



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

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL
HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**

Carlos Raúl Arana Alay

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, marzo de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL
HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CARLOS RAÚL ARANA ALAY

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO 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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
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:

DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 19 de febrero de 2018.

Carlos Raúl Arana Alay



Guatemala, 13 de noviembre de 2019.
Ref.EPS.DOC.788.11.19.

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

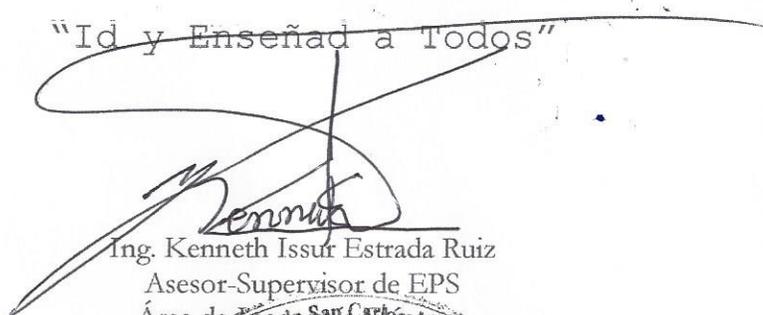
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Raúl Arana Alay** de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Registro Académico No. **200718840** y **CUI 1857 49399 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO,"**.

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



c.c. Archivo
KIER/ra



Guatemala 13 de noviembre de 2019.
Ref.EPS.D.415.11.19.

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

Estimado Ingeniero Rivera Castillo:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO,"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Carlos Raúl Arana Alay**, quien fue debidamente asesorado 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 Hernandez
Director Unidad de EPS

/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF. EIME 81. 2019.
2 de noviembre 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:
**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE
CHIMALTENANGO**, del estudiante; Carlos Raúl Arana Alay, que
cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

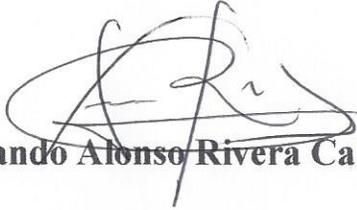
Ing. Otto Fernando Andrino González
Coordinador de Electrotécnica





REF. EIME 81. 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: CARLOS RAÚL ARANA ALAY titulado : DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO, procede a la autorización del mismo.


Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 18 DE NOVIEMBRE 2019.

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.103-2020

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: **DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Raúl Arana Alay**, 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, marzo de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por bendecir e iluminar mi vida, permitiéndome cumplir esta meta, colmándome de sabiduría y amor en todo momento.

Mis padres

Blanca Alay y Florencio Arana. Por su amor incondicional, esfuerzo, paciencia y el buen ejemplo que me ha llevado a ser la persona que ahora soy, en especial a mi madre por ser el ejemplo de superación y perseverancia que me inspiró para terminar la carrera.

Mis hermanos

Kevin, Waleska y Einar Alay. Por estar presentes en cada etapa de mi carrera, que este triunfo sea el ejemplo que los motive a continuar su formación profesional. A mi hermano Roberto un agradecimiento especial, por su apoyo incondicional, por mostrarme con su ejemplo que todo es posible con esfuerzo, perseverancia y que, un paso para atrás, ni para tomar impulso.

Mi hija

Delia Judit Arana. Por ser parte de mi inspiración, alegrando con su sonrisa y muestras de amor esta etapa de mi vida.

Tías, tíos y primos

Por las muestras de afecto que estuvieron presentes en todo momento y por el apoyo brindado de una u otra forma, este triunfo lo comparto con ustedes, gracias por todo.

Mis abuelos

Alejandro Alay y Julia Hernández. Por su amor, paciencia y todos aquellos consejos que me brindaron. Un abrazo hasta el cielo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser *la alma máter* de mi carrera profesional.

Facultad de Ingeniería

Por brindar las herramientas necesarias que me formaron y los conocimientos que me acompañaran por el resto de la vida.

Mis amigos

Gerby Puac, Marco Tulio Rodas, Julio Guzmán, Lester Salazar, excompañeros del ITIGK, INACIF y compañeros de ENERGUATE que de una u otra manera fueron parte de este logro, gracias por todos los momentos que compartimos y que nos ayudaron a ser mejores personas, por compartir sus conocimientos en todo momento y por brindar palabras de aliento en los lapsos más difíciles de la carrera.

