



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

**AUDITORÍA ENERGÉTICA, EN EL ÁREA DE EMERGENCIA DE ADULTOS,
EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

Francisco Alberto Cajbón Santander

Asesorado por el Ing. José David Mazariegos Murcia

Guatemala, febrero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUDITORÍA ENERGÉTICA, EN EL ÁREA DE EMERGENCIA DE ADULTOS,
EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

FRANCISCO ALBERTO CAJBÓN SANTANDER

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ DAVID MAZARIEGOS MURCIA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
EXAMINADOR	Ing. Bayron Armando Cuyan Culajay
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

AUDITORÍA ENERGÉTICA, EN EL ÁREA DE EMERGENCIA DE ADULTOS, EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 10 de octubre de 2018.

Francisco Alberto Cajbón Santander

Guatemala, 10 de mayo del 2019

Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimada Ingeniera Classon de Pinto

Por este medio atentamente le informo que como Asesor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Francisco Alberto Cajbón Santander, con número de carné 2009-15511, procedí a revisar el informe final cuyo título es **"AUDITORÍA ENERGÉTICA, EN EL ÁREA DE EMERGENCIA DE ADULTOS, EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS"**

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



José David Mazariegos Murcia
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 12030

José David Mazariegos Murcia
INGENIERO ELECTRICISTA
Col. No. 12030



Guatemala, 24 de julio de 2019.
Ref.EPS.DOC.532.07.19.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Francisco Alberto Cajbón Santander** de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Registro Académico No. **200915511** y **CUI 1924 04695 0308**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“AUDITORÍA ENERGÉTICA, EN EL ÁREA DE EMERGENCIA DE ADULTOS, EN 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”~~

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo
KIER/ra



Guatemala 24 de julio de 2019.
Ref.EPS.D.270.07.19.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"AUDITORÍA ENERGÉTICA, EN EL ÁREA DE EMERGENCIA DE ADULTOS, EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Francisco Alberto Cajbón Santander**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. José David Mazariegos Murcia y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

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 Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF. EIME 74. 2019.
18 de OCTUBRE 2019.

Señor Director
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **AUDITORÍA ENERGÉTICA, EN EL ÁREA DE EMERGENCIA DE ADULTOS, EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**, del estudiante; **Francisco Alberto Cajbón Santander**, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
Coordinador de Potencia





REF. EIME 74. 2019.

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: FRANCISCO ALBERTO CAJBÓN SANTANDER titulado: AUDITORÍA ENERGÉTICA, EN EL ÁREA DE EMERGENCIA DE ADULTOS, EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS, procede a la autorización del mismo.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 7 DE NOVIEMBRE 2019.



La Decana 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: **AUDITORÍA ENERGÉTICA, EN EL ÁREA DE EMERGENCIA DE ADULTOS, EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario: **Francisco Alberto Cajbón Santander**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, febrero de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la sabiduría para alcanzar mis metas.
Mi madre	Esperanza Santander, por ser mi ejemplo de lucha y perseverancia para lograr mis propósitos en la vida.
Mi hermana	Esperanza Cajbon, porque siempre me ha apoyado incondicionalmente.
Mi tío	Mauricio Cajbon por estar al pendiente de cada uno de mis decisiones.
Mis amigos	José Guerra, Dina Arévalo, Sidia Pérez, Raúl Vicente y Ricardo Jiménez, por ser apoyarme siempre y motivarme a ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por brindarme la oportunidad de prepararme académicamente para ser útil en la sociedad.

Facultad de Ingeniería

Por todos los conocimientos adquiridos, que me permiten obtener orgulosamente este título.

**Hospital General
San Juan de Dios**

Por permitirme desarrollar en sus instalaciones esta investigación.

Mis amigos

Que me han demostrado su amistad incondicional en todos los aspectos de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes del Hospital General San Juan de Dios	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión.....	2
1.1.4. Servicios prestados por el Hospital General San Juan de Dios.....	2
1.2. Historial de consumos energéticos	3
1.2.1. Consumo eléctrico	3
1.3. Identificación de hábitos de consumo.....	5
1.3.1. Encuesta sobre consumo eléctrico	9
1.3.2. Gráficas de resultados obtenidos	10
1.4. Identificación de franja horaria.....	16
1.5. Proyección del consumo energético.....	18
1.6. Normas aplicadas en la auditoría energética.....	21
1.6.1. Norma ISO 50001	21
1.6.2. ISO 50002.....	23
1.6.3. Norma IEC 60364	24

1.6.4.	Normas técnicas del servicio de distribución (NTSD) CNEE	25
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	29
2.1.	Equipo utilizado para mediciones energéticas	29
2.1.1.	Analizador de red	29
2.1.2.	Cámara termográfica.....	30
2.1.3.	Luxómetro digital	30
2.2.	Mediciones eléctricas	31
2.2.1.	Medición y análisis de consumos	32
2.2.1.1.	Acometida principal	32
2.2.1.2.	Acometidas secundarias	33
2.2.1.3.	Total de energía consumida	36
2.2.2.	Medición de corrientes	38
2.2.2.1.	Gráficas de corrientes en transformador núm. 1	40
2.2.2.2.	Desbalance de corrientes en el transformador núm. 1	43
2.2.2.3.	Gráficas de corrientes en transformador núm. 2	46
2.2.2.4.	Desbalance de corrientes en el transformador núm. 2	48
2.2.3.	Medición de voltaje.....	48
2.2.3.1.	Gráficas de voltaje en transformador núm. 1	49
2.2.3.2.	Gráficas de voltaje en transformador núm. 2	52
2.2.4.	Factor de potencia.....	53

2.2.4.1.	Gráficas de factor de potencia para transformador núm. 1	55
2.2.4.2.	Gráficas de factor de potencia para transformador núm. 2	59
2.2.5.	Armónicos en la red.....	61
2.2.5.1.	Gráficas de distorsión armónica para transformador núm. 1	64
2.2.5.2.	Gráficas de distorsión armónica para transformador núm. 2	67
2.3.	Levantamiento de planos eléctricos	69
2.3.1.	Planos de fuerza.....	69
2.3.2.	Planos de iluminación.....	69
2.4.	Mediciones térmicas.....	70
2.4.1.	Transformador y tablero núm. 1.....	70
2.4.2.	Transformador y tablero núm. 2.....	73
2.5.	Mediciones de iluminación.....	76
2.5.1.	Inventario de lámparas y luminarias	77
2.5.2.	Nivel de iluminación.....	78
2.6.	Análisis de resultados.....	83
2.6.1.	Análisis de voltaje	84
2.6.2.	Análisis de corrientes.....	85
2.6.3.	Desbalance de corriente en transformadores	87
2.6.3.1.	Transformador núm. 1	87
2.6.3.2.	Transformador núm. 2	88
2.6.4.	Factor de potencia	89
2.6.5.	Distorsión armónica	93
2.6.6.	Sistema de iluminación	96
2.6.6.1.	Eficiencia en niveles de iluminación	97
2.7.	Proyección de consumo energético.....	98

2.8.	Factibilidad económica para la implementación de mejoras en el sistema de iluminación	100
2.8.1.	Sistema de iluminación	100
2.8.1.1.	Propuesta núm. 1: completación de luminarias con tubos fluorescentes	101
2.8.1.2.	Propuesta núm. 2: instalación de lámparas led en luminarias en mal estado.....	102
2.8.1.3.	Propuesta núm. 3: cambio de todas las luminarias, por lámparas led.....	104
2.9.	Propuesta de energía renovable	111
2.9.1.	Sistema solar fotovoltaico.....	112
2.9.2.	Propuesta para la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica en el área del ala norte del Hospital General San Juan de Dios	114
2.9.2.1.	Diseño propuesto para instalación en torre norte del Hospital General San Juan de Dios	114
2.9.2.2.	Diseño del sistema solar fotovoltaico propuesto	115
2.9.2.3.	Paneles solares.....	116
2.9.2.4.	Controlador de carga.....	117
2.9.2.5.	Banco de baterías	117
2.9.2.6.	Inversor híbrido	118
2.9.2.7.	Instalación	119
2.9.2.8.	Costos de mantenimiento.....	119
2.9.3.	Resumen de inversión.....	121
2.9.4.	Análisis de factibilidad económica.....	122

3.	CONSIDERACIONES ECONÓMICAS PARA LA IMPLMETACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOTAICA EN LAS INSTALACIONES DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS..	125
3.1.	Cambio de tarifa para ser una usuario autoprodutor con excedente de energía (AUEE).....	126
3.2.	Comparación económica de la implementación del sistema de generación fotovoltaica en cada tarifa	127
3.3.	Procedimiento para autorización de tarifa media tensión con demanda Autoproductores (MTDA)	129
3.4.	Reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO ₂)	132
3.5.	Análisis de resultados.....	136
	CONCLUSIONES	139
	RECOMENDACIONES	141
	BIBLIOGRAFÍA.....	143
	APÉNDICE.....	145
	ANEXO	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Acometida principal, en 13,8 kV	4
2.	Acometidas secundarias, en 120 V	5
3.	Dimensiones del nivel 7, torre norte	6
4.	Jornada laboral	10
5.	Utilización de quipos eléctricos	10
6.	Interrupciones del suministro de energía	11
7.	Tomacorrientes en mal estado	12
8.	Lámparas en mal estado	12
9.	Utilización de iluminación	13
10.	Iluminación natural	14
11.	Hábitos para reducir el consumo de energía	15
12.	Aplicación de hábitos para reducir el consumo de energía	15
13.	Disposición para adoptar hábitos de ahorro de energía	16
14.	Franja horaria. Comparación de un día hábil - fin de semana/asueto ..	17
15.	Proyección de consumo. Energía – importe, para el año 2032	19
16.	Proyección de importe – tendencia lineal, para el año 2032	19
17.	Círculo PHCA	22
18.	Analizador de energía y calidad de potencia eléctrica trifásica. Fluke 430 serie II	29
19.	Cámara termográfica Fluke, modelo TiS 45	30
20.	Luxómetro AEMC Modelo CA 811	31
21.	Diagrama unifilar de alimentación principal	32
22.	Histórico de consumo-importe total	37

23.	Diagrama unifilar de alimentadores. Torre norte.....	38
24.	Placa de información técnica de transformador núm. 1	39
25.	Tablero principal núm. 1, alimentado por transformador núm. 1.....	39
26.	Corrientes de transformador núm. 1 (sábado 16-06-2008).....	40
27.	Corrientes de transformador núm. 1 (domingo 17-06-2008).....	41
28.	Corrientes de transformador núm. 1 (lunes 18-06-2008).....	42
29.	Placa de información técnica de transformador núm. 2	44
30.	Tablero principal núm. 2, alimentado por transformador núm. 2.....	45
31.	Corrientes de transformador núm. 2 (miércoles 20-06-2018)	46
32.	Corrientes de transformador núm. 2 (jueves 21-06-2018)	47
33.	Voltaje de transformador núm. 1 (sábado 16-06-2018)	49
34.	Voltaje de transformador núm. 1 (domingo 17-06-2018)	50
35.	Voltaje de transformador núm. 1 (lunes 18-06-2018).....	51
36.	Voltaje de transformador núm. 2 (miércoles 20-06-2018).....	52
37.	Voltaje de transformador núm. 2 (jueves 21-06-2018).....	53
38.	Triángulo de potencias.....	54
39.	Diagrama de conexión de un banco de capacitores	55
40.	Factor de potencia de transformador núm. 1 (sábado 16-06-2018).....	56
41.	Factor de potencia de transformador núm. 1 (domingo 17-06-2018)....	57
42.	Factor de potencia de transformador núm. 1 (lunes 18-06-2018).....	58
43.	Factor de potencia en transformador núm. 2 (miércoles 21-06-2018).....	59
44.	Factor de potencia en transformador núm. 2 (jueves 22-06-2018)	60
45.	Armónicos y distorsión resultante	62
46.	Distorsión armónica de voltaje en transformador núm. 1	65
47.	Distorsión armónica de corriente en transformador núm. 1	65
48.	Armónicos individuales de corriente para transformador núm. 1	66
49.	Distorsión armónica de voltaje en transformador núm. 2.....	67
50.	Distorsión armónica de corriente en transformador núm. 2	68

51.	Armónicos individuales de corriente en transformador núm. 2.....	68
52.	Imagen térmica de transformador núm. 1	70
53.	Imagen de luz visible de transformador núm. 1.....	71
54.	Imagen térmica de tablero principal núm. 1	72
55.	Imagen de luz visible en tablero principal núm. 1.....	72
56.	Imagen térmica de transformador núm. 2	73
57.	Imagen de luz visible en transformador núm. 2.....	74
58.	Imagen térmica de tablero principal núm. 2	75
59.	Imagen de luz visible en tablero principal núm. 2.....	75
60.	Estado de la iluminación	78
61.	Diagrama unifilar del banco de capacitores y transformadores analizados	92
62.	Proyección del consumo de energía en los próximos tres años	99
63.	Proyección del consumo de energía para el año 2032	99
64.	Comparación de consumo mensual de energía-importe, para el año 2032	100
65.	Conexiones eléctricas para el cambio de tubo fluorescentes por tubos led.....	103
66.	Comparación de propuestas para mejorar el sistema de iluminación	105
67.	Proyección del importe por el consumo en el sistema de iluminación	110
68.	Inversión de cada propuesta en el sistema de iluminación	111
69.	Proceso de generación de energía fotovoltaica	113
70.	Área disponible para la instalación de un sistema solar fotovoltaico..	115
71.	Diseño de sistema solar fotovoltaico, tipo híbrido	116
72.	Proyección comparativa con implementación de sistema solar fotovoltaico para el año 2032	123
73.	Retorno de la inversión, en la implementación del solar fotovoltaico para el año 2032	124

74.	Formulario de solicitud para usuario autoprodutor con excedente de energía.....	131
75.	Matriz energética en Guatemala, referencia de una semana del año 2017.....	133
76.	Emisión de Dióxido de carbono. Datos calculados en KgCO ₂ e / kWh.....	135

TABLAS

I.	Servicios de salud que presta el hospital.....	3
II.	Encuesta de consumo eléctrico.....	9
III.	Ejemplo de cálculo de proyección para un día.....	18
IV.	Datos de consumo y costo de la energía, proyectada para el año 2032.....	20
V.	Límites de armónicos de corriente.....	27
VI.	Histórico de consumo-importe, de acometida principal.....	33
VII.	Histórico de consumo. Acometida para consulta externa.....	34
VIII.	Histórico de consumo. Acometida para el departamento de mantenimiento.....	35
IX.	Histórico de consumo. Acometida para la parroquia El Señor de las Misericordias.....	36
X.	Histórico de consumo-importe total.....	37
XI.	Desbalance de corriente en transformador núm. 1.....	44
XII.	Desbalance de corriente en transformador núm. 1.....	48
XIII.	Factor de potencia en transformador núm. 1.....	58
XIV.	Factor de potencia en transformador núm. 2.....	60
XV.	Límites de distorsión armónica de tensión.....	63
XVI.	Límites de distorsión armónica de corriente.....	64
XVII.	Armónicos de corriente para transformador núm. 1.....	66

XVIII.	Armónicos individuales de corriente para transformador núm. 2	69
XIX.	Temperaturas en transformador núm. 1	71
XX.	Temperaturas en tablero principal núm. 1	73
XXI.	Temperaturas en transformador núm. 2.....	74
XXII.	Temperaturas en tablero principal núm. 2.....	76
XXIII.	Resumen de iluminación. Área de emergencia y torre norte.....	77
XXIV.	Iluminación en emergencia de adultos	79
XXV.	Iluminación en nivel sótano	79
XXVI.	Iluminación en nivel 1	80
XXVII.	Iluminación en nivel 2.....	80
XXVIII.	Iluminación en nivel 3.....	81
XXIX.	Iluminación en nivel 4.....	81
XXX.	Iluminación en nivel 5.....	82
XXXI.	Iluminación en nivel 6.....	82
XXXII.	Iluminación en nivel 7.....	82
XXXIII.	Niveles de iluminación recomendados	83
XXXIV.	Capacidad nominal en transformador núm. 1	88
XXXV.	Transformador núm. 2.....	89
XXXVI.	Acometidas en las que aplica la norma.....	90
XXXVII.	Acometida en la que aplica la norma	90
XXXVIII.	Datos de distorsión armónica de voltaje.....	93
XXXIX.	Comparación de valores de armónicos de corriente individuales en transformador núm. 1	94
XL.	Comparación de valores de armónicos de corriente individuales en transformador núm. 2	94
XLI.	Resumen de energía consumida, medida en transformador núm. 1 y núm. 2	98
XLII.	Luminarias.....	101
XLIII.	Características de lámparas fluorescentes y led.....	102

XLIV.	Tiempo de utilización de la iluminación. Datos obtenidos en encuestas	106
XLV.	Comparación entre las propuestas de mejora en iluminación	106
XLVI.	Resumen de inversión para instalación y mantenimiento de sistema fotovoltaico.....	121
XLVII.	VAN y TIR, sistema solar fotovoltaico.....	122
XLVIII.	Tarifa MTDp de la empresa distribuidora para el trimestre octubre-diciembre de 2019	125
XLIX.	Tarifa MTDA de la empresa distribuidora para el trimestre octubre-diciembre de 2019	127
L.	Comparación de cargos para las tarifas MTDp y MTDA.....	128
LI.	Cuantificación de la emisión de kgCO ₂ e, proyección para el año 2032.....	136

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
THDA	Distorsión armónica de corriente
THDV	Distorsión armónica de voltaje
ϕ	Factor de potencia
°C	Grados centígrados
kgCO₂e	Kilogramos de dióxido de carbono equivalentes
kWh	Kilo watt hora.
MTDA	Media tensión con demanda autoprodutores
MTDp	Media tensión con demanda en punta
V	Nivel de voltaje
P	Potencia eléctrica
kVA	Potencia en kilo Voltamperios
kVAr	Potencia en kilo Voltamperios reactivos
Q/kWh	Quetzales por kilo Watt hora
Q/kW-mes	Quetzales por kilo Watt mes
UAEE	Usuario autoprodutor con excedente de energía

GLOSARIO

Analizador de red	Instrumento utilizado para medir una amplia variedad de parámetros eléctricos, que determinan la calidad de energía en una instalación eléctrica.
Armónicos eléctricos	En electricidad, son ondas con frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental, que sumados dan resultado a la deformación de la onda fundamental.
Auditoría energética	Es un estudio que se realiza a una instalación eléctrica para determinar oportunidades para reducir el consumo de energía y optimizar su utilización.
Banco de capacitores	Son equipos que se instalan en un sistema eléctrico, con el objetivo de corregir el factor de potencia y evitar penalizaciones por parte de la empresa distribuidora.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
Corriente eléctrica	Es un movimiento de electrones, a través de un material conductor.
Distorsión armónica	Es el resultado total de la deformación en una onda fundamental, causada por los armónicos.

Eficiencia energética	Es el uso adecuado de la energía.
HGSJDD	Hospital General San Juan de Dios.
Luxómetro	Instrumento eléctrico para medir la luminosidad en un ambiente.
NTGDR	Norma técnica de generación distribuida renovable.
Potencia activa	Potencia eléctrica, que es realmente consumida por los componentes en una instalación eléctrica.
Potencia eléctrica	Es la cantidad de energía eléctrica transferida a un sistema durante en la unidad de tiempo.
Potencia reactiva	Es la potencia eléctrica, que no es consumida por los componentes de un sistema, únicamente es utilizada para crear campos eléctricos y magnéticos en algunos equipos.
Sistema fotovoltaico	Es un conjunto de componentes que se utilizan para aprovechar la radiación solar y transformarla energía eléctrica.
Termografía	Es la técnica que permite determinar la temperaturas a distancia, sin tener contacto con los objetos, a través de la captación de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos.

RESUMEN

La siguiente auditoria energética se desarrolló en las instalaciones del Hospital General San Juan de Dios como ejercicio profesional supervisado, cuyo objetivo principal es proponer una mejora para el desempeño eficiente de la instalación eléctrica del hospital.

La primera fase consistió en la recopilación de la información para conocer el estado de la instalación eléctrica y conocer el área en donde se realizó la auditoría. Por las dimensiones del hospital, esta auditoria se realizó en un área específica, denominada Emergencia de Adultos que incluye la Torre Norte.

Luego de obtener la información de la instalación, siendo principalmente el historial de consumo, planos de los circuitos, diagramas de alimentación principal, tableros y transformadores; se realizó una encuesta al personal que labora en el hospital para conocer el estado de la iluminación de las diferentes áreas, el uso de equipos eléctricos para realizar cada tarea, y sobre los hábitos que pueden optar para mejorar el uso de la energía eléctrica. Los resultados obtenidos fueron tabulados y graficados para conocer la forma de operación de la instalación eléctrica, y determinar los puntos de mejora que impacten de forma positiva el funcionamiento del hospital.

En la segunda fase, se determinó los parámetros de la instalación eléctrica, mediante mediciones durante todo el día en los diferentes transformadores. Con los datos obtenidos se determina el comportamiento de la instalación, y las acciones necesarias a tomar para evitar futuras fallas.

Como fase final, se realizó la propuesta para mejorar el nivel de iluminación en todas las áreas analizadas y se consideró la instalación de un sistema solar fotovoltaico, como medida para reducir el consumo de energía desde la red que suministra electricidad al hospital. Cada propuesta contiene un análisis de la factibilidad técnica y económica de su implementación, así como las proyecciones para el año 2032, donde de aplicarse las propuestas recomendadas se lograrán cumplir los objetivos de esta auditoría.

OBJETIVOS

General

Elaborar una propuesta para mejorar el desempeño de la instalación eléctrica del Hospital San Juan de Dios, a partir de una auditoría energética.

Específicos

1. Identificar los circuitos que conforman la instalación eléctrica del edificio.
2. Realizar mediciones eléctricas para determinar el comportamiento de la instalación.
3. Proponer acciones que mejoren el desempeño de la instalación eléctrica.
4. Realizar un análisis de la factibilidad económica de la implementación del sistema propuesto.
5. Determinar la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero con las propuestas de mejora.

INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología y su aplicación en medicina, ha ido en aumento el consumo de la electricidad en los hospitales, con la adquisición de nuevos y mejores equipos médicos para el tratamiento de pacientes. Sin embargo, esto contribuye a que se presenten perturbaciones en los parámetros de la instalación eléctrica, que afecta la calidad de la energía, si no se utilizan los equipos adecuados para la detección y corrección de estas perturbaciones, para mantener en óptimas condiciones el suministro de energía eléctrica.

En la república de Guatemala, el Estado través del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y las instituciones públicas deben velar por que se brinde el servicio de salud a todos los guatemaltecos de forma gratuita. Para ello es de vital importancia contar con una infraestructura y equipos médicos que garanticen la prestación del servicio de salud con calidad. La red de hospitales públicos en Guatemala, atiende al 75 % de la población guatemalteca que no cuenta con ningún tipo de salud, de los cuales el Hospital General San Juan de Dios tiene la capacidad de atención del 25 % de los pacientes; lo que lo convierte en el hospital de mayor prestación de servicios de salud en Guatemala.

Además, al considerar que el Hospital General San Juan de Dios, ubicado en la zona 1 de la ciudad de Guatemala, presta sus servicios desde 1981. Su infraestructura tiene más de 35 años de antigüedad y no se tienen registros de un estudio detallado de las condiciones actuales de las instalaciones eléctricas; por lo que se tomó como objeto de estudio la utilización de la electricidad en el Hospital San Juan de Dios, donde es necesario mantener la

calidad del servicio eléctrico para prestar el servicio de salud pública a toda la población.

Por este motivo se realiza la siguiente auditoría energética dentro de las instalaciones del área Hospital General San Juan de Dios, específicamente en la emergencia de adultos y torre norte, para conocer el estado de instalación eléctrica y las cargas que se abastecen, con el objetivo de identificar condiciones actuales que reduzcan la eficiencia y aumenten el consumo de energía y de esta forma, proponer mejoras que generarán un impacto positivo, técnico y económico dentro del hospital.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes del Hospital General San Juan de Dios

1.1.1. Reseña histórica

El Hospital General San Juan de Dios es una institución del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, quienes se encargan de prestar el servicio de atención médica de calidad a toda la población guatemalteca.

Los inicios del hospital se remontan al año 1630, con la llegada de los hermanos hospitalarios de la Orden San Juan de Dios, bajo la dirección del padre Fray Carlos Cívico de la Cerda con el objetivo de presentar la solicitud de administrar el hospital de la ciudad.

Con la promesa de tratar con servicios médicos a los habitantes de América y a los españoles, como lo disponía el Rey de España en 1632.

Posterior a los terremotos de Santa Marta en los años 1773 y 1774 en Santiago de los Caballeros, fue trasladado 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, ubicándose en el extremo oeste de la ciudad de Guatemala.

En el año de 1981 el hospital fue trasladado a las instalaciones actuales en zona 1, el cual fue construido por el gobierno del general Fernando Romeo Lucas García.

Con el paso de los años se ha mejorado 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. Además, se han implementado nuevas unidades en las especialidades de, cardiología, quemados infantiles, trasplantes, hematología de adultos, entre otras.

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 farmacovigilancia y trabajo social.¹

¹ Wikipedia. *La Historia del Hospital San Juan de Dios*. <https://mundochapin.com/2017/09/la-historia-del-hospital-san-juan-de-dios/36275/>. Consulta: 3 de mayo de 2019.

1.1.2. Misión

Somos un hospital general nacional, docente asistencial, de referencia y cobertura nacional, dependencia del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, responsable de brindar atención integral de salud, con calidez y calidad, mediante la promoción de la salud, prevención de enfermedades, recuperación y rehabilitación de usuarias y usuarios, cuenta con recurso humano calificado y tecnología moderna para el mejoramiento de la calidad de vida.²

1.1.3. Visión

“Ser el hospital líder a nivel nacional, comprometido a brindar atención especializada e integral de servicios de salud, mediante un sistema certificado de gestión de calidad apoyado con personal calificado, tecnología moderna y pertinente, orientada a satisfacer las necesidades y expectativas de usuarias y usuarios”.³

1.1.4. Servicios prestados por el Hospital General San Juan de Dios

El Hospital General San Juan de Dios es el hospital público más grande de Guatemala, por lo que cuenta con todos los servicios y las especialidades en el tema de salud, para la atención de las personas. Cuenta con las siguientes áreas:

2 Hospital General San Juan de Dios. *Misión y visión*. <https://hospitalsanjuandedios.mspas.gob.gt/hospital/mision-y-vision.html>. Consulta: 18 de octubre de 2018.

3 *Ibíd.*

Tabla I. **Servicios de salud que presta el hospital**

<ul style="list-style-type: none">• Cardiología• Cirugía• Cirugía ambulatoria• Cirugía cardiovascular• Cirugía de colon y recto• Cirugía de tórax• Cirugía plástica• Clínica de úlceras• Coloproctología• Dermatología• Endocrinología• Fisioterapia y rehabilitación• Gastroenterología• Ginecología y Obstetricia• Hematología• Traumatología	<ul style="list-style-type: none">• Infectología• Maxilofacial• Medicina interna• Nefrología• Neumología• Neurocirugía• Neurología• Odontología• Oftalmología• Otorrinolaringología• Psicología• Psiquiatría• Ginecología• Pediatría• Reumatología• Ortopedia	<ul style="list-style-type: none">• Urología• Clínica familiar• Trabajo social• Laboratorio clínico• Radiología• Clínica de cesado de fumado• Clínica del adolescente• Cáncer de mama• Tamizaje neonatal• Trabajo social• Clínica multidisciplinaria• Espina bífida• Banco de sangre
--	--	--

Fuente: elaboración propia.

1.2. **Historial de consumos energéticos**

El consumo de energía fue determinado mediante las facturas emitidas por la empresa distribuidora de la energía eléctrica, desde enero de 2017 hasta abril de 2018.

1.2.1. **Consumo eléctrico**

Las instalaciones del Hospital General San Juan de Dios son abastecidas por la empresa distribuidora a través de un circuito en media tensión (13,8 kV) y transformada a baja tensión por medio de una subestación eléctrica propia del hospital, y tres circuitos de baja tensión (120/240 V).

La subestación eléctrica del hospital está conformada por equipos de protección y un transformador Siemens Gafeo con capacidad de 3 500 kVA, con voltaje primario de 13 8 kV y secundario de 480/277 V, en configuración delta – estrella aterrizada, con ventilación forzada.

Figura 1. **Acometida principal, en 13,8 kV**



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Acometidas secundarias, en 120 V**

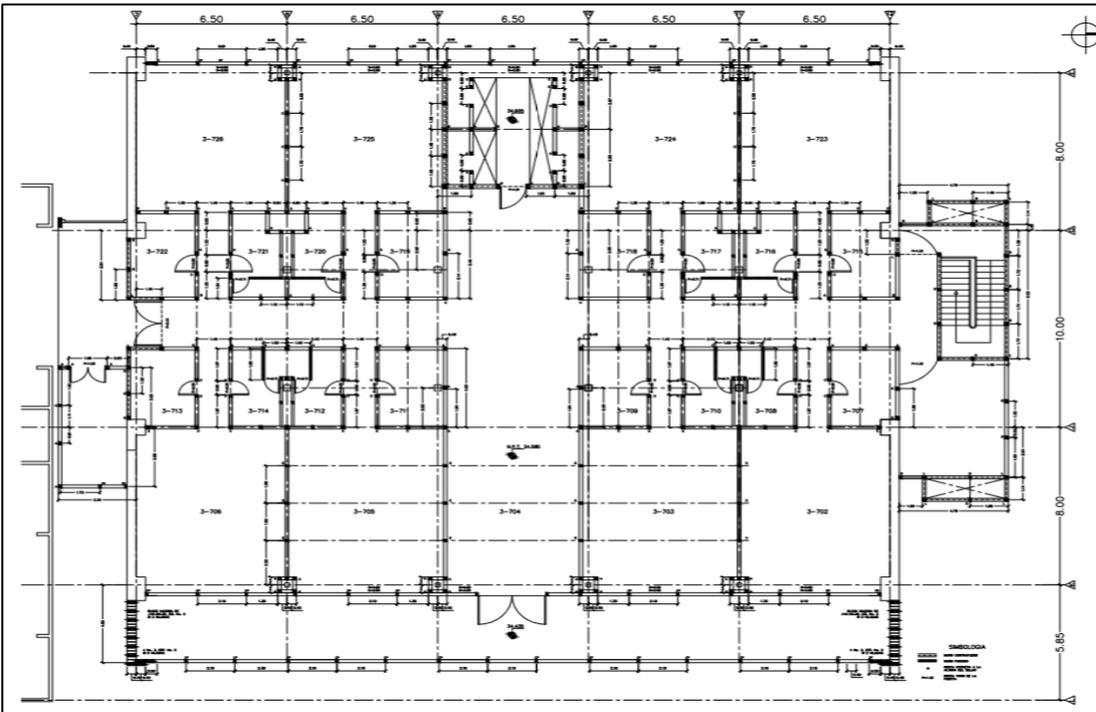


Fuente: elaboración propia.

1.3. Identificación de hábitos de consumo

El área donde se realizó la auditoría energética contempla la emergencia de adultos y la torre norte, conformada por siete niveles y un sótano, en un área total de 9 316,12 metros cuadrados, donde labora personal médico, de enfermería, técnicos de diagnóstico y laboratorio, personal administrativo, personal de seguridad y de servicios generales.

Figura 3. Dimensiones del nivel 7, torre norte



Fuente: Departamento de Mantenimiento HGSJDD. *Plano de cotas y moquetas del nivel 7 de torre norte.* <https://hospitalsanjuandedios.mspas.gob.gt/>. Consulta: 3 de mayo de 2019.

Según las políticas internas del hospital, las cuales no disponen de los permisos para realizar cualquier actividad que interrumpa las tareas del personal médico y de enfermería, solo fue autorizado realizar encuestas en días específicos; lo que limitó tener la opinión del personal en horarios diferentes a la jornada diurna.

Para conocer el consumo de energía eléctrica en el área de la emergencia de adultos y la torre norte, se realizaron encuestas para conocer cuál era la opinión de las personas que laboran en el centro asistencial, respecto a estado

actual de las instalaciones eléctricas, la utilización de la energía para realizar sus funciones, conocer y aplicar hábitos de consumo para el ahorro de energía.

En los siete niveles que conforman la torre norte, uno de ellos es utilizado como dormitorio de médicos residentes, por lo que no se consideró para las encuestas. En los demás niveles el personal médico y de enfermería es en promedio de 22 personas por nivel. Para una población aproximada de 132 personas para la jornada diurna. Para las jornadas nocturnas el número es menor, por lo que se determina una muestra representativa para la mayor población.

De acuerdo al método de cálculo de muestreo:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N - 1)(e)^2 + \sigma^2Z^2}$$

Donde:

- n = muestra.
- N = población.
- σ = desviación estándar de la población, cuando su valor es desconocido se toma como 0,5.
- Z = nivel de confianza esperado. Se utiliza 1,96 para un valor de confianza del 95 %.
- e = limite aceptable del error muestral. Que va desde 1 % a 9 %.

$$n = \frac{(132)(0,5)^2(1,96)^2}{(132 - 1)(0,05)^2 + (0,5)^2(1,96)^2}$$

n = 98

Para una población de 132 personas se calcula la muestra representativa que es igual a 98.

El total de encuestas realizadas fue de 45, debido a las restricciones de ingreso a determinadas áreas, al tiempo limitado del personal médico y de enfermería para llenar las encuestas y la sobrepoblación de pacientes por los pasillos y salas de cuidados, lo que dificultó la realización de encuestas.

Para la cantidad de encuestas realizadas se tiene un nivel de confianza de:

$$Z = \frac{Z_n(N-1)e(N-n)}{\sqrt{45(132-1)(0,05)(132-1)(0,5)}}$$
$$Z = 0,67$$

Para un valor de $Z = 0,67$ se tiene una confianza del 50 %, estos datos son tomados de la tabla de la campana de Gauss, para distribución de probabilidades.

Se realizó la encuesta a un promedio de 7 personas por cada nivel; se obtuvieron los resultados siguientes:

1.3.1. Encuesta sobre consumo eléctrico

En la tabla II se presenta la encuesta sobre consumo eléctrico.

Tabla II. Encuesta de consumo eléctrico

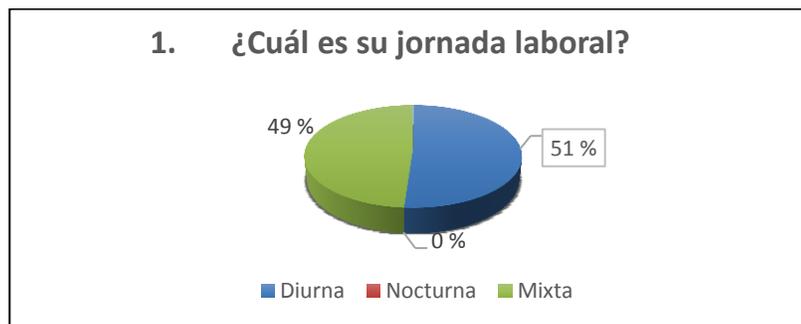
1. ¿Cuál es su jornada laboral?					
Diurna	23	Nocturna	0	Mixta	22
2. ¿Utiliza equipos eléctricos para realizar sus tareas en el hospital?					
Sí	27	No	7	Eventualmente	9
¿Cuáles?					
Televisor	3	Radiograbadora	4	Ventilador	16
Computadora	16	Equipo médico	16	Microondas	15
3. ¿Existen problemas con el servicio de la energía eléctrica (apagones u oscilaciones en el voltaje)?					
Sí	10	No	20	Eventualmente	15
4. ¿Existen tomacorrientes en mal estado?					
Sí	35	No	10		
5. ¿Existen lámparas en mal estado?					
Sí	39	No	6		
6. ¿En su área de trabajo, cuánto tiempo utiliza la iluminación?					
Todo el día	31	Durante la noche	2	Durante periodos variables	12
7. ¿En su área de trabajo existen ventanas para iluminación natural?					
Sí	37	No	8		
8. ¿Conoce algunos hábitos para reducir el consumo de energía eléctrica?					
Sí	29	No	16		
9. ¿Qué hábitos aplica para reducir el consumo de energía eléctrica?					
a. Apaga las lámparas cuando sale del lugar			26		
b. Apaga su computadora al finalizar su jornada laboral			21		
c. Aprovecha la luz natural, abriendo las ventanas			31		
d. Utiliza ventilares o aire acondicionado únicamente lo necesario.			17		
10. ¿Está dispuesto a cambiar sus hábitos para reducir el consumo de energía eléctrica?					
Sí	45	No	0		

Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Gráficas de resultados obtenidos

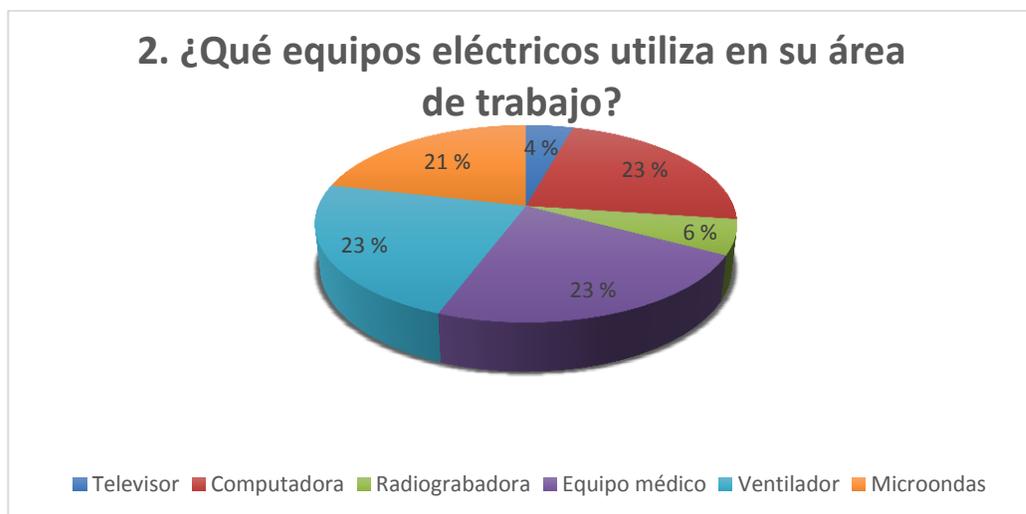
A continuación, se presentan las gráficas de resultados obtenidos.

