



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO
DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

Luis Armando De León Payés
Asesorado por el Ing. José Rodrigo Almeda Ortiz

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO
DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS ARMANDO DE LEÓN PAYÉS

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ RODRIGO ALMEDA ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Cristian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgén Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

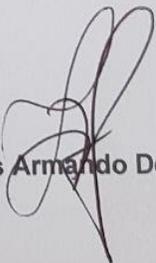
DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
EXAMINADOR	Ing. Juan Fernando Morales Mazariegos
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO
DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha de octubre de 2016.


Luis Armando De León Payés

Guatemala 20 de Julio de 2017

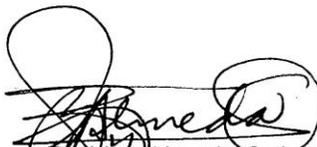
Ingeniero
Saúl Cabezas Durán
Escuela de Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Cabezas:

Deseándole éxitos en el desarrollo de sus actividades. Por este medio me le notifico que, el Bachiller Industrial y Perito en Electricidad Luis Armando De León Payés, con documento de identificación personal 2147 43364 0116, y carné 8912135, ha finalizado su trabajo de graduación titulado **“Estudio y Análisis de Ahorro Energético de El Hospital San Juan de Dios”**. Dicho trabajo ha sido supervisado y asesorado por mi persona, por lo que doy fe que ha completado satisfactoriamente su trabajo de graduación.

Sin otro particular me despido de Usted,

Atentamente,


José Rodrigo Almeda Ortiz
Ingeniero Electricista
Colegiado 7794

José Rodrigo Almeda Ortiz
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 7794



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 22 de septiembre de 2017.
Ref.EPS.DOC.671.09.17.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

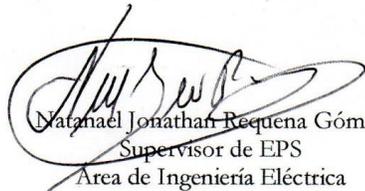
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Armando De León Payés** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **198912135** y CUI **1684 68336 0501**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO DE EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Natanael Jonathan Requena Gómez
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo
NJRG/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala 22 de septiembre de 2017.
Ref.EPS.D.363.09.17.

Ing. Otto Fernando Andrino González
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

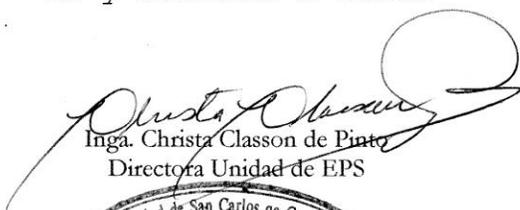
Estimado Ingeniero Andrino
00González.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO Y ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO DE EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Luis Armando De León Payés**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. José Rodrigo Almeda Ortiz y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 52. 2017.

25 de SEPTIEMBRE 2017.

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
ESTUDIO Y ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO DE EL
HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS, del
estudiante Luis Armando De León Payés, que cumple con los
requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

M.B.A. Ing. Saul Cabezas Durán
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 4648

Ing. Saúl Cabezas Durán
Coordinador de Potencia



S/O

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 55. 2017.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; LUIS ARMANDO DE LEÓN PAYÉS titulado: ESTUDIO Y ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO DE EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS, procede a la autorización del mismo.

Ing. Otto Fernando Andriano González



GUATEMALA, 5 DE OCTUBRE 2,017.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 541.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO Y ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Armando De León Payés**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el creador de mi vida y lo que soy.
- Mis padres** Antonio De León Orantes (q. e. p. d.) y Zoila Payés Poitán (q. e. p. d.), por educarme con amor y temor a Dios y por ser un ejemplo de valores a seguir.
- Mi esposa** Andrea Paola Tecú Guevara, por ser mi apoyo incondicional y estar siempre a mi lado para motivarme y aconsejarme.
- Mi hija** Gabriela Paola De León Tecú, por ser lo más importante en mi vida, y generar tanta alegría en mi corazón.
- Mis hermanos** María Amalia, Romelia Graciela, Juan Fernando, Amanda Beatriz De León Payés, Bertha Adelina De León y Sonia Marleny Montenegro, por su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Amigos y amigas

Por los gratos momentos y por haber estado en las buenas y en las malas a lo largo de mi carrera.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser el templo del saber y sabiduría para mi formación profesional.

Facultad de Ingeniería

Ing. Byron Gerardo Páez González, por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles, compartir su sabiduría y experiencia y ser parte de mi formación profesional.

Mis catedráticos

Por el apoyo que tuve en mis estudios, las motivaciones que siempre esperaba de ellos, los momentos agradables que pasamos y ser parte de la formación en mi carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS.	1
1.1. Historia	1
1.2. Actividades	2
1.3. Compromiso con la sociedad	4
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.	5
2.1. Recopilación de datos de equipos e instalaciones	5
2.1.1. Diagrama unifilar.....	5
2.1.2. Acometida principal	7
2.1.3. Subestación eléctrica.....	9
2.1.4. Seccionador de potencia	10
2.1.5. Transformador principal de potencia	11
2.1.6. Interruptor de potencia.....	12
2.1.7. Banco de medición	14
2.1.8. Barras de distribución	15
2.1.9. Banco de capacitores	16
2.1.10. Supresor de picos.....	19
2.1.11. Sistema de emergencia	20

	2.1.11.1.	Generadores de emergencia.....	20
	2.1.11.2.	Transferencia automática.....	22
	2.1.11.3.	Tableros de emergencia.....	23
	2.1.11.4.	UPS.....	23
2.1.12.		Sistema de distribución eléctrica.....	24
	2.1.12.1.	Cableado de distribución.....	24
	2.1.12.2.	Canaleta de distribución.....	24
	2.1.12.3.	Transformadores y tableros de distribución.....	25
2.1.13.		Sistema de vapor.....	38
	2.1.13.1.	Tipos de calderas.....	39
2.1.14.		Sistema de iluminación.....	40
	2.1.14.1.	Luminarias.....	40
2.1.15.		Sistema de agua.....	41
	2.1.15.1.	Pozos.....	41
	2.1.15.2.	Bomba centrífuga.....	41
2.1.16.		Sistema de aire acondicionado.....	42
2.1.17.		Sistema de ascensores.....	43
2.1.18.		Sistema de tierras.....	43
2.2.		Medición de calidad de energía.....	44
	2.2.1.	Evaluación y análisis de datos.....	46
	2.2.2.	Carga diaria.....	48
	2.2.2.1.	Conclusiones de mediciones.....	54
	2.2.2.2.	Recomendaciones de mediciones.....	54
	2.2.3.	Arranque de equipos.....	55
	2.2.4.	Picos de demanda.....	55
	2.2.5.	Secuencias de arranque.....	56
	2.2.6.	Programa para reducir picos de demanda.....	56
2.3.		Carga instalada.....	57

2.3.1.	Principales áreas de carga	57
2.3.2.	Cargas principales	61
2.4.	Costos energéticos	62
2.4.1.	Costos de electricidad	62
2.4.2.	Costos de combustibles	63
2.5.	Áreas susceptibles de mejoras	64
2.5.1.	Propuesta de mejoras	66
2.6.	Eficiencia operativa	69
2.6.1.	Plan de mantenimiento	69
2.6.2.	Limpieza de equipos	71
2.6.3.	Uso y condiciones de motores eléctricos	71
2.6.4.	Rendimiento de combustión de calderas	71
2.6.5.	Tecnología de equipos	71
2.7.	Análisis económico y financiero	72
2.7.1.	Costos	73
2.7.2.	Ingresos	77
2.7.3.	Evaluación económica	85
2.7.4.	Valor actual neto (VAN)	85
2.7.5.	Tasa interna de retorno (TIR)	87
2.7.6.	Factibilidad económica	89
2.7.7.	Beneficios sociales	89
2.7.8.	Incremento de la tasa de empleo en la sociedad....	89
2.7.9.	Factibilidad técnica	90
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN PLAN DE CONTINGENCIA	91
3.1.	Aspectos legales	91
3.1.1.	Marco político legal ambiental	91
3.1.1.1.	Marco legal constitucional.....	91
3.1.2.	Legislación ordinaria aplicable.....	92

3.1.3.	Requisitos y trámites	95
3.1.4.	Tratados y leyes relacionadas con la protección de la biodiversidad y el medio ambiente.....	97
3.1.4.1.	Convenios ambientales	97
3.1.4.2.	Declaraciones.....	99
3.2.	Antecedentes	99
3.3.	Plan de contingencia ante sismos, erupciones volcánicas, erosiones de suelo, inundaciones, incendios y accidentes provocados por las actividades humanas	100
3.3.1.	Riesgos naturales.....	100
3.3.2.	Marco tectónico y sismicidad.....	101
3.3.2.1.	Tectónica regional y local.....	101
3.3.2.2.	Sismicidad en el área de la ciudad de Guatemala.....	102
3.3.2.3.	Amenaza sísmica	103
3.3.2.4.	Riesgo sísmico	103
3.3.3.	Amenaza volcánica	104
3.3.4.	Riesgo de erosión	104
3.3.5.	Riesgos de inundación	104
3.3.6.	Riesgos de incendios	104
3.3.7.	Riesgos derivados de los accidentes por actividades humanas.....	105
3.4.	Impactos ambientales del hospital	105
3.4.1.	Políticas de reducción de la contaminación hospitalaria	106
3.4.2.	Impactos potenciales sobre el agua	107
3.4.3.	Daños en la red de drenajes	107
3.4.4.	Efectos derivados del incremento del ruido.....	107

3.4.5.	Impactos potenciales sobre el medio socioeconómico	107
3.4.6.	Impactos potenciales sobre la población	108
4.	FASE DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE.....	109
4.1.	Métodos de capacitación	109
4.1.1.	Objetivo del método de capacitación	109
4.1.2.	Método magistral	109
4.1.3.	Periodo de capacitación	109
4.1.4.	Generalidades	110
4.1.4.1.	Resultados del curso impartido.....	110
	CONCLUSIONES	111
	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
	APÉNDICES	117
	ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama unifilar Hospital General San Juan de Dios	6
2.	Diagrama de conexión de acometida principal.....	8
3.	Subestación unitaria vista de frente	9
4.	Diagrama de conexión de seccionador de potencia.....	11
5.	Diagrama de conexión del transformador principal	12
6.	Diagrama de conexión interruptor de potencia	13
7.	Interruptor principal WL III 5000 H	14
8.	Banco de medición transformador principal	15
9.	Paneles de distribución	16
10.	Diagrama de conexión de barras de distribución	17
11.	Diagrama de conexión del banco de capacitores.....	18
12.	Diagrama de conexión sistema de emergencia	21
13.	Generadores de emergencia.....	22
14.	Canaleta eléctrica de distribución	25
15.	Transformadores y tableros de distribución	38
16.	Calderas de vapor	40
17.	Instalación de bombas centrifugas.....	42
18.	Especificaciones medidor AEMC620 modelo 3945-B	45
19.	Equipo instalado para medición de calidad de energía	46
20.	Gráfico de tendencia de frecuencia.....	48
21.	Gráfico de tendencia de voltaje fase a neutro	49
22.	Gráfico de corriente.....	50
23.	Gráfico de voltaje fase a fase.....	51

24.	Gráfico de potencia real, aparente y reactiva	52
25.	Gráfico de distorsión de armónicos.....	53
26.	Gráfico de carga por áreas	61
27.	Gráfico del precio del diésel de 2005 a 2010.....	63

TABLAS

I.	Características de supresor de picos	19
II.	Requerimientos de instalación supresor de picos.....	19
III.	Estado de transformadores	26
IV.	Estado de tableros de distribución.....	29
V.	Datos de medición de calidad de energía Hospital General San Juan de Dios.....	47
VI.	Datos tendencia de frecuencia	48
VII.	Datos de voltaje fase a neutro.....	49
VIII.	Datos de corriente por fase	50
IX.	Datos de voltaje fase a fase	51
X.	Datos de potencia real, aparente y reactiva	52
XI.	Datos de distorsión de armónicos	53
XII.	Carga instalada por área	60
XIII.	Costo de opciones para reducción de puntos calientes	73
XIV.	Costos para opciones de reducción pérdidas por transformación.....	74
XV.	Costo para reducir pérdidas en iluminación	74
XVI.	Costo reducir pérdidas por climatización.....	75
XVII.	Costo reducción de pérdidas en arranque y maniobra de motores.....	75
XVIII.	Costo mejora en consumo de combustibles.....	76
XIX.	Costo mejora en ascensores.....	76
XX.	Ingreso por reducción de puntos calientes	78

XXI.	Ingreso por reducción de pérdidas por transformación.....	79
XXII.	Ingreso por reducir pérdidas por climatización	80
XXIII.	Ingreso por reducción de pérdidas por iluminación.....	81
XXIV.	Ingreso por reducción de pérdidas por maniobra y arranque de motores.....	82
XXV.	Ingreso por reducción de pérdidas en combustibles.....	83
XXVI.	Consolidado de costos e ingresos	84
XXVII.	Flujo de caja de TIR.....	88

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
I	Corriente
FP	Factor de potencia
F	Frecuencia
kA	Kilo Amperio
kW	Kilo <i>Watts</i>
Kva	Kilovoltio amperio
S	Potencia aparente
P	Potencia real o activa
R	Resistencia
T	Tiempo
V	Voltio

GLOSARIO

Acometida	Conductores y equipo para suministrar energía eléctrica desde una red de suministro eléctrico hasta la instalación eléctrica.
Aislador	Herraje eléctrico hecho de material aislante.
Alta tensión	Alto voltaje.
Amperio	Constante de corriente que se mantiene en dos conductores paralelos rectos de longitud infinita y sección transversal circular despreciable, colocados a una separación de un metro que en el vacío produce entre ellos una fuerza igual a 2×10^{-7} <i>newtons</i> por metro de longitud. Unidad del sistema internacional de la corriente eléctrica.
ANSI	Instituto Nacional de Normas Americanas.
Armónica	Componente senoidal de una onda periódica la cual tiene una frecuencia que es múltiplo entero de la frecuencia fundamental de una onda no senoidal.

AWG	Calibre americano para cables (<i>American Wire Gage</i>). Tiene la propiedad en común con otros calibres de que su tamaño representa, los pasos sucesivos en el estirado del alambre.
Baja tensión	Bajo voltaje.
Bimetálico	Está compuesto por dos metales.
BTU	<i>British Thermal unit</i> (unidad de energía inglesa).
Carga	Propiedad intrínseca de la materia.
Confiabilidad	Es la seguridad de que un dispositivo realice su propósito durante el tiempo designado, bajo condiciones dadas.
Corto circuito	Es el contacto directo entre sí, o con tierra de los conductores energizados de cualquiera de las fases.
Datos de placa	Datos de operación de aparatos eléctricos.
Interruptor	Aparato de poder de corte, destinado a efectuar la apertura o cierre de un circuito eléctrico, bajo condiciones de carga.
Lux	Unidad para medir el nivel de iluminación.
msnm	Metros sobre el nivel del mar.

NEMA	Asociación nacional de fabricantes de equipo eléctrico, (<i>Nacional Electrical Manufacturers Association</i>) de los Estados Unidos.
Seccionador	Interruptor de cuchillas para operación sin carga.
Subestación	Estación eléctrica que cambia el nivel de voltaje.
THDV	Distorsión armónica total de voltaje.
Tierra	Potencial de referencia al que están referidas todas las señales de voltaje de un circuito o equipo electrónico.
TIR	Tasa interna de retorno.
VAC	Voltaje corriente alterna.
VAN	Valor actual neto.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación describe el estudio y análisis de ahorro energético en el Hospital General San Juan de Dios. La información para el análisis se obtuvo de visitas y recorridos dentro de las instalaciones del hospital, durante un periodo de tiempo de tres meses. Como complemento al análisis se hizo una medición de potencia y armónicos por 24 horas continuas. La información técnica como manuales y diagramas fue facilitada por el departamento de mantenimiento.

El primer capítulo es una reseña de la historia del hospital desde su fundación en 1632 por frailes llegados de México, pasando por toda la implementación de las diferentes áreas especializadas de atención médica a disposición de los enfermos, hasta llegar a las instalaciones actuales construidas en 1981, durante el gobierno del General Fernando Romeo Lucas García, en las cuales fue hecho el estudio y análisis de ahorro energético. Seguidamente se comenta de las actividades y de cómo han ido mejorando las diferentes áreas de especialidades. Al final del capítulo se describe el compromiso con la sociedad, de todo el personal que labora en el hospital, y de las cualidades que deben tener las personas para formar parte del equipo de trabajo.

El segundo capítulo comprende descripciones de equipos instalados y considerados dentro del análisis del estudio de carga y ahorro energético.

El tercer capítulo comprende la fase del ejercicio técnico profesional, se desarrolla todo el estudio y análisis de ahorro energético. Se inicia explicando la metodología utilizada en la recopilación de datos, criterios y desarrollo de los recorridos. El estudio inicia con el análisis de la parte eléctrica, considerando: subestación eléctrica, sistema de emergencia, de distribución, de iluminación, de agua, de aire acondicionado y de ascensores. Para la parte de combustibles se describe el sistema de vapor que comprende las calderas. teniendo los datos se procede a hacer la evaluación y análisis. Para entender el comportamiento de la carga se hace un análisis de los datos obtenidos de una medición de calidad de energía, se identifican los principales puntos de consumo, y se identifican pérdidas para posteriormente hacer propuestas de mejora, que se incluyen en el análisis económico y financiero descrito al final de este capítulo.

El cuarto capítulo comprende la fase de investigación incluyendo los aspectos legales, plan de contingencia ante riesgos e impactos ambientales en los que incurre la operación del hospital.

En el quinto capítulo se describe la fase de enseñanza y aprendizaje, comprendiendo métodos de capacitación utilizados en la exposición de resultados dada al personal del hospital.

OBJETIVOS

General

Identificar oportunidades de mejora que impacten en ahorros energéticos, evaluando mejoras en uso, adecuación y renovación de equipos del Hospital General San Juan de Dios.

Específicos

1. Desarrollar una guía que permita disminuir costos operativos en distintas áreas del hospital.
2. Determinar si el uso y el plan de mantenimiento actuales son efectivos y adecuados.
3. Despertar el interés en el personal operativo para hacer buen uso de los recursos que disponen.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la reducción de costos energéticos en la industria y centros hospitalarios ha sido objeto de cuidadosa atención por el impacto económico que representan dentro de los costos mensuales en el presupuesto de gastos. Los recursos energéticos como cualquier otro insumo es un recurso escaso que genera costos importantes que deben seguirse muy de cerca para que no se incrementen.

Para mantener y reducir los recursos energéticos ha sido necesaria la aceptación e incorporación de medidas que permitan implementar proyectos de ahorro y establecer un programa sostenible a través de estudios de optimización del uso de los recursos.

Para llevar a cabo todos los proyectos de mejora es importante el compromiso de la alta gerencia y el seguimiento continuo del área operativa, acompañado de controles y capacitaciones constantes, para sensibilizar sobre el uso adecuado de recursos.

Los recursos energéticos considerados para el análisis y estudio, comprenden la energía eléctrica y los combustibles, siendo la energía eléctrica la de mayor peso por la cantidad de equipos eléctricos y electrónicos instalados en el hospital. En combustibles se considera el diésel necesario para operar las calderas y los grupos generadores, los lubricantes como el aceite no se consideran por su bajo consumo.

1. ANTECEDENTES DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

1.1. Historia

En 1630 procedentes de México arribaron a la muy noble y muy leal ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, hermanos hospitalarios de la orden San Juan de Dios, bajo la dirección del Padre Fray Carlos Cívico de la Cerda, así como otros religiosos, su objetivo fue el de presentar la solicitud de administrar el hospital de la ciudad.

A la solicitud se acompañó no solo la promesa de asistir a enfermos y la atención del hospital, sino la de cumplir con lo dispuesto por el rey de España en 1632, de tratar con servicios médicos a los habitantes de América como a españoles.

La devastación causada por los terremotos de Santa Marta en 1773 y 1774 en Santiago de los Caballeros, en el Valle de Panchoy, la destruyó de su sitio como capital, y su lugar fue cedido a la nueva Guatemala de la Asunción, en el Valle de la Ermita.

El Hospital General San Juan de Dios fue puesto al servicio público en octubre de 1778, no se sabe con certeza el día que ocurrió, pero a través de su vida se ha celebrado el 24 de octubre, día de San Rafael Arcángel, patrono desde entonces, como fecha de aniversario.

Los primeros profesionales de la medicina en atender en la nueva capital fueron, don Toribio Carvajal, cirujano y don Mariano Rodríguez del Valle, este último llegó a ser sustituido por el doctor José Felipe Flores. También se puede mencionar a los doctores Manuel Vásquez de Molina, Joseph Antonio Córdova, Juan Antonio Ruiz de Bustamante, Manuel de Merlo, Alonzo de Carriola y Francisco Deplanquez.

Ya en el siglo XX y debido al terremoto del 4 de febrero de 1976, el Hospital se vio en la necesidad de trasladar algunas de las áreas de atención médica al parque de la industria, en la zona 9 capitalina. Las atenciones trasladadas fueron: emergencia, ginecología y obstetricia, medicina, pediatría y traumatología, entre otras. Fue en 1981 que se trasladó el hospital a las actuales instalaciones en la zona 1.

1.2. Actividades

Con el paso de los años se ha ido mejorando las diferentes áreas como la estructura física, que permite a los usuarios una mejor estadía. Ampliaciones y remozamientos incluyen: maternidad, consulta externa de pediatría, trasplantes, traumatología pediátrica, cuidados intensivos y clínica del adolescente.

Se han implementado además nuevas unidades en las especialidades de, cardiología, quemados infantiles, trasplantes, hematología de adultos, entre otros. Estos son algunos de los logros y avances que se han tenido en el Hospital General San Juan de Dios.

Con el afán de optimizar la gestión administrativa y médica se ha mejorado el nivel tecnológico en compra de equipo de cómputo y médico, que permite brindar atención con calidad y calidez a la población, pero también

permite eficiencia en la gestión administrativa, control de la producción, planificación y presupuestaria, así como control en el ingreso y egreso de pacientes en admisiones de consultas externas y emergencias de la áreas de adultos, maternidad y pediatría.

El hospital cuenta con el apoyo del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social para dar cumplimiento a la misión de brindar atención médica integral de tercer nivel a la población guatemalteca, con personal técnico y profesional especializados, utilizando la mejor tecnología.

Los médicos que laboran en este centro asistencial son catalogados como los mejores de Guatemala. Algunos de ellos tienen a su cargo las diferentes especialidades: cardiología, cirugía, cirugía ambulatoria, cirugía cardiovascular, cirugía de colon y recto, cirugía de tórax, cirugía plástica, clínica de úlceras, coloproctología, dermatología, endocrinología, fisioterapia, gastroenterología, hematología, maxilofacial, medicina interna, nefrología, neumología, neurocirugía, neurología, odontología, oftalmología, otorrinolaringología, psicología, psiquiatría, neonatología, traumatología, ortopedia y urología.