Irene Marroquín

Por animarme a ser una mejor persona, un mejor profesional y por demostrarme con su amor que la vida merece cada esfuerzo realizado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO.....	1
1.1. Funciones del hospital.....	2
1.2. Misión	2
1.3. Visión.....	2
1.4. Objetivos estratégicos	3
1.5. Organigrama del hospital.....	3
2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	7
2.1. Ubicación y área del edificio	7
2.2. Horario de trabajo.....	8
2.3. Condiciones generales del edificio del Hospital Nacional de Chimaltenango	8
3. ANÁLISIS HISTÓRICOS DE CONSUMOS	11
3.1. Consumo de energía eléctrica.....	11
3.2. Consumo de agua potable.....	15

4.	INVENTARIO DE EQUIPOS.....	19
4.1.	Iluminación	21
4.1.1.	Análisis de los resultados de iluminación	24
5.	HÁBITOS DE CONSUMO.....	31
6.	ANÁLISIS DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	35
6.1.	Análisis de voltajes.....	35
6.2.	Análisis de corrientes	40
6.3.	Análisis de potencia activa total consumida	42
6.4.	Análisis del factor de potencia.....	43
7.	ADECUACIÓN DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS	45
7.1.	Parámetros eléctricos y selección de módulos	48
8.	MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	53
8.1.	Iluminación	53
8.2.	Equipos eléctricos	54
8.3.	Climatización y aire acondicionado	55
9.	ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍAS	57
10.	GESTIÓN DE DESECHOS.....	65
10.1.	Plan de acción, recolección y manejo de desechos sólidos en el hospital	66
11.	PROYECCIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	71
11.1.	Análisis económico proyectado.....	73
11.2.	Análisis económico proyectado para 2032.....	75

12.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE AHORROS ENERGÉTICOS.....	79
12.1.	Instalación de paneles solares	79
12.2.	Simulación de consumo eléctrico con tecnología led	80
12.3.	Buenas prácticas y hábitos de consumo	85
13.	EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	89
14.	REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL.....	91
14.1.	Instalación eléctrica	91
14.2.	Componentes de una instalación eléctrica	92
14.3.	Cálculos de diseño	100
14.4.	Presupuesto del diseño	109
14.5.	Planos finales del diseño	114
15.	SISTEMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICAS	115
15.1.	¿Qué es la radiación?.....	115
15.2.	Elementos que conforman la radiación	116
15.3.	Fuentes de radiación	117
15.3.1.	Fuentes naturales	118
15.3.2.	Fuentes artificiales.....	119
15.4.	Diseño de los sistemas de protección	120
16.	PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	123
16.1.	Justificación, optimización y limitación de dosis	123
16.2.	Justificación de las exploraciones médicas	125
17.	RIESGOS ASOCIADOS A LA RADIACIÓN	127
17.1.	Relación dosis-efectos deterministas	130

17.2.	Relación dosis-efectos estocásticos.....	130
18.	EQUIPOS DE PROTECCION RADIOLÓGICOS EN HOSPITALES	133
18.1.	Antecedentes	133
18.2.	Tipos de equipos de protección radiológica	135
18.3.	Equipo existente en los hospitales de Guatemala.....	137
18.4.	Forma de utilización de los equipos de protección.....	140
18.5.	Relación entre los sistemas eléctricos y la radiación	143
	CONCLUSIONES.....	145
	RECOMENDACIONES	147
	BIBLIOGRAFÍA.....	149
	APÉNDICES.....	151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del hospital	4
2.	Organigrama del departamento de mantenimiento	5
3.	Vista aérea del Hospital Nacional de Chimaltenango	7
4.	Proyección de crecimiento energético para 2018	13
5.	Vista del ingreso trifásico principal	14
6.	Tablero y medidor principal	14
7.	Caseta del tablero principal y centro de transformación de media tensión 34,5 KV a 120/208 V.....	15
8.	Proyección de crecimiento energético de la bomba de agua para 2018	17
9.	Gráfica de la distribución de la energía eléctrica en el hospital.....	21
10.	Promedio de iluminación en luxes por área de trabajo en el hospital ..	27
11.	Radiación solar diaria.....	46
12.	Temperaturas máximas y mínimas mensuales en el departamento de Chimaltenango	47
13.	Gráfica comparativa entre consumos y generación de energía eléctrica en KW para 2018.....	52
14.	Tableros de control de la iluminación de los pasillos, laboratorio y bodega	60
15.	Tablero de control hacia las áreas administrativas, emergencia, cirugía de hombres, cirugía de mujeres y pediatría	61
16.	Tablero de control hacia los cuartos fríos, cocina y cafetería.....	62
17.	Tablero de control hacia la lavandería	63

18.	Interruptor para los servicios de emergencia ante falta de energía eléctrica	64
19.	Ejemplo de afiche por utilizar para concientizar a los trabajadores del hospital.....	69
20.	Propuesta de colores identificativos para los recipientes de reciclaje...	69
21.	Costo proyectado para 2018 referente al consumo de energía eléctrica	73
22.	Gráfica de comparación de proyecciones del costo económico de energía eléctrica	74
23.	Gráfica de proyección del costo económico de energía eléctrica para 2021.....	75
24.	Gráfica de proyección del costo económico de energía eléctrica para 2025.....	76
25.	Gráfica de proyección del costo económico de energía eléctrica para 2029.....	76
26.	Gráfica de proyección del costo económico de energía eléctrica para 2032.....	77
27.	Gráfica de proyección y comparación de costo económico del consumo de energía eléctrica para 2032.....	84
28.	Gráfica de proyección y comparación de consumo de energía eléctrica para 2032	85
29.	Comparación de proyecciones entre consumo de energía eléctrica actual (corinto) y el consumo esperado (verde), implementando iluminación led (azul), paneles solares (amarillo) y practicando buenos hábitos de consumo (marrón)	87
30.	Comparación de proyecciones entre el costo de energía eléctrica actual (corinto) y el costo esperado (verde), implementando iluminación led (azul), paneles solares (amarillo) y practicando buenos hábitos de consumo (marrón).	88

