



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TEMA:

“ANÁLISIS DE CARGA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL DE LA CIUDAD DE IBARRA Y PROPUESTA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA SEGÚN REGULACIÓN No. CONELEC 004/01 “

Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniero en la especialidad Mantenimiento Eléctrico.

AUTORES:

AGUIRRE ALARCÓN LUIS FELIPE
HERRERA CHURTA GERMÁN EDMUNDO

DIRECTOR:

ING. HERNÁN PÉREZ

Ibarra, Julio 2010

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Director de Tesis sobre el tema “Análisis de carga del Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según Regulación No. CONELEC 004/01”, de los señores Luis Felipe Aguirre Alarcón y Germán Edmundo Herrera Churta, egresados de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y meritos suficientes para el sometimiento a la evaluación del jurado examinador que el Honorable Consejo Directivo designe.

Ibarra, Julio 2010

El Director

Ing. Hernán Pérez

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por darme la vida, a la memoria de una gran mujer Paulina Genoveva Alarcón Estévez mi querida madre; a mi Padre por su Amor y Cariño incondicional, a mí Esposa y a mis amados hijos Sebastián Felipe y Paulina Montserrat, razón de mi vida.

Luis Felipe

DEDICATORIA

A mi madre que siempre permanecerá en mi corazón, a mi amada esposa Ligia, por su apoyo incondicional para terminar este proyecto.

A mis hijos, para incentivarlos con el ejemplo de superación, para conquistar las metas propuestas.

Germán Edmundo

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte
fuente del Saber.

A los Directivos, Técnicos y
Funcionarios del Hospital San Vicente
de Paúl de la ciudad de Ibarra, por
facilitarnos la información necesaria
para esta investigación.

A los técnicos de la Empresa Eléctrica
Regional Norte S.A. EMELNORTE.

Al ingeniero Hernán Pérez por su
acertado asesoramiento.

Y de manera especial a los Ingenieros
Robinson Mejía, José Angamarca,
Alejandro Echeverría y Gerardo Velasco
por su valioso aporte desinteresado en
la culminación de este proyecto.

Los Autores

ÍNDICE

CARÁTULA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I	
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Formulación del problema	4
1.4. Delimitación	
1.4.1. Espacial	5
1.4.2. Temporal	5
1.5. Objetivos	
1.5.1. General	5
1.5.2. Específicos	6
1.6. Preguntas de investigación	6
1.7. Justificación del Proyecto	7
1.8. Factibilidad	
1.8.1. Factibilidad legal	8
1.8.2. Factibilidad técnica	9
1.8.3. Factibilidad económica	9

CAPITULO II

2.	MARCO TEÓRICO	
2.1.1.	Aspectos legales	10
2.1.2.	Constitución Política del Ecuador	10
2.1.3.	Ley de régimen del sector eléctrico	11
2.1.4.	Reglamento sustitutivo de la ley de régimen del sector eléctrico.	13
2.1.5.	Ley orgánica de defensa del consumidor	14
2.1.6.	Calidad de Energía	
2.1.6.1.	Definición	17
2.1.6.2.	Importancia de la calidad de energía eléctrica (CEE)	18
2.1.6.3.	Aspectos generales de la calidad de la energía Eléctrica	19
2.1.6.4.	Perturbaciones	24
2.1.6.4.1.	Efectos de las perturbaciones	24
2.1.6.4.2.	Clasificación de las perturbaciones	25
2.1.6.5.	Otras normas sobre calidad de la energía	32
2.1.7.	Pliego tarifario vigente – Resolución 007/10 18 de Febrero de 2010	39
2.1.7.1.	Categoría general	40
2.1.8.	Demanda y demanda máxima	42
2.1.9.	Carga instalada	44
2.1.9.1.	Tipos de cargas	45
2.1.9.2.	Curva de carga	47
2.1.10.	Fundamentos sobre el factor de potencia	48
2.1.10.1.	Clases de potencias	49
2.1.11.	Factor de potencia	55
2.1.11.1.	Factor de potencia (Regulación N. CONELEC 004/01)	57

2.1.11.2.	Porque existe un bajo factor de potencia	59
2.1.11.3.	Ventajas de corregir el factor de potencia	60
2.1.11.4.	Compensación del factor de potencia	61
2.1.11.5.	Métodos para corregir el factor de potencia	61
2.1.11.6.	Reducción de los recargos	67
2.1.11.7.	Reducción de las caídas de tensión	68
2.1.11.8.	Reducción de la sección de los conductores	68
2.1.11.9.	Disminución de las pérdidas	69
2.1.11.10.	Aumento de la potencia disponible en la instalación	69
2.2.	Glosario de términos	70

CAPITULO III

3.	METODOLOGÍA	
3.1.	Tipos de investigación	
3.1.1.	Investigación descriptiva	73
3.1.2.	Investigación propositiva	74
3.2.	Diseño de la investigación	74
3.3.	Métodos	
3.3.1.	Método inductivo – deductivo	75
3.3.2.	Método analítico y sintético	75

CAPITULO IV

4.	ANÁLISIS, MEDICIONES Y DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO	
4.1.	Descripción general del Hospital San Vicente de Paúl	76

4.2.	Recopilación de información	78
4.3.	Cámara de transformación	79
4.3.1.	Generador de emergencia	79
4.4.	Levantamiento de la carga	80
4.4.1.	Transformador de 800 kVA	80
4.4.2.	Transformador de 200 kVA	82
4.4.3.	Transformador de 75 kVA	83
4.4.4.	Carga instalada en el hospital	83
4.5.	Mediciones del sistema eléctrico del Hospital San Vicente de Paúl	
4.5.1.	Equipo utilizado en las mediciones	85
4.5.2.	Mediciones realizadas	87
4.5.3.	Curvas de carga del Hospital San Vicente de Paúl	88
4.5.4.	Resumen de resultados obtenidos con las mediciones	93
4.6.	Verificación de potencia aparente	104
4.6.1.	Norma NTE 2110- INEN 1998-03	105
4.7.	Cálculo de pérdidas en transformadores	107
4.7.1.	Cálculo de pérdidas en los transformadores del Hospital San Vicente de Paúl	
4.7.1.1.	Pérdidas en vacío	108
4.7.1.2.	Pérdidas bajo carga	109
4.7.2.	Cálculo de las pérdidas con el costo de la energía real	111
4.7.3.	Cálculo de perdidas en el transformador de 800 kVA	114
4.7.4.	Calculo de pérdidas del transformador de 800 kVA sumada la carga del transformador de 200 kVA	116

4.7.5.	Cálculo del factor de uso trasladando la carga del transformador de 200 kVA al de 800kVA.	117
4.7.6.	Calculo de pérdidas en el devanado	117

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1.	Conclusiones	120
5.2.	Recomendaciones	121

CAPITULO VI

6.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	
6.1.	Título de la propuesta	122
6.2.	Introducción	122
6.3.	Propósitos	123
6.4.	Acciones para mejorar la calidad de energía	123
6.5.	Metodología a aplicar	
6.5.1.	Método I: Cálculo de la compensación de potencia reactiva a partir de los datos de la planilla de consumo de energía	124
6.5.2.	Método II: Cálculo de la compensación de Potencia reactiva a partir de datos del analizador de red.	128
6.6.	Diseño y presupuesto del banco de capacitadores	
6.6.1.	Banco de capacitadores a instalar	135
6.6.2.	Presupuesto	136
6.6.3.	Diseño	137

6.6.4.	Como elegir el banco de capacitadores	140
6.6.5.	Programación del regulador	141
6.6.6.	Que es el C/K	142
6.6.7.	La Importancia del ajuste del C/K	143
6.7.	Evaluación económica de la propuesta	
6.7.1.	Introducción	145
BIBLIOGRAFÍA		150
LINKCOGRAFIA		154
ANEXOS		155

RESUMEN

“ANÁLISIS DE CARGA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL DE LA CIUDAD DE IBARRA Y PROPUESTA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA SEGÚN REGULACIÓN No. CONELEC 004/01 “

Autores: Luis Felipe Aguirre Alarcón

Germán Edmundo Herrera Churta

Tutor: Ing. Hernán Pérez.

Año: 2010

Este trabajo de investigación se ha realizado con el propósito de mejorar la calidad de energía eléctrica en el Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra para el cumplimiento de la Regulación No. CONELEC 004/01 y proponer además alternativas de solución para reducir los costos de penalización por bajo factor de potencia que mensualmente factura la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. a esta casa de Salud. Se han planteado objetivos que permiten establecer metas a cumplir para culminar con éxito este proyecto, así mismo contestar las preguntas de investigación. Con el propósito de conocer acerca del tema se realizó una investigación bibliográfica y de campo, lo cual ha enriquecido el tema propuesto. Se instaló medidores de calidad de energía en los tres transformadores existentes en el hospital y se procedió con el análisis de las mediciones, adicionalmente se realizó el levantamiento de carga de esta casa de salud. Al final de la investigación se añaden conclusiones y recomendaciones a seguir y finalmente en base al análisis de las mediciones se procede a plantear la propuesta con la evaluación técnica y económica.

ABSTRACT

“ANALYSIS OF LOAD OF THE HOSPITAL SAN VICENTE OF PAÚL OF IBARRA's CITY AND OFFER FOR THE FULFILLMENT OF THE QUALITY OF ENERGY ACCORDING TO REGULATION Not. CONELEC 004/01 ”

Authors: Luis Felipe Aguirre Alarcón
Germán Edmundo Herrera Churta
Tutor: Ing. Hernán Pérez.
Year: 2010

The present work of investigation has been realized by the intention of improving the quality of electric power in the Hospital San Vicente of Paúl of Ibarra's city for the fulfillment of the Regulation Not. CONELEC 004/01 and to propose in addition alternatives of solution to reduce the costs of penalty for low factor of power that monthly invoices the Electrical Regional Company North S.A. to this convalescent home. There have appeared aims that allow to establish goals to expiring to reach successfully this project, likewise to answer the questions of investigation raised. With the intention of knowing it brings over of the topic a bibliographical investigation was realized and of field, which has enriched the proposed topic. One installed quality meters of energy in three existing transformers in the hospital and one proceeded with the analysis of the measurements, additional there was realized the raising load of this convalescent home. At the end of the investigation conclusions and recommendations are added to continuing and finally on the basis of the analysis of the measurements one proceeds to raise the offer with the technical and economic evaluation.

INTRODUCCIÓN

En este tema de investigación se realiza el análisis de la carga del hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra, y se propone varias soluciones a los problemas ahí encontrados en lo referente a calidad de energía. Los propósitos de este trabajo de investigación están encaminados a mejorar la calidad del producto en dicho centro de salud el cual sirve al sector norte del país, así mismo verificar la situación actual de las instalaciones eléctricas y su funcionamiento.

- Capítulo I: El primer capítulo trata del marco contextual que da origen al planteamiento del problema de investigación, para lo cual exponemos los objetivos y la justificación. Además hace referencia sobre las potencialidades del Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra, como se encuentra distribuido su sistema eléctrico, y se describe como se alimenta de los circuitos de la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A.

- Capítulo II: Este encuadra el marco teórico, que es la base fundamental de la investigación con su parte teórico-científica.

- Capítulo III: El tercer capítulo se refiere a la metodología de la investigación que se caracteriza por tratar temas como las modalidades de investigación, tipos de investigación, procedimientos, el diseño de investigación donde se muestra que es de tipo no experimental de dimensión temporal y de corte transversal.

- Capítulo IV: En este capítulo se presenta una descripción del sistema eléctrico del Hospital San Vicente de Paúl, aquí se recopila la información, se analiza los datos obtenidos con los analizadores de calidad instalados a los transformadores existentes, se muestran las curvas de carga y se consideran algunos parámetros eléctricos en estudio.

- Capítulo V: El capítulo cinco sintetiza nuestro trabajo con las conclusiones y recomendaciones para el cumplimiento de la calidad de la energía y así cumplir con la Regulación No. CONELEC 004/01.

- Capítulo VI: El capítulo seis hace referencia a la Propuesta Alternativa, en él se describe el título, la introducción, propósitos, acciones para mejorar la calidad de energía, y la metodología aplicar, el desarrollo de la propuesta, evaluación técnica y económica, la bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En el sector norte del Ecuador específicamente la provincia de Imbabura se cuenta con entidades públicas de salud de gran magnitud, es así que el hospital San Vicente de Paúl con capacidad para 220 camas (167 en funcionamiento) es una de las instituciones más concurridas por los habitantes del cantón Ibarra y la provincia que necesitan de sus servicios. Para lo cual es necesario que este centro de salud tenga un servicio de energía confiable, continua y de alta calidad. En el área de cuidados intensivos y salas de operación es necesario contar con un servicio de energía que cumpla los parámetros de calidad ya que de eso dependen muchas vidas humanas.

El Hospital San Vicente de Paúl es una institución de servicio público, que brinda atención integral, hospitalaria y ambulatoria especializada a toda persona que requiera de su servicio. Cuenta con tecnología médica y quirúrgica de avanzada, además cumple con sus servicios de prevención, curación, rehabilitación e investigación bajo los principios fundamentales de la Seguridad Social y excelencia consolidando así su liderazgo en el sistema Nacional de Salud.

Esta institución recibe el servicio eléctrico de la subestación San Agustín de Emelnorte, y representa además una carga muy importante del circuito tres.

El presente trabajo de investigación propone un análisis de carga además las soluciones y mecanismos adecuados para corregir los parámetros de calidad del producto que se encuentren fuera de la Regulación CONELEC 004/01 y conocer el beneficio que significa para dicha institución de salud pública.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto de investigación se lo realizó en las instalaciones del Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra, el mismo que se encuentra alimentado por el circuito número 3 y 4 de la subestación San Agustín de Emelnorte.

La presente investigación ha determinado que el hospital San Vicente de Paúl representa el 16 % de los kVA instalados en el recorrido del circuito número 3 de la sub estación San Agustín. Los registros tomados por los medidores ION 8500 instalados en la Subestación San Agustín de Emelnorte en el alimentador número tres reportan que en todos los meses del año 2009, el factor de potencia promedio es de 0,85, (Fuente Unidad de Calidad de Energía de Emelnorte) por lo cual, es necesario analizar a las cargas más representativas del circuito, como es el caso del hospital; con el mejoramiento del sistema eléctrico de esta

casa de salud, se mejorará también el alimentador número tres de la sub estación San Agustín.

Mediante la realización de un análisis del voltaje, perturbaciones de voltaje y factor de potencia en las mediciones tomadas durante la semana del 10 al 17 de marzo de 2010 según la Regulación CONELEC – 004/01, los transformadores del Hospital San Vicente de Paúl se encuentran con parámetros fuera del límite que permite la norma.

El desconocimiento de las autoridades de esta unidad de salud en cuanto a realizar monitoreo y control de las instalaciones eléctricas, ocasiona que el hospital funcione con algunos parámetros que están fuera del límite que establece la norma, anomalías que son producidas por cargas no lineales de equipos instalados en este centro hospitalario.

Entre los problemas técnicos que se presentan son: bajo factor de potencia, presencia de armónicos de corriente que aumentan las pérdidas en conductores, sobredimensionamiento de transformadores, incremento en la demanda en horas pico, fallas en el sistema eléctrico, desconexiones del servicio sin que se pueda determinar las causas entre otros efectos, por lo que es necesario realizar un análisis de carga y plantear una propuesta donde se establezcan mecanismos y procedimientos para mejorar los parámetros eléctricos y cumplir con la regulación CONELEC 004 /01.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En virtud del análisis realizado, la presente investigación parte del siguiente problema:

¿Qué ocasiona la deficiente calidad de energía en las instalaciones eléctricas del Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra?

1.4. DELIMITACIÓN

El tema motivo de investigación es concreto y específico, ya que en él están claramente determinadas su delimitación espacial y temporal, así como cada una de sus unidades de observación. El desarrollo de este tema de investigación permitió realizar un análisis descriptivo y detallado del grado de cumplimiento de la Regulación 004/01 del CONELEC, respecto a calidad de energía eléctrica, en este se determinan los procesos, técnicas e instrumentos que se utilizan para mejorar la calidad de la energía eléctrica.

Para la realización de este proyecto se contó con el apoyo de la Empresa Eléctrica Regional Norte S. A, Emelnorte, quienes creen que la ejecución de dicho trabajo investigativo permite mejorar el suministro de energía eléctrica en áreas importantes como son las unidades de cuidados intensivos y salas de operación además de extender la vida útil de sus equipos y como consecuencia colateral mejorar la calidad de

energía en el alimentador número tres de la sub estación San Agustín de Emelnorte.

1.4.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

En cuanto a la delimitación espacial, se considera las instalaciones e infraestructura del actual Hospital San Vicente de Paúl de la Ciudad de Ibarra. Ubicado en la calle Luis Vargas Torres 1156.

1.4.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El presente trabajo de investigación se lo realizó en la ciudad de Ibarra, en el período de septiembre de 2009 a julio de 2010.

Además se contó con la predisposición necesaria como investigadores para culminar con éxito el presente tema de estudio.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer mecanismos y procedimientos para mejorar la calidad de energía en el Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los valores de nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje y factor de potencia en los transformadores de 800 kVA, 200 kVA y 75 kVA que alimenta al hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra.
2. Plantear los mecanismos adecuados para mejorar la calidad de energía en los transformadores existente en el hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra.
3. Analizar la carga existente en el Hospital San Vicente de Paul de la ciudad de Ibarra y verificar el estado de sus instalaciones eléctricas.
4. Determinar el costo beneficio y realizar un análisis técnico-económico que tendrá esta unidad de salud al mejorar la calidad de energía y así cumplir con la regulación CONELEC 004/01.

1.6. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué parámetros técnicos mejorarán el servicio de energía eléctrica en el Hospital San Vicente de Paúl y en qué porcentaje?
2. ¿Qué mecanismos se utilizarán para definir si existe una deficiente calidad de energía en los transformadores que alimentan al hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra?

3. ¿Cómo mejorar la calidad de energía en el hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra?
4. ¿Qué procedimientos se tomaron para mejorar la calidad de energía?
5. ¿Cuánto va a invertir el Hospital San Vicente de Paúl en mejorar la calidad de energía y cuáles son sus beneficios económicos?

1.7. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad se vive en un mundo cada vez más tecnificado, así con este avance tecnológico en todos los sectores, la innovación del sector de la salud en la provincia de Imbabura no podía ser la excepción.

El hospital San Vicente de Paul posee un moderno equipamiento en todas sus áreas de servicio como: neonatología, ecosonografía, terapia intensiva, cardiología, rayos x, neurología, cirugía, emergencia, entre otras; que por su naturaleza son cargas no lineales las cuales generan distorsión en la onda de voltaje y corriente.

Por esta razón en el hospital San Vicente de Paúl se instaló analizadores de calidad de energía con el fin de obtener la medición de algunos parámetros como nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje y factor de potencia; cabe indicar que los equipos fueron facilitados por la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. EMELNORTE.

En un circuito industrial de corriente alterna, las perturbaciones de voltaje y el bajo factor de potencia afectan directamente la eficiencia del servicio, por ello es necesario conocer las causas y efectos de tener una mala calidad de energía y proponer los métodos para mejorarlo.

Los motivos expuestos conllevan a señalar que la propuesta planteada en este proyecto permite mejorar la calidad de energía en el Hospital San Vicente de Paúl, demostrar el porcentaje de cargabilidad en los transformadores y además la reducción económica en la planilla del servicio eléctrico por concepto de penalización por un bajo factor de potencia y demanda.

El presente proyecto se lo realizó tomando en cuenta la Regulación CONELEC 004/01, y además normas internacionales vigentes.

1.8. FACTIBILIDAD

Es menester hacer referencia a la posibilidad de realizar este estudio en los siguientes aspectos:

1.8.1. FACTIBILIDAD LEGAL

Para la elaboración del presente proyecto de investigación no existe impedimento legal, ya que dicho tema se lo realizó en beneficio de

esta institución de salud que sirve a los pobladores del norte del país. Además como parte de la normativa legal vigente y según regulación CONELEC – 004/01 al referirse a aspectos de calidad del servicio manifiesta que: la calidad del servicio se medirá considerando la calidad del producto en los siguientes aspectos: a) Nivel de voltaje, b) perturbaciones de voltaje, y c) Factor de Potencia” adicionalmente a la LEY DEL RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO se cuenta con normas, reglamentos y regulaciones emitidas por el Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC.

1.8.2. FACTIBILIDAD TÉCNICA

El Hospital San Vicente de Paúl facilitó la medición e inspecciones técnicas necesarias para el desarrollo del presente proyecto. Así mismo el apoyo con personal técnico de esta casa de salud.

Fue de vital importancia el desarrollo de este proyecto, ya que se contó con las herramientas, instrumentos y conocimientos necesarios para su culminación, además teniendo la capacidad de hacerlo y el apoyo técnico del personal de la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. Emelnorte.

1.8.3. FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene una inversión de 4143,63 dólares americanos recuperables en trece meses aproximadamente, lo que hace considerar un proyecto factible.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. ASPECTOS LEGALES

En la elaboración del presente trabajo de investigación fue necesario conocer los aspectos legales, que justifican la ejecución del mismo, es así que partimos desde la máxima Ley que existe en el país como es la Constitución Política del Ecuador, ya que en varios de sus artículos hace referencia a la calidad de la energía eléctrica y también a los deberes y derechos tanto de las empresas eléctricas como de sus clientes.

2.1.2. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR

Es necesario citar lo que indica el Capítulo II. Sobre los derechos civiles.

Art. 23.- “Sin perjuicio de los derechos establecidos en esta constitución y en los instrumentos internacionales vigentes, el Estado reconocerá y garantizará a las personas los siguientes”. 7.) El derecho a disponer de bienes y servicios de calidad...

También es menester citar lo que indica el capítulo V en la sección tercera donde trata acerca de los derechos de los consumidores.

Art. 92.- “La ley establecerá los mecanismos de control de calidad los procedimientos de defensa del consumidor, la reparación e indemnización por deficiencias, daños y mala calidad de bienes y servicios, y por la interrupción de los servicios públicos no ocasionados por catástrofes, caso fortuito o fuerza mayor y las sanciones por la violación de estos derechos”.

En conclusión determinamos que, el control de la calidad de la energía eléctrica, es una obligación tanto de las empresas distribuidoras como de sus abonados, cumplir con las normas y reglamentos que establece el ente regulador CONELEC. Tanto leyes como reglamentos, regulaciones deben modificarse, actualizarse y alinearse a la nueva constitución sin embargo debemos acogernos a la normativa que por el momento está vigente.

2.1.3. LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO

Contiene las normas relacionadas con la estructura del sector eléctrico, su funcionamiento es relacionado con Generación, Distribución, Mercado Eléctrico Mayorista, Transmisión, Ambiental, Grandes Consumidores, Transacciones Internacionales, Tarifas. Esta ley está vigente desde el 10 de octubre de 1996, además fue reformada mediante Ley No. 2006-55 publicada en el Registro Oficial No. 364 de 26 de septiembre de 2006. Se incluyen las disposiciones generales y transitorias

que no forman parte de la LRSE. Se agregan las disposiciones transitorias séptima y octava.

Según el Art. 1: Deber del Estado:

El suministro de energía eléctrica es un servicio de utilidad pública de interés nacional; por tanto, es deber del Estado satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de recursos naturales, de conformidad con el Plan Nacional de Electrificación.

En el Art. 5 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico fija los siguientes objetivos fundamentales de la política nacional en materia de generación, transmisión y distribución de electricidad, para lo cual se extrae los correspondientes a este estudio.

1. Proporcionar al país un servicio eléctrico de alta calidad y confiabilidad que garantice su desarrollo económico y social.
2. Asegurar la confiabilidad, igualdad y uso generalizado de los servicios e instalaciones de transmisión y distribución de electricidad.
3. Proteger los derechos de los consumidores y garantizar la aplicación de tarifas preferenciales para los sectores de escasos recursos económicos.
4. Regular la transmisión y distribución de electricidad, asegurando que las tarifas que se apliquen sean justas tanto para el

inversionista como para el consumidor.

5. Establecer sistemas tarifarios que estimulen la conservación y el uso racional de la energía.

2.1.4. REGLAMENTO SUSTITUTIVO DE LA LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO

Este reglamento fue emitido mediante Decreto Ejecutivo No. 2066 de 14 de noviembre de 2006, S. R. O. No. 401 de 21 de noviembre de 2006, en el periodo presidencial del Dr. Alfredo Palacios González, donde señala:

Art. 1.- OBJETIVO.- El objetivo de este reglamento es establecer normas y procedimientos generales para la aplicación de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, en la actividad de generación y en la prestación de los servicios públicos de transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, necesarios para satisfacer la demanda nacional, mediante el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales.

Art. 12.- CRITERIOS.- El Plan Maestro de Electrificación será elaborado por el CONELEC tomando en consideración los aspectos siguientes:

- a. La política nacional del sector eléctrico formulada por el Presidente de la República a través del Ministerio de Energía y Minas;
- b. La proyección de la demanda de energía eléctrica;

- c. El inventario de recursos energéticos y de proyectos para la producción de energía eléctrica;
- d. Las acciones necesarias para promover la calidad en los servicios ofrecidos y consolidar la protección y conservación del ambiente.
- e. La adopción de políticas específicas para el uso racional de la energía eléctrica, con el fin de optimizar la eficaz utilización de la energía y la disminución de las pérdidas en todas las fases.

2.1.5. LEY ORGÁNICA DE DEFENSA DEL CONSUMIDOR

Las disposiciones de la presente ley son de orden público y de interés social, sus normas por tratarse de una Ley de carácter orgánico, prevalecerán sobre las disposiciones contenidas en leyes ordinarias. En caso de duda en la interpretación de esta Ley, se la aplicará en el sentido más favorable al consumidor. El objeto de esta ley es normar las relaciones entre proveedores y consumidores, promoviendo el conocimiento y protegiendo los derechos de los consumidores y procurando la equidad y la seguridad jurídica en las relaciones entre las partes.

La presente Ley fue publicada en el Registro Oficial No. 116 el día Lunes 10 de julio de 2000 por el Congreso Nacional; en lo referente a los derechos y obligaciones de los consumidores señala:

Art. 4.- DERECHOS DEL CONSUMIDOR.- Son derechos

fundamentales del consumidor, a más de los establecidos en la Constitución Política de la República, tratados o convenios internacionales, legislación interna, principios generales del derecho y costumbre mercantil, los siguientes:

1. Derecho a la protección de la vida, salud y seguridad en el consumo de bienes y servicios, así como a la satisfacción de las necesidades fundamentales y el acceso a los servicios básicos;
2. Derecho a que proveedores públicos y privados oferten bienes y servicios competitivos, de óptima calidad, y a elegirlos con libertad;
3. Derecho a recibir servicios básicos de óptima calidad;
4. Derecho a la información adecuada, veraz, clara, oportuna y completa sobre los bienes y servicios ofrecidos en el mercado, así como sus precios, características, calidad, condiciones de contratación y demás aspectos relevantes de los mismos, incluyendo los riesgos que pudieren presentar;
5. Derecho a un trato transparente, equitativo y no discriminatorio o abusivo por parte de los proveedores de bienes o servicios, especialmente en lo referido a las condiciones óptimas de calidad, cantidad, precio, peso y medida;
6. Derecho a la protección contra la publicidad engañosa o abusiva, los métodos comerciales coercitivos o desleales;
7. Derecho a la educación del consumidor, orientada al fomento del consumo responsable y a la difusión adecuada de sus derechos;

8. Derecho a la reparación e indemnización por daños y perjuicios, por deficiencias y mala calidad de bienes y servicios;
9. Derecho a que en las empresas o establecimientos se mantenga un libro de reclamos que estará a disposición del consumidor, en el que se podrá anotar el reclamo correspondiente, lo cual será debidamente reglamentado.

Art. 5.- OBLIGACIONES DEL CONSUMIDOR.- Son obligaciones de los consumidores:

1. Propiciar y ejercer el consumo racional y responsable de bienes y servicios.
2. Preocuparse de no afectar el medio ambiente mediante el consumo de bienes o servicios que puedan resultar peligrosos en ese sentido.
3. Evitar cualquier riesgo que pueda afectar su salud y vida, así como las de los demás, por el consumo de bienes o servicios lícitos.
4. Informarse responsablemente de las condiciones de uso de los bienes y servicios a consumirse.