Figura 4. **Jornada laboral**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Utilización de quipos eléctricos**

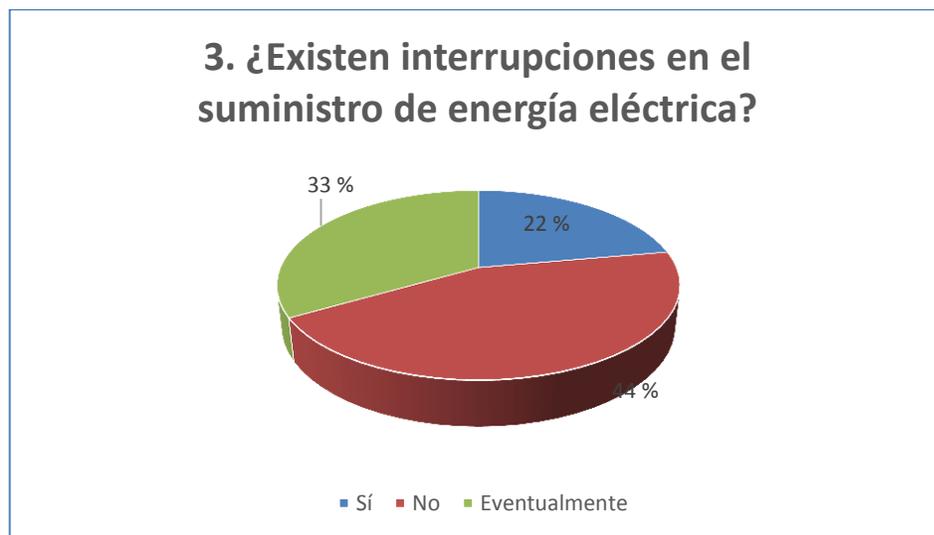


Fuente: elaboración propia.

La figura 4 muestra que el 51 % del personal del área analizada labora en jornada diurna, en áreas administrativas. Y el 49 % labora en áreas que prestan servicios médicos a pacientes hospitalizados durante las 24 horas.

El 63 % del personal encuestado indica que utilizan equipos eléctricos en algún momento de sus actividades. En la figura 5 se detalla el porcentaje de utilización de los equipos eléctricos más comunes en el área analizada.

Figura 6. **Interrupciones del suministro de energía**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Tomacorrientes en mal estado**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Lámparas en mal estado**

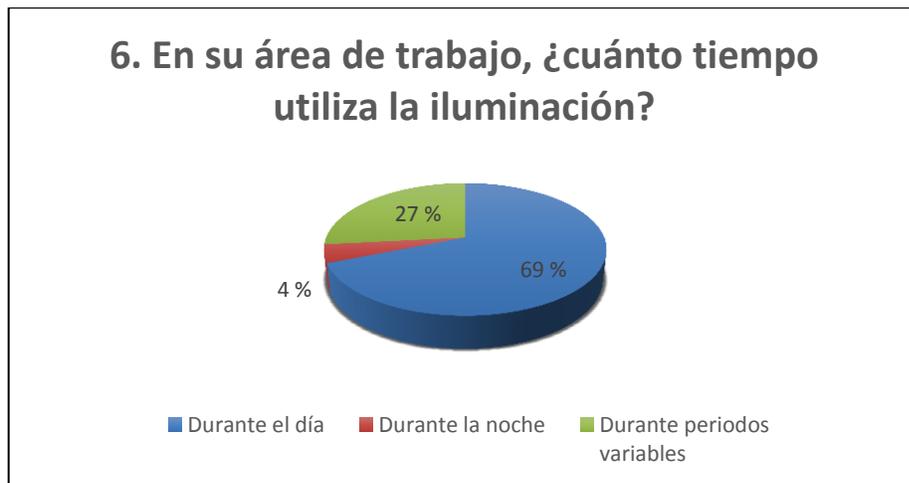


Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos, demuestran que, si existen interrupciones en el servicio de energía eléctrica, cuando hay fuertes lluvias y descargas electro atmosféricas.

Respecto a tomacorrientes y luminarias, arriba del 75 % del personal indica que si existen en mal estado.

Figura 9. **Utilización de iluminación**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Iluminación natural**

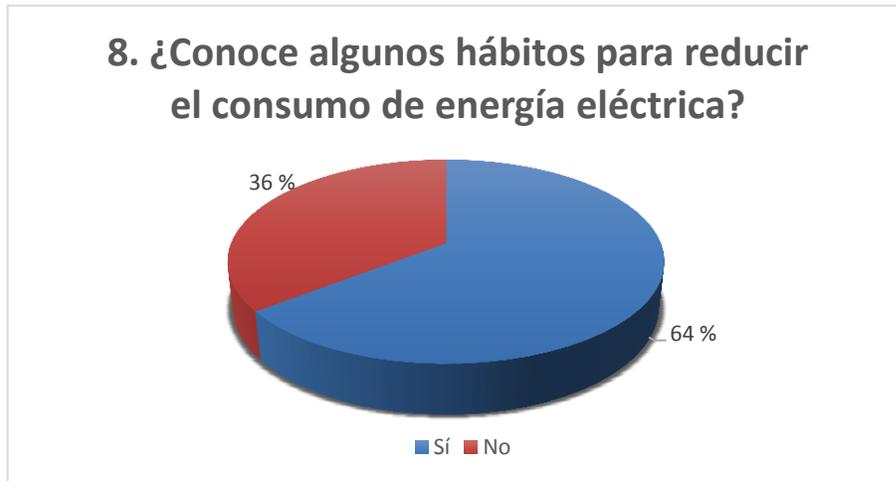


Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos en la figura 9 muestran que el 69 % del personal utiliza la iluminación durante el día, y el 31 % del personal utiliza la iluminación durante periodos variables y en la noche.

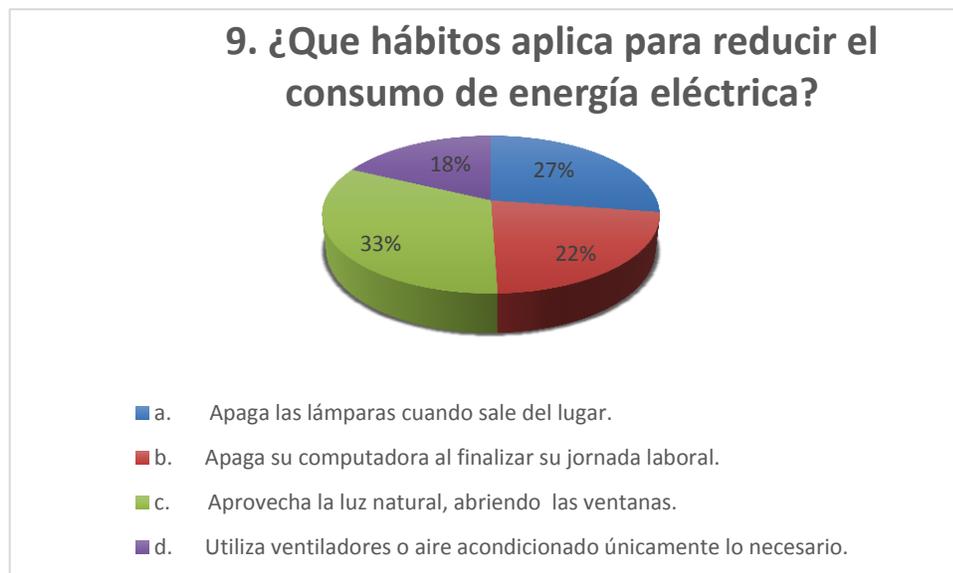
En la figura 10 se observa que un 82 % de las áreas cuenta con ventanas para iluminación natural durante el día.

Figura 11. Hábitos para reducir el consumo de energía



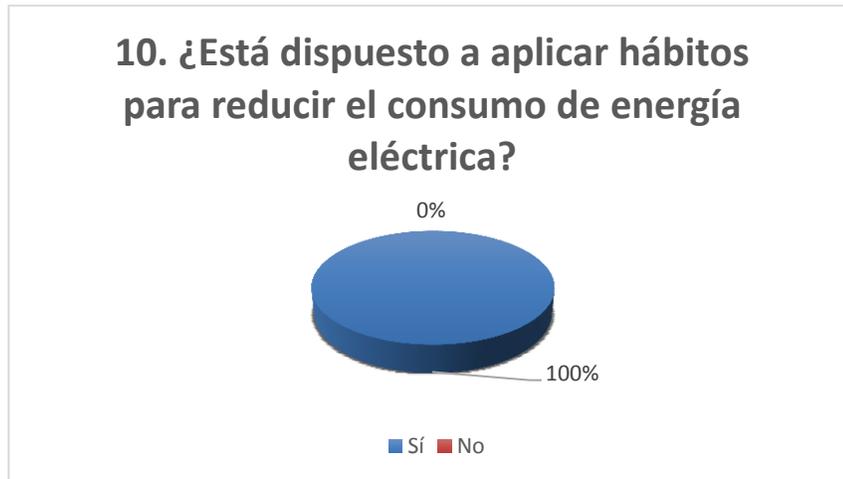
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Aplicación de hábitos para reducir el consumo de energía



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Disposición para adoptar hábitos de ahorro de energía**



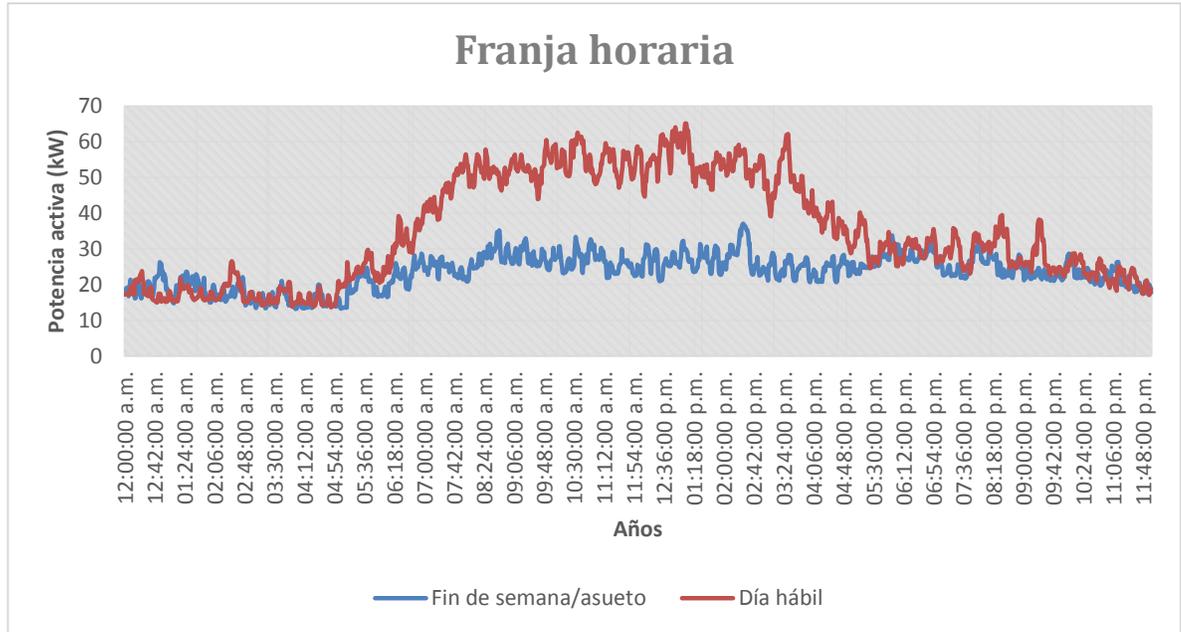
Fuente: elaboración propia.

Para las figuras 11, 12 y 13, sobre hábitos de consumo de energía, el 36 % de las personas no conoce hábitos de consumo; en su mayoría, solo aprovecha la luz natural abriendo las ventanas en las áreas donde existen. Todas las personas encuestadas están de acuerdo en aplicar los hábitos de consumo que se les recomiende para reducir el consumo de energía eléctrica en el hospital.

1.4. Identificación de franja horaria

La franja horaria representa el comportamiento de la curva de carga durante las 24 horas de un día hábil y un día de fin de semana o asueto, en el área analizada.

Figura 14. **Franja horaria. Comparación de un día hábil - fin de semana/asueto**



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 14, la demanda para un día hábil aumenta a partir de las 06:00 horas, y vuelve a disminuir a partir de las 16:00 horas, manteniendo picos entre 19:00 y 22:00 horas.

Esta tendencia se debe a que, durante días hábiles, funcionan áreas administrativas en jornada laboral diurna, en su mayoría con uso de computadoras y de iluminación, debido a la falta de ventanas en las áreas administrativas. Tiende un comportamiento de la gráfica durante fin de semana o asueto se diferencia con la disminución de demanda en los horarios de trabajo del área administrativa; tiende a un comportamiento similar al de un día hábil durante la noche y madrugada.

1.5. Proyección del consumo energético

La política energética 2013-2027, a través del Ministerio de Energía y Minas, establece en su plan estratégico como línea de acción el ahorro y uso eficiente de la energía en el 30 % de las instituciones públicas para el año 2027.

A partir del historial de consumo de energía eléctrica en las instalaciones del Hospital General San Juan de Dios, en los años 2017 y 2018, se hace una proyección del consumo para el año 2032, con el objetivo comparar la tendencia de continuar con el consumo de energía en las condiciones actuales y el impacto que genera la aplicación de las propuestas de mejora que se determinan en la realización de esta auditoría energética.

- Método de proyección: de cada factura se toma la lectura del consumo (kWh) y del precio de la energía (Q/kWh). Se calculan los valores mínimos y máximos en las lecturas tomadas, y a esta diferencia se le multiplica un porcentaje aleatorio, para dar resultado a una posible variación al valor mínimo, y por debajo del valor máximo. Esto se repite en cada mes siguiente hasta el año 2302. Ver memoria de cálculo adjunta en anexos.

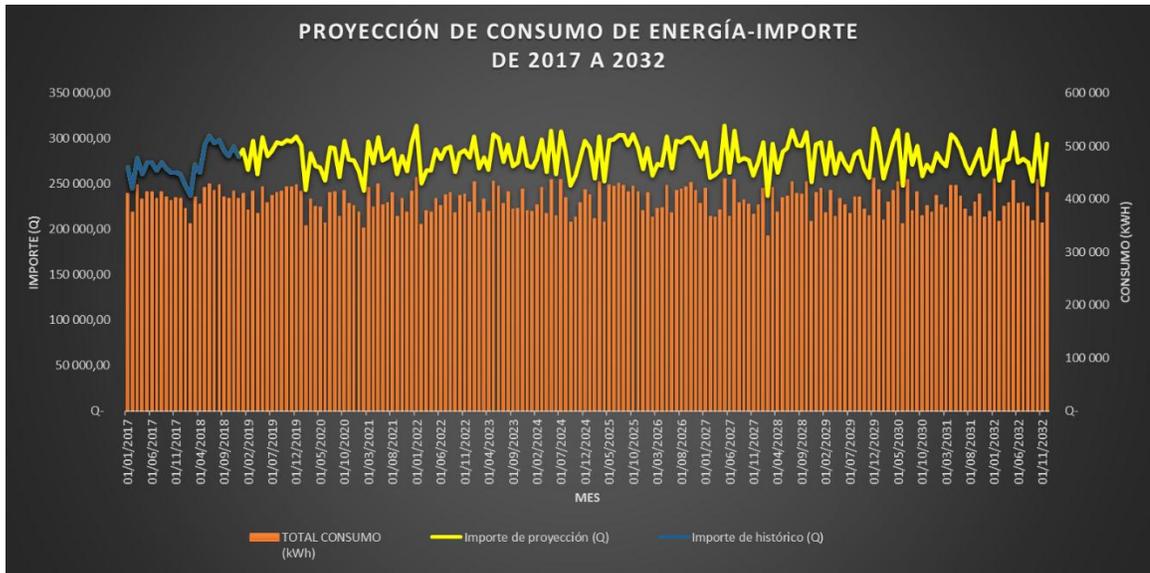
-

Tabla III. **Ejemplo de cálculo de proyección para un día**

Consumo en un día (kWh)			Porcentaje aleatorio	kWh proyectado
Valor mínimo	Valor máximo	Diferencia		
512,59	593,92	81.83	0,5949	550,7094
Del consumo mensual en kWh, se calcula se calcula el consumo por hora, según los días que tiene cada mes, para lograr un valor más preciso de variación por día. Este valor se convierte nuevamente a consumo mensual.			0,7356	565,0300
			0,6531	556,6278
			0,2671	517,3231
			0,7578	567,2941

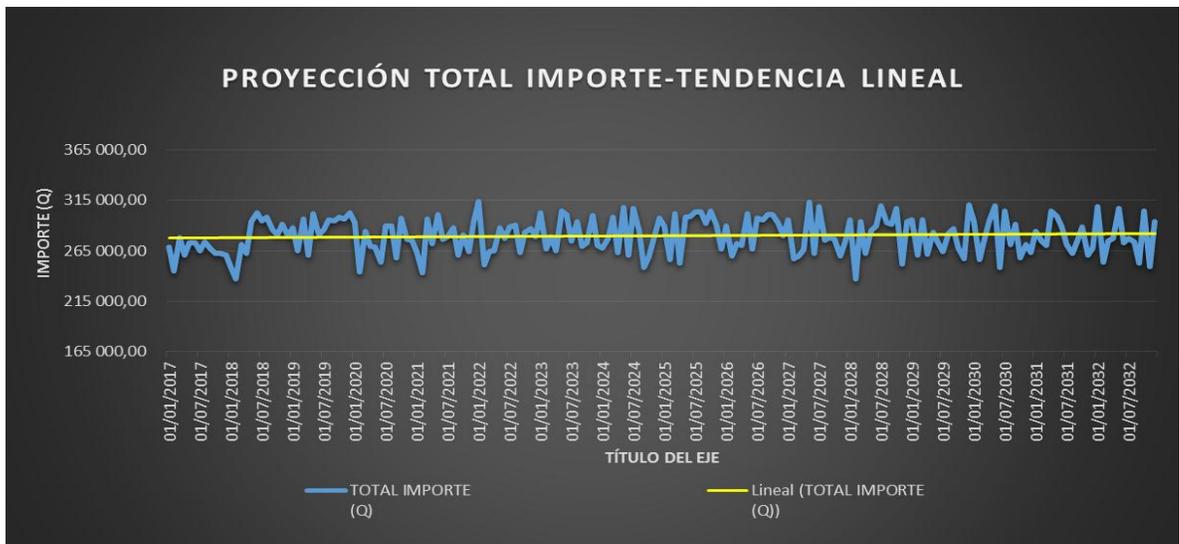
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Proyección de consumo. Energía – importe, para el año 2032**



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Proyección de importe – tendencia lineal, para el año 2032**



Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Datos de consumo y costo de la energía, proyectada para el año 2032**

Año	Consumo promedio mensual (kWh)	Costo de energía Q/kWh	Costo promedio mensual (Quetzales)	Crecimiento %
2018	404 709	0,653565	Q 264 503,52	
2019	398 090	0,659185	Q 262 414,93	-0,8960 %
2020	415 719	0,653561	Q 271 697,46	3,2547 %
2021	413 745	0,653976	Q 270 579,69	2,2276 %
2022	411 829	0,654924	Q 269 716,91	2,6149 %
2023	415 641	0,654966	Q 272 231,14	2,5132 %
2024	411 596	0,653616	Q 269 025,88	1,7341 %
2025	418 900	0,653153	Q 273 605,86	3,7643 %
2026	411 433	0,653327	Q 268 800,48	1,9893 %
2027	414 470	0,654522	Q 271 279,61	2,5300 %
2028	418 747	0,654195	Q 273 941,99	3,0077 %
2029	410 626	0,654097	Q 268 589,11	2,0892 %
2030	417 692	0,651989	Q 272 330,43	2,4170 %
2031	414 155	0,654157	Q 270 922,37	2,1833 %
2032	408 264	0,653961	Q 266 988,30	0,9918 %

Fuente: elaboración propia.

La tabla 1 muestra una tendencia a aumentar el consumo para el año 2032, teniendo costos variables durante cada año, en función del costo de la energía eléctrica y la proyección del consumo. Para esta proyección se determina un incremento máximo anual del 3,76 % del costo promedio mensual obtenido de los datos históricos.

Se observa una disminución para el año actual y el año siguiente, debido a la sustitución de algunas luminarias fluorescentes por tipo led; esto provoca un ahorro en el consumo de energía y por ende, una reducción de costos en facturación.

La tendencia de consumo de energía y el importe es líneas debido a que la infraestructura del hospital ya no puede aumentar, así como el consumo de energía porque este ya se encuentra al límite de su capacidad para atención de pacientes.

El costo de la energía de proyecto con leves variaciones, de acuerdo al historial y la tarifa para un servicio de baja tensión con demanda en punta.

1.6. Normas aplicadas en la auditoría energética

A continuación, se presentan las Normas que fueron aplicadas en las auditorías energéticas.

1.6.1. Norma ISO 50001

- Sistemas de gestión energética

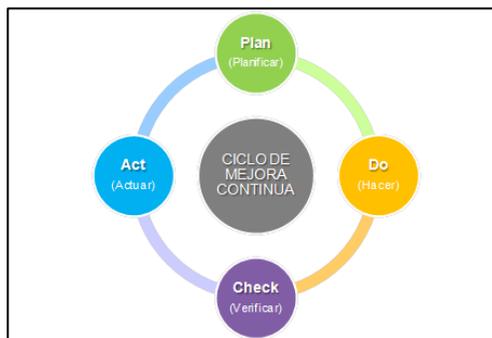
La norma ISO 50001 fue desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) para ofrecer a las organizaciones un concepto internacionalmente reconocido para gestionar y mejorar su consumo energético. Y es aplicable a todas las empresas sin importar su dimensión, actividad económica o su ubicación geográfica.

Fue publicada en junio de 2011, y es aplicable a toda empresa que desee mejorar su desempeño energético, los costos relacionados con la energía y reducir los gases que producen el efecto invernadero, en respuesta a la necesidad de realizar acciones para detener el cambio climático.

EL objetivo principal de la norma ISO 50001 es mejorar el desempeño y eficiencia energética de manera continua; e identificar oportunidades para la reducción del consumo de energía.

Esta norma se basa en la metodología PHCA (planificar – hacer – chequear – actuar), también conocido como PDCA por sus siglas en inglés (*Plan – Do – Check – Act*).

Figura 17. **Círculo PHCA**



Fuente: Equipo Altran. *El ciclo de Deming: la gestión y mejora de procesos*.
<https://equipo.altran.es/el-ciclo-de-deming-la-gestion-y-mejora-de-procesos/>. Consulta: 5 de noviembre de 2018.

Los principales hitos para implementación de esta norma son:

- Planificar: establecer un plan energético de acuerdo con los objetivos, para realizar acciones concretas que mejoren el desempeño y eficiencia energética.
- Hacer: implementar acciones que se definieron en la planificación.

- Verificar: monitorear los indicadores que reflejen el cumplimiento de objetivos y la buena ejecución de las acciones planificadas.
- Actuar: revisión de resultados y realizar correcciones para alcanzar la mejora continua.

1.6.2. ISO 50002

- Auditorías energéticas

La norma ISO 50002, publicada en el 2014, es un complemento de la norma ISO 50001, la cual especifica los procesos para realizar una auditoría energética aplicable a todas las empresas, en cualquier forma que utilicen la energía.

Especifica los requisitos para realizar las auditorías energéticas y los procesos para los resultados obtenidos, para la identificación de oportunidades para hacer más eficiente el uso de la energía, reducir las pérdidas y contribuir al cuidado del medio ambiente, en la instalación auditada.

Para realizar una auditoría energética se requiere de un análisis detallado de la eficiencia energética de una instalación, para determinar el comportamiento del consumo de energía. Esto se hace a través de mediciones y controles sobre el uso de la energía durante un tiempo definido.

Estos resultados orientan a la toma de decisiones y establecer un plan de acción para mejorar el consumo y obtener un beneficio económico. Se puede hacer inversiones que mejoren los sistemas actuales, implementación de medidas de ahorro energético o propuestas de uso de energías renovables,

concluyendo en cada caso su factibilidad técnica y económica con un retorno de inversión aceptable.

Una auditoría energética es útil para realizar la revisión de una instalación, y si se utiliza en la implementación de una mejora, puede facilitar el seguimiento, la medición y el análisis según lo detalla la norma ISO 50001.

1.6.3. Norma IEC 60364

- Instalaciones eléctricas en edificios

La norma IEC 60364, de la Comisión Internacional de Electrotecnia, por sus siglas en inglés, en su última versión del año 2016.

Esta norma está desarrollada para todas las personas profesionales en el área de la electricidad, que tengan a su cargo el diseño, desarrollo, inspeccionar o mantener una instalación eléctrica. Esta norma especifica rigurosamente los requisitos que hay que cumplir para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de los componentes de una instalación eléctrica.

Contiene varios apartados, se toma en cuenta todas las consideraciones generales para una correcta instalación, algunos de estos aplicados en la evaluación realizada son:

- Protección contra descargas eléctricas
- Protección contra sobre corriente
- Sistema de cableado
- Disposiciones de puesta a tierra
- Aislamiento, conmutación y control

- Luminarias, e instalaciones de iluminación
- Sistemas de suministro de energía solar fotovoltaica

1.6.4. Normas técnicas del servicio de distribución (NTSD) CNEE

El objetivo de esta norma es establecer cuáles son los derechos y obligaciones de los usuarios del servicio de distribución, determinando cuales son los indicadores aceptables para que se obtenga una energía de calidad, tanto en los puntos de entrega como en los puntos de utilización. Esta norma es de carácter obligatorio para todos los usuarios del servicio de distribución.

De esta norma se toman los valores para calificar la calidad de la energía respecto a:

- Distorsión armónica
- Flicker
- Factor de potencia

Esta norma evalúa el cumplimiento de los indicadores en diferentes etapas, para los usuarios siendo estas: preliminar, prueba, transición y régimen.

Para el caso del Hospital General San Juan de Dios, se toman los indicadores para la etapa de régimen, donde el incumplimiento implicará sanciones o multas al usuario del servicio de distribución.

La aplicación de la norma NTSD, en la realización de la auditoría energética en el Hospital General San Juan de Dios, contempla el artículo 13, incisos c, d y e: artículo 42 y artículo 49.

Artículo 13. Obligaciones de los usuarios. Las obligaciones de los usuarios serán las siguientes:

- c) Realizar todas las instalaciones internas, incluyendo las reparaciones o modificaciones, que sean necesarias para evitar introducir perturbaciones en la red del distribuidor que afecte la calidad del servicio eléctrico de distribución.
- d) Pagar a la comisión, el importe de las sanciones y/o multas que ésta le imponga, dentro de los primeros siete días del mes siguiente a la notificación respectiva.
- e) Pagar al distribuidor las indemnizaciones que correspondan, en la facturación inmediatamente posterior al período de control, por incumplimiento de la calidad del servicio de energía eléctrica, de acuerdo a estas normas.⁴

Artículo 42. Tolerancias para la distorsión armónica de la corriente de carga.

La distorsión armónica de tensión producida por una fuente de corriente armónica dependerá de la potencia del usuario, del nivel de tensión al cual se encuentra conectado, y del orden de la armónica, por lo que en la tabla siguiente se establecen las tolerancias de corrientes armónicas individuales para distintos niveles de tensión, potencia máxima demandada y orden de armónica.⁵

⁴ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica del servicio de distribución*. <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>. Consulta: 15 de noviembre de 2018.

⁵ *Ibíd.*

Tabla V. Límites de armónicos de corriente

ORDEN DE LA ARMÓNICA (n)	P ≤ 10 kW V ≤ 1kV	P > 10Kw 1kV < V ≤ 60kV	P > 50kW v > 60kV
	INTENSIDAD ARMÓNICA MAXIMA (AMP)	DISTORSION ARMÓNICA INDIVIDUAL DE CORRIENTE D _{NI} , EN %	
IMPARES NO MULTIPLOS DE 3			
5	2.28	12.0	6.0
7	1.54	8.5	5.1
11	0.66	4.3	2.9
13	0.42	3.0	2.2
17	0.26	2.7	1.8
19	0.24	1.9	1.7
23	0.20	1.6	1.1
25	0.18	1.6	1.1
> 25	4.5/n	0.2 + 0.8*25/n	0.4
IMPARES MULTIPLOS DE 3			
3	4.60	16.6	7.5
9	0.80	2.2	2.2
15	0.30	0.6	0.8
21	0.21	0.4	0.4
> 21	4.5/n	0.3	0.4
PARES			
2	2.16	10.0	10.0
4	0.86	2.5	3.8
6	0.60	1.0	1.5
8	0.46	0.8	0.5
10	0.37	0.8	0.5
12	0.31	0.4	0.5
> 12	3.68/n	0.3	0.5
DISTORSION ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE D_{NI}, EN %		--	20
			12

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica del servicio de distribución*.
<http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>. Consulta: 15
 de noviembre de 2018.

“Se considerará que la energía eléctrica es de mala calidad cuando en un lapso de tiempo mayor al cinco por ciento, del empleado en las mediciones en el período de medición, dichas mediciones muestran que la distorsión armónica de la corriente de carga ha excedido el rango de tolerancias establecidas”.⁶

⁶ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica del servicio de distribución*.
<http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>. Consulta: 15
 de noviembre de 2018.

“Artículo 49. Valor mínimo para el factor de potencia

El valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo a la potencia del usuario, de la siguiente forma: usuarios con potencias de hasta 11 kW deberán tener un factor de potencia mínimo de 0,85; y usuarios con potencias superiores a 11 kW, un mínimo de 0,90”.⁷

⁷ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica del servicio de distribución*. <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>. Consulta: 15 de noviembre de 2018.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Equipo utilizado para mediciones energéticas

Para realizar las mediciones de los parámetros eléctricos en la instalación eléctrica del área de la emergencia de adultos y torre norte del Hospital General San Juan de Dios se utilizaron los siguientes:

2.1.1. Analizador de red

En la figura 18 se presenta el analizador de energía y calidad de potencia eléctrica trifásica. Fluke 430 serie II.

Figura 18. **Analizador de energía y calidad de potencia eléctrica trifásica. Fluke 430 serie II**



Fuente: Fluke Corporation. *Fluke*. <https://www.fluke.com/es-gt/productos>. Consulta: 30 de noviembre de 2018.

2.1.2. Cámara termográfica

En la figura 19 se presenta la cámara termográfica Fluke, modelo TiS 45.

Figura 19. **Cámara termográfica Fluke, modelo TiS 45**

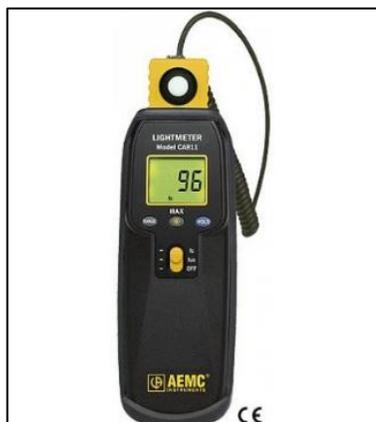


Fuente: Fluke Corporation. *Fluke*. <https://www.fluke.com/es-gt/productos>. Consulta: 30 de noviembre de 2018.

2.1.3. Luxómetro digital

En la figura 20 se presenta el luxómetro AEMC Modelo CA 811.

Figura 20. **Luxómetro AEMC Modelo CA 811**



Fuente: Fluke Corporation. *Fluke*. <https://www.fluke.com/es-gt/productos>. Consulta: 30 de noviembre de 2018.

2.2. Mediciones eléctricas

El Hospital General San Juan de Dios es abastecido de energía eléctrica a través de un circuito de 13,8 kV, el cual es transformado a baja tensión por medio de una subestación propia y distribuido en todos los circuitos principales a la tensión de: 480/277 voltios, por medio de un transformador GEAFOL, tipo ventilación forzada, con capacidad de 2500-3500 kVA, en una configuración delta-estrella aterrizada.

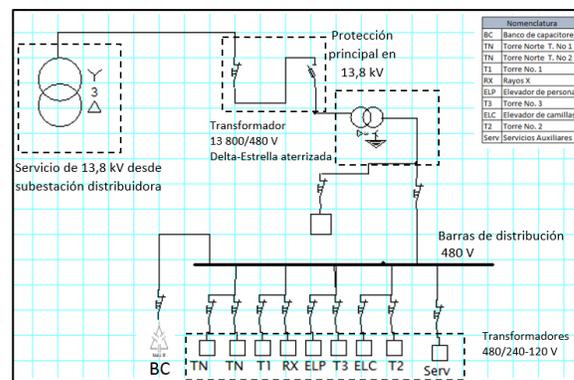
El área que es objeto de esta auditoría energética es la emergencia de adultos y encamamiento, denominada torre norte; esta área es un edificio de siete niveles, y un sótano, en los cuales se presta en servicio de encamamiento, áreas de diagnóstico y oficinas administrativas.

Este edificio es alimentado por dos transformadores tipo PAD MOUNTED, marca SIEMENS, en configuración delta-estrella aterrizada, con capacidad de 300 y 500 kVA, a una tensión de 480/208-120 voltios.

2.2.1. Medición y análisis de consumos

El histórico de consumo de energía eléctrica del hospital fue tomado de las facturas emitidas por la empresa distribuidora en los últimos 16 meses, a través de las cuatro acometidas instaladas para abastecer la demanda total del hospital. Siendo la principal el servicio de media tensión desde la Subestación de 13,8kV, de la empresa distribuidora.

Figura 21. Diagrama unifilar de alimentación principal



Fuente: elaboración propia.

2.2.1.1. Acometida principal

Abastece la demanda de las áreas principales: emergencia adultos y torre norte, torre sur, maternidad y pediatría.

Tabla VI. **Histórico de consumo-importe, de acometida principal**

CONTADOR J 39547		CORRELATIVO 673375	
TARIFA : DEMANDA MAYOR EN PUNTA		VOLTAJE: 13,8 Kv	
MES DE LECTURA	PRECIO ENERGÍA (Q/kWh)	CONSUMO (Kwh)	IMPORTE (Q)
ene-17	Q 0,648870	390 600	Q 253 448,62
feb-17	Q 0,6492	358 400	Q 232 668,26
mar-17	Q 0,6492	407 400	Q 264 478,38
abr-17	Q 0,6492	380 800	Q 247 210,03
may-17	Q 0,6575	393 400	Q 258 655,39
jun-17	Q 0,6575	394 800	Q 259 575,87
jul-17	Q 0,6575	385 000	Q 253 132,50
ago-17	Q 0,6589	394 800	Q 260 146,35
sep-17	Q 0,6589	386 400	Q 254 611,32
oct-17	Q 0,6589	380 800	Q 250 921,31
nov-17	Q 0,6485	383 600	Q 248 783,40
dic-17	Q 0,6485	383 600	Q 248 783,40
ene-18	Q 0,6485	364 000	Q 236 071,84
feb-18	Q 0,6689	336 000	Q 224 759,81
mar-18	Q 0,6689	385 000	Q 257 537,28
abr-18	Q 0,6689	372 400	Q 249 108,79

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.2. Acometidas secundarias

Servicio núm. 1: abastece la demanda en el área de consulta externa.

Tabla VII. **Histórico de consumo. Acometida para consulta externa**

Contador I-94722		Correlativo 658992	
Tarifa: baja tensión dem. Fuera de punta (btdfp)		Voltaje: 120/240 v	
Mes de lectura	Precio energía (q/kwh)	Consumo (kwh)	Importe (q)
Ene-17	Q 0,7032	10 050	Q 7 066,71
Feb-17	Q 0,7035	5 935	Q 4 175,10
Mar-17	Q 0,7035	6 611	Q 4 650,65
Abr-17	Q 0,7035	7 289	Q 5 127,60
May-17	Q 0,7061	8 325	Q 5 878,65
Jun-17	Q 0,7061	6 803	Q 4 803,90
Jul-17	Q 0,7061	5 412	Q 3 821,65
Ago-17	Q 0,7076	7 598	Q 5 376,26
Sep-17	Q 0,7076	6 060	Q 4 287,99
Oct-17	Q 0,7076	5 894	Q 4 170,53
Nov-17	Q 0,6972	8 696	Q 6 062,90
Dic-17	Q 0,6972	6 445	Q 4 493,49
Ene-18	Q 0,6972	7 992	Q 5 572,07
Feb-18	Q 0,7176	7 658	Q 5 495,27
Mar-18	Q 0,7176	7 225	Q 5 184,55
Abr-18	Q 0,7176	7 261	Q 5 210,38

Fuente: elaboración propia.

Servicio núm. 2: abastece la demanda en el departamento de mantenimiento y en el sistema de bombeo de agua.