31.	Gráfica de comparación entre emisiones de gases de efecto invernadero para 2032	90
32.	Simplificado de una instalación eléctrica.....	91
33.	Acometida	93
34.	Medidor	94
35.	Interruptor principal	95
36.	Interruptor en derivación	96
37.	Transformador.....	97
38.	Conductor eléctrico	98
39.	Puesta a tierra.....	99
40.	Accesorios eléctricos.....	100
41.	Ilustración del método cavidad zonal	101
42.	Gráfica del espectro de la radiación	116
43.	Gráfica de los tipos de radiaciones	117
44.	Principios fundamentales de la protección radiológica.....	124
45.	Radiación y dosis relacionadas.....	127
46.	Magnitudes para evaluar riesgos	128
47.	Porcentajes identificados en el cuerpo.....	129
48.	Ecuación para el cálculo de dosis	129
49.	La dosis de radiación siempre es proporcional al tiempo de exposición	134
50.	A mayor distancia de la fuente de emisión, menor dosis de radiación.....	135
51.	Con el blindaje correcto la dosis disminuye en gran parte	135
52.	Blindaje con plomo para sala de rayos X.....	136
53.	Blindaje para jeringas.....	137
54.	Equipo de rayos X.....	138
55.	Equipo de tomografía computarizada.....	139
56.	Equipo de teleterapia	140

57.	Señal de riesgo de radiación	141
58.	Blindajes contra radiaciones	142
59.	Torre de transmisión de flujo eléctrico	143

TABLAS

I.	Datos del servicio principal de energía eléctrica.....	11
II.	Consumo energético general del Hospital Nacional de Chimaltenango (enero a julio).....	12
III.	Consumo energético general del Hospital Nacional de Chimaltenango (agosto a diciembre)	12
IV.	Datos del servicio de la bomba de agua del Hospital	15
V.	Consumo energético de la bomba de agua del Hospital Nacional de Chimaltenango (enero a julio).....	16
VI.	Consumo energético de la bomba de agua del Hospital Nacional de Chimaltenango (agosto a diciembre)	16
VII.	Inventario de equipos en el Hospital Nacional de Chimaltenango	20
VIII.	Datos de la cantidad de luminarias, eficiencia y medición de la intensidad lumínica (en luxes)	22
IX.	Resumen de la eficiencia lumínica en el hospital	24
X.	Niveles mínimos de iluminación.....	26
XI.	Resumen de encuestados en el hospital	31
XII.	Formato y resumen de respuestas de la encuesta realizada a los trabajadores del hospital.....	32
XIII.	Resumen de la medición del voltaje entre la línea 1 y el neutro	35
XIV.	Resumen de la medición del voltaje entre la línea 2 y el neutro	36
XV.	Resumen de la medición del voltaje entre la línea 3 y el neutro	36
XVI.	Resumen de la medición del voltaje entre neutro y tierra	37
XVII.	Resumen de la medición del voltaje entre la línea 1 y la línea 2	38

XVIII.	Resumen de la medición del voltaje entre la línea 2 y línea 3.....	38
XIX.	Resumen de la medición del voltaje entre la línea 3 y línea 1.....	39
XX.	Resumen de la medición de la corriente en la línea 1.....	40
XXI.	Resumen de la medición de la corriente en la línea 2.....	40
XXII.	Resumen de la medición de la corriente en la línea 3.....	41
XXIII.	Resumen de la medición de potencia activa total.....	42
XXIV.	Resumen de la medición del factor de potencia.....	43
XXV.	Rendimiento parcial y total de los paneles solares.....	45
XXVI.	Rendimiento parcial y total de los paneles solares por mes.....	47
XXVII.	Características técnicas de los paneles solares por instalar.....	48
XXVIII.	Características técnicas del regulador de tensión por instalar.....	49
XXIX.	Características técnicas del inversor – cargador por instalar.....	50
XXX.	Resumen de equipos por instalar.....	51
XXXI.	Cuadro comparativo entre consumo y generación (enero a julio).....	51
XXXII.	Cuadro comparativo entre consumo y generación (agosto a diciembre).....	51
XXXIII.	Rangos y acciones sugeridas entre elementos o equipos similares según su temperatura.....	59
XXXIV.	Consumo promedio de energía eléctrica durante un día laboral.....	71
XXXV.	Consumo promedio de energía eléctrica durante el fin de semana o día de asueto.....	72
XXXVI.	Proyección de consumo de energía eléctrica para 2018.....	72
XXXVII.	Información de costo para la instalación y tiempo de retorno.....	80
XXXVIII.	Comparación entre lámparas actuales y propuestas.....	80
XXXIX.	Información de costo para la instalación y tiempo de retorno.....	81
XL.	Inventario de lámparas y costo por cambio a led sección I.....	82
XLI.	Inventario de lámparas y costo por cambio a led sección II.....	83
XLII.	Ahorro económico aplicando buenos hábitos de consumo energético.....	86