2.1.6. CALIDAD DE ENERGÍA

2.1.6.1. DEFINICIÓN

Según la norma IEEE 519 – 1992 define a la calidad de la energía como:

Un problema de calidad de potencia es debido a cualquier variación en el servicio de potencia eléctrica que da lugar al funcionamiento defectuoso o fallo en el equipamiento del usuario tal como, reducción de tensión, sobretensión, transitorios, distorsión armónica y ruido eléctrico.

Del concepto anterior se determina que es muy amplia su definición pero se puede resumir que la calidad de la energía es el resultado de una atención continua con ausencia de interrupciones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje.

En años recientes se ha incrementado el equipamiento del Hospital San Vicente de Paul, en especial con cargas no lineales sensibles, las cuales por si solas resultan ser una causa de degradación en la calidad de la energía eléctrica.

Es indispensable el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica ya que son componentes fundamentales para el futuro del desarrollo

sustentable del sector energético ecuatoriano, mismo que se ha visto afectado por el alto crecimiento de la demanda de energía eléctrica y el poco interés en el campo de la producción de la misma.

2.1.6.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA (CEE).

La calidad de energía eléctrica es de vital importancia para las empresas distribuidoras de electricidad, para los grandes consumidores industriales, edificios y para los fabricantes de equipos electrónicos, especialmente por estos motivos:

1. La necesidad económica de disminuir las pérdidas técnicas y no técnicas por parte de las empresas distribuidoras de electricidad.
2. El crecimiento en el mercado de equipos sensibles a las perturbaciones de tensión, siendo, también ellos a su vez, perturbadores.
3. La reducción de costos debidos a la pérdida de continuidad del servicio y a la falta de calidad
4. La deficiente calidad de la energía eléctrica ocasiona, la falta de producción, las pérdidas de materias primas, la falta de calidad de la producción. Además el mal funcionamiento o la parada de receptores prioritarios, como los ordenadores, el alumbrado y sistemas de seguridad, pueden poner en peligro la seguridad de las personas.

5. La reducción de los costos debido al sobredimensionamiento de las instalaciones y aumento de las facturas de electricidad.

Otras consecuencias de la degradación de la CEE son:

1. La disminución del rendimiento energético de la instalación eléctrica, lo que hace más costosa la factura de consumo eléctrico.

2.1.6.3. ASPECTOS GENERALES DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

Entre los aspectos más importantes de por qué debemos cumplir con la Calidad de la Energía Eléctrica tenemos:

- a. Porque el derecho a recibir un servicio de calidad lo establece la actual Constitución Política del Ecuador
- b. Porque existe una Ley Orgánica de Defensa del Consumidor
- c. Porque se promulgó una ley específica cómo es la Ley de Régimen del Sector Eléctrico – 1996
- d. El Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad (RSSE). Establece que las empresas eléctricas distribuidoras adecuaran progresivamente sus instalaciones, organización y procedimientos técnicos y comerciales.

- e. La Regulación 004/01 emitida en el 2001 establece niveles de calidad del servicio eléctrico y los procedimientos de evaluación a ser observados por las empresas eléctricas distribuidoras.

En nuestro país los procedimientos y actividades relacionadas con la calidad de la energía se las practica con lo establecido en la regulación CONELEC 004/01, en la página 3 indica que los aspectos de calidad del servicio se medirán considerando lo siguiente:

a. CALIDAD DEL SERVICIO TÉCNICO

Comprende los siguientes puntos:

1. Frecuencia de interrupciones
2. Duración de interrupciones

b. CALIDAD DEL PRODUCTO

Se refiere a:

1. Nivel de voltaje
2. Perturbaciones de voltaje.
3. Factor de Potencia.

c. CALIDAD DEL SERVICIO COMERCIAL.

Comprende los siguientes puntos:

1. Atención de solicitudes
2. Atención de reclamos.
3. Error en medición y facturación.

El presente tema de estudio se refiere a la Calidad del Producto por cuanto el análisis que se hizo es desde el punto de vista del cliente, ya que los otros dos parámetros le corresponden a la Empresa Distribuidora.

d. CALIDAD DEL PRODUCTO

En cuanto a calidad del producto analizamos los tres parámetros que comprenden en este ítem los mismos que se detallan a continuación.

1. Nivel de Tensión: El nivel de tensión representa la magnitud tanto en más como en menos que la mayoría de las cargas pueden soportar y operar de manera satisfactoria sin que se afecte su productividad y vida útil. En tal virtud, de acuerdo con la Regulación CONELEC 004/01, “la calidad de la tensión se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación a la tensión nominal en los diferentes niveles” (pag.5)

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

Donde:

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

2. Mediciones: El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

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.

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. 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. 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.

3. 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:

CUADRO N. 1
VARIACIONES DE VOLTAJE
CON RESPECTO AL VALOR DEL VOLTAJE NOMINAL

Descripción	Sub etapa 1	Sub etapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Cabe señalar que actualmente se encuentran en vigencia los parámetros de la sub etapa 2. En nuestro caso y de acuerdo al resultado de las mediciones obtenidas por el analizador observamos que se encuentran dentro de los parámetros exigidos por la regulación, entonces no es necesario profundizar en este tema.

2.1.6.4. PERTURBACIONES

Son el conjunto de fenómenos que afectan el funcionamiento de cualquier dispositivo, equipo o sistema eléctrico de potencia. Las perturbaciones son causadas por las condiciones de operación del sistema de suministro de energía eléctrica, por la naturaleza y características de operación de los equipos de los usuarios. Las fuentes más comunes de perturbaciones son los fenómenos atmosféricos (rayos, viento, etc.). La medición de la Calidad de la Potencia Eléctrica consiste en verificar que las señales de tensión y corriente cumplan con los parámetros vigentes establecidos por las normas adoptadas por cada país. También es de mucha importancia la duración de las perturbaciones, algunas pueden ser de corta duración, otras pueden ser de algunos ciclos y otras se pueden mantener por varios períodos e inclusive segundos y hasta minutos.

2.1.6.4.1. EFECTOS DE LAS PERTURBACIONES

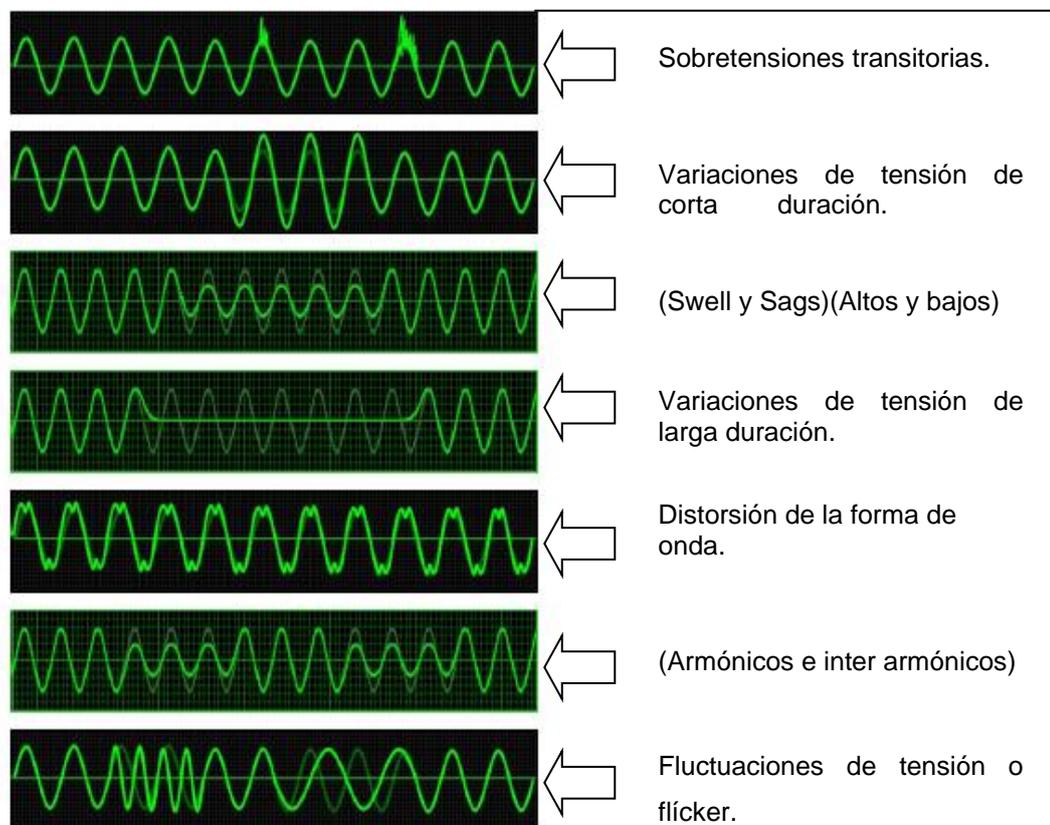
Las perturbaciones ocasionan dos efectos de forma general.

1. Efectos inmediatos: Maniobras intempestivas de contactores o de sistemas de protección, funcionamiento erróneo o parada de máquinas.
2. Efectos diferidos: Pérdidas de energía, envejecimiento acelerado de los equipos debido al calentamiento y esfuerzo electrodinámico suplementario (incendios) producido por las perturbaciones.

2.1.6.4.2. CLASIFICACIÓN DE LAS PERTURBACIONES

Según la Norma IEEE 1159 – 1995, clasifica a las perturbaciones en siete categorías según su contenido espectral, su magnitud y su duración, como en la figura siguiente se indica.

GRAFICO N. 1
TIPOS DE PERTURBACIONES



Fuente: Calidad De Potencia Eléctrica Universidad Nacional de Colombia.

Elaborado por: Los Autores

Para este estudio únicamente se analizó los dos temas tomados en cuenta en la Regulación CONELEC 004/01, los cuales son flícker y armónicas.

a. FLÍCKER

Según Spitta A, (2004), define que:

El flícker es una sensación fisiológica perceptible por el ser humano ocasionada por perturbaciones en el voltaje, que se manifiesta básicamente en las variaciones de la intensidad en la iluminación, que a su vez produce una sensación molesta a la vista. (pág.24).

El flícker es producido por las fluctuaciones de voltaje, las variaciones cíclicas del valor eficaz, los cambios aleatorios y los cambios momentáneos de voltaje.

- EFECTOS

El daño causado por el efecto flícker es deteriorar la calidad de la tensión, sin embargo, la mayoría de los equipos que tienen una constante de tiempo propia considerable no perciben este cambio. El efecto flícker tiene una mayor influencia en la iluminación, cuando la variación de flujo luminoso de las lámparas causa cansancio en la visión.

Las constantes variaciones del flujo luminoso, que crean una considerable molestia, no dependen de la forma de variación (senoidal, rectangular, etc.) sino de la frecuencia de repetición de las variaciones, por lo tanto se pueden sacar conclusiones de un análisis a las variaciones senoidales.

Las variaciones en la iluminación con frecuencias de 100Hz en lámparas alimentadas con corrientes de frecuencia de 60 Hz no son notadas por el ojo humano. Si la frecuencia de los cambios en la luminaria disminuyen, entonces los ojos se hacen más sensibles, tan pronto su amplitud supere un determinado pico, este pico disminuye y pasa por un mínimo a una frecuencia cercana a los 20 Hz y luego nuevamente aumenta.

En conclusión se puede decir que el flícker es el parpadeo del alumbrado debido a las fluctuaciones de la tensión entre 0.5 y 25 Hz. La medida se realiza mediante un parámetro llamado perceptibilidad, P_{st} , para tiempos cortos (10 minutos) y Plt para tiempos largos (generalmente 2 horas). Si la frecuencia de la señal eléctrica es inferior a la fundamental, recibe el nombre de sub armónico.

Según regulación No. CONELEC 004/01 “Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flícker, se considerará el Índice de Severidad por Flícker de Corta Duración (P_{st}), en intervalos de medición de 10 minutos, definida de acuerdo a las normas IEC; misma que es determinada mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

P_{st} : Índice de severidad de flícker de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$: Niveles de efecto “flícker” que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación”(pág.6)

- LÍMITES

Para la Regulación CONELEC 004/01 “El índice de severidad del Flícker 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 molestar al ojo humano en una muestra específica de población.”(pág. 7)

b. ARMÓNICAS

Según Velasco G, (2006) “se denominan armónicas a las ondas de tensión o de corriente cuyas frecuencias son varias veces mayor que la frecuencia fundamental de la red (60Hz en el Ecuador). Comprende frecuencias hasta un máximo de 2400 Hz”. (pág. 11)

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

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

Donde:

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 $i = 2... 40$) expresado en voltios.

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

- LÍMITES

Para la Regulación CONELEC 004/01 "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" (pág.8)

CUADRO N. 2
VALORES LÍMITES DE ARMÓNICAS DE VOLTAJE

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i $ o $ THD $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6 \cdot 25/n$	$0.2 + 1.3 \cdot 25/n$
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

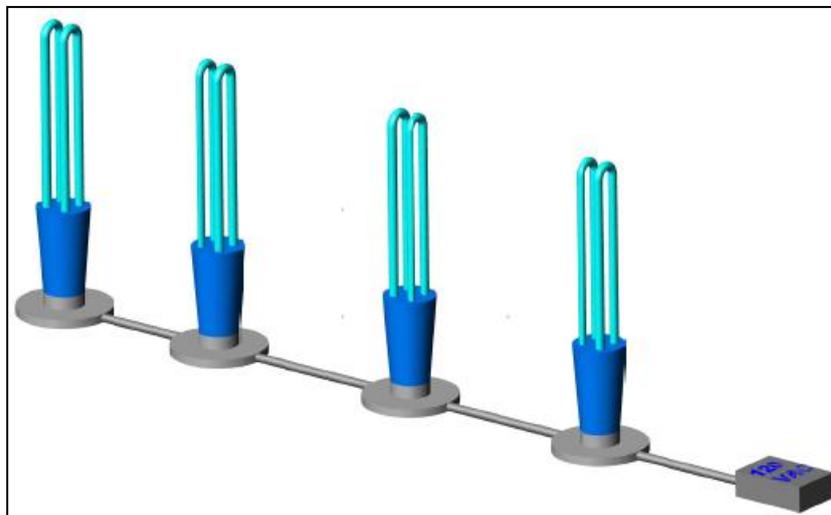
Fuente: Regulación CONELEC - 004/01

Elaborado por: Los Autores

- PRINCIPALES FUENTES DE ARMÓNICOS

Para BEDÓN, A “Las cargas se consideran no lineales cuando la intensidad que circula por ellas no tiene la misma forma sinusoidal que la tensión que les alimenta. Este tipo de cargas producen corrientes armónicas y se pueden clasificar según su pertenencia al entorno industrial o doméstico. Una carga no lineal cualquiera absorbe una corriente que contiene armónicos.” (pág.10).

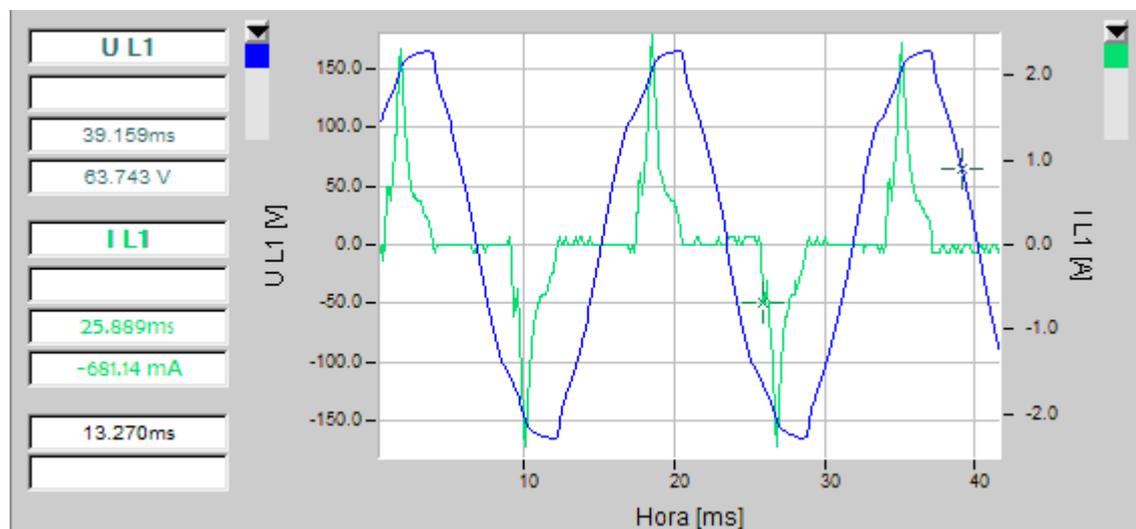
GRAFICO N. 2
CARGA NO LINEAL
FUENTE DE VOLTAJE ALTERNO
LÁMPARA FLUORESCENTE



Las lámparas fluorescentes compactas son cargas que producen distorsión en las redes eléctricas debido a que utiliza para su funcionamiento la electrónica de potencia.

En el siguiente gráfico se puede apreciar la corriente y voltaje obtenidos en tiempo real por el osciloscopio del equipo TOPAS 1000 del circuito eléctrico.

GRAFICO N. 3 FORMAS DE ONDA PRODUCIDAS POR FOCOS AHORRADORES



Fuente: Medición con equipo TOPAS 1000

Elaborado por: Los Autores

2.1.6.5. OTRAS NORMAS SOBRE CALIDAD DE LA ENERGÍA

Para la revista Calidad de la Potencia Eléctrica, Bogotá, Julio 2006 cuando habla de Norma dice “es un documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que establece, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para ciertas actividades o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado” (pag.3).

Históricamente, el diseño de los sistemas eléctricos en los años 60's con la invención del rectificador controlado de silicio "SCR", inició un movimiento gradual hacia el uso de la electrónica de potencia para suministrar cantidades significativas de energía, de igual manera las normas técnicas empezaron a regular los parámetros eléctricos para obtener energía de calidad.

Con estos antecedentes se puede señalar que los fabricantes de equipos eléctricos y electrónicos crean equipos más sensibles a las variaciones en la calidad de la potencia que los equipos usados en el pasado, debido al costo de fabricación y competencia en el mercado. Los nuevos equipos incluyen controles basados en micro procesadores y dispositivos electrónicos sensibles a muchos tipos de disturbios presentes en la red.

Por otra parte el consumidor busca en el mercado los equipos de menor valor sin tomar en cuenta el grado de distorsión armónica que generan estos equipos.

Así mismo las empresas distribuidoras deberían suministrar una información más detallada a sus clientes, considerando el comportamiento del sistema al instalar este tipo de cargas. Es así que debería existir una coordinación entre empresas distribuidoras de energía, sus clientes y fabricantes de equipos para conseguir energía de calidad. A continuación citamos las principales normas que rigen a los diferentes parámetros eléctricos.

CUADRO N. 3
NORMA N. 1: REGULACIÓN CONELEC 004/01

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA															
1	<p>TENSIÓN DE ESTADO ESTACIONARIO:</p> <p>Variaciones máximas permitidas en baja tensión:</p> <p>Las variaciones de tensión permitidas en condiciones normales de operación para redes de baja tensión (menores a 1kV) deben estar entre el 90% y el 110% de la tensión nominal, en periodos superiores a 1 minuto.</p>	<p>REGULACIÓN CONELEC 004/01</p> <p>Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sub etapa 1</th> <th>Sub etapa 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alto Voltaje</td> <td>± 7,0 %</td> <td>± 5,0 %</td> </tr> <tr> <td>Medio Voltaje</td> <td>± 10,0 %</td> <td>± 8,0 %</td> </tr> <tr> <td>Bajo Voltaje. Urbanas</td> <td>± 10,0 %</td> <td>± 8,0 %</td> </tr> <tr> <td>Bajo Voltaje. Rurales</td> <td>± 13,0 %</td> <td>± 10,0 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prevalece actualmente la sub-etapa 2</p>		Sub etapa 1	Sub etapa 2	Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %	Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %	Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %	Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %
	Sub etapa 1	Sub etapa 2															
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %															
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %															
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %															
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %															

CUADRO N. 4
NORMA N. 2: ANSI/IEEE std 1159 - 1995.

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
2	<p>EVENTOS EN TENSIÓN DE CORTA DURACIÓN:</p> <p>Variaciones máximas permitidas en baja tensión para eventos transitorios electromagnéticos rápidos y fluctuaciones de tensión: SAG/SWELL/SUBTENSIONES Y SOBRETENSIONES.</p> <p>Las variaciones de tensión de corta duración, permitidas para redes de baja tensión (menores a 1kV) se analizan por medio de la curva ITI, que es una envolvente de valores de tensión aceptables, dentro de la cual, típicamente se pueden aceptar variaciones de tensión de corta duración que pueden ser toleradas por la mayoría de equipos, en periodos inferiores a 1 minuto.</p>	<p>ANSI/IEEE std 1159 - 1995.</p> <p>“Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality”</p> <p>CURVA ITI (CBEMA) Information Technology Industry Council</p> <p>www.itic.org/tecnnical/iticurv.pdf</p> <p>IEC 555-3 según 025/95</p>

CUADRO N. 5

NORMA N. 3: ANSI/IEEE std 1159 - 1995.

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
3	<p>INTERRUPCIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN (Mayores a 1 minuto)</p> <p>Cuando existen este tipo de eventos, se deben contar su duración y la cantidad de veces que ocurre en periodos determinados y que aparecen en la Factura de Energía (DES y FES)</p>	ANSI/IEEE std 1159 - 1995. "Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality"

CUADRO N.6

NORMA N. 4: ANSI/IEEE std 1159 - 1995.

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
4	<p>INTERRUPCIONES DE TENSIÓN DE CORTA DURACIÓN (Menores a 1 minuto)</p> <p>Cuando existen este tipo de eventos, se pueden clasificar de acuerdo con su duración con relación a la caracterización del estándar 1159, no hay aun establecidos valores objetivos contra los cuales comparar.</p>	ANSI/IEEE std 1159 - 1995. "Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality"

CUADRO N.7

NORMA N. 5: REGULACIÓN CONELEC 004/01

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
5	<p>FLÍCKER</p> <p>Debido a que la molestia creada por el Flícker es una función de la intensidad de la percepción y la duración de la exposición, la Severidad de Larga Duración (Plt) se constituye en el indicador utilizado para evaluar su impacto, el cual es evaluado en un periodo de dos (2) horas. Y el valor máximo es de 1.0</p>	<p>REGULACIÓN CONELEC 004/01</p> <p>Para efectos de regulación de calidad Del servicio eléctrico.</p> <p>ANSI/IEEE std 519 - 1992. "Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems"</p> <p>IEC Std 6100-4-15- 2003. "Testing and measurement techniques FLICKERMETER"</p>

CUADRO N.8
NORMA N. 6: REGULACIÓN CONELEC 004/01

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
6	<p>ARMÓNICOS</p> <p>Contenido de Armónicos de las Ondas de Tensión y Corriente (Límites de Distorsión Armónica):</p> <p>Límites máximos recomendados de distorsión armónica en tensión: Para niveles de tensión nominal menores a 69kV: 5%.</p> <p>Límites máximos recomendados de distorsión armónica en corriente: Para niveles de tensión nominal menores a 69kV residenciales: 20%.</p>	<p>REGULACIÓN CONELEC 004/01</p> <p>Para efectos de regulación de calidad Del servicio eléctrico.</p> <p>ANSI/IEEE std 519 - 1992 "Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems"</p>

CUADRO N.9
NORMA N. 7: REGULACIÓN CONELEC 004/01

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
7	<p>FRECUENCIA</p> <p>Variaciones máximas permitidas en frecuencia:</p> <p>La frecuencia nominal del SIN es 60 Hz y su rango de variación de operación está entre 59.8 y 60.2 Hz en condiciones normales de operación. La frecuencia es una variable establecida y manejada por CENACE y los Generadores.</p>	<p>REGULACIÓN CONELEC 004/01</p> <p>Para efectos de regulación de calidad Del servicio eléctrico.</p>

CUADRO N.10
NORMA N. 8: ANSI-IEEE std 446- 1995

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
8	<p>CORRIENTE</p> <p>Los valores de corrientes deben estar por debajo de los valores Nominales de la capacidad de los conductores eléctricos de acuerdo con las especificaciones de NORMA ICONTEC NTC-2050</p> <p>Estos valores de demanda, deben estar dentro del 0,75 al 0,85 de la carga conectada según el std 446 -1995</p>	<p>ANSI-IEEE std 446- 1995 Orange Book "Recommended Practice for emergency and standby power systems for Industrial and Commercial Applicattions"</p>

CUADRO N.11
NORMA N. 9: ANSI/IEEE 1100 -1999

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
9	<p>CORRIENTES POR TIERRA</p> <p>Los valores de corrientes circulantes por tierra deben ser CERO según el RETIE</p> <p>O estar por debajo de los valores recomendados en el std IEEE/1100 de 0 a 10 A (r.m.s.)</p>	<p>ANSI/IEEE 1100 -1999 EMERALD BOOK "Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment" tabla 4-3</p> <p>FIPS PUB 94 – 1983 (Federal Information Processing Standars) Guideline on Electrical Power for ADP installations.</p>

CUADRO N.12
NORMA N. 10: REGULACIÓN CONELEC 004/01

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
10	<p>FACTOR DE POTENCIA:</p> <p>“El factor de potencia inductivo de las instalaciones deberá ser igual o superior a 0.90.”</p> <p>“En caso de que la energía reactiva consumida por un Usuario, sea mayor al cincuenta por ciento (50%) de la energía activa (kWh) que le es entregada en cada periodo horario, el exceso sobre este límite, en cada periodo, se considerará como energía activa para efectos de liquidar mensualmente el cargo por uso del respectivo sistema”</p>	<p>REGULACIÓN CONELEC 004/01</p> <p>Para efectos de regulación de calidad Del servicio eléctrico.</p> <p>Establece el límite en 0,92.</p>

CUADRO N.13
NORMA N. 11: ANSI-IEEE STD 446- 1995

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
11	<p>DESBALANCE DE TENSIÓN Y CORRIENTE</p> <p>El valor recomendado para desbalances de tensión en Baja Tensión en sistemas trifásicos es de 2,5 al 5% calculado así:</p> $\% \text{ desbalance } V = \frac{3 (V_{\max} - V_{\min})}{(V_a + V_b + V_c)}$ <p>El valor recomendado para desbalances de Corriente en Baja Tensión en sistemas trifásicos es de 5 al 20% para una fase.</p>	<p>ANSI-IEEE std 446- 1995 Orange Book “Recommended Practice for emergency and standby power systems for Industrial and Commercial Applicattions”</p>

CUADRO N.14
NORMA N. 12: ANSI IEEE 1100 – 1999

ITEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA
12	<p>TENSIÓN NEUTRO TIERRA</p> <p>En algunos sistemas de equipos electrónicos y de comunicaciones en donde se requiere que la señal de tierra utilizada para la electrónica sea lo más cercana a cero. Se sugiere un valor máximo de 1 V.</p> <p>En algunos países se sugiere un valor máximo de 0,6 V.</p>	<p>ANSI IEEE 1100 – 1999. "Recommended practice for powering grounding electronic element"</p>

2.1.7. PLIEGO TARIFARIO VIGENTE - RESOLUCIÓN 007/10 18 DE FEBRERO DE 2010

Según la página www.conelec.gov.ec expresa:

El presente pliego tarifario se sujeta a las disposiciones que emanan de La Ley de Régimen del Sector Eléctrico, del Reglamento General a la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y de la Codificación del Reglamento de Tarifas Eléctricas, de la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor y su correspondiente reglamento, en los aspectos pertenecientes a la prestación del servicio de energía eléctrica (Pág. 1).

El hospital San Vicente de Paúl por ser considerada como una entidad de Asistencia Social, se encuentra regido por este pliego tarifario y dentro de la Categoría General.

2.1.7.1. CATEGORÍA GENERAL

a. TARIFA EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN PARA ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO

Esta se aplica para todos los consumidores que estén catalogados en la Categoría General, Asistencia Social y Beneficio Público servidos en media tensión.

Para el pliego tarifario de las empresas eléctricas del país la “tarifa se aplica a los consumidores excepto consumidores industriales, que disponen de un registrador de demanda horaria que les permite identificar los consumos de potencia y energía en los períodos horarios de punta, media y base, con el objeto de incentivar el uso de energía en las horas de menor demanda”. (pág. 4)

El consumidor en este caso el Hospital San Vicente de Paul deberá pagar:

- a. Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- b. Un cargo por demanda en USD/Kw, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago sin derecho a consumo, afectado por un factor de corrección (FC).