Tabla VIII. **Histórico de consumo. Acometida para el departamento de mantenimiento**

Contador t-01128		Correlativo 658981	
Tarifa: baja tensión dem. Fuera de punta btdfp		Voltaje: 120/240 v	
Mes de lectura	Precio energía (q/kwh)	Consumo (kwh)	Importe (q)
Ene-17	q 0,7031	9 280	q 6 525,28
Feb-17	q 0,7035	9 920	q 6 978,43
Mar-17	q 0,7035	11 200	q 7 878,88
Abr-17	q 0,7035	10 320	q 7 259,82
May-17	q 0,7061	10 640	q 7 513,37
Jun-17	q 0,7061	11 120	q 7 852,32
Jul-17	q 0,7061	9 760	q 6 891,97
Ago-17	q 0,7076	10 400	q 7 358,93
Sep-17	q 0,7076	10 080	q 7 132,50
Oct-17	q 0,7076	9 360	q 6 623,03
Nov-17	q 0,6972	9 280	q 6 470,07
Dic-17	q 0,6972	9 600	q 6 693,18
Ene-18	q 0,6972	8 560	q 5 968,08
Feb-18	q 0,7176	8 400	q 6 027,71
Mar-18	q 0,7176	10 240	q 7 348,07
Abr-18	q 0,7176	9 840	q 7 061,04

Fuente: elaboración propia.

Servicio núm. 3: abastece la demanda de la parroquia El Señor de las Misericordias.

Tabla IX. **Histórico de consumo. Acometida para la parroquia El Señor de las Misericordias**

Contador k 21080		Correlativo 664382	
Tarifa: baja tensión simple. Bts		Voltaje: 120/240 v	
Mes de lectura	Precio energía (q/kwh)	Consumo (kwh)	Importe (q)
Ene-17	q 1,0999	1 119	q 1 230,86
Feb-17	q 1,0997	982	q 1 079,88
Mar-17	q 1,0997	994	q 1 093,08
Abr-17	q 1,0997	1 002	q 1 101,88
May-17	q 1,1001	1 056	q 1 161,68
Jun-17	q 1,1001	976	q 1 073,67
Jul-17	q 1,1001	1 005	q 1 105,57
Ago-17	q 1,1001	779	q 857,01
Sep-17	q 1,1001	742	q 816,31
Oct-17	q 1,1001	674	q 741,50
Nov-17	q 1,0898	760	q 828,22
Dic-17	q 0,6972	737	q 513,84
Ene-18	q 0,6972	818	q 570,31
Feb-18	q 0,7176	831	q 596,31
Mar-18	q 0,7176	991	q 711,13
Abr-18	q 0,7176	978	q 701,80

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.3. Total de energía consumida

El rubro total, por concepto de consumo de energía eléctrica, a excepción de cargos fijos, IVA, costos por alumbrado público y penalizaciones por incumplimiento de normas, se detallan en la tabla siguiente:

Tabla X. **Histórico de consumo-importe total**

Mes de lectura	Total consumo (kwh)	Total importe (q)
Ene-17	411 049	q 268 271,47
Feb-17	375 237	q 244 901,68
Mar-17	426 205	q 278 100,98
Abr-17	399 411	q 260 699,33
May-17	413 421	q 273 209,08
Jun-17	413 699	q 273 305,76
Jul-17	401 177	q 264 951,68
Ago-17	413 577	q 273 738,55
Sep-17	403 282	q 266 848,12
Oct-17	396 728	q 262 456,37
Nov-17	402 336	q 262 144,59
Dic-17	400 382	q 260 483,91
Ene-18	381 370	q 248 182,30
Feb-18	352 889	q 236 879,10
Mar-18	403 456	q 270 781,03
Abr-18	390 479	q 262 082,01

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Histórico de consumo-importe total**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Medición de corrientes

Mediciones realizadas a los dos transformadores que alimentan la torre norte del Hospital General San Juan de Dios, ubicados en el nivel sótano, dentro del área conocida como ducto.

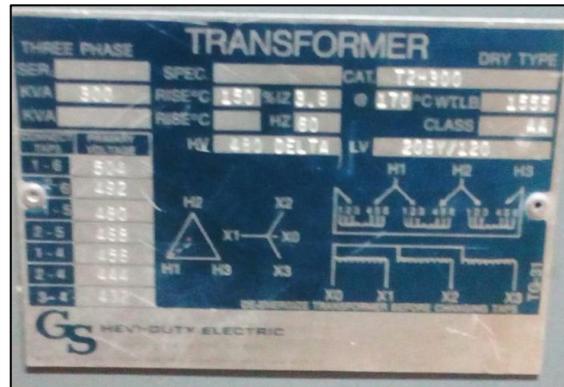
Figura 23. Diagrama unifilar de alimentadores. Torre norte



Fuente: elaboración propia.

- Transformador núm. 1

Figura 24. **Placa de información técnica de transformador núm. 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Tablero principal núm. 1, alimentado por transformador núm. 1**



Fuente: elaboración propia.

Datos tomados del tablero principal núm. 1, con el analizador de energía Fluke 430 Serie II, durante cuatro días hábiles, comprendidos desde el 15 al 18 de junio del 2018, de los cuales se tomó como referencia los días sábado 16, domingo 17 y lunes 18 de junio, durante 24 horas, datos mostrados a continuación:

2.2.2.1. Gráficas de corrientes en transformador núm. 1

Figura 26. Corrientes de transformador núm. 1 (sábado 16-06-2008)



16 de junio	Fase A (amperios)	Hora de evento	Fase B (amperios)	Hora de evento	Fase C (amperios)	Hora de evento
Promedio	83,99	Todo el día	73,31	Todo el día	67,15	Todo el día
Mínima	45,10	12:47:00	50,70	03:47:00	37,30	03:42:00
Máxima	134,50	14:07:00	135,30	14:07:00	109,80	11:02:00

Fuente: elaboración propia.

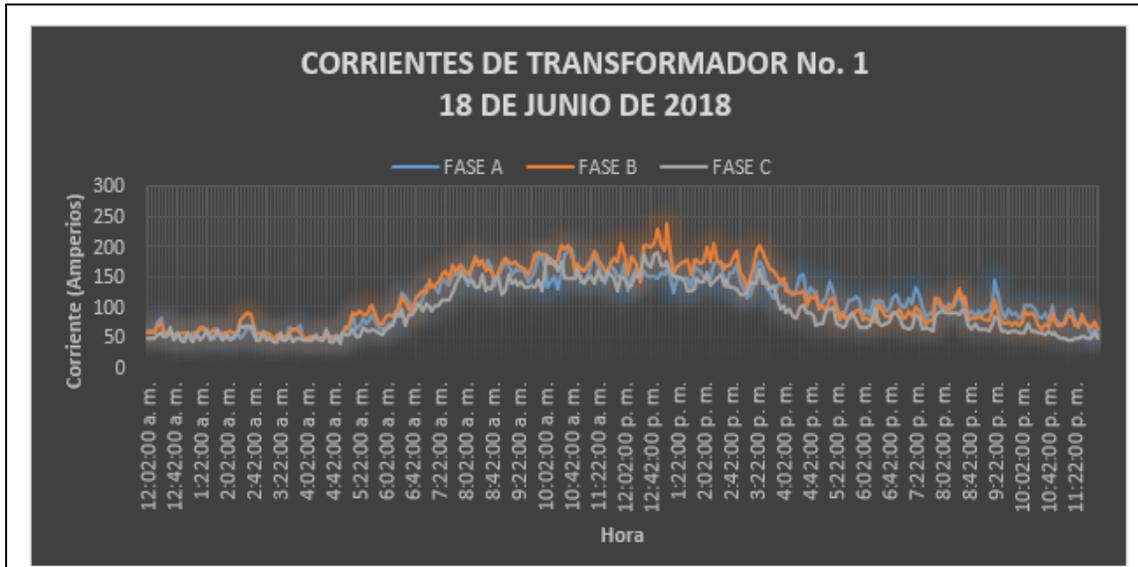
Figura 27. **Corrientes de transformador núm. 1 (domingo 17-06-2008)**



17 de junio	Fase A (amperios)	Hora de evento	Fase B (amperios)	Hora de evento	Fase C (amperios)	Hora de evento
Promedio	77,97	Todo el día	78,80	Todo el día	64,19	Todo el día
Mínima	43,20	05:02:00	45,40	04:12:00	38,40	03:42:00
Máxima	129,50	08:42:00	133,60	14:27:00	105,40	14:22:00

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Corrientes de transformador núm. 1 (lunes 18-06-2008)



18 de junio	Fase A (Amperios)	Hora de Evento	Fase B (Amperios)	Hora de Evento	Fase C (Amperios)	Hora de Evento
Promedio	110,11	Todo el día	114,87	Todo el día	94,13	Todo el día
Mínima	45,50	04:27:00	46,60	03:12:00	40,30	04:52:00
Máxima	195,80	10:42:00	238,50	13:07:00	190,60	12:28:48

Fuente: elaboración propia.

Para los días 16 y 17 de junio, se puede determinar una reducción de consumo de energía, al considerar que son días fin de semana; los consumos mínimos en horario de 00:00 a 05:00 a.m. y los consumos máximos entre 08:00 a.m. y 03:00 p.m. Para el día 18, el comportamiento es creciente a partir de las 06:00 am y tiende a reducir a partir de las 04:00 pm.

2.2.2.2. Desbalance de corrientes en el transformador núm. 1

Desbalance entre fases: se produce cuando entre las fases de un sistema trifásico no circula la misma cantidad de corriente en cada fase.

El porcentaje de desbalance es determinado por la ecuación:

$$Desbalance = \frac{I_{max} - I_{med}}{I_{med}} \times 100$$

Donde:

- I_{max} : corriente máxima de las tres fases
- I_{med} : corriente promedio de las tres fases

Según las Normas IEC, un sistema trifásico balanceado debe tener como máximo un 10 % de desbalance.

Para el caso de transformador núm. 1, se determinó el desbalance en cada medición tomada, durante tres días, las 24 horas, con mediciones a cada 1 minuto.

Los resultados finales son los siguientes:

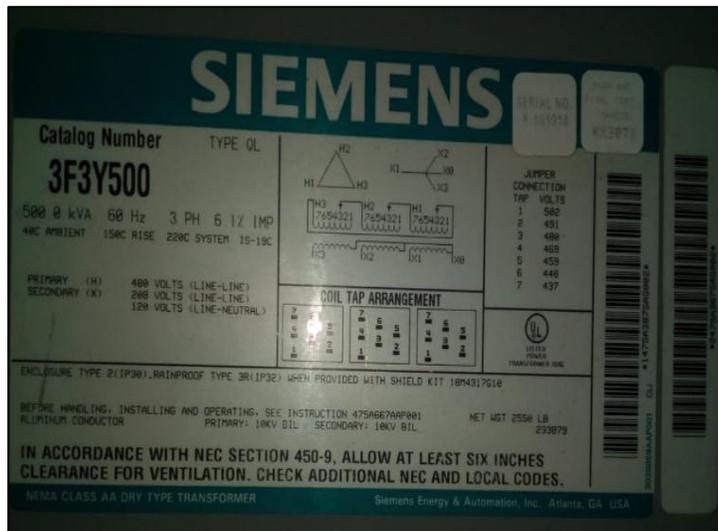
Tabla XI. **Desbalance de corriente en transformador núm. 1**

Sábado 16 de junio	
Desbalance máximo	37 %
Desbalance mínimo	1 %
Promedio	16 %
Corriente promedio en neutro (amperios)	50,84
Domingo 17 de junio	
Desbalance máximo	27 %
Desbalance mínimo	2 %
Promedio	12 %
Corriente promedio en neutro (amperios)	46,8
Lunes 18 de junio	
Desbalance máximo	30 %
Desbalance mínimo	1 %
Promedio	13 %
Corriente promedio en neutro (amperios)	64,73

Fuente: elaboración propia.

Transformador núm. 2:

Figura 29. **Placa de información técnica de transformador núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Tablero principal núm. 2, alimentado por transformador núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

Mediciones tomadas en tablero núm. 2, alimentado por transformador núm. 2 durante un periodo de 4 días hábiles. Tomando a consideración los días miércoles 20 y jueves 21 de junio, durante un periodo de 24 horas.

2.2.2.3. Gráficas de corrientes en transformador núm. 2

Figura 31. Corrientes de transformador núm. 2 (miércoles 20-06-2018)



20 de junio	Fase A (Amperios)	Hora de Evento	Fase B (Amperios)	Hora de Evento	Fase C (Amperios)	Hora de Evento
Promedio	96,31	Todo el día	86,66	Todo el día	78,38	Todo el día
Mínima	32,80	04:21:00	38,30	02:51:00	42,10	03:06:00
Máxima	167,80	08:36:00	164,60	09:06:00	133,70	11:26:00

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Corrientes de transformador núm. 2 (jueves 21-06-2018)



21 de junio	Fase A (Amperios)	Hora de Evento	Fase B (Amperios)	Hora de Evento	Fase C (Amperios)	Hora de Evento
Promedio	102,05	Todo el día	83,25	Todo el día	74,00	Todo el día
Mínima	35,70	03:36:00	28,20	03:01:00	30,10	05:11:00
Máxima	174,00	08:51:00	145,60	07:51:00	130,30	07:51:00

Fuente: elaboración propia.

De las mediciones obtenidas se observa un mínimo de consumo de corriente entre las 02:00 a.m. y las 06:00 a.m. y un consumo elevado entre las 07:00 a.m. y las 12:00 a.m. en ambos días.

2.2.2.4. Desbalance de corrientes en el transformador núm. 2

Tabla XII. Desbalance de corriente en transformador núm. 1

Miércoles 20 de junio	
Desbalance máximo	33 %
Desbalance mínimo	0 %
Promedio	12 %
Corriente promedio en neutro (amperios)	60,57
Jueves 21 de junio	
Desbalance máximo	39 %
Desbalance mínimo	0 %
Promedio	12 %
Corriente promedio en neutro (amperios)	60,26

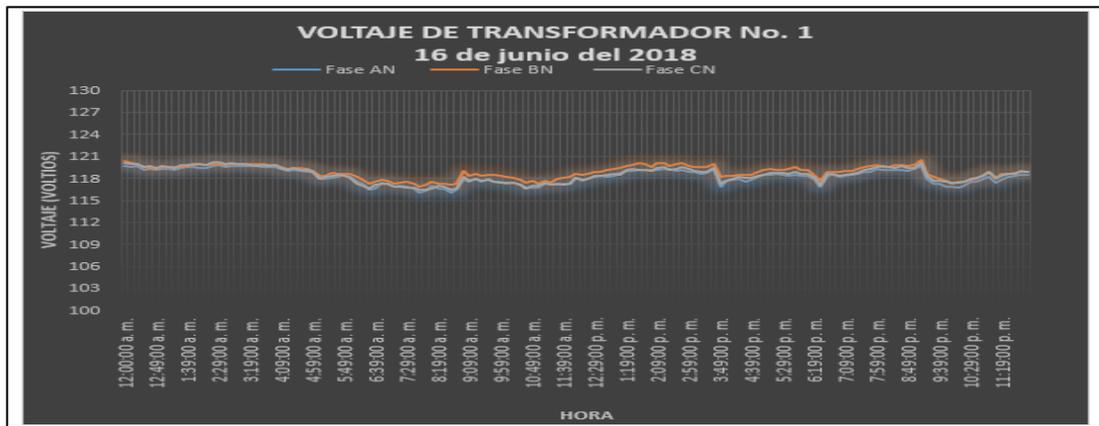
Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Medición de voltaje

Para la toma de datos se colocaron las pinzas del medidor de calidad de energía en la entrada al interruptor de cada tablero principal, alimentado por cada transformador.

2.2.3.1. Gráficas de voltaje en transformador núm. 1

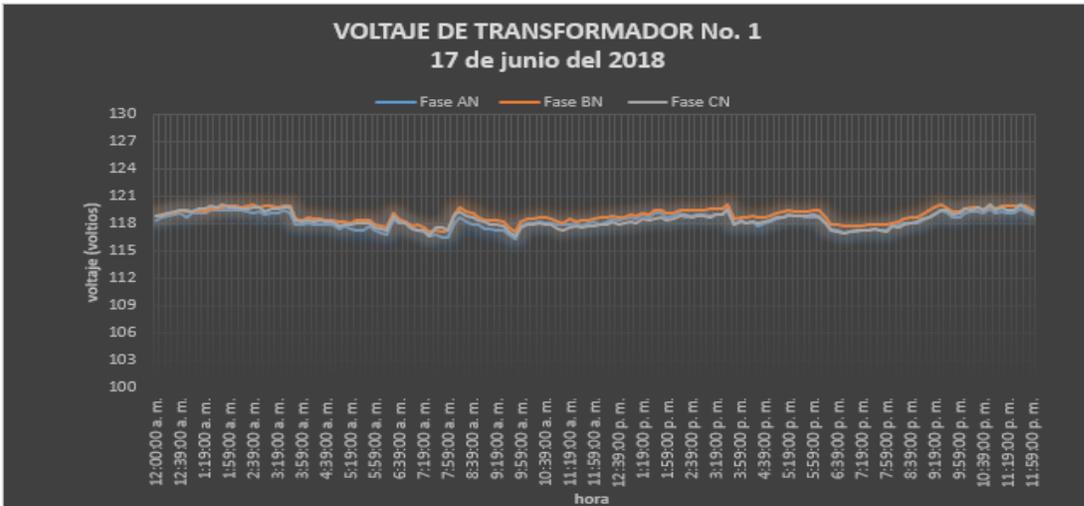
Figura 33. Voltaje de transformador núm. 1 (sábado 16-06-2018)



Voltaje	Fase A (Voltios)	Hora	Fase B (Voltios)	Hora	Fase C (Voltios)	Hora
Promedio	118,28	Todo el día	118,86	Todo el día	118,49	Todo el día
Mínimo	116,05	08:39:00	116,94	07:49:00	116,44	08:39:00
Máximo	119,88	02:29:00	120,48	21:09:00	120,27	02:29:00

Fuente: elaboración propia.

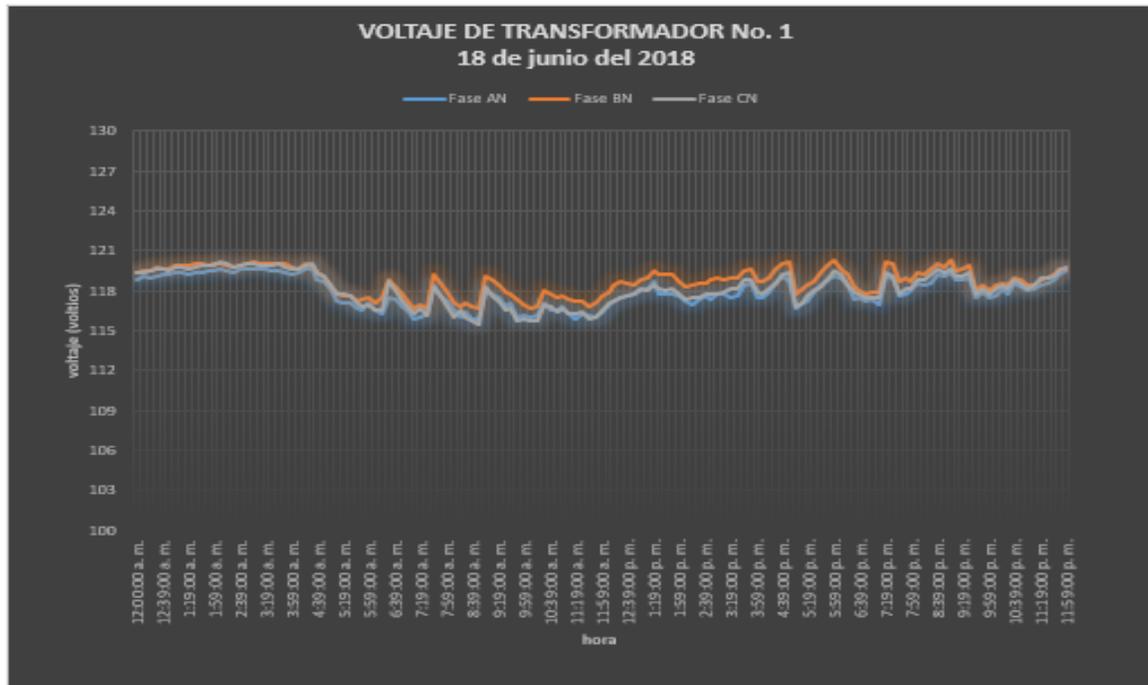
Figura 34. Voltaje de transformador núm. 1 (domingo 17-06-2018)



Voltaje	Fase A (Voltios)	Hora	Fase B (Voltios)	Hora	Fase C (Voltios)	Hora
Promedio	118.28	Todo el día	118.86	Todo el día	118.49	Todo el día
Mínimo	116.38	09:49:00	117.09	07:49:00	116.66	09:49:00
Máximo	119.65	22:49:00	120.16	21:29:00	120.17	01:09:00

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Voltaje de transformador núm. 1 (lunes 18-06-2018)



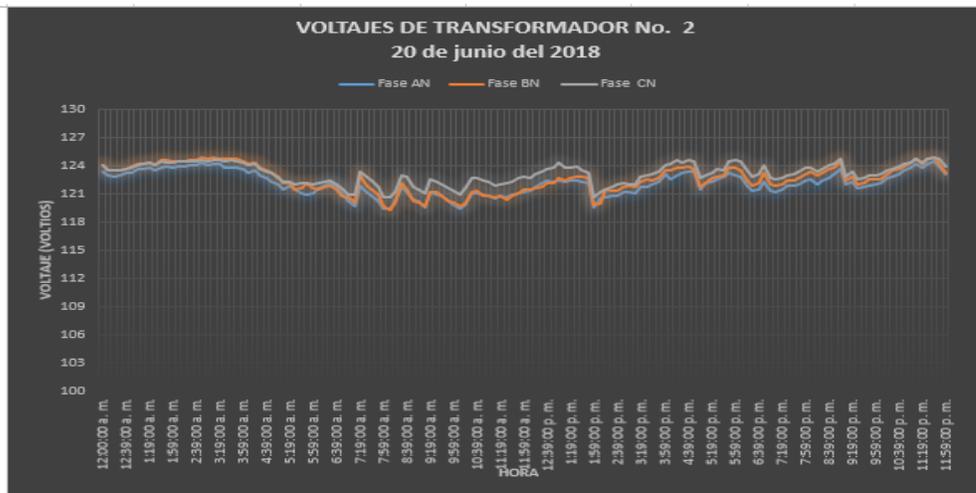
Voltaje	Fase A (Voltios)	Hora	Fase B (Voltios)	Hora	Fase C (Voltios)	Hora
Promedio	117,91	Todo el día	118,71	Todo el día	118,14	Todo el día
Mínimo	115,83	11:19:00	116,67	10:09:00	115,46	08:49:00
Máximo	119,67	02:59:00	120,28	05:59:00	120,16	02:09:00

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los datos obtenidos, se observa que el voltaje mínimo en día fin de semana es de 116,05 v y un máximo de 120,48 v, y para un día hábil se tiene caída de voltaje en horario 07:00 a.m. hasta 11:00 a.m.; siendo el mínimo valor de 115.46 v, y un valor máximo de 120,18 v entre 09:00 p.m. a 06:00 a.m.

2.2.3.2. Gráficas de voltaje en transformador núm. 2

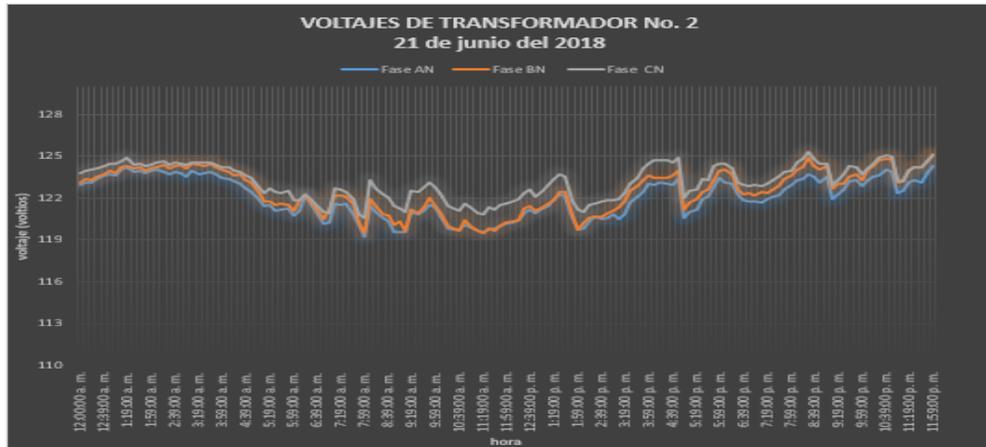
Figura 36. Voltaje de transformador núm. 2 (miércoles 20-06-2018)



Voltaje	Fase A (Voltios)	Hora	Fase B (Voltios)	Hora	Fase C (Voltios)	Hora
Promedio	122,09	Todo el día	122,53	Todo el día	123,13	Todo el día
Mínimo	119,36	07:59:00	119,26	08:09:00	120,55	08:09:00
Máximo	124,36	23:39:00	124,87	03:09:00	124,87	23:39:00

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Voltaje de transformador núm. 2 (jueves 21-06-2018)



Voltaje	Fase A (Voltios)	Hora	Fase B (Voltios)	Hora	Fase C (Voltios)	Hora
Promedio	122,05	Todo el día	122,49	Todo el día	123,19	Todo el día
Mínimo	119,29	07:59:00	119,48	11:19:00	120,59	07:59:00
Máximo	124,32	23:59:00	125,13	23:59:00	125,34	20:29:00

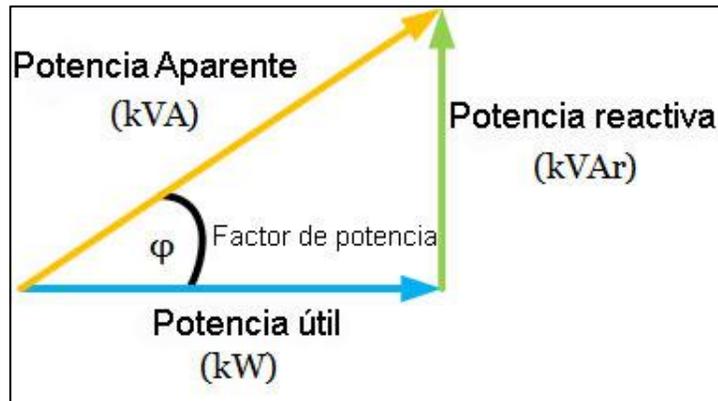
Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que el voltaje mínimo es de 119,26 V, ocurre entre las 07:00 a.m. y las 11:00 a.m. y el voltaje máximo de 125,54 V se obtiene entre las 08:00 p.m. y las 06:00 a.m. del siguiente día. Ambos datos para días hábiles.

2.2.4. Factor de potencia

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa y reactiva en un circuito de corriente alterna. Se determina como el coseno del ángulo (ϕ) en la relación trigonométrica entre potencias activa o útil y reactiva, en un triángulo de potencias.

Figura 38. **Triángulo de potencias**



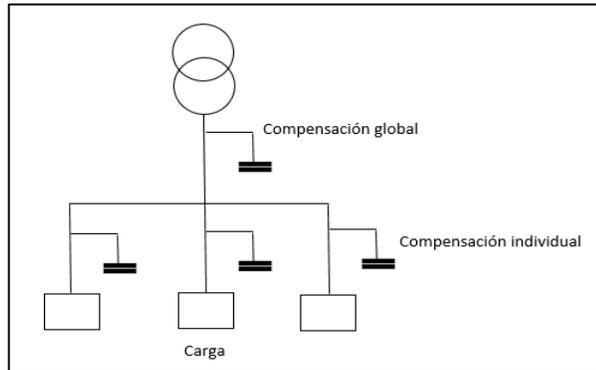
Fuente: Infootec. *Factor de potencia*. <https://www.infootec.net/factor-de-potencia/>. Consulta: 25 de noviembre de 2018.

La máxima eficiencia de potencia se logra cuando mayor sea la potencia activa utilizada en un sistema, respecto a la potencia reactiva. Este valor debe ser lo más cercano a 1.

Esto se logra cuando las cargas son lineales, es decir, no tienen componentes inductivos o capacitivos. Este concepto es poco probable de lograrse en instalaciones donde se utilizan equipos como lámparas fluorescentes, computadoras, ventiladores y otros equipos. Este problema incide en la calidad de la onda de voltaje y corriente, y es penalizada por la empresa distribuidora.

La solución a esta problemática se conoce como corrección de factor de potencia, y se soluciona con la adaptación de equipos de compensación en la instalación eléctrica en estudio, conocido como bancos de capacitores. Conectados en paralelo a la carga en la que se requiere hacer la corrección.

Figura 39. **Diagrama de conexión de un banco de capacitores**

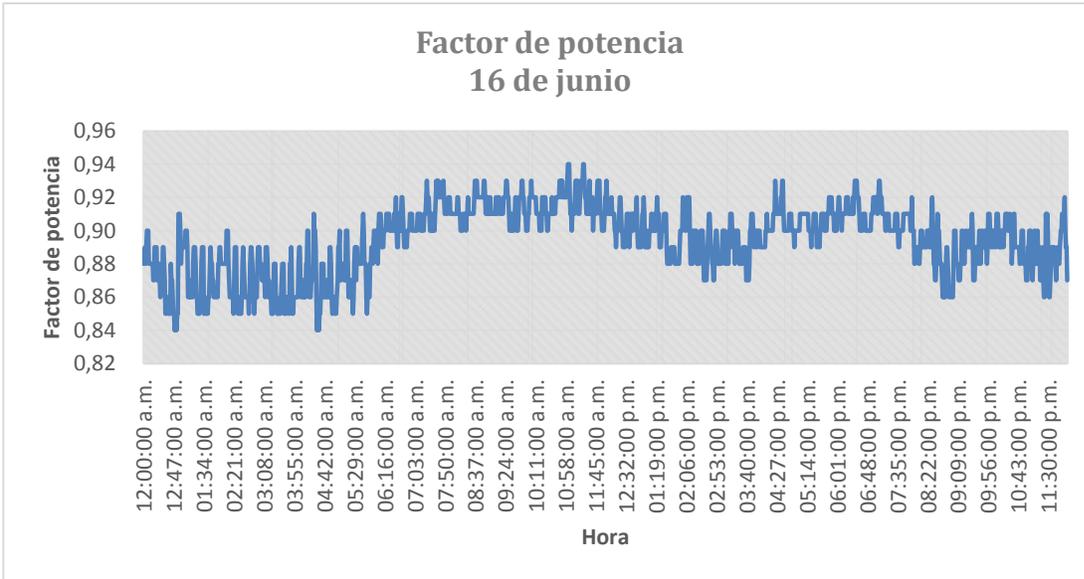


Fuente: elaboración propia.

2.2.4.1. Gráficas de factor de potencia para transformador núm. 1

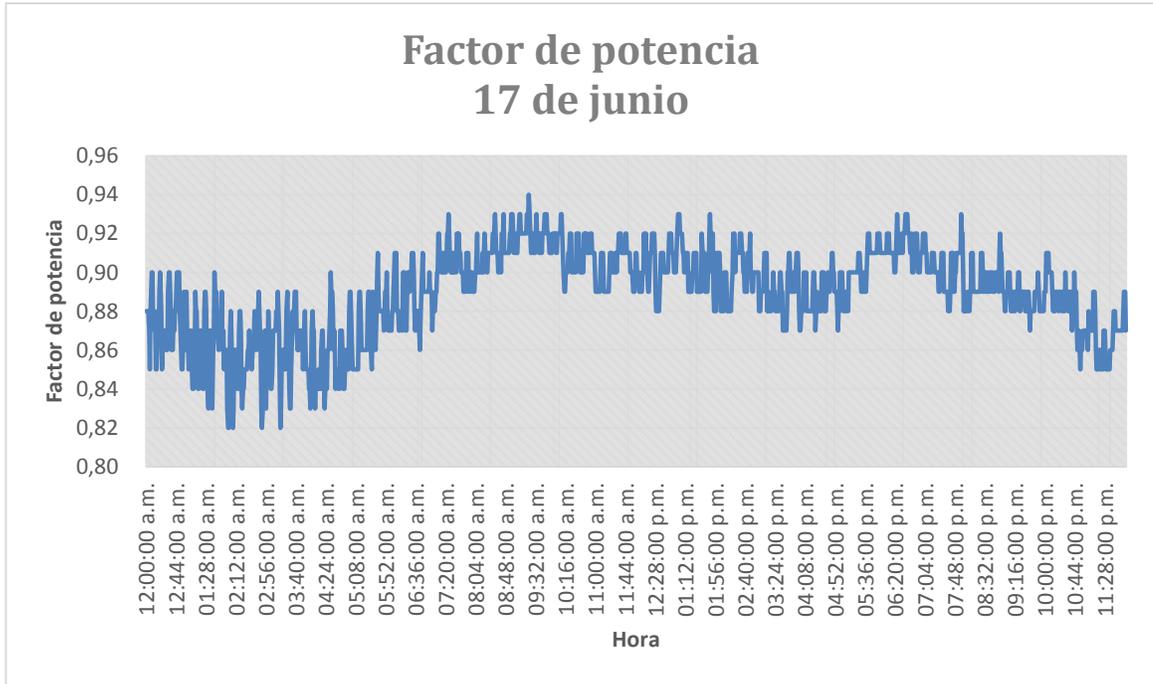
A continuación, se presentan las gráficas de de factor de potencia para transformador núm. 1.

Figura 40. **Factor de potencia de transformador núm. 1**
(sábado 16-06-2018)



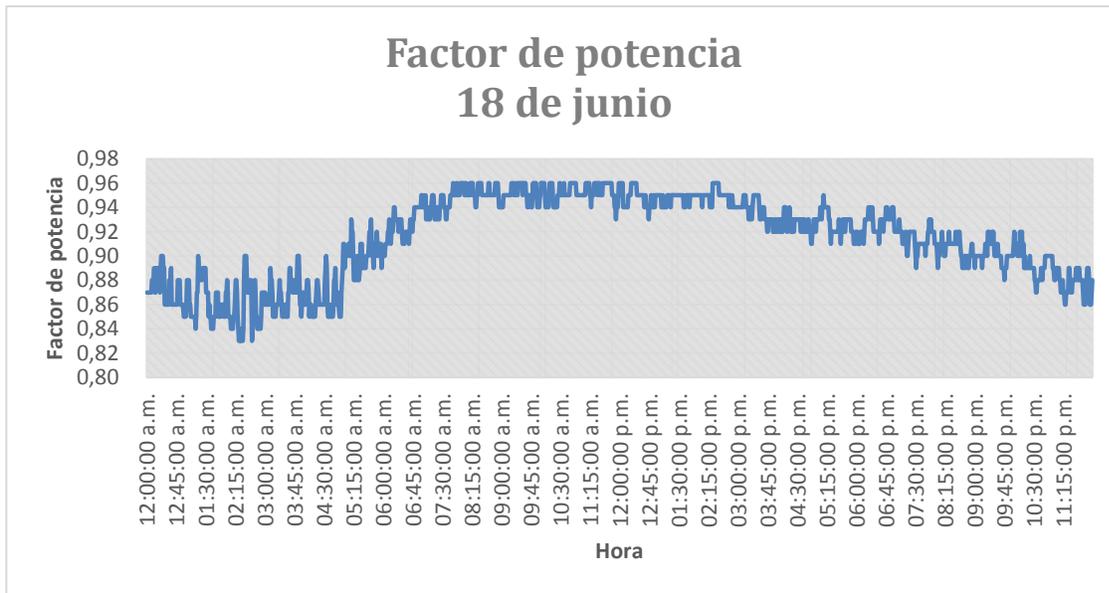
Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Factor de potencia de transformador núm. 1**
(domingo 17-06-2018)



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Factor de potencia de transformador núm. 1**
(lunes 18-06-2018)



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Factor de potencia en transformador núm. 1**

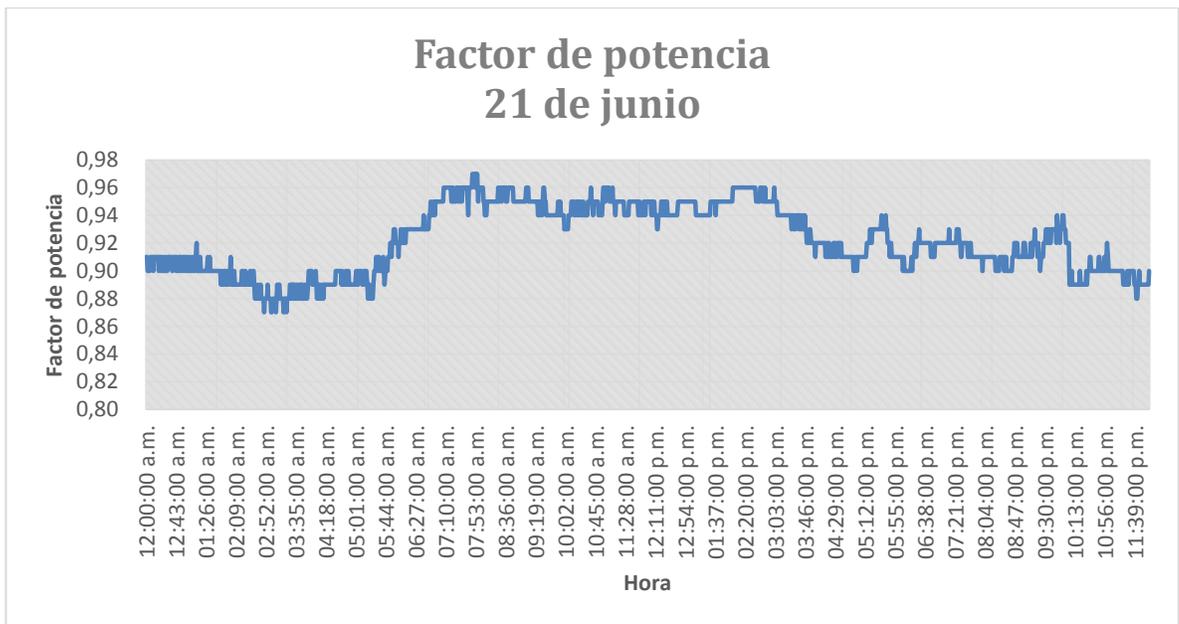
Factor de potencia	16-jun	17-jun	18-jun
Promedio	0,89	0,89	0,91
Máximo	0,94	0,94	0,96
Mínimo	0,84	0,82	0,83

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2. Gráficas de factor de potencia para transformador núm. 2

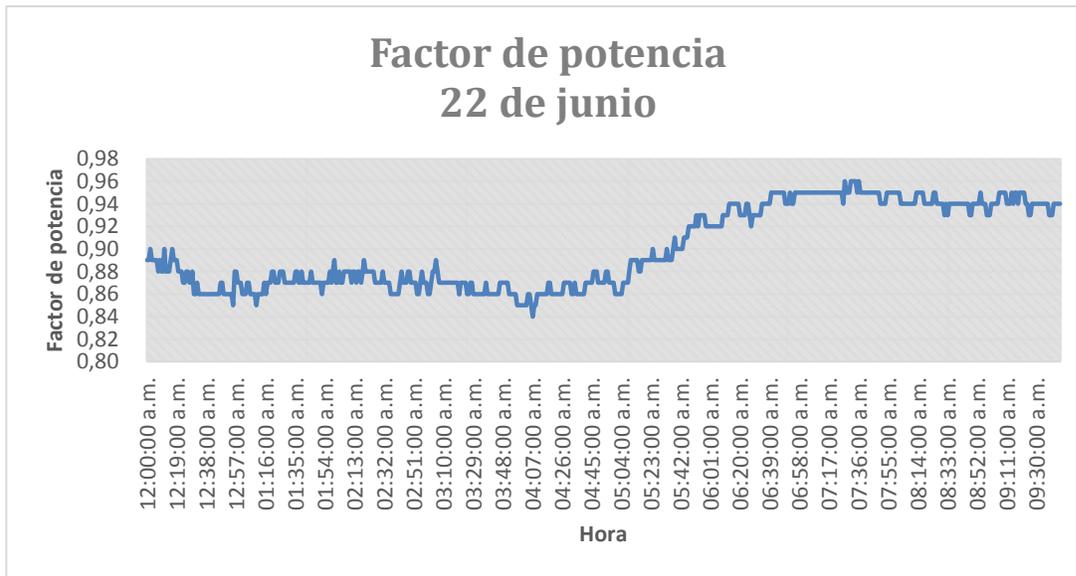
A continuación, se presentan las gráficas de factor de potencia para transformador núm. 2.