XLIII.	Ahorro consolidado aplicando los métodos de reducción propuestos ..	86
XLIV.	Formato de cálculo para el número de luminarias necesarias por ambiente	102
XLV.	Cálculo de luminarias necesarias para el área de Emergencia	103
XLVI.	Cálculo de luminarias necesarias para el área de vestidores	103
XLVII.	Cálculo de luminarias necesarias para la clínica de abuso sexual	104
XLVIII.	Tablero de fuerza T1F	104
XLIX.	Tablero de fuerza T2F	105
L.	Tablero de fuerza T3F	106
LI.	Tablero de fuerza T4F	107
LII.	Tablero de iluminación T1	107
LIII.	Tablero de iluminación T2	108
LIV.	Tablero de iluminación T3	108
LV.	Tablero de iluminación T4	109
LVI.	Presupuesto para el tablero de fuerza 1	110
LVII.	Presupuesto para el tablero de fuerza 2	110
LVIII.	Presupuesto para el tablero de fuerza 3	111
LIX.	Presupuesto para el tablero de fuerza 4	111
LX.	Presupuesto para el tablero de iluminación 1	112
LXI.	Presupuesto para el tablero de iluminación 2	112
LXII.	Presupuesto para el tablero de iluminación 3	113
LXIII.	Presupuesto para el tablero de iluminación 4	113
LXIV.	Resumen del presupuesto total	114
LXV.	Porcentaje de la radiación por año de las fuentes naturales	119
LXVI.	Porcentaje de la radiación por año de las fuentes artificiales	119
LXVII.	Efectos deterministas: dosis umbral	130
LXVIII.	Circunstancias a la exposición y sus consecuencias	131
LXIX.	Relación dosis - efectos estocásticos	132

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
I	Corriente
°C	Grado centígrado
m	Metro
mm	Milímetro
%	Porcentaje

GLOSARIO

Acometida	Parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta a la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente. Es el alambrado de toma de fuerza de un consumidor.
Amperios	Unidad de intensidad de corriente eléctrica, la corriente eléctrica es una medida de la velocidad a la que fluye la carga eléctrica.
Autoclave	Dispositivo que sirve para esterilizar material médico o de laboratorio, utilizando vapor de agua a alta presión.
Centro de transformación	Instalación eléctrica que recibe una cantidad de energía y es capaz de aumentarla o disminuirla según la necesidad de los usuarios. Acción y efecto de meterse o permanecer en la cama, principalmente por enfermedad.
Diodo emisor de luz	El led es un componente eléctrico semiconductor (diodo) que es capaz de emitir luz al ser atravesado por una corriente pequeña.
Energía solar	Eenergía que se obtiene mediante la captura de la luz y el calor que emite el sol.

Línea viva	Se denomina así a cualquier conductor conectado con un sistema que tiene un potencial eléctrico respecto de una toma de tierra o neutro.
Lux	Unidad derivada del sistema internacional de unidades para la iluminancia o nivel de iluminación.
Ministerio de Energía y Minas	Institución rectora de los sectores energético y minero, que fomenta el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales del país.
Monitor	Referente de la pantalla que permite observar los parámetros de un paciente conectado a un dispositivo médico. Los latidos del corazón pueden reflejarse de forma gráfica en el monitor para controlar el ritmo cardíaco.
Neutro	Punto de referencia eléctrica que sirve para las corrientes de retorno que pasan a través de un conductor determinado.
Potencia	Cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo.
Sistema eléctrico monofásico	Un sistema monofásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y, por lo tanto,

todo el voltaje varía de la misma forma. La distribución monofásica de la electricidad se suele usar cuando las cargas son principalmente de iluminación y de calefacción, y para potencia pequeña.

Sistema eléctrico trifásico

Un sistema trifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente valor eficaz), que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° eléctricos, y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

Termografía

Técnica que permite medir temperaturas a distancia, con exactitud y sin necesidad de contacto físico con el objeto por estudiar. Permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas.

Tierra

Red física de baja resistencia eléctrica, empleada para conducir hacia ella las corrientes elevadas que se producen por fallas eléctricas de distintas índoles.

Voltaje

Magnitud física que, en un circuito eléctrico, impulsa a los electrones a lo largo de un conductor. Es decir,

conduce la energía eléctrica con mayor o menor potencia.