- c. Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de 07h00 hasta 22h00 que corresponde al cargo por energía de la Tarifa de Media Tensión con Demanda.
- d. Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de 22h00 hasta las 07h00, que corresponde al cargo por energía del literal anterior disminuido en un 20% y estará definido en los cargos tarifarios.

b. DEMANDA FACTURABLE

En el caso de disponer de un medidor que registre Demanda Máxima. La demanda mensual facturable corresponde a la máxima demanda registrada en el mes por el respectivo medidor de demanda, y no podrá ser inferior al 60% del valor de la máxima demanda de los doce últimos meses, incluyendo el mes de facturación.

c. FACTOR DE CORRECCIÓN

Para aquellos consumidores que disponen de un registrador de demanda horaria, excepto consumidores industriales, el factor de corrección (FC) se obtiene de la relación:

$FC = DP/DM$, donde:

DP = Demanda máxima registrada por el consumidor en las horas de demanda pico de la empresa eléctrica (18h00 – 22h00)

DM = Demanda máxima del consumidor durante el mes

En ningún caso este factor de corrección (FC) podrá ser menor que 0,60.

2.1.8. DEMANDA Y DEMANDA MÁXIMA

Según el Programa de Ahorro de Energía – Ministerio de Energía y Minas. (2000) “Es la potencia consumida por la planta en un período de tiempo el cual varía de acuerdo a las características específicas de la planta.” (Pág. 2).

Una demanda se registra para:

1. Conocer el impacto de su costo sobre los costos de producción.
2. Evaluar la expansión de los sistemas industriales.
3. Para efectos de programar producción y sus efectos en la tarifa.
4. Identificar cargas que inciden en la demanda pico.
5. Determinar las horas de menor demanda.

Además, una demanda se controla para:

1. Optimizar los gastos de producción.
2. Las empresas concesionarias tiene tarifas mayores en las horas punta, esto obliga a controlar la máxima demanda en horas punta (18 - 22 h.), para reducir los altos gastos por este concepto.

3. Analizar los consumos específicos de un proceso, de un producto, entre otros.
4. Para evitar uno de los siguientes problemas:
 - Superposición operativa de máquinas.
 - Arranques frecuentes de motores en período de máxima demanda.
 - Programar la conexión de cargas para operar en horas punta.

Se debe considerar que las medidas que se implementan no perjudiquen la producción ni la productividad de la empresa, pero que puedan reducir los costos; entre los que se puede anotar:

1. Establecer programas de operación de cargas en procesos.
2. Implementar control automático de máxima demanda.
3. Aplicar equipos más eficientes.

En el caso de la potencia reactiva, se requiere además controlar este parámetro para efectos de la compensación reactiva y las medidas de control.

Por lo tanto, todas las instalaciones tienen cierta demanda en cualquier instante del tiempo.

Para el sistema de facturación de las empresas distribuidoras en el Ecuador, la más importante de todas las demandas, en una instalación, es la máxima ocurrida en el periodo de un mes y sostenida como mínimo durante 15 minutos.

El equipo encargado de registrar la demanda máxima es el medidor de demanda máxima, el cual registra la potencia demandada por la instalación, cada 15 minutos, de manera ininterrumpida.

Una vez tomada la lectura mensual de la demanda máxima, el personal de la empresa distribuidora reajusta a cero para iniciar un nuevo periodo de registro, actualmente los medidores digitales realizan este procedimiento de manera automática.

2.1.9. CARGA INSTALADA

Según Velasco, G. la carga instalada: “corresponde a la suma aritmética de las potencias de todos los equipos que existen en el interior de una instalación” (pag.31). Esta carga instalada se la describe en el momento que el abonado hace su solicitud para el servicio del suministro de electricidad.

En las instalaciones del Hospital San Vicente de Paul se hizo un censo de todos los equipos, actividad que es conocida como censo de carga.

2.1.9.1. TIPOS DE CARGA

Existen dos tipos de carga que son cargas lineales y no lineales que a continuación se las define:

Según CIRCUTOR (2001) manifiesta que los tipos de Carga son:

- a. **Cargas lineales.-** “una carga es lineal si al alimentarla con una tensión senoidal da lugar a una corriente senoidal de igual frecuencia, aunque puede existir un desfase entre tensión y corriente” (pág. 23).

Del concepto anterior se deduce que consumo o carga lineal es generalmente un aparato que funciona con las siguientes características:

- Su fuente de alimentación es sinusoidal
- Su consumo, es usualmente constituido por resistencias, inductancias y condensadores de valores fijos.

Una resistencia pura, una inductancia y una capacitancia son todas lineales. Lo que eso significa es que si una onda senoidal de voltaje de una cierta magnitud es puesta en un circuito que contiene una resistencia pura, por ejemplo, la corriente en el circuito obedece a la Ley de Ohm $I=V/R$.

Con una carga lineal, la relación entre el voltaje y la corriente es lineal.

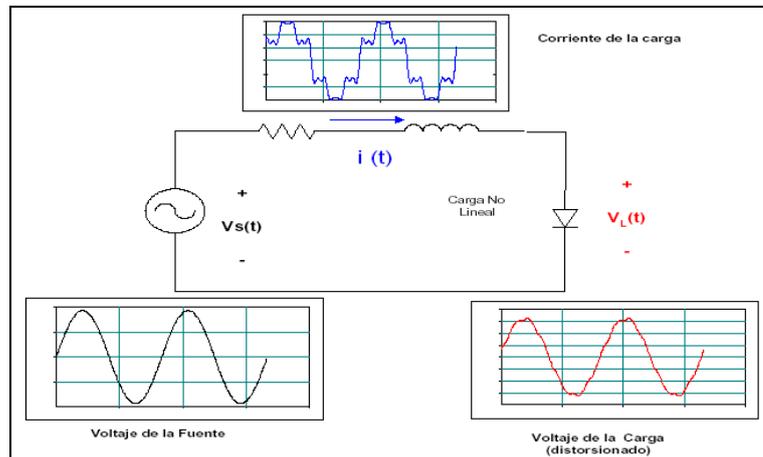
- b. Cargas no lineales.-** “Las cargas no lineales son aquellas, que no utilizan el voltaje sinusoidal suministrado por la red de distribución, sino que utilizan para su funcionamiento convertidores de voltaje y corriente los cuales distorsionan la frecuencia de red de suministro” (pág.25).

La electrónica de potencia puso a disposición de los hogares y las empresas productivas diversos equipos capaces de controlar el producto final: iluminación variable, velocidad ajustable, etc. Así, aproximadamente un 50% de la energía eléctrica pasa por un dispositivo de electrónica de potencia antes que ésta sea finalmente aprovechada.

La electrónica de potencia hace uso de diodos, transistores y tiristores, y prácticamente todos ellos trabajan en el modo de interrupción («switching»).

Esto significa que trabajan esencialmente en 2 estados: Estado de conducción y estado de bloqueo. Al resultar corrientes no sinusoidales se habla de distorsión armónica y de consumos no-lineales.

GRAFICO N. 4 DISTORSIÓN DE VOLTAJE PROVOCADO POR UNA CARGA NO LINEAL



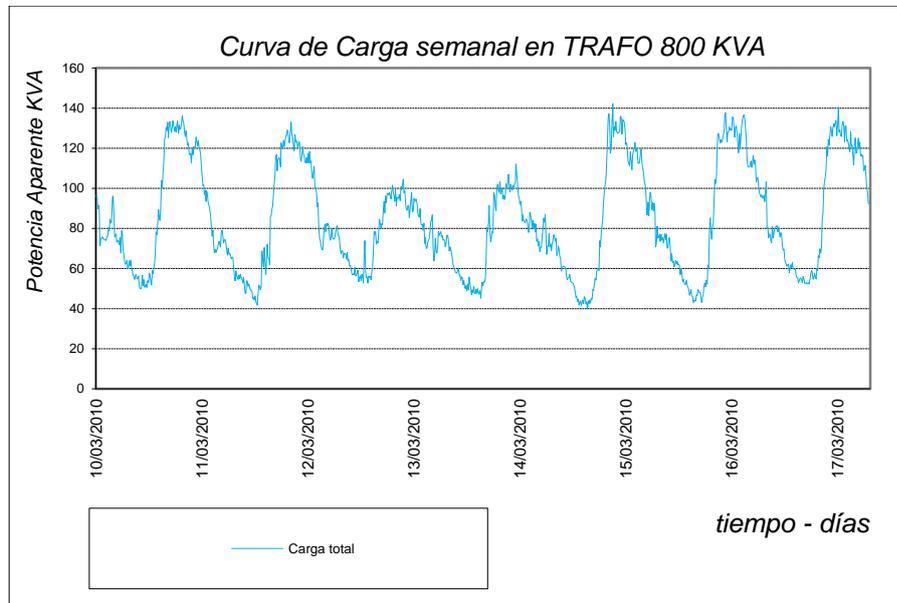
Fuente: www.pro cobre.org
Elaborado por: Los Autores

2.1.9.2. CURVA DE CARGA

Es la representación gráfica de la forma en que el consumidor, en un determinado intervalo de tiempo, hace uso de sus equipos eléctricos. El intervalo de tiempo puede ser diario, mensual, anual o cualquier otro útil para el análisis.

En el siguiente gráfico observamos cómo se comporta la carga en un día normal en el transformador de 800 kVA en las instalaciones eléctricas del Hospital San Vicente de Paul.

GRAFICO N. 5 CURVA DE CARGA DE 7 DÍAS EN EL H.S.V. DE PAUL



Fuente: Análisis de Medición Equipo Fluke 1744
Elaborado por: Los Autores

2.1.10. FUNDAMENTOS SOBRE EL FACTOR DE POTENCIA

Para conocer sobre el tema se han extraído los conceptos más importantes de las fuentes de consulta, los mismos que son de fácil comprensión.

2.1.10.1. CLASES DE POTENCIAS

Se toma las definiciones básicas de las diferentes potencias existentes con sus respectivas fórmulas para calcular.

a. POTENCIA ACTIVA

Según el Manual Teórico-Práctico de Schneider (2008) “la potencia activa se la define como la potencia que se transforma íntegramente en trabajo o en calor (pérdidas). Se mide en kWh.” (pag.16).

Del concepto anterior se deduce que todas las máquinas eléctricas alimentadas con corriente alterna convierten la energía eléctrica suministrada en trabajo mecánico y calor. Esta energía se mide en kWh y se denomina activa, los receptores que absorben únicamente este tipo de energía se denominan resistivos y por último es la potencia real consumida por el cliente.

GRAFICO N. 6
HORNO ELÉCTRICO



Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = U \times I \times \cos \phi$$

Fuente: Calidad de la Potencia Eléctrica- GENELEC, 2008

Elaborado por: Los Autores

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

Donde:

P: Potencia activa

U= Tensión de la red (tensión de línea) (entre fases)

I= Corriente de la línea

φ = Angulo de desfase entre el voltaje y la corriente.

b. POTENCIA REACTIVA

Para la revista CIRCUTOR S.A, (2007) la potencia reactiva es: “la potencia que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (como motores, transformadores, reactancias, etc.)”. (pág.27)

Entonces esta potencia no se convierte en trabajo útil, pero es muy necesaria para la creación de los campos magnéticos internos de los motores y transformadores, además aumenta la potencia total a transportar por las empresas eléctricas distribuidoras, así como también las pérdidas en los conductores, caídas de tensión de los mismos y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores.

Se mide en kVAr y se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Q=U \times I \times \text{sen}\varphi \quad (\text{sistema monofásico})$$

$$Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \text{sen } \varphi \quad (\text{sistema trifásico})$$

Los receptores consumidores de energía reactiva más importantes son los transformadores, en proporciones del 5 al 10% de la energía reactiva (Q) en relación a la energía activa (P).

GRAFICO N. 7 TRANSFORMADOR



Fuente: Uso Racional De La Energía Eléctrica -Ing. Flechas Jairo, 2008
Elaborado por: Los Autores

Otros elementos, como las reactancias de las lámparas fluorescentes y de descarga, o los convertidores estáticos (rectificadores) consumen también energía reactiva.

GRAFICO N. 8 FOCO AHORRADOR



Fuente: Uso Racional De La Energía Eléctrica- Ing. Flechas Jairo,
Elaborado por: Los Autores

Los motores asíncronos, en proporciones del 65 al 75% de energía reactiva (Q) en relación a la energía activa (P).

GRAFICO N. 9

MOTORES CONSUMIDORES DE ENERGÍA REACTIVA



Fuente: Manual Teórico Practico De Schneider
Elaborado por: Los Autores

c. POTENCIA APARENTE

Según Velasco, G. (2006) potencia aparente: “resulta de considerar la tensión aplicada al consumo por la corriente que ésta demanda” (pág.36)

En la práctica la potencia aparente se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = U \times I$$

$$S = \sqrt{3} \times U \times I$$

En definitiva la potencia aparente es el valor real demandado a la red y que es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva.

d. POTENCIA DE DISTORSIÓN

En la revista Scientia et technica, (2004) “Potencia de distorsión es cuando la instalación cuenta con cargas que producen armónicos, aparece una componente más a tener en cuenta en el cálculo de la potencia aparente se la conoce con la letra D” (pag.29).

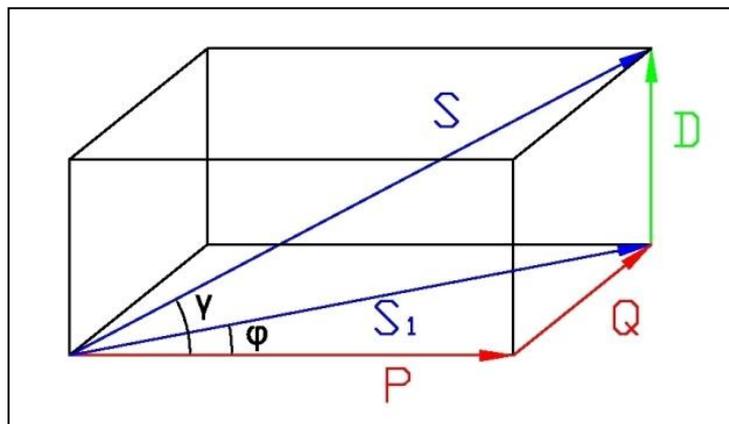
Lo que se concluye que actualmente esta potencia es la real medida por los analizadores, debido a las cargas no lineales, mismas que producen distorsiones armónicas de la red y a su vez inciden directamente en el factor de potencia.

$$D = U_1 X I_D$$

Donde:

- D= Potencia de distorsión
- U_1 = Voltaje de la red
- I_D = Corriente distorsionada

GRAFICO N. 10
POTENCIA DE DISTORSIÓN



Fuente: Diferencias Entre F_p Y $\cos\varphi$

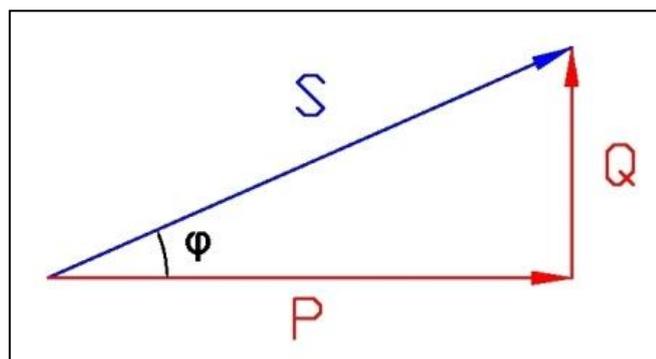
Elaborado por: Los Autores

2.1.11 FACTOR DE POTENCIA (CONCEPTO)

Según Schneider (2007) el factor de potencia “es el cociente de la potencia activa P (w) consumida por la instalación, en relación a la potencia aparente S (VA) suministrada por la red, para esta potencia activa, adquiere un valor entre 0 y 1.”(pag.31).

De lo expuesto resulta que el factor de potencia es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual nos señala el consumo de energía reactiva en la instalación en comparación con el consumo de energía activa. En el factor de potencia $\cos \varphi$ o tangente φ , la potencia activa P y la potencia reactiva Q se suman entre sí en forma vectorial dando como resultado la potencia aparente.

GRAFICO N. 11 TRIANGULO DE POTENCIAS



Fuente: El Factor De Potencia De Leyden

Elaborado por: Los Autores

Entonces del triángulo de potencias podemos determinar que el factor de potencia es igual a la siguiente expresión:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$$

El valor ideal del factor de potencia es 1, el cual corresponde a una carga netamente activa o resistiva, pero un valor técnico-económico aceptable para las empresas distribuidoras de electricidad es $\geq 0,92$.

El factor de potencia puede ser en retraso en un circuito R-L, en adelanto en un circuito R-C o unitario en un circuito R.

Por razones de orden práctico y tarifario, en las facturas de las empresas eléctricas distribuidoras, por ejemplo se calcula la tangente φ como el cociente entre la energía reactiva y la activa del período facturado, resultando por lo tanto un valor promedio.

Por lo anteriormente señalado; el factor de potencia o $\cos \varphi$ medio de una instalación para fines prácticos, se determina a partir de la fórmula siguiente:

$$FP = \frac{kWh}{KWh^2 + KVARh^2} = \cos \varphi$$

O bien,

$$FP = \cos \left(\arctan \frac{kVARh}{kWh} \right)$$

Donde:

KWh: Cantidad registrada por el contador de energía activa.

KVARh: Cantidad registrada por el contador de energía reactiva.

2.1.11.1. FACTOR DE POTENCIA (REGULACIÓN No. CONELEC 004/01)

En la Regulación CONELEC – 004/01 al hablar de factor de potencia dice que “para efectos de evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del periodo evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.” (pág. 9)

- LÍMITE

El valor mínimo es de 0,92. (Regulación CONELEC 004/01) (pág.10).

Entonces operativamente las empresas eléctricas distribuidoras tienen la obligación de realizar las mediciones de la calidad del producto, recopilar, analizar y mantener registros de la información relacionada con la calidad del producto y del servicio, para analizar y reportar al Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC).

Diseñar planes para mantener y mejorar el nivel de calidad del servicio eléctrico de acuerdo a las exigencias de los clientes y a las normativas vigentes, considerando el aspecto económico.

Presentar alternativas de corrección para los problemas de calidad.

El monitoreo de la calidad del producto se realiza a clientes especiales con cargas importantes, este es el caso del hospital San Vicente de Paul, cuya potencia instalada es representativa del circuito numero 3 de la sub estación San Agustín en un 16% de la potencia total del alimentador.

- **CARGOS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA**

Según www.conelec.gov.ec señala “Para aquellos consumidores de la Categoría General, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92 el distribuidor aplicará los cargos establecidos en el Reglamento de Tarifas, en concepto de cargos por bajo factor de potencia”. (pág. 10).

Donde se deduce que la penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de

energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización, multiplicando por el siguiente factor:

$$Bfp = (0,92/fpr) - 1,$$

Donde:

Bfp= Factor de penalización por bajo factor de potencia.

fpr = Factor de potencia registrado.

2.1.11.2. PORQUE EXISTE UN BAJO FACTOR DE POTENCIA

Para Velasco G, (2006) “la potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable, los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- a. Un gran número de motores
- b. Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado
- c. La subutilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.

- d. Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria”. (pág.44)

2.1.11.3. VENTAJAS DE CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA

Para el Manual Teórico - Práctico Schneider (2006): “la mejora del factor de potencia de una instalación, presenta múltiples ventajas de orden económico y eléctrico que permiten reducir el valor de la planilla” (pag.21).

Entonces corregir el factor de potencia nos ayuda a proteger las instalaciones eléctricas internas y recibir una calidad de servicio adecuada, por lo tanto es muy útil estar informados acerca de la importancia del factor de potencia de consumo y si se realiza incorporaciones de nuevas maquinarias o equipos eléctricos en las instalaciones tenemos que asegurarnos que sean de primera calidad y que estén correctamente compensados.

Mejorar el factor de potencia no es otra cosa que compensar los excesivos consumos de energía reactiva, para lo cual resulta práctico y económico instalar bancos de capacitores o condensadores. Mediante la instalación de estos bancos de capacitores el consumidor produce o genera su propia energía reactiva sin extraerla ni sobrecargar las redes de la empresa distribuidora del servicio.

2.1.11.4. COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Para la revista, Programas y Documentos de Ingeniería Eléctrica, Electric Listas, (2008): “Mejorar el factor de potencia de una instalación consiste en instalar un condensador al lado del consumidor de energía reactiva” (pág.2).

Del concepto anterior y comparado con la planilla de pago del Hospital San Vicente de Paul, tenemos un rubro mensual por penalización de bajo factor de potencia considerable, motivo por el cual es necesario corregir este problema mediante la instalación de un banco de capacitores mismo que su inversión será recuperada en corto tiempo creando un beneficio económico directo a la institución.

2.1.11.5. MÉTODOS PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA

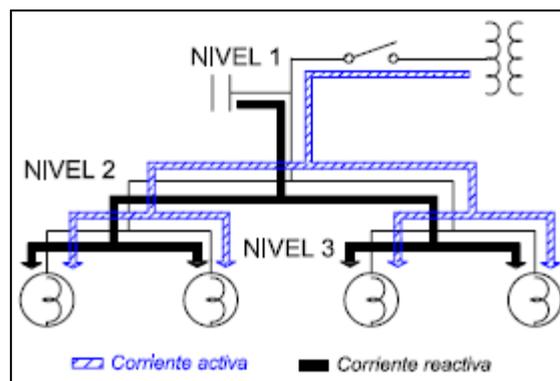
Existen varios métodos para cumplir con lo que se podría llamar la compensación de reactivos.

- COMPENSACIÓN GENERAL

Para SCHNEIDER ELECTRIC (2006) “Se trata de colocar los capacitores en la salida de bajo voltaje del transformador; con esto se logra suprimir las penalizaciones por consumo excesivo de energía reactiva, ajusta la potencia aparente (S kVA) a la necesidad real de la instalación y descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW). Un aspecto que se debe tener en cuenta con esta compensación, es que la corriente reactiva (I_r) está presente en toda la instalación, desde el nivel 1 hasta los receptores, por lo tanto las pérdidas por efecto joule en los cables no quedan disminuidas”. (pág. 12)

Este tipo de compensación se muestra a continuación

GRAFICO N. 12 EN LA SALIDA DE BAJA TENSIÓN

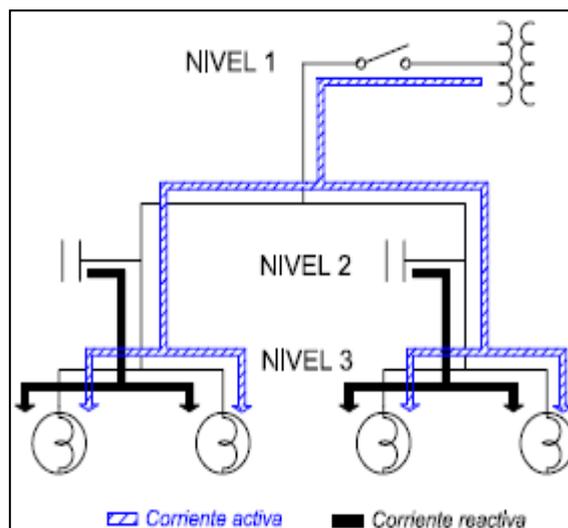


Fuente: SCHNEIDER ELECTRIC, “Manual teórico práctico”, Capítulo E
Elaborado por: Los Autores

- COMPENSACIÓN PARCIAL

Para SCHNEIDER ELECTRIC (2006) “La ubicación de la compensación capacitiva es a la entrada del cuarto de máquinas así se logra suprimir las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva, optimiza una parte de la instalación y descarga el centro de transformación (potencia en kW). Se logra disminuir las pérdidas por efecto Joule en los cables sin embargo la corriente reactiva (I_r) está presente en la instalación desde el nivel 2 hasta los receptores en el nivel 3”. (pág.12)

GRAFICO N. 13 A LA ENTRADA DEL CUARTO DE MÁQUINAS



Fuente: SCHNEIDER ELECTRIC, “Manual teórico práctico”, Capítulo E
Elaborado por: Los Autores

Una compensación parcial es aconsejable cuando la distribución de cargas es muy desequilibrada y de una salida de distribución depende una carga considerable.

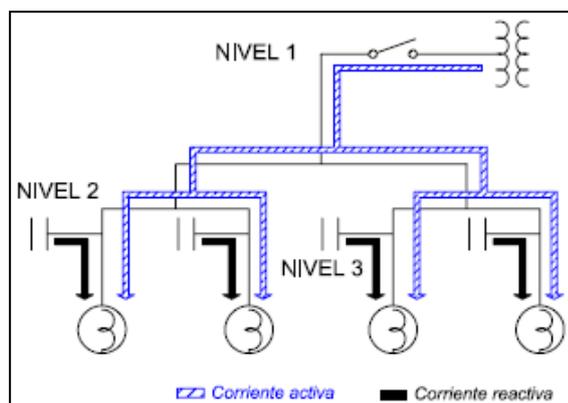
- COMPENSACIÓN INDIVIDUAL

Para el mismo autor esta compensación “se la realiza en los bornes de cada receptor inductivo y se logra suprimir las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva, optimiza toda la instalación eléctrica, la corriente I_r se abastece en el mismo lugar de consumo, y, descarga el centro de transformación.

Además se logra suprimir totalmente las pérdidas por efecto Joule en los conductores debido a que la corriente reactiva no está presente en estos. Una compensación individual es aconsejable cuando existen cargas muy importantes en relación a la carga total. Es el tipo de compensación que aporta más ventajas” (pág. 12).

GRAFICO N. 14

EN LOS BORNES DE CADA RECEPTOR DE TIPO INDUCTIVO



Fuente: SCHNEIDER ELECTRIC, “Manual teórico práctico”, Capítulo E

Elaborado por: Los Autores

- COMPENSACIÓN MIXTA

Así mismo para SCHNEIDER ELECTRIC (2006) la compensación mixta se hace “de acuerdo al tipo de instalación y de receptores, pueden coexistir en una misma instalación eléctrica los siguientes tipos de esquemas de conexión de capacitores”: (pág.12)

1. Compensación individual y parcial.
2. Compensación individual y global.
3. Compensación parcial y global.
4. Compensación individual, parcial y global.

- **COMPENSACIÓN FIJA**

Para SCHNEIDER ELECTRIC (2006) la compensación fija “es aquella en la que se suministra a la instalación, de manera constante, una misma potencia reactiva. Debe utilizarse cuando se necesita compensar una instalación donde la demanda reactiva sea constante. Es recomendable en aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar no supere el 15% de la potencia nominal del transformador”. (pág.12).

- **COMPENSACIÓN VARIABLE**

Según el mismo autor la compensación variable es “aquella en la que suministramos la potencia reactiva según las necesidades de la instalación. Debe utilizarse cuando la instalación tenga una demanda reactiva variable, es recomendable en las instalaciones donde la potencia reactiva a compensar supere el 15% de la potencia nominal del

transformador y/o para compensar la totalidad de una instalación” (pág.13).

Esta compensación automática, debe ser capaz de adecuarse a las variaciones de potencia reactiva requerida en la instalación, para conseguir mantener el FP objetivo de la instalación.

El equipo de compensación automático está constituido por tres elementos internos principales:

1. El regulador: Cuya función es medir el $\cos \varphi$ de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al $\cos \varphi$ objetivo, conectando los distintos escalones de potencia reactiva.
2. Los contactores: Son los elementos encargados de conectar los distintos capacitores que conforman el banco. El número de escalones que es posible disponer en un equipo de compensación automático depende de las salidas que tenga el regulador.
3. Los capacitores: Son los elementos que aportan la energía reactiva a la instalación. Normalmente la conexión interna de los mismos está hecha en triángulo.

Para el funcionamiento de un equipo de compensación automático es necesaria la toma de datos de la instalación; son los elementos externos que le permiten actuar correctamente al equipo:

1. La lectura de intensidad: Se debe conectar un transformador de intensidad que lea el consumo de la totalidad de la instalación.
2. La lectura de voltaje: Normalmente se incorpora en la propia batería de manera que al efectuar la conexión de potencia de la misma ya se obtiene este valor. Esta información de la instalación (voltaje e intensidad) le permite al regulador efectuar el cálculo del $\cos \varphi$ existente en la instalación en todo momento y le capacita para tomar la decisión de introducir o sacar escalones de potencia reactiva.
3. También es necesaria la alimentación a 230 V para el circuito de mando de los condensadores. El banco de condensadores incorporan terminales para este efecto.

2.1.11.6 REDUCCIÓN DE LOS RECARGOS

Según Schneider Electric (2006) “Las empresas eléctricas aplican recargos o penalizaciones al consumo de energía reactiva con el objeto de incentivar su corrección. (pág. 2)

2.1.11.7 REDUCCIÓN DE LAS CAÍDAS DE TENSIÓN

Para Schneider Electric (2006) “la instalación de condensadores permite reducir la energía reactiva transportada disminuyendo las caídas de tensión en la línea. (pág. 2).

