de estos dispositivos han expandido en gran medida su uso en casi todo tipo de cargas industriales y comerciales.

Un factor menos extendido pero de importancia, que acentúa la inyección de armónicas en los sistemas eléctricos, es el drástico cambio de la filosofía del diseño del equipo utilizado en los sistemas eléctricos de potencia. En el pasado, los fabricantes tendían a diseñar la mayoría de sus equipos sobre rangos mayores al requerido. Ahora, con el objeto de ser competitivos, los equipos de potencia tienen que ser diseñados sobre rangos críticos, como en el caso de equipos con núcleo de hierro, esto significa que sus puntos de operación están cada vez más cerca de la característica no lineal, o sea, muy cerca de la saturación del núcleo, lo que resulta una clara fuente de armónicas.

Por lo anterior, el modelado de los elementos del sistema de potencia ante señales armónicas cada vez es más importante. De ésta manera, la modelación viene con los métodos de simulación los cuales son muy importantes debido principalmente a dos razones:

- a) Investigar los problemas potenciales latentes en los sistemas eléctricos que se pueden presentar al conectar una gran carga no lineal.
- b) Simular y probar perspectivas de solución a problemas existentes de una forma analítica.

De ésta manera, es deseable llevar a cabo un análisis de armónicas de un sistema eléctrico de potencia, así como se hacen estudios de flujos de carga, corto circuito, estabilidad y caída de tensión.

De lo anterior se observa la importancia del análisis armónico en las redes eléctricas debido a que las armónicas es un mal necesario.

e.2. CAPITULO II

e.2.1. Instrumentos de medición

e.2.1.1. Analizador de redes eléctricas

Los analizadores de redes eléctricas son instrumentos de medida que miden directamente o calculan los diferentes parámetros eléctricos de una red, normalmente en baja tensión: tensión, intensidad, potencia y energía activas y reactivas, factor de potencia, etc. Así como los parámetros de calidad eléctrica que se recogen en la norma “EN50160 Características de la tensión suministrada por la redes generales de distribución”; armónicos, interarmónicos, asimétricos, etc. Todos los equipos de este tipo disponen, además, de la posibilidad de memorizar y/o registrar dichos parámetros mediante diversas funciones de programación.

Un equipo analizador de redes está compuesto por:

- El equipo registrador/analizador
 - Tres pinzas amperimétricas
 - Cuatro pinzas voltimétricas
 - Uno o varios de los siguientes sistemas de extracción de los datos registrados:
- Pequeña impresora matricial incorporada
 - Unidad de grabación de discos o tarjetas de memoria
 - Cable y software específico para comunicación con PC y software de tratamiento de datos.

e.2.1.2. Ordenador portátil

El ordenador portátil puede resultar un instrumento muy útil y práctico a la hora de realizar auditorías, siempre y cuando el Auditor siga una metodología sistemática ya que, en caso contrario, puede no suponer más que una molestia.

Un PC portátil permite extraer in-situ datos de los equipos de medición programables, introducir directamente los datos en un formulario de Auditoría, realizar cálculos rápidos que permitan tomar decisiones sobre el propio desarrollo de la auditoría, incluso enviar información mediante correo electrónico o realizar consultas a través de Internet.

e.2.1.3. Multímetro

Un multímetro, es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. Los hay analógicos y posteriormente se han introducido los digitales cuya función es la misma (con alguna variante añadida).

e.2.2. Consumo energético en hospitales

La distribución del consumo energético, entre energía eléctrica y energía térmica, demandada por una clínica u hospital depende de varios factores: del tipo de servicio que ofrezca, su situación, categoría, tamaño, características de su maquinaria y equipos, etc.

e.2.2.1. Iluminación.

La iluminación consume aproximadamente el 20 % de la energía de un hospital. El principal consejo es utilizar equipos de regulación de iluminación automáticos: sensores de luz día, sensores de presencia, conexión al sistema de gestión del edificio y temporizadores.