Existe un departamento de pediatría donde se le brinda al niño y niña atención en las mismas especialidades, y además cuenta con varios programas: espina bífida, clínica del adolescente, control de vacunas, entre otros. También se cuenta con el departamento de gineco obstetricia, donde se atienden mujeres embarazadas o derivados de problemas ginecológicos.

Ante la necesidad del pueblo de Guatemala, el Hospital General San Juan de Dios, cuenta con los servicios de apoyo más completos a nivel nacional: banco de sangre, laboratorio clínico, radiología, fisioterapia y rehabilitación,

clínica del cesado de fumado, epidemiología, comité de farmacia con vigilancia y trabajo social.

1.3. Compromiso con la sociedad

El Hospital General San Juan de Dios cuenta con aproximadamente tres mil empleados, distribuidos de la siguiente forma: mil trescientas personas en enfermería, 500 médicos y mil doscientos trabajadores administrativos y de apoyo.

El hospital es dirigido por la dirección ejecutiva que cuenta con el apoyo de la subdirección médica, subdirección técnica, asesoría jurídica, gerencia financiera, gerencia de recursos humanos, gerencia de mantenimiento, comunicación social y relaciones públicas.

El horario del personal que labora en los distintos departamentos varía entre las 7:00 a 15:30 y de 8:00 a 16:30 horas en turnos rotativos.

Para pertenecer al equipo de trabajo del hospital es necesario que las personas cuenten con vocación de servicio y las siguientes cualidades:

- Consistencia laboral que permite ofrecer el mismo servicio, hoy, mañana y siempre.
- Cortesía, trato respetuoso y cordial al usuario y al compañero de trabajo.
- Honestidad, el usuario confía en la institución porque necesita que se le brinde atención de calidad y calidez.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Recopilación de datos de equipos e instalaciones

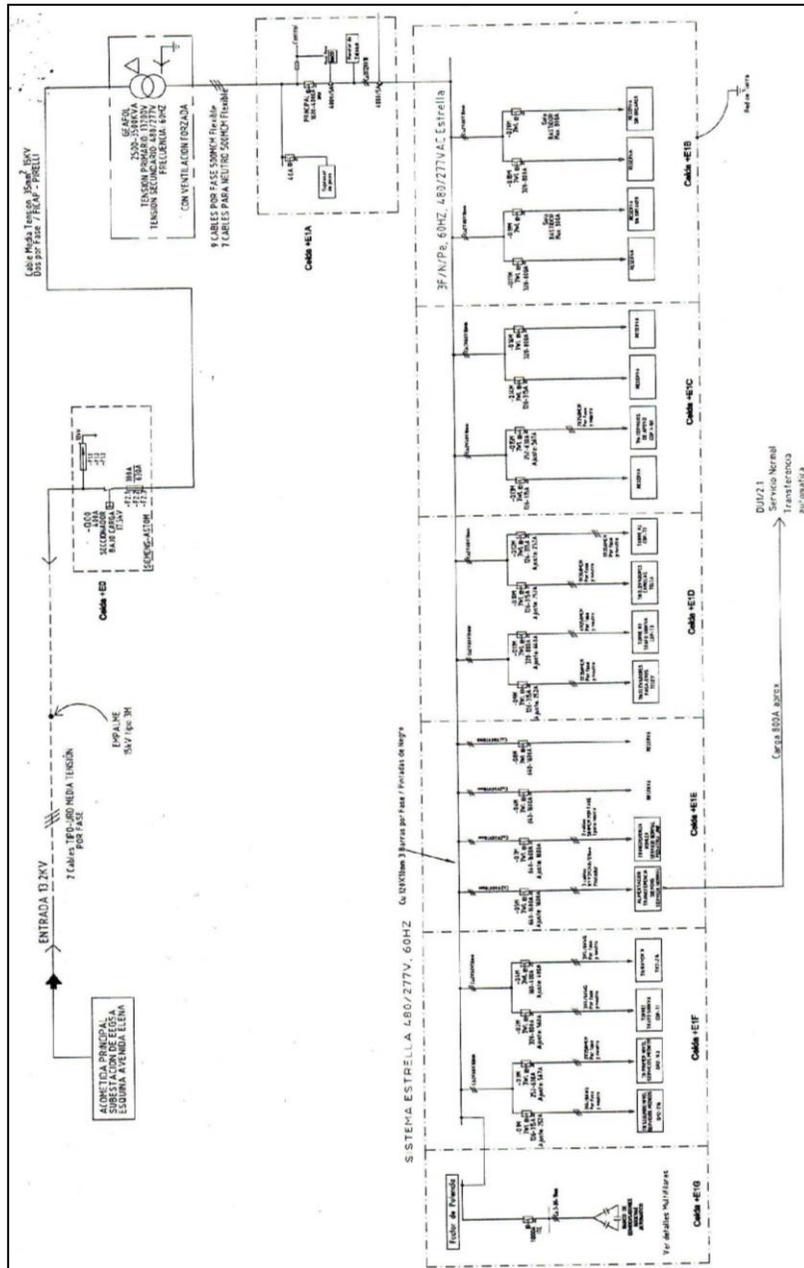
En las visitas y recorridos dentro del Hospital General San Juan Dios se puso especial atención en verificar, cantidad, estado y operación de equipos. Se identificó las áreas y equipos de mayor consumo, se tomó datos de placas y se revisó los manuales de equipos. Se solicitó los planes de mantenimiento e historial de servicios. Para conocer el comportamiento general de la carga se hizo mediciones de calidad de energía en la subestación principal. Los recorridos se hicieron en compañía del personal de mantenimiento del hospital.

En los diferentes recorridos se pudo visualizar que hay diferencias en la antigüedad de los equipos, considerándose como de reciente instalación y en buen estado la subestación eléctrica, cableado de las barras de distribución hacia los centros de distribución y el sistema de emergencia, el resto de equipos se evidencia que son antiguos y que no cuentan con un adecuado plan de mantenimiento, más adelante se amplía la información.

2.1.1. Diagrama unifilar

En la figura 1 se muestra el diagrama unifilar del Hospital General San Juan de Dios. Se pueden apreciar la acometida principal, la subestación unitaria y las barras de distribución con los diferentes ramales, incluyendo el banco de capacitores, lo que da una idea general de las instalaciones principales.

Figura 1. Diagrama unifilar Hospital General San Juan de Dios

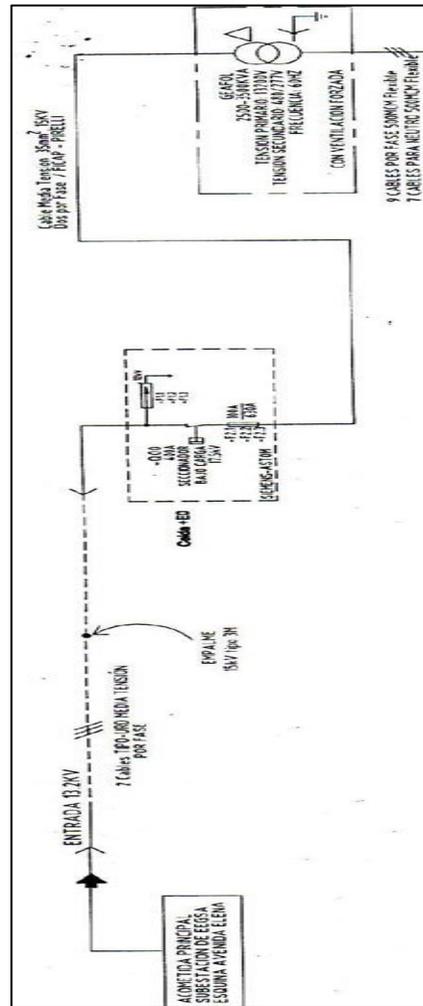


Fuente: Hospital General San Juan de Dios. *Manual de Subestaciones* p. 2.

2.1.2. Acometida principal

La alimentación principal viene de una subestación eléctrica de 69/13,2 kV, propiedad de Empresa Eléctrica de Guatemala, situada en la esquina de Avenida Elena y novena calle de la zona 1, de la cual salen tres circuitos, en 13,2 kV, de los cuales uno está dedicado al hospital, los otros dos proveen energía eléctrica a las zonas 3 y 8 de la ciudad de Guatemala, el nivel de voltaje manejado en esta subestación es de 13 200 V, en la figura 6 se muestra la instalación física de la acometida y en la figura 2 el diagrama de conexión de la acometida principal.

Figura 2. Diagrama de conexión de acometida principal

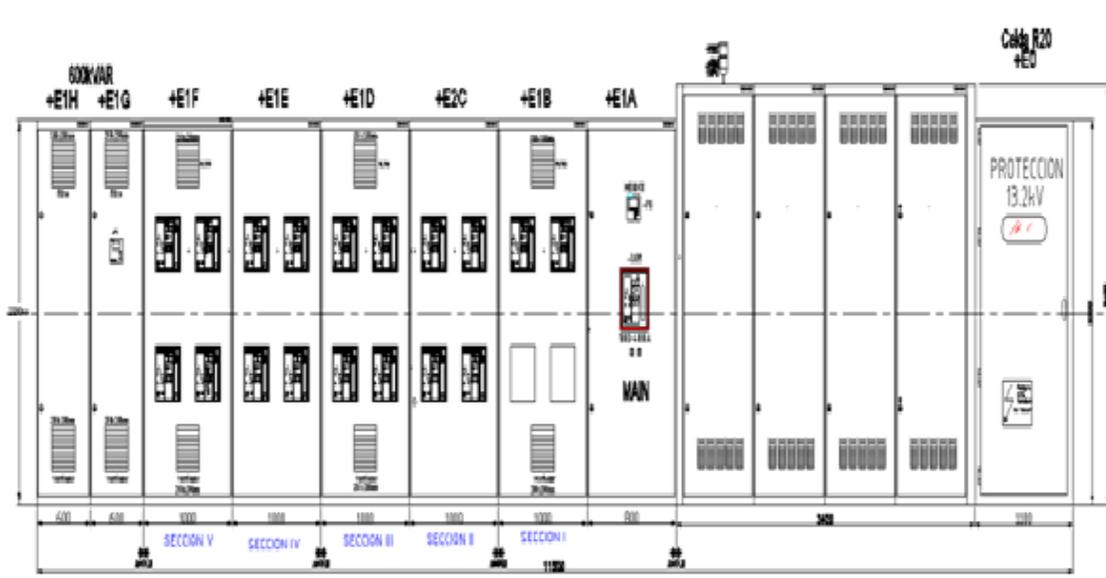


Fuente. Hospital General San Juan de Dios. *Manual de Subestaciones* p. 3.

2.1.3. Subestación eléctrica

El Hospital San Juan de Dios cuenta con una subestación tipo unitaria marca Siemens, designada como +EO, que se alimenta por medio de una acometida subterránea en tubería galvanizada de 3 pulgadas, comprendida por seis cables tipo URD, dos hilos por fase y un empalme tipo 3M, conectados a un seccionador tripolar, para luego alimentar al transformador principal, que es un transformador seco tipo GEAFOL, el transformador baja el voltaje de 13 200 Va 480 V, y luego se conecta a las barras de distribución por medio del interruptor de potencia WL III 5000 H para su posterior distribución a los diferentes equipos y centros de carga.

Figura 3. Subestación unitaria vista de frente



Fuente: Hospital General San Juan de Dios. *Manual Siemens Subestaciones*. p.1.

2.1.4. Seccionador de potencia

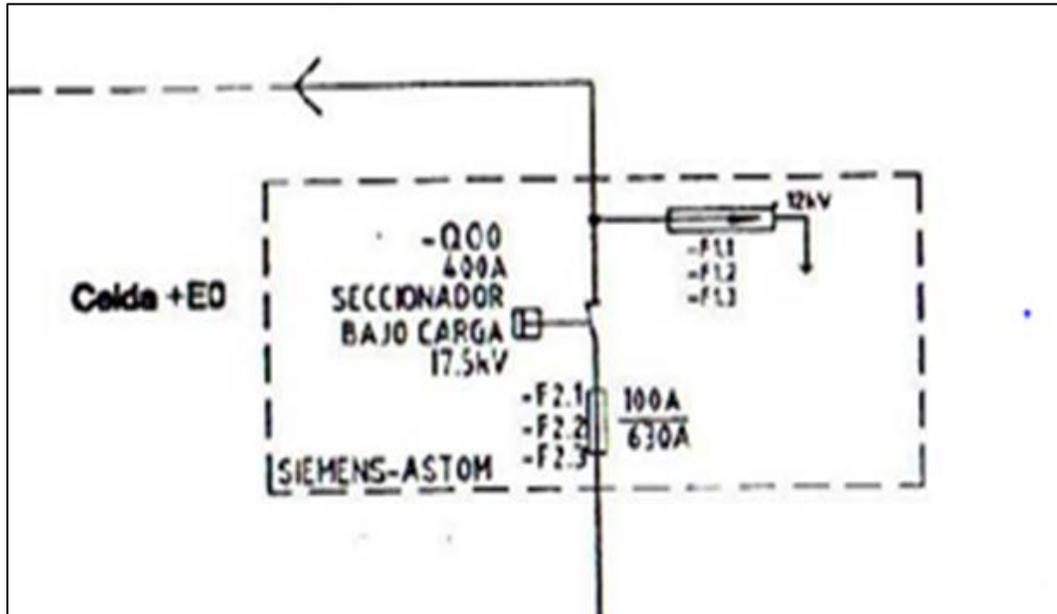
En la figura 9 se muestra el diagrama de conexión del seccionador instalado en la celda +E0 y designado como –Q00, es un interruptor tripolar con capacidad bajo carga de 400 A y 17.5 KV, marca Simens Astom.

Por aspectos de seguridad existe un procedimiento de desconexión para su manipulación, el orden a seguir es el siguiente:

- Desconexión del interruptor principal.
- Desconexión del seccionador.
- Colocación del candado de seguridad en la manivela del seccionador, de esta forma se evita que otro operario de forma involuntaria conecte el circuito.
- Colocación de rotulo indicativo de avería eléctrica o similar.
- Ahora y solamente ahora se puede manipular la instalación.

Para el proceso de conexión se procede de forma inversa. Este procedimiento no se puede intercambiar, pues se corre un grave peligro además el seccionador no actuaría teóricamente por sus propias características constructivas.

Figura 4. Diagrama de conexión de seccionador de potencia

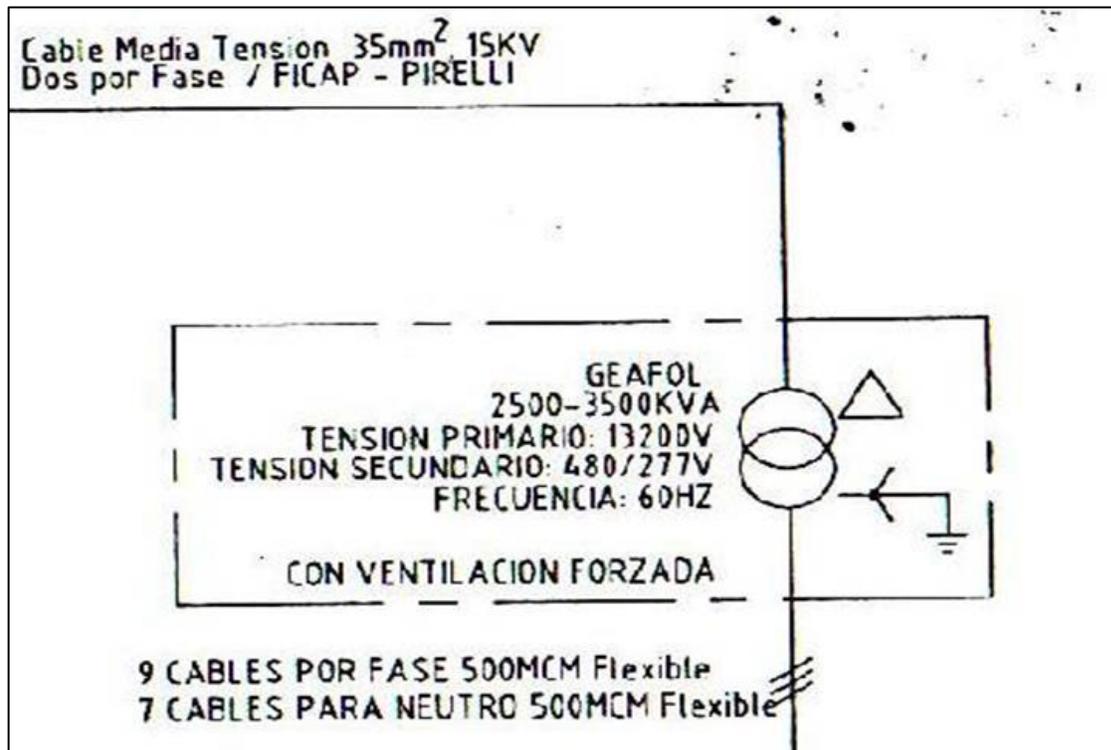


Fuente. Hospital General San Juan de Dios. *Manual de Subestaciones*. p. 3.

2.1.5. Transformador principal de potencia

Es un transformador seco marca Siemens tipo GEA FOL, con capacidad de 2 500 / 3 500 KVA, voltaje primario de 13 200 v y voltaje secundario de 480 / 277 V, a 60 Hz, ventilación forzada FA y conectado en configuración Delta – Estrella con neutro sólidamente aterrizado.

Figura 5. Diagrama de conexión del transformador principal



Fuente. Hospital General San Juan de Dios. *Manual de Subestaciones*. p. 3.

2.1.6. Interruptor de potencia

El interruptor principal que conecta la carga al transformador GEA FOL es un interruptor termo magnético de recamaras en vacío, marca Siemens tipo WL III 5 000 H, 480 V, capacidad de 1 600 A, la salida de este interruptor se alimenta al conjunto de barras de distribución, donde se alimentan los interruptores termo magnéticos secundarios WL I 1 000 S para alimentación y distribución de las distintas áreas del hospital. En la figura 6 se observa el diagrama de conexión.

Figura 7. **Interruptor principal WL III 5 000 H**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

2.1.7. Banco de medición

El transformador Geafol tiene instalado un banco de medición marca Siemens, compuesto por CTs (transformadores de corriente) y PTs (transformadores de potencial) que se conectan a un medidor Siemens ION 9600 Access, donde se pueden visualizar las diferentes variables eléctricas como potencia aparente, potencia real, potencia reactiva, factor de potencia, voltaje fase a fase, voltaje fase a neutro, corriente fase a neutro, entre otros. En la figura 8 el banco de medición.

Figura 8. **Banco de medición transformador principal**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

2.1.8. Barras de distribución

Está conformado por nueve paneles anclados al piso y unidos entre sí por un sistema de nueve barras de cobre, tres por fase, para posteriormente alimentar a los interruptores de potencia Siemens WL I 1 000 S que alimentan los diferentes transformadores de distribución. Los paneles son metálicos y herméticos para seguridad del personal.

El área es restringida y se mantiene bajo llave para el acceso se necesita de la autorización del ingeniero eléctrico de mantenimiento.

En la figura 9 se muestran los paneles que contienen las barras de distribución, y en la figura 10 el diagrama de conexión.

Figura 9. **Paneles de distribución**



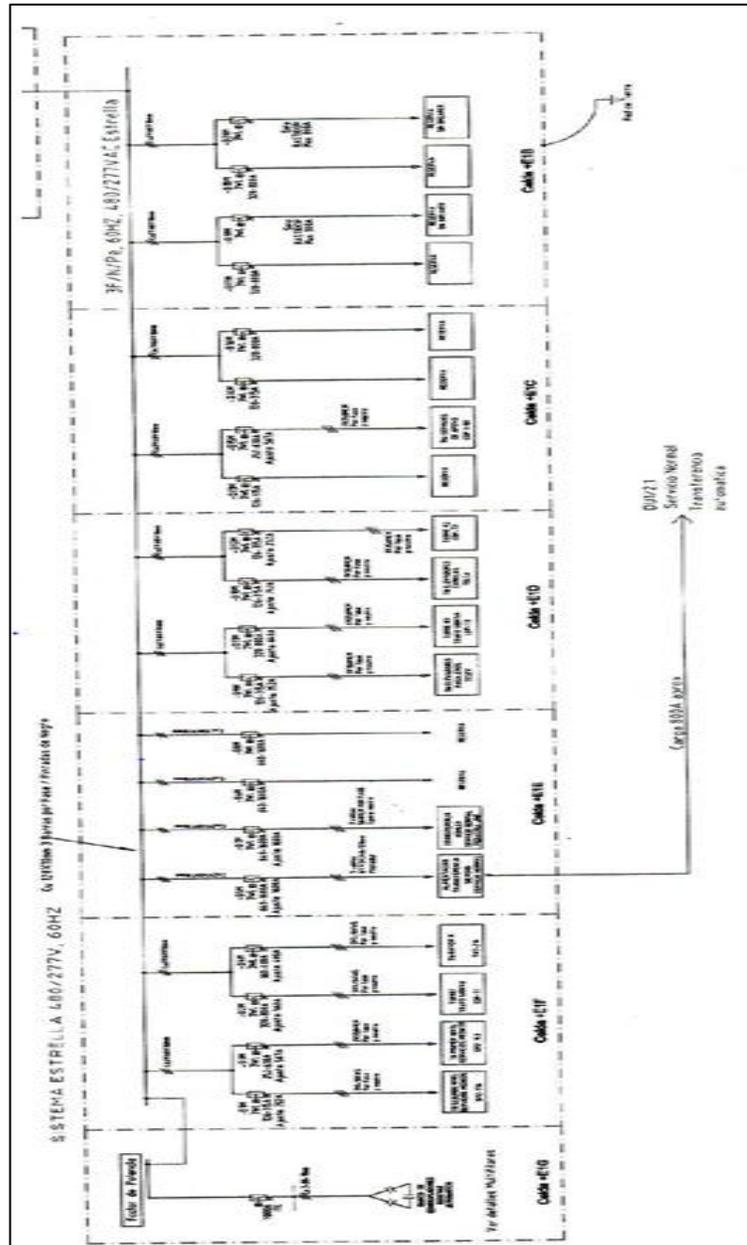
Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

2.1.9. Banco de capacitores

El banco de capacitores se encuentra conectado al final de las barras de distribución, y tiene una capacidad de 600 KVAR comprendida en tres etapas, cuya conexión de muestra en la figura 11.