Por otra parte para el Programa de Ahorro de Energía – Ministerio de Energía y Minas. (2000) “un bajo factor de potencia puede reducir el voltaje de la planta, cuando se toma corriente reactiva de las líneas de alimentación. Cuando el factor de potencia se reduce, la corriente total de la línea aumenta, debido a la mayor corriente reactiva que circula, causando mayor caída de voltaje a través de la resistencia de la línea, la cual, a su vez, aumenta con la temperatura.

Esto se debe a que la caída de voltaje en una línea es igual a la corriente que pasa por la misma multiplicada por la resistencia en la línea.” (pág. 6).

2.1.11.8. REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

Según Schneider Electric (2006) “la instalación de condensadores permite la reducción de la energía reactiva transportada y en consecuencia es posible, a nivel de proyecto, disminuir la sección de los conductores a instalar” (pág. 2)

2.1.11.9 DISMINUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS

Para Schneider Electric (2006) “la instalación de condensadores permite reducir las pérdidas por efecto joule que se producen en los conductores y transformadores” (pág. 2)

2.1.11.10 AUMENTO DE LA POTENCIA DISPONIBLE EN LA INSTALACIÓN

Según Schneider Electric (2006) “la instalación de condensadores permite aumentar la potencia disponible en una instalación sin necesidad de ampliar los equipos como cables, aparatos y transformadores”. (pág.6)

Esto es consecuencia de la reducción de la intensidad de corriente que se produce al mejorar el factor de potencia.

2.2. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- 1. Aleatorios.-** Dependiente de algún suceso fortuito.
- 2. Alimentador.-** Parte o pieza de una máquina que le proporciona la materia o la energía necesaria para su funcionamiento.
- 3. Analizador de calidad.-** Que analiza la calidad de energía en tiempo real.

4. **Armónicos.-** En una onda periódica, cualquiera de sus componentes sinusoidales, cuya frecuencia sea un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.
5. **Asíncronos.-** Se dice del proceso o del efecto que no ocurre en completa correspondencia temporal con otro proceso u otra causa.
6. **Calidad.-** Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor.
7. **Condensador.-** Sistema de dos conductores, separados por una lámina dieléctrica, que sirve para almacenar cargas eléctricas.
8. **Continuidad.-** Unión natural que tienen entre sí las partes del continuo. Cualidad o condición de las funciones o transformaciones continuas.
9. **Degradación.-** Transformación de una sustancia compleja en otra de estructura más sencilla.
10. **Distorsión.-** Deformación de imágenes, sonidos, señales, etc., producida en su transmisión o reproducción.
11. **Eficiente.-** Que tiene eficiencia.
12. **Espectral.-** Pertenece o relativo al espectro.
13. **Fisiológico.-** Pertenece o relativo a la fisiología.
14. **Flícker.-** Es una sensación fisiológica perceptible por el ser humano ocasionada por perturbaciones en el voltaje

15. **Indemnización.-** Cosa con que se indemniza. Acción y efecto de indemnizar.
16. **Intempestivo.-** Que es o está fuera de tiempo y sazón.
17. **Intervalos.-** Espacio o distancia que hay de un tiempo a otro o de un lugar a otro. Conjunto de los valores que toma una magnitud entre dos límites dados.
18. **Perceptible.-** Que se puede comprender o percibir. 2. Que se puede recibir o cobrar.
19. **Período.-** Tiempo que algo tarda en volver al estado o posición que tenía al principio. Espacio de tiempo que incluye toda la duración de algo.
20. **Perturbación.-** Acción y efecto de perturbar o perturbarse.
21. **Registrador.-** Que registra. Dicho de un aparato: Que deja anotadas automáticamente las indicaciones variables de su función propia, como la presión, la temperatura, el peso, la velocidad, etc.
22. **Regulación.-** Acción y efecto de regular.
23. **Severidad.-** Cualidad de severo.
24. **Sobretensión.-** Exceso circunstancial sobre la tensión normal.
25. **Subestación.-** Instalación, generalmente eléctrica, dependiente de otra principal, que da servicio a una zona determinada.
26. **Transitorios.-** Pasajero, temporal. Caduco, perecedero, fugaz.

- 27. Transversal.-** Que se halla o se extiende atravesado de un lado a otro. Que se aparta o desvía de la dirección principal o recta. Que se cruza en dirección perpendicular con aquello de que se trata.
- 28. Variaciones.-** Acción y efecto de variar. Cada uno de los subconjuntos del mismo número de elementos de un conjunto dado, que difieren entre sí por algún elemento o por el orden de estos.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto tecnológico da a conocer la situación actual de los transformadores que posee el hospital san Vicente de Paúl en lo referente nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje y factor de potencia, además plantea alternativas que permitan mejorar la calidad de energía como lo exige la regulación CONELEC – 004/01. Dentro de los tipos de investigación se utilizó los siguientes:

3.1.1. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Se utiliza principalmente el método de análisis, es decir, se descompone el objeto a estudiar en sus distintos aspectos o elementos, para llegar a un conocimiento más especializado. Se realiza una exposición de hechos e ideas, explicando las diversas partes, cualidades o circunstancias.

Este tipo de investigación permitió plantear alternativas para mejorar la calidad de energía como lo exige la regulación CONELEC – 004/01.

3.1.2. INVESTIGACIÓN PROPOSITIVA

Es propositiva, ya que brindó una alternativa de solución al problema planteado. Además los procedimientos que se utilizaron son la investigación bibliográfica, el análisis de resultados de las mediciones tomadas con analizadores que posee la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. EMELNORTE, además la interpretación de resultados y la aplicación del método más adecuado para la solución del problema.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de diseño no experimental, según la dimensión temporal, es de corte transversal, es decir se realizó en un período de tiempo determinado, para evaluar, describir, conocer y plantear soluciones de la situación actual del objeto de estudio.

3.3. MÉTODOS

Se aplicó en el desarrollo de este tema investigativo los siguientes métodos: el inductivo, deductivo, analítico y sintético.

3.3.1. INDUCTIVO - DEDUCTIVO

Analiza en forma detallada cada uno de los elementos, instrumentos, temas y subtemas que se utilizaron en la elaboración del trabajo investigativo, a su vez este método permitió establecer las conclusiones y recomendaciones al problema investigado.

Se utilizó además el método Inductivo-Deductivo, que permitió inferir propiedades o relaciones basándose en los resultados de la investigación, ayudando a generalizar aspectos de la misma, igualmente la parte deductiva de éste método llevó a derivar otros aspectos relacionados pero no recopilados como información.

3.3.2. ANALÍTICO Y SINTÉTICO

Se utilizó el análisis y la síntesis de toda la información referente al tema, en base a documentos, Internet, fuentes bibliográficas, libros y revistas que se emplearon en el desarrollo del marco teórico.

Paralelamente, se realizó la investigación bibliográfica, con el fin de analizar los diferentes enfoques de la teoría relacionada con el problema, contribuyendo así en la elaboración de la propuesta.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS, MEDICIONES Y DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL

El hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra cuenta en la actualidad con, quirófanos, laboratorios de esterilización, hematología, microbiología, banco de sangre, neonatología, consulta externa, patología, gineco - obstetricia, traumatología, fisioterapia, serología, ginecología, unidad de cuidados intensivos, pediatría, otorrinolaringología, centro obstétrico general, quirófanos sépticos, emergencia quirófano, esterilización, rayos X, tomografía, mamografía, además las secciones de administración, bodega general, cocina, casa de maquinas y lavandería.

Esta casa de salud está alimentada por el circuito número 3 y 4 de la Subestación San Agustín de Emelnorte. El circuito número cuatro alimenta al transformador trifásico de 75 kVA que se encuentra instalado en un pórtico ubicado en la parte norte del centro hospitalario. El circuito número tres en cambio alimenta a los transformadores de 800 kVA y 200 kVA ubicados en la cámara de transformación existente.

Por su parte el circuito número tres de la subestación San Agustín de Emelnorte cuenta en la actualidad con una potencia instalada en todo

el recorrido del circuito de 6242, 5 kVA en 118 transformadores. (Fuente Inventario y Avalúos EMELNORTE). De lo cual el hospital San Vicente de Paúl tiene una potencia instalada de 1000 kVA asignado a dicho alimentador, que corresponde al 16% de dicho alimentador.

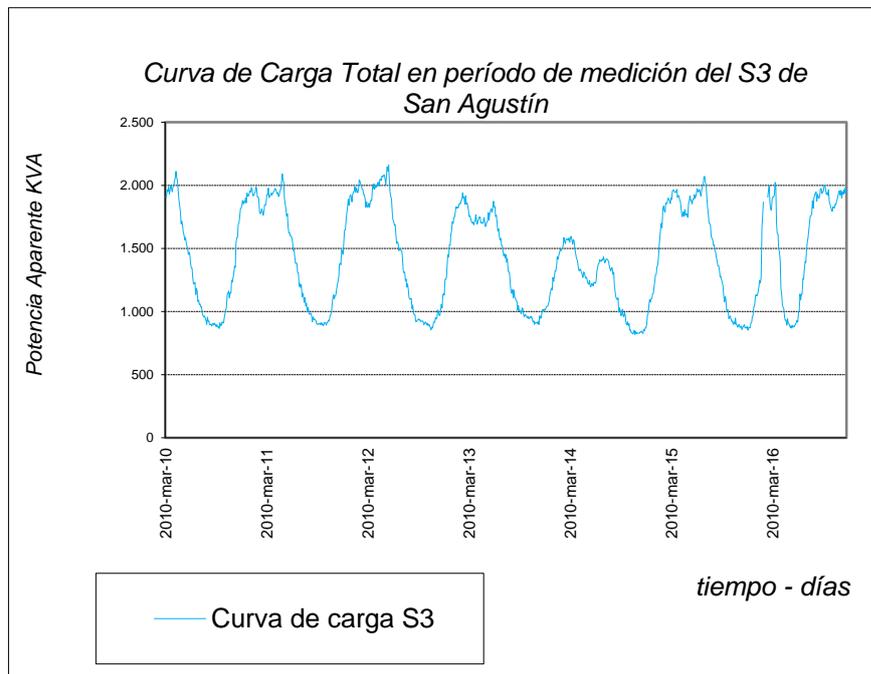
El circuito número cuatro de la Sub estación San Agustín posee una potencia instalada en el recorrido del circuito de 4915 kVA en 111 transformadores. (Fuente Inventario y Avalúos EMELNORTE). Uno de estos transformadores de 75 kVA se encuentra instalado en el hospital que corresponde al 1,53 % de la potencia instalada en dicho alimentador.

Para el presente estudio se tomó en cuenta los datos proporcionados por el medidor ION 8500 que se encuentra instalado en la sub estación San Agustín en el circuito número tres, donde se puede apreciar que el promedio del factor de potencia en el mismo período que se instalaron los equipos en el hospital San Vicente de Paúl es de 0,87 (Unidad de Calidad de Energía de Emelnorte) y la potencia aparente máxima fue de 2160,4 kVA.

En el siguiente gráfico se presenta la curva de carga del circuito número tres en el periodo de medición, en el mismo tiempo de instalación de los analizadores de calidad en el hospital, donde se observa que la potencia aparente máxima llega a 2160,4 kVA.

GRAFICO N. 15
CURVA DE CARGA DEL CIRCUITO NÚMERO TRES

EN EL PERIODO DE MEDICIÓN



4.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la realización de este proyecto fue necesaria la recopilación de información, la cual proporciona una idea clara de cómo se encuentran en la actualidad las instalaciones eléctricas en dicho centro hospitalario.

En la recopilación de información se tomó en cuenta varios aspectos que son de vital importancia como los servicios que presta este centro hospitalario, el tiempo de servicio de las instalaciones, la estructuración de las diversas aéreas, así mismo se ha hecho un levantamiento de carga por sección. Con la obtención de esta

información se verificó en qué condiciones se encuentra las instalaciones del hospital.

4.3. CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN

En el Hospital San Vicente de Paúl se tiene una cámara de transformación la cual consta de dos transformadores trifásicos el uno de 800 KVA con voltajes secundarios de 220/127 voltios, el segundo de 200 KVA con voltaje secundarios de 220/127 voltios, además en la parte norte del centro hospitalario se encuentra en un pórtico un transformador trifásico de 75 KVA con un voltaje de 400/231 voltios. El tipo de medidor asignado por la empresa distribuidora al transformador de 800 kVA y 200 kVA es el A1R, este contador electrónico mide energía activa (Wh) y reactiva (VARh), es de fácil ensamblaje, posee seguridad como un password, no requiere calibración es de sencilla operación, los datos que se puede obtener son: energía y demanda. Su pantalla es LCD (liquid cristal display). Requiere el software emfplus para su operación, y posee un puerto serial para la comunicación con el computador.

4.3.1. GENERADOR DE EMERGENCIA

El Hospital San Vicente de Paúl cuenta con un motor generador de emergencia con las siguientes características técnicas.

- a. Potencia: 270 kVA
- b. Revoluciones: 1800 rpm.

- c. Corriente: 743 A.
- d. Voltaje: 210/121 V.
- e. Fases: 3
- f. Cos \emptyset : 0.8
- g. Marca: MELC- ALTE ITALIA – ROMA.

4.4. LEVANTAMIENTO DE LA CARGA

El levantamiento de la carga es un factor muy importante en el desarrollo del proyecto ya que de esta forma se tendrá como resultado la magnitud de la potencia instalada y el tipo de carga. La potencia instalada se la puede obtener de diferentes formas, puede ser con los archivos de inventario de cada equipo, también con los datos de placa o realizando mediciones para determinar su potencia. A continuación se presenta la característica de cada uno de los transformadores, sus zonas de influencia y las cargas asociadas a cada uno de ellos.

4.4.1. TRANSFORMADOR DE 800 kVA:

CARACTERÍSTICAS: Marca: FIME ELECTROMECAÁNICA
Año de fabricación: 1988
Voltaje: 13200 V MT- 220/127 V BT
Fases: 3 X 2.5%
Tipo de conexión: DY5
Nivel de aislamiento: CNI 15 kV MT –
1,2 kV BT
Frecuencia: 60 Hz

Vcc: 5,3 %

Peso: 2200 Kg

Corriente: 34,99 A MT – 2099,45 A BT

Circuito asignado a EMELNORTE: San

Agustín 3

CUADRO N. 15
TRANSFORMADOR DE 800 kVA

Ítem	Área			Ítem	Área		
		kW	HP			kW	HP
1	Cocina	56,80	26,40	26	Lavandería	9,20	2,80
2	Patología laboratorio	2,80	4,10	27	Quirófanos quemados	0,80	0,30
3	Laboratorio hematología	0,30	0,50	28	Consulta externa oftalmología	12,30	1,30
4	Consulta externa odontología	3,30	0,00	29	Fisioterapia física	0,70	0,00
5	Consulta externa gineco-obstetricia	1,00	1,00	30	Fisioterapia hidromasaje	0,50	1,00
6	Consulta externa otorrinolaringología	4,70	0,50	31	Neonatología general	0,80	0,50
7	Neonatología infectados	1,40	0,50	32	Quirófanos general	3,00	0,50
8	Neonatología examen	1,20	0,00	33	Quirófanos intermedio	0,70	1,50
9	Neonatología	1,00	0,00	34	Centro obstétrico intermedio	1,60	0,00
10	Centro obstétrico general	2,80	0,00	35	Quirófanos	1,20	0,00
11	Quirófanos sépticos	1,80	0,00	36	Quirófanos traumatología	0,90	0,30
12	Emergencia consultorio	0,00	0,40	37	Emergencia quirófano	0,40	0,00
13	Unidad de cuidados intensivos general	2,20	0,40	38	Hospitalización traumatología	3,90	0,00
14	Bodega general	9,70	0,90	39	Hospitalización cirugía	0,40	0,10
15	Laboratorio reactivos	0,70	0,30	40	Hospitalización mujeres	1,30	0,10
16	Laboratorio microbiología	7,00	0,40	41	Fisioterapia general	3,10	0,00
17	Laboratorio serología	2,50	0,10	42	Unidad de cuidados intensivos laboratorio	0,00	0,30
18	Laboratorio química	1,60	0,10	43	Consulta externa general	0,10	0,50
19	Casa de máquinas	6,60	19,00	44	Laboratorio preparación	0,00	0,50
20	Hospitalización pediatría	1,50	0,60	45	Laboratorio esterilización	12,10	0,00
21	Neonatología salas	1,40	0,00	46	Fisioterapia electroterapia	0,90	0,00
22	Laboratorio coproparasitario	0,20	0,00	47	Fisioterapia consultorio	0,10	0,00
23	Laboratorio banco de sangre	1,20	0,60	48	Esterilización	19,10	0,00
24	Laboratorio hematología II	0,20	0,00	49	Iluminación	275,20	0,00
25	Lavandería	9,20	2,80	50	Sistemas de computación	101,70	0,00
	TOTAL	120,80	58,70		TOTAL	449,70	9,50
CARGA INSTALADA AL TRANSFORMADOR 800 kVA en kW							621,40

Fuente: Hospital San Vicente de Paul
Elaborado por: Los Autores

ADOR DE 200 kVA:

CARACTERÍSTICAS: Marca: FIME ELECTROMECAÁNICA

Año de fabricación: 1988

Voltaje: 13200 V MT - 220/127 V BT

Fases: 3 X 2.5%

Tipo de conexión: DY5

Nivel de aislamiento: CNI 15 kV MT –
1,2 kV BT

Frecuencia: 60 Hz

Vcc: 3,65 %

Peso: 10,50 Kg

Corriente: 8,7 A MT – 524,8 A BT

Circuito asignado a EMELNORTE: San
Agustín 3

**CUADRO N. 16
TRANSFORMADOR DE 200 kVA**

ÍTEM	ÁREA	CANT.	NOMBRE GRUPO	V	kW
1	Rayos X e	2	Reveladores de Películas de Rayos X automático	220 V	3,00
	Imagenología				
2	Rayos X e	1	Sistemas de Exploración por Ultrasonido (Ecógrafo general)	120 V	0,60
	General				
3	Rayos X e	1	Unidades Radiográficas, Móviles	110 V	1,30
	Imagenología Salas	1	Unidades radiográficas/ Fluoroscópicas	220 V	1,30
4	Rayos X e	1	Reveladores de Películas de Rayos X automático	220 V	3,00
	Imagenología				
5	Revelado	1	Secadora de Películas de Rayos X	220 V	3,00
	Rayos X e Imagenología				
6	General	1	Unidades Radiográficas, Móviles	120V	1,30
	Rayos X e Imagenología			220V	
7	Salas	1	Unidades Radiográficas/ Fluoroscópicas	220V	1,30
	Rayos X e Imagenología				
7	Salas	1	Mamográfico	220V	5,28
	Rayos X e Imagenología				
CARGA INSTALADA AL TRANSFORMADOR DE 200 kVA en kW					20,08

Fuente: Hospital San Vicente de Paul
Elaborado por: Los Autores

≡ 75 kVA

CARACTERÍSTICAS: Marca: Ecuatrán

Año de fabricación: 2009

Voltaje: 13200 V MT - 400/231 V BT

Fases: 3X 2,5 %

Tipo de conexión: DY5

Nivel de aislamiento: 15 kV en AT – 1,2
en BT

Frecuencia: 60 Hz.

Circuito asignado a EMELNORTE: San
Agustín 4

CUADRO N. 17

TRANSFORMADOR DE 75 kVA

ÍTEM	ÁREA	CANT.	NOMBRE GRUPO	POTENCIA
				kW
1	Tomografía	1	SOMATOM Emotion 16	43,6
CARGA INSTALADA AL TRANSFORMADOR DE 75 kVA en kW				43,6

Fuente: Hospital San Vicente de Paul
Elaborado por: Los Autores

4.4.4. CARGA INSTALADA EN EL HOSPITAL

Sumando la carga instalada por transformador se tiene como resultado una carga total en el hospital San Vicente de Paúl de 685,08 kW.

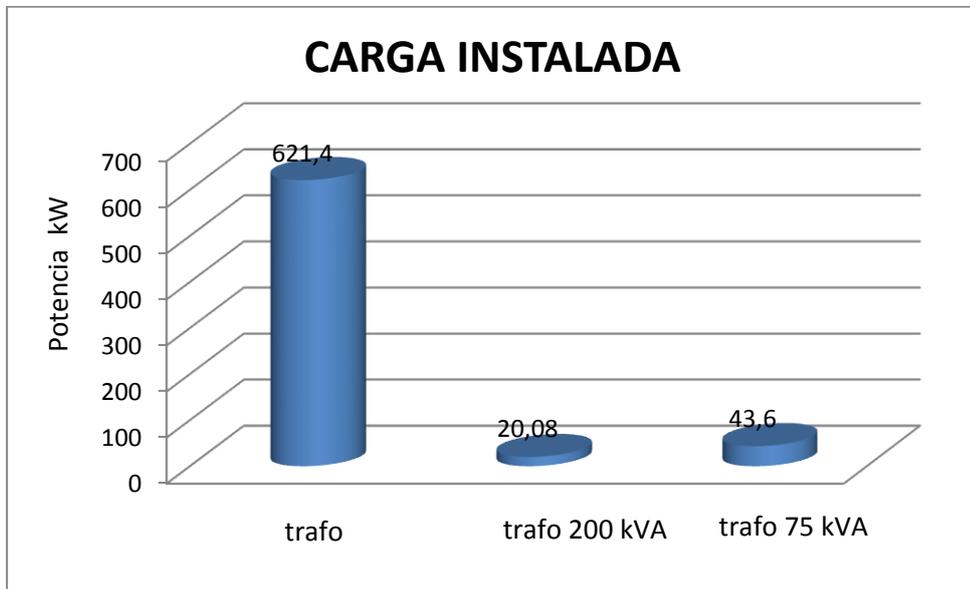
CUADRO N. 18

CARGA INSTALADA EN EL HOSPITAL

TRANSFORMADOR	CARGA INSTALADA (kW)	PORCENTAJE %
800 kVA	621,40	90,70
200 kVA	20,08	2,90
75 kVA	43,60	6,40
TOTAL	685,08	100,00

Fuente: Hospital San Vicente de Paul
Elaborado por: Los Autores

GRAFICO N. 16
CARGA INSTALADA



4.5. MEDICIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL

4.5.1. EQUIPO UTILIZADO EN LAS MEDICIONES

El equipo utilizado para la realización de las mediciones constituye un elemento muy importante en este estudio, este posee un software el cual permite visualizar algunos parámetros eléctricos de cada uno de los transformadores en estudio. El analizador utilizado tiene las siguientes características:

MARCA: Fluke

MODELO: 1744

INTERVALO DE MEDICIÓN: Diez minutos

PARÁMETROS DE ANÁLISIS: Voltaje

Corriente

Potencia Activa, reactiva, aparente

Factor de potencia

Energía activa, reactiva

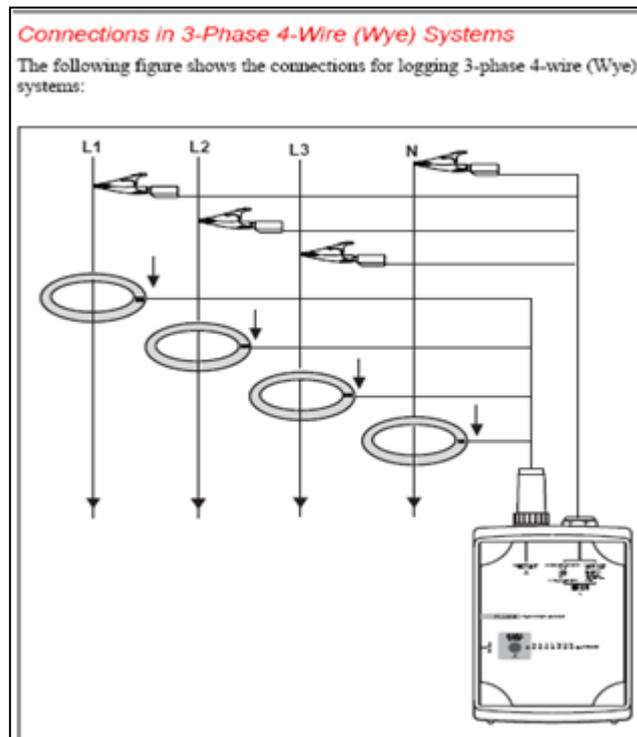
Flícker

Armónicos totales de voltaje y corriente
(THD)

GRAFICO N. 17 ANALIZADOR DE REDES FLUKE 1744



GRAFICO N. 18
ESQUEMA DE INSTALACIÓN EQUIPO FLUKE 1744



En el grafico N. 18 se observa la forma de conexión del equipo analizador de red FLUKE 1744 utilizado en las mediciones realizadas a

los transformadores del hospital San Vicente de Paúl. En la instalación de los transformadores de corriente (TC) se debe tomar en cuenta el sentido de la misma, observando la flecha existente en ésta, la cual debe ir con dirección a la carga.

4.5.2. MEDICIONES REALIZADAS

El objetivo de estas mediciones es detectar en qué condiciones operativas están los transformadores que se encuentran en el Hospital San Vicente de Paúl, y así comparar si cumple o no con los parámetros exigidos por la REGULACIÓN No. CONELEC 004/01.

Las mediciones se las realizó a los tres transformadores existentes en dicho centro hospitalario, en el lado de baja tensión, por siete días continuos como exige la REGULACIÓN No. CONELEC 004 /01. En la tabla siguiente se puede apreciar el cronograma de mediciones realizado.

CUADRO N. 19
TIEMPOS DE MEDICIÓN DE TRANSFORMADORES

TRANSFORMADOR	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN
800 kVA	10/03/2010	17/03/2010
200 kVA	10/03/2010	17/03/2010
75 kVA	10/03/2010	17/03/2010

4.5.3. CURVAS DE CARGA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL

En los gráficos siguientes se representa las curvas de carga de los transformadores durante la semana que se instalaron los equipos de medición, pero antes se debe conocer el concepto de factor de uso (Fu).

Para Westinghouse Electric Corporation (1985) el factor de uso es “el régimen de trabajo normal de un receptor puede ser tal, que su potencia utilizada sea menor que su potencia nominal, lo que da noción al factor de utilización”. Esto se aplica para verificar como están trabajando los transformadores en este caso.

Matemáticamente el factor de utilización se define como la relación entre la potencia aparente a demanda máxima para la potencia instalada, tomando en cuenta:

- a. $F_u \leq 0,5$ entonces los transformadores del alimentador se encuentran sub cargados.
- b. $F_u > 0,8$ entonces los transformadores del alimentador se encuentran sobrecargados.

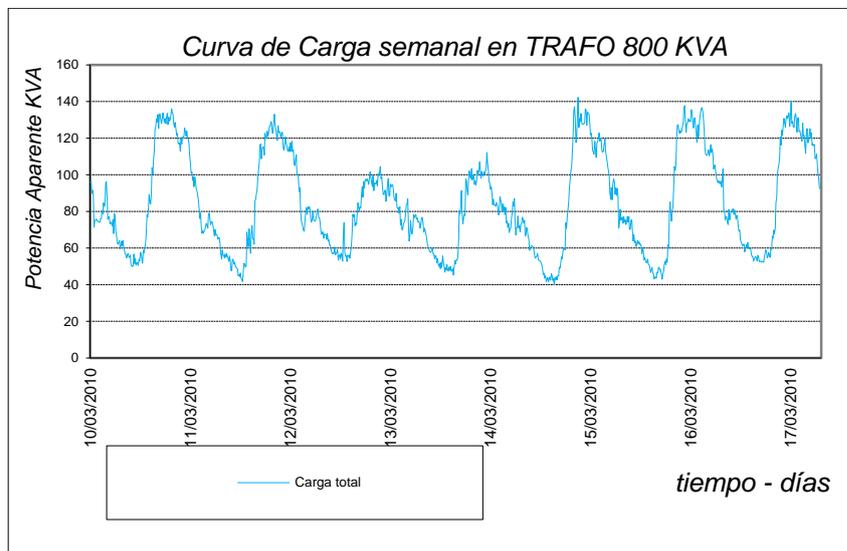
La potencia aparente a demanda máxima sería:

$$kVA_{Dm\acute{a}x} = \frac{Dm\acute{a}x}{PF_{Dm\acute{a}x}}$$

Y el factor de utilización se expresa de la siguiente manera:

$$Fu = \frac{kVA_{Dm\acute{a}x}}{kVA_{instalados}}$$

GRAFICO N. 19
TRANSFORMADOR DE 800 KVA



Para el caso del hospital San Vicente de Paúl el transformador de 800 kVA tiene una demanda máxima de 130 kVA entonces se aplica la fórmula de factor de uso (Fu).