Otra consideración importante es la sustitución de fluorescentes de balasto magnético por los fluorescentes de balasto electrónico. En los balastos magnéticos el balasto en sí mismo tiene un consumo del 20 %, mientras que en los electrónicos estas pérdidas son solamente del 1-2 %.

Otro factor importante a tener en cuenta es la óptica utilizada. Una óptica con mayor reflexividad conseguirá que la emisión de luz sea mayor y más eficiente.

Un hospital puede tener fácilmente 4.000 tubos fluorescentes. Siguiendo las medidas indicadas podríamos conseguir un ahorro anual de 37.000 euros. La inversión no obstante es alta, y el periodo de recuperación de la inversión estará entre 6 y 9 años.

e.2.2.2. Ventilación

El sistema de ventilación es un componente muy importante en un hospital dadas las especiales necesidades de desinfección y renovación del aire. Los motores de los ventiladores suponen una parte muy importante del consumo total energético del hospital.

e.2.2.3. Climatización

Los sistemas de climatización representan generalmente la principal apartado en cuanto al consumo energético de una instalación sanitaria. Como se ha visto, se pueden conseguir ahorros entre un 10% y un 40% gracias a la optimización de las instalaciones.

e.2.2.4. Agua caliente sanitaria (ACS)

La producción de ACS se realiza generalmente mediante calderas de agua caliente, por lo que en este apartado son de aplicación las mejoras mencionadas para las calderas de calefacción. También es conveniente que la temperatura de almacenamiento no sea muy

alta para minimizar las pérdidas, sin que, en ningún caso, sea inferior a 60 °C. La instalación de sistemas de bajo consumo en duchas y baños que reducen el caudal suministrado sin perjuicio de la calidad del suministro, también conlleva importantes ahorros energéticos debido a que disminuye notablemente el caudal de agua a calentar, con una reducción que, en algunos de estos equipos, alcanza valores del orden del 50-60% del consumo de agua.

e.2.3. Gestión y mantenimiento energéticos

e.2.3.1. Mantenimiento

El correcto mantenimiento consigue los estándares de calidad y reduce los costes energéticos. Si se realiza un mantenimiento preventivo adecuado, disminuirá la necesidad de un mantenimiento correctivo y, como resultado, se obtendrá un mejor rendimiento de la instalación, una reducción de costes y una mejor calidad de servicio. Como consecuencia de un mal funcionamiento de las instalaciones se pueden producir consumos excesivos de energía. Por ello, se debe establecer un programa regular de mantenimiento que incluya los siguientes puntos:

e.2.3.2. Sistemas de gestión

Por otra parte, las nuevas técnicas de comunicación permiten la implantación de sistemas de gestión de energía y otros más sofisticados, como los sistemas expertos, que son capaces de gestionar gran cantidad de datos y controlar las instalaciones. Cuando se instala un sistema de gestión o un sistema experto, el objetivo es obtener un uso más racional de las instalaciones, ahorrar energía, reducir mano de obra, reducir averías y prolongar la vida útil de los equipos como medidas principales. Estos sistemas expertos son capaces de controlar el consumo de energía optimizando los parámetros de forma que se obtenga un mínimo coste energético. Normalmente, el sistema de gestión está basado en un ordenador y en un *software* de gestión. No obstante, el elemento del programa debe ser siempre el operador o persona encargada de la gestión energética.

Uno de los resultados más inmediatos de la instalación de un sistema de gestión es la disminución del consumo de energía, obteniéndose unos ahorros que oscilan entre el 10% y el 30%.

f.- METODOLOGIA

f.1 Matriz de consistencia general

<p>PROBLEMA GENERAL DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>El hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba no dispone de un estudio de eficiencia energética que permita a sus directivos impulsar un proyecto sostenido de ahorro de energía.</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>1.- ¿Cuáles son los principales portadores energéticos del hospital?</p> <p>2.- ¿Cuál es la calidad de la energía eléctrica del hospital?</p> <p>3.- ¿Cuál es el plan de mejoras para reducir los consumos existentes?</p>			
TEMA	OBJETO DE INVESTIGACION	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL
Auditoria energética en el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba.	Hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba.	Realizar una auditoria energética en el hospital KOKICHI OTANI de Vilcabamba.	Con el plan de mejoras se podrá disminuir el consumo energético.