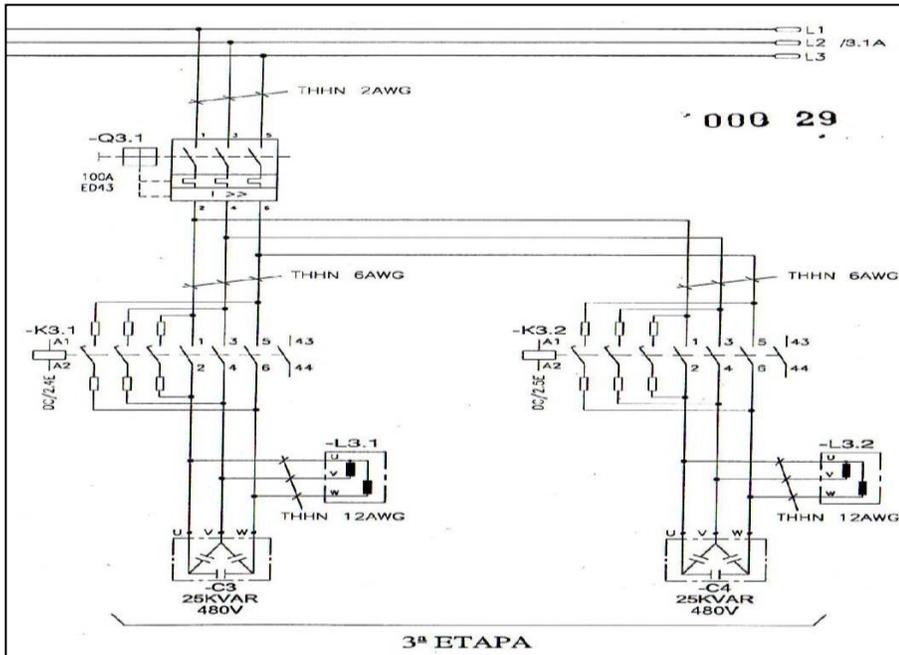
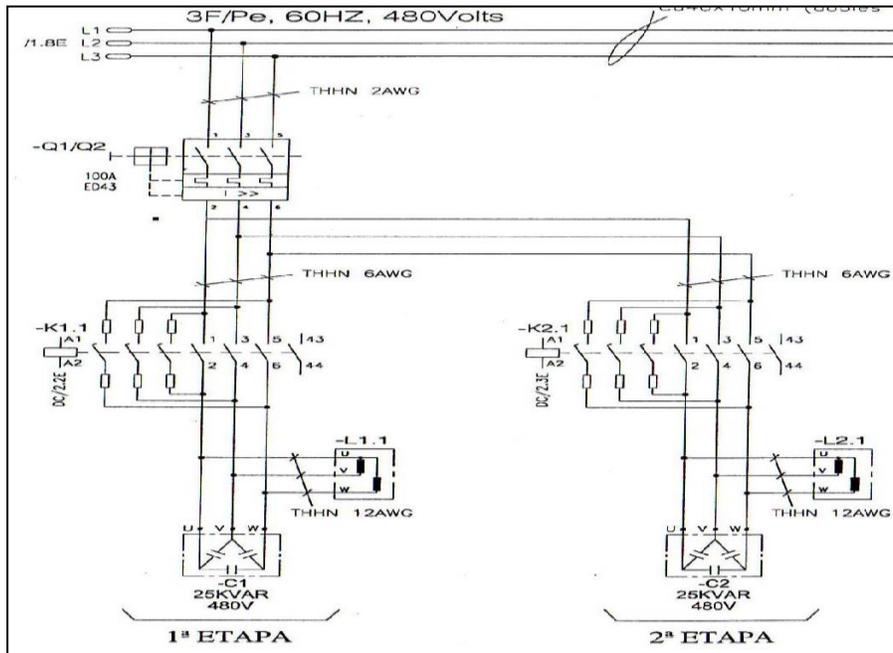
El factor de potencia actual visualizado en el medidor Siemens ION es de 0,90, que está dentro de los requerimientos de Empresa Eléctrica de Guatemala, que provee el suministro eléctrico.

Figura 10. Diagrama de conexión de barras de distribución



Fuente. Hospital General San Juan de Dios. *Manual de Subestaciones* p.2.

Figura 11. Diagrama de conexión del banco de capacitores



Fuente: Hospital General San Juan de Dios. *Manual de Subestaciones*. p. 29.

2.1.10. Supresor de picos

El supresor de picos es un TVSS SHALL 1283 de categoría C3, de 15 KA con las características de operación incluidas en la tabla I.

Tabla I. **Características de supresor de picos**

Voltaje	L-N	L-G	N-G	L-L
208/120	400 V	400 V	400 V	700 V
480/277	700 V	700 V	700 V	1200 V

Fuente: elaboración propia.

Está conformado por un único disco varistor de óxido metálico ensamblado bajo presión en una cubierta de aluminio sellada al ambiente. La instalación de los supresores de picos depende del tamaño de la caja utilizada y debe cumplir con la normalización de códigos nacional la cual se muestra en la tabla II.

Tabla II. **Requerimientos de Instalación supresor de picos**

Tipo de caja	Tamaño de la caja de protección	Fusible clase J, capacidad de interruptor	Tamaño máximo del conductor
S	8" X 6" X 6"	50A	#6 AWG [10 mm ²]
M	12" X 10" X 6"	100A	#2 AWG [35 mm ²]
R	15" X 10" X 7"	100A	#2 AWG [35 mm ²]
N	20" X 16" X 8"	225A	4/0 AWG [95 mm ²]
A	20" X 20" X 8"	225A	4/0 AWG [95 mm ²]

Fuente: elaboración propia.

2.1.11. Sistema de emergencia

A continuación se describe el uso de algunos sistemas de emergencia utilizados en el Hospital General San Juan de Dios para prever cualquier eventualidad.

2.1.11.1. Generadores de emergencia

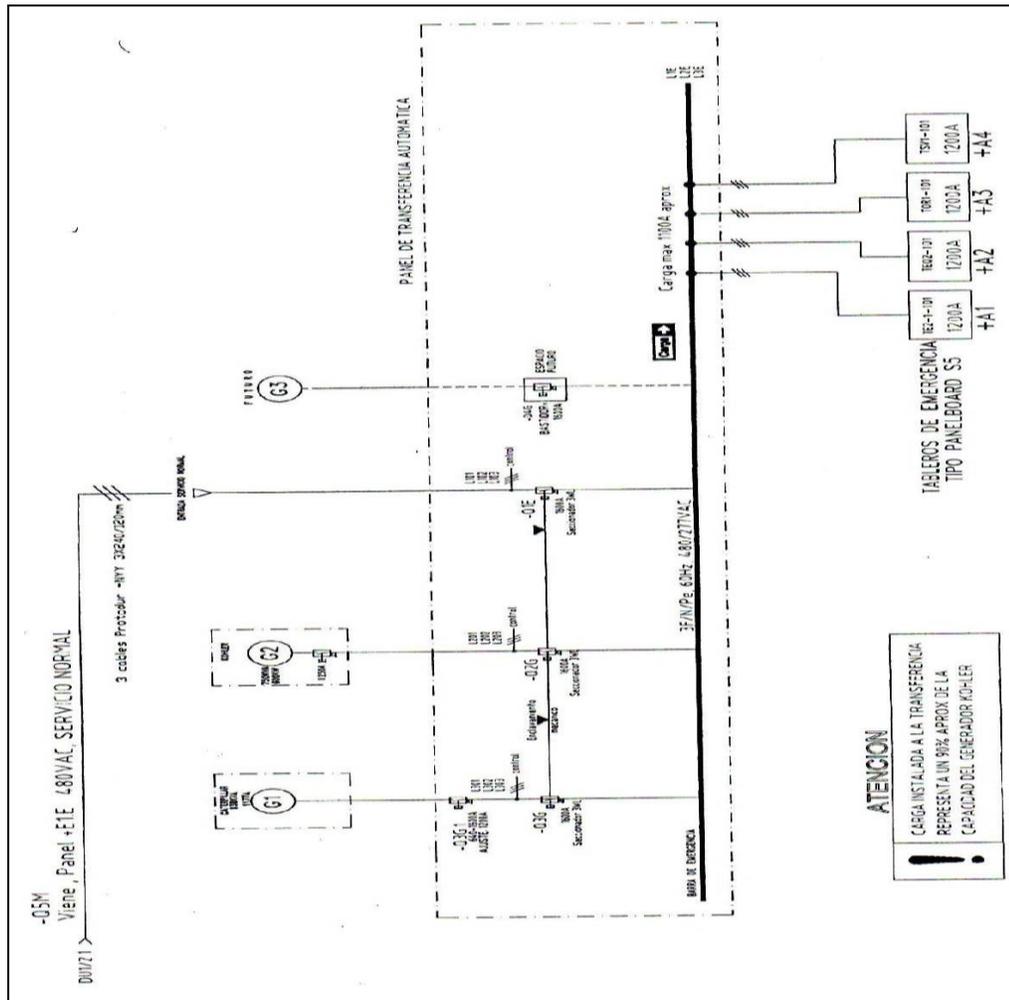
El grupo generador instalado en el hospital cuenta con un motor de combustión interna movido por combustible diésel. El generador eléctrico es una máquina síncrona trifásica en configuración estrella neutro aterrizado, conectado a una transferencia automática para su conexión y desconexión del sistema.

Existen dos grupos de generadores, uno de marca Caterpillar y otro Kohler. Ambos generadores giran a 1 800 rpm, una vez sincronizados soportan el 60 % del total de la carga del hospital.

- Datos generador Caterpillar
Capacidad de 930 KVA (750 KW)
Voltaje 480 V, 60 Hz, 3 fases
Conectado en estrella neutro aterrizado, PF 0,8
Acoplado a un motor de combustión interna diésel de 18 cilindros
- Datos generador Kohler
Capacidad de 750 KVA (600 KW)
Voltaje 480 V, 60 Hz, 3 fases
Conectado en estrella neutro aterrizado, PF 0,8
Acoplado a un motor de combustión interna diesel de 12 cilindros

En la figura 12 se muestra el diagrama de conexión del sistema de emergencia que comprende los dos generadores operativos, Caterpillar y Kohler, y un tercero a instalar a futuro.

Figura 12. Diagrama de conexión Sistema de Emergencia



Fuente: Hospital General San Juan de Dios. *Manual de subestaciones*. p. 30.

Figura 13. **Generadores de emergencia**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

Para que los grupos generadores tengan una respuesta inmediata al momento de un corte de energía eléctrica, trabajan con un sistema de precalentamiento con una carga constante de baterías y automatizadas para un arranque inmediato. Los días lunes de cada semana se hace una prueba de arranque para garantizar la respuesta inmediata de los equipos, la prueba dura media hora.

2.1.11.2. Transferencia automática

El sistema de emergencia, cuenta con un interruptor de transferencia automática marca Siemens, tiene instalado un PLC que monitorea constantemente el voltaje de servicio eléctrico de la empresa eléctrica. Cuando este hace falta o cae la transferencia, arranca instantáneamente los dos grupos electrógenos y los conecta al sistema. Esta operación lleva entre cinco a nueve segundos, cuando vuelve la energía espera 15 minutos a que el sistema se estabilice y hace la transferencia para sacar los generadores y conectarse al

sistema de la empresa eléctrica, transcurridos diez minutos más, apaga los generadores. La transferencia automática alimenta a cuatro tableros de emergencia tipo *Panelboard* S5, identificados como +A1, +A2, +A3, y +A4, como se muestra en el diagrama de la figura 12. La transferencia se encuentra ubicada frente a los grupos generadores en el sótano sur.

2.1.11.3. Tableros de emergencia

En la figura 12 se muestra el diagrama de conexión de los tableros de emergencia identificados como +A1, +A2, +A3, y +A4. Se observa que la barra de transferencia tiene una capacidad de 1 100 A, para un servicio a 480/277/120 V.

2.1.11.4. UPS

Existen 4 UPS, dos con capacidad de 225 kVA y dos de 25 kVA. Los UPS de mayor capacidad están instalados en el área de recién nacidos y emergencia de pediatría. Los otros de menor capacidad, uno está instalado en el área de quirófano adultos y el otro en rayos X y sistema de cómputo. Los UPS de 225 kVA cuentan para su operación con un control automático electrónico que monitorea constantemente la carga a las baterías y la regulación del voltaje entregado.

2.1.12. Sistema de distribución eléctrica

Para un mejor control se instaló una red completa de aparatos de control, entre ellos transformadores, tableros, bandejas metálicas, entre otros.

2.1.12.1. Cableado de distribución

El Cableado hacia los transformadores y tableros de distribución va acomodado en bandejas metálicas y atadas con cinchos plásticos. En su mayoría se observa que el cable utilizado es protodur NYY no inflamable, número 250 MCM, en general se encuentra en buenas condiciones. De acuerdo a registros fue instalado en el 2003, al igual que el transformador su capacidad está sobredimensionada, hacia los tableros de distribución más pequeños los cables van en tubería conduit y galvanizada. En la entrada a los tableros pequeños se observa recalentamiento en los bornes. Existe un estudio termográfico donde se evidencia que hay varios puntos calientes y recomendación de cambio pero por falta de presupuesto no se ha hecho.

2.1.12.2. Canaleta de distribución

La canaleta usada en el hospital tiene dos dimensiones de 70 cm para conexión a motores y 100 cm para conexión a transformadores. Como se visualiza en la figura 14. Al igual que el cableado fue instalada en el 2003 por lo que su estado es bueno.

Figura 14. **Canaleta eléctrica de distribución**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

2.1.12.3. Transformadores y tableros de distribución

Los transformadores de distribución son los transformadores utilizados para bajar voltajes de 480 V, a voltajes de 120/208 V, para iluminación y para conectar los diferentes equipos hospitalarios, así como el equipo de cómputo. En el hospital, se observa que los transformadores y tableros de Distribución principales se encuentran instalados en tres puntos principales de distribución conocidos como ductos eléctricos, siendo estos; ducto central norte, ducto central y ducto central sur, los cuales a su vez alimentan a los centros de carga de cocina, lavandería, calderas, bombas de agua, consulta externa, rayos x, emergencia, pediatría, imprenta, elevadores y maternidad, a través de cables dispuestos en bandejas metálicas y en tubería galvanizada y conduit.

Existen alrededor de cuarenta transformadores instalados en todo el hospital. De los cuarenta transformadores se encuentran trece con problemas

de ventilación, 15 por falta de mantenimiento y 12 en condiciones normales. Todos los transformadores son tipo seco, frente muerto en configuración delta estrella. Los tableros son industriales nema 1. Los tableros de emergencia se encuentran instalados en el sótano sur contiguo al área de calderas, lo conforman cuatro tableros designados como +A1, +A2, +A3 y +A4 y son marca Siemens.

Tabla III. **Estado de transformadores**

Transformadores Instalados en Hospital	
Cantidad	Estado
13	Con problemas de Ventilación
15	Falta de Mantenimiento
12	En operación Normal

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que los transformadores instalados en el área de Calderas, lavandería y ducto central sur, ya tienen vencido el tiempo de vida útil.

Se describen a continuación los transformadores encontrados en el levantamiento;

- TR1-101: ubicado en área de subestación antigua, capacidad de 112,5 KVA, voltaje primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario 120/208 V conexión estrella aterrizado, 150 °C, rise con disyuntor de seguridad tripolar de 200 A, 600 V, con fusibles y neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.

- TREI-101: ubicado en el área de subestación antigua, capacidad de 112,5 KVA, voltaje primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise con disyuntor de seguridad tripolar de 200 A, 600 V, con fusibles y neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.
- TREI-102: ubicado en el área de calderas, capacidad de 50 KVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 80 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.
- TRI-102: ubicado en el área de calderas, capacidad de 30 KVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 60 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.
- TREI-106: ubicado en el área de lavandería, capacidad de 75 KVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 100 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.
- TRI-106: ubicado en el área de lavandería, capacidad de 30 KVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 60 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.
- SIN IDENTIFICACION: ubicado en el área de lavandería, capacidad de 25 KVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 50 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.

- CDPE-T3: ubicado en el sótano norte, capacidad de 300 KVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 400 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.
- TRCDP-T2: ubicado en ducto central sótano, capacidad de 150 KVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 200 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.
- TRCDP-T1: ubicado en sótano sur, capacidad de 500 KVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 600 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.
- TRCDPE-T1: ubicado en sótano Sur, capacidad de 150 kVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 200 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.
- SIN IDENTIFICACION: ubicado en pasillo intensivos, capacidad de 1,50 KVA, voltaje primario de 480 V conexión delta, voltaje secundario 120/208 V, 150 °C, rise, disyuntor tripolar de 200 A, 600 V, neutro aterrizado en gabinete NEMA 1.

Existe un total de 305 tableros de distribución en todo el hospital de los cuales 147 son tableros de emergencia y 158 son tableros de servicio normal. De los 305 tableros 290 son marca *Federal Pacific*, siendo difícil encontrar

repuestos, 47 requieren cambio inmediato por presentar recalentamientos y deterioro por antigüedad.

Tabla IV. **Estado de tableros de distribución**

Tableros de Distribución Instalados en Hospital	
Cantidad	Estado y uso
305	Total de tableros instalados
147	Servicio de Emergencia
158	Servicio Normal
290	Son tableros marca Federal Pacific

Fuente: elaboración propia.

A continuación se describen los tableros más importantes encontrados en el levantamiento, siendo estos:

CDPI-101: tablero industrial ubicado en el área de subestación actual, tipo Panelboard NEMA 1, para 480/277 V, trifásico, barras de cobre de 800 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 600 A
- 02 interruptores de 3 X 125 A
- 01 interruptor de 3 X 125 A
- 02 interruptores de 3 X 100 A
- 01 interruptor de 3 X 50 A
- 01 interruptor de 3 X 20 A

Tapas ciegas

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 2 x 225 A. sin links.

CDPI1-101: tablero industrial ubicado en el área de subestación actual, tipo Panelboard NEMA 1, para 120/208 V, trifásico, barras de cobre de 225 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 225 A
- 03 interruptores de 2 X 70 A
- 02 interruptores de 2 X 50 A
- 03 interruptores de 2 X 100 A
- 01 interruptor de 3 X 50 A
- 01 interruptor de 3 X 125 A

Tapas ciegas

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 3 x 100 A, sin links.

CDPE1-101: tablero industrial ubicado en el área de subestación actual, tipo Panelboard NEMA 1, para 480/277 V, trifásico, barras de cobre de 800 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 600 A
- 03 interruptores de 3 X 225 A
- 03 interruptores de 3 X 100 A
- 01 interruptor de 1 X 150 A

Tapas ciegas

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 3 x 225 A. sin links.

CDPEI1-101: tablero industrial ubicado en el área de subestación actual, tipo Panelboard NEMA 1, para 208/120 V, trifásico, barras de cobre de 400 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 200 A
- 06 interruptores de 2 X 50 A
- 02 interruptores de 3 X 70 A
- 01 interruptor de 3 X 50 A
- 01 interruptor de 3 X 70 A
- 01 interruptor de 2 X 30 A
- 02 interruptores de 1 X 15 A

Tapas ciegas

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 3 x 50 A, sin links.

TI1-101: tablero industrial ubicado en el área de subestación actual, tipo Centro de carga NEMA 1, para 208/120 V, monofásico, barras de cobre de 125 A, 5 hilos, B/T, frente muerto, para sobreponer, alimentación interior, conteniendo,

Sin interruptor principal:

- 03 interruptores de 1 X 20 A
- 01 interruptor de 1 X 40 A
- 01 interruptor de 1 X 30 A

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 2 x 50 A.

TIE1-101: tablero industrial ubicado en el área de subestación actual, tipo Centro de carga NEMA 1, para 120/280 V, monofásico, barras de cobre de 225 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- Sin interruptor principal
- 04 interruptores de 1 X 20 A
- 02 interruptores de 1 X 30 A

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 2 x 30 A, sin links.

TTFEJ-102: tablero industrial ubicado en el área de calderas, tipo panelboard NEMA 1, para 480/277 V, Trifásico, barras de cobre de 225 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 225 A
- 06 interruptores de 3 X 20 A
- 02 interruptores de 3 X 40 A
- 01 interruptor de 3 X 70 A

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 3 x 50 A, sin links.

TTFEJ-102: tablero industrial ubicado en el área de calderas, tipo panelboard NEMA 1, para 208/120 V, Trifásico, barras de cobre de 225 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 175 A
- 03 interruptores de 1 X 20 A
- 07 interruptores de 1 X 30 A
- 01 interruptor de 2 X 30 A
- 01 interruptor de 3 X 50 A
- 01 interruptor de 3 X 30 A
- 01 interruptor de 2 X 20 A

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 2 x 50 A, sin links.

TF1-102: tablero industrial ubicado en el área de calderas, tipo centro de carga NEMA 1, para 208/120 V, trifásico, barras de cobre de 125 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 100 A
- 05 interruptores de 1 X 20 A
- 01 interruptor de 1 X 30 A
- 01 interruptor de 2 X 30 A
- 01 interruptor de 2 X 40 A

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 3 x 50 A, sin links.

TI1-104: tablero industrial ubicado en almacén de farmacia, tipo centro de carga NEMA 1, para 208/120 V, monofásico, barras de cobre de 125 A, 4 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 2 X 100 A
- 06 interruptores de 1 X 20 A

- 01 interruptor de 1 X 30 A
- 01 interruptor de 1 X 15 A

Previsto para instalación futura de dos interruptores de 2 x 50 A, sin links.

TIE1-104: tablero industrial ubicado en farmacia, tipo centro de carga NEMA 1, para 208/120 V, monofásico, barras de cobre de 125 A, 4 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- Sin interruptor principal
- 03 interruptores de 3 X 20 A
- 02 interruptores de 1 X 30 A
- 01 interruptor de 1 X 15 A

Previsto para instalación futura de 3 interruptores de 2 x 20 A, sin links.

TTFI-106: tablero industrial ubicado en lavandería y costura, tipo panelboard, NEMA 1, para 480/277 V, trifásico, barras de cobre de 400 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 225 A
- 03 interruptores de 3 X 50 A
- 02 interruptores de 3 X 40 A
- 01 interruptor de 3 X 100 A

Tapas ciegas

Previsto para instalación futura de 1 interruptor de 3 x 225 A, sin links.

Sin Identificación: tablero industrial ubicado en lavandería y costura, tipo panelboard, NEMA 1, para 208/120 V, trifásico, barras de cobre de 400 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo,
Sin interruptor principal:

- 02 interruptores de 3 X 100 A
- 02 interruptores de 3 X 20 A
- 11 interruptores de 3 X 30 A

Previsto para instalación futura de 1 interruptor de 3 x 100 A, sin links.