Figura 43. Factor de potencia en transformador núm. 2 (miércoles 21-06-2018)



Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Factor de potencia en transformador núm. 2**
(jueves 22-06-2018)



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Factor de potencia en transformador núm. 2**

Factor de potencia	21-jun	22-jun
Promedio	0,92	0,90
Máximo	0,97	0,96
Mínimo	0,87	0,84

Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Armónicos en la red

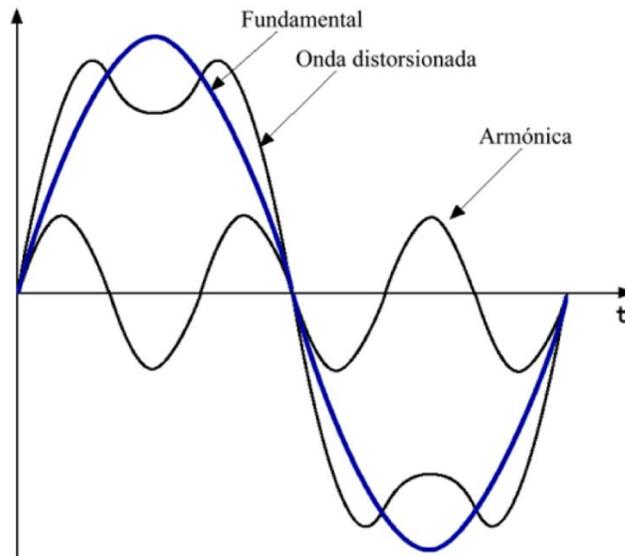
La distorsión en electricidad se conoce como la deformación de la onda de corriente y voltaje, a causa de consumos no lineales de corriente que provocan algunos equipos.

Esta deformación de onda provoca que toda la instalación este siendo alimentada por una onda distorsionada, creando problemas en la operación de los demás equipos.

Esta distorsión está conformada por varios componentes llamados Armónicos, y a la sumatoria total de armónicos se le conoce como distorsión armónica total, THD (Total Harmonic Distorsion) por sus siglas en inglés, para voltaje y para corriente.

Los armónicos se definen como señales de voltaje o corriente, de forma senoidal con frecuencias múltiplos a la frecuencia fundamental. La sumatoria total de armónicos se suma a la onda fundamental, produciéndose la distorsión en la onda senoidal.

Figura 45. **Armónicos y distorsión resultante**



Fuente: CAE. *Distorsión armónica*. <https://www.comoahorrarenergia.es/que-es-la-distorsion-armonica/distorsion-armonica/>. Consulta: 30 de noviembre de 2018.

En oficinas y residencias, los armónicos son provocados principalmente por cargas no lineales y equipos electrónicos, como la iluminación con balastos electrónicos, iluminación led, equipo de computación, cargadores de celulares, entre otros que consumen corriente en forma no senoidal y provocan distorsión en la corriente y el voltaje de la instalación. Esto puede causar daños en equipos electrónicos con mayor sensibilidad a variaciones de voltaje, y provoca reducción en la vida útil de los equipos y las instalaciones.

En la actualidad existen equipos que pueden determinar la presencia de armónicos en la red. Comúnmente conocidos como analizadores de red, con opciones de tomar diferentes parámetros eléctricos, en intervalos de tiempo definidos por el usuario, durante un tiempo de días o meses según lo requiera el estudio de la instalación.

Para determinar si los valores obtenidos de distorsión armónica están entre los límites aceptables, se toma como referencia la norma NTSD de la CNEE, para distorsión armónica de tensión y corriente.

Tabla XV. Límites de distorsión armónica de tensión

ORDEN DE LA ARMÓNICA (n)	DISTORSIÓN ARMÓNICA INDIVIDUAL DE TENSION, DAIT [%]	
	BAJA Y MEDIA TENSION V≤60 kV	ALTA TENSION 60Kv<V≤ 230 kV
IMPARES NO MULTIPLOS DE 3		
5	6.0	2.0
7	5.0	2.0
11	3.5	1.5
13	3.0	1.5
17	2.0	1.0
19	1.5	1.0
23	1.5	0.7
25	1.5	0.7
> 25	0.2 + 1.3*25/n	0.1 + 0.6*25/n
IMPARES MULTIPLOS DE 3		
3	5.0	2.0
9	1.5	1.0
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
> 21	0.2	0.2
PARES		
2	2.0	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.5	0.4
10	0.5	0.4
12	0.2	0.2
> 12	0.2	0.2
DISTORSION ARMONICA TOTAL DE TENSION, DATT, EN %	8	3

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica del servicio de distribución*.
<http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>. Consulta: 15
de noviembre de 2018.

Tabla XVI. Límites de distorsión armónica de corriente

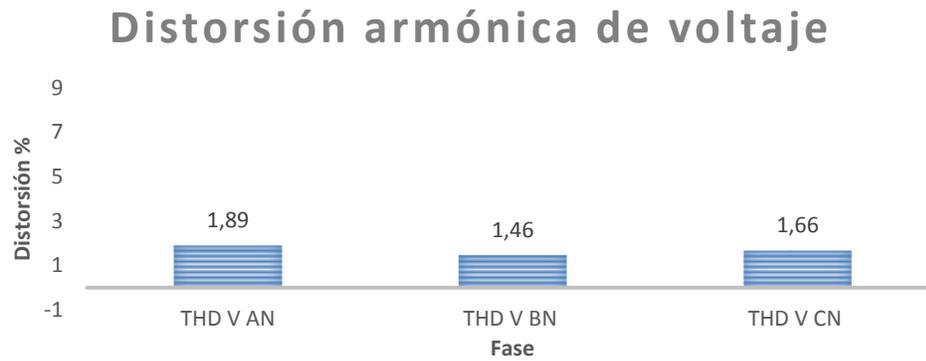
ORDEN DE LA ARMÓNICA (n)	P ≤ 10 kW V ≤ 1kV	P > 10Kw 1kV < V ≤ 60kV	P > 50kW v > 60kV
	INTENSIDAD ARMONICA MAXIMA (AMP)	DISTORSION ARMONICA INDIVIDUAL DE CORRIENTE DAII, EN %	
IMPARES NO MULTIPLOS DE 3			
5	2.28	12.0	6.0
7	1.54	8.5	5.1
11	0.66	4.3	2.9
13	0.42	3.0	2.2
17	0.26	2.7	1.8
19	0.24	1.9	1.7
23	0.20	1.6	1.1
25	0.18	1.6	1.1
> 25	4.5/n	0.2 + 0.8*25/n	0.4
IMPARES MULTIPLOS DE 3			
3	4.60	16.6	7.5
9	0.80	2.2	2.2
15	0.30	0.6	0.8
21	0.21	0.4	0.4
> 21	4.5/n	0.3	0.4
PARES			
2	2.16	10.0	10.0
4	0.86	2.5	3.8
6	0.60	1.0	1.5
8	0.46	0.8	0.5
10	0.37	0.8	0.5
12	0.31	0.4	0.5
> 12	3.68/n	0.3	0.5
DISTORSION ARMONICA TOTAL DE CORRIENTE DATI, EN %	--	20	12

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica del servicio de distribución.*
<http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>. Consulta: 15
 de noviembre de 2018.

2.2.5.1. Gráficas de distorsión armónica para transformador núm. 1

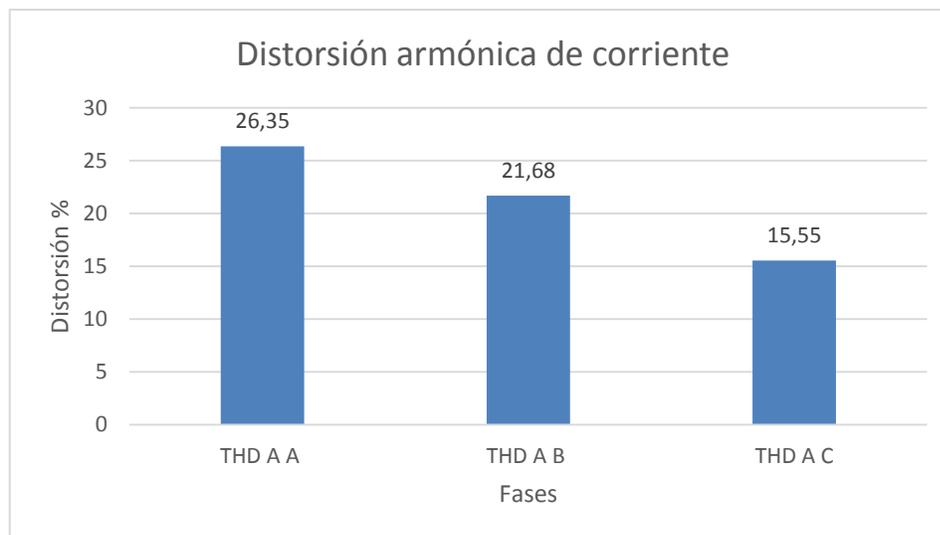
A continuación, se presentan las gráficas de distorsión armónica para transformador núm. 1.

Figura 46. **Distorsión armónica de voltaje en transformador núm. 1**



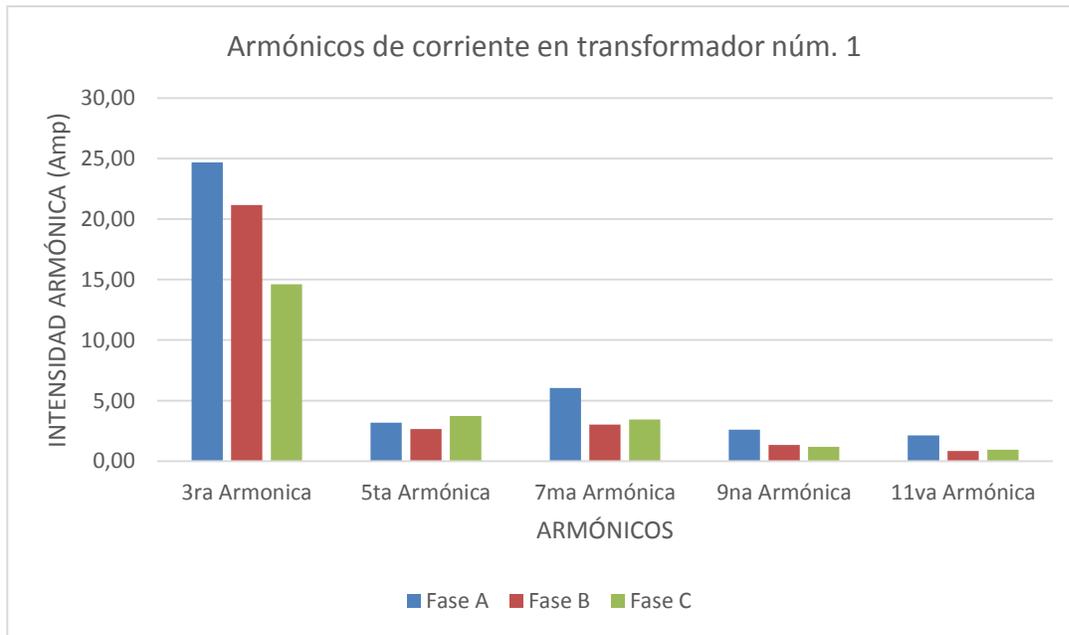
Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Distorsión armónica de corriente en transformador núm. 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Armónicos individuales de corriente para transformador núm. 1**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Armónicos de corriente para transformador núm. 1**

Fases	3ra Armónica	5ta Armónica	7ma Armónica	9na Armónica	11va Armónica
Fase A	24,68	3,18	6,05	2,60	2,12
Fase B	21,15	2,66	3,01	1,33	0,82
Fase C	14,62	3,74	3,43	1,18	0,94

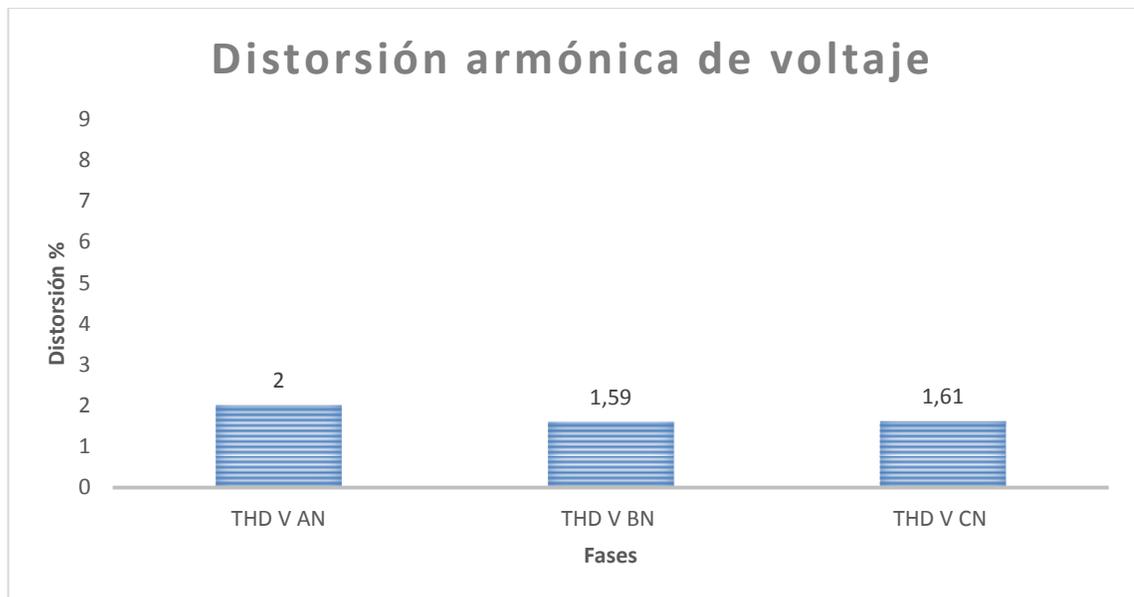
Fuente: elaboración propia.

Los datos fueron tomados los días sábado 16, domingo 17 y lunes 18 de junio del 2018, durante las 24 horas. Se muestran los datos promedio de los tres días.

2.2.5.2. Gráficas de distorsión armónica para transformador núm. 2

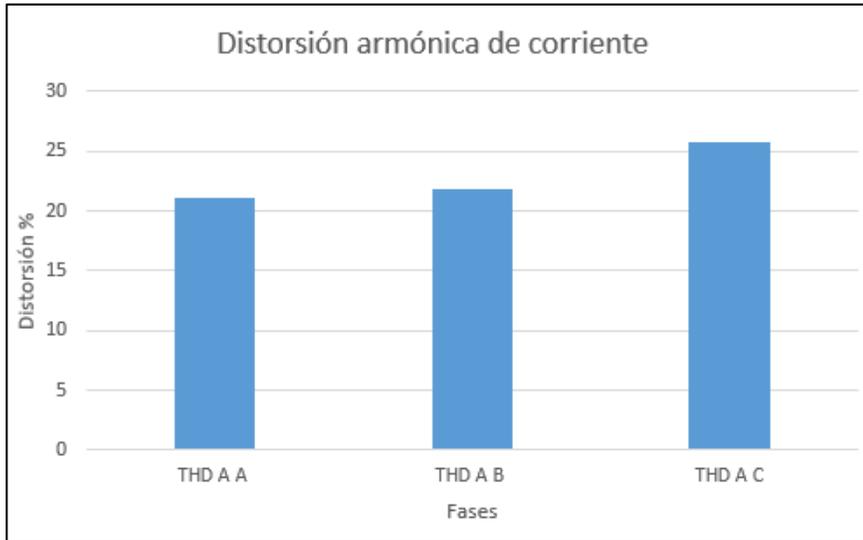
A continuación, se presentan las gráficas de distorsión armónica para transformador núm. 2.

Figura 49. Distorsión armónica de voltaje en transformador núm. 2



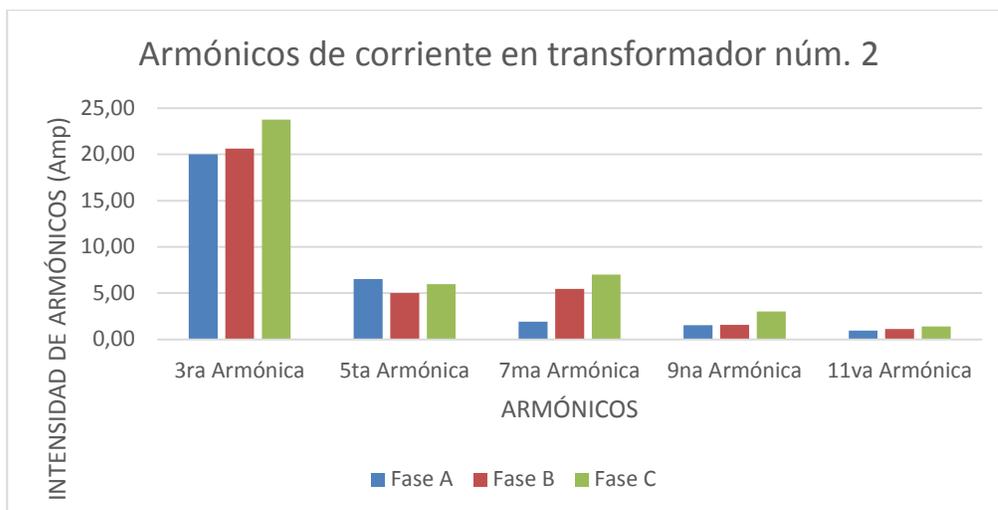
Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Distorsión armónica de corriente en transformador núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Armónicos individuales de corriente en transformador núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Armónicos individuales de corriente para transformador
núm. 2**

Fases	3ra armónica	5ta armónica	7ma armónica	9na armónica	11va armónica
Fase A	20,01	6,51	1,9	1,55	0,94
Fase B	20,63	5,02	5,45	1,58	1,13
Fase C	23,75	5,96	7,01	3,01	1,39

Fuente: elaboración propia.

Los datos fueron tomados los días miércoles 20 y jueves 21 de junio de 2018, durante las 24 horas. Se muestran los datos promedio de los dos días.

2.3. Levantamiento de planos eléctricos

Por la antigüedad de la infraestructura, el hospital únicamente cuenta con los planos originales, de los cuales algunos se encuentran en mal estado. Los planos fueron dibujados nuevamente.

2.3.1. Planos de fuerza

Se incluyen en forma digital, en formato PDF y en DWG, ver anexo II.

2.3.2. Planos de iluminación

Se incluyen en forma digital, en formato PDF y en DWG, ver anexo II.

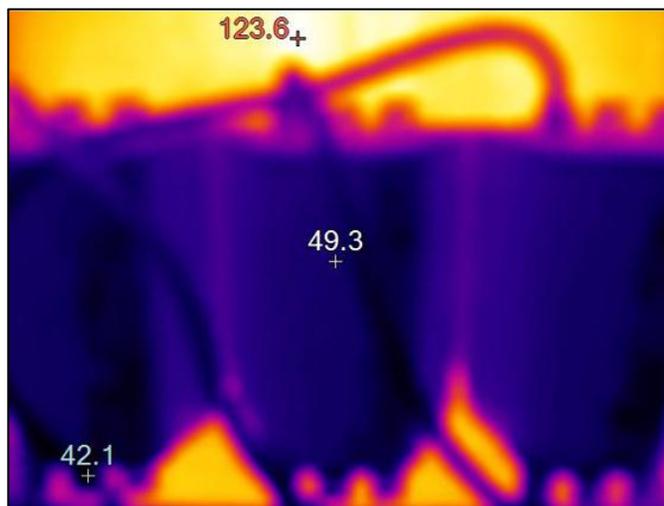
2.4. Mediciones térmicas

Se utilizó una cámara termográfica, marca Fluke, modelo Tis45, para la medición de temperatura en los dos transformadores principales y en los tableros principales de distribución.

2.4.1. Transformador y tablero núm. 1

A continuación, se presenta el transformador y tablero núm. 1.

Figura 52. Imagen térmica de transformador núm. 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 53. **Imagen de luz visible de transformador núm. 1**



Fuente: elaboración propia.

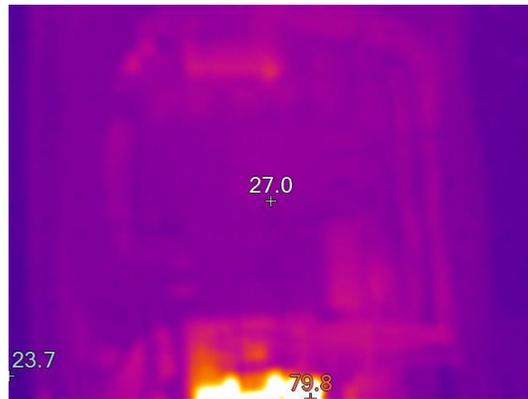
Tabla XIX. **Temperaturas en transformador núm. 1**

Temperatura punto central	49,3 °C
Temperatura máxima	123,6 °C
Temperatura mínima	42,1 °C

Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos en el transformador muestran un valor de temperatura en el punto central, sobre un devanado, con un valor de 49,3 °C. Un valor similar en los otros dos devanados, según la escala infrarroja. No presenta calentamiento. La temperatura máxima es el resultado del reflejo en las partes metálicas del transformador.

Figura 54. **Imagen térmica de tablero principal núm. 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Imagen de luz visible en tablero principal núm. 1**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Temperaturas en tablero principal núm. 1**

Temperatura punto central	27,0 °C
Temperatura máxima	79,8 °C
Temperatura mínima	23,7 °C

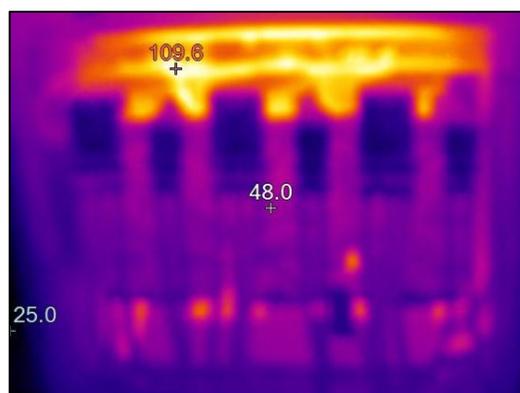
Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos no muestran calentamiento en el tablero principal núm. 1. La temperatura máxima hace referencia a las barras del tablero, siendo la radiación en el metal la temperatura indicada.

2.4.2. **Transformador y tablero núm. 2**

A continuación, se presenta el transformador y tablero núm. 2.

Figura 56. **Imagen térmica de transformador núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Imagen de luz visible en transformador núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

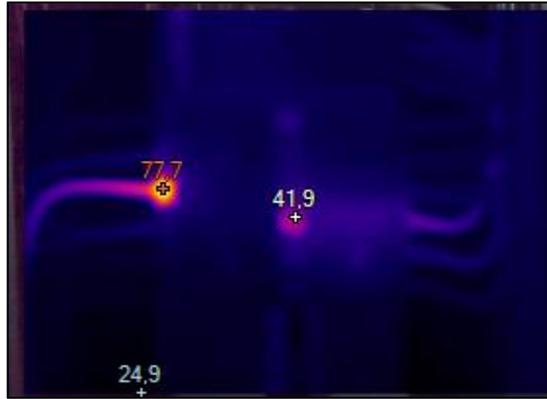
Tabla XXI. **Temperaturas en transformador núm. 2**

Temperatura punto central	48,0 °C
Temperatura máxima	109,6 °C
Temperatura mínima	25,0 °C

Fuente: elaboración propia.

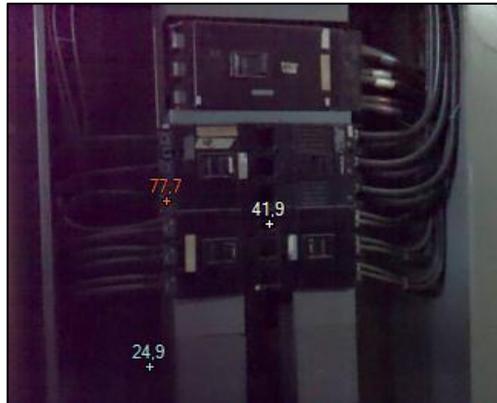
Los datos obtenidos muestran calentamiento en un conductor que sale del tablero, con una temperatura mínima de 25,0 °C y una máxima de 109,6 °C, esta última resultado del reflejo del metal. En los devanados se tiene una temperatura de 48,0 °C, con valores similares para los otros devanados.

Figura 58. **Imagen térmica de tablero principal núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 59. **Imagen de luz visible en tablero principal núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Temperaturas en tablero principal núm. 2**

Temperatura punto central	41,09 °C
Temperatura máxima	77,7 °C
Temperatura mínima	24,9 °C

Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos muestran calentamiento en un conductor que sale del primer interruptor de distribución en la fase 3. Con una temperatura de 77,7 °C. Se muestra calentamiento en 41,09 °C en el interruptor núm. 4.

Todas las demás áreas no presentan calentamiento.

2.5. Mediciones de iluminación

El Hospital General San Juan de Dios tiene en sus instalaciones 2 edificaciones de 7 niveles cada una, para la atención de pacientes que requieren tratamientos durante las 24 horas, todos los días hasta su recuperación.

Estas edificaciones, conocidas por el hospital como torre norte y torre sur, contemplan áreas de encamamiento posterior a los diferentes tratamientos que reciben los pacientes, por lo que es necesaria su revisión médica constante durante el día.

Por tal motivo, se requiere de la iluminación permanente en la mayoría de áreas de encamamiento y pasillos, tomando en cuenta que solo algunos espacios cuentan con ventanas para ventilación e iluminación natural.

A continuación, se detalla un inventario del sistema de iluminación en la torre norte, incluyendo la emergencia de adultos, del hospital. Así como la eficiencia en cuanto al estado de las lámparas y la intensidad de iluminación en cada área, comparado con la iluminación óptima recomendada en el Acuerdo Gubernativo 229-2014, de la república de Guatemala.

2.5.1. Inventario de lámparas y luminarias

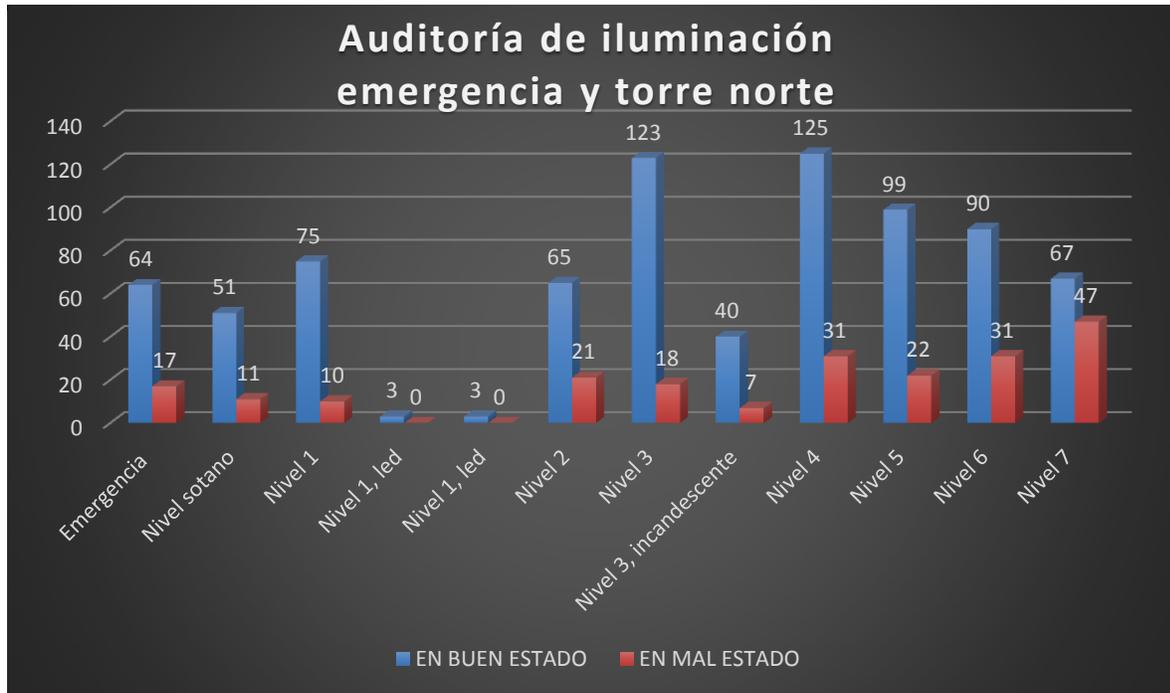
A continuación, se describe el inventario de lámparas y luminarias.

Tabla XXIII. **Resumen de iluminación. Área de emergencia y torre norte**

Nivel	Tipo de lámpara	Tipo luminaria	Tipo de difusor	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Eficiencia
Emergencia	Flourescente	Flourescente, tubular 2x40 W	Difusor prismático	81	64	17	79 %
Nivel sotano	Flourescente	Flourescente, tubular 2x40 W	Difusor prismático	62	51	11	82 %
Nivel 1	Flourescente	Flourescente, tubular 2x40 W	Difusor prismático	85	75	10	88 %
Nivel 1, led	Led	Empotrable, 9 W	Sin difusor	3	3	0	100 %
Nivel 1, led	Led	Empotrable de 4x18 W	Sin difusor	3	3	0	100 %
Nivel 2	Flourescente	Flourescente, tubular 2x40 W	Difusor prismático	86	65	21	76 %
Nivel 3	Flourescente	Flourescente, tubular 2x40 W	Difusor prismático	141	123	18	87 %
Nivel 3, incandescente	Incandescente	Empotrable, 150 W	Sin difusor	47	40	7	85 %
Nivel 4	Flourescente	Flourescente, tubular 2x40 W	Difusor prismático	156	125	31	80 %
Nivel 5	Flourescente	Flourescente, tubular 2x40 W	Difusor prismático	121	99	22	82 %
Nivel 6	Flourescente	Flourescente, tubular 2x40 W	Difusor prismático	121	90	31	74 %
Nivel 7	Flourescente	Flourescente, tubular 2x40 W	Difusor prismático	114	67	47	59 %
			Total	939	741	198	PROMEDIO 83 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 60. Estado de la iluminación



Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Nivel de iluminación

El nivel de iluminación es la cantidad de flujo luminoso, producida por una fuente, que incide sobre un área determinada. Conocido como lux.