f.2 Materiales

Los principales materiales que se utilizaran en el presente proyecto son los siguientes:

- Materiales bibliográficos
- Analizador de redes
- Contadores de energía
- Multímetro
- Cámara digital

Dentro de los materiales a utilizar como instrumento tecnológico también esta la computadora que a través de distintos software permitirá ordenar la información que se presente en el transcurso del proyecto.

f.3 Métodos

- Búsqueda de información.
- Análisis de información recogida sobre índice de consumo.
- Análisis de las mediciones que se realicen en las instalaciones eléctricas del hospital.
- Sistematización de la información.
- Cálculo y análisis de potencia en el transformador.
- Elaboración del plan de mejoras.
- Identificar los beneficios que tendría el plan de mejoras.
- Elaboración del documento final

G.-CRONOGRAMA

N°	ACTIVIDAD O TAREA	1° MES	2° MES	3° MES	4° MES	5° MES	6° MES	7° MES	8° MES	9° MES	10° MES	11° MES	12° MES	13° MES	14° MES	15° MES	16° MES	17° MES	18° MES
1	Elaboración del anteproyecto	X																	
2	Presentación y aprobación del anteproyecto		X																
3	Recolección de información del índice de consumo del hospital y análisis de la información recogida.			X															
4	Instrucción de la utilización de los implementos que se usarán para el monitoreo				X														
5	Monitoreo de la actividad energética del hospital					X	X												
6	Análisis de la información recogida del monitoreo							X	X										
7	Elaboración del plan de mejoras para el ahorro energético									X	X								
8	Elaboración del documento final											X							

h.- PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

N°	Actividad o tarea	Presupuesto	Financiamiento
1	Elaboración del anteproyecto	50.00	Financiamiento propio
2	Presentación y aprobación del anteproyecto	20.00	Financiamiento propio
3	Recolección de información del índice de consumo del hospital y análisis de la información recogida	50.00	Financiamiento propio
4	Instrucción de la utilización de los implementos que se usarán para el monitoreo	100.00	Financiamiento propio
5	Monitoreo de la actividad energética del hospital	80.00	Financiamiento propio
6	Análisis de la información recogida del monitoreo	50.00	Financiamiento propio
7	Elaboración del plan de mejoras para el ahorro energético	50.00	Financiamiento propio
8	Elaboración del documento final	100.00	Financiamiento propio
TOTAL		\$ 500.00	

i.- BIBLIOGRAFIA

Libros.

- Clark, William. 2012. Análisis y gestión energética de edificios. Métodos, proyectos y sistemas de ahorro energético. s.l. : Mc Graw Hill. ISBN, 2012.
- FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID. 2010. guía de ahorro y eficiencia energética en hospitales, Madrid, España. 329p.
- LOHR, Walter. GAVER, Karin. SERRANO, Nelson. SAMORANO, Alicia. 2009. Eficiencia energética en hospitales públicos. Santiago de Chile, GTZ Dalkia. Pags. 89

Páginas Web.

- <http://www.elec.itmorelia.edu.mx/armonico/Capitulo%20I.htm>. [Citado el: 23 de Julio de 2012.]
- <http://www.ingeo-electronica.com.ar/centros-medicos.htm>. [En línea] 18 de Julio de 2012.
- <http://www.ipsom.com/clientes/eficiencia-energetica-hospitales>. [Citado el: 19 de Julio de 2012.]
- <http://www.senexconsultores.com/Auditoria.html>. [En línea] 16 de Julio de 2012. [Citado el: 16 de Julio de 2012.]
- <http://www.twenergy.com/energia-curiosidades/que-es-la-eficiencia-energetica>. [Citado el: 16 de Julio de 2012.]