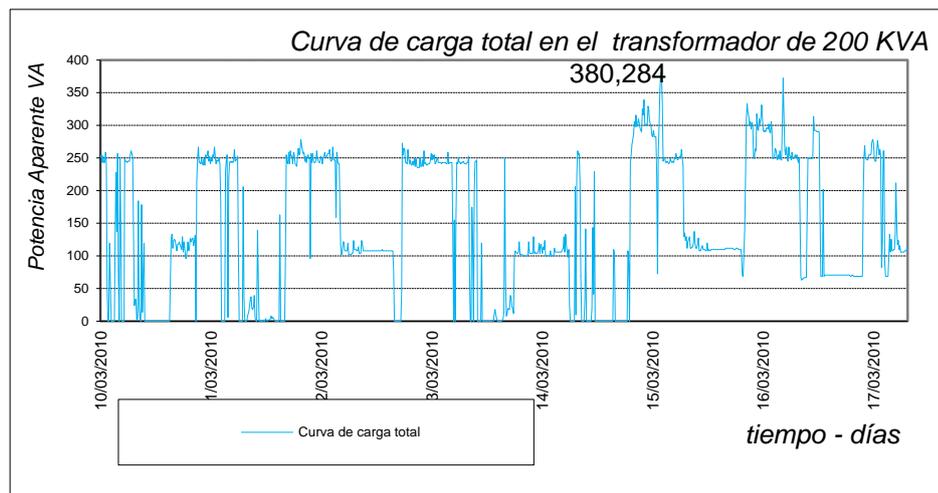
$$Fu = \frac{kVA_{Dm\acute{a}x}}{kVA_{instalados}}$$

$$Fu = \frac{130 \text{ kVA}}{800 \text{ kVA}}$$

Entonces el factor de uso resultante es de 0,16 por lo que si el $F_u \leq 0,5$ entonces el transformador se encuentra sub cargado.

En el anexo No. 2 podemos apreciar las curvas restantes de voltaje, corriente y factor de potencia.

GRAFICO N. 20
TRANSFORMADOR DE 200 KVA



En la gráfica anterior se aprecia la curva de carga del transformador de 200 kVA. En su pico máximo de utilización en el período de medición llega a 380 VA, cabe indicar que este transformador está asignado la sala de rayos X específicamente, si verificamos con la fórmula de factor de uso tenemos lo siguiente:

$$Fu = \frac{kVA_{Dm\acute{a}x}}{kVA_{instalados}}$$

$$Fu = \frac{0,380}{200}$$

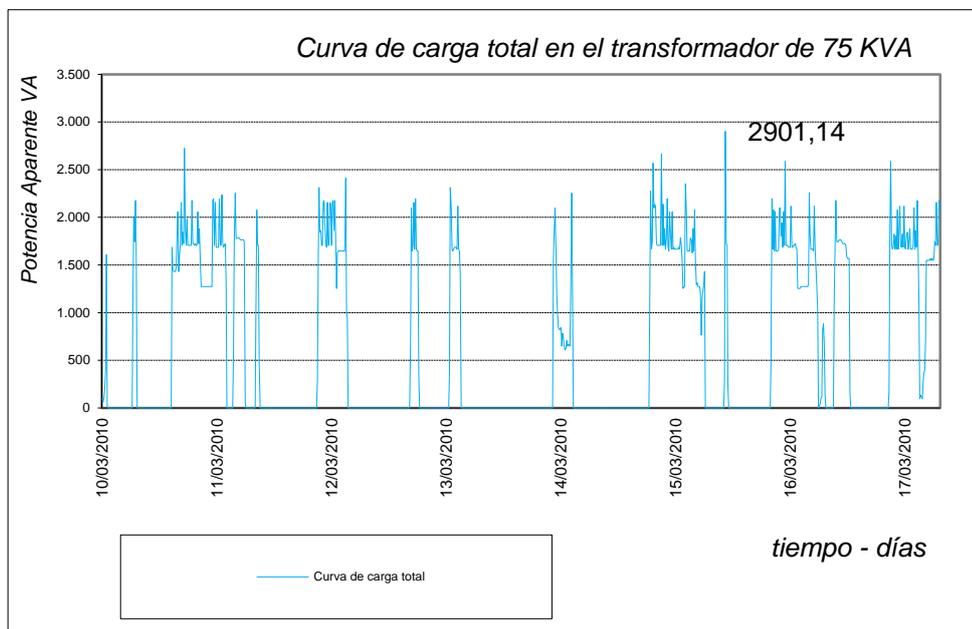
El factor de uso es de 0,019 esto quiere decir que este transformador se encuentra sub cargado.

La guía técnica de Eficiencia Energética (2007) manifiesta que

Eficiencia energética es la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas. (pág. 17).

Con este concepto se puede señalar que este transformador con el factor de uso que tiene no ayuda a tener una eficiencia energética en dicho centro de salud pública.

GRAFICO N. 21
TRANSFORMADOR DE 75KVA



En el gráfico anterior se observa la curva de carga del transformador de 75 kVA, el cual tiene asignado la sala de tomografía, pero se observa que el pico máximo de potencia aparente en este transformador es de 3 kVA aproximadamente, sin embargo por especificaciones técnicas del equipo de tomografía (ver anexo No. 9) a este transformador no se le puede asignar carga adicional por que la empresa quien vendió el tomógrafo (SIEMENS) entre las especificaciones para cubrir la garantía del equipo es contar con un transformador de estas características.

Además se hace notar que en este transformador la fase número uno se encuentra sin carga alguna. Ver cuadro No.22.

$$Fu = \frac{kVA_{Dm\acute{a}x}}{kVA_{instalados}}$$

$$Fu = \frac{2,90}{75}$$

El factor de uso es de 0,038 esto quiere decir que este transformador se encuentra sub cargado.

4.5.4. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS MEDICIONES

A continuación se resumen los resultados obtenidos en las mediciones realizadas con el analizador de calidad Fluke 1744, tomando en cuenta que las mediciones se las realizó en intervalos de diez minutos como exige la REGULACIÓN No. CONELEC 004/01.

CUADRO N. 20
RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS MEDICIONES
TRANSFORMADOR 800 KVA

TRANSFORMADOR 800 kVA					
PARÁMETROS		MÁXIMO	PROMEDIO	MÍNIMO	ÚNICO
DEMANDA		130	75,28	36,16	
FACTOR DE POTENCIA	fase 1	0,96	0,90	0,83	
	fase 2	0,95	0,90	0,83	
	fase 3	0,96	0,88	0,78	
VOLTAJE	fase 1	129,98	125,53	121,55	
	fase 2	129,13	124,6	120,71	
	fase 3	130,72	126,11	122,06	
FLÍCKER	fase 1	0,88	0,35	0,00	
	fase 2	0,83	0,37	0,00	
	fase 3	0,72	0,39	0,00	
ARMÓNICOS (THDV) %	fase 1	2,30	1,27	0,80	
	fase 2	2,35	1,22	0,61	
	fase 3	2,22	1,07	0,55	
ARMÓNICOS (THDI) %	fase 1	14,3	9,71	5,12	
	fase 2	13,7	9,36	5,74	
	fase 3	14,9	8,98	5,31	
CORRIENTE (A)	fase 1	424,40	250,52	124,90	
	fase 2	389,10	215,06	103,30	
	fase 3	366,10	213,03	86,30	
ENERGÍA kWh/mes	-	-	-	-	50741,3
FACTOR DE USO (%)	-	-	-	-	0,16

En el cuadro anterior se observa que en el transformador de 800 kVA la demanda máxima es de 130 kW, el promedio del factor de potencia es de 0,89 es decir tiene un bajo FP.

El nivel de voltaje se encuentra en los parámetros normales tomando en cuenta que la regulación CONELEC 004/01 acepta una variación del $\pm 8\%$ del voltaje nominal.

El porcentaje de flúcker se encuentra en los parámetros normales esto es valores menores a uno. Los armónicos de voltaje presentan valores normales de acuerdo a la regulación esto es valores menores a 5 %.

Según la norma internacional IEEE 519 el porcentaje de armónicos de corriente presenta valores normales esto es menores a 20%.

El factor de uso del transformador es de 0,16 que significa está sub utilizado.

CUADRO N. 21
RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS MEDICIONES
TRANSFORMADOR 200 KVA

TRANSFORMADOR 200 kVA					
PARÁMETROS		MÁXIMO	PROMEDIO	MÍNIMO	ÚNICO
DEMANDA		0,337	0,106	0	
FACTOR DE POTENCIA	fase 1	1,00	0,14	-1,00	
	fase 2	1,00	0,31	-0,96	
	fase 3	1,00	1,00	1,00	
VOLTAJE	fase 1	130,2	125,92	122,2	
	fase 2	129,39	125	121,3	
	fase 3	130,94	126,52	122,66	
FLÍCKER	fase 1	0,88	0,34	0,00	
	fase 2	0,83	0,35	0,00	
	fase 3	0,73	0,38	0,00	
ARMÓNICOS (THDV) %	fase 1	2,26	1,22	0,72	
	fase 2	2,35	1,21	0,61	
	fase 3	2,17	1,00	0,48	
ARMÓNICOS (THDI) %	fase 1	16,00	5,41	0,00	
	fase 2	82,20	41,79	0,00	
	fase 3	0,00	0,00	0,00	
CORRIENTE (A)	fase 1	2,3	0,5	0,00	
	fase 2	2,67	0,7	0,00	
	fase 3	0,00	0,00	0,00	
ENERGÍA kWh/mes	-	-	-	-	72,3
FACTOR DE USO (%)	-	-	-	-	0,019

En el transformador de 200 kVA la demanda máxima es de 0,337 kW, el valor máximo del factor de potencia es 1.

El nivel de voltaje se encuentra en los parámetros normales tomando en cuenta que la regulación CONELEC 004/01 acepta una variación del $\pm 8 \%$ del voltaje nominal.

El porcentaje de flicker se encuentra en los parámetros normales esto es valores menores a uno. Los armónicos de voltaje presentan valores normales de acuerdo a la regulación esto es valores menores a 5 %.

Según la norma internacional IEEE-519 los límites máximos recomendados de distorsión armónica en corriente es del 20 %. En este transformador la fase 2 presenta valores mayores a 20 % pero menores a 85%, en períodos de tiempo limitado, lo que se puede considerar como normales.

El factor de uso del transformador es de 0,019 que significa que está sub utilizado.

CUADRO N. 22
RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS MEDICIONES
TRANSFORMADOR 75 KVA

TRANSFORMADOR 75 kVA					
PARÁMETROS		MÁXIMO	PROMEDIO	MÍNIMO	ÚNICO
DEMANDA		2,5	0,57	0	
FACTOR DE POTENCIA	fase 1	1,00	1,00	0,00	
	fase 2	1,00	0,97	-0,77	
	fase 3	1,00	0,24	-1,00	
VOLTAJE	fase 1	241,42	233,37	226,56	
	fase 2	244,65	236,48	229,57	
	fase 3	243,09	235,34	228,67	
FLÍCKER	fase 1	0,83	0,35	0,00	
	fase 2	0,73	0,38	0,00	
	fase 3	0,88	0,35	0,00	
ARMÓNICOS (THDV) %	fase 1	2,42	1,28	0,64	
	fase 2	2,38	1,13	0,54	
	fase 3	2,36	1,37	0,78	
ARMÓNICOS (THDI) %	fase 1	0,00	0,00	0,00	
	fase 2	88,10	1,93	0,00	
	fase 3	59,80	13,24	0,00	
CORRIENTE (A)	fase 1	0,00	0,00	0,00	
	fase 2	9,20	0,51	0,00	
	fase 3	11,80	2,71	0,00	
ENERGÍA kWh/mes	-	-	-	-	383,77
FACTOR DE USO (%)	-	-	-	-	0,038

En el transformador de 75 kVA la demanda máxima es de 2,5 kW, el valor promedio del factor de potencia es 0,73. El nivel de voltaje se encuentra en los parámetros normales tomando en cuenta que la regulación CONELEC 004/01 acepta una variación del $\pm 8 \%$ del voltaje nominal, con la observación que la fase número uno se encuentra sin carga.

El porcentaje de flicker se encuentra en los parámetros normales esto es valores menores a uno. Los armónicos de voltaje presentan valores normales de acuerdo a la regulación esto es valores menores a 5 %.

Según la norma internacional IEEE-519 los límites máximos recomendados de distorsión armónica en corriente es del 20%. Este transformador presenta valores mayores al 20 % y menores a 90% en períodos de tiempo limitado, lo que significa que no tendría mayor incidencia en la red.

El factor de uso del transformador es de 0,038 que significa que está sub utilizado.

Además se añade el análisis de variación de voltaje, armónicos de voltaje, flicker y factor de potencia de los tres transformadores en comparación con la regulación CONELEC 004/01.

CUADRO N. 23**RESUMEN DE NIVELES DE TENSIÓN OBTENIDOS POR LOS
ANALIZADORES FLUKE 1744 COMPARADOS CON LOS
PARÁMETROS QUE EXIGE LA REGULACIÓN CONELEC 004/01**

ÍNDICE DE VOLTAJE LÍMITE V máx. = 5%					
Transformador	Fases	Total	Dentro de la norma	% de medidas dentro de la norma	Cumple
800 kVA	Fases 1	1008	1008	100	SI
	Fases 2	1008	1008	100	SI
	Fases 3	1008	1008	100	SI
200 kVA	Fases 1	1008	1008	100	SI
	Fases 2	1008	1008	100	SI
	Fases 3	1008	1008	100	SI
75 kVA	Fases 1	1008	1008	100	SI
	Fases 2	1008	1008	100	SI
	Fases 3	1008	1008	100	SI

Los niveles de voltaje de los tres transformadores existentes en el Hospital San Vicente de Paúl se encuentran en los parámetros normales tomando en cuenta que la regulación CONELEC 004/01 acepta una variación del $\pm 8 \%$ del voltaje nominal.

CUADRO N. 24

**RESUMEN DE PERTURBACIONES DE VOLTAJE OBTENIDOS POR
LOS ANALIZADORES FLUKE 1744 COMPARADOS CON LOS
PARÁMETROS QUE EXIGE LA REGULACIÓN CONELEC 004/01**

FLÍCKER LÍMITE máx. = 5%					
Transformador	Fases	Total	Dentro de la norma	% de medidas dentro de la norma	Cumple
800 kVA	Fases 1	1008	1008	100	SI
	Fases 2	1008	1008	100	SI
	Fases 3	1008	1008	100	SI
200 kVA	Fases 1	1008	1008	100	SI
	Fases 2	1008	1008	100	SI
	Fases 3	1008	1008	100	SI
75 kVA	Fases 1	1008	1008	100	SI
	Fases 2	1008	1008	100	SI
	Fases 3	1008	1008	100	SI

El porcentaje de flícker en los transformadores existentes en el hospital se encuentra en los parámetros normales esto es valores menores a uno.

CUADRO N. 25

**RESUMEN DE VALORES DE FACTOR DE POTENCIA OBTENIDOS
POR LOS ANALIZADORES FLUKE 1744 COMPARADOS CON LOS
PARÁMETROS QUE EXIGE LA REGULACIÓN CONELEC 004/01**

FACTOR DE POTENCIA LÍMITE máx. = 5%					
Transformador	Fases	Total	Fuera de la norma	% de medidas FUERA de la norma	Cumple
800 kVA	Fases 1	1008	823	81,65	NO
	Fases 2	1008	853	84,62	NO
	Fases 3	1008	945	93,75	NO
	Total	1008	907	89,98	NO
200 kVA	Fases 1	1008	453	44,94	NO
	Fases 2	1008	589	58,43	NO
	Fases 3	1008	0	0,00	SI
	Total	1008	826	81,94	NO
75 kVA	Fases 1	1008	1	0,10	SI
	Fases 2	1008	105	10,42	NO
	Fases 3	1008	2	0,20	SI
	Total	1008	400	39,68	NO

Para la Regulación CONELC 004/01 el valor límite para de factor de potencia es de 0,92, como se puede observar el cuadro anterior los transformadores presentan valores fuera de la regulación esto quiere decir que están incumpliendo la norma.

CUADRO N. 26

**RESUMEN DE VALORES DE THD DE VOLTAJE OBTENIDOS POR
LOS ANALIZADORES FLUKE 1744 COMPARADOS CON LOS
PARÁMETROS QUE EXIGE LA REGULACIÓN CONELEC 004/01**

THDV LÍMITE máx. = 8%					
Transformador	Fases	Total	Dentro de la norma	% de medidas dentro de la norma	Cumple
800 kVA	Fases 1	1008	1008	100	SI
	Fases 2	1008	1008	100	SI
	Fases 3	1008	1008	100	SI
200 kVA	Fases 1	1008	1008	100	SI
	Fases 2	1008	1008	100	SI
	Fases 3	1008	1008	100	SI
75 kVA	Fases 1	1008	1008	100	SI
	Fases 2	1008	1008	100	SI
	Fases 3	1008	1008	100	SI

Para la Regulación CONELEC 004/01 el límite de THD de voltaje es del 8%, examinados los resultados obtenidos por los analizadores instalados en los tres transformadores del hospital se concluye que cumplen con la regulación.

CUADRO N. 27

RESUMEN DE VALORES DE THD DE CORRIENTE OBTENIDOS POR LOS ANALIZADORES FLUKE 1744 COMPARADOS CON LOS PARÁMETROS QUE EXIGE LA NORMA INTERNACIONAL IEEE-519

THDI LÍMITE máx. = 15%				
Transformador	Fases	Total mediciones	Máximo nivel de THDI en %	Cumple
800 kVA	Fases 1	1008	14,3	SI
	Fases 2	1008	13,7	SI
	Fases 3	1008	14,9	SI
200 kVA	Fases 1	1008	16	SI
	Fases 2	1008	82,2	NO
	Fases 3	1008	0	SI
75 kVA	Fases 1	1008	0	SI
	Fases 2	1008	88,1	NO
	Fases 3	1008	59,8	NO

Según la norma internacional IEEE-519 el límite máximo de THD de corriente es de 20 %, observando el cuadro anterior se concluye que los transformadores de 75 kVA y 200 kVA se encuentran fuera de los límites permitidos.

4.6. VERIFICACIÓN DE POTENCIA APARENTE

La comparación de la potencia del transformador con la potencia aparente máxima medida con el analizador nos ayuda a verificar si alguno de los transformadores en estudio se encuentra sobrecargado o subcargado, pero para este análisis debemos conocer algunas definiciones:

4.6.1. NORMA NTE 2110 - INEN 1998-03

Según la norma técnica ecuatoriana NTE 2110 INEN 1998-03 define los términos utilizados con los transformadores de potencia y distribución.

Esta norma se aplica a todos los tipos de transformadores monofásicos y trifásicos sumergidos en aceite y secos.

Según PALACIOS Víctor, un Transformadores es:

Una máquina eléctrica estática la cual mediante inducción electromagnética transforma voltajes y corrientes eléctricas alternas o pulsantes entre dos o más devanados a la misma frecuencia y usualmente a valores diferentes de voltaje y corriente. (pag.1)

Para el mismo autor “un transformador que está sobrecargado tiene problemas de desgastamiento de su vida útil, además se pueden producir sobrecalentamientos excesivos, haciendo que el transformador corra el riesgo de dañarse. Un transformador sub cargado en cambio tiende a mejorar la regulación de voltaje en el secundario, hay mayor confiabilidad del sistema eléctrico, al contrario de un transformador sobrecargado, el transformador sub cargado no produce sobre calentamientos, y aumenta su vida útil, se adapta a ambientes de

elevada temperatura y tiene una capacidad adicional para incrementos futuros de carga”. (pág.48)

En la siguiente tabla se realiza la comparación entre la potencia nominal de los transformadores y los resultados de las mediciones con el analizador de redes.

CUADRO N. 28
COMPARACIÓN ENTRE POTENCIAS

TRANSFORMADORES	S NOMINAL (KVA)	S registrado (KVA)	PORCENTAJE DE CARGA UTILIZADO (%)
T1	800	142,290	17,780
T2	200	0,380	0,19
T3	75	2,900	3,860

Como podemos observar el porcentaje de utilización de los transformadores no pasa el 20 %, por lo que se analizará la posibilidad de desconexión del transformador de 200 kVA, y la carga será asignada al transformador de 800 kVA.

Con lo expuesto anteriormente sobre el factor de uso se puede manifestar que los transformadores existentes en el Hospital San Vicente de Paúl se encuentran sub cargados.

4.7. CALCULO DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES

Según la norma NTE 2110 define a las “Pérdidas sin carga (P_o)” como:

La potencia activa absorbida cuando el voltaje nominal a la frecuencia nominal, se aplica a los terminales de uno de los devanados estando el otro o los otros devanados en circuito abierto.

Además el mismo autor manifiesta que las pérdidas con carga (P_c) son:

Potencia activa absorbida a la frecuencia nominal, cuando la corriente nominal fluye a través de los terminales de línea de uno de los devanados estando el otro en cortocircuito. Este valor debe ser referido de acuerdo a la temperatura dada”. (pág. 3 y 4)

Para el cálculo de pérdidas en transformadores se toma en cuenta la norma NTE 2115-2 la cual señala los valores de pérdidas en vacío P_o y los valores de pérdidas bajo carga P_c . Estos valores vienen expresados en vatios.

El fabricante tiene también sus valores de pérdidas en vacío y bajo carga debido a la calidad del material utilizado en la fabricación pero siempre basado en las normas vigentes.

A continuación se añade las fórmulas de cálculo para pérdidas en vacío (P_0) y con carga (P_c) de transformadores expuestas en la norma NTE 2115-2

CUADRO N. 29
CLASE MEDIO VOLTAJE ≤ 25 kV de 15 a 2 000 kVA

TRANSFORMADORES	FÓRMULAS
Desde: 15 kVA hasta 150 kVA	$P_0 = 10,514 \times P_n^{0,7486}$
Mayores de: 150 kVA hasta 800 kVA	$P_0 = 13,27 \times P_n^{0,7093}$
Desde: 15 kVA hasta 150 kVA	$P_c = - 0,0103 \times P_n^2 + 13,892 \times P_n + 106,65$
Mayores de: 150 kVA hasta 800 kVA	$P_c = 10,465 \times P_n + 537$

4.7.1. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL.

4.7.1.1. PÉRDIDAS EN VACÍO

- a. El transformador de 800 kVA.

$$P_0 = 13,27 \times 800^{0,7093}$$

$$P_0 = 1520,66 \text{ W}$$

- b. El transformador de 200 kVA.

$$P_0 = 13.27 \times 200^{0.7093}$$

$$P_0 = 568.84 \text{ W}$$

- c. El transformador de 75 kVA.

$$P_0 = 10.514 \times 75^{0.7486}$$

$$P_0 = 283.69 \text{ W}$$

4.7.1.2. PÉRDIDAS BAJO CARGA

- a. El transformador de 800 kVA.

$$P_c = 10.465 \times 800 + 537$$

$$P_c = 8909 \text{ W}$$

- b. El transformador de 200 kVA

$$P_c = 10.465 \times 200 + 537$$

$$P_c = 2630 \text{ W}$$

- c. El transformador de 75 kVA

$$P_c = -0.0103 \times 75^2 + 13.892 \times 75 + 106.65$$

$$P_c = 1094 \text{ W}$$

Para los transformadores existentes en el hospital las pérdidas en vacío y bajo carga se expresan en la siguiente tabla.

CUADRO N. 30
PÉRDIDAS EN VACÍO Y BAJO
CARGA DE TRANSFORMADORES

TRANSFORMADOR KVA	MARCA	PÉRDIDAS EN VACÍO (W)	PÉRDIDAS BAJO CARGA (W)
800	FIME Electro mecánico	1521	8909
200	FIME Electro mecánico	569	2630
75	ECUATRAN	266	1094

En la siguiente tabla se expone los valores calculados de pérdidas totales de energía de los transformadores instalados en el Hospital San Vicente de Paúl, con los datos de la norma NTE 2115, por no existir los datos del fabricante.

CUADRO N. 31

CÁLCULOS DE PÉRDIDAS TOTALES DE ENERGÍA DE LOS TRANSFORMADORES INSTALADOS EN EL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL

Trafo kVA	kVA medidos	Carga (%)	Pérdidas en vacío (W)	Pérdidas bajo carga (W)	Total pérdidas (kW)	Total pérdidas kW-h/día	Total pérdidas kW- h/mes
800	142,29	17,78	1521	8909	10,43	250,32	7509,6
200	0,38	0,19	569	2630	3,199	76,776	2303,28
75	2,9	3,86	266	1094	1,36	32,64	979,2

4.7.2. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS CON EL COSTO DE LA ENERGÍA REAL

Para calcular las pérdidas que ocasionan mantener energizado el transformador de 200 kVA, es necesario considerar que tendríamos que saber las pérdidas totales del transformador, tanto las del núcleo como las del devanado.

Las pérdidas en vacío son constantes por cuanto no dependen de la carga, en cambio las pérdidas en el devanado son proporcionales a la carga.

Entonces aplicamos la siguiente fórmula, extraída de la norma NTE 2115-2.

$$P_t = P_o + P_c$$

- a. Pérdidas en vacío del transformador de 200 kVA son 569 W.
- b. Pérdidas en el cobre en el transformador de 200 kVA a potencia nominal es 2630

Del manual de pérdidas conocido el valor del factor de utilización del transformador y el valor de las pérdidas del cobre a potencia nominal se tiene:

$$P_{cu} = (Fu)^2 \times \Delta P_{cu \text{ nominal}}$$

De donde:

- P_{cu}: Pérdidas en el cobre del transformador
Fu: Factor de utilización del transformador
 ΔP_{cu} : Pérdidas en el cobre a potencia nominal

Aplicando la formula tenemos:

$$P_{cu} = (0.019)^2 \times 2630 \text{ W.}$$

$$P_{cu} = 0.949 \text{ W.}$$

Por lo tanto las pérdidas totales del transformador de 200 kVA serán:

$$P_t = P_o + P_c$$

$$P_t = 569 \text{ W} + 0.949 \text{ W.}$$

$$P_t = 569.949 \text{ W. (Pérdidas reales del transformador)}$$

Para las pérdidas de energía se puede calcular con la fórmula extraída del Manual Latinoamericano y del Caribe para el Control de Pérdidas Eléctricas (Pág. IV-20).

$$Perd. de Energía = Perd a pot. nominal \left(\frac{Dem. prom.}{Dem. max} \right)^2 \times 720 \text{ horas}$$

Del cuadro No.26 las pérdidas a potencia nominal del transformador de 200 kVA son 3,199 kW por lo que:

$$\text{Pérdidas de energía} = 3.199(0.0989) \times 720 \text{ horas}$$

$$\text{Pérdidas de energía} = 227.794 \text{ kWh al mes.}$$

Si calculamos la energía total perdida en un año del transformador de 200 kVA tendríamos:

$$\text{Pérdida anual} = 227.794 \text{ kWh} \times 12 \text{ meses}$$

Pérdida de energía anuales= 2733.53 KWh

Conociendo las pérdidas anuales en el transformador de 200 kVA y sabiendo que el costo del kWh es de 0,055 que se registra en pliego tarifario actualizado al 18 de febrero del 2010 que corresponde al horario de 07h00 a 22h00, considerado que si desconectaríamos el transformador en mención el Hospital San Vicente de Paúl se ahorraría anualmente la cantidad de: 2733.53kWh x USD. 0.055= **USD 150.34 anuales**, que significa el mantener energizado el transformador de 200 kVA. La carga de este transformador absorbería el de 800 kVA.

4.7.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE 800 kVA.

Como en el caso anterior se determinó las pérdidas totales, tanto en el núcleo como en el hierro, mediante la fórmula:

$$P_T = P_0 + P_{CU}$$

Pérdidas en vacío del transformador de 800 kVA = 1521W.

Pérdidas en el cobre en el transformador de 800 kVA a potencia nominal 8909 W.