En las instalaciones de Hospital General San Juan de Dios, se tomó el nivel de iluminación con un luxómetro, directamente en cada área de trabajo en que se divide cada nivel de torre norte y se comparan con los niveles recomendados en el Acuerdo Gubernativo 229-2014, sobre seguridad industrial y salud ocupacional. Se detallan los datos obtenidos en las tablas siguientes:

Tabla XXIV. Iluminación en emergencia de adultos

Emergencia de adultos											
No.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Luz natural (ventanas)	Nivel de Iluminación (Lux)	Nivel de Iluminación recomendado (Lux)	Comentario	
1	Entrada de la emergencia	Floorescente	tubular de 2x40 W	3	3	0	No	250	200	Sí cumple	
2	Clasificación	Floorescente	tubular de 2x40 W	1	1	0	No	200	1500	No cumple	
3	Clínica médica	Floorescente	tubular de 2x40 W	3	3	0	No	100	1500	No cumple	
4	Clínica de cirugía	Floorescente	tubular de 2x40 W	3	3	0	No	100	1500	No cumple	
5	Clínica de medicina	Floorescente	tubular de 2x40 W	3	2	1	No	150	1500	No cumple	
6	Área roja	Floorescente	tubular de 2x40 W	46	30	16	No	200	1500	No cumple	
7	Farmacia	Floorescente	tubular de 2x40 W	1	1	0	No	200	500	No cumple	
8	Inhaloterapia	Floorescente	tubular de 2x40 W	5	5	0	No	225	500	No cumple	
9	Observación	Floorescente	tubular de 2x40 W	14	14	0	No	225	500	No cumple	
10	Sanitario de personal	Floorescente	tubular de 2x40 W	2	2	0	No	200	200	Sí cumple	
11	Sanitario de pacientes	Floorescente	tubular de 2x40 W	2	2	0	no	150	200	No cumple	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Iluminación en nivel sótano

Nivel sótano. Torre norte											
No.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Luz natural (ventanas)	Nivel de Iluminación (Lux)	Nivel de Iluminación recomendado (Lux)	Comentario	
1	Departamento de seguridad	Floorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	No	250	200	Sí cumple	
2	Departamento de telefonía	Floorescente	Tubular de 2x40 W	3	2	1	No	200	200	Sí cumple	
3	Baño de hombres	Floorescente	Tubular de 2x40 W	3	1	2	No	100	150	No cumple	
4	Baño de mujeres	Floorescente	Tubular de 2x40 W	3	1	2	No	100	150	No cumple	
5	Subdirección de personal	Floorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	No	300	200	Sí cumple	
6	Subdirección de enfermería	Floorescente	Tubular de 2x40 W	3	2	1	No	250	200	Sí cumple	
7	Recepción	Floorescente	Tubular de 2x40 W	8	7	1	No	300	200	Sí cumple	
8	Jefaturas	Floorescente	Tubular de 2x40 W	3	3	0	No	320	200	Sí cumple	
9	Departamento jurídico	Floorescente	Tubular de 2x40 W	14	12	2	No	150	200	No cumple	
10	Dirección médica	Floorescente	Tubular de 2x40 W	14	12	2	No	300	200	Sí cumple	
11	Área de contratos	Floorescente	Tubular de 2x40 W	4	4	0	No	250	200	Sí cumple	
12	Gradas	Floorescente	Tubular de 2x40 W	3	3	0	No	150	200	No cumple	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Iluminación en nivel 1

Nivel 1. Torre norte										
No.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Luz natural (ventanas)	Nivel de Iluminación (Lux)	Nivel de Iluminación recomendado (Lux)	Comentario
1	Archivo de tesorería	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	4	3	1	si	290	1500	No cumple
2		Fluorescente	Compacta de 32 W	3	3	0	si			
3		LED	Empotrable de 9 W	3	3	0				
4		LED	Empotrable de 2x18 W	3	3	0	si			
5	Clínica de VIH 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	si	150	500	No cumple
6	Clínica de VIH 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	si	150	500	No cumple
7	Clínica de VIH 3	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	si	150	500	No cumple
8	Clínica de VIH 4	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	150	500	No cumple
9	Clínica familiar 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	500	No cumple
10	Clínica familiar 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	500	No cumple
11	Clínica familiar 3	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	500	No cumple
12	Baño de hombres	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	150	150	Sí cumple
13	Baño de mujeres	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	150	150	Sí cumple
14	Farmacia	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	200	500	No cumple
15	Fundación Pro-desarrollo	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
16	Sala de juntas	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	300	400	No cumple
17	Oficina de jefatura	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	1	1	no	150	200	No cumple
18	Recepción	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	350	200	Sí cumple
19	Oficina de contabilidad	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	270	200	Sí cumple
20	Área Principal	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	8	7	1	no	240	200	Sí cumple
21	Departamento de personal	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	9	7	2	no	210	200	Sí cumple
22	Pasillo principal	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	30	25	5	si	275	200	Sí cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Iluminación en nivel 2

Nivel 2. Torre norte										
No.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Luz natural (ventanas)	Nivel de Iluminación (Lux)	Nivel de Iluminación recomendado (Lux)	Comentario
1	Unidad de terapia respiratoria	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	2	4	si	100	1 500	No cumple
2	Sala de Intensivo	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	12	11	1	si	480	1 500	No cumple
	Intensivo de enfermedades coronarias									Sí cumple
3	Sala 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
4	Sala 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
5	Sala 3	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
6	Sala 4	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
7	Sala 5	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
8	Pasillo de intensivo	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	24	20	4	no	270	200	Sí cumple
9	Lavandería	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	250	150	Sí cumple
10	Bodega	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	3	2	1	no	200	150	Sí cumple
11	Sala de conferencias	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	8	8	0	no	300	400	No cumple
12	Mantenimiento	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	0	1	no	150	200	No cumple
13	Neurocirugía	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	18	9	9	no	600	1 500	No cumple
14	Hemodiálisis	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	5	1	no	500	1 500	No cumple
15	Jefatura médica	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	200	200	Sí cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Iluminación en nivel 3

Nivel 3. Torre norte										
No.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Luz natural (ventanas)	Nivel de Iluminación (Lux)	Nivel de Iluminación recomendado (Lux)	Comentario
1	Encamamiento neurocirugía	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	5	5	0	si	200	200	Sí cumple
2	Encamamiento hombres	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	11	8	3	si	250	200	Sí cumple
3		Incandescente	Empotrable de 150 W	12	11	0	si		200	
4	Encamamiento mujeres	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	11	7	4	si	250	200	Sí cumple
5		Incandescente	Empotrable de 150 W	11	9	0	si		200	
6	Trabajo social	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
7	Mantenimiento	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	150	200	No cumple
8	Sala de endoscopia	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	15	12	3	si	200	1500	No cumple
9	Neurocirugía adultos	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	22	22	0	si	250	200	Sí cumple
10		Incandescente	Empotrable de 150 W	24	20	4	si		200	
11	Secretaría de neurología	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	200	200	Sí cumple
12	Encamamiento 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	3	3	0	si	200	200	Sí cumple
13	Encamamiento 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	3	3	0	si	200	200	Sí cumple
14	Encamamiento 3	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	4	4	0	si	200	200	Sí cumple
15	Pasillo	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	15	7	8	no	150	200	No cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Iluminación en nivel 4

Nivel 4. Torre norte										
No.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Luz natural (ventanas)	Nivel de Iluminación (Lux)	Nivel de Iluminación recomendado (Lux)	Comentario
1	Encamamiento hombres cirugía	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	4	3	1	si	150	200	No cumple
2	Conserjería	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	si	150	200	No cumple
3	Mantenimiento	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	si	150	200	No cumple
4	Jefatura de departamento clínico	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	si	150	200	No cumple
5	Estación de enfermería	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	5	1	si	150	200	No cumple
6	Club residentes de cirugía	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	8	6	2	si	150	200	No cumple
7	Alojamiento segunda cirugía	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	5	5	0	si	200	200	Sí cumple
8	Aislamiento primera cirugía	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	4	4	0	si	200	200	Sí cumple
9	Cirugía de hombres	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	48	40	8	si	300	200	Sí cumple
10	Oficina segunda unidad cirugía	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	200	200	Sí cumple
11	Cirugía de hombres	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	48	36	12	si	300	200	Sí cumple
12	Biblioteca	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	si	150	400	No cumple
13	Internet	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	8	7	1	si	150	400	No cumple
14	Oficina	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
15	Pasillo	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	18	12	6	no	150	200	No cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. Iluminación en nivel 5

Nivel 5. Torre norte										
No.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Luz natural (ventanas)	Nivel de Iluminación (Lux)	Nivel de Iluminación recomendado (Lux)	Comentario
1	Encamamiento de hombres	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	4	2	si	200	200	Sí cumple
2	Encamamiento especial	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	4	2	si	200	200	Sí cumple
3	Unidad de diagnóstico	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	4	4	0	no	250	1 500	No cumple
4	Oficina administrativa	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	200	200	Sí cumple
5	Oficina de jefatura	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
6	Encamamiento 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	48	38	10	si	300	200	Sí cumple
7	Encamamiento 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	46	40	6	si	300	200	Sí cumple
8	Laboratorio	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	4	2	no	200	500	No cumple
9	Clínica	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	150	1 500	No cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. Iluminación en nivel 6

Nivel 6. Torre norte										
No.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Luz natural (ventanas)	Nivel de Iluminación (Lux)	Nivel de Iluminación recomendado (Lux)	Comentario
1	Encamamiento de hombres	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	2	4	si	150	200	No cumple
2	Encamamiento especial	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	5	1	si	200	200	No cumple
3	Unidad de diagnóstico	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	4	4	0	no	200	1 500	No cumple
4	Oficina administrativa	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	200	200	Sí cumple
5	Oficina de jefatura	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	1	1	0	no	150	200	No cumple
6	Encamamiento de trasplante 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	48	35	13	si	200	200	Sí cumple
7	Encamamiento de trasplante 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	46	36	10	si	200	200	Sí cumple
8	Laboratorio de inmunología	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	3	3	no	150	500	No cumple
9	Clínica de procedimientos	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	2	2	0	no	200	1 500	No cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Iluminación en nivel 7

Nivel 7. Torre norte										
No.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad	En buen estado	En mal estado	Luz natural (ventanas)	Nivel de Iluminación (Lux)	Nivel de Iluminación recomendado (Lux)	Comentario
1	Dormitorio de residentes 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	2	4	si	50	150	No cumple
2	Dormitorio de residentes 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	5	1	si	90	150	No cumple
3	Dormitorio de residentes 3	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	3	3	si	200	150	No cumple
4	Dormitorio de residentes 4	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	3	3	si	300	150	No cumple
5	Dormitorio de residentes 5	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	4	2	si	150	150	Sí cumple
6	Dormitorio de residentes 6	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	2	4	si	150	150	Sí cumple
7	Dormitorio de residentes 7	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	4	2	si	100	150	No cumple
8	Dormitorio de residentes 8	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	3	3	si	150	150	Sí cumple
9	Auditorio	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	10	10	0	si	200	400	No cumple
10	Salón de clases 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	4	2	no	150	400	No cumple
11	Salón de clases 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6	4	2	no	150	400	No cumple
12	Baño en cada dormitorio	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	8	8	0	no	100	100	Sí cumple
13	Pasillo	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	36	15	21	no	150	200	No cumple

Fuente: elaboración propia

Los valores recomendados de iluminación los establece el Acuerdo Gubernativo 229-2014, reglamento de salud y seguridad ocupacional.

Tabla XXXIII. **Niveles de iluminación recomendados**

Zona de trabajo	Exigencia Visual	Nivel mínimo de luxes en las áreas de trabajo
Hospitales		
Baños	Baja	100-150
Sala de espera y corredores	Media	200-500
Laboratorios	Alta	500-1000
Cuarto de examinación	Alta	1 500-2 000
Quirófano y sala de operaciones	Alta	1 000-3 000
Oficinas		
Baños	Baja	100-150
Recepción y sala de reuniones	Media	200-500
Bodega de materiales	Media	200-500
Trabajo de oficinistas	Media	500-1000
Redacción	Alta	1 500-2 000
Archivo	Alta	1 500-2 000

Fuente: Acuerdo Gubernativo 229-2 014. *Reglamento.*

file:///C:/Users/Asus/Downloads/REGLAMENTO%20G.%20SSO%20(1).pdf. Consulta: 23 de julio del 2018.

2.6. Análisis de resultados

La Norma IEC 61000 hace referencia a la calidad de energía eléctrica como las características de la electricidad en un punto dado de la red eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia.

En general, se puede considerar la calidad de la energía eléctrica como la combinación de la disponibilidad, la calidad de la tensión y de la corriente, sin presentar perturbaciones que estén fuera de los parámetros recomendados.

Para determinar el comportamiento real de la instalación eléctrica del área en estudio, se hace el siguiente análisis de resultados obtenidos, y presentados en los capítulos anteriores.

2.6.1. Análisis de voltaje

De acuerdo a los resultados obtenidos y tomando como referencia la norma IEC 60364, establece que la caída de voltaje total máxima para una combinación de circuito derivado y alimentador no debe exceder el 5 % del valor del voltaje nominal.

De acuerdo a los resultados, el voltaje mínimo es de 115,43 V, y un valor máximo de 125,54 V.

Por lo que para un voltaje nominal de 120 v, se tiene:

$$V_{\min} = V_{\text{nom}} - (V_{\text{nom}} \times 0,05)$$

$$V_{\min} = 120 - (120 \times 0,05)$$

$$V_{\min} = 120 - 6$$

$$V_{\min} = 114 \text{ voltios}$$

Donde:

- V_{\min} = voltaje mínimo aceptable
- V_{nom} = voltaje nominal
- V_{\min} obtenido = voltaje mínimo obtenido con analizador

Considerando que V_{\min} obtenido $>$ V_{\min} , se concluye que no se tiene una caída fuera de los límites aceptables.

Sin embargo, se observa que existe un patrón el comportamiento de voltaje durante las 24 horas, provocando caídas de tensión en horarios de la mañana, y voltajes elevados durante la noche.

Este comportamiento es justificable; durante el día, con la hora de atención y visitas de los pacientes, así como el diagnóstico y tratamiento para ciertas enfermedades durante horas hábiles del día, los horarios de comida y la atención en las oficinas administrativas en cada área, siendo estas en jornada laboral diurna. Y durante la noche, el voltaje tiende a aumentar por la reducción de consumo de energía, utilizando únicamente equipos médicos en áreas críticas, y la iluminación.

2.6.2. Análisis de corrientes

La corriente en una instalación eléctrica no es un parámetro constante y su comportamiento depende de la carga conectada. De acuerdo al tipo de carga conectada así será su comportamiento en el tiempo, como lo demostró en la graficas de la corriente.

Del comportamiento de la corriente en cada fase, se pueden determinar parámetros que afectan la calidad de la energía eléctrica, uno de ellos es el desbalance de corrientes en el transformador.

De los datos obtenidos y cálculos realizados, se tienen un desbalance máximo de 37 % y 39 % para transformadores núm. 1 y núm. 2, respectivamente.

Basado en lo recomendado por la Comisión Electrotecnia Internacional, (IEC), sobre los límites máximos de desbalance en transformadores trifásicos, establece un máximo del 10 % de desbalance.

Para los datos obtenidos y cálculos realizados en el capítulo anterior se tienen los resultados siguientes:

Desbalance transformador núm. 1

$$37 \% > 10 \%$$

Desbalance transformador núm. 2

$$39 \% > 10 \%$$

Para ambos casos no se cumple con los límites recomendados.

El desbalance en los transformadores trifásicos analizados es provocado por la distribución no uniforme de las cargas monofásicas, que en su mayoría son de iluminación, equipo de oficina, electrodomésticos y equipo médico.

Las consecuencias de un desbalance, un flujo elevado de corriente en el neutro del transformador, como se observa en los datos obtenidos: 50,84 y 60,26 amperios en transformador núm. 1 y 2, respectivamente.

Un desbalance genera calentamiento en los arrollamientos de un transformador, si los valores de potencia demandada están cerca o se aproximan a la capacidad de nominal del transformador.

2.6.3. Desbalance de corriente en transformadores

A continuación, se describe el desbalance de corriente en transformadores.

2.6.3.1. Transformador núm. 1

- Capacidad: 300kVA (potencia aparente).
- Voltaje: 480-208/120 V (voltaje nominal primario-secundario, Delta-Estrella aterrizada).

$$S = \sqrt{3} V_n * I_n$$

Donde:

- S = potencia aparente
- Vn = voltaje nominal
- In = corriente nominal de línea

$$I_n = \frac{300\,000}{\sqrt{3} * 120}$$

$$I_n = 1\,443,41 \text{ amperios}$$

Comparando datos obtenidos:

Tabla XXXIV. **Capacidad nominal en transformador núm. 1**

Transformador núm. 1	
Capacidad nominal	300 kVA
Corriente máxima fase A	195,8 amp.
Corriente máxima fase B	238,5 amp.
Corriente máxima fase C	190,6 amp.

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, aun con desbalance, los valores no sobrepasan los límites del transformador núm. 1, lo cual no provoca calentamiento en los arrollamientos. Es decir, la capacidad del transformador es superior al consumo para el que se utiliza.

2.6.3.2. Transformador núm. 2

- Capacidad: 500 KVA (potencia aparente).
- Voltaje: 480-208/120 V (voltaje nominal primario-secundario, delta-estrella aterrizada).

$$I_n = \frac{500\ 000}{\sqrt{3} * 120}$$

$$I_n = 2\ 405,69 \text{ amperios}$$

Comparando datos obtenidos:

Tabla XXXV. **Transformador núm. 2**

Transformador núm. 2	
Capacidad nominal	500 kVA
Corriente máxima fase A	174,00 amp.
Corriente máxima fase B	164,60 amp.
Corriente máxima fase C	133,70 amp.

Fuente: elaboración propia.

Los valores de corriente están muy debajo de la capacidad del transformador, por lo que aun con el desbalance, el transformador no presenta calentamiento.

Como se observó, la corriente no presenta problemas que impactan significativamente el transformador, ya que están sobredimensionados en ambos casos.

En impacto del desbalance se tiene en el conductor neutro del transformador, que presenta un valor de corriente elevado y puede generar calentamientos del conductor dependiendo sus condiciones de vida útil y capacidad. Por el momento no presenta calentamiento, pero si se proyecta un aumento de demanda en las instalaciones, puede sobrepasar los límites técnicos de operación.

2.6.4. Factor de potencia

De acuerdo a la norma técnica de servicio de distribución, de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, establece los valores para los usuarios:

Usuarios con potencias superiores a 11 kW > 0,90

Tabla XXXVI. **Acometidas en las que aplica la norma**

Contador t-01128	Correlativo 658981	Contador l-94722	Correlativo 658992	Contador j 39547	Correlativo 673375
Tarifa: baja tensión dem. Fuera de punta (btdfp)	Potencia contratada: 56 kW	Tarifa: baja tensión dem. Fuera de punta (btdfp)	Potencia contratada: 30,9 kW	Tarifa : demanda mayor en punta	Potencia contratada 1 078 kW

Fuente: elaboración propia.

Usuarios con potencias de hasta 11 kW > 0,85

Tabla XXXVII. **Acometida en la que aplica la norma**

Contador k 21080	Correlativo 664382
Tarifa: baja tensión simple. Bts	Potencia contratada < 11 kW

Fuente: elaboración propia.

Estos valores deben ser cumplidos por el usuario, teniendo sanciones por un bajo factor de potencia que es incluido en el contrato entre el distribuidor y el usuario, considerando las tarifas establecidas por la comisión.

Es mediciones fueron tomadas en los transformadores de la alimentación principal, contador J39547, por lo que debe cumplir con un factor de potencia mínimo de 0,85.

- Transformador núm. 1

Presenta un factor de potencia mínimo de 0,83 y un valor máximo de 0,96. De los datos obtenidos en el analizador de energía, este valor bajo de factor de potencia es provocado por la potencia reactiva inductiva utilizada en la iluminación fluorescente. Por lo anterior, se observa que en esta área se tiene un bajo factor de potencia.

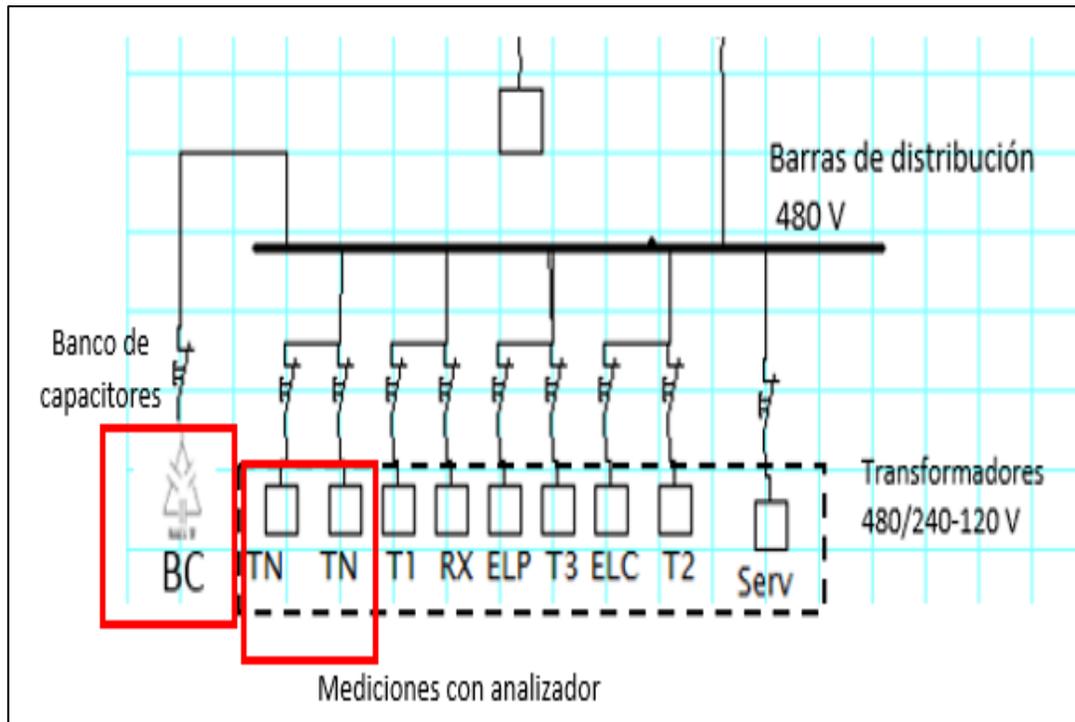
- Transformador núm. 2

Para el transformador núm. 2, se tiene un factor de potencia mínimo 0,84, y un valor máximo de 0,96. De igual forma, se observa un factor de potencia bajo.

Este valor no incide en cargos con el distribuidor, ya que la instalación eléctrica del hospital tiene un banco de compensación con capacitores, con capacidad de 600 KVAR, tipo automático; esta medición se efectuó en dos transformadores que alimentan la torre norte, después del banco de capacitores.

La razón de tomar la medición a estos dos transformadores después del banco de capacitores, fue por la necesidad de obtener información por cada edificio que conforma el hospital. Para este caso solamente se tiene información de la instalación eléctrica del área denominada torre norte.

Figura 61. **Diagrama unifilar del banco de capacitores y transformadores analizados**



Fuente: elaboración propia.

- Efectos de un bajo factor de potencia

Aunque los efectos de un bajo factor de potencia no impactan en la facturación, en forma de penalización por un bajo valor, si hay desventajas en la instalación eléctrica, las más comunes son:

- Aumento de la intensidad de corriente.
- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión en las terminales más alejadas del transformador.

- Incrementos de potencia del transformador, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores.
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- Pérdidas por calentamiento en los conductores.

2.6.5. Distorsión armónica

- Distorsión armónica de voltaje (THDV)

Tabla XXXVIII. Datos de distorsión armónica de voltaje

Distorsión armónica de voltaje		
Fase	Transformador núm. 1	Transformador núm. 2
Thd v an	1,89	2
Thd v bn	1,46	1,59
Thd v cn	1,66	1,61

Fuente: elaboración propia.

Tomando como referencia la norma técnica del servicio de Distribución, de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, de la CNEE, el límite para instalaciones con tensiones menores a 69 kV, el máximo de distorsión armónica total debe ser del 8 %.

Por lo tanto, para distorsión armónica de voltaje en los transformadores núm. 1 y núm. 2, no hay valores fuera de los límites recomendados.

- Distorsión armónica de corriente (THDA)

Tabla XXXIX. **Comparación de valores de armónicos de corriente individuales en transformador núm. 1**

Transformador núm. 1				
Armónicos	Intensidad de armónicos máximos recomendados	Fase A	Fase B	Fase C
3ra armónica	4,6	24,68	21,15	14,62
5ta armónica	2,28	3,18	2,66	3,74
7ma armónica	1,54	6,05	3,01	3,43
9na armónica	0,8	2,60	1,33	1,18
11va armónica	0,66	2,12	0,82	0,94

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Comparación de valores de armónicos de corriente individuales en transformador núm. 2**

Transformador núm. 2				
Armónicos	Intensidad de armónicos máximos recomendados	Fase A	Fase B	Fase C
3ra armónica	4,6	20,01	20,63	23,75
5ta armónica	2,28	6,51	5,02	5,96
7ma armónica a	1,54	1,9	5,45	7,01
9na armónica	0,8	1,55	1,58	3,01
11va armónica	0,66	0,94	1,13	1,39

Fuente: elaboración propia.

De las Tablas 37 y 38, se observa que no cumplen las especificaciones de las normas técnicas del servicio de Distribución de la CNEE, por lo que si se tiene presencia relevante de armónicos de corriente en la instalación analizada.

- Efectos causados por armónico de corriente

Como se explicó anteriormente, como influye la presencia de armónicos en una instalación eléctrica, causando principalmente los problemas siguientes:

- Aumento en las pérdidas por efecto Joule.
- Sobrecalentamiento en conductores del neutro.
- Sobrecalentamiento en motores, generadores, transformadores y cables, reduciendo su vida.
- Falla de bancos de capacitores.
- Falla de transformadores.
- Problemas de funcionamiento en dispositivos electrónicos sensibles.
- Interferencias en sistemas de telecomunicaciones.

- Soluciones

Sobredimensionar los equipos: básicamente los armónicos son efectos de una impedancia alta en las instalaciones, en gran parte ocasionada por los equipos eléctricos; pero esto puede reducirse si se logra aumentar el calibre de los conductores, por ende, se reducirá la impedancia ocasionada por estos; pero esta posibilidad implica costos elevados y técnicamente es casi imposible realizar el cambio de conductores en esta infraestructura debido a que no se puede dejar de suministrar la energía eléctrica en la atención de pacientes, por lo que no se recomienda su aplicación.

Colocación de filtros activos, que inyectan a la red, en contrafase, ondas para eliminar los armónicos. Esta opción ofrece una solución técnicamente factible, debida que colocan los equipos de filtración en paralelo a las cargas

que generan la distorsión armónica, son compactos y de fácil instalación. Para solucionar el problema en los dos transformadores se requiere la instalación de un filtro activo trifásico, con capacidad de 250 amperios por fase.

2.6.6. Sistema de iluminación

Existen 939 luminarias en el área en estudio, emergencia de adultos y torre norte, del hospital General San Juan de Dios, como se detalló en el capítulo de iluminación.

Teniendo una eficiencia, del 83 % en todo el sistema de iluminación. Se consideraron lámparas en mal estado las que no encienden total o parcialmente.

Para la obtención de los resultados se contabilizó físicamente a cantidad de lámparas existentes, sin embargo existen áreas dentro del hospital donde no fue posible realizar la prueba de encendido y apagado de luces para comprobar el estado óptimo de encendido. Por lo que se tomaron en cuenta las que permanecen encendidas como en buen estado.

Existe un porcentaje de iluminación tipo led, del 0,64 % y hay en existencia iluminación incandescente del 5 %.

El 94,36 % de lámparas, es del tipo fluorescente de 4x40 W, pero solo tienen dos tubos en cada luminaria, lo que representa una disminución en el consumo pero reduce la eficiencia en el nivel de iluminación como se describió en las tablas de niveles de iluminación.

2.6.6.1. Eficiencia en niveles de iluminación

En el área de la emergencia y torre norte del Hospital General San Juan de Dios se contabilizaron 121 áreas asignadas a diferentes actividades. De las cuales en 74 áreas se midió que el nivel de iluminación está por debajo de los valores recomendados.

Es decir, que solo el 38,84 % del área en estudio cumple con los niveles de iluminación recomendados.

Estos resultados son directamente afectados por las lámparas en mal estado, y en la mayoría de los casos se cuenta con luminarias con la capacidad de 4 tubos fluorescentes, y solo cuentan físicamente con 2 tubos instalados.

Otra causa es la suciedad acumulada en los difusores, que con el paso del tiempo se va formando una película de polvo que impide el paso óptimo de la luz.

El color de las paredes es un parámetro que influye en el nivel de iluminación. En el caso de hospitales, se contempla el uso de colores suaves para dar una sensación de tranquilidad a los pacientes. Para el caso del área analizada, el color predominante es azul. Este color influye en el nivel de iluminación, tendiendo a ser menor, en comparación con ambientes que están pintados con colores cálidos.

Para mejorar los niveles de iluminación, se plantean tres soluciones que pueden ser técnicamente factibles:

- Completar las luminarias existentes. Agregando 2 tubos fluorescentes a cada una.
- Instalar iluminación led en las luminarias en mal estado.
- Cambio por iluminación led.

Ambas soluciones ofrecen mejoras en los niveles de iluminación; sin embargo, se hace consideración al impacto económico que genera realizar cualquiera de las tres opciones, detallado en el análisis económico presentado en los capítulos siguientes.

2.7. Proyección de consumo energético

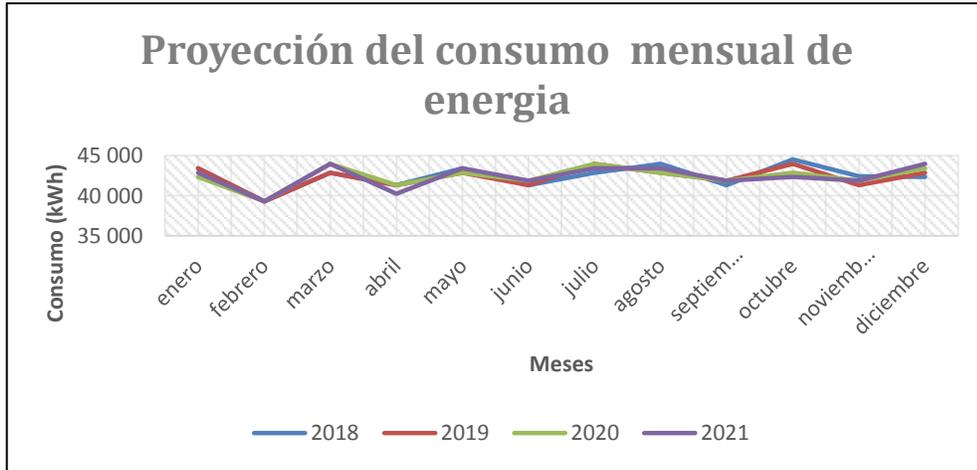
Para proyectar la energía que se consumirá en los meses siguientes hasta el año 2032, se tomó como referencia el consumo diario, medida por el analizador, para un día hábil y para un día fin de semana o asueto.

Tabla XLI. **Resumen de energía consumida, medida en transformador núm. 1 y núm. 2**

Día	Energía consumida al día (kWh)		
	Transformador núm. 1	Transformador núm. 2	Total
Día hábil	844,031	715,260	1 559,291
Asueto	571,518	442,747	1 014,265
Fin de semana	571,518	442,747	1 014,265

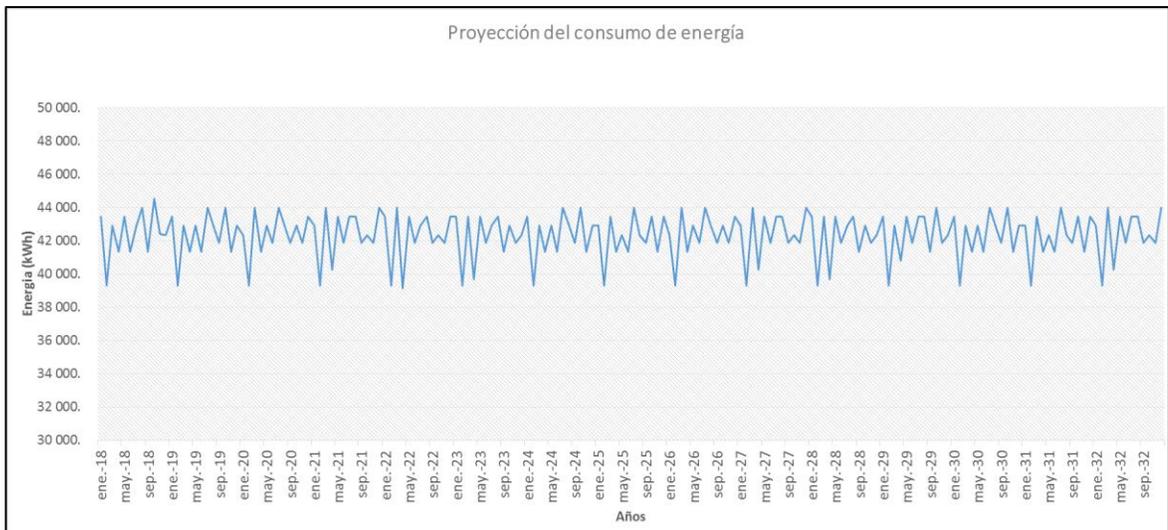
Fuente: elaboración propia.

Figura 62. **Proyección del consumo de energía en los próximos tres años**



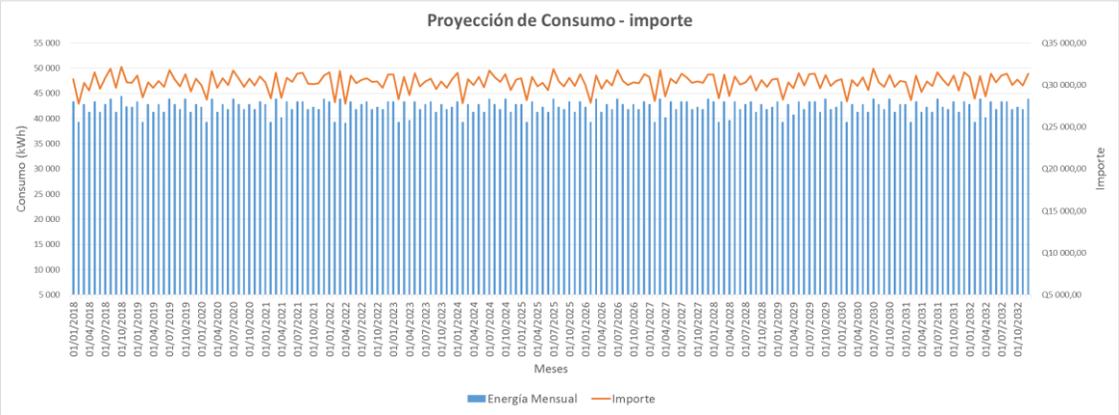
Fuente: elaboración propia.

Figura 63. **Proyección del consumo de energía para el año 2032**



Fuente: elaboración propia.

Figura 64. Comparación de consumo mensual de energía-importe, para el año 2032



Fuente: elaboración propia.

2.8. Factibilidad económica para la implementación de mejoras en el sistema de iluminación

A continuación, se presenta la factibilidad económica para la implementación de mejoras en el sistema de iluminación.

2.8.1. Sistema de iluminación

Estado actual del sistema de iluminación:

Tabla XLII. **Luminarias**

Iluminación	
Total de luminarias	939
Luminarias en buen estado (incompletas)	741
Luminarias en mal estado	198

Fuente: elaboración propia.

2.8.1.1. Propuesta núm. 1: completación de luminarias con tubos fluorescentes

Si se completan las luminarias, con 2 tubos fluorescentes, se duplicaría el nivel de iluminación actual, llegando a un 68,60 % de eficiencia.

Es costo de la inversión está calculada a continuación:

Se requiere completar con dos tubos cada luminaria.

$$2 \times 741 = 1\ 482 \text{ tubos fluorescentes.}$$

$$\text{Costo por tubo fluorescente Q. } 12,35$$

$$1482 \times 12,35 = 18\ 302,70$$

$$\text{Q } 18\ 302,70$$

Se requiere una inversión de Q 18 302,70, para instalar los tubos fluorescentes faltantes en las luminarias de la emergencia de adultos y torre norte del Hospital General San Juan de Dios.

El costo de instalación puede no considerarse, tomando en cuenta que el hospital cuenta con departamento de mantenimiento para la realización de esos

trabajos. Por lo que la inversión puede ser únicamente el costo total de las lámparas.

2.8.1.2. Propuesta núm. 2: instalación de lámparas led en luminarias en mal estado

Se tiene 198 luminarias fluorescentes en mal estado, el reemplazo de estas luminarias por el mismo tipo, generará costos elevados y aumentará el consumo de energía, a cambio de mejorar el nivel de iluminación.

Para mejorar estas condiciones se propone la instalación de luminarias tipo led, de tubos de 2x18 W, en lugar de los tubos fluorescentes de 4x40 w.

Tabla XLIII. **Características de lámparas fluorescentes y led**

Especificaciones técnicas	Tubo fluorescente	Tubo led
Longitud (centímetros)	120	120
Potencia (watts)	40	18
Voltaje (voltios)	110-277	330
Flujo luminoso (lúmenes)	1 870	1 700
Horas de vida útil	20 000	50 000
Costo (Quetzales)	Q. 12,35	Q. 29,90

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, se obtiene aproximadamente el mismo flujo de iluminación, entre fluorescente y led, con la ventaja de una potencia menor con lámpara tipo led, que logra reducir el consumo en un 55 % por cada lámpara tubular.

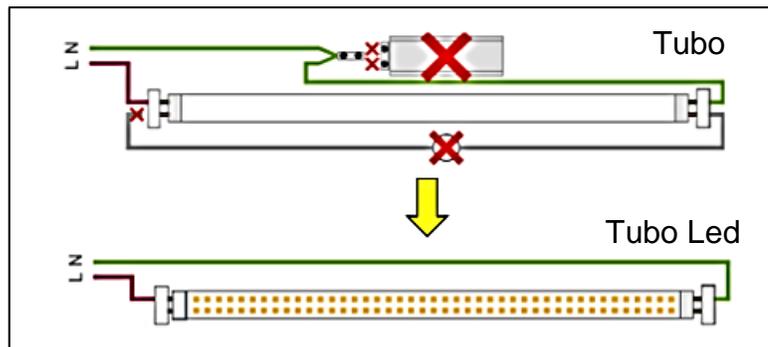
Para la opción propuesta, se prevé el cambio de 198 luminarias, a un costo de Q.29,90 cada tubo led, por lo tanto:

198 luminarias x 4 tubos led de 18W
792 tubos led x Q. 29,90
Q. 23 680,80

Hacer notar que esta inversión no reduce los costos de facturación actual, ya que las luminarias han estado defectuosas en los últimos meses, lo que se logra con esta es mejorar el nivel de iluminación, a un consumo menor en comparación con las luminarias actualmente instaladas.

Para la instalación de los tubos led, se utilizarán las mismas bases existentes actualmente, solo se anularán los sistemas de arranque que tiene una luminaria fluorescente.

Figura 65. **Conexiones eléctricas para el cambio de tubo fluorescentes por tubos led**



Fuente: Iluminación LED. *Como cambiar tubo fluorescentes por tubo led.*

<https://iluminacionled.top/como-cambiar-tubo-fluorescentes-por-tubo-led/>. Consulta: 25 de noviembre de 2018.

2.8.1.3. Propuesta núm. 3: cambio de todas las luminarias, por lámparas led

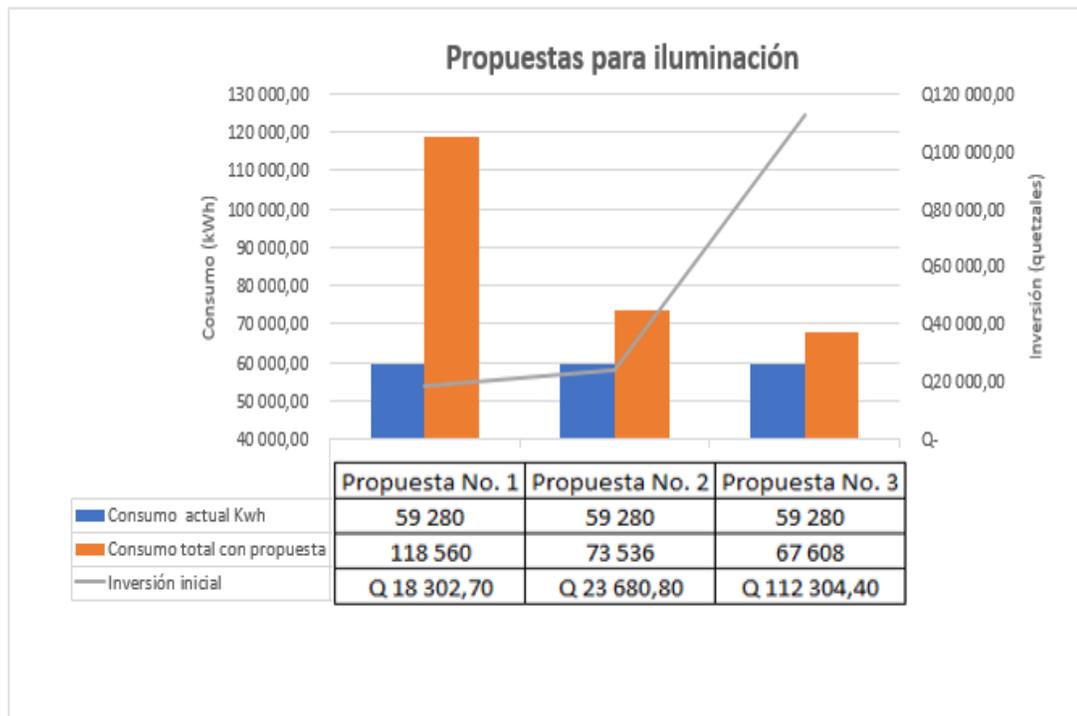
Se tienen 939 luminarias en total, con espacio para 4 lámparas tubulares.