RESUMEN

En el Ejercicio Profesional Supervisado es importante iniciar con el reconocimiento de las actividades por realizar, en la primera semana será indispensable determinar cuáles son los equipos e instalaciones con las que actualmente funciona el sistema eléctrico del hospital, identificar sus fuentes de alimentación. Se buscará toda la información de los sistemas, tanto eléctricos como de agua potable, planos, manuales, instalaciones y hojas rutinas de mantenimiento proporcionadas por el departamento de mantenimiento.

A continuación, se realizará el diagnóstico de los consumos energéticos actuales mediante la utilización de los diferentes equipos de medición proporcionados por el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, tales como: analizador de redes, cámara termográfica y luxómetro. Con los que será posible determinar las magnitudes actuales de los sistemas de iluminación, alimentación eléctrica y temperatura en los equipos y elementos eléctricos instalados en las diferentes áreas de la institución de salud.

En la parte final del Ejercicio Profesional Supervisado, se procederá a proponer un diseño óptimo para sistema eléctrico general que debe utilizar el Hospital Nacional de Chimaltenango y determinar el presupuesto de su implementación. Después, la directora ejecutiva y el gerente administrativo financiero analizarán y evaluarán las propuestas técnicas realizadas para verificar la implementación de paneles solares, iluminación led, capacitaciones para la mejora en los hábitos de consumo y el rediseño de las instalaciones eléctricas del Hospital Nacional de Chimaltenango.

OBJETIVOS

General

Diagnosticar mediante auditoría energética el estado actual de las diferentes fuentes de energía que funcionan en el Hospital Nacional de Chimaltenango, el estudio técnico-profesional tiene como fin primordial después de analizar los datos obtenidos, reflejar que con los cambios y mejoras propuestas, se obtendrá un ahorro energético y económico considerable en relación al consumo actual.

Rediseñar el sistema eléctrico actual del Hospital tomando en cuenta los valores obtenidos, dando a conocer los cambios, mejoras y presupuesto de la inversión necesaria para realizarles.

Específicos

1. Verificar si la fuente de alimentación del sistema eléctrico principal del hospital es el óptimo para las operaciones actuales.
2. Detectar puntos calientes en los elementos y equipos eléctricos que puedan causar daños irreparables en el sistema eléctrico principal del hospital.
3. Presentar los resultados comparativos de los consumos energéticos y económicos actuales en comparación con los que se obtendrían

aplicando los cambios propuestos implementando paneles solares, iluminación led y aplicando buenos hábitos de consumo energético.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el Hospital Nacional de Chimaltenango cuenta con sistema eléctrico interno que es defectuoso, dados los múltiples informes de daños y desperfectos que el personal de mantenimiento ha reportado a la dirección de la institución en los últimos años. Los datos indican que los equipos no funcionan de forma adecuada o que se queman por circunstancias que desconocen. Por los precedentes mencionados la institución de salud fue tomada en cuenta para realizarle un diagnóstico a las instalaciones eléctricas mediante una auditoría energética, en la cual se usarán equipos especiales de adquisición de datos que permitirán determinar las mejoras o cambios por realizar para el óptimo funcionamiento de los equipos.

Es de vital importancia que en el edificio funcionen de forma eficiente los servicios básicos de energía eléctrica, instalaciones médicas, aire acondicionado y agua, para la pronta recuperación de los pacientes que a diario hacen uso de ellos.

Se realizará la recolección de datos que muestren detalladamente el funcionamiento del sistema eléctrico actual, los puntos de mejora y los cambios necesarios para la reducción de consumo energético. Además, con estos datos se procederá al rediseño del sistema eléctrico general, tanto de iluminación como de fuentes de alimentación eléctrica que deberá implementarse para el funcionamiento óptimo de todos los equipos médicos instalados actualmente y futuras conexiones necesarias para el servicio de salud de la población en general.

1. HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO

El Hospital Nacional de Chimaltenango es una institución pública, perteneciente al Ministerio de Salud de Guatemala, que tiene como fin primordial el prevenir, curar, atender emergencias de cualquier circunstancia que atente contra el bienestar de la población y apoyar a las personas de cualquier nivel socioeconómico, pero, principalmente, a la gente de escasos recursos económicos que necesiten de cualquier servicio asistencial en el ámbito de salud.

En la década de 1940, se estableció en la ciudad de Chimaltenango la primera institución de salud, que recibió el nombre de Delegación Técnica de Sanidad Pública, la cual desarrolló programas de prevención únicamente. Pero debido al crecimiento exponencial de la población y ante la necesidad de gestionar mejoras en el área de salud de la población se fueron gestionando con los años las mejoras de servicios y adquisición de medicamentos.

El 31 de diciembre de 1982, según Decreto ley No. 107-82, se convierte en Hospital Integral de Chimaltenango, al cubrir los programas de atención primaria y curativa.

Actualmente recibe el nombre de Hospital Nacional u Hospital Integrado de Chimaltenango, desarrollando consigo los programas que incentiven la promoción, prevención y rehabilitación de la salud.