Entonces las pérdidas totales serán:

$$P_T = 1521w + 8909w$$
$$P_T = 10430 w. (A potencia nominal)$$

De igual manera como en el caso anterior aplicamos la fórmula para calcular las pérdidas reales en el cobre del transformador de 800 kVA, conociendo el factor de uso y el valor de las pérdidas del cobre a potencia nominal se tiene:

$$P_{cu} = (Fu)^2 \times \Delta P_{cu \text{ nominal}}$$

Entonces:

$$P_{cu} = (0.1775)^2 \times 8909 \text{ W.}$$

$$P_{cu} = 280.689 \text{ W.}$$

Por lo tanto las pérdidas reales totales del transformador de 800 kVA serán:

$$P_t = P_o + P_c$$

$$P_t = 1521 \text{ W} + 280.689 \text{ W.}$$

$$P_t = 1801.689 \text{ W. (Pérdidas reales del transformador)}$$

Aplicamos la fórmula para calcular las pérdidas de energía reales.

$$Perd. \text{ de Energía} = Perd \text{ a pot. nominal} \left(\frac{Dem. \text{ prom.}}{Dem. \text{ max}} \right)^2 \times 720 \text{ horas}$$

$$Pérd. \text{ De energía} = 10.43 \text{ kW} \left(\frac{75.28}{130} \right)^2 \times 720 \text{ horas}$$

$$Pérdidas \text{ de Energía} = 2518 \text{ kWh al mes.}$$

Si calculamos la energía total perdida en un año del transformador de 800 kVA tendríamos:

Pérd. en un año= 2518 kWh x 12 meses

Pérd. De energía anuales= 30218.33 kWh.

Este valor lo representamos en dinero tomando como referencia el valor del kWh de USD. 0.055 por lo tanto 30218.33 kWh x USD. 0.055= **USD 1662.008** anuales, que significa el costo de mantener energizado el transformador con esa carga.

4.7.4 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE 800 kVA SUMADA LA CARGA DEL TRANSFORMADOR DE 200 kVA.

Como ya conocemos las pérdidas totales de los dos transformadores a potencia nominal, añadimos la potencia del transformador de 200 kVA al de 800 kVA. Luego se determina las pérdidas reales del transformador de 800 kVA con la carga del transformador de 200 kVA como se sugiere en el proyecto.

Para ello aplicamos la fórmula de factor de uso pero antes se añade el cuadro de potencias activa y aparente, con el fin de obtener los kVA al instante de mayor demanda.

CUADRO N. 32

CUADRO DE SUMATORIA DE POTENCIAS PARA CÁLCULO DE FACTOR DE USO

Cuadro de sumatoria de potencias para calculo de factor de uso							
Fecha	Hora	P total medio 800 VA (1)	P total medio 200 VA (2)	P total máx. de 1 + 2	S total medio 800 VA (1)	S total medio 200 VA (2)	S total máx. de 1 + 2
15/03/2010	09:20:00	130374.72	268.551	130.643271	142292.9	303.835	142.5967

4.7.5. CÁLCULO DEL FACTOR DE USO TRASLADANDO LA CARGA DEL TRANSFORMADOR DE 200 KVA AL DE 800 KVA.

$$Fu = \frac{kVA_{Dm\acute{a}x}}{kVA_{instalados}}$$

$$Fu = \frac{142.59 KVA}{800 kva}$$

$$Fu = 0.1782$$

4.7.6. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL DEVANADO

$$P_{cu} = (Fu)^2 \times \Delta P_{cu \text{ nominal}}$$

$$P_{cu} = (0.1782)^2 \times 8909 \text{ w.}$$

$$P_{cu} = 282.90 \text{ w. (Pérdidas reales en el devanado)}$$

Seguidamente obtenemos las pérdidas totales reales del transformador de 800 kVA adicionando la carga del de 200 kVA, tomando en cuenta que las pérdidas en vacío serán las mismas, por cuanto no dependen de la carga.

$$P_t = P_o + P_{c \text{ reales}}$$

$$P_t = 1521\text{w} + 282.90\text{w}$$

$$P_t = 1803.9 \text{ w.}$$

O también 1.8 KW.

Seguidamente se procede a calcular las pérdidas reales de energía en un mes.

$$Perd. \text{ de Energía} = Perd \text{ a pot. nominal} \left(\frac{Dem. \text{ prom.}}{Dem. \text{ max}} \right)^2 \times 720 \text{ horas}$$

$$Perd. \text{ de Energía} = 10.43 \text{ kw} \left(\frac{75.39}{130.64} \right)^2 \text{ kw} \times 720 \text{ horas}$$

$$Perd. \text{ de Energía} = 2500.87 \text{ KWH AL MES}$$

En un año serían:

$$2500.87 \times 12 \text{ meses} = 30010.49 \text{ KWH}$$

Esto por USD 0.055 que cuesta el kilovatio hora.

$$30010.49 \times 0.055 = \text{USD. } \mathbf{1650.57} \text{ (Costo de perdidas en un año)}$$

Del resultado anterior se define que si trasladamos la carga del transformador de 200 kVA al de 800 kVA, las pérdidas totales del transformador de 800 kVA disminuyen. Además el traslado de carga del transformador de 200 kVA al de 800 kVA es viable económicamente así como también técnicamente.

Luego del estudio se puede notar que las placas de los transformadores no se encuentran en una parte visible del equipo. Los motores eléctricos no presentan una adecuada información técnica y no poseen un cronograma de mantenimiento. Los tableros de distribución secundarios se encuentran sin su respectiva señalización, impidiendo así conocer a donde sirve cada interruptor térmico. Por otra parte no existen planos eléctricos del centro hospitalario.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Después de realizado el estudio y análisis de carga del Hospital San Vicente de Paúl se ha llegado a las siguientes conclusiones.

1. El valor promedio del factor de potencia en el transformador de 800 kVA es de 0,89 la máxima potencia aparente es de 140 kVA, lo que quiere decir que utiliza solamente el 17,5 % de su capacidad.
2. El transformador de 200 kVA se encuentra sub utilizado, la máxima potencia aparente que registra es de 380 VA, esto quiere decir que está utilizado el 0,19 % de su capacidad.
3. La máxima potencia registrada en el transformador de 75 kVA en el período de medición es de 2,9 kVA esto quiere decir que el porcentaje de utilización es del 3,86% de su capacidad.
4. No existe un ingeniero eléctrico quien esté a cargo del mantenimiento eléctrico del hospital y además no existe coordinación en el encendido de motores lo que hace que incremente de la demanda.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Corregir el bajo factor de potencia en el transformador de 800 kVA con la implementación de un banco de capacitores para disminuir la penalización por bajo factor de potencia. La carga a instalar en la sala de diálisis debe ser asignada al transformador de 800 kVA.
2. La carga asignada al transformador de 200 kVA en este caso la sala de rayos X, debe ser asignada al transformador de 800 kVA.
3. El transformador de 75 kVA por especificaciones técnicas del proveedor no se puede asignar carga adicional aún sabiendo que su factor de utilización es muy bajo.
4. Solicitar un estudio para el control de demanda y eficiencia energética. Y solicitar la incorporación de un ingeniero eléctrico quien se dedique exclusivamente al mantenimiento de las instalaciones eléctricas del hospital San Vicente de Paúl.

CAPÍTULO VI

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

6.1. TITULO DE LA PROPUESTA

ANÁLISIS DE CARGA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL DE LA CIUDAD DE IBARRA Y PROPUESTA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA SEGÚN REGULACIÓN No. CONELEC 004/01

6.2. INTRODUCCIÓN

Terminado el análisis de carga en el Hospital San Vicente de Paúl y comparando los datos proporcionados por los analizadores de calidad con la Regulación CONELEC 004/01 se concluye que existe un bajo factor de potencia en el transformador de 800 kVA, el cual será corregido con un banco de capacitores. Esto de acuerdo con la regulación. Pero no se puede dejar de lado que el transformador se encuentra sub utilizado al igual que el de 200 kVA, para lo cual se propuso anteriormente la desconexión del transformador de 200 kVA y esa carga asignarla al de 800 kVA, cabe indicar que esto no es para el cumplimiento de la Regulación más bien para el ahorro de energía y pensando en la eficiencia energética de este centro de salud.

6.3. PROPÓSITOS

Mejorar la calidad de energía en el hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra, para cumplimiento de la Regulación No. CONELEC 004 /01.

6.4. ACCIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE ENERGÍA

Con el estudio realizado se concluye que se debe corregir el factor de potencia en el transformador de 800 kVA, ya que por esta razón la institución recibe penalización por la empresa distribuidora. La penalización mensual promedio por bajo factor de potencia (FP) en el período de octubre de 2009 a marzo de 2010 es de 317 dólares americanos, por tanto a continuación se exponen la propuesta para la compensación de reactivos y por ende reducir el bajo FP.

6.5. METODOLOGÍA A APLICAR

Existen varios tipos de métodos para la compensación de reactivos: para el presente estudio se utilizó dos métodos, el método de la planilla de consumo de energía donde viene especificado el factor de potencia y el método de las potencias que consiste en utilizar los datos obtenidos en las mediciones con el analizador de redes.

En este estudio se hará una comparación entre los dos métodos.

6.5.1. MÉTODO I: CÁLCULO DE LA COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA A PARTIR DE LOS DATOS DE LA PLANILLA DE CONSUMO DE ENERGÍA

Conociendo la energía activa y reactiva promedio de los tres últimos meses de consumo, si el consumo es en cierta forma estable, este dato es dividido para el producto de los 30 días que tiene un mes por las 24 horas que tiene cada día para obtener el consumo de energía por hora promedio durante los tres meses. Esto se hace con la energía activa y reactiva.

Luego con estos datos se obtiene la potencia aparente con la fórmula:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Con este resultado se calcula el $\cos \phi$ aplicando la fórmula siguiente.

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

Luego planteamos el factor de potencia a compensar que para este caso es $FP = 0,95$ por cuanto según la Regulación CONELEC

004/01 el valor promedio del factor de potencia para no ser penalizado tiene que ser mayor o igual a 0,92 y en el futuro como en otros países, se tiene planificado, que este debería estar en 0,95, motivo por el cual se tomo la decisión de plantearnos este valor para calcular la potencia reactiva requerida necesaria para la compensación, aplicando la siguiente fórmula.

$$FP = \cos \varphi (\tan^{-1} \frac{P}{Q})$$

$$\tan \varphi = (\cos^{-1} 0.95)$$

$$Q \text{ requerida} = P * \tan 18.19$$

A continuación se desarrolla el método uno con los datos reales obtenidos de las planillas de consumo de energía del Hospital San Vicente de Paúl.

CUADRO N. 33
CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO MENSUAL

Consumo de energía promedio mensual		
	KWh/mes	KVArh/mes
abr-10	51000	32000
mar-10	62000	40000
feb-10	50000	31000
TOTAL	163000	103000
Promedio	54333,33	34333,33

El promedio de un mes se toma 30 días y el día 24 horas con estos datos obtenemos las potencias en una hora.

$$P = 54333,33 \div (30 * 24)$$

$$P = 75,46 \text{ kW}$$

$$Q = 34333,33 \div (30 * 24)$$

$$Q_i = 47,68 \text{ kVAr}$$

Luego se obtiene la potencia aparente S con la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{75,46^2 + 47,68^2}$$

$$S = 89,26 \text{ kVA}$$

Mediante el triángulo de potencias se obtiene el $\cos \phi$ utilizando la siguiente expresión:

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

$$\cos \phi = \frac{75,46}{89,26}$$

$$\cos \phi = 0,845$$

Cabe indicar que el $\cos \varnothing$ viene especificado en la planilla de consumo.

El siguiente paso es plantear el $\cos \varnothing$ deseado que en el presente estudio es de 0.95 y obtener la potencia reactiva requerida con la expresión posterior:

$$FP = \cos \varphi (\tan^{-1} \frac{P}{Q})$$

Luego:

$$\tan \varphi = (\cos^{-1} 0.95)$$

$$\tan \varphi = 18.19$$

$$\tan 18.19 = \frac{Q \text{ requerida}}{P}$$

$$Q \text{ requerida} = P * \tan 18.19$$

$$Q \text{ requerida} = 75,46 * 0.328$$

$$Q \text{ requerida} = 24.795 \text{ kVAr}$$

Para calcular la potencia reactiva del banco de capacitores se aplica la siguiente fórmula:

$$Q_{BANCO} = Q_{inicial} - Q_{requerida}$$

$$Q_{banco} = 47.68 \text{ kVAr} - 24.795 \text{ kVAr}$$

$$Q_{banco} = 22.885 \text{ kVAr}$$

Este resultado es la potencia del banco de capacitores.

6.5.2. MÉTODO II: CÁLCULO DE LA COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA A PARTIR DE DATOS DEL ANALIZADOR DE RED

El analizador de red permite obtener un perfil de la potencia reactiva consumida durante una semana de funcionamiento normal del transformador de 800 kVA que alimenta al Hospital San Vicente de Paúl, en el gráfico n. 22 se muestra la curva de la potencia reactiva obtenida en el período de medición la cual incluye fin de semana.

En este podemos observar que para satisfacer la máxima demanda, el dato obtenido es de 61,72 kVAr (consumo en punta), medido el día viernes 12 de marzo de 2010 a las 13h20.

Otro dato importante que se obtiene con el analizador de redes es la potencia activa (grafico N. 23) en el momento de máxima demanda de reactiva que es de 105,53 kW, el cual sirve para calcular la potencia reactiva a compensar.

Para aplicar la siguiente fórmula para el cálculo del banco de condensadores necesitamos además el factor de potencia deseado que para nuestro estudio es de 0,95 como se propone en el método anterior.

GRAFICO N. 22
PERFIL DE CONSUMO DE POTENCIA REACTIVA

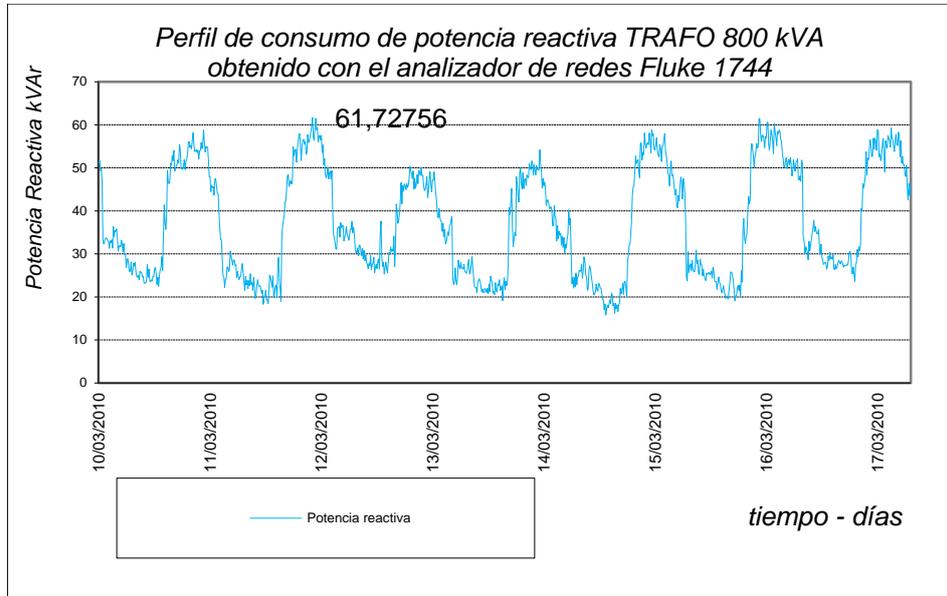
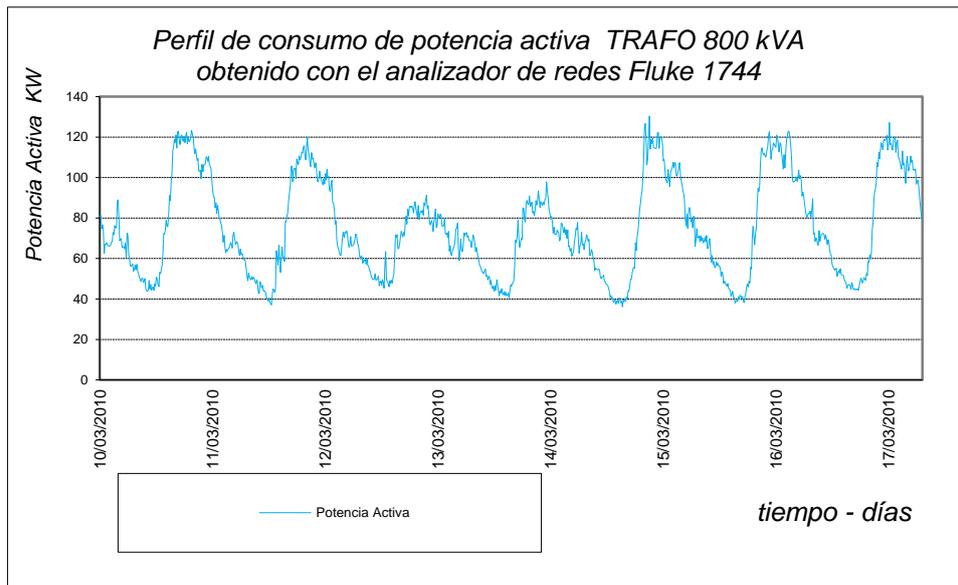


GRAFICO N. 23
PERFIL DE CONSUMO DE POTENCIA ACTIVA



$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_i - Q_c)^2}}$$

DONDE:

$\cos \varphi$ = Factor de potencia deseado

P = Potencia activa

Q_i = Potencia reactiva inicial

Q_c = Potencia reactiva compensada

$$Q_c = Q_i - \sqrt{\left(\frac{P}{\cos \varphi}\right)^2 - (P)^2}$$

$$Q_c = 61,72 - \sqrt{\left(\frac{105,53}{0,95}\right)^2 - (105,53)^2}$$

$$Q_c = 27,03 \text{ kVAr}$$

Luego de realizado el cálculo se obtiene que el banco de condensadores para el transformador de 800 kVA será de 27,03 kVAr, pero como en la actualidad en el Hospital San Vicente de Paúl la carga va a incrementar en 55 kVA por cuanto está planificado que en los próximos meses entre en funcionamiento la sala de diálisis la que consta de los siguientes equipos.

CUADRO N. 34
POTENCIA A INSTALAR EN SALA DE DIÁLISIS

SALA DE DIÁLISIS		
CANTIDAD	NOMBRE	POTENCIA kVA
20	Máquina de diálisis	2,2
1	Planta de agua	11
	Sistema de computación	
	Sistema de iluminación	
	TOTAL	55 kVA

El Cálculo de la Compensación de Potencia Reactiva para la Carga Proyectada se presenta a continuación:

DATOS:

Cos ϕ = Factor de potencia deseado 0,95

Cos ϕ i = Factor de potencia en la placa de los equipos 0,85

P = ?

Qi = ?

Qc = ?

S = 55 kVA

Procedemos a calcular la potencia activa.

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

Despejando:

$$P = S * \cos \phi$$

$$P = 55 \text{ kVA} * 0,85$$

$$P = 46,75 \text{ kW}$$

Luego calculamos la potencia reactiva con la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Despejamos Q y se tiene:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{55^2 - 46,75^2}$$

$$Q = 28,97 \text{ kVAr (inicial)}$$

Cálculo de potencia reactiva con el factor de potencia propuesto (0,95):

$$Q \text{ requerida} = P * \tan \phi$$

$$\tan \phi = (\cos^{-1} 0,95)$$

$$\tan \phi = 18,19$$

$$Q \text{ requerida} = P * \tan 18,19$$

$$Q_{requerida} = 46,75 \text{ kW} * \tan 18,19$$

$$Q_{requerida} = 15,36 \text{ kVAr}$$

Para calcular la potencia reactiva del banco de capacitores para la carga proyectada se aplica la siguiente fórmula:

$$Q_{BANCO} = Q_{inicial} - Q_{requerida}$$

$$Q_{banco} = 28,97 \text{ kVAr} - 15,36 \text{ kVAr}$$

$$Q_{banco} = 13,61 \text{ kVAr}$$

Este resultado es la potencia del banco de capacitores para la carga de 55 kVA proyectada para la sala de diálisis.

Con estos antecedentes se propone la instalación de un banco de capacitores automático de 40 kVAr. La compensación automática, debe adecuarse a las variaciones de potencia reactiva requerida en la instalación, para conseguir mantener el FP que se plantea de la instalación. El mecanismo de compensación automático está constituido por tres elementos internos principales:

- a. El regulador: Cuya función es medir el $\cos \phi$ de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al $\cos \phi$ deseado, conectando los diferentes pasos de potencia reactiva.

- b. Los contactores: Son los encargados de conectar los distintos capacitores que forman el banco. El número de pasos que es posible disponer en un equipo de compensación automático depende de las salidas que tenga el regulador.
- c. Los capacitores: Son los elementos que aportan la energía reactiva a la instalación. Normalmente la conexión interna de los mismos está hecha en triángulo.

Para el funcionamiento del equipo de compensación automático se necesita tomar los datos de la instalación, estos son los elementos externos que le permiten actuar correctamente al equipo:

- a. La lectura de intensidad: Se debe conectar un transformador de intensidad que registre el consumo de corriente de la instalación.
- b. La lectura de voltaje: Normalmente se incorpora en el equipo de control del banco de capacitores de manera que al efectuar la conexión de potencia de la misma ya se obtiene este valor. La información de la instalación (voltaje e intensidad) permite al regulador realizar el cálculo del $\cos \varphi$ existente en la instalación en todo momento y le capacita para tomar la decisión de introducir o sacar según los pasos la potencia reactiva.
- c. Es necesaria la alimentación a 230 V para el circuito de mando del banco de capacitores, los cuales disponen de terminales para este efecto.

6.6. DISEÑO Y PRESUPUESTO DEL BANCO DE CAPACITORES

6.6.1. BANCO DE CAPACITORES A INSTALAR

El banco de capacitores a instalar es de 40 kVAr, la compensación es automática, debe adecuarse a las variaciones de potencia reactiva requerida en la instalación. El tablero de control del banco de capacitores de 40 kVAr, posee un transformador de aislamiento el cual sirve para aislar las sobretensiones, separar fallas y abolir los transitorios por maniobra al momento que ingresan los capacitores a la red. El escalonamiento o regulación física de un banco de capacitores automático indica la composición y el número de los conjuntos condensador- contactor que la forman. Normalmente se suele expresar como relación de la potencia del primer escalón con el resto de escalones.

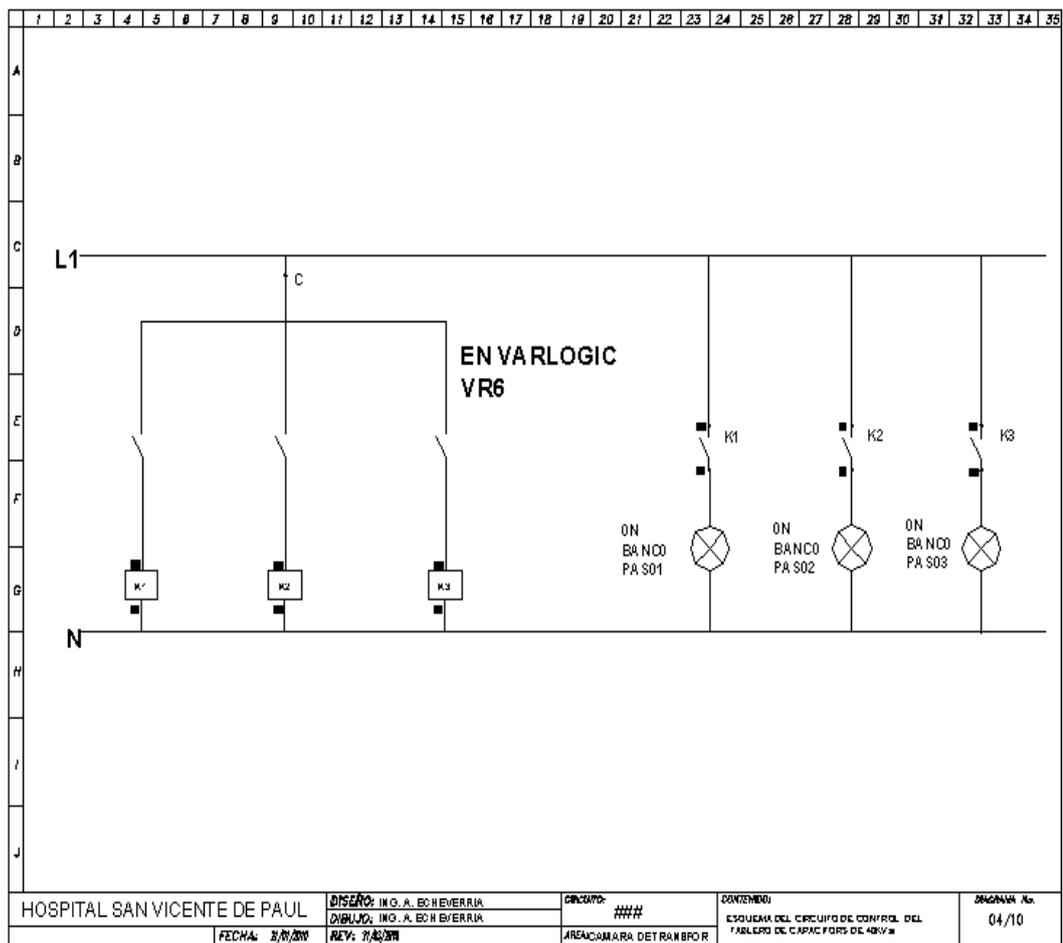
En este caso el banco de condensadores está formado por los siguientes escalones de potencias: 5, 5, 10, 20, tiene una regulación 1.2.2, ya que el primer escalón tiene la mitad de potencia que el siguiente escalón. La adaptación a la demanda de potencia reactiva dependerá de las necesidades de reactivos que requiere la red. Este banco de condensadores estará controlado por el regulador Varlogic el cual permite hasta 7 regulaciones distintas con lo que optimizan el coste del equipo proporcionando un máximo de "finura" en la regulación. El tipo de materiales utilizados para este banco se describe a continuación en el presupuesto.