Si se sustituyen todas por tubos led se requieren:

$$939 \times 4 = 3\,756 \text{ tubos led}$$
$$3\,756 \times 29,90 = \text{Q. } 112\,304,40$$

Para determinar el impacto en los costos, sobre la facturación actual, se determina el porcentaje de ahorro por sustitución de lámparas en buen estado, y el aumento de consumo por la instalación de lámparas faltantes, adicional el reemplazo de las lámparas en mal estado.

Figura 66. **Comparación de propuestas para mejorar el sistema de iluminación**



Fuente: elaboración propia.

Las 3 propuestas de mejora en el sistema de iluminación en el área analizada no reflejan reducción en el consumo de energía, debido a las condiciones actuales. Las tres opciones tienden a tener un aumento en el consumo y esto impacta en los niveles de iluminación alcanzando en su mayoría los valores recomendados en el Acuerdo Gubernativo 229-2014, sobre salud y seguridad ocupacional.

Para realizar las proyecciones de consumo, los cálculos fueron realizados tomando como referencia las horas de uso de iluminación, resultados obtenidos en las encuestas realizadas.

Tabla XLIV. Tiempo de utilización de la iluminación. Datos obtenidos en encuestas

Jornada laboral	Horas de utilización diaria	Porcentaje de utilización	Consumo actual			Propuesta No. 1			Propuesta No. 2			Propuesta No. 3		
			Consumo kWh al día	Consumo día hábil (kWh)	Consumo Fin de semana/asueto (kWh)	Consumo kWh al día	Consumo día hábil (kWh)	Consumo Fin de semana/asueto (kWh)	Consumo kWh al día	Consumo día hábil (kWh)	Consumo Fin de semana/asueto (kWh)	Consumo kWh al día	Consumo día hábil (kWh)	Consumo Fin de semana/asueto (kWh)
Jornada diurna	8	69 %	47	373	0	82	654	0	51	406	0	47	373	0
Jornada mixta	16	31 %	21	335	335	37	588	588	23	365	365	21	335	335
			Total	708	335	Total	1 242	588	Total	771	365	Total	708	335

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. Comparación entre las propuestas de mejora en iluminación

Parámetros	Estado actual	Propuesta núm. 1	Propuesta núm. 2	Propuesta núm. 3
Inversión inicial	0	Q 18 302,70	Q 23 680,80	Q 112 304,40
Energía total consumida al día (kWh)	59,28	118,56	73,53	67,6
Eficiencia en nivel de iluminación	38,84 %	68,60 %	57,85 %	78,51 %

Fuente: elaboración propia.

La eficiencia en el nivel de iluminación se determina como el porcentaje de las áreas analizadas que cumplen con el nivel de iluminación recomendado. Se contabilizaron 171 áreas, en las cuales el 38,84 %; es decir, solo 66 áreas cumplen con el nivel de iluminación en la condiciones actuales. De igual forma se interpretan los porcentajes con cada propuesta.

Con la finalidad de tener un ejemplo para determinar la cantidad adecuada para cada área, se presentan los siguientes cálculos:

- Cálculo de nivel diseño de iluminación:

Para determinar la cantidad de luminarias necesarias para lograr los niveles de iluminación recomendados, se necesitan los datos siguientes:

- Dimensiones del área a iluminar

Para un área de 4 metros de largo por 5 metro de ancho, se tiene un área de 20 metros cuadrados.

- Altura de las luminarias

Desde el suelo se tiene una altura de 3,80 metros.

- Altura del plano de trabajo

Normalmente se toma a 0,50 metros del nivel del suelo.

- Nivel de iluminación de acuerdo a la actividad realizada

Cuartos de examinación, clínicas médicas, se recomiendan como mínimo 1 500 lux.

Para determinar la cantidad de lámparas se utiliza:

$$N = \frac{\varphi t}{n \times \varphi L}$$

$$N = \frac{52\,083,33}{2 \times 2\,400}$$

$$N = 10,85$$

Se necesitarán 11 lámparas distribuidas uniformemente en el área para obtener el nivel de iluminación recomendado.

- Tipo de lámpara

Puede ser fluorescente, de 2X40 Watts.

- Índice del local, este depende de la geometría del espacio a iluminar

$$K = (\text{largo} \times \text{ancho}) / \text{altura} \times (\text{largo} + \text{ancho})$$

$$K = 0,58$$

- Coeficientes de reflexión, que dependen del color de las paredes, el techo y el suelo

Factor de reflexión = color del techo x color de paredes x color del suelo

$$FR = 0,7 \times 0,3 \times 0,3 = 0,063$$

- Coeficiente de utilización

Lo proporciona el fabricante, para este caso es de 0,96

- Factor de mantenimiento

Depende del grado de contaminación y de la frecuencia de la limpieza.

Limpio: 0,8 Sucio: 0,6

Cálculos:

$$\varphi_t = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_m}$$

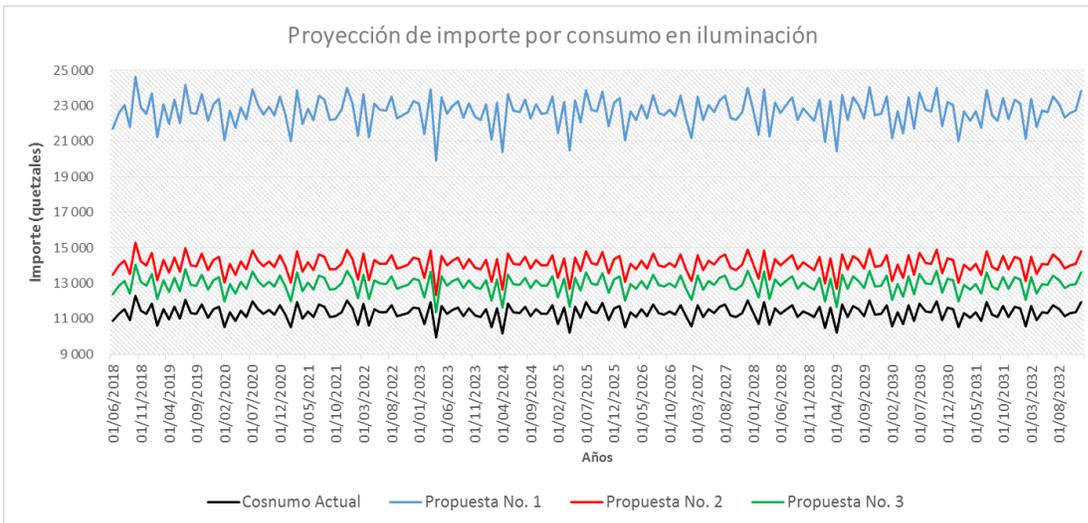
Donde:

- Φ_t : flujo total en el área
- E_m : nivel de iluminación
- S : área a iluminar
- C_u : coeficientes de utilización
- C_m : coeficientes de mantenimiento

$$\varphi_t = \frac{1\ 500 \times 20}{0,96 \times 0,6}$$

$$\varphi_t = 52\ 083,33 \text{ lúmenes}$$

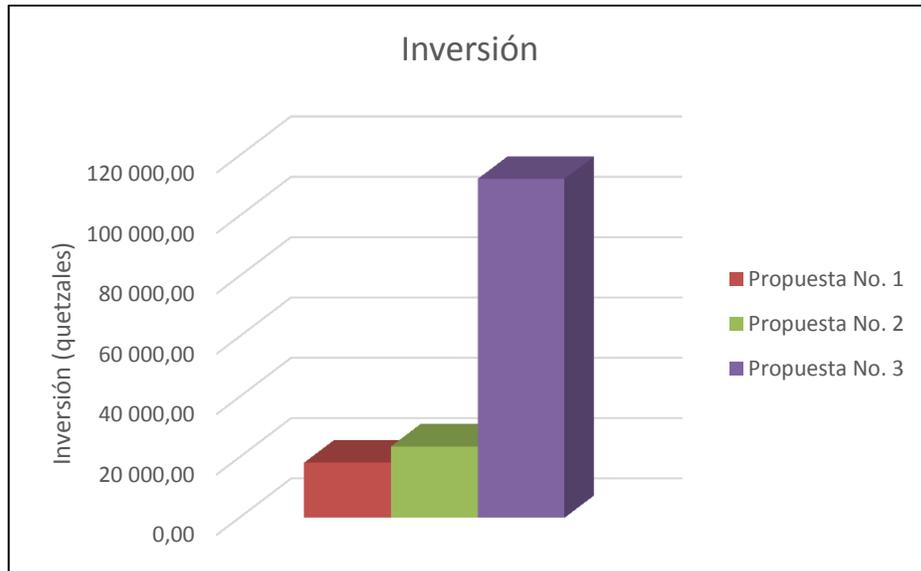
Figura 67. Proyección del importe por el consumo en el sistema de iluminación



Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la gráfica, la propuesta núm. 3 será más eficiente, elevando los niveles de iluminación a un 78,51 % de los valores recomendados, con un costo de inversión de Q 112 304,40, que genera un aumento en el consumo de energía de 59,28 kWh a 67,6 kWh al día. La gráfica fue proyectada basado en los resultados de las encuestas realizadas, sobre el tiempo de utilización de la iluminación.

Figura 68. **Inversión de cada propuesta en el sistema de iluminación**



Fuente: elaboración propia.

2.9. Propuesta de energía renovable

Como parte de los alcances de la política energética 2013-2027, del Ministerio de Energía y Minas, se deben alcanzar los siguientes:

- Impulsar el uso de los recursos renovables para hacer competitivo el sector energético en el país.
- Velar por el uso racional de la energía y sus fuentes.

La generación de energía eléctrica a través de recursos renovables, representa grandes beneficios a la economía del país y al cuidado del medio ambiente. Requieren de una inversión inicial, que se analiza económica y técnicamente sobre la implementación en un lugar definido.

Las principales fuentes de recursos naturales en Guatemala son: hidroeléctrica, geotérmica, solar y biomasa.

Considerando la ubicación geográfica, y tomando en cuenta el espacio disponible se propone el uso de la energía solar en el Hospital General San Juna de Dios, para abastecer un porcentaje de la demanda y reducir los costos por compra de energía eléctrica.

2.9.1. Sistema solar fotovoltaico

La energía solar es una fuente de energía renovable, y es la más abundante y limpia que se encuentra en el planeta. Su aprovechamiento está determinado por el avance de la tecnología y su aplicación varía según las necesidades básicas que se necesiten cubrir.

Como una solución a la problemática del cambio climático y la reducción de gases de efecto invernadero se están implementando sistemas de generación de energía eléctrica a través del sol, denominada energía solar fotovoltaica.

Los componentes que generan electricidad a través de la luz solar, conocidos como paneles o módulos solares, están contruidos por pequeñas celdas o células de un material semiconductor, principalmente, se utiliza el silicio cristalino y el arseniuro de galio, siendo el silicio el de menor porcentaje de conversión de energía, pero es compensado con el costo reducido, en comparación con el arseniuro.

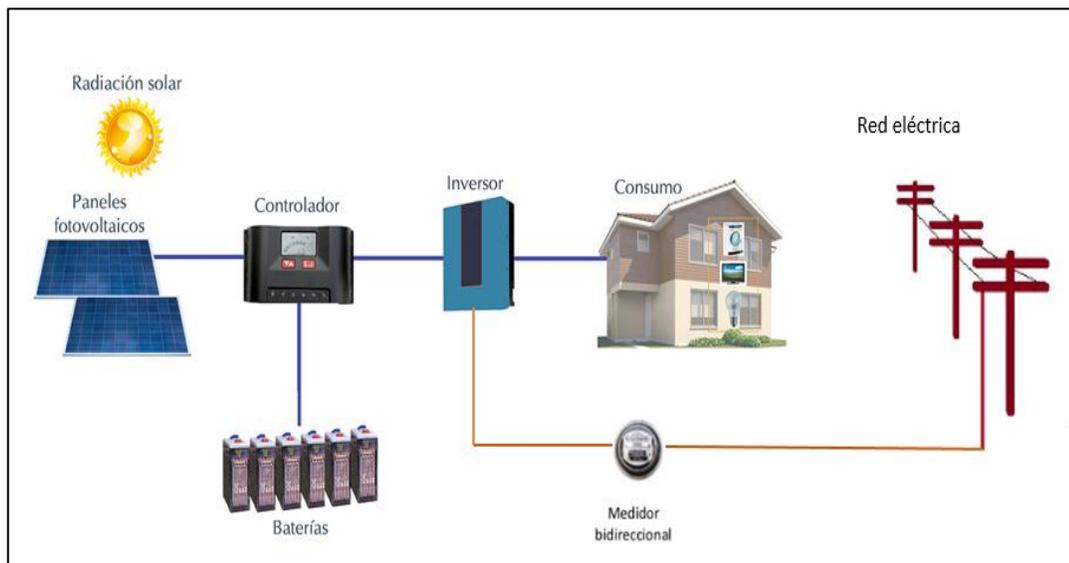
Los paneles están recubiertos por un material transparente, que protege las celdas de la intemperie, permite el paso de la luz solar y reduce las

perdidas. Estas celdas están conectadas eléctricamente, en serie y paralelo, para que se produzca la tensión y corriente de diseño del panel solar completo.

La conversión de la energía es realizada a través de paneles solares, obteniendo de estos una corriente eléctrica a un nivel de tensión determinado. Sin embargo, para utilizarla en sustitución de la energía proporcionada por la red eléctrica de una distribuidora, esta debe ser regulada y convertida a los niveles de tensión y forma adecuados para su uso.

Esto se logra utilizando un regulador de voltaje, un inversor, un banco de baterías y un sistema de medidor eléctrico bidireccional, para inyectar a la red el excedente de energía o consumir energía de la red mientras el sistema fotovoltaico no está en funcionamiento.

Figura 69. **Proceso de generación de energía fotovoltaica**



Fuente: elaboración propia.

2.9.2. Propuesta para la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica en el área del ala norte del Hospital General San Juan de Dios

El área en estudio, tiene una carga promedio en día hábil de: 1559,29 kWh; y en día fin de semana o asueto de: 1 014,26 kWh.

Sin embargo, existe la opción de una instalación de un sistema de tipo híbrido, que consiste en la alimentación de las cargas en forma aislada de la red y una transferencia desde la red cuando el sistema fotovoltaico no esté generando energía.

El principio de funcionamiento de un sistema de generación del tipo híbrido, consiste en que la demanda puede ser abastecida por la energía generada por el sistema o por la energía suministrada la red de distribución. Esta transferencia está controlada por el inversor de tipo híbrido, diseñado para cumplir con este requerimiento.

2.9.2.1. Diseño propuesto para instalación en torre norte del Hospital General San Juan de Dios

El hospital cuenta con un área disponible con dimensiones de 10 m x 12 m, en una terraza al aire libre, en el séptimo nivel, a un costado de torre norte.

Figura 70. **Área disponible para la instalación de un sistema solar fotovoltaico**



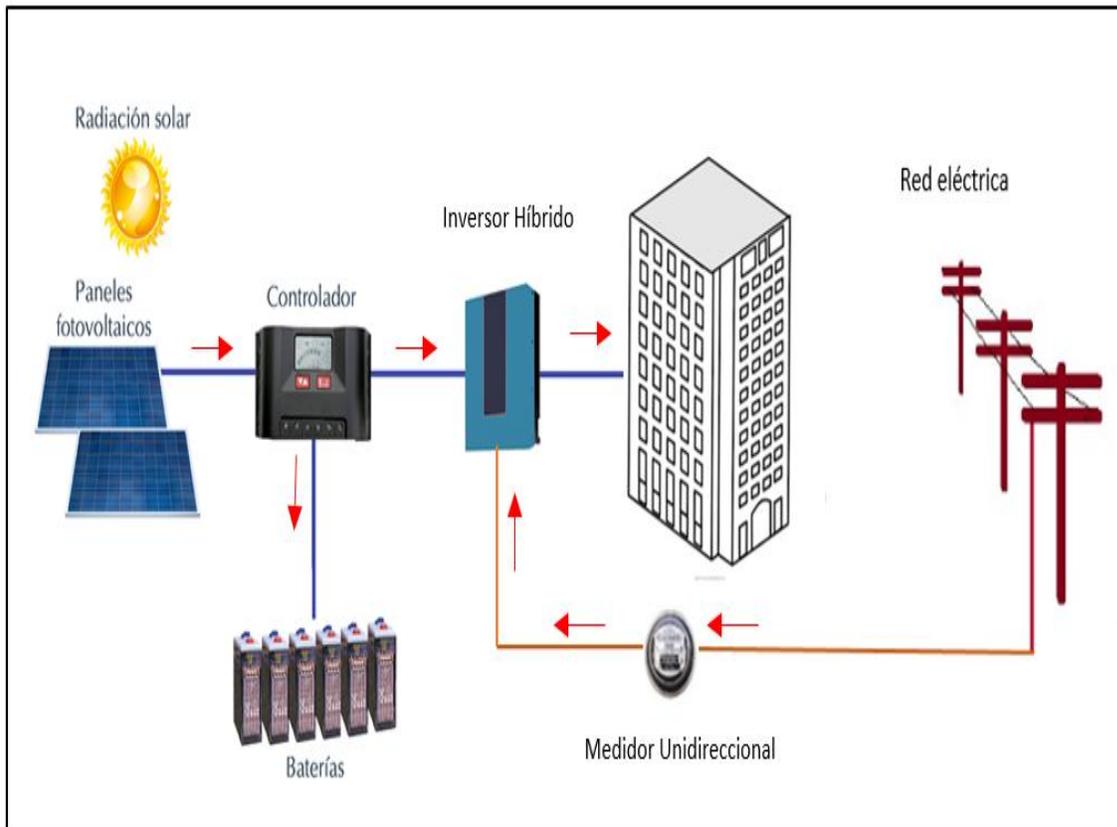
Fuente: elaboración propia.

Se propone la instalación de un sistema solar fotovoltaico del tipo híbrido, que considera que el Hospital San Juan de Dios es un gran usuario, con una demanda mayor a 850 kW el cual no puede convertirse en autoproducción de energía renovable, como lo pueden hacer los usuarios en baja tensión, bajo la norma técnica para la conexión, operación, control y comercialización de la generación distribuida renovable (NTGDR) y usuarios autoprodutores con excedentes de energía, de la CNEE.

2.9.2.2. Diseño del sistema solar fotovoltaico propuesto

A continuación, se presenta el diseño del sistema solar fotovoltaico propuesto.

Figura 71. **Diseño de sistema solar fotovoltaico, tipo híbrido**



Fuente: elaboración propia.

2.9.2.3. Paneles solares

- Panel solar monocristalino
- Marca: perligth
- Modelo: PML 310 W
- Potencia máxima: 310 W
- Tensión en punto de máxima potencia: 33,13 V
- Corriente en el punto de potencia máxima: 9,36 A

- Dimensiones: 1,64 m x 0,99 m x 0,035m
- Peso: 17,6 Kg
- Costo: Q 1 155,00

Para un área disponible de 120 m², se pueden instalar 40 paneles, considerando dimensiones de anclaje y espacio para mantenimiento, a una eficiencia del 80 %, se tiene una capacidad instalada de 4 960 w.

Máxima potencia del sistema 9,9 kW

2.9.2.4. Controlador de carga

Se necesita controlar el excedente de energía, y almacenarlo en baterías. Si se abastece una carga de 8 kW, se tiene un excedente de 1,9 kW, es decir 158,33 Ah a 12 Vdc. Será necesario instalar 4 controladores de carga.

- Marca: Y-Solar
- Tipo : MPPT
- Capacidad: 40 Ah
- Voltaje nominal: 12 V cd
- Costo: Q 1 200,00
- Cotizado en línea en : <http://solarguat.com/portal/productos/>

2.9.2.5. Banco de baterías

Suponiendo que en promedio se abastece una carga de 8 kW, se tiene un excedente de 1,9 kW, los cuales no se inyectan a la red de distribución en un sistema híbrido, por lo que se debe almacenar en un banco de baterías.

Se utilizarán baterías de 100 Ah, para almacenar 1,9 KW a 12 V, durante 8 horas promedio de radiación solar.

- $1\ 900\ \text{W}/12\ \text{V} = 158,33\ \text{A}$
- 1 266,66 Ah al día

Si cada batería almacena 100 Ah, se necesitan 13 baterías, para almacenar el excedente de energía durante 8 horas, y utilizarla posteriormente.

- Marca: sunligh
- Tipo: carga profunda
- Voltaje: 12 V cd
- Capacidad: 100 Ah
- Costo: Q 1 800,00 cada una
- Cotizado en línea en : <http://solarguat.com/portal/productos/>

2.9.2.6. Inversor híbrido

Se alimentará una carga de 8 kW, a una tensión de 120 V, por lo que se necesita un inversor del tipo híbrido para una capacidad de 66 A.

- Marca: Must PH 18 5K
- Tipo: híbrido
- Capacidad: 10KVA pico
- Entrada: 48 V de
- Salida: 240 Vac / 60 Hz
- Dimensiones 297.5mm x 468mm x 125 mm
- Costo: Q 9 330,50
- Cotizado en línea en : <http://solarguat.com/portal/productos/>

2.9.2.7. Instalación

Se calcula el costo por instalación de los equipos seleccionados:

- Estructura de soporte de paneles
- Rack para baterías
- Gabinete de pared par inversor y controlador
- Cableado y canaleta (a 20 metros del tablero principal)
- Instalación y configuración de equipos.
- Costo: Q 38 000,00
- Especificaciones técnicas (Información para completar formulario UAEE)
 - Fuente de energía renovable: solar
 - Número de unidades generadoras: 40 x 0,310 kW
 - Potencia total instalada: 9,9 kW
 - Medios de protección, control y desconexión automática: Sí

Características: en caso de que la energía eléctrica proveniente del sistema fotovoltaico no es suficiente para alimentar cargas, el inversor proveerá también la energía de las baterías. La red de distribución proveerá energía solo si: no hay producción de energía proveniente del generador fotovoltaico o la tensión batería alcanza valores demasiado bajos.

2.9.2.8. Costos de mantenimiento

- Mantenimiento preventivo

Los sistemas de generación del tipo fotovoltaica, por su diseño no requieren de mantenimientos especiales, solo se requieren de rutinas de

limpieza, principalmente de los paneles e inspección visual de las piezas que pudieran presentar daño, como los soportes, tornillos y otros elementos de la estructura; por lo que estas tareas se pueden asignar al personal del departamento de mantenimiento del hospital y no representa costos en la operación del sistema.

Para el banco de baterías, se recomienda hacer mediciones al menos una vez al año y estas en promedio tienen un tiempo de vida útil de 7 años, esto dependerá de la cantidad de ciclos de carga y descarga. Para el tipo de baterías seleccionado, se recomienda hacer el cambio de baterías cada 7 años.

Se determinan los costos para un periodo de 15 años, tiempo para el cual se realiza esta auditoría; sin embargo, el tiempo promedio de vida útil de un sistema solar es de 25 años.

Costo de cambio durante el tiempo de operación del sistema (los primeros 15 años).

$$Q 1\ 450,00 \times 13 = Q 18\ 850,00 \text{ (Costo del banco de baterías)}$$

$$\text{Reemplazo cada 7 años (2 reemplazos en los 15 años)} = Q 37\ 700,00$$

- Mantenimiento predictivo.

Se recomienda realizar una vez al año mediciones a los paneles, para determinar la eficiencia, estas son pruebas de tensión de circuito abierto, y de corriente de cortocircuito. Además, cada 5 años se realizaran mediciones a todo el sistema en general para determinar si cumple con las especificaciones de diseño, calibre de conductores, caídas de tensión y resistencia de puesta a tierra

Costos Q 7 150,00 al año

- Mantenimiento correctivo

Se destinara un presupuesto para reparaciones o cambio de piezas dañadas de la estructura, de Q3 000,00 cada 3 años, para remplazo, o ajuste de piezas.

Presupuesto para mantenimientos correctivos = Q 15 000,00

2.9.3. Resumen de inversión

A continuación, se presenta el resumen de inversión para instalación y mantenimiento de sistema fotovoltaico.

Tabla XLVI. **Resumen de inversión para instalación y mantenimiento de sistema fotovoltaico**

Propuesta para instalación de sistema solar fotovoltaico			
Descripción	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Panel solar	Q 1 155,00	40	Q 46 200,00
Controlador de carga	Q 1 200,00	2	Q 2 400,00
Baterías	Q 1 800,00	13	Q 23 400,00
Inversor híbrido	Q 9 330,50	1	Q 9 330,50
Instalación y configuración	Q 38 000,00	1	Q 38 000,00
Total de inversión			Q 121 730,50
Costos por mantenimientos			Q 59 850,00
Costo total			Q 181 580,50

Fuente: elaboración propia.

2.9.4. Análisis de factibilidad económica

Para determinar si es económicamente factible la instalación de un sistema solar fotovoltaico en el edificio torre norte, de Hospital General San Juan de Dios, se hará la proyección de la reducción de costos de facturación para el año 2032, simulando que se ha implementado el sistema.

Se proyectará cuánto será el ahorro por concepto de energía eléctrica, y este se comparará con la inversión inicial realizada, que da como resultado una estimación del tiempo en el cual se recuperará la inversión realizada.

En la tabla XLVII se muestran los datos para determinar el valor actual neto y la tasa interna de retorno de la instalación de un sistema solar fotovoltaico

Tabla XLVII. **VAN y TIR, sistema solar fotovoltaico**

Año	Inversión inicial	Reemplazo de baterías	Gasto por mantenimiento correctivo	Egresos	Ingresos	Ganancia anual	Ganancia acumulada
2018	Q 128 880,50				Q 16 486,25	Q 16 486,25	Q 16 486,25
2019				Q -	Q 16 485,56	Q 16 485,56	Q 32 971,81
2020			Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 16 508,24	Q 13 508,24	Q 46 480,05
2021				Q -	Q 16 502,14	Q 16 502,14	Q 62 982,19
2022				Q -	Q 16 506,85	Q 16 506,85	Q 79 489,03
2023			Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 16 488,40	Q 13 488,40	Q 92 977,44
2024		Q 18 850,00		Q 18 850,00	Q 16 547,61	-Q 2 302,39	Q 90 675,05
2025				Q -	Q 16 525,17	Q 16 525,17	Q 107 200,21
2026			Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 16 452,96	Q 13 452,96	Q 120 653,17
2027				Q -	Q 16 528,43	Q 16 528,43	Q 137 181,60
2028				Q -	Q 16 505,83	Q 16 505,83	Q 153 687,44
2029			Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 16 509,27	Q 13 509,27	Q 167 196,70
2030				Q -	Q 16 460,17	Q 16 460,17	Q 183 656,87
2031		Q 18 850,00		Q 18 850,00	Q 16 506,29	-Q 2 343,71	Q 181 313,16
2032			Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 16 536,38	Q 13 536,38	Q 194 849,54

Fuente: elaboración propia.

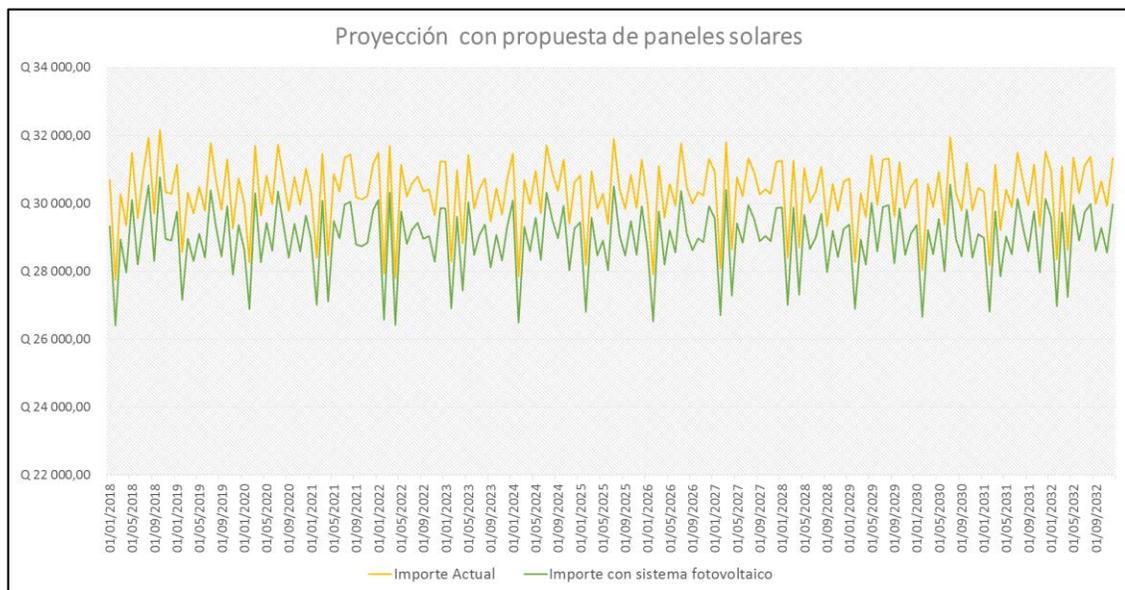
Valor actual neto Q9 614,95

Tasa interna de retorno 6 %

La tasa de descuento utilizada para el cálculo de VAN, fue del 5 %, y se obtuvo una TIR del 6 %; es decir, el proyecto es rentable, porque supera a la tasa mínima de rentabilidad exigida.

De los datos obtenidos en la tabla 44, se observa que la inversión se recupera en 9 años (año 2027), donde la ganancia acumulada supera el costo de la inversión inicial.

Figura 72. Proyección comparativa con implementación de sistema solar fotovoltaico para el año 2032



Fuente: elaboración propia.

Figura 73. **Retorno de la inversión, en la implementación del solar fotovoltaico para el año 2032**



Fuente: elaboración propia.

3. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS PARA LA IMPLEMETACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOTAICA EN LAS INSTALACIONES DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

El Hospital General San Juan de Dios es usuario regulado de la empresa distribuidora bajo la tarifa media tensión con demanda en punta (MTDp), conectado a una tensión de 13,8 kV. Siendo los cargos de la facturación los siguientes:

Tabla XLVIII. **Tarifa MTDp de la empresa distribuidora para el trimestre octubre-diciembre de 2019**

Media tensión con demanda en punta (MTDp)	
Cargos por generación y transporte	
Cargo por energía (Q/kwh)	0,951702
Cargo por potencia máxima (Q/kW-mes)	33,532551
Cargos por distribución	
Cargo fijo por cliente (Q/usuario-mes)	750,364348
Cargo por potencia contratada (Q/kW-mes)	16,632144

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Calculadora*.

<http://www.cnee.gob.gt/Calculadora/pliegos.php>. Consulta: el 5 de octubre de 2019.

En esta tarifa el usuario solo puede absorber energía de la red de distribución. Por lo que no aplicaría la modalidad de usuario autoprodutor con excedente de energía, el cual lo define la norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía. NTGDR. De la CNEE, como:

- Usuario autoprodutor con excedentes de energía: es el usuario del sistema de distribución que inyecta energía eléctrica a dicho sistema, producida por generación con fuentes de energía renovable, ubicada dentro de sus instalaciones de consumo, y que no recibe remuneración por dichos excedentes.⁸

Bajo este análisis se desarrolla la propuesta de implementación de un sistema de generación fotovoltaica del tipo híbrido, el cual está diseñado para abastecer cierta cantidad de demanda no crítica en el hospital, y que el excedente de energía que se obtenga del sistema no sea inyectado a la red de distribución; si no que pueda almacenarse en un banco de baterías, y al momento de que el sistema no genere energía y el banco de baterías no sea suficiente para abastecer la demanda conectada al sistema, la energía se obtenga de la red de distribución.

La rentabilidad de este sistema consiste en la disminución de la energía suministrada por la red de distribución, mostrada en las proyecciones de la figura 72.

3.1. Cambio de tarifa para ser un usuario autoprodutor con excedente de energía (AUÉE)

Considerando el caso de que el usuario esté interesado y que técnicamente sea posible, inyectar el excedente de energía a la red de distribución, deberá realizar las gestiones siguientes:

⁸ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica de generación distribuida renovable*: <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/08%20NTGDR.pdf>. Consulta: 5 de octubre de 2019.

Solicitar el cambio de Tarifa a la empresa distribuidora, para este caso deberá ser media tensión con demanda Autoprodutores (MTDA), siendo los cargos de facturación los siguientes:

Tabla XLIX. **Tarifa MTDA de la empresa distribuidora para el trimestre octubre-diciembre de 2019**

Media tensión con demanda autoprodutores (mtda)	
Cargos por generación y transporte	
Cargo por energía (q/kwh)	0,952455
Cargo por potencia de punta (q/kW-mes)	45,600312
Cargos por distribución	
Cargo fijo por cliente (q/usuario-mes)	844,159891
Cargo por potencia contratada (q/kW-mes)	18,854686

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Calculadora*.

<http://www.cnee.gob.gt/Calculadora/pliegos.php>. Consulta: el 5 de octubre de 2019.

Velar por el cumplimiento de los artículos 36, 39 y 40 de la NTGDR y llenar el formulario de solicitud de la empresa distribuidora. Ver guía de procedimiento en los anexos.

3.2. Comparación económica de la implementación del sistema de generación fotovoltaica en cada tarifa

A continuación, se presenta la comparación económica de la implementación del sistema de generación fotovoltaica en cada tarifa.

Tabla L. **Comparación de cargos para las tarifas MTDp y MTDA**

Cargos	MTDp. Costo en quetzales	MTDA. Costo en quetzales	Diferencia en quetzales
Cargos por generación y transporte			
Cargo por energía (Q/kwh)	0.951702	0.952455	0.000753
Cargo por potencia de punta (Q/kW-mes)	33.532551	45.600312	12.067761
Cargos por distribución			
Cargo fijo por cliente (Q/usuario-mes)	750.364348	844.159891	93.795543
Cargo por potencia contratada (Q/kW-mes)	16.632144	18.854686	2.222542

Fuente: elaboración propia.

El cambio de tarifa tiende a aumentar los cargos en la factura en comparación con la tarifa actual, considerando lo detallado en el artículo 40 de la NTGDR, la energía inyectada solo se reconocerá como crédito de energía a favor del usuario. Y como se observa, el cargo por energía (Q/kWh) difiere levemente en ambas tarifas, representa el mismo beneficio inyectar la energía o consumirla dentro de las instalaciones. Para ambos casos se refleja una disminución en el total de la factura esto debido a que cierta demanda del hospital es abastecida con el sistema de generación fotovoltaica.

Tomar en cuenta que para que la energía generada por el sistema fotovoltaico será inyectada a la red de distribución, cuando esta exceda la demanda del hospital. En este caso la capacidad instalada es de 9,9 kW, y la demanda del hospital se encuentra a un valor alrededor de 896 kW. Por lo que para este caso, con el sistema de generación propuesto, no será posible obtener excedentes de energía.

3.3. Procedimiento para autorización de tarifa media tensión con demanda Autoprodutores (MTDA)

- El usuario deberá realizar el análisis de la factibilidad técnica de la instalación de un sistema de generación de energía renovable dentro de sus instalaciones.
- Si esto es posible, y muestra interés en convertirse en autoprodutor con excedente de energía, una vez ejecutado el proyecto deberá completar el formulario adjunto, donde describa aspectos técnicos del sistema a conectar a la red de distribución desde sus instalaciones.
- Velar por el cumplimiento de los artículos siguientes de la NTGDR:
 - Artículo 36. Autorización para usuarios autoprodutores con excedentes de energía. En el caso de usuarios autoprodutores que cuenten, dentro de sus instalaciones de consumo, con excedentes de energía renovable para inyectarla al sistema de distribución, pero que manifiesten expresamente que no desean participar como vendedores de energía eléctrica, deberán informar al distribuidor involucrado de tal situación, por medio del formulario correspondiente. Cumplido este requisito podrán operar en esta modalidad. Estos usuarios no requerirán de autorización alguna; sin embargo, deberán instalar los medios de protección, control y desconexión automática apropiados que garanticen que no podrán inyectar energía eléctrica al sistema de distribución ante fallas de éste o cuando el voltaje de la red de distribución se encuentre fuera de las tolerancias establecidas en las NTSD.
 - Artículo 39. Sistema de medición para usuarios autoprodutores con excedentes de energía. El sistema de medición de energía eléctrica de las instalaciones de un usuario autoprodutor con excedentes de energía, deberá tener la característica de medición, registro y lectura en forma bidireccional. En el caso de usuarios regulados, el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el distribuidor; mientras que los grandes usuarios son responsables de su sistema de medición.
 - Artículo 40. Lectura y crédito por energía inyectada al sistema de distribución por parte de usuarios autoprodutores con

excedentes de energía (Net metering). Los usuarios autoprodutores con excedentes de energía no recibirán ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada al sistema de distribución. Para efectos de la facturación mensual del usuario, el distribuidor leerá cada mes los registros del medidor correspondiente; si la medición neta del mes corresponde a un consumo de energía, cobrará dicho consumo al usuario, de conformidad con la tarifa que le corresponda; por el contrario, si la medición neta corresponde a una inyección de energía del usuario hacia el sistema de distribución, el distribuidor se la reconocerá como crédito de energía a favor del usuario hasta que dicho crédito sea agotado contra el consumo del UAEE; no obstante, el distribuidor cobrará el cargo Fijo y los cargos por potencia que le sean aplicables a cada usuario, según la tarifa correspondiente. Para el caso de tarifas sin medición de potencia, el distribuidor podrá cobrar los cargos por distribución correspondientes en función de la energía que entregue al usuario. Todos los cargos deben ser detallados en la factura.⁹

Presentar al distribuidor el formulario descrito anteriormente, con la documentación siguiente:

- Copia de la representación legal que el hospital de confiere al representante.
 - Copia del DPI del representante legal
- El distribuidor está obligado cumplir con los artículos siguientes de la NTGDR:
 - Artículo 37. Plazo para inspección técnica. El distribuidor luego de recibida la notificación por parte del interesado, tendrá un plazo de quince (15) días para realizar una inspección técnica de las instalaciones del UAEE con el objetivo de verificar que cumple con lo requerido en esta Norma. Si los resultados de la inspección son positivos, el distribuidor emitirá una constancia al interesado donde conste que las instalaciones han sido revisadas, y procederá a la instalación –cuando corresponda- del medidor correspondiente, en un plazo no mayor a 28 días de recibida la notificación por parte del interesado.