TFI-106: tablero industrial ubicado en lavandería y costura, tipo panelboard, NEMA 1, para 208/120 V, trifásico, barras de cobre de 400 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 225 A
- 04 interruptores de 1 X 30 A
- 02 interruptores de 3 X 40 A
- 05 interruptores de 2 X 20 A
- 05 interruptores de 2 X 30 A
- 02 interruptores de 3 X 40 A
- 03 interruptores de 3 X 20 A
- 01 interruptor de 3 X 40 A
- 01 interruptor de 3 X 70 A

Tapas ciegas

Previsto para instalación futura de 2 interruptores de 3 x 225 A, sin links.

TTFEI-106: tablero industrial ubicado en lavandería y costura, tipo panelboard, NEMA 1, para 480/277 V, trifásico, barras de cobre de 250 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 225 A
- 02 interruptores de 3 X 100 A
- 01 interruptor de 3 X 40 A
- 01 interruptor de 3 X 60 A

Previsto para instalación futura de 2 interruptores de 2 x 225 A, sin links.

TFEI-106: tablero industrial ubicado en lavandería y costura, tipo centro de carga, NEMA 1, para 208/120 V, trifásico, barras de cobre de 225 A, 5 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- 01 interruptor principal de 3 X 100 A
- 02 interruptores de 1 X 15 A
- 03 interruptores de 1 X 20 A
- 02 interruptores de 1 X 30 A
- 02 interruptores de 2 X 30 A
- 02 interruptores de 2 X 40 A
- 02 interruptores de 3 X 15 A
- 01 interruptor de 3 X 20 A
- 01 interruptor de 3 X 50 A

Previsto para instalación futura de 1 interruptor de 2 x 100 A, sin links.

TIE1-106: tablero industrial ubicado en lavandería y costura, tipo centro de carga, NEMA 1, para 208/120 V, monofásico, barras de cobre de 125 A, 4 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- Sin interruptor principal
- 05 interruptores de 1 X 20 A
- 02 interruptores de 1 X 30 A
- 01 interruptor de 3 X 40 A

Previsto para instalación futura de 2 interruptores de 2 x 50 A, sin links.

TI1-106: tablero industrial ubicado en lavandería y costura, tipo centro de carga, NEMA 1, para 208/120 V, monofásico, barras de cobre de 150 A, 4 hilos, B/T, frente muerto para sobreponer, alimentación interior, conteniendo:

- Sin interruptor principal
- 04 interruptores de 1 X 20 A

En la figura 15 se muestra un transformador y su tablero de distribución, esta disposición se repite en otros centros de distribución.

Figura 15. **Transformadores y tableros de distribución**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

2.1.13. Sistema de vapor

Está conformado por dos calderas, instaladas en el sótano sur junto al área de lavandería. El vapor generado es utilizado en las áreas de laboratorio para esterilizar equipos, cocina y lavandería.

La caldera es una máquina que produce vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido se calienta y cambia de estado. Según la ITC-MIE-APO1, una caldera es todo aparato de presión donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

2.1.13.1. Tipos de calderas

En el hospital existen dos calderas tipo pirotubular con capacidad de 300 HP y marca *Cleaver Brooks*. Se denomina caldera pirotubular porque los gases calientes procedentes de la quema de un combustible, atraviesan unos tubos a través de los cuales circula fuego y gases incandescentes, lo que permite por convección calentar el agua que se encuentra en la parte exterior rodeando a los tubos. El vapor se genera calentando un importante volumen de agua por medio de los humos producidos durante la combustión del gas o del fuel, que circula en los tubos sumergidos. Las calderas pirotubulares son muy utilizadas por su fiabilidad y robustez, rendimiento constante y amplia gama de potencia.

En la figura 16 se muestran las dos calderas *Cleaver Brooks*, se evidencia que han sido reparadas en la compuerta principal y que el mantenimiento no es el adecuado, existen trapos tapando pequeñas fugas y solo una está operando al 100 % de su capacidad, ya que la otra necesita cambio de tubos.

Para el abastecimiento del combustible diésel se cuenta con 2 depósitos para garantizar la operación durante 24 horas, la capacidad de los depósitos es de 260 y 300 galones.

Para el suministro de vapor a las diferentes áreas se utiliza tubería de cobre de cuatro pulgadas en la salida, para conectar al manifold principal. Del manifold principal se envía el vapor en tubería de hierro negro de tres pulgadas, para posteriormente bajar a tubería galvanizada de dos pulgadas y una pulgada hacia los equipos donde se utiliza. La mayor parte de la tubería cuenta con recubrimiento y aislamiento hermético en fibra de vidrio y aluminio

Figura 16. **Calderas de vapor**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

2.1.14. Sistema de iluminación

A continuación se detallan los tipos de luminarias que serán utilizadas, así como su capacidad de iluminación.

2.1.14.1. Luminarias

Las luminarias instaladas en el hospital para iluminación interior en su mayoría son lámparas fluorescentes empotrables de 4 X 40 Watts en total se estiman 1 900 luminarias con 7 600 tubos de 40 watts, que permanecen encendidas de 16 a 24 horas diarias, con balastos electromagnéticos, ninguna de las lámparas cuenta con balastos electrónicos. En los pasillos y ambientes se evidencia varias lámparas que no encienden y a punto de quemarse, se estima que el 40 % de estas lámparas esta fuera de uso porque están dañadas.

Para la iluminación exterior hay instaladas 48 lámparas de vapor de sodio de 400 watts cada una, con accionamiento de foto celdas para su encendido y apagado.

2.1.15. Sistema de agua

A continuación se detalla como y de donde se extrae y distribuye el agua potable que abastecerá el hospital.

2.1.15.1. Pozos

Para el abastecimiento de agua del hospital existen ocho pozos, 2 en pediatría, 2 en odontología y 4 en área frente a cocina, que son los que abastecen las dos torres del hospital. El agua es extraída a tanques de distribución por medio de bombas sumergibles multi etapas de 30 kW, para luego ser distribuido por tubería de 2 pulgadas galvanizada, esta maniobra se hace por medio de bombas centrifugas accionadas por motores eléctricos de 30 kW. De las ocho bombas sumergibles solo operan, en promedio, tres al mismo tiempo.

2.1.15.2. Bomba centrifuga

Las bombas en funcionamiento en el hospital son bastante antiguas, los motores eléctricos son de bajo rendimiento y se evidencia falta de mantenimiento, en la figura 17 se muestran las bombas centrifugas y sus paneles eléctricos.

Figura 17. **Instalación de bombas centrífugas**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

2.1.16. Sistema de aire acondicionado

Existen dos unidades tipo Chiller de 60 toneladas en la terraza del edificio, que abastecían de aire acondicionado al hospital. Por ser unidades tipo Chiller eran muy eficientes y de bajo consumo eléctrico, lamentablemente por falta de mantenimiento se dañaron y por su alto costo no fueron reparadas.

Esto motivo que empezarán a instalar aires acondicionados de ventana, fan coil y mini split, en las diferentes áreas para refrescar los ambientes, elevando considerablemente el consumo de energía y provocando desbalance de cargas, porque en su mayoría son equipos monofásicos en 220 V, contrario a las unidades tipo chiller que eran trifásicas. Se estima de acuerdo al personal de mantenimiento, que existen 40 aparatos tipo ventana que consumen 2 KW cada unidad y 30 unidades tipo fan coil que consumen 3 KW cada unidad.

2.1.17. Sistema de ascensores

Los ascensores son ascensores electromecánicos llamados también de tracción eléctrica; se les llama así por el sistema de suspensión compuesto por un lado por una cabina, y por el otro por un contrapeso, a los cuales se les da un movimiento vertical mediante un motor eléctrico. Todo ello funciona con un sistema de guías verticales y consta de elementos de seguridad con el amortiguador situado en el foso y un limitador de velocidad que automáticamente detiene el ascensor.

En el hospital existen ocho ascensores marca otis, cuatro por cada torre, son accionados por motores de 30 KW acoplados con generador compuesto, para un mejor par de arranque, cuentan además con un sistema de SCR que son dispositivos de tres terminales, utilizados para controlar grandes corrientes a la carga que están conectados. Cuentan con un arranque a tensión reducida, estrella-delta, por medio de contactores eléctricos.

Existen además dos elevadores para carga que son accionados por motores de inducción con capacidad uno de 30 KW y otro de 25 KW. Para su accionamiento cuentan con un polipasto que maniobra un arranque directo marcha contra marcha, por medio de botoneras y contactores eléctricos.

2.1.18. Sistema de tierras

Antes de pasar a la evaluación y análisis de datos es importante mencionar que se cuenta con un sistema de tierras que comprende tres pozos y que aterriza a todos los equipos por medio de un cable calibre un cero distribuido por toda la canaleta metálica. Para protecciones contra descargas

atmosféricas el hospital cuenta con puntas Franklin ubicadas en la terraza, conectadas al sistema de tierras, por medio de soldadura exotérmica.

2.2. Medición de calidad de energía

El comportamiento de los recursos energéticos depende de varios factores, entre ellos, antigüedad de las instalaciones, uso adecuado de los equipos, eficiencia de los dispositivos eléctricos utilizados, adecuado plan de mantenimiento, dimensionamiento adecuado de conductores y motores, mantener un adecuado factor de potencia (por arriba de 0,90), utilizar nivel de voltaje lo más alto posible para conectar los equipos, y sobre todo la disposición y compromiso de todo el personal, desde la alta gerencia hasta los técnicos y usuarios finales por el buen uso de los recursos.

Para determinar el comportamiento de energía se procedió a hacer una medición de calidad de energía en el transformador principal GEAFOL. El equipo utilizado fue un medidor marca AEMC620 ID modelo 3945-B, el equipo recabo información durante veinticuatro horas.

En la figura 18 se muestra las especificaciones del medidor, en la figura 19 se muestra el equipo y las conexiones de los CTs y PTs para la medición de las variables eléctricas.

Figura 18. Especificaciones medidor AEMC620 modelo 3945-B

► SPECIFICATIONS	
MODEL	3945-B
ELECTRICAL	
Sampling Frequency	256 samples/cycle
Data Storage	4MB partitioned for snapshot, transients, alarms & trend recording
Voltage (TRMS)	Phase-to-Phase: 960V, Phase-to Neutral: 480V
Current (TRMS)	MN Clamp: 5mA to 6A/1 to 120A MR Clamp: 10 to 1000A _{ac} , 10 to 1400A _{dc} SR Clamp: 3 to 1200A MiniFlex [®] : 10 to 1000A AmpFlex [®] : 10 to 6500A ⁽¹⁾
Frequency (Hz)	40 to 69Hz
Other Measurements	kW, kVAR, PF, DPF, kWh, kVARh, kVAh, K-Factor, Flicker
Harmonics	1 st to 50 th , Direction, Sequence
Power Source	9.6V NiMH rechargeable battery pack (included) AC Supply: 110/230V _{ac} ±20% (50/60Hz)
Battery Life	≥8 hours with display on; ≤35 hours with display off (record mode)
MECHANICAL	
Communication Port	Optically coupled RS-232
Display	¼ VGA (320 x 240) color LCD display with adjustable brightness & contrast
Dimensions	9.5 x 7 x 2" (240 x 180 x 55mm)
Weight	4.6 lbs (2.1kg)
Safety Rating	EN 61010, 600V CAT IV ⁽²⁾ , 1000V CAT III, Pollution Degree 2
⁽¹⁾ Crest factor at 6500 = 1 ⁽²⁾ When used with SR193 or AmpFlex [®] probes. 600V CAT III with MN193 or MR193 probes.	

Fuente. Manual de medidor AEMC620 modelo 3945.

Figura 19. **Equipo instalado para medición de calidad de energía**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

2.2.1. Evaluación y análisis de datos

En el análisis de carga se muestran los gráficos y tablas que contienen los valores de las variables eléctricas, arrojadas por el medidor.

En la tabla IV se muestra un resumen de las mediciones tomadas por el equipo AEMC620 Modelo 3945-1. Todos los valores de frecuencia, voltaje, flicker, armónicas y factor de potencia se mantienen dentro de norma y sin superar las tolerancias normalizadas. Llama la atención el desbalance en las corrientes de las fases a y c, respecto de la corriente media. Indica que ha habido un crecimiento en carga monofásica que en su mayoría corresponde a aires acondicionados.

Tabla V. Datos de medición de calidad de energía Hospital General San Juan de Dios

Descripción	Variable Eléctrica	Valor Promedio	NORMAS IEEE, CNEE, IEC Manual técnico de Normas	Tolerancia Normalizada	Resultado Variable	SI/NO CNEE en Norma	Observaciones	
HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS	Frecuencia	59.95 Hz			0.00%	SI	la frecuencia se mantiene estable	
	Voltaje en VAC	L1	476.32	Regulación de Tensión Capítulo II art 23 "Indices de calidad de tensión Normas Técnicas CNEE	10% +/-	1%	SI	la variación de voltaje es mínima y no supera el +/- 10%
		L2	476.64					
		L3	479.1					
	Flicker Pst	0.9	IEC-1000-3-7 Capítulo V art 37	1.86	L3 en 1.1	SI	dentro de norma	
	%TDHV	2.70%	Capítulo IV art 31 Normas Técnicas IEEE-519	8%	2.70%	SI	dentro de norma	
	%THDI	4.50%	Título V Capítulo 1 art 41 CNEE índice de calidad de distorsión de corriente IEEE-519	20%	4.50%	SI	dentro de norma	
	Factor de Potencia	0.9	Capítulo III 43 CNEE Usuario arriba de 11 KW	0.9	0.9	SI	el banco de capacitores está corrigiendo el factor de potencia	
	Corriente en A	L1	818.3			-5.94%		Li está -5.94% debajo de corriente media
		L2	883.53					
		L3	908.14					
	Corriente media	869.99			1.56%		L2 está 1.56% arriba de corriente media	
	Potencia en KW	L1	215.97			4.39%		L3 está 4.39% arriba de corriente media se necesita hacer un balance de cargas
L2		231.52						
L3		236.28						

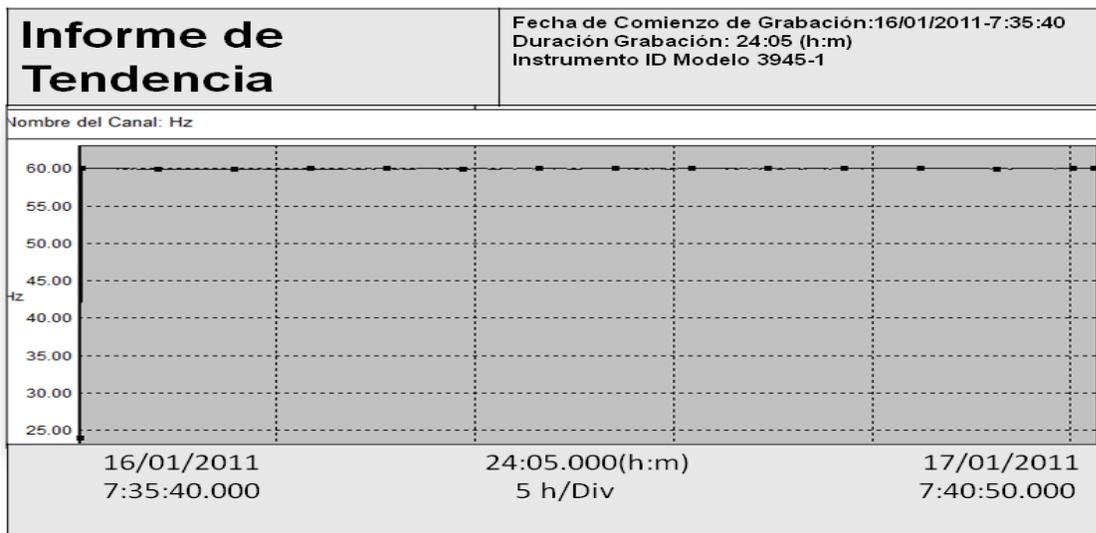
Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Carga diaria

Para determinar la carga diaria del hospital, se analizan los gráficos y datos obtenidos con el equipo de medición AEMC620.

A continuación se muestran los gráficos y tablas que detallan los valores de las diferentes variables eléctricas arrojadas por el medidor AEMC620. Iniciando, con datos de Frecuencia.

Figura 20. **Gráfico de tendencia de frecuencia**



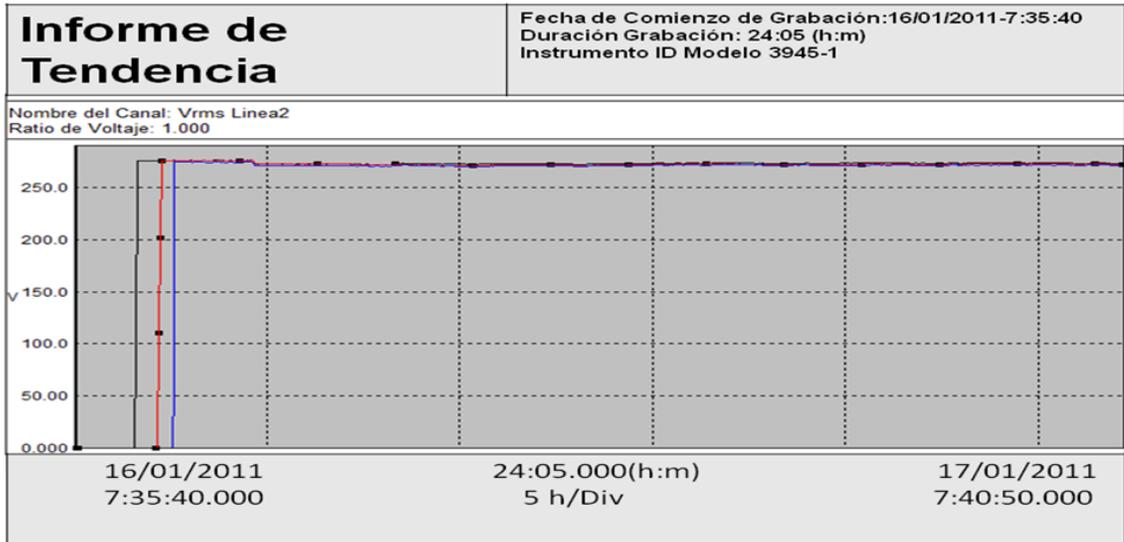
Fuente: Medidor AEMC620.

Tabla VI. **Datos tendencia de frecuencia**

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Prom	Min	Max
Frecuencia HZ	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	59.935	59.1	60.05

Fuente: Medidor AEMC620.

Figura 21. **Gráfico de tendencia de voltaje fase a neutro**



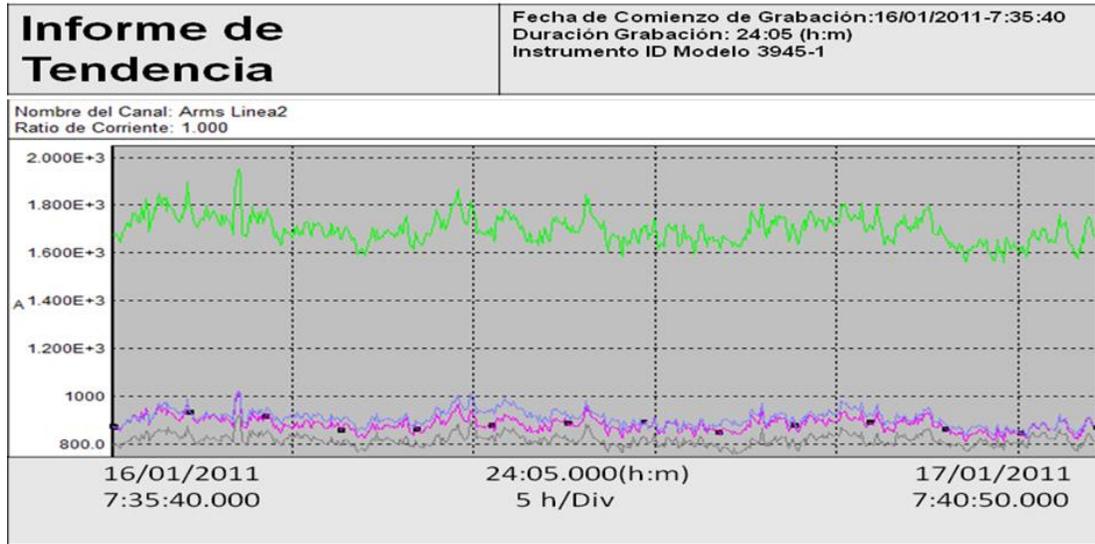
Fuente: Medidor AEMC620.

Tabla VII. **Datos de voltaje fase a neutro**

Nombre		Fecha	Hora	Duración	Prom	Min	Max
Voltaje fase							
Neutro	Fase 2	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	250.44	224.87	276.01
VAC	Fase 3	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	245.77	217.04	274.5
	Fase 1	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	257.43	238.66	276.2

Fuente: Medidor AEMC620.

Figura 22. Gráfico de corriente



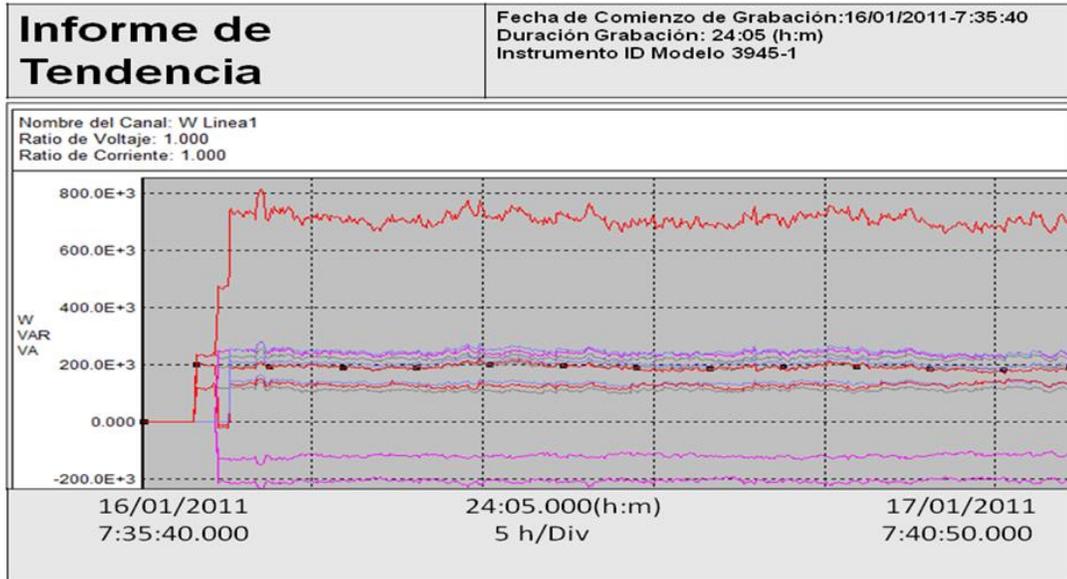
Fuente: Medidor AEMC620.