6.6.2. PRESUPUESTO

CLIENTE	DIRECTOR DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL			COTIZACIÓN	AEG-28-2010
REF.:	TRABAJOS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE BANCOS DE CAPACITORES PARA CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA			FECHA	18-jun-10
ITEM	CANT	UNID.	DESCRIPCIÓN	P.UNITARIO	P.TOTAL
1			BANCO DE CAPACITORES AUTOMÁTICO DE 40 KVAR		
			MATERIALES		
	1	u	Tablero modular de servicio pesado Beacoup de 120x80x40cm	684.00	684.00
	1	u	Breaker Merlin Gerin EZC100N, de 100A	78.74	78.74
	1	u	Juego de barras Legrand de 125 A.	86.55	86.55
	2	u	Breaker Merlin Gerin EZC100N, de 15A.	72.15	144.30
	1	u	Breaker Merlin Gerin EZC100N, de 30A	72.15	72.15
	1	u	Breaker Merlin Gerin EZC100N, de 60A	72.15	72.15
	1	u	Contactores TELEMECANIQUE LC1D18,bobina 110 VAC	55.70	55.70
	1	u	Contactores TELEMECANIQUE LC1D32,bobina 110 VAC	90.81	90.81
	1	u	Contactores TELEMECANIQUE LC1D65,bobina 110 VAC	201.81	201.81
	2	u	Condensador de 5 kVAR, 240 VAC, MERLÍN GERIN	97.37	194.74
	3	u	Condensador de 10 kVAR, 240 VAC, MERLÍN GERIN	119.37	358.11
	15	m	Cable flexible Nro.6 AWG	3.20	48.05
	30	m	Cable Superflex 35 mm2	11.82	354.46
	40	m	Cable flexible Nro.18 AWG	0.64	25.65
	1	u	Breaker Merlin Gerin K32a de 2 A, dos polos	27.84	27.84
	1	u	Transformador 150VA (240-480/120-240)	145.28	145.28
	1	u	Varlogic NR6, Merlin Gerin	448.82	448.82
	1	GLB	Consumibles(Hierro ángulo, abrazadera para poste, varilla roscada, pintura, suelda, discos de amolar, material menudo para armado de tableros, etc.	120.00	120.00
				SUBTOTAL	3209,17
			MANO DE OBRA		
	1	glb	Armado de tablero con condensadores	176.00	176.00
	1	glb	Montaje de tablero, conexionado, puesta en marcha	226.50	226.50
				SUBTOTAL	402.50
				SUBTOTAL	3611,67
ITEM	CANT	UNID.	DESCRIPCIÓN	P.Unitario	P.Total
	1		COSTOS INDIRECTOS	88.00	88.00
RESUMEN					
ITEM	CANT	UNID.	DESCRIPCIÓN		
1	1	GLB	MATERIALES Y MANO DE OBRA	SUBTOTAL	3611,67
2	1	GLB	COSTOS INDIRECTOS	SUBTOTAL	88.00
				SUMAN	3699,67
				12% IVA	443.96
				TOTAL	4143,63

6.6.3. DISEÑO

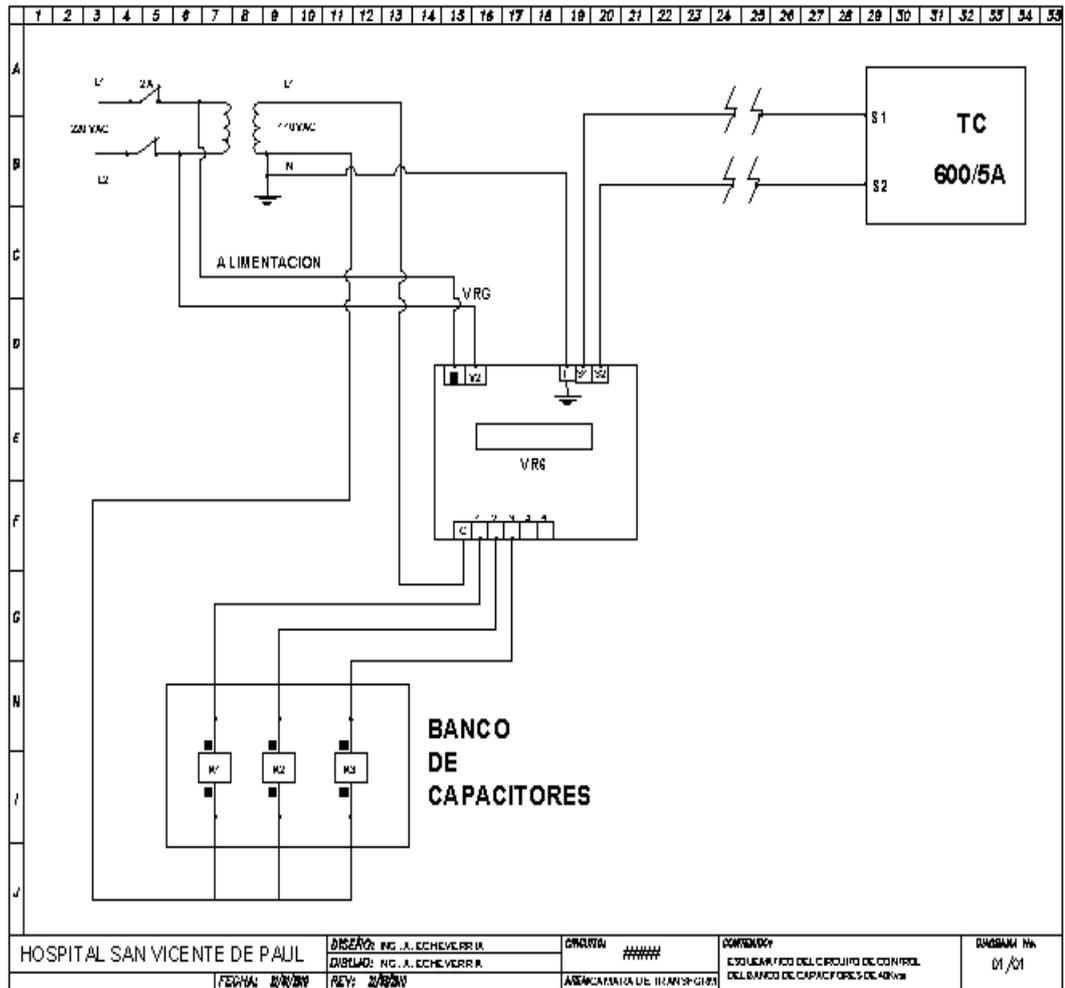
CUADRO N. 35
ESQUEMA DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL TABLERO DEL
BANCO DE CAPACITORES



Fuente: Hospital San Vicente de Paúl
 Elaborado por: Los Autores

CUADRO N. 36

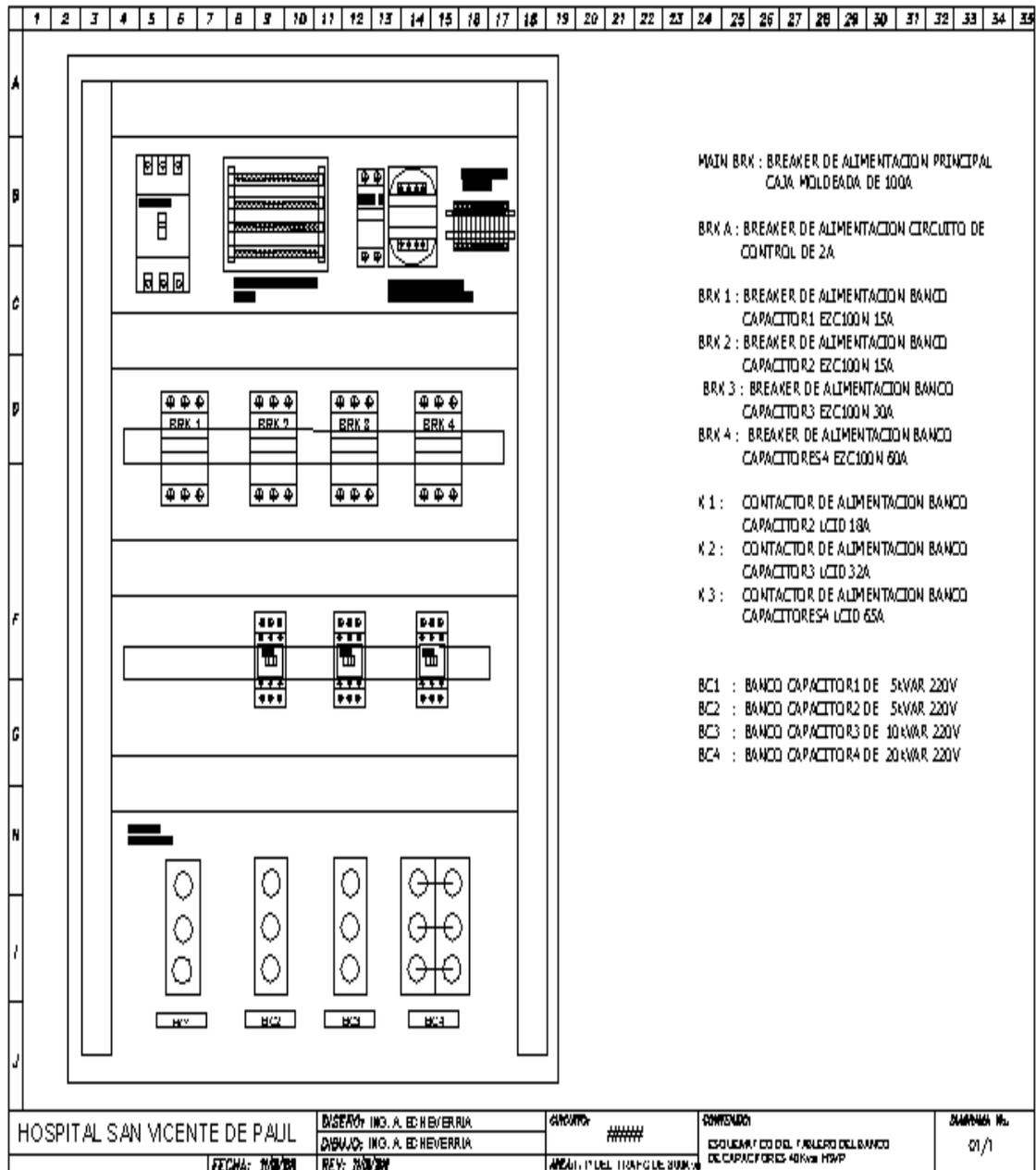
ESQUEMA DEL CIRCUITO AUTOMÁTICO DEL TABLERO



Fuente: Hospital San Vicente de Paúl
 Elaborado por: Los Autores

CUADRO N. 37

ESQUEMA DEL TABLERO DEL BANCO DE CAPACITORES



Fuente: Hospital San Vicente de Paúl
 Elaborado por: Los Autores

6.6.4. COMO ELEGIR EL BANCO DE CAPACITORES

Los 3 datos que definen un banco automático de condensadores son los siguientes:

- a) La potencia en kVAr, que vendrá dada por los cálculos efectuados y dependerá del $\cos \phi$ objetivo que se desea tener en la instalación.
- b) La tensión nominal, que siempre deberá ser mayor o igual a la tensión de red.
- c) La regulación del banco, que indicará el escalonamiento físico de la misma.

El tablero de control del banco de capacitores de 40 kVAr, además posee un transformador de aislamiento el cual sirve para aislar las sobretensiones, separar fallas y abolir los transitorios por maniobra al momento que ingresan los capacitores a la red.

El escalonamiento o regulación física de un banco de capacitores automático indica la composición y el número de los conjuntos condensador- contactor que la forman. Normalmente se suele expresar como relación de la potencia del primer escalón con el resto de escalones.

Ejemplo:

Banco de condensadores de 40 kVAr, formada por los siguientes escalones de potencias: 5 + 5 + 10 + 20, tiene una regulación 1.2.2, ya que el primer escalón tiene la mitad de potencia que el siguiente escalón. La adaptación a la demanda de potencia reactiva dependerá de las necesidades de reactivos que requiere la red.

Un banco de condensadores bien elegido desde el punto de vista de la adaptación al $\cos \phi$ objetivo, cuanto menor sea la regulación eléctrica mejor se podrá adaptar a las variaciones de la demanda de reactiva de la instalación.

Los reguladores Varlogic (propuesto para este caso) permiten hasta 7 regulaciones distintas con lo que optimizan el coste del equipo proporcionando un máximo de "finura" en la regulación.

6.6.5. PROGRAMACIÓN DEL REGULADOR

Los datos que se deben programar en un regulador al realizar la puesta en marcha son los siguientes:

- a) El $\cos \phi$ deseado en la instalación.
- b) La relación C/K.

Estos datos son únicos para cada instalación y no se pueden programar de fábrica.

6.6.6. QUÉ ES EL C/K

El regulador es el componente que decide la entrada o salida de los distintos escalones de potencia en función de 3 parámetros:

- a) El $\cos \phi$ que se desea en la instalación.
- b) El $\cos \phi$ que existe en cada momento en la instalación.
- c) La intensidad del primer escalón (que es el que marca la regulación mínima del banco de condensadores).

La entrada de intensidad al regulador se efectúa siempre a través de un TI (transformador de corriente) de relación X/5. Para que el regulador pueda tomar la decisión de conectar o desconectar el escalón debe saber cuál va a ser la intensidad reactiva que va a introducir en la instalación, y esta intensidad debe estar referida al secundario del TI ya que es el valor que el regulador “lee”.

La forma de programar este valor es lo que se conoce como C/K y su fórmula es la siguiente:

$$C/K = \frac{Q1}{\sqrt{3} * U \text{ RTI}}$$

Donde:

Q1 = potencia reactiva del primer escalón (VAR).

U = Tensión FF.

RTI = relación TI (X/5).

Ejemplo:

Banco de 40 kVAr, formada por los siguientes escalones de potencias: 5+5+10 + 20. Se conecta en una instalación donde el disyuntor general de protección es de 630 A. El TI que se deberá instalar será 600/5 y el cálculo del C/K será:

$$C/K = 5 \times 1000 / (\sqrt{3} \times 220) / 600/5 = 0,10$$

6.6.7. LA IMPORTANCIA DEL AJUSTE DEL C/K

Para comprender la importancia del ajuste C/K hay que pensar que cada banco de capacitores tiene un escalonamiento mínimo definido (determinado por la potencia del primer escalón).

Por este motivo el banco de condensadores no se podrá ajustar al $\cos \phi$ deseado a no ser que la demanda de la instalación coincida exactamente con dicho valor o un múltiplo del mismo.

Por esta razón el banco de condensadores no puede ajustar exactamente a la demanda de reactiva que existe en cada momento en la instalación, por eso se crea una banda de funcionamiento estable del regulador en la cual a pesar de que el $\cos \phi$ no sea exactamente el deseado no va a conectar ni desconectar más escalones. Esa banda es el C/K; por encima de la banda C/K el regulador va a conectar escalones y por debajo los desconecta. Un ajuste demasiado bajo del C/K implicaría un sobre trabajo inútil de los contactores; un C/K demasiado alto supondría una banda estable excesivamente ancha, y por lo tanto no se alcanzaría el $\cos \phi$ deseado.

Los reguladores proporcionan la posibilidad de ajuste automático del C/K bajo cualquier condición de carga de la instalación. El ajuste manual permite introducir valores de C/K desde 0,01 hasta 1,99 pudiendo visualizar en pantalla el valor ajustado.

Ejemplo:

Banco de capacitores de 40 kVAr formada por los siguientes escalones: 5+5+10+20. El $\cos \phi$ objetivo programado en el regulador es = 0,95. Los datos de la instalación en un determinado momento son:

$$P = 130 \text{ kW}$$

$$\cos \phi = 0,91$$

Con lo que la Q reactiva necesaria para alcanzar el $\cos \phi$ deseado sería:

$$Q = P \times (\text{tg } \phi \text{ inicial} - \text{tg } \phi \text{ deseado})$$

$$Q = 130 \times (0,45 - 0,32) = \mathbf{16,9 \text{ kVAr}}$$

Como el escalonamiento eléctrico del banco de capacitores es de escalas de 5 kVAr, el banco de capacitores estaría constantemente fluctuando entre 15 y 20 kVAr. Para evitar esta actuación inestable existe el ajuste C/K.

Como se observa el banco de capacitores no se puede ajustar exactamente a la demanda de reactiva que existe en cada momento en la instalación, por eso se crea una banda de funcionamiento estable del regulador en la cual a pesar de que el $\cos \phi$ no sea exactamente el deseado no va a conectar ni desconectar más escalones.

6.7. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

6.7.1. INTRODUCCIÓN

La evaluación económica se preocupa en determinar el beneficio de realizar o no el proyecto, identificando los costos que representan un flujo neto que mide el rendimiento del proyecto.

La tasa de descuento es la tasa que refleja la pérdida de valor que a través del tiempo sufre la utilidad obtenida de una unidad de inversión adicional, se tomará un valor de 12%.

Los costos de inversión se determinaron en base al estudio técnico expuesto en el presupuesto del banco de capacitores. Esta es una inversión para el mejoramiento de la calidad de energía en el hospital además con la finalidad de reducir la penalización por bajo factor de potencia.

La Instalación de un banco de capacitores de 40 kVAr en el transformador de 800 kVA permite corregir el factor de potencia y además reducir pérdidas y mejorar el voltaje. A continuación se presenta los costos de inversión:

**CUADRO N. 38
COSTOS DE INVERSIÓN**

ITEM Año 1	Mano de obra calificada	Montaje de tablero y puesta en marcha	Materiales y equipo	Costos indirectos	Total
1	176	226,5	3209,17	88	3699,67
Total					3699,67

**CUADRO N. 39
IMPUESTOS**

Año	12 % IVA	Total
1	443,96	4143,63
Total		4143,63

Se debe tener en cuenta que el proyecto tiene una vida útil de 10 años y aproximadamente cada 3 años es recomendable reemplazar los contactores. Los beneficios son en base a la reducción de la multa por bajo factor de potencia que anualmente asciende a un aproximado de 3800 dólares americanos. Se elabora una tabla con la expectativa de los años a futuro, en base a los últimos seis meses de facturación. (Ver anexo 7)

CUADRO N. 40
RESUMEN DE COSTOS Y BENEFICIOS

Año	Costo de inversión	Costo de mto.	Beneficio neto anual promedio de seis meses últimos	Flujo neto
0	4143,63		0	-4143,63
1			3812,14	3403,69
2		390,11	3812,14	2728,02
3			3812,14	2713,4
4			3812,14	2422,68
5		390,11	3812,14	1941,75
6			3812,14	1931,13
7			3812,14	1724,41
8		390,11	3812,14	1382,1
9			3812,14	1374,69
VALOR PRESENTE NETO DE LOS BENEFICIOS				19621,87
TIR				88,96%
VAN				15478,49

Luego se calcula los parámetros para evaluar económicamente al proyecto:

$VPNB = \text{Valor presente neto de los beneficios}$

$$VPNB = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - m_t}{(1+i)^t}$$

$$VPNB = 19621,87$$

VPNB : Valor presente neto de los beneficios

Bt : Beneficios totales (Multa por bajo factor de potencia anual)

mt : Gastos por mantenimiento del equipo

i : Pérdida de valor del equipo que sufre a través del tiempo.(12 %)

VPNC = Valor presenteneto de la inversión o costo°

$$VPNC = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i)^t}$$

$$VPNC = 4143,63$$

VPN = Valor presenteneto del proyecto

$$VPN = VPNB - VPNC$$

$$VPN = 15478,24$$

Relación Beneficio – Costo

La relación beneficio – costo, es un instrumento que permite medir la rentabilidad de un proyecto determinado; se sustenta en la sumatoria de todos los beneficios traídos a valor presente, divididos para la sumatoria de todos los costos y gastos expresados en valor presente, sumado a estos, el valor de la inversión; siendo el proyecto atractivo cuando los beneficios derivados desde su implantación exceden a los

costos asociados, es decir, un proyecto es factible de ejecutarlo cuando la relación beneficio – costo es mayor que la unidad, pues se verifica que el proyecto económicamente es rentable y el tiempo de recuperación de la inversión es menor al período de vida útil de la obra.

En el presente caso, se establecerá la relación beneficio – costo para determinar la rentabilidad en la instalación del banco de capacitores de 40 kVAr en el transformador de 800 kVA del Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra, necesario para la corrección del bajo factor de potencia existente.

$B/C = \text{Relación beneficio/costo}$

$$B/C = \frac{VPNB}{VPNC}$$

$$B/C = 4,73$$

Según lo expuesto este proyecto es viable ya que el valor presente neto del proyecto es mayor a cero y la relación beneficio costo es mayor a 1.

BIBLIOGRAFÍA

ABB Sistemas, (1998). *Filtros Activos Innovación Mundial Catálogo de Productos.*

AKAGI y FUJITA. (1995). *A New Power Line Conditioner for Harmonic Compensation in Power Systems. IEEE Transactions on Power Deliver.*

BARRERO, F. (1995). *Análisis Topológico y Funcional de Acondicionadores para la Reducción de Perturbaciones en la Red Eléctrica.* Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Escuela Técnica Superior de Ingeniero Industriales, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control. Madrid, España:

BARROS, Wellington. (1981). *Corrección del factor de potencia en sistemas industriales.* Quito-Ecuador:

BEDÓN, Andrés. (2007). *Estudio del nivel de voltaje, perturbaciones y factor de potencia en industrias florícolas del cantón Cayambe – Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. Quito.*

CAMPOS, Joos. (1992). *Analysis and Design of a Series Voltage Compensator for Three-Phase Unbalanced Sources*, *IEEE Trans. on Industrial Electronics*.

CÁRDENAS, V. (1999). *Filtros Activos Híbridos para Compensación Armónica de Corriente y Compensación de Factor de Potencia en sistemas Trifásicos*, Tesis Doctoral, CENIDET. Cuernavaca, México:

CÁRDENAS, Víctor.- *Tensión y control de corrientes armónicas.- CENIDET*

SCHNEIDER. (2007). *Compensación de la Energía Reactiva*.

DUGAN, R., & McGranaghan, M., Beaty, H. (1996). *Electrical Power Systems Quality*. Ed. McGraw-Hil.

EDWISWISTER, Joseph. (1997). *Circuitos Eléctricos*. Quito:

EMMANUEL, A. E. (1990) *Power in Nonsinusoidal Situations. A review of Definitions and Physical Meaning*, *IEEE Transactions on Power Delivery*.

ESTACIO, Henry (2005). *Estudio de uso eficiente de la energía eléctrica en la florícola Pontetresa*. Quito-Ecuador:

FERRACI, Philippe. (2004). *La calidad de la energía eléctrica, Cuaderno Técnico nº 199 SCHNEIDER ELECTRIC.*

FLECHAS, Jairo. (2008). *Calidad de la potencia eléctrica.*

GARRIDO, Héctor. (1997). *La calidad de servicio eléctrico.* Quito-Ecuador:

HALL, J. (1991). *Power Quality, Power Engineering Journal.*

IEEE Emerald Book. (1995). *IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment, The Institute of Electrical and Electronics Engineers.*

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICAS /TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA/4

IZA, Edison. (2001). *Metodología para la determinación del Factor de Potencia de cargas no lineales en un sistema de distribución.* Quito-Ecuador:

LEY DEL RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO TOMO II

MORAN, S. (1989). *A Line Voltage Regulator/Coditioner for Harmonic-Sensitive Load Isolation, IEEE Trans. on Industry Appl.*

PALACIOS, VÍCTOR (2002). *Perdidas en Transformadores de Distribución.*

REGULACIÓN CONELEC 004/01

SCHNEIDER Electric. (2006). *Manual de Compensación de energías reactiva.*

SCHNEIDER ELECTRIC. *Manual y catálogo del electricista.*

SOLA, Rodrigo. (2004). *Corrección del Factor de Potencia en el Sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Santo Domingo.* Quito-Ecuador:

VELASCO, Gerardo. (2006). *Introducción a la calidad de energía eléctrica.* Ibarra – Ecuador:

WESTINGHOUSE Electric Corporation. (1985). *Electric Utility Reference Book Volume 3: Distribution Systems.* Pennsylvania – EEUU:

ZAMORA, M. (1996). *Distorsión Armónica Producida por Convertidores Estáticos, (Estudio Bibliográfico), Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Ingenieros en Telecomunicación.* Bilbao - Iberdrola. España:

LINKCOGRAFIA

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendez_s_j/capitulo1.pdf

<http://roble.pntic.mec.es/jsalinas/factor%20potencia.pdf>

http://www.cibernetia.com/tesis_es/CIENCIAS_TECNOLOGICAS/

<http://www.monografias.com/trabajos14/factorpotencia/factorpotencia.shtml>

<http://www.proelca.com/FPwhole.pdf>

<http://www.artech.com>

<http://www.funken.com.mx>

<http://www.voltmum.es>

<http://www.asifunciona.com/electrotecnia>

<http://www.weg.net/ec>

**A
Z
E
X
O
S**

ANEXO N. 1

Ibarra, 16 de enero 2010

Doctora

Yulíng Reascos.

DIRECTORA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL

Presente.-

De nuestra consideración:

Con el fin de obtener el título profesional como Ingenieros Eléctricos en Mantenimiento en la Universidad Técnica del Norte nos encontramos realizando la Tesis, para lo cual hemos planteado el tema: : " ANÁLISIS DE CARGA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL DE LA CIUDAD DE IBARRA Y PROPUESTA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA SEGÚN REGULACIÓN CONELEC 004/01 ", razón por la cual nos permitimos solicitar se nos facilite utilizar información técnica de la institución, además el apoyo de los técnicos para culminar con éxito dicho trabajo que va encaminado a mejorar la calidad del servicio, y así cumplir con los parámetros exigidos por CONELEC.

El producto de la investigación y el planteamiento de la propuesta están orientados a mejorar la calidad de energía, utilizando los métodos más adecuados para ello.

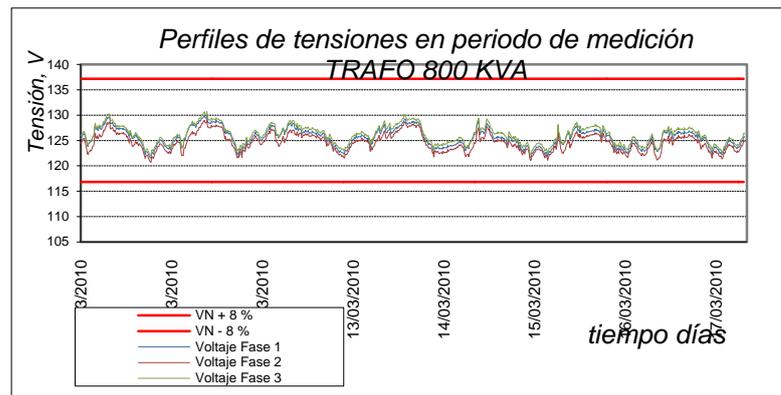
Luis Felipe Aguirre A.
EGRESADO DE INGENIERÍA