⁹ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica de generación distribuida renovable*. <http://www.cnee.gov.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/08%20NTGDR.pdf>. Consulta: 5 de octubre de 2019.

- Artículo 38. Informe de nuevos UAEE. El distribuidor deberá informar a la CNEE trimestralmente los nuevos UAEE conectados a su red, de conformidad con el formulario habilitado por la CNEE en su sitio web.¹⁰

Al finalizar con los procedimientos anteriores en distribuidor realiza el cambio en su base de datos para el usuario y que se aplique en la facturación los nuevos cargos.

Figura 74. **Formulario de solicitud para usuario autoprodutor con excedente de energía**

FORMULARIO PARA QUE EL USUARIO AUTOPRODUTOR CON EXCEDENTES DE ENERGÍA INFORME AL DISTRIBUIDOR SOBRE LAS INSTALACIONES DE GENERACIÓN DENTRO DE SUS INSTALACIONES	
	ESPACIO PARA SELLO DE EMPRESA CON FECHA DE RECEPCIÓN DE LA SOLICITUD
1. Datos generales del usuario:	
Nombre del usuario o representante legal: _____	
Razón social de la entidad: _____	
Dirección: _____	
Municipio: _____ Departamento: _____	
Teléfono: _____ Correo electrónico: _____	
Número de identificación del usuario ante el Distribuidor:	
EEGSA (correlativo):	_____
DEOCSA (NIS):	_____
DEORSA (NIS):	_____
EEM:	_____
2. Datos generales del proyecto:	

¹⁰ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica de generación distribuida renovable*. <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/08%20NTGDR.pdf>. Consulta: 5 de octubre de 2019.

Continuación de la figura 74.

2.1 Fuente de energía renovable (marque la(s) que corresponda(n):		
<input type="checkbox"/> Biomasa	<input type="checkbox"/> Eólica	<input type="checkbox"/> Geotérmica
<input type="checkbox"/> Hidráulica	<input type="checkbox"/> Solar	
2.2 Especificaciones técnicas:		
Número de unidades generadoras _____	Potencia total instalada _____ kW	
2.3 Medios de protección, control y desconexión automática: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		
Describir las características: _____		

Manifiesto que NO deseo participar como vendedor de energía eléctrica y solicito realizar la inspección técnica correspondiente y el suministro e instalación del medidor bidireccional respectivo. (En el caso de Usuarios regulados, el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el Distribuidor, mientras que los Grandes Usuarios son responsables de su sistema de medición)		
Lugar y Fecha: _____ día _____ mes _____ año _____		
DPI (CUI) _____	Firma: _____	

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica de generación distribuida renovable*. <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/08%20NTGDR.pdf>.

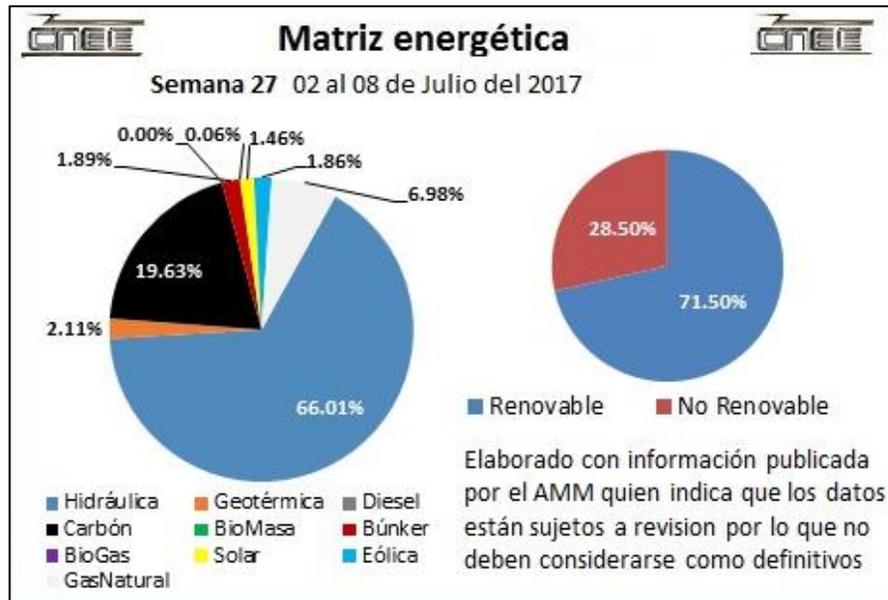
Consulta: 5 de octubre de 2019.

3.4. Reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂)

Uno de los principales objetivos de la realización esta auditoría es contribuir a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, que es el gas con mayor relevancia en los efectos causantes del calentamiento global.

A consecuencia de la diversidad en la matriz energética que posee Guatemala, se estima una cuarta parte de la energía es generada con recursos no renovables, causando emisiones de dióxido de carbono.

Figura 75. **Matriz energética en Guatemala, referencia de una semana del año 2017**



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica de generación distribuida renovable*. <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/08%20NTGDR.pdf>.

Consulta: 5 de octubre de 2019.

Con la instalación del sistema solar fotovoltaico en el Hospital General San Juan de Dios, se reducirán los costos por concepto de energía eléctrica; además, se generará una reducción en las emisiones de dióxido de carbono, de acuerdo al Factor de emisiones de gases de efecto invernadero siguiente:

0,4877 KgCO₂e / kWh = kilogramos de dióxido de carbono equivalente por cada kWh consumido.

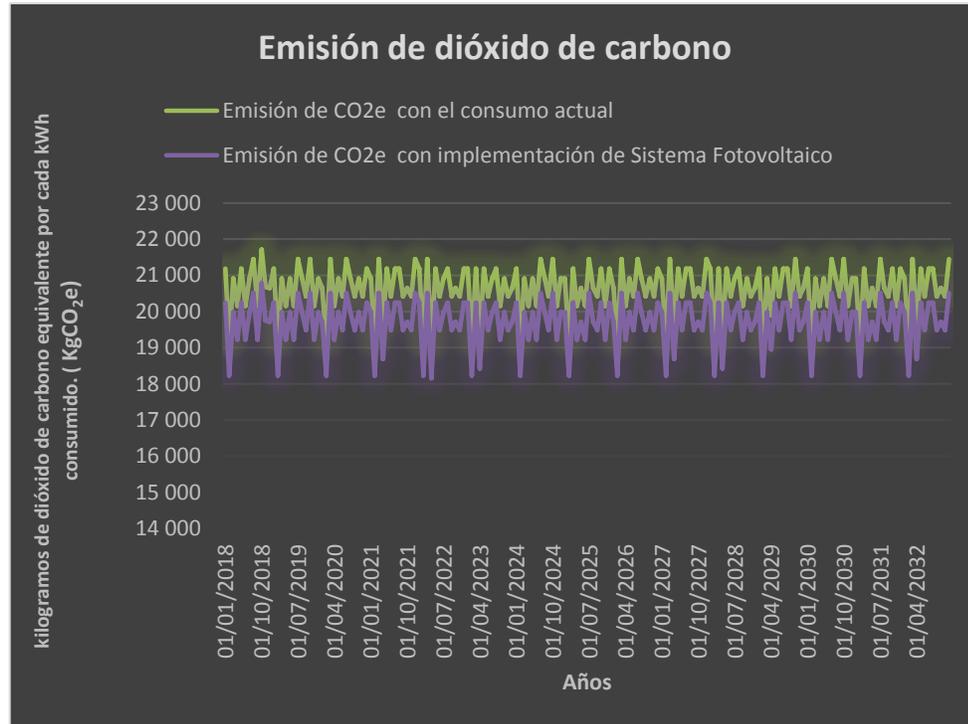
Para este caso, se determinará cuanto será la reducción de la emisión de CO₂, considerando en ahorro de energía al implementar una fuente de generación fotovoltaica.

La reducción en el consumo de energía eléctrica desde la red de distribución será de 8 KW durante un promedio de 8 horas al día, lo cual reduce 64 kWh al día, en un promedio mensual de 1 920 kWh, para un valor anual promedio de 23 040 kWh.

$$23\ 040\ \text{kWh} \times 0,4877\ \text{KgCO}_2\text{e} / \text{kWh}$$
$$11\ 236,60\ \text{KgCO}_2\text{e}$$

La reducción en la emisión de dióxido de carbono será de 11 236 KgCO₂e.

Figura 76. **Emisión de Dióxido de carbono. Datos calculados en KgCO₂e / kWh**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Cuantificación de la emisión de kgCO₂e, proyección para el año 2032**

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
KgCO ₂ e (calculado con el consumo actual)	21 182,1702	20 650,5519	20 916,361	21 182,1702	21 182,1702	21 182,1702	20 916,361	20 650,551
KgCO ₂ e (Calculado con la implementación del sistema fotovoltaico)	20 245,7862	19 714,1679	19 979,977	20 245,7862	20 245,7862	20 245,7862	19 979,977	19 714,167
KgCO ₂ e (Reducidos)	936,384	936,384	936,384	936,384	936,384	936,384	936,384	936,384
Año	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	
KgCO ₂ e (calculado con el consumo actual)	20 916,361	21 182,1702	21 182,1702	21 182,1702	20 916,361	20 916,361	21 447,979	
KgCO ₂ e (Calculado con la implementación del sistema fotovoltaico)	19 979,977	20 245,7862	20 245,7862	20 245,7862	19 979,977	19 979,977	20 511,595	
KgCO ₂ e (Reducidos)	936,384	936,384	936,384	936,384	936,384	936,384	936,384	

Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos en la tabla LI, se observa que con la implementación del sistema solar fotovoltaico se logra reducir la emisión de gases de efecto invernadero, en promedio de 936,38 KgCO₂e anual.

3.5. Análisis de resultados

La inversión inicial requerida es de Q. 128 880,50 para tener una capacidad instalada de generación de 9,9 kW a la hora de máxima radiación solar.

Se prevé abastecer una carga de 8 kW, y almacenar en un banco de baterías el excedente de 1,9 kW, el sistema es de tipo híbrido, por lo que la carga alimentada puede ser transferida a la red de distribución, evita el corte de suministro de energía a cualquier hora.

La reducción en el consumo de energía eléctrica desde la red de distribución será de 8 kW durante un promedio de 8 horas al día, lo cual reduce 64 kWh al día, en un promedio mensual de 1 920 kWh.

El ahorro se proyecta en base al valor de kWh, y se obtiene un ahorro promedio mensual de Q. 1 375,28, por concepto de importe por la energía eléctrica. Si se proyecta hasta recuperar la inversión, se determina en la gráfica que el monto invertido es recuperable para el año 2027, un aproximado de 9 años, de mantenerse las condiciones de consumo simuladas.

Por lo tanto, si el tiempo de vida útil de un sistema solar fotovoltaico es de 20 a 25 años, se puede concluir que si es económicamente factible realizar la instalación, recuperar la inversión en 9 años y presentar una reducción en el total de la facturación por Q. 1 375,28 cada mes.

Además se logra contribuir a la reducción en la emisión de dióxido de carbono, la cual será en promedio de 936,38 KgCO₂e por año

CONCLUSIONES

1. Se identificaron los circuitos que alimentan el área analizada, tomando referencia los planos originales existentes. En su mayoría, estos planos se encuentran deteriorados, por lo que fue necesario digitalizarlos para tener un archivo para su mejor interpretación.
2. Con el uso de un analizador de calidad de energía, se logró determinar los parámetros eléctricos de nivel de voltaje, corriente, factor de potencia y distorsión armónica en los dos transformadores analizados. Con ello se determinó el estado actual de operación de la instalación eléctrica del hospital.
3. Se identifica un problema en la iluminación de las áreas analizadas, por lo que se realizan tres propuestas para mejorar la calidad de iluminación, entre ellas se sugiere completar las luminarias faltantes o el reemplazo por iluminación tipo led.
4. Se realiza un análisis económico sobre las tres propuestas para mejorar la iluminación, además se detalla el costo de inversión para la implementación de un sistema solar fotovoltaico y un cálculo de retorno de inversión para 9 años, con lo que se determina que el proyecto es rentable.
5. Con la implementación del sistema fotovoltaico, se logra la reducción en el consumo de energía eléctrica colocar de 1 920 kWh mensual, esto representa una reducción de 11 236 Kg CO₂e.

RECOMENDACIONES

1. Elaborar un plan estratégico para la toma de mediciones y pruebas más específicas en áreas donde el suministro de energía es de vital importancia para ciertos tratamientos a los pacientes, sin afectar la operación del hospital.
2. Se presenta una propuesta de plan de trabajo para ejecutar el proyecto: cambio de 939 Iluminarias fluorescente por Iluminación led, tomando en cuenta todas las consideraciones necesarias para ejecutar el proyecto en su totalidad en las instalaciones analizadas. Queda a criterio de las autoridades del hospital modificar este plan de trabajo para su ejecución. Ver plan de trabajo en anexos.
3. Analizar los resultados de los estudios realizados en las distintas áreas del hospital para determinar cuál es la propuesta que representa un mayor impacto técnico y económico en la instalación eléctrica del hospital.
4. Realizar un levantamiento de los planos eléctricos faltantes para realizar un mejor estudio.
5. Además del ahorro económico que representa la generación solar fotovoltaica y la reducción de gases de efecto invernadero, se puede optar por la adquisición de bonos de carbono. Esto se logra al reducir la emisión de estos gases, en un equivalente a toneladas de carbono y obtener un ingreso económico. Considerar el aumento de generación

fotovoltaica y obtener ingresos adicionales. Elaborar un estudio que incluya un sistema solar fotovoltaico de mayor dimensión al recomendado para lograr la reducción de 1 tonelada de co2 equivalente y poder optar a la adquisición de bonos de carbono.

6. Corregir las anomalías encontradas:

- Punto caliente encontrado en interruptor principal, del transformador núm. 2, como se detalla en el capítulo de termografías.
- Armónicos en la instalación. Colocar equipos que mejoren el desempeño de la instalación, de acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo de armónicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Nacional de Energía. *Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución*. [en línea]. <<http://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/1999/47-99.pdf>>. [Consulta: 11 de octubre de 2018].
2. _____. *Norma tecnica de generación distribuida renovable*. [en línea]. <<http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/08%20NTGDR.pdf>>. [Consulta: 11 de octubre de 2018].
3. _____. *Norma técnica del servicio de distribución*. [en línea]. <<http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>>. [Consulta: 11 de octubre de 2018].
4. Ministerio de Economía. *Comision Guatemalteca de Normas. Sistemas de Gestión de la Energía*. [en línea]. <http://cretec.org.gt/wp-content/files_mf/coguanorntg_iso50001.pdf>. [Consulta: 11 de octubre de 2018].
5. Ministerio de Energía y Minas. *Balance Energético 2016*. [en línea]. <<https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/05/Informe-Balance-Energ%C3%A9tico-2016.pdf>>. [Consulta: 11 de octubre de 2018].

6. _____. *Política energética 2013-2027*. [en línea]. <<https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2013/02/PE2013-2027.pdf>>. [Consulta: 11 de octubre de 2018].
7. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. *Reglamento de salud y seguridad ocupacional*. [en línea]. <<https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/servicios/adolescente-trabajador/35-direccion-general-de-prevision-social/servicios/35-salud-y-seguridad-ocupacional>>. [Consulta: 11 de octubre de 2018].
8. Schneider Electric. *Guía de diseño de instalaciones eléctricas*. [en línea]. <<https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/946/946-guia-instalaciones-electricas-2008-s.e.pdf>>. [Consulta: 11 de octubre de 2018].

APÉNDICE

Apéndice 1. **Plan de trabajo del proyecto: cambio de 939 luminarias fluorescentes por iluminación led**

- **Objetivo general**

Realizar el reemplazo de las luminarias actualmente existentes en el área denominada torre norte, del Hospital General San Juan de Dios, por iluminación tipo LED. Incluye cambio de iluminación desde el Sotana hasta el Nivel 7.

- **Descripción general del proyecto**

Posterior a una auditoría energética en el área en mención, se determinó deficiencia en los niveles de iluminación en todos los niveles de la torre norte, esto debido a luminarias en mal estado o faltantes en cada lámpara, así como suciedad acumulada en los difusores. Se analizaron diferentes propuestas y se determina que la mejor solución para mejorar los niveles de iluminación es la sustitución de todas las lámpara actuales por iluminación tipo LED.

Sobre el área a trabajar, se trata de una edificación utilizada para el encamamiento de adultos, para su recuperación. Actualmente, tiene el nivel siete destinado para dormitorio de médicos residentes y salones de clases y el primer nivel y sótano es utilizado para oficinas administrativas. Todos los demás niveles alojan encamamientos y clínicas para realizar diferentes tratamientos a los pacientes. Además, contempla un área para atención de emergencia de adultos, en el ingreso principal del hospital.

Continuación del apéndice 1.

- Condiciones del proyecto
 - Se requiere el cambio de iluminación en siete niveles y un sótano, en la torre norte del Hospital General San Juan de Dios, de los cuales se debe solicitar la autorización para el ingreso a cada nivel, y utilizar días y horarios con menor afluencia de personas y que no se vean afectadas las áreas por falta de suministro de iluminación.
 - Se deben asignar las tareas a una cantidad óptima de personas para que se ejecute en el menor tiempo posible.
 - Asignar un área específica para el almacenamiento de materiales nuevos, los retirados y los desechos.

- Programación

La programación de los trabajos será elaborada por la unidad ejecutora, tomando las consideraciones anteriores. En el anexo se presenta una propuesta de programación, tomando en cuenta que todos los requerimientos necesarios de este proyecto son aprobados y cumplidos en los tiempos adecuados. Queda a criterio de las autoridades del hospital, realizar modificaciones en la programación.

Continuación del apéndice 1.

Núm.	Descripción de la actividad	Duración (Días)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Inicio del proyecto										
1	Aprobación de proyecto	15								
2	Adquisición de materiales	5								
3	Subcontratación de mano de obra	5								
4	Gestión de permisos	15								
Reemplazo de iluminación										
5	Nivel sótano	3								
6	Nivel 1	3								
7	Nivel 7	3								
8	Nivel 2	5								
9	Nivel 3	5								
10	Nivel 4	5								
11	Nivel 5	5								
12	Nivel 6	5								
13	Área de emergencia	3								
Finalización del proyecto										
14	Retiro de materiales y desechos	2								
15	Recepción de informe e inspección final	1								

- Supervisión

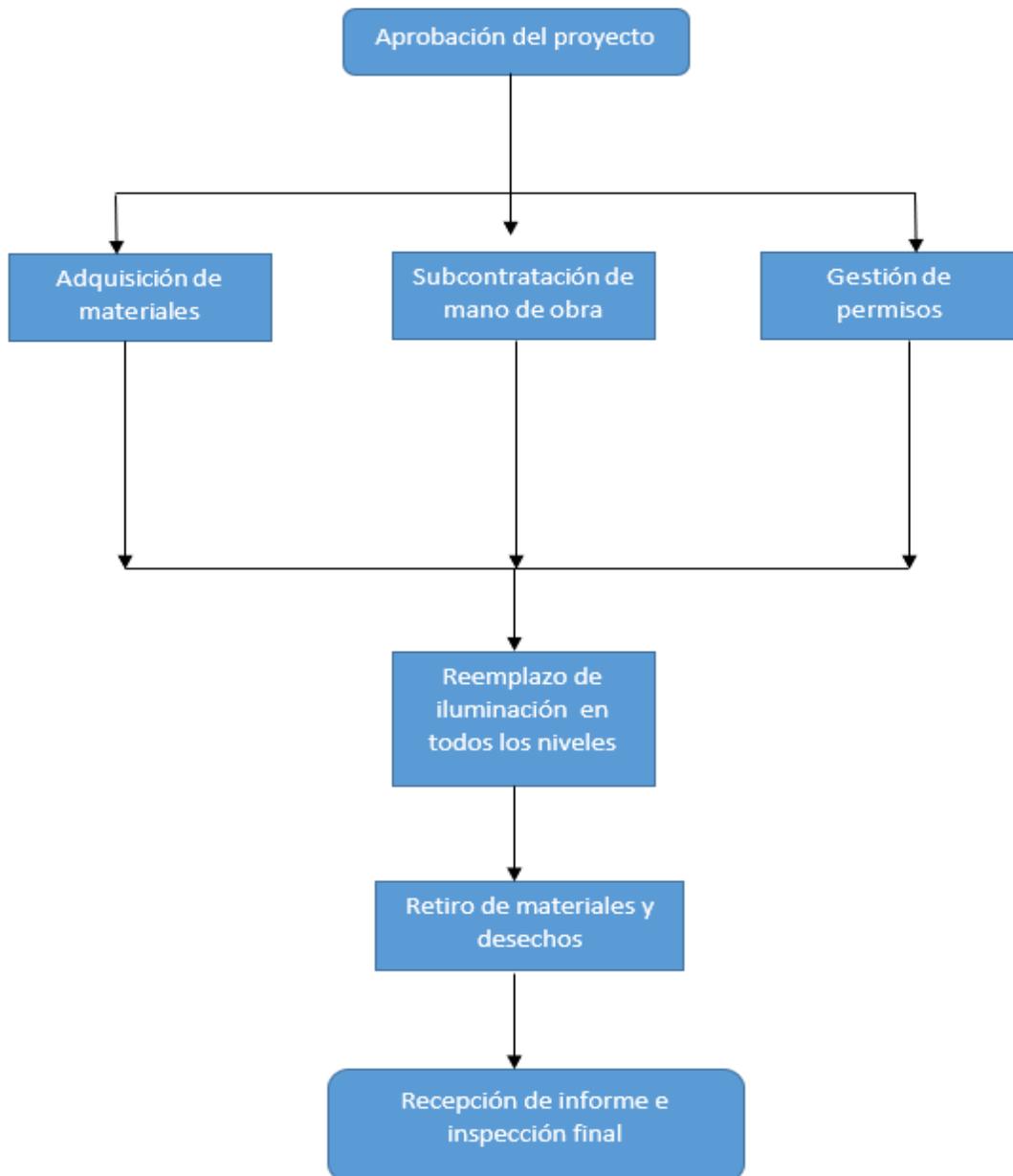
Los trabajos deben ser supervisados por una persona que el hospital asigne para garantizar la correcta ejecución de cada actividad, así como el cumplimiento de las normas para el ingreso y permanencia en cada área del hospital.

- Elaboración de informe final

Se deberá llevar el control del avance del proyecto, elaborando un informe donde se especifique mediante fotografías el cambio de las luminarias, y la verificación de los niveles de iluminación alcanzados, se deberá documentar todas las etapas del proyecto y agregar las observaciones o requerimientos adicionales, en caso de que no se cumpla con la ejecución total por motivos de fuerza mayor.

Continuación del apéndice 1.

- Diagrama del proceso



Continuación del apéndice 1.

Condiciones para subcontratación

- **Recurso humano**
 - El personal deberá ser calificado para realizar trabajos en alturas y con electricidad.
 - Deberán contar con seguro médico o afiliación IGSS, con el fin de cumplir con la normativa vigente sobre salud y seguridad ocupacional.
 - Deberán contar con un encargado o supervisor de personal, por cada grupo de trabajo. Quien velará por la correcta y segura ejecución de los trabajos.

- **Equipamiento**

Por la naturaleza del trabajo, deberán contar con los equipos que se describen a continuación en óptimas condiciones:

- Casco con barbiquejo
- Gafas de seguridad
- Guantes adecuados para protección contra cortes y golpes
- Botas dieléctricas con punta de seguridad
- Uniforme adecuado para el trabajo con efectivos o chaleco reflectivo
- Arnés para caídas
- Botiquín de primeros auxilios
- Cinta perimetral

- Continuación del apéndice 1.
 - Conos de señalización

- Herramientas
 - Equipo para medición de voltaje
 - Juego de destornilladores con mango aislante
 - Escaleras de doble banda, en buen estado
 - Pinzas y cortaalambres
 - Navaja de electricista

Queda a discreción de las autoridades la ejecución del proyecto con personal propio o subcontratado.

A continuación, se adjunta información detallada de cada área y cantidad de lámparas.

Área de la emergencia de adultos, Hospital General San Juan de Dios				
Núm.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad
1	Entrada de la emergencia	Fluorescente	tubular de 2x40 W	3
2	Clasificación	Fluorescente	tubular de 2x40 W	1
3	Clínica médica	Fluorescente	tubular de 2x40 W	3
4	Clínica de cirugía	Fluorescente	tubular de 2x40 W	3
5	Clínica de medicina	Fluorescente	tubular de 2x40 W	3
6	Área roja	Fluorescente	tubular de 2x40 W	46
7	Farmacia	Fluorescente	tubular de 2x40 W	1
8	Inhaloterapia	Fluorescente	tubular de 2x40 W	5
9	Observación	Fluorescente	tubular de 2x40 W	14
10	Sanitario de personal	Fluorescente	tubular de 2x40 W	2
11	Sanitario de pacientes	Fluorescente	tubular de 2x40 W	2
Total				83

Continuación del apéndice 1.

Nivel sótano, torre norte. Hospital General San Juan de Dios				
Núm.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad
1	Departamento de seguridad	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
2	Departamento de telefonía	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	3
3	Baño de hombres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	3
4	Baño de mujeres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	3
5	Subdirección de personal	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
6	Subdirección de enfermería	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	3
7	Recepción	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	8
8	Jefaturas	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	3
9	Departamento jurídico	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	14
10	Dirección Médica	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	14
11	Área de contratos	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	4
12	Gradas	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	3
			Total	62

Nivel 1 torre norte. Hospital General San Juan de Dios				
Núm.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad
1	Archivo de tesorería	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	4
2		Fluorescente	Compacta de 32 W	3
3		LED	Empotrable de 9 W	3
4		LED	Empotrable de 4x18 W	3
5	Clínica de VIH 1	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
6	Clínica de VIH 2	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
7	Clínica de VIH 3	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
8	Clínica de VIH 4	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
9	Clínica familiar 1	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
10	Clínica familiar 2	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
11	Clínica familiar 3	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
12	Baño de hombres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
13	Baño de mujeres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
14	Farmacia	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
15	Fundación pro-desarrollo	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
16	Sala de juntas	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
17	Oficina de jefatura	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
18	Recepción	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
19	Oficina de contabilidad	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
20	Área principal	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	8
21	Departamento de personal	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	9
22	Pasillo principal	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	30
			Total	85

Continuación del apéndice 1.

Nivel 2 torre norte. Hospital General San Juan de Dios				
Núm.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad
1	Unidad de terapia respiratoria	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	6
2	Sala de Intensivo	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	12
	Intensivo de enfermedades coronarias			
3	Sala 1	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
4	Sala 2	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
5	Sala 3	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
6	Sala 4	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
7	Sala 5	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
8	Pasillo de intensivo	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	24
9	Lavandería	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
10	Bodega	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	3
11	Sala de conferencias	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	8
12	Mantenimiento	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
13	Neurocirugía	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	18
14	Hemodiálisis	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	6
15	Jefatura médica	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
Total				86

Nivel 3 torre norte. Hospital General San Juan de Dios				
Núm.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad
1	Encamamiento neurocirugía	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	5
2	Encamamiento hombres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	11
3		Incandescente	Empotrable de 150 W	12
4	Encamamiento mujeres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	11
5		Incandescente	Empotrable de 150 W	11
6	Trabajo Social	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
7	Mantenimiento	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
8	Sala de endoscopia	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	15
9	Neurocirugía adultos	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	22
10		Incandescente	Empotrable de 150 W	24
11	Secretaria de neurología	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
12	Encamamiento 1	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	3
13	Encamamiento 2	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	3
14	Encamamiento 3	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	4
15	Pasillo	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	15
Total				141

Continuación del apéndice 1.

Nivel 4 torre norte. Hospital General San Juan de Dios				
Núm.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad
1	Encamamiento hombres cirugía	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	4
2	Conserjería	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
3	Mantenimiento	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
4	Jefatura Dpto. Clínico	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
5	Estación de enfermería	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	6
6	Club residentes de cirugía	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	8
7	Alojamiento segunda cirugía	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	5
8	Aislamiento primera cirugía	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	4
9	Cirugía de hombres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	48
10	Oficina Segunda unidad cirugía	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
11	Cirugía de hombres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	48
12	Biblioteca	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
13	Internet	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	8
14	Oficina	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
15	Pasillo	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	18
Total				156

Nivel 5 torre norte. Hospital General San Juan de Dios				
Núm.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad
1	Encamamiento de hombres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	6
2	Encamamiento especial	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	6
3	Unidad de diagnóstico	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	4
4	Oficina administrativa	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
5	Oficina de jefatura	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
6	Encamamiento 1	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	48
7	Encamamiento 2	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	46
8	Laboratorio	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	6
9	Clínica	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
Total				121

Nivel 6 torre norte. Hospital General San Juan de Dios				
Núm.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad
1	Encamamiento de hombres	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	6
2	Encamamiento especial	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	6
3	Unidad de diagnóstico	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	4
4	Oficina administrativa	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
5	Oficina de jefatura	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	1
6	Encamamiento de trasplante 1	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	48
7	Encamamiento de trasplante 2	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	46
8	Laboratorio de inmunología	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	6
9	Clínica de procedimientos	Fluorescente	Tubular de 4x40 W	2
Total				121

Continuación del apéndice 1.

Nivel 7 torre norte. Hospital General San Juan de Dios				
Núm.	Área de trabajo	Tipo de lámpara	Luminaria	Cantidad
1	Dormitorio de residentes 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
2	Dormitorio de residentes 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
3	Dormitorio de residentes 3	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
4	Dormitorio de residentes 4	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
5	Dormitorio de residentes 5	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
6	Dormitorio de residentes 6	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
7	Dormitorio de residentes 7	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
8	Dormitorio de residentes 8	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
9	Auditorio	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	10
10	Salón de clases 1	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
11	Salón de clases 2	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	6
12	Baño en cada dormitorio	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	8
13	Pasillo	Fluorescente	Tubular de 2x40 W	36
Total				114

- Resumen de iluminación. Torre Norte

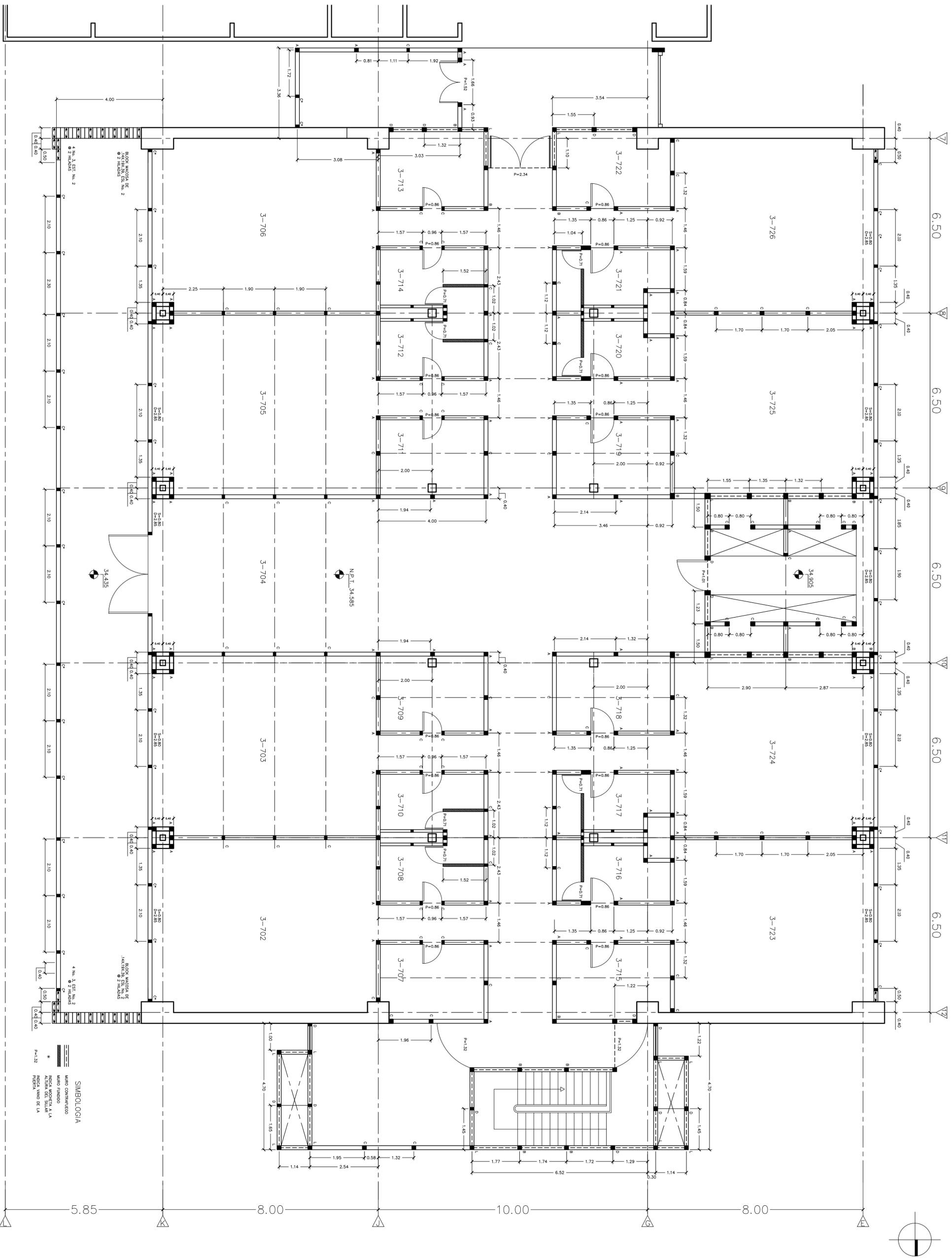
Nivel	Tipo luminaria	Tipo difusor	Cantidad
Emergencia de adultos	Fluorescente, tubular 2X40 W	Difusor prismático	81
Nivel sótano	Fluorescente, tubular 2X40 W	Difusor prismático	62
Nivel 1	Fluorescente, tubular 2X40 W	Difusor prismático	91
Nivel 2	Fluorescente, tubular 2X40 W	Difusor prismático	86
Nivel 3	Fluorescente, tubular 2X40 W	Difusor prismático	188
Nivel 4	Fluorescente tubular 2X40 W	Difusor prismático	156
Nivel 5	Fluorescente, tubular 2X40 W	Difusor prismático	121
Nivel 6	Fluorescente, tubular 2X40 W	Difusor prismático	121
Nivel 7	Fluorescente, tubular 2X40 W	Difusor prismático	114
Total			939

Fuente: elaboración propia.

ANEXO

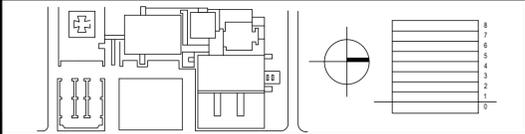
Anexo 1. Planos originales digitalizados

Fuente: Departamento de Mantenimiento del hospital San Juan de Dios.