1.1. Funciones del hospital

Hoy día el Hospital Nacional de Chimaltenango cuenta con los departamentos de Medicina, Gineco-Obstetricia, Pediatría, Maternidad y Cirugía y estos, a su vez, contienen variedad de servicios, entre ellos, consulta interna, cirugía pediátrica, consulta de nutrición, consulta de psiquiatría, el club de diabéticos, consulta odontológica, medicina en general, consulta de cirugía, cirugía plástica, consulta ginecológica y consulta pediátrica, entre otros. Todos de forma gratuita para la población.

1.2. Misión

La misión del Hospital Nacional de Chimaltenango es “mejorar las condiciones de salud de las personas habitantes del departamento de Chimaltenango, de las que consultan para hacerlos personas, capaces de contribuir al desarrollo de sus familias y la sociedad, a través de los servicios de prevención y recuperación de la salud que se les ofrece”.¹

1.3. Visión

La visión del Hospital Nacional de Chimaltenango es “mejorar la calidad de vida de la población del departamento de Chimaltenango, es sus aspectos físico, mental y social enfocados en la recuperación y mantenimiento de una población sana”.²

¹ Dirección ejecutiva del Hospital Nacional de Chimaltenango. *Misión*. 2018

² Dirección ejecutiva del Hospital Nacional de Chimaltenango. *Visión*. 2018

1.4. Objetivos estratégicos

Incrementar los recursos financieros a través de una mejoría en el presupuesto, que asegure una dotación mayor de recursos humanos, equipos médicos y medicina.

Apoyar las políticas y confrontar las problemáticas del Ministerio de Salud, con relación a la modernización del Estado y presentando las propuestas de mejora oportuna que la institución demanda.

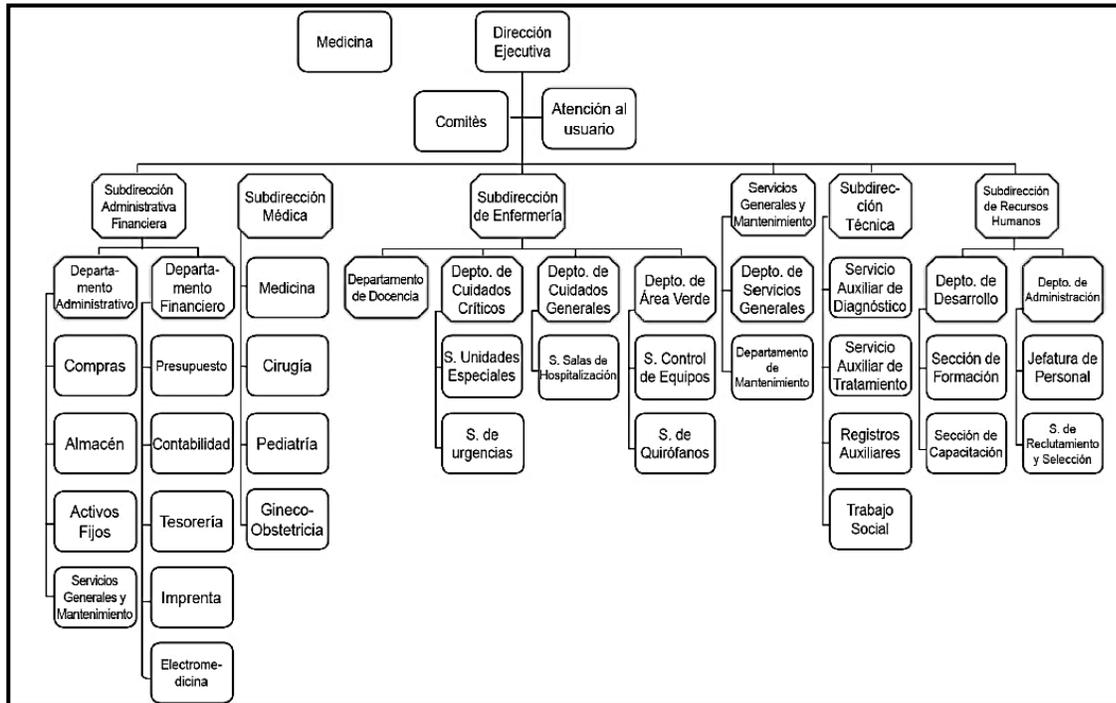
Implementar acciones que ayuden a fortalecer la participación de la población de Chimaltenango y sus alrededores, en los programas o actividades de salud planificados con el fin de promover el bienestar de todos los habitantes con prácticas sencillas y cotidianas que beneficien a la salud.

Realizar capacitaciones constantes al personal técnico y profesional, de acuerdo con las necesidades de cada unidad de servicio y laboratorios.