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA ESPECÍFICA

PROBLEMA ESPECÍFICO 1: ¿Cuáles son los principales portadores energéticos del hospital?			
OBJETIVO	UNIDAD DE OBSERVACION	HIPOTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
Determinar los principales portadores energéticos usados en el hospital y sus índices de consumo.	<ul style="list-style-type: none"> • Portadores energéticos • Índices de consumo 	de Con la determinación de los principales portadores energéticos y sus índices de consumo se conocerá el gasto económico que tiene el hospital con relación a su uso.	<ul style="list-style-type: none"> • Auditorías energéticas. • Eficiencia energética. • Portadores energéticos en hospitales. • Consumo energético en hospitales

PROBLEMA ESPECÍFICO 2: ¿Cuál es la calidad de la energía eléctrica del hospital?			
OBJETIVO	UNIDAD DE OBSERVACION	HIPOTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
Realizar un análisis de la calidad de la energía eléctrica en el hospital.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de la energía eléctrica. • Datos de medición. • Calidad de energía 	Con el análisis de la energía eléctrica se lograra mejorar la calidad de la misma.	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo energético en hospitales • Instrumentos de medición • Disturbios en la calidad de la energía

PROBLEMA ESPECÍFICO 3: ¿Cual es el plan de mejoras para reducir los consumos existentes?			
OBJETIVO	UNIDAD DE OBSERVACION	HIPOTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
Elaborar un plan de mejoras en función de las posibilidades de ahorro identificadas dentro del hospital.	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones del hospital. • Plan de ahorro energético. 	Con un plan de mejoras se rectificara los problemas que existan para el mejoramiento y posterior ahorro energético.	<ul style="list-style-type: none"> • Energía eléctrica • Armónicas en los sistemas eléctricos

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERATIVIDAD DE LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS

OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Determinar los principales portadores energéticos usados en el hospital y sus índices de consumo.						
ACTIVIDAD O TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
Determinar los principales portadores energéticos	Búsqueda de información.	01/10/2012	14/10/2012	Luis Armando Zaavedra Ortiz	\$50,00	Tener definidos los principales portadores energéticos
Determinar los índices de consumo de los portadores energéticos.	Análisis de información recogida sobre índice de consumo.	15/10/2012	28/10/2012	Luis Armando Zaavedra Ortiz	\$50,00	Conocer que portador energético es de mayor consumo

OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Realizar un análisis de la calidad de la energía eléctrica en el hospital.

ACTIVIDAD O TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
Monitorear la calidad de energía eléctrica con el analizador de redes.	Análisis de las mediciones que se realicen en las instalaciones eléctricas del hospital.	29/10/2012	21/12/2012	Luis Armando Zaavedra Ortiz	\$100,00	Obtener datos reales del monitoreo.
Analizar información del monitoreo.	Identificar si existen problemas en la calidad de energía.	02/01/2013	03/02/2013	Luis Armando Zaavedra Ortiz	\$100,00	Conocer si se puede mejorar la calidad de energía eléctrica.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Elaborar un plan de mejoras en función de las posibilidades de ahorro identificadas dentro del hospital.

ACTIVIDAD O TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
Elaborar un plan de mejoras para un ahorro energético.	Análisis de las posibilidades de ahorro he identificar los beneficios que tendría el plan de mejoras.	04/02/2013	29/04/2013	Luis Armando Zaavedra Ortiz	\$100,00	Tener un ahorro energético significativo.

ANEXO 3: MATRIZ DE CONTROL DE RESULTADOS

Nº	RESULTADO ESPERADO	FECHA DE ENTREGA	FIRMA TUTOR
1	Tener definidos los principales portadores energéticos.	28/09/2012	
2	Determinar los consumos energéticos y analizar la calidad de la energía.	19/10/2012	
3	Proponer un ahorro energético significativo.	21/12/2012	
4	Tener identificados los cambios que se debería hacer para tener un ahorro.	01/02/2013	
5	Conocer que tan viable es ejecutar un plan de mejoras.	29/04/2013	