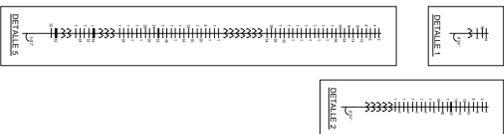
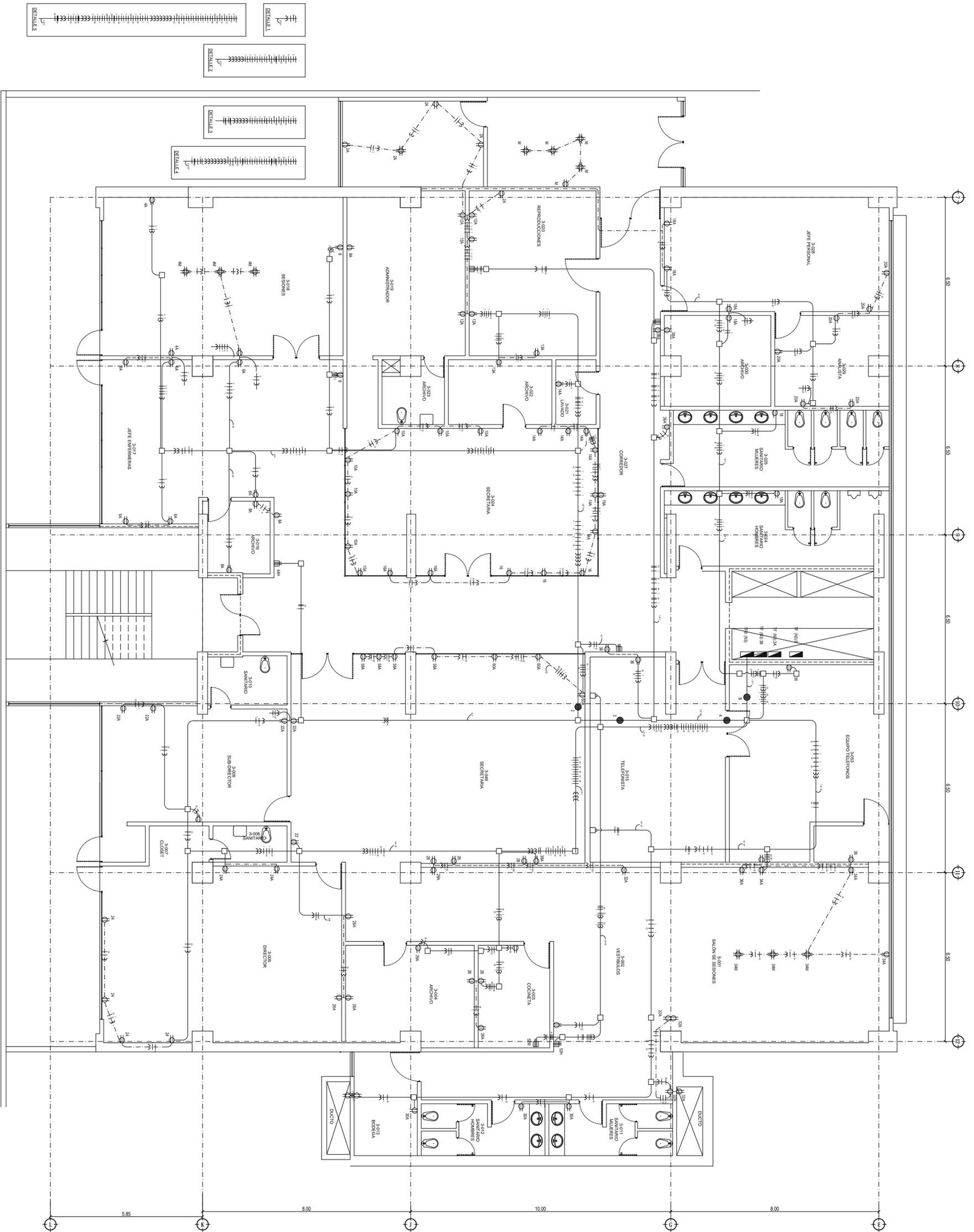


HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS GUATEMALA CIUDAD PLANOS FINALES DE CONSTRUCCION

MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL

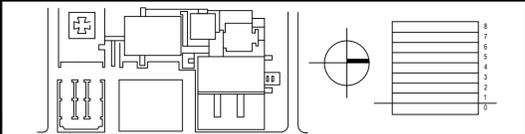


DIRECCION:	TORRE NORTE, NIVEL VII
CONTENIDO:	COTAS Y MOCHETAS
FECHA:	A/3.17/1.01
ELABORADO:	E.A. VÁSQUEZ
ESCALA:	1:50



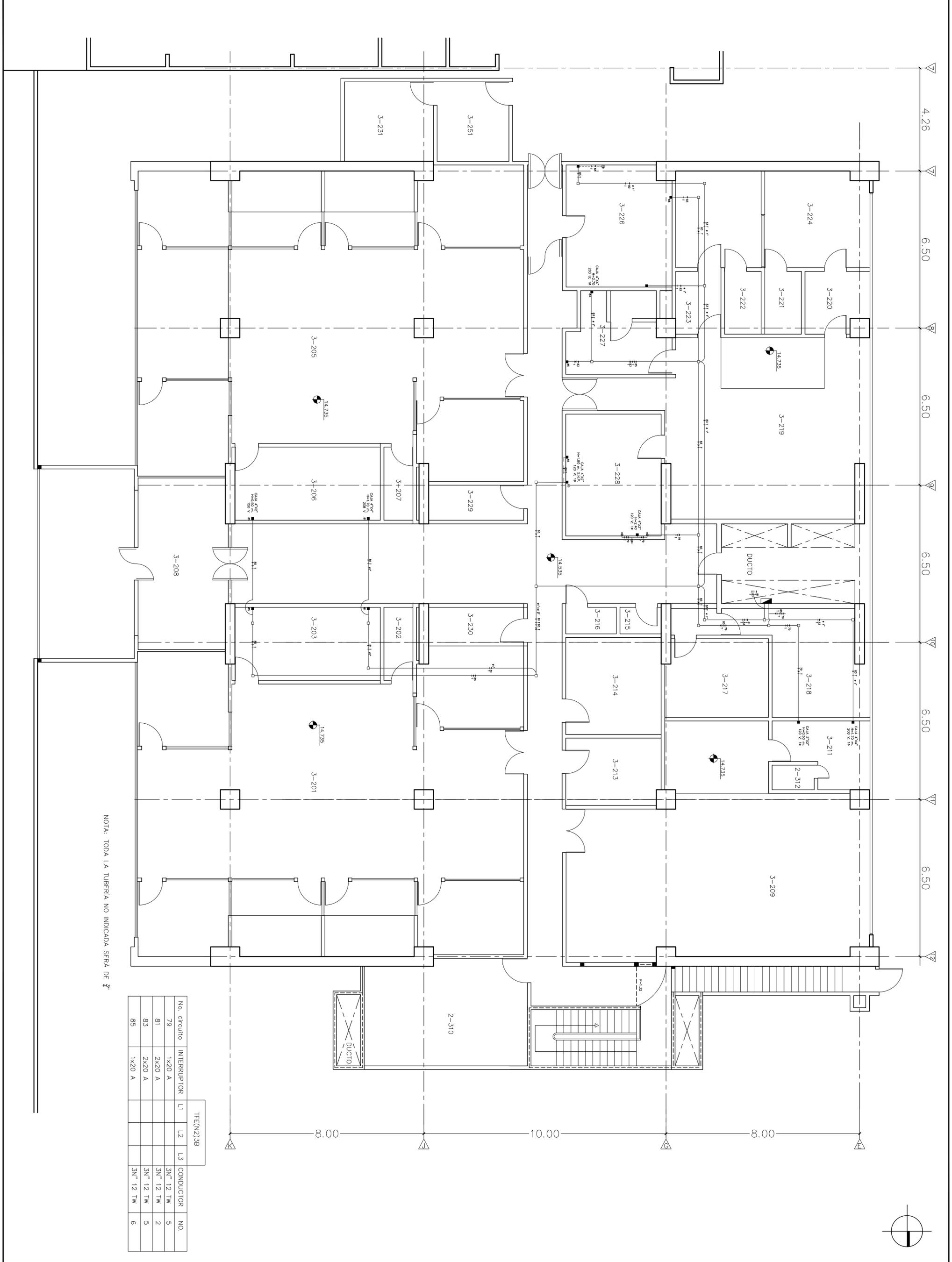
HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS GUATEMALA CIUDAD - PLANOS FINALES DE CONSTRUCCION

MINISTERIO DE COMUNICACIONES
Y OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y
ASISTENCIA SOCIAL



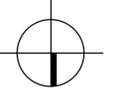
DIRECCION:	TORRE NORTE, NIVEL SOTANO
CONTENIDO:	FUERZA
PROYECTO:	E/3.1/0/1/1
FECHA:	23/07/2018
ESCALA:	1:50

PROYECTO:	E/3.1/0/1/1
FECHA:	23/07/2018
ESCALA:	1:50



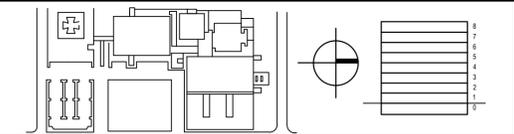
NOTA: TODA LA TUBERIA NO INDICADA SERA DE 3/4"

No. circuito	INTERRUPTOR	TFE(N2)3B			NO.
		L1	L2	L3 CONDUCTOR	
79	1x20 A			3N" 12 TW	5
81	2x20 A			3N" 12 TW	2
83	2x20 A			3N" 12 TW	5
85	1x20 A			3N" 12 TW	6

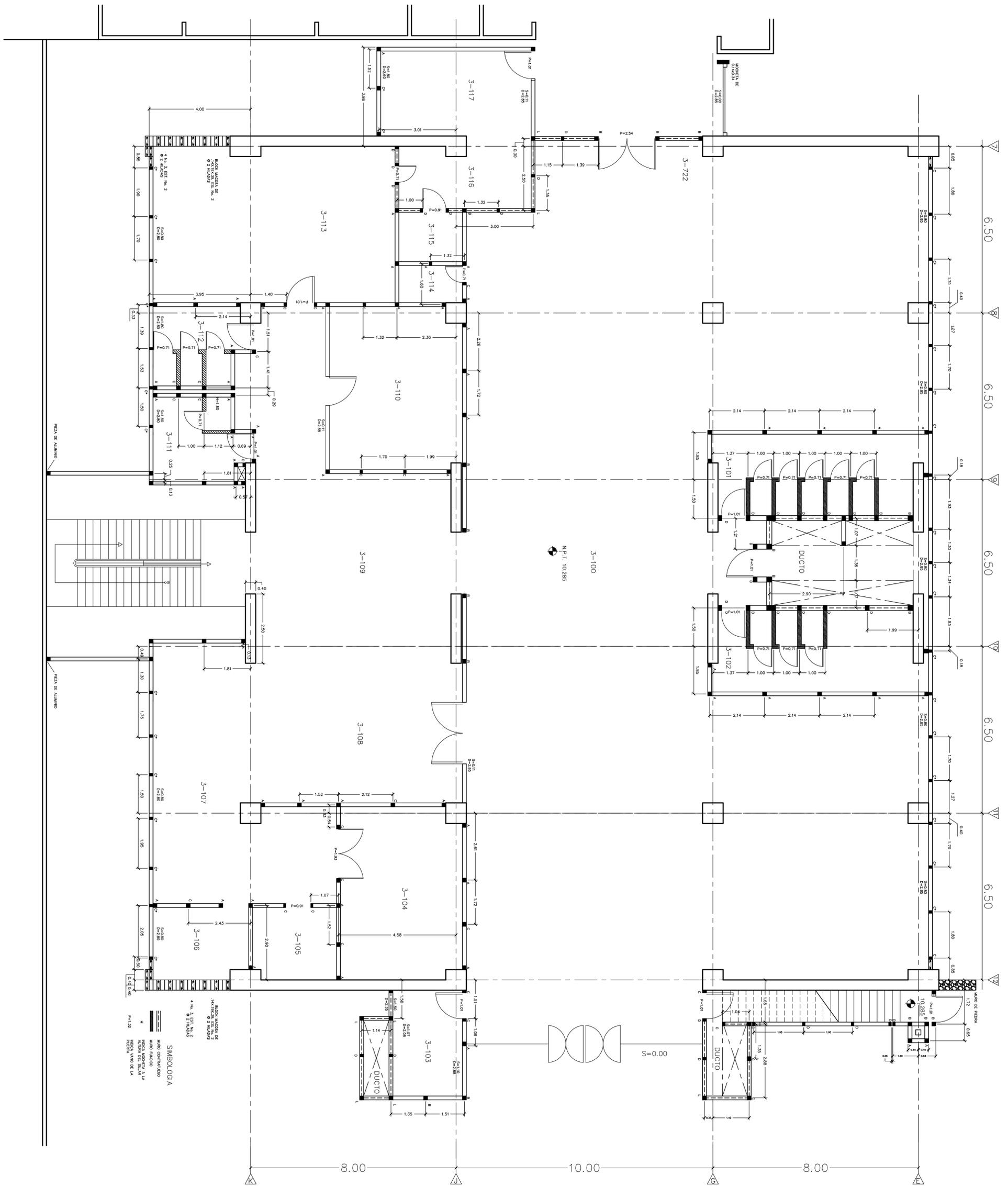


HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS GUATEMALA CIUDAD PLANOS FINALES DE CONSTRUCCION

MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL



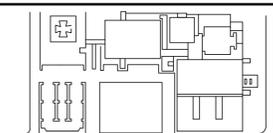
DIRECCION:	TORRE NORTE, NIVEL II
CONTENIDO:	ALIMENTACION A EQUIPO
FECHA:	A/3.1/2/1/9-1
ELABORADO:	E.A. VÁSQUEZ
FECHA:	01/09/2018
ESCALA:	1:50



4 No. 3/8" C.I. No. 2
 BLOQUE VIGAS DE
 14.4x14.4x1.80
 2 TUBERIAS
 4 No. 3/8" C.I. No. 2
 BLOQUE VIGAS DE
 14.4x14.4x1.80
 2 TUBERIAS

SIMBOLOGIA
 MURO CONFINADO
 MURO FINADO
 ALUMINIO
 REJILLA VANO DE LA
 PARED

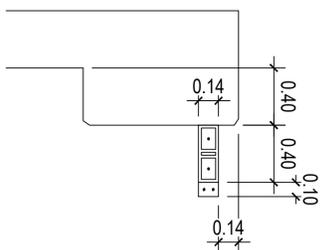
**MINISTERIO DE COMUNICACIONES
 Y OBRAS PUBLICAS**
**MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y
 ASISTENCIA SOCIAL**



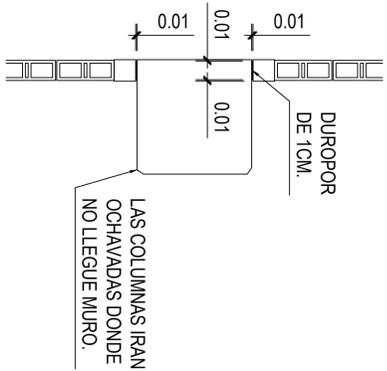
CONECTOR Y BARRIO 3.11	J.D.	06/10/08
CORRECCIONES VARIAS	J.D.	24/10/08

DIRECCION	TORRE NORTE, NIVEL 1
CONTENIDO	COTAS Y MOCHETAS
A.3.2.2	A/3.11/1.01
PROYECTO	23/07/2018
REVISOR	E.A. VÁSQUEZ
ESCALA	1:50

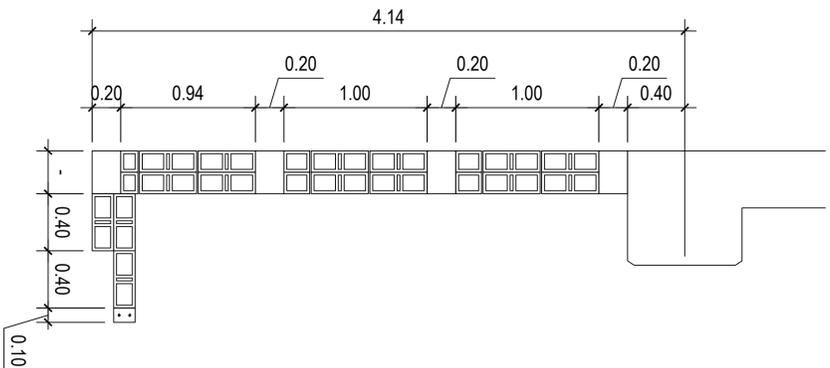
HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS GUATEMALA CIUDAD PLANOS FINALES DE CONSTRUCCION



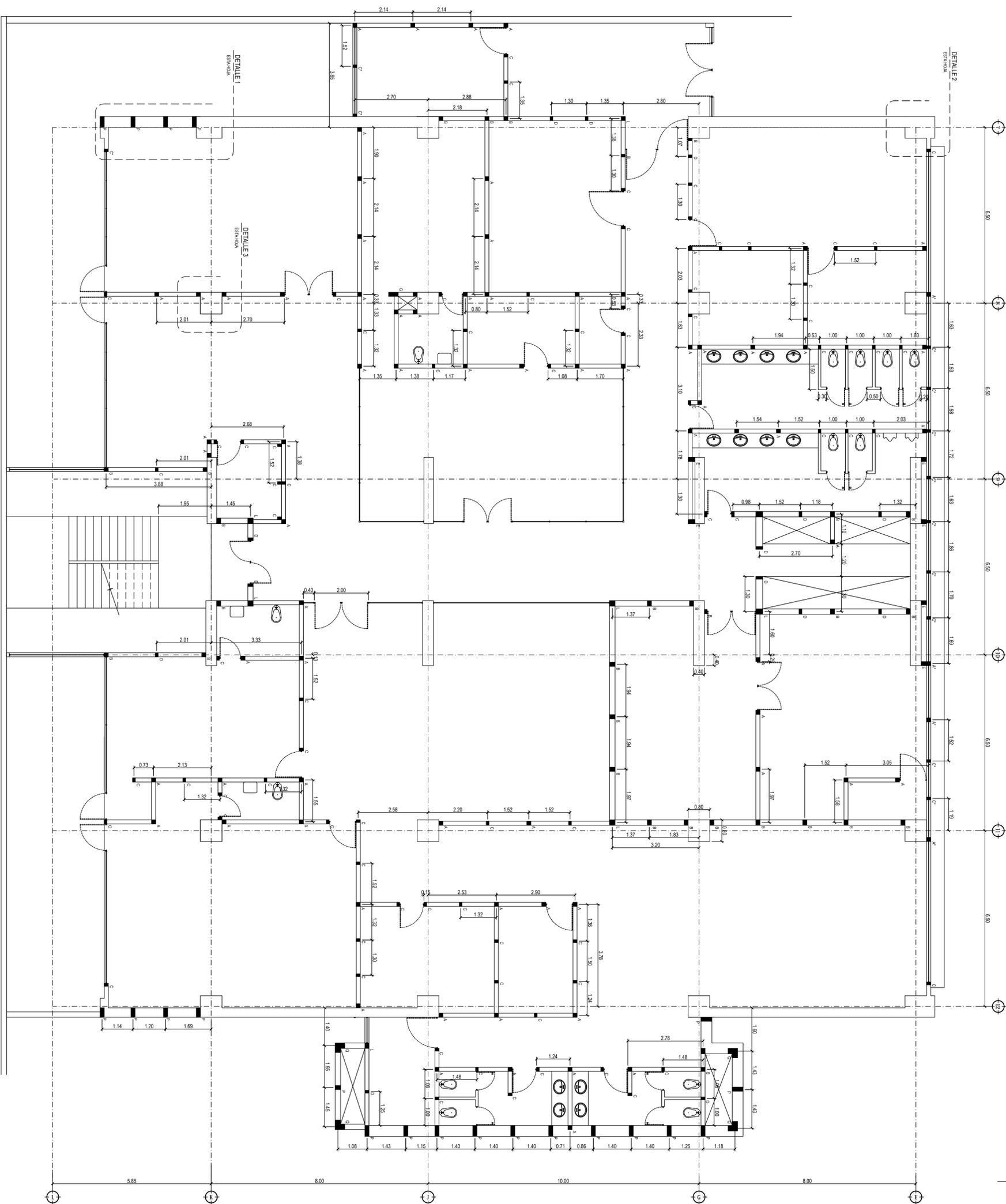
DETALLE 2



DETALLE 3



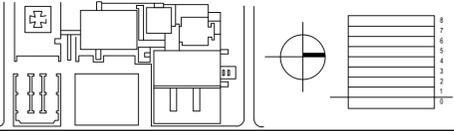
DETALLE 1



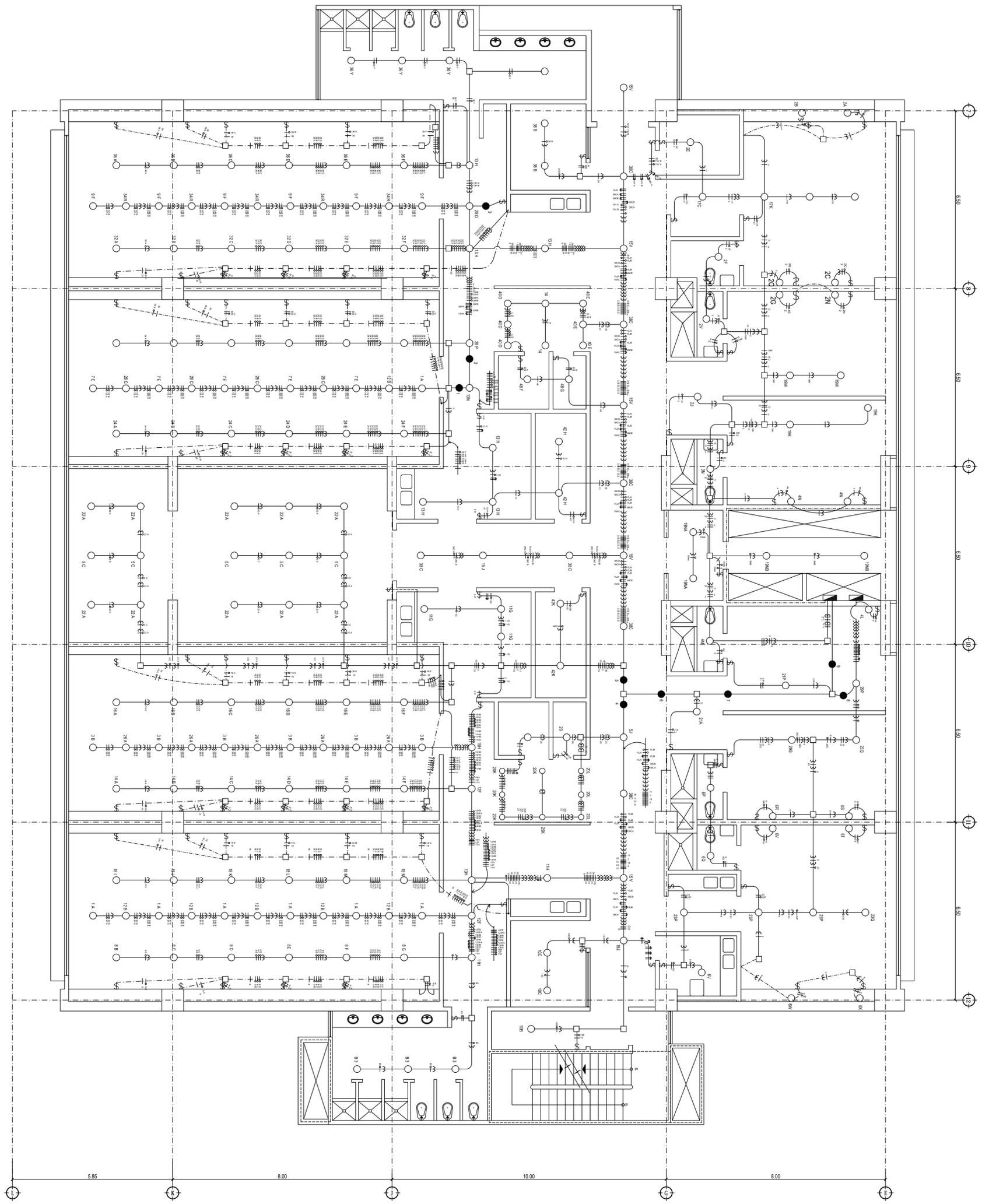
HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS GUATEMALA CIUDAD

PLANOS FINALES DE CONSTRUCCION

MINISTERIO DE COMUNICACIONES
Y OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y
ASISTENCIA SOCIAL



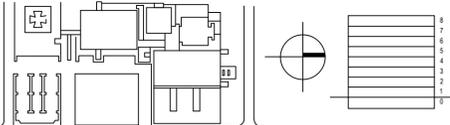
DIRECCION:	TORRE NORTE, NIVEL SOTANO
CONTENIDO:	COTAS Y MOCHETAS
PROYECTO:	A/3.1/0/1.01
FECHA:	31/08/2018
ESCALA:	1:50



HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS GUATEMALA CIUDAD

PLANOS FINALES DE CONSTRUCCION

MINISTERIO DE COMUNICACIONES
Y OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y
ASISTENCIA SOCIAL



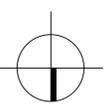
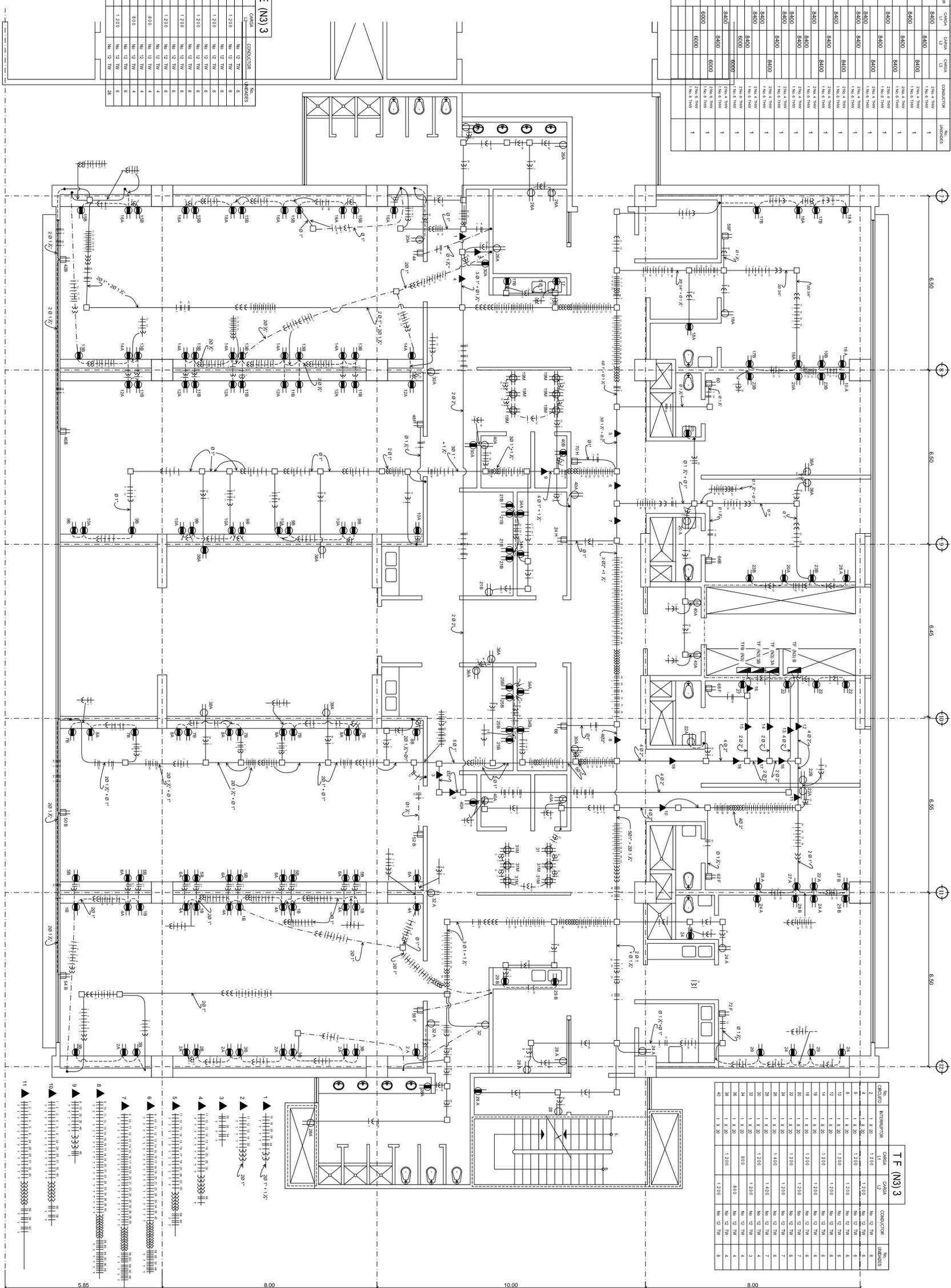
DIRECCION:	TORRE NORTE, NIVEL III AL VI		
CONTENIDO:	ILUMINACION		
PROYECTO:	E/3. 1/3-6/1/6		
FECHA:	23/07/2018	ESCALA:	
ELABORADO:	E.A. VÁSQUEZ	ESCALA:	1:50

TF (N3) 3A

No. CABLEADO	INTERFERENCIA	CABLEA L1	CABLEA L2	CABLEA L3	CONDUCTOR	No. UNIDADES
42	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
44	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
46	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
48	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
50	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
52	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
54	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
56	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
58	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
60	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
62	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
64	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
68	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
70	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
72	2 X 70	8400	8400	8400	2N6.8 TW	1
74	2 X 50	6000	6000	6000	2N6.8 TW	1
66	2 X 50	6000	6000	6000	2N6.8 TW	1

TFE (N3) 3

No. CABLEADO	INTERFERENCIA	CABLEA L1	CABLEA L2	CABLEA L3	CONDUCTOR	No. UNIDADES
1	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
3	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
5	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
7	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
9	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
11	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
13	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
15	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
17	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
19	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
21	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
23	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
25	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
27	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
29	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
31	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
33	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	6



TF (N3) 3

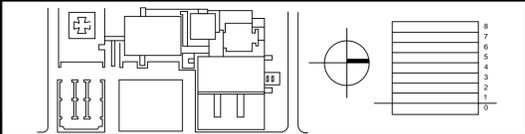
No. CABLEADO	INTERFERENCIA	CABLEA L1	CABLEA L2	CABLEA L3	CONDUCTOR	No. UNIDADES
2	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
4	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
6	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
8	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
10	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
12	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
14	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
16	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
18	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
20	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
22	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
24	1 X 20	1400	1400	1400	N6.12 TW	7
26	1 X 20	1400	1400	1400	N6.12 TW	7
28	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
30	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
32	1 X 20	800	800	800	N6.12 TW	4
34	1 X 20	800	800	800	N6.12 TW	4
36	1 X 20	800	800	800	N6.12 TW	4
38	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6
40	1 X 20	1200	1200	1200	N6.12 TW	6

TF (N3) 3A

No. CABLEADO	INTERFERENCIA	CABLEA L1	CABLEA L2	CABLEA L3	CONDUCTOR	No. UNIDADES	OBSERVACIONES
2	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
4	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
6	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
8	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
10	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
12	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
14	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
16	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
18	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
20	1 X 20	1000	1000	1000	N6.12 TW	1	
22	2 X 40				2N6.8 TW	2	ALIM. EQUIPO
23	2 X 4				N6.10 TW	1	
24	3 X 30				3N6.10 TW	1	
25	3 X 30				3N6.10 TW	1	

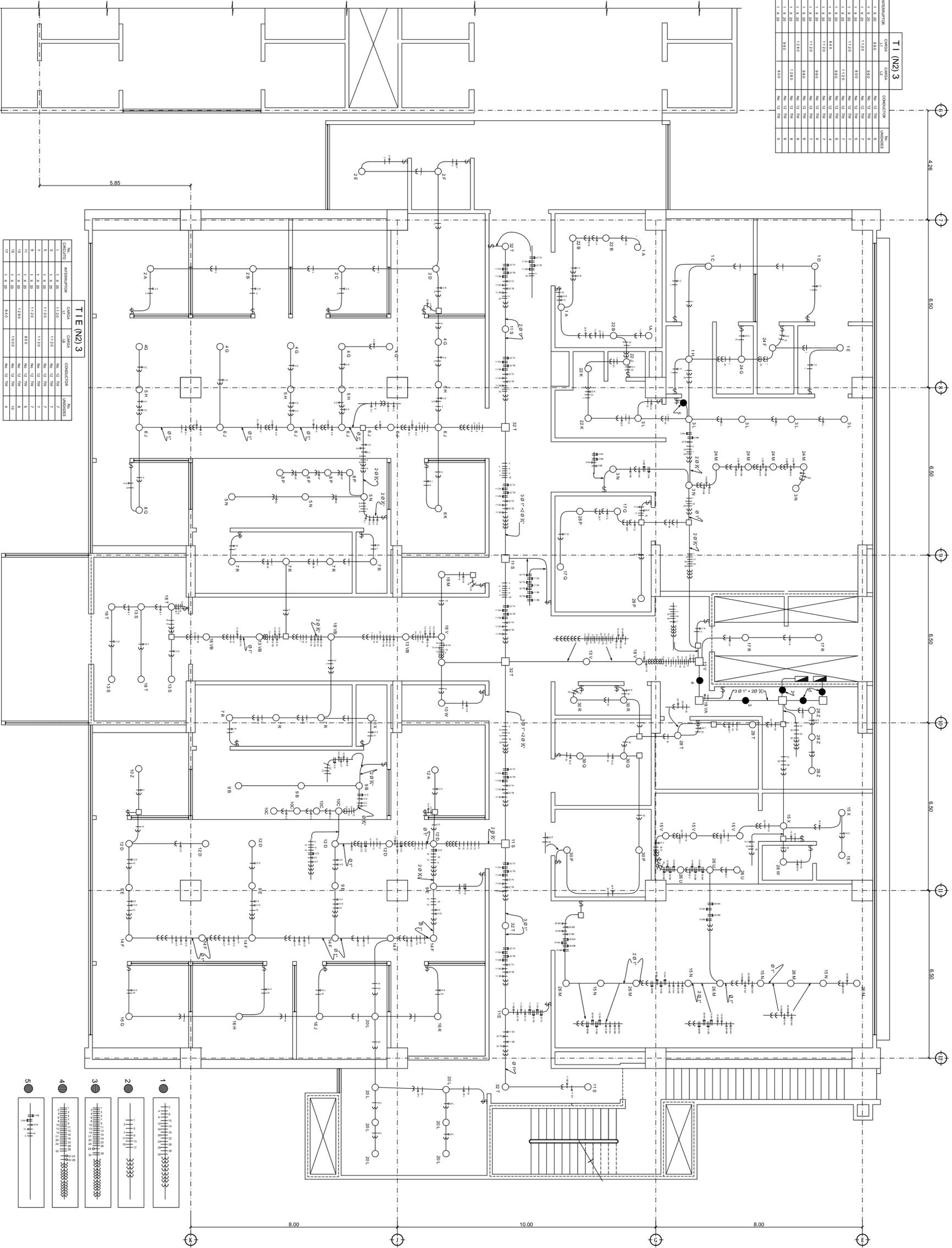
HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS GUATEMALA CIUDAD PLANOS FINALES DE CONSTRUCCION

MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL

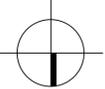
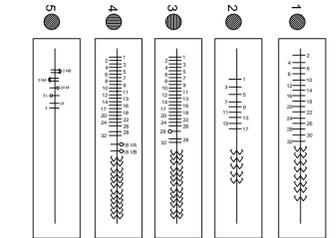


DIRECCION:	TORRE NORTE NIVEL III AL VI
CONTENIDO:	FUERZA
DIBUJO:	E.A. VÁSQUEZ
FECHA:	23/07/2018
ESCALA:	1:50

No. CANTON	INTERSECCION	CANTON		CONDUCTOR		No. DE TUBOS
		CLAS.	SECCION	CLAS.	SECCION	
1	1 X 20	4.0	1120	6	12	6
2	1 X 20	4.0	980	6	12	6
3	1 X 20	1120	810	6	12	7
4	1 X 20	1120	810	6	12	7
5	1 X 20	1120	810	6	12	7
6	1 X 20	1120	810	6	12	7
7	1 X 20	1120	810	6	12	7
8	1 X 20	1120	810	6	12	7
9	1 X 20	1120	810	6	12	7
10	1 X 20	1120	810	6	12	7
11	1 X 20	1120	810	6	12	7
12	1 X 20	1120	810	6	12	7
13	1 X 20	1120	810	6	12	7
14	1 X 20	1120	810	6	12	7
15	1 X 20	1120	810	6	12	7
16	1 X 20	1120	810	6	12	7
17	1 X 20	1120	810	6	12	7
18	1 X 20	1120	810	6	12	7
19	1 X 20	1120	810	6	12	7
20	1 X 20	1120	810	6	12	7
21	1 X 20	1120	810	6	12	7
22	1 X 20	1120	810	6	12	7
23	1 X 20	1120	810	6	12	7
24	1 X 20	1120	810	6	12	7
25	1 X 20	1120	810	6	12	7
26	1 X 20	1120	810	6	12	7
27	1 X 20	1120	810	6	12	7
28	1 X 20	1120	810	6	12	7
29	1 X 20	1120	810	6	12	7
30	1 X 20	1120	810	6	12	7
31	1 X 20	1120	810	6	12	7
32	1 X 20	1120	810	6	12	7

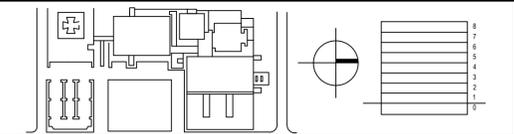


No. CANTON	INTERSECCION	CANTON		CONDUCTOR		No. DE TUBOS
		CLAS.	SECCION	CLAS.	SECCION	
1	1 X 20	4.0	1120	6	12	7
2	1 X 20	4.0	980	6	12	7
3	1 X 20	1120	810	6	12	7
4	1 X 20	1120	810	6	12	7
5	1 X 20	1120	810	6	12	7
6	1 X 20	1120	810	6	12	7
7	1 X 20	1120	810	6	12	7
8	1 X 20	1120	810	6	12	7
9	1 X 20	1120	810	6	12	7
10	1 X 20	1120	810	6	12	7
11	1 X 20	1120	810	6	12	7
12	1 X 20	1120	810	6	12	7
13	1 X 20	1120	810	6	12	7
14	1 X 20	1120	810	6	12	7
15	1 X 20	1120	810	6	12	7
16	1 X 20	1120	810	6	12	7
17	1 X 20	1120	810	6	12	7
18	1 X 20	1120	810	6	12	7
19	1 X 20	1120	810	6	12	7
20	1 X 20	1120	810	6	12	7
21	1 X 20	1120	810	6	12	7
22	1 X 20	1120	810	6	12	7
23	1 X 20	1120	810	6	12	7
24	1 X 20	1120	810	6	12	7
25	1 X 20	1120	810	6	12	7
26	1 X 20	1120	810	6	12	7
27	1 X 20	1120	810	6	12	7
28	1 X 20	1120	810	6	12	7
29	1 X 20	1120	810	6	12	7
30	1 X 20	1120	810	6	12	7
31	1 X 20	1120	810	6	12	7
32	1 X 20	1120	810	6	12	7



HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS GUATEMALA CIUDAD PLANOS FINALES DE CONSTRUCCION

MINISTERIO DE COMUNICACIONES
Y OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y
ASISTENCIA SOCIAL



DIRECCION: TORRE NORTE, NIVEL II	
CONTENIDO: ILUMINACION, Y ALIMENTACION AIRE ACONDICIONADO	
FECHA: 23/07/2018	ESCALA: 1:50
ELABORADO: E.A. VÁSQUEZ	PROYECTADO: E/3.117/116-9