1.5. Organigrama del hospital

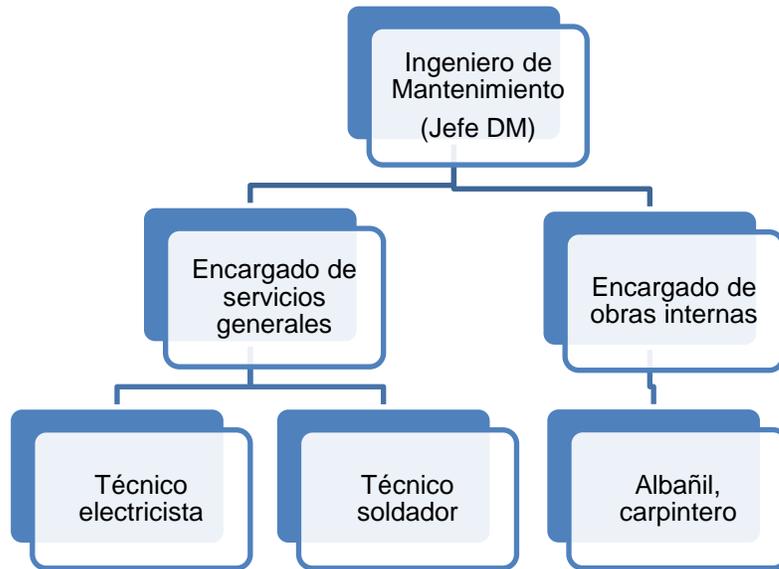
A continuación, se presenta el organigrama actual del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 1. Organigrama del hospital



Fuente: Subdirección de Recursos Humanos, Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 2. **Organigrama del departamento de mantenimiento**



Fuente: Departamento de Mantenimiento, Hospital Nacional de Chimaltenango.

2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Descripción actual del Hospital Nacional de Chimaltenango.

2.1. Ubicación y área del edificio

- Ubicación geográfica cabecera departamental: Chimaltenango
- Extensión territorial: 1 979 kilómetros cuadrados
- Altitud: 1 800 metros sobre el nivel del mar
- Poblacional: 648 615 habitantes aproximadamente
- Clima: templado a frío
- Fiesta patronal: el 26 de julio
- Idiomas: kaqchiquel y español

Figura 3. Vista aérea del Hospital Nacional de Chimaltenango



Fuente: Google Earth. www.google.com/intl/es/earth/. Consulta: mayo de 2018.

2.2. Horario de trabajo

El Hospital Nacional de Chimaltenango realiza sus actividades durante las 24 horas de día, los 365 días del año, haciendo turnos rotativos con el personal de cada unidad. Atendiendo emergencias, maternidad en cualquier horario y dos horarios para la realización de intervenciones en los quirófanos: a las 09:00 y 14:00 horas, salvo intervenciones de emergencia que pueden realizarse en cualquier momento.

2.3. Condiciones generales del edificio del Hospital Nacional de Chimaltenango

Edificación construida con block estándar, bases, vigas y columnas de concreto.

Cuenta con divisiones internas que se han realizado con tabla-yeso para crear espacios necesarios para enfermería y administración.

Ventanas en su mayoría de vidrio con marco de aluminio, puertas de vidrio con marco de aluminio en lugares comunes, la mayoría son de madera en los lugares como encamamiento, aislamiento, administrativos, sanitarios y bodegas, entre otros.

Piso cerámico en el interior del edificio administrativo, salas de operación, encamamientos, salas de espera, rayos X, salas de observación, aislamientos, comedor, cocina, bodega de medicina, bodega de alimentos, bodega de utensilios varios y planchas de concreto en áreas comunes y parqueos.

Lámparas fluorescentes, en su mayoría con difusor de aluminio en la casi todos los ambientes y bombillas incandescentes en espacios más pequeños como sanitarios y bodegas. Se hace ver que existe un aproximado del 3,28 % de luminarias que no funcionan y deben cambiarse.

Cuenta con aire acondicionado en buen funcionamiento en las áreas administrativas, bodega de medicina y laboratorios.

Cuenta con varios tomacorrientes que permiten la conexión de los equipos y maquinaria medica que se utiliza en todas las áreas del hospital. Se hace ver que existe un aproximado del 28 % que no funcionan y deben cambiarse.

Aprovechamiento de iluminación natural en pasillos y oficinas; no más de 50 y 425 luxes en pasillos y oficinas respectivamente.

Cuenta con condiciones básicas de accesibilidad universal y no discriminación a personas con discapacidad para los accesos y utilización del edificio.

Cuenta con una acometida de alimentación eléctrica; principal en media tensión con subestación de transformación y secundaria en baja tensión.

Cuenta con una casa de máquinas en las cuales se encuentran las calderas que abastecen el agua caliente a todas las áreas del hospital en las que se necesita de dicha necesidad, por ejemplo, maternidad, lavandería, emergencia, entre otras.

El suministro de agua potable es constante y la presión no presenta inconvenientes.

3. ANÁLISIS HISTÓRICOS DE CONSUMOS

La evaluación de los consumos energéticos se realizó mediante las facturas emitidas por la distribuidora de energía eléctrica DEOCSA, tomando como referencia los recibos de 2017 e inicio de 2018.