Tabla VIII. Datos de corriente por fase

Nombre		Fecha	Hora	Duración	Prom	Min	Max
Corriente A	Fase 2	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	883.53	812.7	1014.23
	Fase 3	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	908.14	827.9	1023.53
	Fase 1	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	818.3	758.9	919.4

Fuente: Medidor AEMC620.

Figura 23. **Gráfico de voltaje fase a fase**



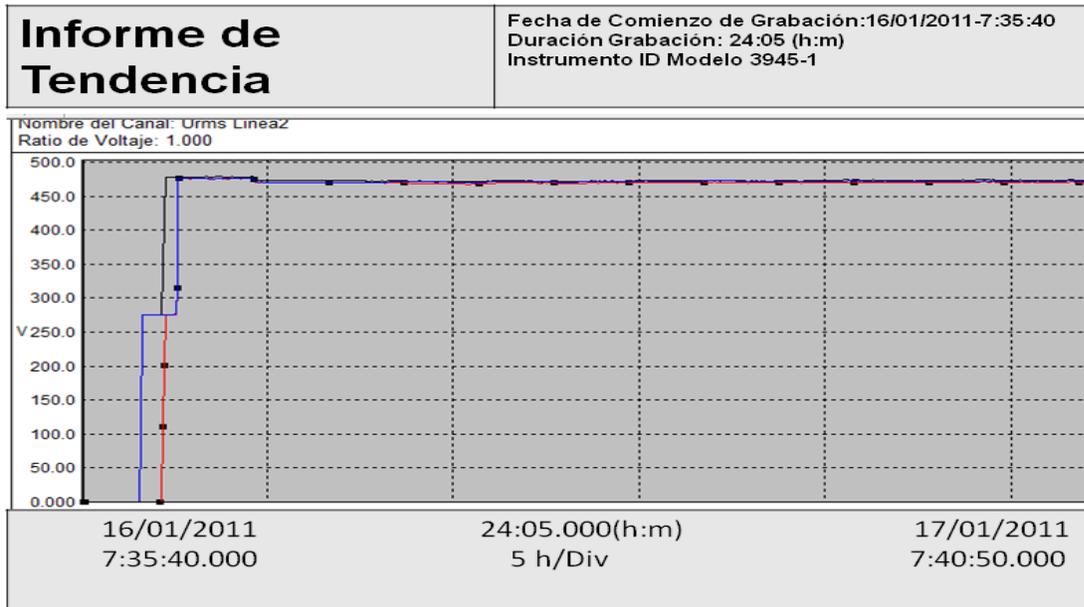
Fuente: Medidor AEMC620.

Tabla IX. **Datos de voltaje fase a fase**

Nombre		Fecha	Hora	Duración	Prom	Min	Max
Voltaje fase a fase VAC	Fase 2	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	429.58	382.86	476.3
	Fase 3	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	437.18	397.74	476.62
	Fase 1	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	441.32	403.52	479.12

Fuente: Medidor AEMC620.

Figura 24. Gráfico de potencia real, aparente y reactiva



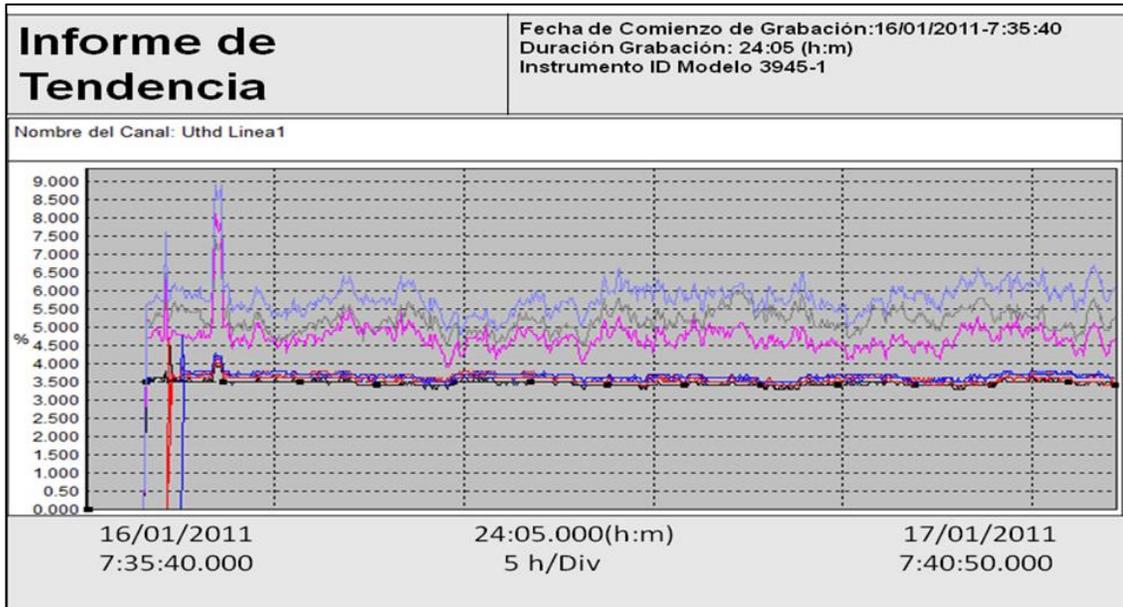
Fuente: Medidor AEMC620

Tabla X. Datos de potencia real, aparente y reactiva

Nombre		Fecha	Hora	Duración	Prom	Min	Max
Potencia Activa W	Fase 1	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	194373	172776	215970
	Fase 2	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	211752	188224	235280
	Fase 3	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	208595	185660	231530
Potencia Reactiva VAR	Fase 1	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	47086	105240	138480
	Fase 2	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	55327	121032	151290
	Fase 3	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	61107	131296	164120
Potencia Aparente VA	Fase 1	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	228006	202672	253340
	Fase 2	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	251271	223352	279190
	Fase 3	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	252243	224216	280270

Fuente: Medidor AEMC620.

Figura 25. Gráfico de distorsión de armónicos



Fuente: Medidor AEMC620.

Tabla XI. Datos de distorsión de armónicos

Nombre		Fecha	Hora	Duración	Prom	Min	Max
Uthd %	Fase 1	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	3.262	2.024	4.5
	Fase 2	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	3.37	2.14	4.6
	Fase 3	17/01/2012	07:40:50	24:05:00	3.381	2.062	4.7

Fuente: Medidor AEMC620.

2.2.2.1. Conclusiones de mediciones

- El valor de la frecuencia durante la medición se mantuvo estable, lo que indica que hay un buen balance entre la generación y la demanda de potencia del sistema nacional interconectado que abastece de energía eléctrica al Hospital General San Juan de Dios.
- Los valores de voltaje entre fase a neutro y fase a fase no muestran desequilibrio de tensiones, no se evidencian sobretensiones ni bajas tensiones. Lo que indica que en el sistema no hay variaciones de carga grandes de conexión y desconexión.
- Los valores de corriente, evidencian variaciones en la fase 1, de 5,93 % por debajo de la corriente media. Y en la fase 3, de 4,39 % por arriba de la corriente media.
- El consumo de kW por fase evidencia que la fase 3, es la que tiene el mayor consumo, 3,37 % por arriba de la potencia media.
- El factor de potencia medido, fue de 0,901, lo que indica que el banco de capacitores está acorde al sistema y cumple con lo requerido por el proveedor de energía eléctrica.
- En la medición de distorsión de armónicos, se evidencian variaciones máximas de 4,7 %. Y el promedio de armónicos en las tres fases muestra valores de 3,28 % a 3,38 %, por debajo de 4,5 % que indica el manual técnico de normas, capítulo I art 41 CNEE, e índice de calidad de distorsión de corriente de IEEE-619.

2.2.2.2. Recomendaciones de mediciones

Para disminuir la distorsión de armónicos, se recomienda:

- Hacer una medición de resistencia del sistema de tierras, para saber en qué valor esta.
- Revisar todas las soldaduras exotérmicas.
- Hacer mantenimiento a los pozos
- Hacer un apriete en todas los tableros de distribución de las líneas de tierra física.

2.2.3. Arranque de equipos

Por ser un hospital y trabajar las 24 horas del día no existe hora determinada para arranque de equipos. La mayoría de equipos trabajan de 16 a 24 horas al día. Por lo que implementar un procedimiento para el arranque de equipos y tener un manejo adecuado de los picos de carga es difícil.

Para disminuir los picos de corriente se requiere que los equipos se arranquen por medio de arrancadores electrónicos o variadores de frecuencia, para hacer rampas de arranque, además, se tendría el beneficio de poder variar su velocidad en función de la demanda. El consumo se disminuirá en un 30 %. Cabe mencionar que la compra e instalación de estos equipos, necesita de una inversión considerable.

2.2.4. Picos de demanda

De acuerdo a la medición de calidad de energía se visualiza que los picos de demanda se dan cuando son operados los elevadores, y arrancan los equipos de aire acondicionado. El pico de demanda más alto reflejado en las gráficas de consumo de potencia es de 820 kVA y de corriente de 1014 A. Ambos valores están muy por debajo de la capacidad nominal del

transformador principal GEAFOL, cuya capacidad es de 3 500 kVA y 4 210 A en 480 V. Haciendo el cálculo del factor de uso mediante la fórmula:

$$\text{Factor de Utilización} = \frac{\text{Demanda máxima del transformador}}{\text{Potencia nominal del transformador}}$$

Evaluando la fórmula se tiene:

$$\text{Factor de utilización} = (820 \text{ kVA} / 3500 \text{ kVA}) \times 100 \% = 23,43 \%$$

Lo que indica que el transformador está siendo exigido a un 23,43 % de su capacidad nominal. Al consultar con el personal de mantenimiento indican que el transformador principal fue sobredimensionado, debido a que habían proyectos de crecimiento que por diferentes circunstancias, en su mayoría políticas gubernamentales, no se ha hecho.

2.2.5. Secuencias de arranque

La secuencia de arranque normalmente es en función de la necesidad o demanda, por lo que no se tiene un programa establecido. Los equipos se arrancan en función de su requerimiento.

2.2.6. Programa para reducir picos de demanda

No existen arrancadores electrónicos y variadores de frecuencia que permitan manejar de mejor forma la rampa de arranque y por ende los picos de demanda. Otra alternativa es no arrancar equipos al mismo tiempo, para esto debe monitorearse constantemente la operación de los equipos. Otro aspecto es que la mayoría de motores son antiguos y de bajo rendimiento.

2.3. Carga instalada

Existen diversas áreas del hospital donde se requiere y demanda mas carga de energía.

2.3.1. Principales áreas de carga

Existen siete áreas importantes que demandan el mayor consumo de energía del hospital, siendo:

- Iluminación
- Elevadores
- Aire acondicionado
- Lavandería
- Sistema de agua
- Equipo hospitalario
- Equipo de cómputo

La iluminación está dividida en interior y exterior. La iluminación interior está conformada por 7 600 lámparas fluorescentes de 40 watts, y la iluminación exterior por 48 lámparas de vapor de Sodio de 400 watts.

- Potencia aparente Iluminación interior
 - $kVA = (7\ 600 \times 40 \times 1,1) / 0,9 = 371,6\ kVA$
 - Potencia aparente Iluminación exterior
 - $kVA = (48 \times 400 \times 1,1) / 0,9 = 23,5\ kVA$
 - Potencia aparente total de iluminación
 - $kVA = 371,6 + 23,5 = 395,1\ kVA$

Hay cuatro elevadores para personas por cada torre accionados con motores con capacidad de 30 kW cada uno. Además hay dos elevadores para carga accionados con motores con capacidad de 30 kW y otro de 25 kW, que son utilizados para movilizar comestibles de cocina y enseres de lavandería.

- Potencia aparente elevadores para personas
 - $kVA = (4 \times 30 \times 1,15) / 0,85 = 162,35 \text{ kVA}$
 - Potencia aparente elevadores para carga
 - $kVA = (2 \times 30 \times 1,15) / 0,85 = 81,18 \text{ kVA}$
 - $kVA = (1 \times 25 \times 1,15) / 0,85 = 33,82 \text{ kVA}$
 - Potencia aparente total de Elevadores
 - $kVA = 162,35 + 81,18 + 33,82 = 277,35 \text{ kVA}$

El aire acondicionado está compuesto en su mayoría por aparatos tipo ventana para un total de 41 unidades y con una capacidad de 2 kW por unidad, además hay 29 aparatos tipo fan coil con capacidad de 3 kW por unidad.

- Potencia aparente aparatos tipo ventana
 - $kVA = (41 \times 2 \times 1,15) / 0,85 = 110,94 \text{ kVA}$
 - Potencia aparente aparatos tipo fan coil
 - $kVA = (29 \times 3 \times 1,15) / 0,85 = 117,71 \text{ kVA}$
 - Potencia aparente total aparatos aire acondicionado
 - $kVA = 110,94 + 117,71 = 228,65 \text{ kVA}$

En el área de lavandería existen 6 aparatos de lavado, de las cuales cuatro tienen 20 kW de capacidad cada una, y dos pequeñas con capacidad de 10 kW cada una.

- Potencia aparente aparatos de lavado de 20 kW
 - $kVA = (4 \times 20 \times 1,15) / 0,85 = 108,23 \text{ kVA}$
 - Potencia aparente aparatos de lavado de 10 kW
 - $kVA = (2 \times 10 \times 1,15) / 0,85 = 27,06 \text{ kVA}$
 - Potencia aparente total aparatos de lavado
 - $kVA = 108,23 + 27,06 = 135,29 \text{ kVA}$

En el sistema de bombeo de agua existen ocho pozos cada uno con bombas sumergibles multietapas de 30 kW cada una. Para el suministro interno hay dos bombas centrifugas con 30 kW de capacidad cada una. Si todas las bombas operaran al mismo tiempo esta sería el área, después de iluminación, que más consume energía. Afortunadamente solo se necesitan tres bombas para sacar agua de los pozos, las otras se mantienen en reserva o stanby.

- Potencia aparente de bombas sumergibles
 - $kVA = (8 \times 30 \times 1,15) / 0,85 = 324,71 \text{ kVA}$
 - Potencia aparente de bombas centrifugas
 - $kVA = (2 \times 30 \times 1,15) / 0,85 = 81,18 \text{ kVA}$
 - Potencia aparente total de sistema de bombeo de Agua
 - $kVA = 324,71 + 81,18 = 405,89 \text{ kVA}$

Para el equipo hospitalario, no se pudo establecer con certeza el total ya que a muchos de los equipos no se tuvo acceso por ser áreas confinadas. De acuerdo al conocimiento del personal se estima que tienen una capacidad de 100 KW entre todos los equipos.

- Potencia aparente estimada equipo hospitalario
 - $kVA = (1 \times 100 \times 1,1) / 0,9 = 122,22 \text{ kVA}$
 - Para el equipo de cómputo existen alrededor de 240 computadoras de escritorio, por lo que, estimando una capacidad de 200 watts por computadora.
 - Potencia aparente estimada equipo de cómputo
 - $kVA = (240 \times 200 \times 1,1) / 0,9 = 58,67 \text{ kVA}$

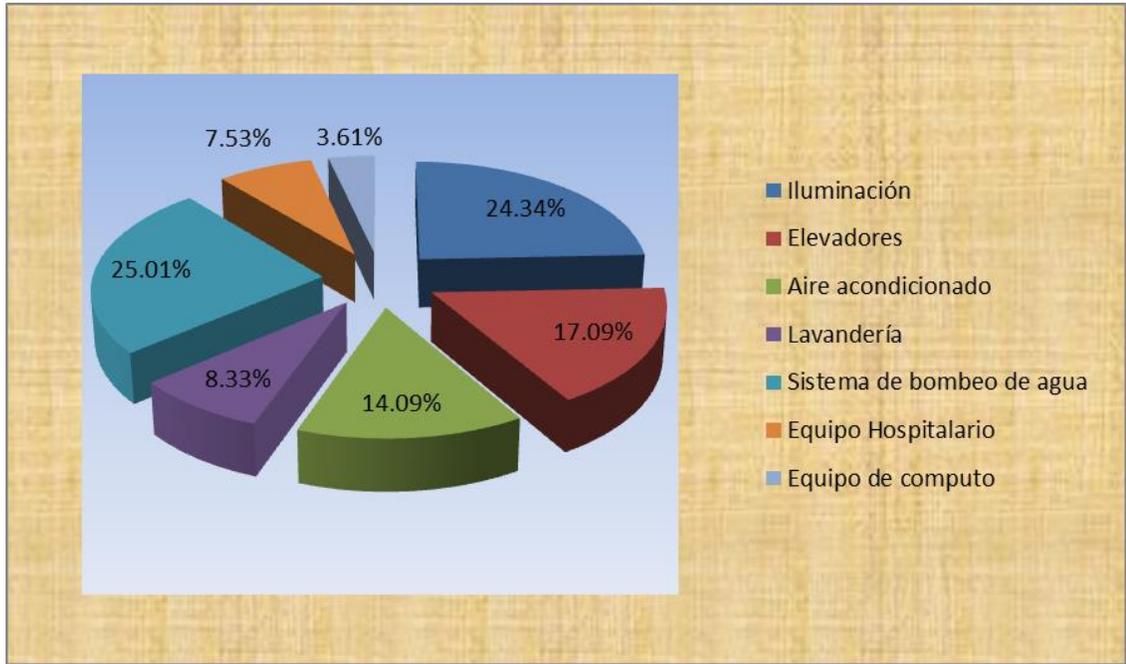
En la tabla XII. Se muestra la carga instalada por área y su participación porcentual. En la figura 26 se muestra el gráfico de carga por áreas.

Tabla XII. **Carga instalada por área**

Área	Carga en KVA	Participación %
Iluminación	395,10	24,34 %
Elevadores	277,35	17,09 %
Aire acondicionado	228,65	14,09 %
Lavandería	135,29	8,33 %
Sistema de bombeo de agua	405,89	25,01 %
Equipo hospitalario	122,22	7,53 %
Equipo de cómputo	58,67	3,61 %
Carga total instalada	1623,17	100 %

Fuente: Medidor AEMC620.

Figura 26. Gráfico de carga por áreas



Fuente: Medidor AEMC620.

2.3.2. Cargas principales

De la tabla XII donde se muestran los principales puntos de consumo, vemos que sumadas las cargas del sistema de bombeo de agua (405,89 kVA), iluminación (395,10 kVA), elevadores (277,35 kVA), y aire acondicionado (228,65 kVA), representan el 80,53 % de la carga total en kVA del hospital.

2.4. Costos energéticos

2.4.1. Costos de electricidad

El costo por consumo eléctrico que paga el hospital en su facturación lo define la empresa que provee la energía eléctrica. Siendo esta la Empresa Eléctrica de Guatemala, que antiguamente era una empresa estatal, y que bajo estas condiciones daba un beneficio al hospital en la tarifa, pero a partir de 1998 paso a ser una empresa privada y el beneficio se perdió.

Lamentablemente no se tuvo acceso a la facturación mensual y al contrato por servicio de energía por ser el área financiera quien lleva esta información con mucha confidencialidad. Por lo que no se pudo verificar aspectos como energía contratada y costo del kWh en demanda en punta, intermedia y valle.

Contactando a ingenieros de la Comisión Nacional de Energía (CNEE) indican que el hospital por el consumo mensual por arriba de los 800 kVA, tiene el beneficio de gran usuario, donde el precio del kWh depende del spot y de la época del año, siendo el mejor precio en la época lluviosa donde la mayor parte de generación de energía eléctrica es por medio de hidroeléctricas. La otra variable que afecta el precio del kWh es el precio del petróleo, que depende mucho del consumo de los países industrializados y de la producción de las refinerías, escapando a un control.

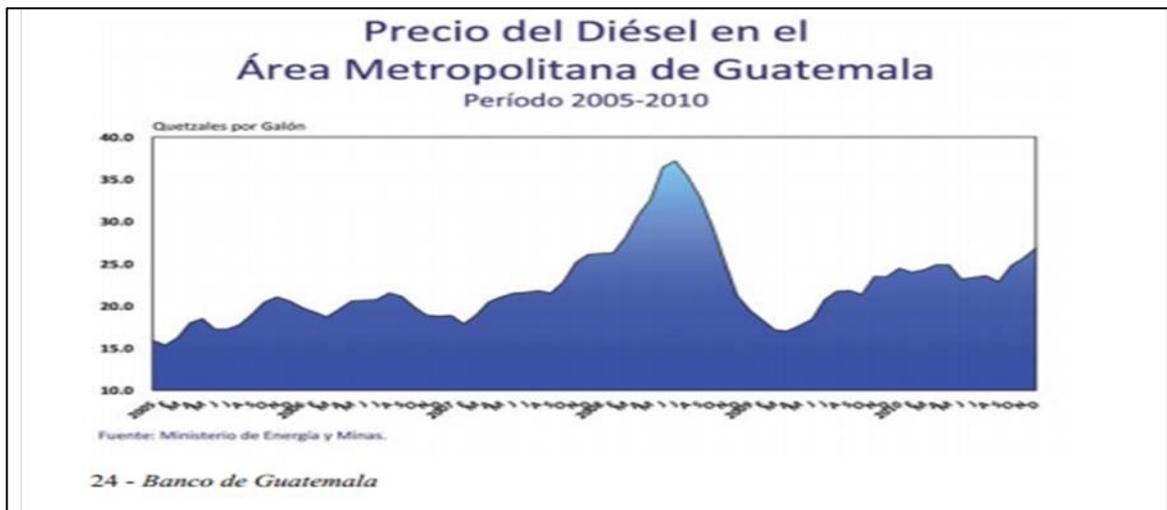
Revisando el historial del precio del kWh en la página del mercado mayorista (AMM) y de la Comisión Nacional de Energía (CNEE), se pudo observar que el precio spot en los últimos tres años ha oscilado entre 12 y 14 centavos de USD, a esto hay que agregarle el precio del VAD (valor agregado de distribución) y el porcentaje de la tasa municipal, sumados ambos son el

equivalente a considerar un incremento del 25 % en la facturación mensual, por lo que el costo se incrementa a 15 y 17,5 centavos de USD. Más adelante para el análisis se consideran estos valores, se tomará de base el valor más bajo.

2.4.2. Costos de combustibles

El combustible a considerar para nuestro caso es el combustible diésel, que es el utilizado por las calderas y los grupos generadores. Su precio en los últimos años ha venido al alza y es muy variable, por ser un derivado del petróleo. En la figura 27 se muestra el comportamiento del diesel en los últimos años, información publicada por el Banco de Guatemala.

Figura 27. Gráfico del precio del diésel de 2005 a 2010



Fuente: Banco de Guatemala, Ministerio de Energía y Minas.