Germán Herrera Churta.
EGRESADO DE INGENIERÍA

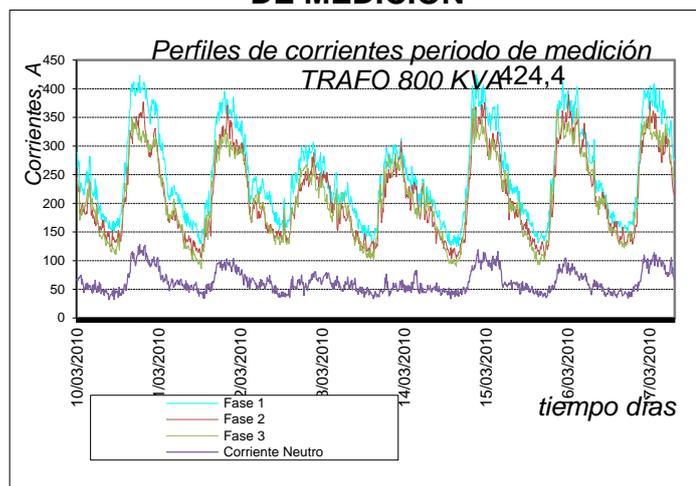
ANEXOS 2

GRÁFICOS DE VOLTAJE, CORRIENTE, POTENCIA APARENTE Y FACTOR DE POTENCIA EN EL TRANSFORMADOR DE 800 KVA

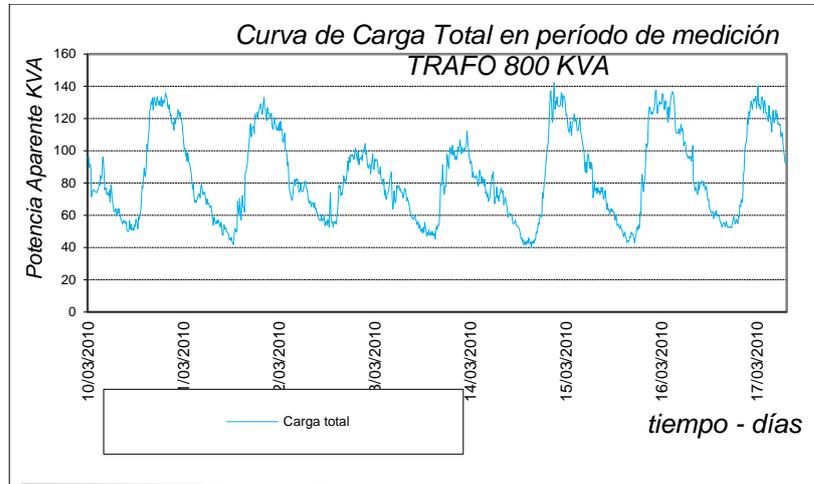
GRÁFICOS DE VOLTAJE



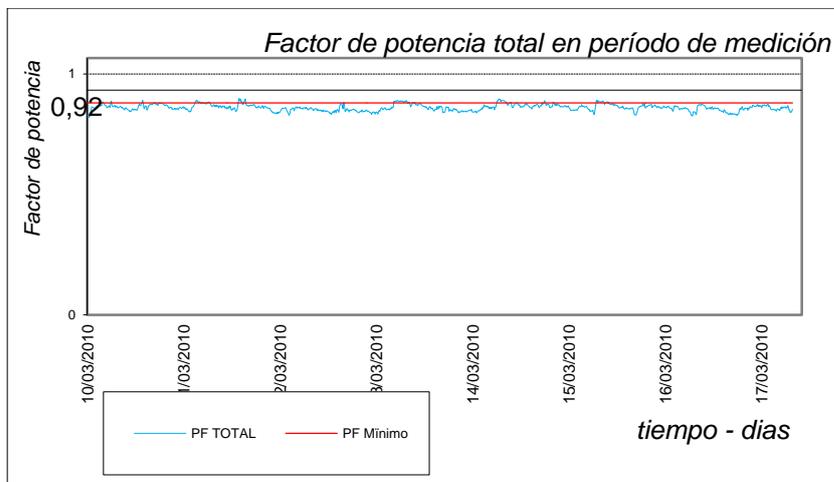
CORRIENTES EN PERÍODO DE MEDICIÓN



CURVA DE CARGA



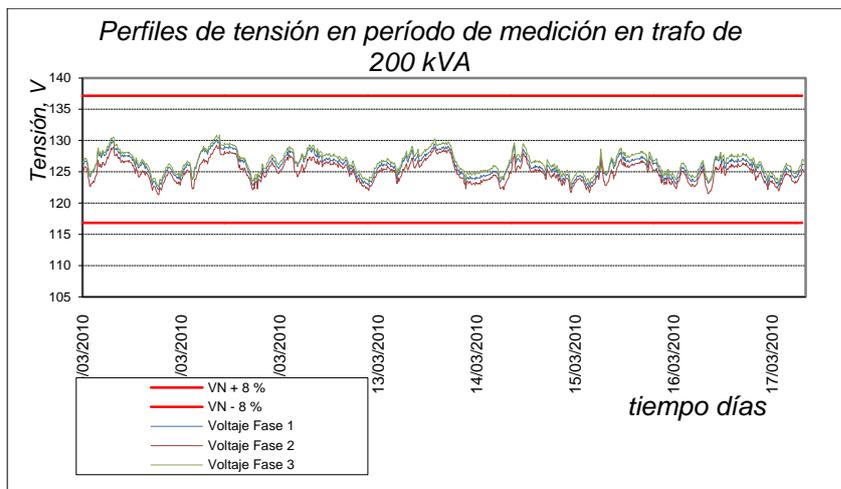
FACTOR DE POTENCIA



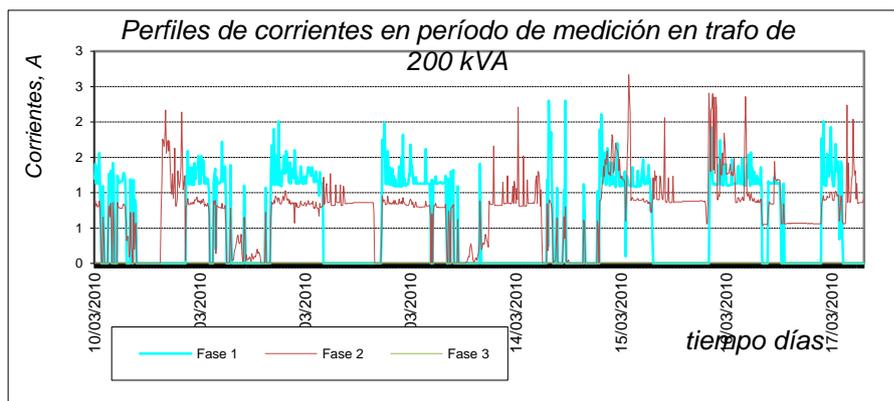
ANEXOS N. 3

GRÁFICOS DE VOLTAJE, CORRIENTE, POTENCIA APARENTE Y FACTOR DE POTENCIA EN EL TRANSFORMADOR DE 200 KVA

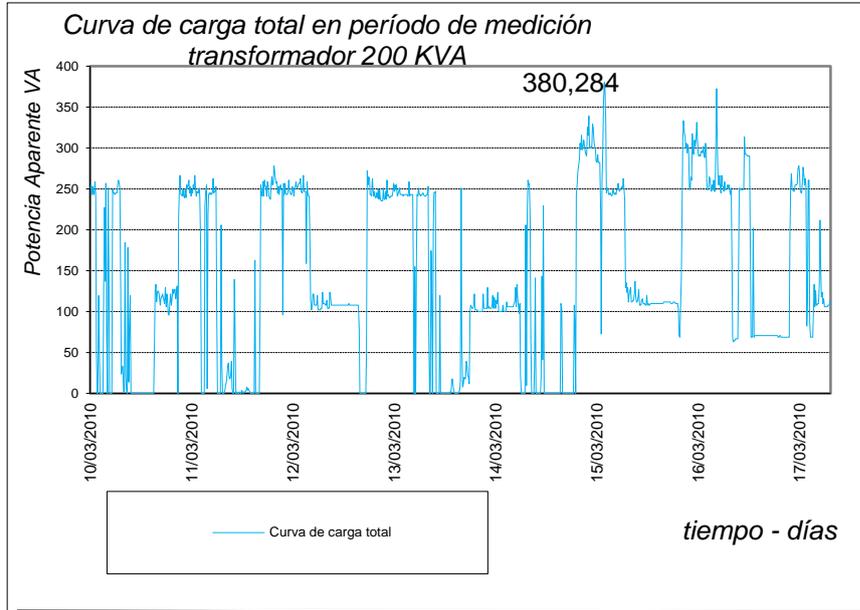
GRÁFICOS DE VOLTAJE EN PERÍODO DE MEDICIÓN



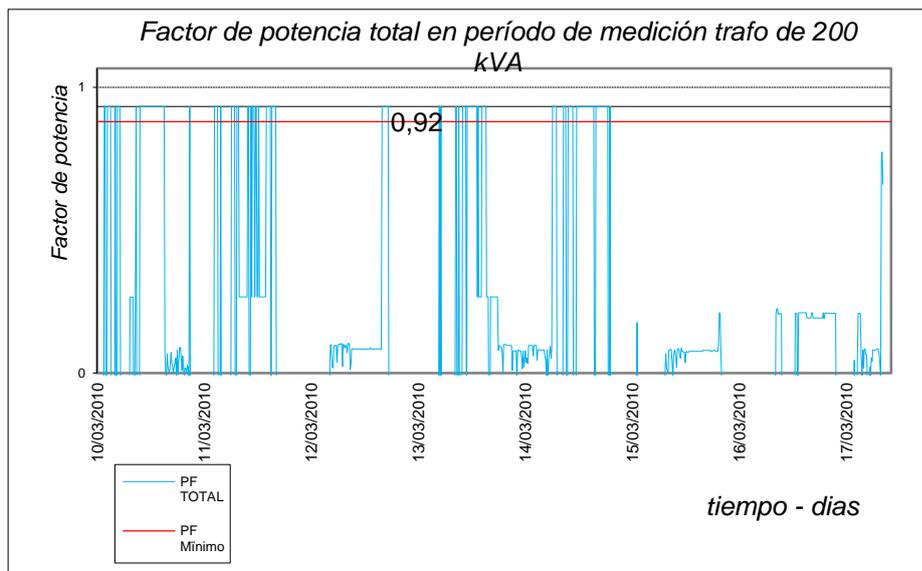
CORRIENTES EN PERÍODO DE MEDICIÓN



CURVA DE CARGA



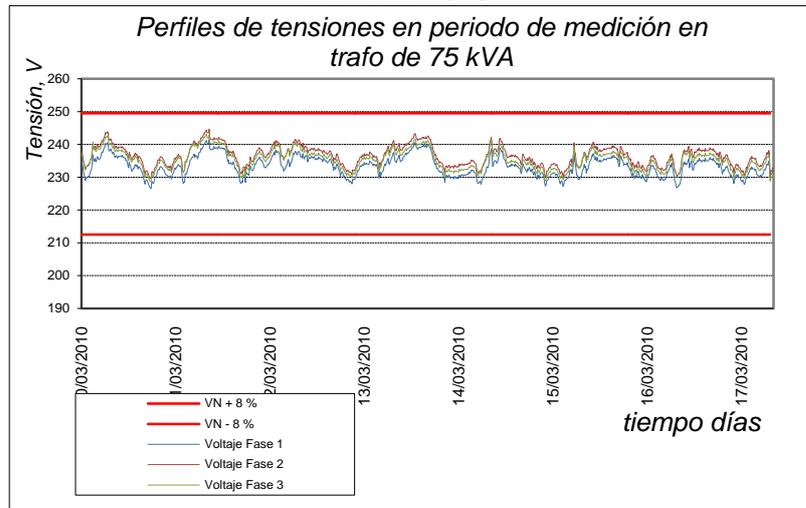
FACTOR DE POTENCIA



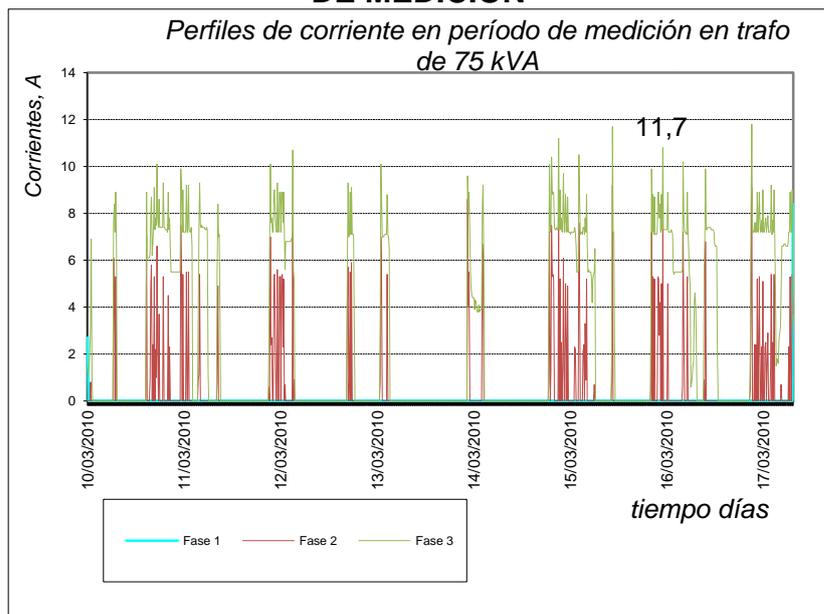
ANEXOS 4

GRÁFICOS DE VOLTAJE, CORRIENTE, POTENCIA APARENTE Y FACTOR DE POTENCIA EN EL TRANSFORMADOR DE 75 KVA EN EL PERÍODO DE MEDICIÓN

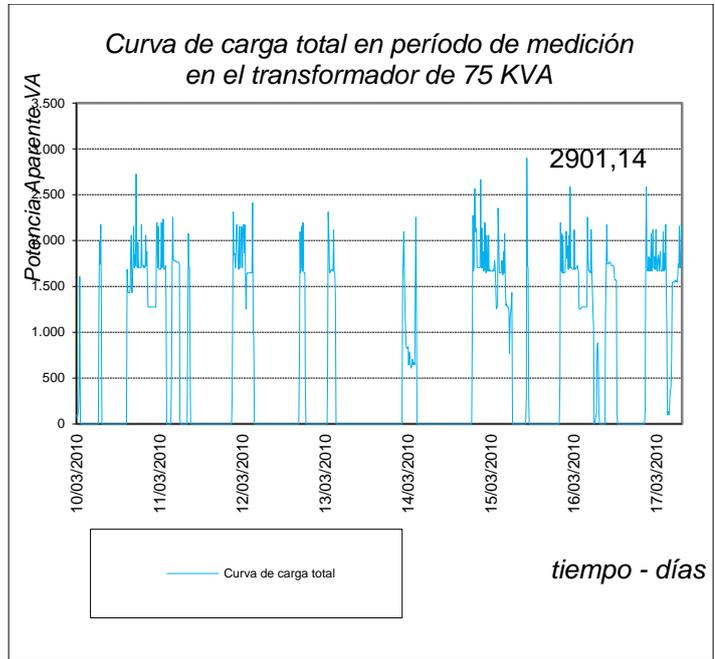
VOLTAJE EN PERÍODO DE MEDICIÓN



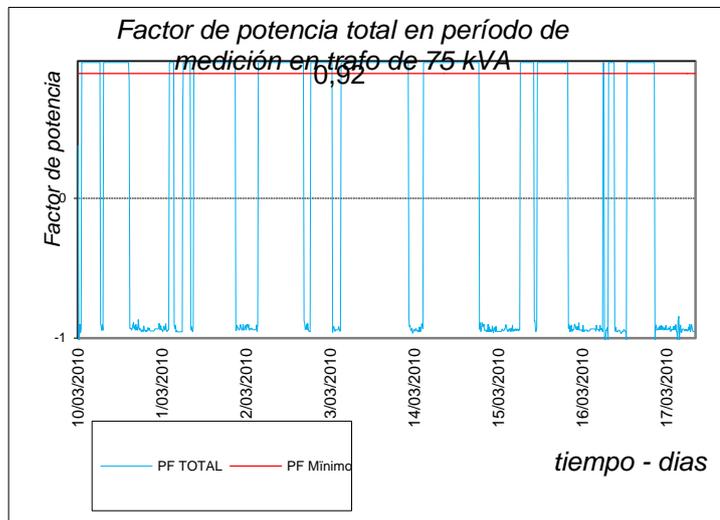
CORRIENTES EN PERÍODO DE MEDICIÓN



CURVA DE CARGA



FACTOR DE POTENCIA



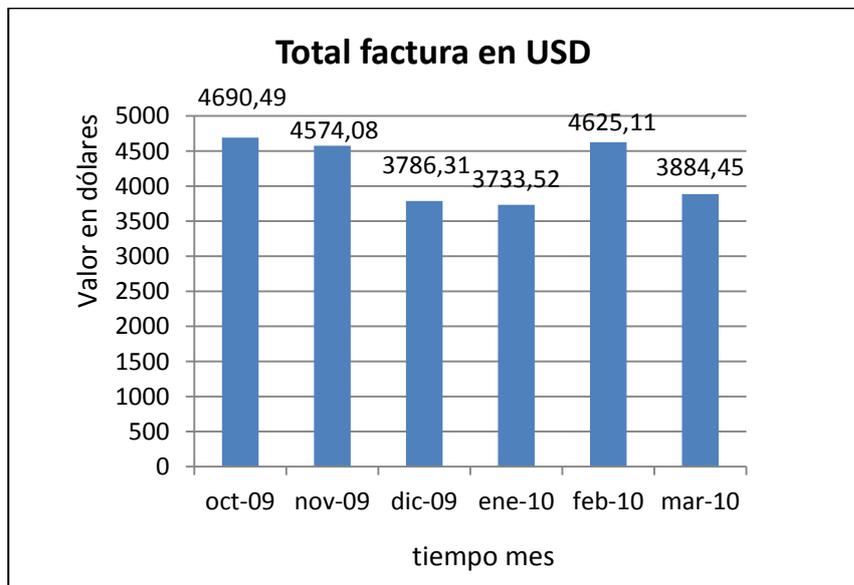
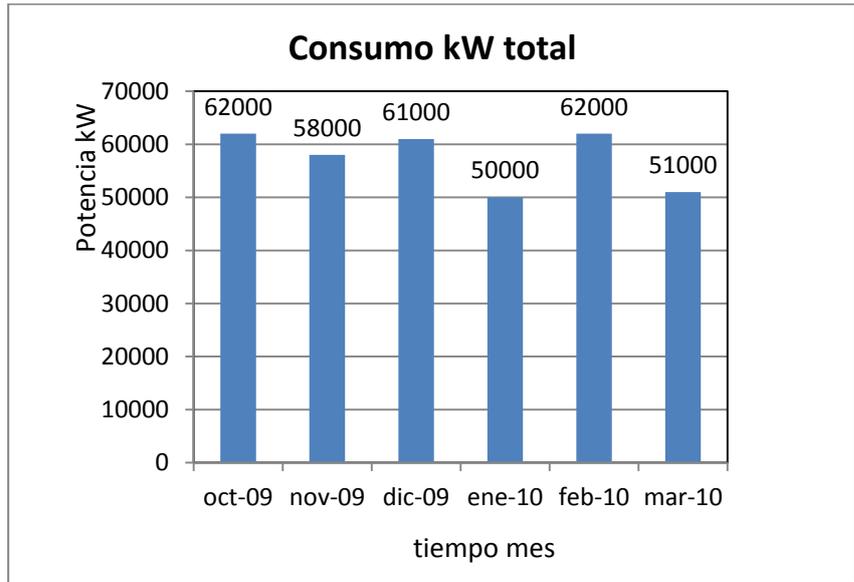
ANEXOS 5

CUADRO Y GRÁFICOS COMPARATIVOS DE CONSUMOS EN BASE A PLANILLA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL

DATOS DE FACTURA DE CONSUMO DE ENERGÍA EN HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL				
	DEMANDA		PENAL.BAJO.FP	
MES	kW	\$	FP	\$
oct-09	140	298,2	0,83	370,04
nov-09	150	301,5	0,83	360,86
dic-09	150	301,5	0,83	370,4
ene-10	140	252	0,85	232,85
feb-10	150	270	0,84	329,66
mar-10	130	300,3	0,85	242,26
	CONSUMO Kw			TOTAL FACTURA
MES	07h a 22h	22h a 07h	total	\$
oct-09	35000	27000	62000	4690,49
nov-09	43000	15000	58000	4574,08
dic-09	39000	22000	61000	3786,31
ene-10	34000	16000	50000	3733,52
feb-10	42000	20000	62000	4625,11
mar-10	36000	15000	51000	3884,45

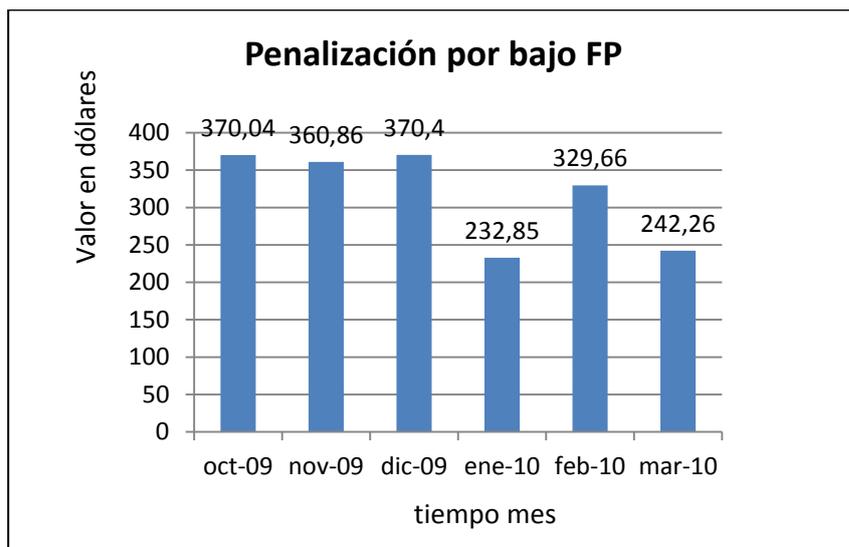
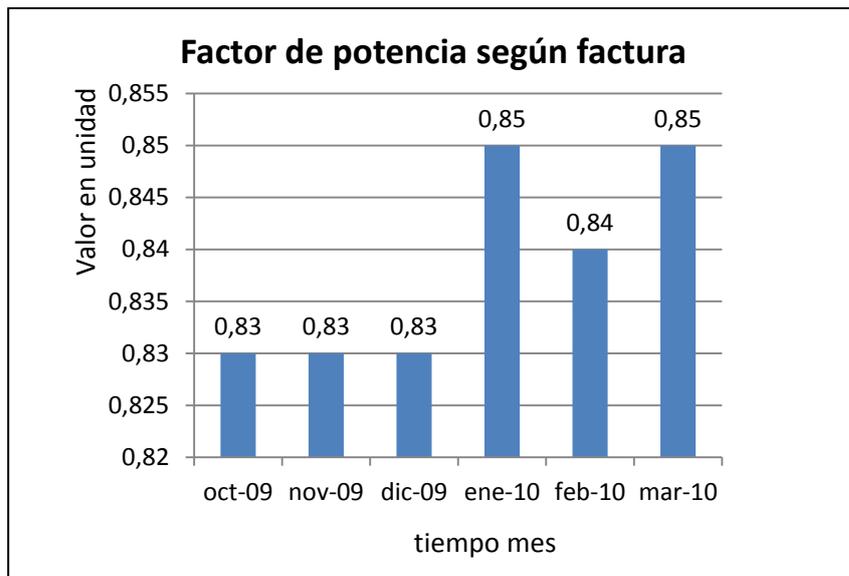
ANEXOS 6

GRÁFICOS COMPARATIVOS DE CONSUMOS EN BASE A PLANILLA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL EN KW Y USD



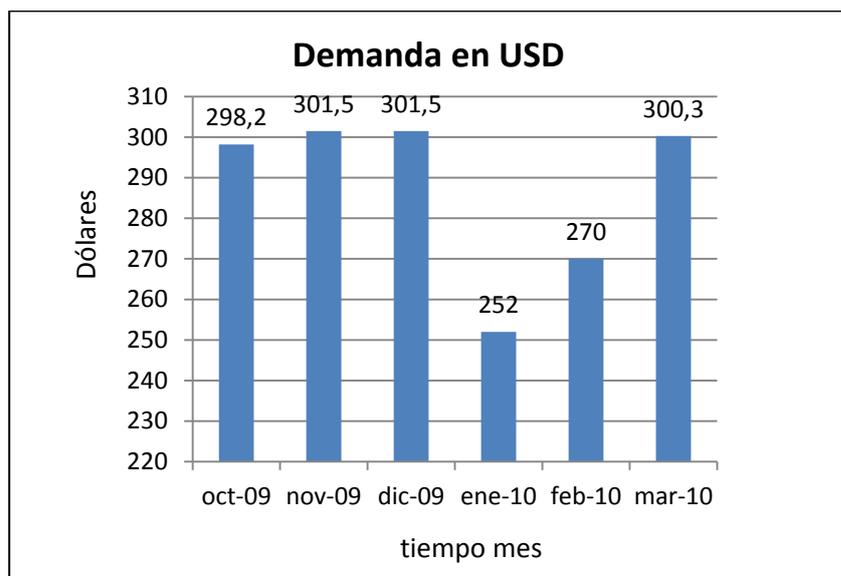
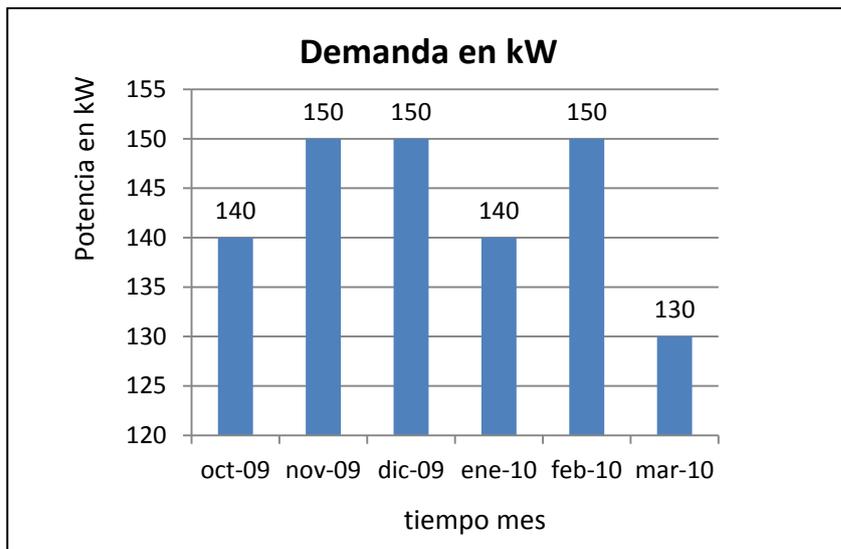
ANEXOS 7

GRÁFICOS COMPARATIVOS DE VALORES DE FACTOR DE POTENCIA EN BASE A PLANILLA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL EN UNIDAD Y EN USD



ANEXOS 8

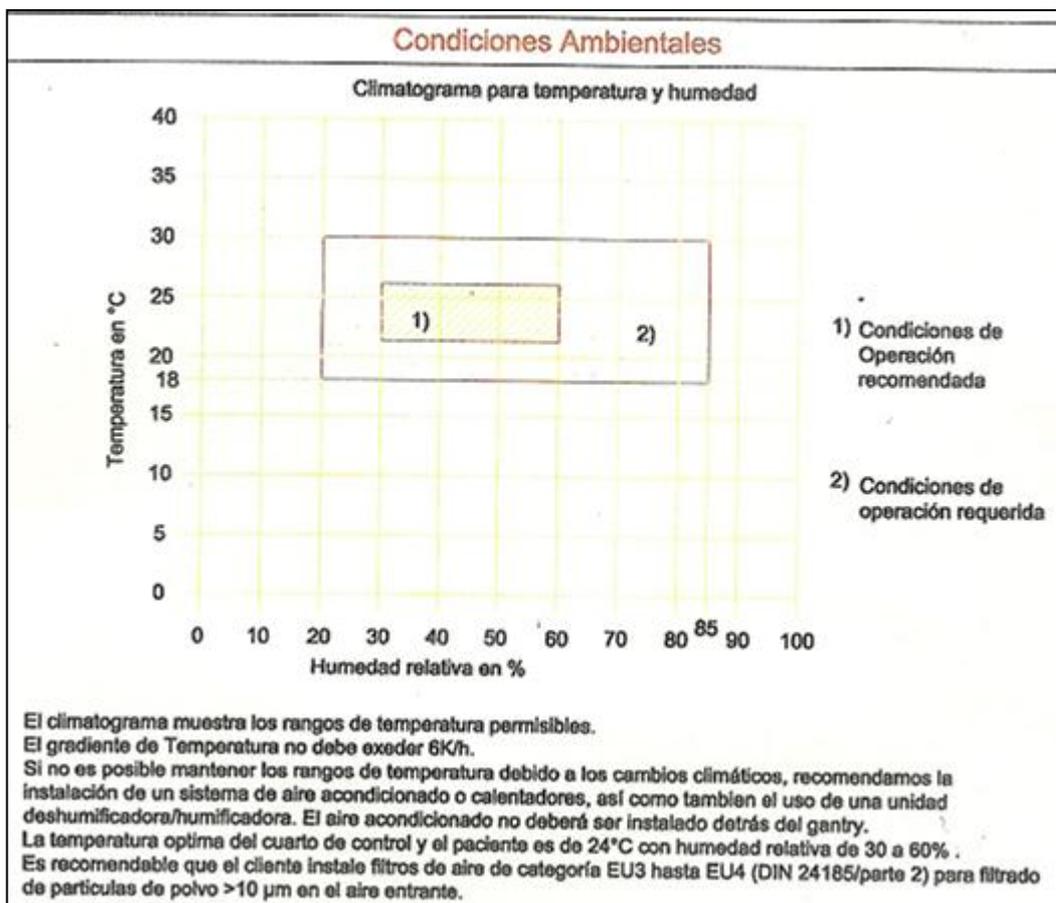
GRÁFICOS COMPARATIVOS DE VALORES DE DEMANDA EN BASE A PLANILLA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL EN KW Y EN USD



ANEXO 9

REQUERIMIENTOS DE POTENCIA PARA SOMATÓN EMOTION 16

Requerimientos de potencia para SOMATOM Emotion 16			
Red eléctrica:	3/N/PE AC 50/60 Hz ± 10 %	Potencia de carga:	43.6 kVA
Voltaje de línea:	400 V	Consumo de energía:	
Resistencia interna de línea con fusible 80 A:	209 mΩ	En espera:	3 kVA
		En máxima operación:	70 kVA



SIEMENS		HEALTHCARE		Fecha:	17.11.2008
Cliente:	Hospital de Ibarra	Elaboró:	J.C. Muñoz	Código del Plan:	
Equipos:	Somatom Emotion 16 Detalles eléctricos y Condiciones Ambientales	Revisó:	I. Vaca	004-001	
Escala:	1:50	Aprobó:	J. Salazar	Hoja:	
Año del estudio:		Modificó:		Documento:	Fecha:

ANEXO 10
AUTORIZACIÓN EMITIDA POR EL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
IBARRA - ECUADOR

FACULTAD DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DECANATO

Oficio 463 D
Febrero 03 de 2010

Doctora
Yu-ling Reasco
DIRECTORA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL

Señora Directora,

A nombre de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología, reciba un cordial saludo, a la vez que le auguro el mejor de los éxitos en las funciones que viene desempeñando.

Me dirijo a usted con la finalidad de solicitarle de la manera más comedida, se brinde las facilidades necesarias a los señores Luis Felipe Aguirre Alarcón y Germán Herrera Churta, para que obtengan información y reciban el apoyo de los técnicos que trabajan en la institución que usted dirige, con el fin de que realicen el Proyecto de Tesis: "CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN EL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL, PROPUESTA", y obtengan el título profesional de Ingenieros en Mantenimiento Eléctrico.

Por su atención, le agradezco.

Atentamente,
CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO


Dr. Marco Gerardo Moreno
DECANO



Mónica B.



ANEXO N. 11

INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA FLUKE 1744 EN TRANSFORMADOR DE 800 KVA



ANEXO 12

INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA FLUKE 1744 EN TRANSFORMADOR DE 200 KVA



ANEXO 13

INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA FLUKE 1744 EN TRANSFORMADOR DE 75 KVA