2.5. Áreas susceptibles de mejoras

Las áreas susceptibles de mejoras identificadas en el hospital fueron en los equipos de; tableros de distribución, transformación, iluminación, climatización, arranque y maniobra de motores, calderas y ascensores.

- Tableros de distribución: hay puntos calientes en los bornes principales y salidas de flipones de 47 tableros de distribución, provocados por desbalance de cargas, tornillería floja y por la antigüedad propia de los equipos.
- En transformación: llama la atención el sobredimensionamiento del transformador principal que está siendo utilizado a una tercera parte de su capacidad nominal, por lo que las pérdidas en el hierro son las que están presentes, y que ocurren por la magnetización del núcleo y se producen mientras el transformador esta energizado y son independientes de la carga de este.

En los transformadores de los centros de distribución, que en total son 40, lo que más resalta es que hay;

- 7 transformadores con problemas de ventilación con capacidad de 300 kVA.
- 15 por falta de mantenimiento con capacidades de 75 a 150 Kva
- 6 transformadores que su vida útil ya caduco con capacidades de 30 a 50 kVA, por lo que la eficiencia de operación es muy baja.

- En iluminación: existen muchas lámparas quemadas se estima que el 40 % de las lámparas no encienden por problemas de balastos o tubos fluorescentes quemados. Por lo que toda la iluminación se mantiene encendida sin necesidad de necesitarse, pero por su estado no es posible identificarlas, provocando pérdidas en los balastos por calentamiento al estar siempre encendidos.
- En climatización o aire acondicionado: existe un crecimiento desordenado de aparatos tipo ventana y fan coil, que en su mayoría son equipos monofásicos, lo cual provoca desbalance de carga. Algunos están instalados en espacios abiertos, lo que requiere que siempre estén arrancados provocando calentamiento en los compresores. El diseño original fue hecho con dos unidades tipo Chiller de 60 toneladas cada una pero que por falta de mantenimiento se dañaron y nunca se repararon.
- En arranque y maniobra de motores: no existen arrancadores electrónicos o variadores de frecuencia para un mejor manejo de la rampa de arranque y disminución de picos. Los motores instalados no son de alta eficiencia y son muy antiguos con baja eficiencia.
- Calderas: hay que evaluar si la combustión está bien graduada y si los niveles de presión de vapor son los ideales y necesarios para operar, asimismo habrá que revisar la calibración de los equipos auxiliares que hacen la mezcla y monitorean las presiones y temperaturas.

No se evidencia fugas o derrames en el área de calderas y grupos electrógenos.

Ascensores: de los ocho elevadores instalados cuatro por cada torre, solo están operativos dos, uno dedicado para carga y otro para pacientes de sala de operaciones. Cabe mencionar que son insuficientes para la demanda, teniendo

en la mayoría de las ocasiones que utilizar las rampas. Se sugiere hacer una revisión completa de todo el sistema eléctrico y de transmisión por una empresa especializada para ponerlos operativos nuevamente.

2.5.1. Propuesta de mejoras

Para la propuesta de mejoras se tomara de base los hallazgos en las áreas susceptibles de mejoras. Para reducir las pérdidas, en estas áreas, será necesario llevar a cabo proyectos de mejora que requerirán de inversiones considerables, por lo que la decisión final la tendrán las autoridades del hospital y los ingenieros de mantenimiento. Todas las consideraciones y comparaciones de las propuestas se presentan más adelante en el análisis económico y financiero. Aquí únicamente se hace una descripción de las propuestas para reducir las pérdidas.

Para reducir las pérdidas por puntos calientes en los 47 tableros de distribución; se proponen dos opciones: primera opción, contratar a una empresa para que realice el balance y apriete de tornillería. Segunda opción hacerlo con el personal de mantenimiento del hospital, elaborando un plan de trabajo.

La contratación de una empresa requerirá de una mayor inversión pero la ejecución de la actividad se hará en corto tiempo, caso contrario al hacerlo con el personal de mantenimiento donde la inversión será menor pero llevara más tiempo concluirarla.

Para reducir las pérdidas en transformación con los transformadores con problemas de ventilación, se propone ampliar el área donde están instalados los transformadores, por lo que debe contratarse a una empresa de construcción.

La otra opción es habilitar ventilación forzada por medio de ventiladores. Para la escogencia del tipo de ventiladores se debe solicitar el apoyo de una empresa especialista en ventilación, se recomienda que la instalación sea hecha por la misma empresa especializada.

Para los transformadores con problemas de mantenimiento se sugiere la contratación de una empresa especializada, ya que el mantenimiento requiere de equipos y personal capacitado, que el departamento de mantenimiento del hospital no cuenta. Para los 6 transformadores que su vida útil caduco, lo que aplica es el cambio por nuevos transformadores.

- Para reducir las pérdidas en iluminación
 - A corto plazo hay que implementar un plan de mantenimiento que incluya la limpieza de los difusores de las lámparas y ventanales de pasillos para filtrar la mayor cantidad de luz solar. Esto ayudará a mejorar la iluminación en pasillos. Con balastos y tubos fluorescentes quemados se recomienda cambiarlos por balastos electrónicos y tubos fluorescentes de alta eficiencia.
 - A mediano y largo plazo, se sugiere cambiar todas las luminarias existentes de 2 x 40 Watts T12, por lámparas fluorescentes de 2 x 28 Watts T5 de alta eficiencia que da la misma cantidad de luxes. Por ser una inversión de gran magnitud habrá que hacerlo por etapas, priorizando las áreas más importantes.

- Para reducir las pérdidas en climatización
 - Se sugiere invitar a una empresa especializada en equipos tipo Chiller, para hacer un estudio del estado actual de las unidades de 60 toneladas fuera de uso en la terraza para que oferte ponerlos nuevamente en funcionamiento, la oferta debe incluir las tuberías de distribución y retorno hacia las diferentes áreas, ya que también presentan deterioro.

- Para corregir el desbalance de cargas
 - Para ayudar a la reducción de puntos calientes en los tableros de distribución, se sugiere hacer un levantamiento del total de aires acondicionados monofásicos, para determinar su capacidad y saber en qué fases están conectados, para proceder a reacondicionarlos. Si se habilitan los equipos tipo chiller de 60 toneladas, el 50 % de estos aparatos no serán necesarios.

Como complemento se sugiere mantener cerrados los accesos para que los equipos no estén arrancados siempre.

- Para reducir las pérdidas en el arranque y maniobra de motores
 - Se debe llamar a cotizar a empresas especializadas para que oferten, la factibilidad de instalar arrancadores electrónicos o variadores de frecuencia, a los motores de inducción actuales. o el cambio a motores Nema Premium de alta eficiencia, que de acuerdo a experiencias en países, como Estados Unidos, México y Chile el ahorro es de hasta un 33 %. Para ambos casos se

sugiere iniciar con los motores de mayor capacidad, ya que son los que darán mayor ahorro, luego los que permanezcan más tiempo arrancados durante el día, y los más antiguos por su baja eficiencia.

- Para combustibles se sugiere revisar si el costo por galón de combustible, es el más bajo del mercado. Con el consumo de combustible en las calderas hay que solicitar a la empresa que presta el servicio de mantenimiento, que elabore un informe sobre el funcionamiento actual de las calderas para determinar si la eficiencia de operación está acorde a la placa del fabricante. El informe debe incluir el estado de los equipos auxiliares y de control para la presión y temperatura.
- Paralelo a esto hay que revisar las trampas de vapor, ajustes de los quemadores, revisar si la presión de vapor está en un valor adecuado, reducir frecuencia y tiempo de las purgas, reutilizar el condensado, y usar los gases de emisión para precalentar el agua de la caldera, entre otros.

Ascensores: para los ascensores debe invitarse cuanto antes a empresas especializadas, para hacer la propuesta para poner operativos los ocho ascensores, el no tenerlos disponibles pone en riesgo a pacientes y hace difícil el traslado de cargas de un nivel a otro.

2.6. Eficiencia operativa

2.6.1. Plan de mantenimiento

Para llevar a cabo el plan de mantenimiento, existe un departamento de mantenimiento que está conformado por 43 personas.

El área administrativa comprende 5 ingenieros y 3 secretarías auxiliares. dos ingenieros son fijos y están presupuestados y tres cambian con cada cambio de gobierno.

El área técnica comprende a 35 técnicos de los cuales 10 son egresados de institutos técnicos y los otros 25 son técnicos empíricos.

Se trabajan en dos turnos; turno rotativo y fijo.

- Turnos rotativos: son turnos de 24 horas en servicio y 72 horas de descanso.
- Turnos fijos: son turnos diarios de lunes a viernes en horario de 7:00 am a 15:00 pm.

Respecto al plan de mantenimiento, se hace necesaria la implementación de un sistema integral de gestión de mantenimiento, clasificación de fallas y procedimientos para realizar mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, a los equipos. Se recomienda la implementación de un *software* dedicado y especializado para llevar el control del plan de mantenimiento.

Dentro de las actividades que realizan los técnicos, existen hojas de chequeo diario de rutinas de revisión de luminarias, chequeo de sistema de emergencia, que incluye arranque y paro de los generadores Caterpillar y Kohler, cada semana por media hora, verificación de niveles de aceite, agua y combustible e inspección visual de las diferentes áreas.

2.6.2. Limpieza de equipos

La limpieza de equipos está a cargo del personal de mantenimiento se hace cada mes. Para los elevadores la limpieza se hace por la empresa subcontratada para el mantenimiento preventivo.

2.6.3. Uso y condiciones de motores eléctricos

No existe un procedimiento para arranque y paro de motores, no se tiene una base de datos de placa características de los motores, no hay historial de reparaciones. La mayoría de los motores, son motores antiguos de bajo rendimiento, por lo que su condición no es la mejor. Al tocar la carcasa se evidencia calentamiento. Las chumaceras y las tapas no cuentan con graseras, lo que impide la lubricación.

2.6.4. Rendimiento de combustión de calderas

Se evidencia que han sido reparadas y que los trabajos hechos no son estéticos. De momento dos calderas están operando, pero una necesita cambio de tubos, por lo que su generación de vapor se ha reducido.

2.6.5. Tecnología de equipos

La subestación unitaria, el cableado hacia los centros de distribución y sistema de emergencia, contienen tecnología de menos de diez años y marca Siemens.

En cuanto a los motores en su mayoría son de más de diez años y de bajo rendimiento, situación similar ocurre con los tableros y transformadores de

distribución, donde 290 de los 305 tableros son marca Federal Pacific que es una marca difícil de encontrar en el mercado por su antigüedad. Para maniobra de motores no se cuenta con arrancadores electrónicos ni variadores de frecuencia.

2.7. Análisis económico y financiero

El estudio económico consiste en hacer una evaluación integral del proyecto, incluyendo ingresos y gastos que se darán durante la vida útil de los equipos. Teniendo como objetivo principal el establecer si el proyecto es rentable y que genere una utilidad que le permita ser autosostenible. El estudio económico es la parte decisiva dentro de la formulación y evaluación de un proyecto, ya que del análisis que se hace sobre las distintas etapas y el resultado que se obtiene permitirá determinar si el proyecto es fiable y llena las expectativas que se tienen.

Para el análisis económico se tomarán de base todos los proyectos de mejora que salieron en las áreas susceptibles de mejoras, que generarán ahorros.

Se presentará todas las oportunidades y proyectos de mejora que se identificaron y serán las autoridades del hospital y los ingenieros de mantenimiento, quienes tendrán la decisión final de priorizar los proyectos, al igual de incluirlos en el presupuesto del próximo año, como proyectos de mejora.

2.7.1. Costos

En los costos se incluye todos los gastos que habrá que hacer para la reducción de pérdidas en las diferentes áreas. Los montos son estimados, el tipo de cambio utilizado para los cálculos fue de 1USD = Q7,70, para el precio de los variadores y arrancadores se contempla que serán marca Siemens, para Luminarias son precios promedio del mercado.

- Costos reducción de puntos calientes: se presentan las dos opciones, contratando a una empresa especializada y la otra haciéndolo con personal propio de mantenimiento, con un tiempo de ejecución de un mes, salario mensual de Q3 500, utilizando tres técnicos durante un mes.

Tabla XIII. **Costo de opciones para reducción de puntos calientes**

Apriete de tornillería			
Descripción	Cantidad	costo unitario	total
Contratar a empresa para apriete de tornillería	1	Q30 000,00	Q30 000,00
Utilizar 3 técnicos durante un mes, salario x mes Q3 500,00	3	Q 3 500,00	Q10 500,00

Fuente: elaboración propia.

- Para reducir las pérdidas por transformación. Se propone la ampliación o ventilación forzada para los 7 transformadores con problemas de ventilación. Para los 15 transformadores con inconvenientes por mantenimiento se proponen las dos opciones, de hacerlo con una empresa especializada y con personal de mantenimiento. Para los

transformadores con vida útil vencida se recomienda la compra de nuevos transformadores.

Tabla XIV. **Costos para opciones de reducción pérdidas por transformación**

Reducción de pérdidas por transformación			
Descripción	cantidad	costo unitario	total
Ampliación del área de los 7 transformadores	1	Q 80 000,00	Q 80 000,00
compra e instalación de ventilación forzada	1	Q 70 000,00	Q 70 000,00
contratar empresa para hacer mantenimiento en 15 transformadores	1	Q 30,000,00	Q 30,000,00
Utilizar 3 técnicos durante un mes	3	Q 3,500,00	Q 10,500,00
Compra e instalación de 6 transformadores nuevos	1	Q120,000,00	Q120,000,00

Fuente: elaboración propia.

Para reducir las pérdidas en iluminación se propone implementarse en las rutinas de mantenimiento, la limpieza de difusores y ventanales. Así como el cambio de balastos y tubos fluorescentes quemados. Se propone el cambio a balastos electrónicos y tubos fluorescentes de alta eficiencia.

Tabla XV. **Costo para reducir pérdidas en iluminación**

Reducción de pérdidas por iluminación			
Descripción	cantidad	costo unitario	total
Cambio a balastos electrónicos y tubos fluorescentes de alta eficiencia, toda la iluminación total 7 600 lámparas, costo estimado x lámpara Q150,00	7 600	Q 150,00	Q1 140 000,00

Fuente: elaboración propia.

Para reducir pérdidas en climatización se sugiere la contratación de una empresa especializada para que evalúe la puesta en funcionamiento de los aparatos de aire acondicionado tipo Chiller de 60 toneladas, instalados en la terraza. Y reacondicionar los aparatos tipo ventana, esto ayudará al desbalance de cargas.

Tabla XVI. **Costo reducir pérdidas por climatización**

Reducción de pérdidas en Climatización			
Descripción	Cantidad	costo unitario	total
Contratar empresa para evaluación para puesta en operación de aparatos tipo Chiller de 60 toneladas	1	Q 150 000,00	Q 150 000,00
reacondicionamiento de aparatos de aire acondicionado tipo ventana	1	Q 50 000,00	Q 50 000,00

Fuente: elaboración propia.

Para reducir pérdidas en arranque y maniobra de motores, se sugiere la compra de arrancadores electrónicos. Y el cambio de motores a Nema Premiun de alta eficiencia.

Tabla XVII. **Costo reducción de pérdidas en arranque y maniobra de motores**

Reducción de pérdidas en arranque y maniobra de motores			
Descripción	cantidad	costo unitario	total
Compra e instalación de arrancadores electrónicos de 30kW	14	Q72 000,00	Q1 008 000,00
Cambio de motores a Nema Premiun de alta eficiencia de 30kW	14	Q50 000,00	Q 700 000,00

Fuente: elaboración propia.

Para reducir las pérdidas en combustibles se sugiere estudio del estado de las calderas que evidenciará oportunidades de mejora. Y la calibración del mezclador de combustible y equipos auxiliares para las dos calderas instaladas.

Tabla XVIII. **Costo mejora en consumo de combustibles**

Reducción de pérdidas en combustibles			
Descripción	Cantidad	costo unitario	Total
Estudio de estado y calibración de calderas	2	Q 15,000,00	Q 30,000,00

Fuente: elaboración propia.

Para los ascensores se propone invitar a empresas especializadas para poner en funcionamiento los ocho ascensores. Luego contratar un plan de mantenimiento mensual que garantice que los ascensores estén siempre disponibles. Además se debe incluir dentro del presupuesto un monto para cambio de piezas periódicamente, que las empresas especializadas deben identificar en sus ofertas.

Tabla XIX. **Costo mejora en ascensores**

Reducción de pérdidas en ascensores			
Descripción	cantidad	costo unitario	total
Contratar empresa para evaluación, para puesta en funcionamiento de los 6 ascensores	1	Q 150 000,00	Q 150 000,00
Implementación de plan de mantenimiento mensual de los 8 ascensores, Q5 000,00 por cada uno, Q40 000,00 por mes	12	Q 40 000,00	Q 480 000,00

Fuente: elaboración propia.

2.7.2. Ingresos

Los ingresos considerados son los ahorros que genere la ejecución de cada uno de los proyectos de mejora, incluidos en las propuestas de mejoras. Los ingresos son estimados, algunos fueron calculados en estimaciones de porcentajes.

Para todos los cálculos se estima:

- Horas de trabajo por día 16
- Días de operación al mes 24
- Costo de kWh USD 0,15
- Tipo de cambio 1USD = 7,7 Quetzales

Para el cálculo del Ingreso por reducción de puntos calientes, se identificaron puntos calientes en los tableros de iluminación. Se estima que al eliminar los puntos calientes se tendrá un ahorro estimado del 3 % de la energía consumida.

- Potencia consumida por iluminación = 395,10 kVA
- Convirtiendo a energía consumida por mes en kWh
- $\text{kWh} = \text{F.P} \times \text{kVA} \times 16 \text{ horas} \times 24 \text{ días}$
- $\text{kWh por mes} = 0,9 \times 395,10 \times 16 \times 24 = 136\,546 \text{ kWh}$
- $\text{Ingreso } 3\% = 136\,546 \text{ kWh} \times 3\% = 4\,096 \text{ kWh}$
- Considerando que el costo del kWh es de 0,15USD y que 1USD = 7,70 quetzales
- $\text{Ingreso } 3\% = 4\,096 \times 0,15 \times 7,70 = \text{Q}4\,730,88$

Tabla XX. **Ingreso por reducción de puntos calientes**

Actividad	Ingreso			
	cantidad kWh	costo unitario kWh USD	tipo de cambio 1 USD	Total en Q
ingreso por reducción de pérdidas por puntos calientes 3 % consumo en kWh de iluminación	4 096	0,15	7,70	Q 4 731,00

Fuente: elaboración propia.

Ingreso por reducción de pérdidas por transformación se consideran los 7 transformadores con problemas de ventilación, los 15 por falta de mantenimiento y los 6 que su vida útil ya caduco, del total de 40 transformadores instalados en el hospital. Ahorro estimado en 3 % del total de carga de transformación.

- Porcentaje de transformadores a mejorar = $15 + 6 + 7 = 28$.
- $28 / 40 \times 100 = 70$ % del total de transformación.
- De acuerdo a la medición de potencia, el pico de mayor carga en kVA es de 784,76kVA.
- El 70 % = $0,70 \times 784,76 = 549,33$ kVA.
- Convirtiendo a energía consumida por mes en kWh.
- $kWh = FP \times kVA \times 16 \text{ horas} \times 24 \text{ días}$.
- Energía por mes = $0.9 \times 549.33 \times 16 \times 24 = 189\ 848,45$ kWh.
- Ahorro estimado 3 % = Ingreso.
- Ingreso 3 % = $189\ 848,45 \text{ kWh} \times 3 \% = 5\ 695,45$ kWh.
- Considerando que el costo del kWh es 0,15USD y 1USD = Q. 7,70.
- Ingreso 3 % = $5\ 695,45 \text{ kWh} \times 0,15 \times 7,70 = Q6\ 578,24$.

Tabla XXI. **Ingreso por reducción de pérdidas por transformación**

Actividad	Ingreso			
	cantidad kWh	costo unitario kWh USD	tipo de cambio 1USD	Total en Q
reducción de pérdidas por transformación, 3 %, de 7 transformadores por falta de ventilación, 15 transformadores por falta de mantenimiento y 6 transformadores con vida útil caduca	5 695	0,15	7,70	Q.6 578,00

Fuente: elaboración propia.

Ingreso por eliminación de pérdidas por climatización se considera los aparatos de ventana que por ser equipos monofásicos en su mayoría, se deben reconectar, de tal forma que las cargas en las tres fases seas similares, para evitar el desbalance de cargas. Se estima un 3 % de ahorro.

- La carga en aire acondicionado es de 228,65 kVA,
- Convirtiendo a energía consumida por mes en kWh
- $kWh = FP \times kVA \times 16 \text{ horas} \times 24 \text{ días}$
- $kWh = 0,9 \times 228,65 \times 16 \times 24 = 79\ 021,44 \text{ kWh}$
- $\text{ingreso } 3\% = 79\ 021,44 \times 3\% = 2\ 370,64 \text{ kWh}$
- Considerando que el costo del kWh es de 0,15USD y que 1USD = 7,70 quetzales
- $\text{Ingreso } 3\% = 2\ 370,64 \times 0,15 \times 7,70 = Q2\ 738,09$

Tabla XXII. **Ingreso por reducir pérdidas por climatización**

Actividad	Ingreso			
	cantidad kWh	costo unitario kWh USD	tipo de cambio 1USD	Total en Q
reducción de pérdidas por área acondicionado, ahorro en readecuar aparatos de ventana monofásicos, ahorro estimado 3 % del consumo	2 370,64	0,15	7,70	Q 2 738,00

Fuente: elaboración propia.

Para el Ingreso por reducción de pérdidas por Iluminación se estima un ahorro de 30 % al cambiar los tubos fluorescentes de 40 watts y balastos quemados, por tubos fluorescentes de alta eficiencia y balastos electrónicos.

- La carga de Iluminación es 395,10 kVA.
- Convirtiendo a energía consumida por mes en kWh.
- $kWh = FP \times kVA \times 16 \text{ horas} \times 24 \text{ días}$.
- $kWh = 0,9 \times 395,10 \times 16 \times 24 = 136\ 546,56 \text{ kWh}$.
- $\text{Ingreso } 30\% = 136\ 546,56 \times 30\% = 40\ 963,97 \text{ kWh}$.
- Considerando que el costo del kWh es de 0,15USD y que 1USD = 7,70 quetzales.
- $\text{Ingreso } 30\% = 40\ 963,97 \times 0,15 \times 7,70 = Q47\ 313,38$.

Tabla XXIII. **Ingreso por reducción de pérdidas por iluminación**

Actividad	Ingreso			
	cantidad kWh	costo unitario kWh USD	tipo de cambio 1USD	Total en Q
reducción de pérdidas por iluminación, cambio a tubos fluorescentes de alta eficiencia y cambio a balastros electrónicos, ahorro estimado 30% del consumo	40 963,97	0,15	7,70	Q 47 313,00

Fuente: elaboración propia.

Para el ingreso por reducción de pérdidas por maniobra y arranque de motores se recomienda la instalación de arrancadores electrónicos o variadores de frecuencia y cambio a motores Nema Premiun a los equipos de lavandería y equipos de bombeo, solo se consideran los equipos más grandes de 20 kW y 30kW, se estima un ahorro del 35 % de la energía consumida.

- Potencia real lavandería
- $6 \times 20 \text{ kW} = 120 \text{ kW}$
- Potencia Real sistema de bombeo
- $8 \times 30 \text{ kW} = 240 \text{ kW}$
- Potencia real total = $120 \text{ kW} + 240 \text{ kW} = 360 \text{ kW}$
- Convirtiendo a energía consumida por mes en kWh
- $\text{kWh} = \text{kWh} \times 16 \text{ horas} \times 24 \text{ días}$
- $\text{kWh} = 360 \times 16 \times 24 = 138,240 \text{ kWh}$
- ingreso 35 % = $138\ 240 \times 35 \% = 48\ 384 \text{ kWh}$
- Considerando que el costo del kWh es 0,15USD y 1USD = Q. 7,70
- Ingreso 35 % = $48\ 384 \times 0,15 \times 7,70 = \text{Q}55\ 883,52$

Tabla XXIV. **Ingreso por reducción de pérdidas por maniobra y arranque de motores**

Actividad	Ingreso			
	cantidad kWh	Costo unitario kWh USD	tipo de cambio 1USD	Total en Q
reducción de pérdidas por arranque y maniobra de motores, se consideran los equipos de mayor capacidad, 6 motores de lavandería de 20 kW, y ocho motores de bombeo de 30 kW, el horro estimado es de 35%,	48 384	0,15	7,70	Q 55 884,00

Fuente: elaboración propia.

Para el ingreso por reducción de consumo en combustibles se recomienda la calibración de las calderas y sus dispositivos de instrumentación, se estima un ahorro en consumo de combustibles del 8 %.

- Consumo de combustible por caldera = 8,3 galones por hora.
- Consumo de combustible por mes = galones por hora X 20 hrs X 26 días
- Consumo de combustible por mes = 8,3 X 20 X 26 = 4 316.
- Consumo de combustible por mes por dos calderas = 2 X 4 316 = 8 632 galones de diésel.
- Ingreso 8% ahorro de combustible = 8 632 X 8 % = 690,56 galones
- Donde; costo de galón diésel = Q15,56.
- Ingreso = Q15,56 X 690,56 = Q10 745,11.

Tabla XXV. **Ingreso por reducción de pérdidas en combustibles**

Actividad	Ingreso		
	cantidad galones	costo unidad galón	total
reducción de pérdidas en combustibles, 8,3 galones por hora, ahorro estimado de 5 %	690,56	15,56	Q10 745,11

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Consolidado de costos e ingresos

Consolidado de gastos o inversión, que debe hacerse oportunidades de mejora	Costo
Contratar a empresa para apriete de tornillería	Q 30 000,00
Ampliación del área de los 7 transformadores	Q 80 000,00
compra e instalación de ventilación forzada	Q 70 000,00
contratar empresa para hacer mantenimiento en 15 transformadores	Q 30 000,00
Utilizar 3 técnicos durante un mes	Q 10 500,00
Compra e instalación de 6 transformadores nuevos	Q 120 000,00
Cambio a balastos electrónicos y tubos fluorescentes de alta eficiencia, toda la iluminación total 7600 lámparas, costo estimado x lámpara Q150	Q 1 140 000,00
Contratar empresa para evaluación, para puesta en operación de aparatos tipo Chiller de 60 Toneladas	Q 150 000,00
reacondicionamiento de aparatos de aire acondicionado tipo ventana	Q 50 000,00
Compra e instalación de arrancadores electrónicos,	Q 1 080 000,00
Cambio de motores a Nema Premiun de alta eficiencia	Q 750 000,00
Estudio de estado y calibración de calderas	Q 30 000,00
Total inversión	Q 3,540 500,00
Consolidado de ingresos por mes, al hacer las mejoras	Ingreso estimado mensual
ingreso por reducción de pérdidas por puntos calientes 3 % consumo en kWh de iluminación	Q 4 731,00
reducción de pérdidas por transformación, 3 %, de 7 transformadores por falta de ventilación, 15 transformadores por falta de mantenimiento y 6 transformadores con vida útil caduca	Q 6 578,00
reducción de pérdidas por aire acondicionado, ahorro en readecuar aparatos de ventana monofásicos, ahorro estimado 3 % del consumo	Q 2 738,00
reducción de pérdidas por iluminación, cambio a tubos fluorescentes de alta eficiencia y cambio a balastos electrónicos, ahorro estimado 30 % del consumo	Q 47 313,00
reducción de pérdidas por arranque y maniobra de motores, se consideran los equipos de mayor capacidad, 6 motores de lavandería de 20 kW, y ocho motores de bombeo de 30 kW el horro estimado es de 35 %,	Q 55 884,00
reducción de consumo en combustibles, 8,3 galones por hora, ahorro estimado de 8 %, trabajando 20 hrs por día y 26 días al mes	Q 10 745,00
Total Ingreso por mes	Q 127 989,00

Fuente: elaboración propia.

2.7.3. Evaluación económica

La evaluación económica de un proyecto consiste en determinar si el proyecto se puede realizar o no, analizando las diferentes variables que intervienen en él. Esta evaluación se lleva a cabo por medio del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

2.7.4. Valor actual neto (VAN)

Este método consiste en evaluar los ingresos y egresos de un proyecto en igualdad de condiciones, esto quiere decir que tanto ingresos como egresos se trasladan al momento cero y se procede a hacer la suma algebraica de los mismos, considerando como positivos los ingresos y como negativos los egresos.

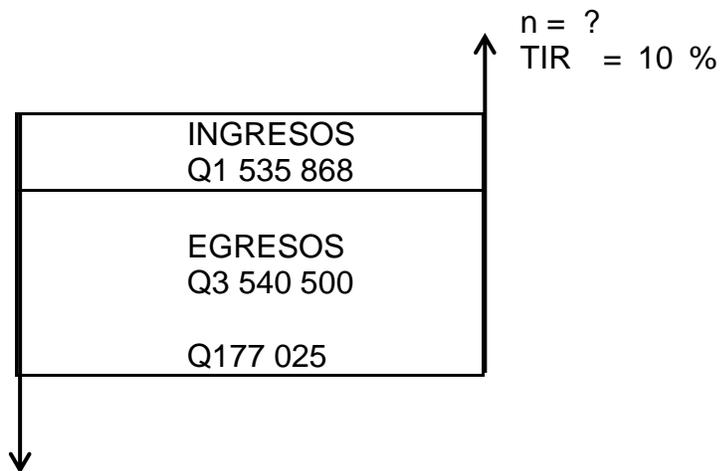
Si el resultado es negativo el proyecto no es factible, si el resultado es positivo el proyecto es factible. Es muy poco probable que el resultado sea cero, de ser así se toma como bueno.

Datos de entrada:

- Costo total de la inversión: Q3 540 500,00.
- Costos de operación anual: 5 % de inversión = $3\ 540\ 500,00 \times 0,05 =$ Q177 025,00.
- Ingresos estimados mes: Q127 989,00.
- Ingresos estimados anuales: Q1 535 868,00.
- Tasa de interés según el BID = 10 % anual.

Cálculos

- Tiempo de recuperación de inversión
- $T = \text{egresos anuales} / \text{ingresos anuales}$
- $T = \text{inversión de mejoras} + \text{costos de operación} / \text{ingresos anuales}$
- $T = 3\,540\,500.00 + 177\,025,00 / 1\,535\,868,00$
- $T = 2,42 \text{ años}$



Valor inicial
Q 3 540 500

Fórmula de VAN

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1 + K)^t}$$

Donde:

- A_t = flujo de efectivo para el periodo t
- K = Tasa de rendimiento requerida
- t = periodo de tiempo

Fórmula de TIR

$$\sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Donde:

A_t

= flujo de efectivo para el periodo t

t = periodo considerado

n = número de periodos

TIR = tasa interna de retorno

$$VAN = -3,540,500 + \frac{(1535868 - 177025)}{[1+TIR]^1} + \frac{(1535868 - 177025)}{[1+TIR]^2} + \frac{(1535868 - 177025)}{[1+TIR]^3} + \frac{(1535868 - 177025)}{[1+TIR]^4} = 0$$

Tabla XXVII. Flujo de caja de TIR

AÑO	FLUJO DE CAJA
0	-3 540 500
1	1 358 843
2	1 358 843
3	1 358 843
TIR	39 %

Fuente: elaboración propia.

TIR = 39 %

Se tiene una alta tasa de retorno de inversión por año, el proyecto es rentable con expectativas por arriba de mercado.

2.7.6. Factibilidad económica

La factibilidad económica se comprueba con los resultados del VAN y de la TIR. Los resultados muestran que el proyecto de inversión es un proyecto de mucho beneficio para ahorros energéticos, y es conveniente llevarlo a cabo.

2.7.7. Beneficios sociales

Siendo el hospital una institución que presta servicio médico a la sociedad sin costo, cualquier proyecto que se haga y que mejore las condiciones del hospital impactará directamente sobre las personas que se atienden diariamente y por ende es un beneficio social.

2.7.8. Incremento de la tasa de empleo en la sociedad

Todos los proyectos necesitan para su implementación de mano de obra calificada y no calificada para su diseño, instalación y puesta en marcha. Una vez funcionando necesitan de mantenimiento preventivo y correctivo durante toda su vida útil. Por lo que la generación de empleo será por un largo periodo, contribuyendo a disminuir la tasa de desempleo.

2.7.9. Factibilidad técnica

Todos los proyectos son factibles técnicamente por qué no se requiere hacer trabajos que estén fuera del alcance y de las posibilidades de las autoridades e ingenieros de mantenimiento. Para su desarrollo se emplearán técnicas y materiales que son de fácil obtención y las vías de acceso para realizar los trabajos no presentan demasiadas complicaciones que impidan la realización de los mismos.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN PLAN DE CONTINGENCIA

3.1. Aspectos legales

Los aspectos legales en el artículo 10 de la Ley, hace referencia a uno de los aspectos más importantes en materia de acceso a la información, no solo como una obligación pasiva, sujeta a la acción de un particular, sino dotarla de un contenido activo, en la medida en que se obliga a los entes gubernamentales a proporcionar información relevante sobre su quehacer, sin que medie la solicitud de un particular.

3.1.1. Marco político legal ambiental

El marco político legal nos proporciona las bases sobre las cuales las instituciones construyen y determinan el alcance y naturaleza de la participación e impacto en el medio ambiente.

3.1.1.1. Marco legal constitucional

La Constitución Política de la República de Guatemala: en la Sección Décima sobre el Régimen Económico y Social del Capítulo II sobre los Derechos Sociales, se establece en el Artículo 119 las Obligaciones fundamentales del Estado, entre las cuales se encuentre la del inciso c) que dice: “Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente: “...El artículo 119 forma parte del régimen económico y social que la Constitución establece dentro del capítulo de los derechos sociales. Enumera

dicho artículo “las obligaciones fundamentales del Estado” en materia económico-social. Se ha considerado que en materia financiera la Constitución contiene normas de tres órdenes: las relacionadas con las garantías de los derechos de los contribuyentes, las que se refieren a la competencia de los diferentes órganos del Estado y las que establecen las formas de actuación del Congreso y del Gobierno. El artículo 119 no contiene sino normas programáticas, que no establecen derechos de los gobernados...” Gaceta Núm. 7, página 51, sentencia: 29-09-95.

De igual manera en el artículo 129 se declara de urgencia nacional la electrificación del país de acuerdo a los planes formulados por el Estado y las municipalidades y contempla la posibilidad de participación de la iniciativa privada.

El tratado macro del mercado eléctrico de América Central y el protocolo aprobado por el Congreso de la República en el Decreto Número 25-98 y publicada su ratificación en el Diario Oficial el 8 de octubre de 1998. Dicho Tratado tiene por objeto la formación y crecimiento gradual de un mercado eléctrico regional competitivo, basado en el trato recíproco y no discriminatorio que contribuya al desarrollo sostenible de la región dentro de un marco de respeto y protección al medio ambiente.

3.1.2. Legislación ordinaria aplicable

- Decreto Número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala: corresponde a la ley de protección y mejoramiento del medio ambiente en la cual se instituye el estudio de evaluación de impacto ambiental como el instrumento para hacer compatibles el desarrollo del país y la protección al medio ambiente nacional.

- Decreto Número 1-93 del Congreso de la República de Guatemala: este decreto adiciona el Artículo 8 del Decreto Número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, en el sentido de sancionar a todo funcionario público que en ejercicio de sus funciones, omitiera exigir la presentación del estudio de impacto ambiental previo a la autorización de proyectos de desarrollo en el ámbito de su competencia.
- Decreto Número 101-96 del Congreso de la República de Guatemala: la Ley Forestal de Guatemala establece como objeto fundamental la declaratoria de urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques, para lo cual se propicia el desarrollo forestal y manejo sostenible, indicando además que como ley ordinaria su observancia es general y que su ámbito de aplicación se extiende en todo el territorio nacional y que comprende a los terrenos cubiertos de bosque y a los de vocación forestal. Esta ley obliga a que aquellas personas individuales o jurídicas que corten bosque para tender líneas o construir estaciones eléctricas, oleoductos, notificaciones y otras obras de infraestructura a la repoblación forestal y ordena el plazo de 4 años para dar por concluidas las obligaciones de reforestación (Artículos 67 inciso c) y 70 de la Ley Forestal)
- Decreto Número 4-89 del Congreso de la República: esta ley es la que regula las áreas protegidas y crea el sistema Guatemalteco de áreas protegidas, el que se integra por todas las áreas protegidas y entidades que las administran con el fin de lograr la conservación, rehabilitación, mejoramiento y protección de los recursos naturales del país, particularmente de la flora y fauna silvestre.
- Crea el Consejo Nacional de Áreas Protegidas con el fin de que sea a través de este la aprobación de los planes maestros y operativos para el manejo de cada una de las áreas. Norma entre otros, las actividades dentro de las áreas protegidas, indicando que las empresas públicas o

privadas tengan actualmente o que en el futuro desarrollen instalaciones o actividades dentro de las áreas protegidas, indicando que las empresas públicas o privadas que tengan actualmente o que e el futuro desarrollen instalaciones o actividades comerciales, industriales, turísticas pesqueras, forestales agropecuarias, experimentales o de transporte dentro del perímetro de las áreas protegidas, deben celebrar de mutuo acuerdo con el Consejo un contrato en que se establezcan las condiciones y normas de operación, determinadas por un estudio de impacto ambiental presentado por el interesado y evaluado por el CONAP.

- Decreto Número 26-97, reformado por el Decreto 81-98 ambos del Congreso de la República de Guatemala: la ley para la protección del patrimonio cultural de la nación y su reforma, tienen por objeto la protección, defensa, investigación, conservación y recuperación de los bienes que integran el patrimonio cultural de la Nación a través del Ministerio de Cultura y Deportes. La aplicación de esta ley incluye todos aquellos bienes del patrimonio cultural que estuvieren amenazados o inminente peligro de desaparición o daño debido a la ejecución de obras públicas o privadas para desarrollo urbano o turístico; la modificación del nivel de conducción de agua construcción de represas o diques; la rotura de tierra y limpia de la misma, para fines agrícolas, forestales, industriales, mineros, urbanísticos y turísticos; la apertura de vías de comunicación y otras obras de infraestructura.
- Decreto Número 95-2000 del Congreso de la República de Guatemala: este cuerpo legal contiene la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN- el cual a partir del 2 de enero del 2001 se convierte en el ente regulador de la conservación y mejoramiento del medio ambiente en la República de Guatemala.

- Decreto Número 90-97 del Congreso de la República de Guatemala: esta legislación que corresponde al código de salud, en él se regulan entre otros asuntos, los aspectos relacionados con: el saneamiento del medio ambiente, el abastecimiento del agua potable, la eliminación y disposición de excretas y aguas servidas, la disposición de basuras, afluentes residuales, molestias públicas, riesgos colectivos y de la higiene laboral.
- Código municipal y reglamentaciones municipales: este instrumento autoriza y faculta a las municipalidades a enfrentar los problemas derivados de la contaminación ambiental. El alcalde municipal tiene atribuciones para velar por la limpieza y salubridad general el municipio en lugares públicos y además también menciona algunas situaciones específicas relacionadas con contaminación.
- Código de trabajo y su reglamento: el Artículo 197 determina que todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida y la salud de sus trabajadores, introduciendo por su cuenta todas las medidas de higiene y seguridad (industrial) en los lugares de trabajo.
- Decreto Número 93-96 del Congreso de la República: ley general de electricidad, desarrolla los Artículos 129 y 130 de la Constitución Política de la República y norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad.

3.1.3. Requisitos y trámites

Acuerdo Gubernativo Número 256-97. Reglamento de la Ley General de Electricidad: este reglamento desarrolla la aplicación de las normas de la Ley General de Electricidad, Decreto Número 93-96 del Congreso de la Republica y su ámbito de aplicación dentro de la Ley reglamenta lo relativo a las actividades

de generación, transporte, distribución y comercialización que incluye la importación y exportación de electricidad; que desarrollan tanto las personas individuales o jurídicas con participación privada, mixta o estatal, independientemente de su grado de autonomía y régimen de constitución; y contiene:

Las definiciones generales.

- Establece como responsable de su aplicación al Ministerio de Energía y Minas a través de la dependencia competente y de la Comisión Nacional de energía eléctrica, salvo cuando sea competencia exclusiva de la Comisión de conformidad con la ley y su reglamento.
- Los requisitos de la solicitud de autorizaciones definitivas para plantas de generación hidroeléctrica y geotérmica, transporte y distribución, se encuentra reglamentado en el Artículo 4 del reglamento.
- En el artículo 9 se establece el trámite para la determinación de daños y perjuicios en aquellos casos en que derivado de las actividades desarrolladas por la autorización temporal causen daños o perjuicios a los propietarios, poseedores o tenedores de los bienes, y ante la falta de acuerdo entre las partes, las personas o empresas afectadas informarán al ministerio los datos de identificación del afectado, los datos de identificación del responsable de los daños y la descripción y cuantificación de los daños causados. Señalando que en caso de determinarse los daños y el responsable no pagare los daños o perjuicios ocasionados, el ministerio deberá derogar la autorización y las sanciones que establece la ley.
- Lo relativo a las autorizaciones para el transporte de energía eléctrica se regulan los casos que necesitan la autorización; la posibilidad de establecer reservas de la capacidad de transporte y la inclusión de la

cláusula de rescisión del contrato de autorización. Lo anterior se encuentra contenido en los Artículos del 10 al 13 del reglamento.

- En los artículos 13, 15 y 16 se regula lo referente a las autorizaciones para centrales generadoras: centrales hidroeléctricas, mecanismos de concurso y centrales geotérmicas.
- Las autorizaciones para el servicio de distribución final de electricidad se reglamenta en los artículos del 17 al 19.
- Las causas de terminación y los requisitos de autorización de Transferencias se encuentran normadas del Artículo 20 al Artículo 28 del reglamento.

3.1.4. Tratados y leyes relacionadas con la protección de la biodiversidad y el medio ambiente

La biodiversidad es la variedad de formas de vida que se desarrollan en un ambiente natural. Esta variedad de formas de vida sobre la tierra involucra a todas las especies de plantas, animales y microorganismos. Cada especie cumple una determinada función para el medio ambiente, que ecológicamente se denomina nicho ecológico. Dos especies no pueden ocupar nunca el mismo nicho, pero puede haber ciertas superposiciones y por lo tanto cuantas más especies haya en una comunidad, mayor será la superposición de nichos.

3.1.4.1. Convenios ambientales

- Convenio para la protección de la flora. De la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América.
Publicado en diario oficial el 22/08/1941.

Objetivo: proteger las áreas naturales importantes, así como la fauna y la flora, especialmente las especies amenazadas y las aves migratorias.

- Convenio sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.

Publicado en diario oficial el 14/03/1980.

Objetivo: proteger las especies amenazadas de fauna y flora mediante la limitación y el control del comercio internacional de dichas especies.

- Convenio Centroamericano para la protección del ambiente y protocolo al convenio de la creación de la comisión Centroamericana de ambiente y desarrollo.

Publicado en diario oficial el 13/06/1990.

Objetivo: fortalecer la cooperación regional para la utilización sostenible de los recursos naturales, el control de la contaminación, restablecimiento del equilibrio ecológico y mejoramiento de la calidad de vida.

- Convenio para la conservación de la biodiversidad y protección de áreas silvestres prioritarias en América Central.

Publicado en diario oficial el 10/10/1993.

- Convenio sobre la diversidad biológica.

Publicado en diario oficial el 12/01/1996.

Objetivo: conservar la diversidad biológica, promover un uso sostenible de sus componentes, y repartir de manera equitativa los beneficios generados por la utilización de los recursos genéticos.

- Convenio Centroamericano para el manejo y conservación de los ecosistemas naturales forestales y el desarrollo de plantaciones forestales.

Publicado en diario oficial el 11/11/1994.

Objetivo: reducir el nivel de deforestación y promover el uso sostenible del recurso forestal en América Central.

- Convenio de las Naciones Unidas para combatir la desertificación y la Sequía. Aprobado por Decreto No. 13-98 del 25/02/98, no publicado.

Objetivo: combatir la desertificación y mitigar los efectos de la sequía mediante estrategias de largo plazo que enfocan la rehabilitación y mejoramiento de la productividad del suelo, así como la conservación y el manejo sostenible de las tierras y los recursos acuáticos.

3.1.4.2. Declaraciones

- Declaración sobre el ambiente humano. Stockholm, Suecia, 16/06/1972.
- Carta mundial de la naturaleza. Nueva York, EEUU, 28/10/1982.
- Declaración sobre el ambiente y el desarrollo. Río de Janeiro, Brasil, 14/06/1992.
- Declaración conjunta Centroamericana USA. Miami, USA, 10/12/1994.

3.2. Antecedentes

Desde el 1630 que arribaron procedentes de México a la muy leal y muy Noble ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, hermanos hospitalarios de la Orden de San Juan de Dios, bajo la dirección del Padre Fray Carlos Cívico de la Cerda, y que como objetivo principal era la de presentar la solicitud de administrar el hospital de la ciudad. A la solicitud se acompañó no solo la promesa de asistir a enfermos y la atención en el hospital, sino la de

cumplir con lo dispuesto por el Rey de España en 1632, de tratar con servicios médicos a los habitantes de Centro América. A través de la historia el hospital San Juan de Dios ha sido parte fundamental atendiendo a miles de enfermos sin costo alguno durante sus más de doscientos años de servicio.

Con el paso de los años se ha ido mejorando las diferentes áreas como la estructura física, que permite a los usuarios una mejor estadía. Ampliaciones y remozamientos incluyen: maternidad, consulta externa de la pediatría, trasplantes, traumatología pediátrica, cuidados intensivos y clínica del adolescente. Se han implementado además nuevas unidades en las especialidades de, cardiología, quemados infantiles, trasplantes, hematología de adultos, entre otros. Estos son algunos de los logros y avances que se han tenido el hospital General San Juan de Dios.

El hospital General San Juan de Dios cuenta con el apoyo del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social para dar cumplimiento a la misión de brindar atención médica integral de tercer nivel a la población guatemalteca, con personal técnico y profesional especializados, utilizando la mejor tecnología. Los médicos que laboran en este centro asistencial son catalogados como los mejores de Guatemala.

3.3. Plan de contingencia ante sismos, erupciones volcánicas, erosiones de suelo, inundaciones, incendios y accidentes provocados por las actividades humanas

3.3.1. Riesgos naturales

Guatemala es un país con mucha actividad tectónica y volcánica debido a su posición geográfica, ya que pertenece al cinturón de fuego circumpacífico.

Desde el punto de vista tectónico, en el territorio nacional convergen tres placas tectónicas:

- Placa del coco en el sur, formando una zona de subducción en la costa del Pacífico.
- Placa del caribe, la cual ocupa toda la parte central del país. En esta placa se desarrolla todo el vulcanismo el país, corre la totalidad del trazo de la línea. La zona de falla del Motagua es parte del límite de esta placa con la de Norte América.
- Placa de Norte América, ubicada en el norte del país.

3.3.2. Marco tectónico y sismicidad

De acuerdo al instituto nacional de sismología, vulcanología, meteoróloga e hidrología INSIVUMEH, el territorio nacional está repartido en tres placas tectónicas; Norteamérica, Caribe y Cocos. Los movimientos relativos entre estas determinan los principales rasgos topográficos del país y la distribución de volcanes y terremotos.

3.3.2.1. Tectónica regional y local

Desde el punto de vista regional, los rasgos geoestructurales en Guatemala son producto de la interacción de las placas tectónicas de Norte América, Caribe y del Coco. El movimiento relativo entre ellas produce dos tipos fundamentales de contactos o límites:

- Tipo transcurrente o de corrimiento lateral: se observa entre las placas de Norte América y Caribe. La expresión en superficie de este límite lo constituyen los sistemas de fallas Chixoy-Polochic, Motagua y Jocotán-Chamelecón.

- Tipo Subducción: observando entre las placas del Coco y Caribe. Las manifestaciones más claras de este proceso son: la fosa Mesoamericana, el Arco Volcánico Cuaternario y la distribución espacial de la sismicidad que define el plano de Wadatti-Benioff.

Estas dos franjas de deformación, a lo largo de las zonas de contacto entre placas, delimitan una región en forma de cuña en la cual existen una serie de rasgos estructurales secundarios. Entre estos se encuentran los sistemas de fallas longitudinales a la fosa. Este sistema está atravesando, y en algunos casos inclusive desplazado, por fallas y expresiones topográficas transversales. Otros sistemas de fallas transversales se localizan entre el arco volcánico y la falla motagua, en el centro de Guatemala, formando en algunos casos depresiones o gravámenes con orientación preferencial aproximada Norte-Sur.

3.3.2.2. Sismicidad en el área de la ciudad de Guatemala

La ciudad de Guatemala, cuyo nombre oficial es Nueva Guatemala de la Asunción, es la capital de la República de Guatemala. La ciudad se encuentra localizada en el área sur-centro del país y cuenta con una gran cantidad de áreas verdes. De acuerdo al último censo realizado en la ciudad, habitan 1,150,107 personas, pero considerando su área metropolitana de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística, alcanza un estimado de 4 103 865 habitantes para el 2012, lo que la convierte en la aglomeración urbana más poblada y extensa de América central.

Su desarrollo se ha visto afectado en incontables ocasiones por desastres naturales, terremotos en su mayoría, que han devastado la ciudad y sus alrededores.

El ultimo que la afecto fue el terremoto de 1976 que daño seriamente la estructura moderna construida y la que se encontraba en construcción, al igual que reliquias históricas, como la Iglesia de Nuestra Señora de la Merced, La Recolección y Nuestra Señora del Carmen.

Como consecuencia de estos antecedentes en 1980 que se construyó las actuales instalaciones en el gobierno del General Romeo Lucas, el diseño se hizo por ingenieros Alemanes que incluyeron dentro del mismo el diseño de un hospital antisísmico, el cual cuenta con planchas de acero inoxidable entre paredes, cubiertas con espuma de polietileno que permiten absorber los impactos de movimientos al momento de un terremoto.

3.3.2.3. Amenaza sísmica

Implica la descripción del potencial de peligrosidad, a la que está expuesto el sitio de interés, debido a la eventual ocurrencia de fenómenos sísmicos. Esta peligrosidad involucra el fenómeno natural y sus efectos secundarios tales como: ruptura o activación de fallas locales, amplificaciones anómalas, fractura miento del terreno, hundimientos, licuefacción de suelos, entre otros.

3.3.2.4. Riesgo sísmico

Se define como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad de la obra. La evaluación del riesgo implica el estudio de la interacción suelo-estructura y el comportamiento dinámico de la obra civil en cuestión, lo cual está fuera del alcance del presente estudio. Como un complemento al estudio de amenaza sísmica, también se incluye un análisis en base a las normas del diseño antisísmico presentadas en el Código de Normas de Diseño Estructural de Obras y Edificaciones de la República de Guatemala. Aun cuando este

documento está en proceso de revisión y publicación, es el único código de normas de construcción que existen en el país.

3.3.3. Amenaza volcánica

En Guatemala existen alrededor de 35 edificios volcánicos recientes, más de 300 centros eruptivos y 4 volcanes activos. En los últimos años la ciudad de Guatemala ha sido testigo de las erupciones volcánicas del Volcán de Pacaya que amenaza constantemente con lanzar arena volcánica que cubre casi todo el departamento de Guatemala y Escuintla.

3.3.4. Riesgo de erosión

Para la zona donde se encuentra el hospital no se tiene susceptibilidad a erosiones, los alrededores son áreas compactadas y sólidas. Por ser la ciudad capital se cuenta con un adecuado sistema de pavimento que disminuye la erosión.

3.3.5. Riesgos de inundación

Las inundaciones no afectan directamente la construcción del hospital ya que esta se encuentra alejada de los puntos de impacto de inundación. Además se cuenta con un adecuado tratamiento de drenajes para aguas pluviales y negras.

3.3.6. Riesgos de incendios

Como en todo hospital se cuenta con muchas amenazas o conatos de incendio, como el área de calderas, centros de carga eléctrica, depósitos de

combustible, centro de generación de emergencia, cocina, entre otros. Para contrarrestar los incendios cuentan con un sistema de extintores instalados en todo el Hospital, y con señales de alerta de cuidados a seguir al momento de permanecer en las áreas con mayor amenaza de incendio. También cuentan con una brigada de emergencia que dentro de sus funciones primordiales está la de velar continuamente por que las amenazas de incendio se disminuyan.

3.3.7. Riesgos derivados de los accidentes por actividades humanas

Dentro de los riesgos se pueden mencionar las actividades de los técnicos de mantenimiento que representan cierta complejidad y riesgo de accidentes, por lo que el personal debe estar debidamente capacitado.

3.4. Impactos ambientales del Hospital

- Los hospitales son establecimientos destinados a proporcionar una asistencia médico-clínica desarrollando funciones preventivas, rehabilitadoras, formativas y de investigación. Desgraciadamente, junto a estas funciones beneficiosas, provoca efectos no deseables que en términos muy amplios podríamos denominar contaminación hospitalaria. Este término de contaminación puede referirse tanto a la ejercida a nivel interno, sobre los propios trabajadores y paciente, como a la inducida sobre el medio ambiente en general.
- Cada paciente hospitalizado genera unas 14 libras diarias de residuos sólidos en promedio. Idealmente cada hospital debería de disponer de un comité de protección ambiental. Entre sus objetivos no necesariamente se debería centrar en la reducción de costos, sino fundamentalmente la reducción del impacto ambiental que genera, la reducción del consumo

de agua, de energía, y el mejor reciclamiento de los residuos sólidos producidos.

- Para resumir el hospital es un ambiente de riesgo. De formas esquemáticas podríamos clasificar estos riesgos en biológicos, físicos, químicos, organizativos y sociales.

3.4.1. Políticas de reducción de la contaminación hospitalaria

- Los hospitales deben cumplir una serie de normas y controles para que la contaminación que producen sea la menor posible. Estas pueden quedar resumidas en:
 - Control del acondicionamiento del agua potable y de los sistemas de evacuación de residuos.
 - Normas sobre limpieza en el medio hospitalario.
 - Normas sobre esterilización.
 - Normas sobre acondicionamiento, higiene y limpieza de áreas comunes: cocinas, comedores, cafeterías, entre otros.
 - Programas de desinfección, desinsectación y desratización.
 - Control de las medidas de protección de los elementos físico-químicos (ruidos, humedad, temperatura, radiaciones, ionizaciones, entre otros).
 - Control microbiológico de fómites
 - Control de antisépticos y desinfectantes
 - Y Practicar sobre el personal hospitalario los exámenes apropiados con criterio de salud.

3.4.2. Impactos potenciales sobre el agua

Como se mencionó en las políticas de reducción de contaminación debe existir un plan para el control y acondicionamiento del agua potable y de los sistemas de evacuación de los residuos.

3.4.3. Daños en la red de drenajes

La única intervención posible a la red de drenaje es la interrupción o desvío del curso del mismo, para conectarse a la red. Esto es fácilmente solucionable con la instalación de tuberías o bóvedas, alcantarillas y vados sobre las corrientes, además de fosas sépticas para el tratamiento adecuado de desechos.

3.4.4. Efectos derivados del incremento del ruido

Aislar acústicamente recintos hospitalarios no es tarea fácil. Se debe considerar una serie de factores. Por ser edificaciones de alta complejidad y poca acústica, ya que están compuestos por una amplia gama de unidades funcionales y de servicios, estos recintos merecen un estudio específico de control de ruido y vibraciones.

3.4.5. Impactos potenciales sobre el medio socioeconómico

Siendo Guatemala un país con un potencial sísmico grande, y conociendo el impacto económico que un terremoto produce en un país. El Impacto del hospital cuando ocurre estos desastres toma una importancia muy alta, determinante y esencial.

3.4.6. Impactos potenciales sobre la población

El impacto sobre la población de un hospital estatal no tiene precedentes, más aun cuando se trata de un país como el nuestro donde gran parte de la población no tiene recursos para acudir a servicios hospitalarios privados. Cabe mencionar que los servicios que presta el Hospital General San Juan de Dios son de primera y con la mejor tecnología, sin dejar de mencionar que el cuerpo de médicos y especialistas son los mejores en su rama en el país, al igual que las enfermeras asistentes.

4. FASE DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

4.1. Métodos de capacitación

4.1.1. Objetivo del método de capacitación

El objetivo primordial del método de capacitación fue dar a conocer a los ingenieros de mantenimiento, los hallazgos y oportunidades de mejora encontradas en la auditoría energética. Que contribuirán para reducir y eficientizar los recursos energéticos del hospital.

4.1.2. Método magistral

Los métodos de capacitación son un conjunto de procedimientos orientados a lograr objetivos del proceso enseñanza-aprendizaje.

El método que se usó para la capacitación fue de reunir al personal de mantenimiento y mostrarles en una presentación lo encontrado en el análisis y estudio de la auditoría energética, se hizo énfasis en la importancia económica que tiene su participación en el uso adecuado de los recursos que manejan, tanto materiales como económicos.

4.1.3. Periodo de capacitación

La duración de la capacitación fue de dos horas en tres días consecutivos para abarcar a todo el personal, esto por los diferentes turnos rotativos que se tiene.

4.1.4. Generalidades

El análisis y estudio de ahorro energético, se enfocó a encontrar oportunidades de mejora. La presentación de los diferentes proyectos de mejora se hizo de una forma clara y sencilla de entender, resaltando el beneficio económico que se obtendrá en la ejecución de los mismos.

4.1.4.1. Resultados del curso impartido

El haber presentado el curso al personal de mantenimiento dejó una muy buena experiencia, ya que se tuvo una muy buena aceptación y comentarios favorables de personas de mucho conocimiento de las áreas del hospital. Lo que vino a reforzar la identificación de los proyectos de mejora.

CONCLUSIONES

1. Tanto la subestación eléctrica, el sistema de emergencia y el cableado y canaleta metálica que conecta al *Switchgear* con los diferentes centros de distribución es de reciente instalación, caso contrario con los demás equipos, cuya antigüedad está por arriba de los diez años.
2. Existen muchas oportunidades de mejora en iluminación, climatización, Transformación y tableros de distribución que impactarán positivamente en ahorros energéticos.
3. La red de distribución eléctrica presenta deterioro, se encontraron puntos calientes que presentan un alto riesgo de cortocircuito y daño parcial o permanente en los equipos alimentados. Existen muchos tableros de marcas que encontrar repuestos en el mercado se hace muy difícil, por lo que su cambio se hace necesario porque ya están discontinuados.
4. No existe un plan de ahorro energético que permita monitorear constantemente la operación de los equipos.
5. El transformador principal está demasiado sobredimensionado para la carga del hospital, su factor de utilización es muy bajo.
6. No se cuenta con un adecuado plan de mantenimiento que permita llevar historiales de servicios y eficiencias de equipos.

7. Desde el punto de vista económico y financiero, la ejecución de los proyectos de mejora, que permitirán la eliminación de Pérdidas es de gran beneficio para el ahorro energético del hospital.

RECOMENDACIONES

1. Priorizar la ejecución de los proyectos de mejora de acuerdo a su rentabilidad y retorno de inversión, para incluirlos en el presupuesto del próximo año.
2. Implementar un plan de mantenimiento integral, que no permita el deterioro de los equipos.
3. Cambiar el sistema de Iluminación de lámparas T12, 2 x 40 watts, a T5, 2 x 28 watts, lo cual disminuirá considerablemente el consumo.
4. Revisar el contrato de suministro de energía y combustibles para evaluar si los precios de compra son los mejores del mercado. Además de evaluar las condiciones generales.
5. Readecuar la carga de los aires acondicionados para que estén balaceados en las tres fases. Presupuestar a futuro la compra de unidades tipo Chiller, similar a las que se dañaron por falta de mantenimiento.
6. Crear una comitiva que vele continuamente por incrementar la eficiencia de las operaciones, monitoreando constantemente las áreas y equipos de mayor consumo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Administrador de Mercado Mayorista. Precio Spot 2010.
2. Banco Nacional de Guatemala. *Informe Anual 2010. Comportamiento del precio del Diesel.*
3. CENTENO, Tommy. *Estudio de impacto ambiental del sistema de agua potable* [en línea]. <<http://eiapuno2009.blogspot.com/>>. [Consulta: 9 de febrero de 2013].
4. Comisión General de Energía Eléctrica. Tarifas. 2010.
5. Congreso de la República de Guatemala. *Ley de Impacto Ambiental.* 1996.
6. ————. *Ley General de Electricidad.* 1996.
7. FINK, Donald y WAYNE, Beaty. *Standard Handbook for Electrical Engineers.* 12a ed. New York, USA: McGraw-Hill, 1987. 2 030 p.
8. ————. *Manual de Ingeniería Eléctrica Tomo I y II,* 13a ed. Editorial McGraw-Hill. p.
9. Administrador del Mercado Mayorista. [en línea] <<http://www.amm.org.gt/>> [Consulta 10 de febrero de 2017.]

10. MARTÍN, José Raúl. *Diseño de Subestaciones Eléctricas*. 2a. ed. México: UNAM, Facultad de Ingeniería, 2000. 570 p.
11. RAMÍREZ VÁSQUEZ, José. *Estaciones de Transformación y Distribución/Protección de Sistemas Eléctricos*. 2a. ed. México: Ediciones CEAC, S. A., 1987. 111 p.
12. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. [en línea] <www.cnee.com>. [Consulta: 10 de febrero de 2017].
13. Grupo Siemens. [en línea]. <www.Siemens.industria>. [Consulta: 25 de marzo de 2017].

APÉNDICES

Apéndices 1. Normas y códigos

NTSD	Normas técnicas del servicio de distribución. Este documento define las normas y criterios requeridos para garantizar; la seguridad de las personas e instalaciones y la calidad del servicio.
IEC	Comisión Electrotécnica internacional (<i>Internacional electrotechnical comisión</i>).. Está formado por comités de 42 países, para analizar normas internacionales.
IEEE	Organización científica y técnica (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>). Publica obras de carácter técnico y algunos de sus documentos han sido establecidos como normas.
NEC	Código eléctrico nacional (<i>National Electrical Code</i>). Establece las normas del diseño de las instalaciones eléctricas y la práctica a seguir.
AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
CNEE	Comisión Nacional de Energía, Es el agente estatal del gobierno de Guatemala dedicado a regular y dirigir el desarrollo de las actividades de generación, transporte,

distribución y comercialización de energía eléctrica en el país, fue creada en 1996.

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de conductores

PHELPS DODGE Cables



Cable Instalación PVC 105 °C 800 V (Automotriz) - Flexible - Cableado clase "J"

Calibre [AWG]	Nº hilos	Capacidad [Amp]	Dímetro ext. [mm]	Peso aprox. [Kg/Km]	Precio Bs. x 100 m	Precio Bs.F x 100 m
18	10	10	3,0	14	140.800,00	140,80
16	16	16	3,3	20	214.700,00	214,70

Colores: blanco, rojo, negro, azul, verde, gris, naranja, violeta y marrón
 Aplicaciones:
 - Interior de edificios
 - Conexión de equipos de sonido, alarmas y timbres

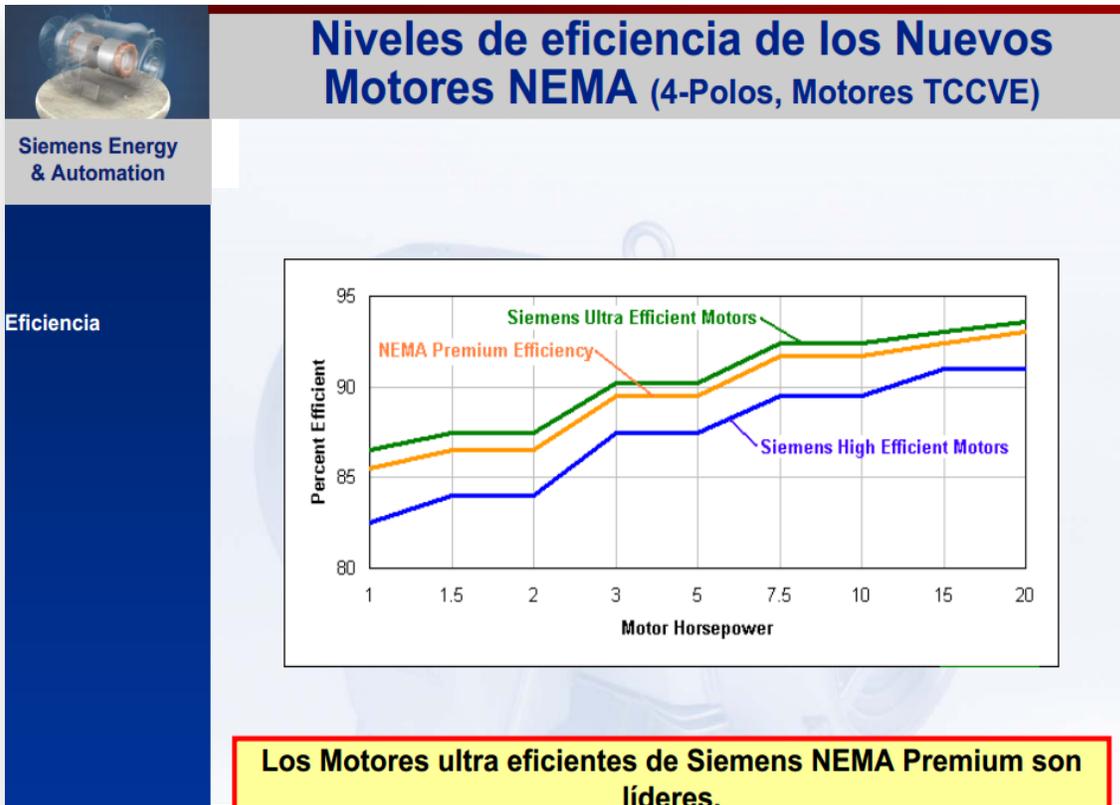
Cable THHN PVC-NYLON 60 °C 800 V

Calibre [AWG/MCM]	Nº hilos	Capacidad [Amp]		Dímetro ext. [mm]	Radio mín. curvatura [mm]	Peso aprox. [Kg/Km]	Precio Bs. x 100 m	Precio Bs.F x 100 m
		al aire	canalizadas					
14	7	30	20	3,0	12	25	300.000,00	300,00
12	7	35	25	3,4	14	38	407.200,00	407,20
10	7	50	35	4,4	17	61	648.000,00	648,00
8	7	70	50	5,7	23	100	1.053.700,00	1.053,70
6	7	95	65	6,7	27	153	1.859.800,00	1.859,80
4	7	125	85	8,6	34	245	2.798.500,00	2.798,50
2	7	170	115	9,9	40	375	4.559.000,00	4.559,00
1/0	19	230	150	12,5	50	587	7.309.900,00	7.309,90
2/0	19	265	175	13,6	54	730	9.134.700,00	9.134,70
3/0	19	310	200	14,9	60	909	11.448.500,00	11.448,50
4/0	19	360	230	16,3	65	1134	14.345.700,00	14.345,70
250	37	405	255	18,1	72	1345	17.019.000,00	17.019,00
350	37	505	310	20,7	83	1855	23.635.300,00	23.635,30
500	37	620	380	24,0	120	2616	33.530.800,00	33.530,80
750	61	785	475	29,3	146	3900	52.388.400,00	52.388,40
1000	61	935	545	33,0	165	5144	89.394.000,00	89.394,00

Colores: blanco, rojo, negro, azul, verde y amarillo del 14 al 2 AWG, negro el resto
 Aplicaciones:
 - Interior de edificios
 - Exteriores en edificios e industrias
 - Conexión de motores, tableros de control y acometidas

Fuente: <http://www.phelpsdodge.com>. [Consulta: 20 de febrero de 2017.]

Anexo 2. Gráfico de niveles de eficiencia de motores nema premium



Fuente: Industria.siemens.com.mx. [Consulta: 20 de febrero de 2017.]