3.1. Consumo de energía eléctrica

Las instalaciones del Hospital Nacional de Chimaltenango cuentan con el suministro de energía eléctrica con las características siguientes:

Tabla I. **Datos del servicio principal de energía eléctrica**

Identificación del medidor	006C500170
Tarifa	BTDfp
Voltaje	120 / 208 V
Fases	Trifásico

Fuente: Copias de las facturas proporcionadas por el área de contabilidad del hospital.

Consulta: noviembre 2017

- Del edificio principal

Después de hacer el análisis correspondiente, se logra identificar que la cantidad de energía eléctrica que utiliza el edificio principal del hospital ha registrado un consumo mensual promedio durante el 2017 de 48 344 Kwh, lo que corresponde a un promedio mensual de Q 72 107,00 por concepto de energía eléctrica utilizada.

Tabla II. **Consumo energético general del Hospital Nacional de Chimaltenango (enero a julio)**

Cobros que realiza la Distribuidora 2017	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Cargo de potencia excedida con IVA	2 718,09	144,41	165,03	742,67	0,00	0,00	0,00
Cargo fijo mensual con IVA	808,79	818,45	818,45	818,45	818,45	818,45	818,45
Potencia Maxima con IVA	4 621,32	4 702,59	4 794,79	5 209,72	5 015,54	4 970,96	4 881,79
Costo Kwh	0,97	0,97	0,97	0,97	1,06	1,06	1,06
Consumo Kwh	47 040,00	43 840,00	49 920,00	47 680,00	52 160,00	51 200,00	48 960,00
Consumo Energia con IVA	51 366,68	47 755,68	54 378,73	51 938,67	61 900,70	60 761,41	58 103,10
Potencia Contratada con IVA	8 241,63	8 416,90	8 581,94	9 324,60	9 324,60	9 324,60	9 324,60
Gastos Financieros	1 759,86	583,64	0,00	0,00	0,00	159,01	312,57
Ajuste por redondeo (-) sin IVA	- 0,69	- 0,69	- 0,91	- 0,20	- 0,80	- 0,60	- 0,11
Redondeo mes anterior sin IVA	0,03	0,69	0,69	0,91	0,20	0,80	0,60
Tasa por alumbrado publico	39,29	39,33	39,28	39,18	39,31	39,37	0,00
Total de la factura	69 555,00	62 461,00	68 738,00	68 074,00	77 058,00	76 074,00	73 441,00

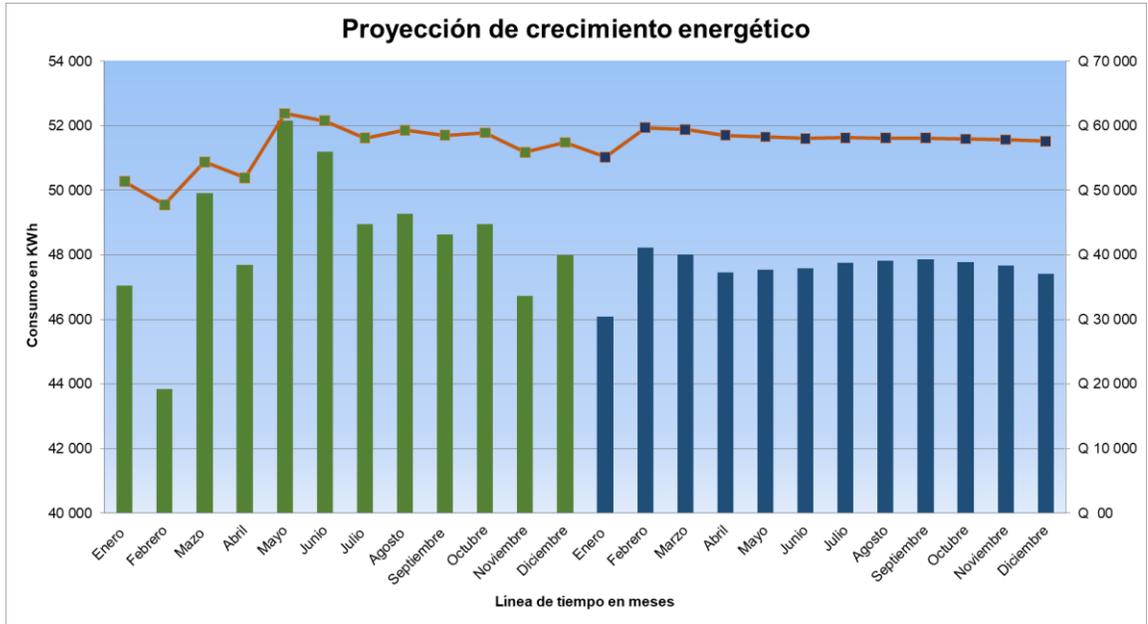
Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Consumo energético general del Hospital Nacional de Chimaltenango (agosto a diciembre)**

Cobros que realiza la Distribuidora 2017	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	43 101,00
Cargo de potencia excedida con IVA	330,23	0,00	454,06	0,00	0,00	0,00
Cargo fijo mensual con IVA	832,36	832,36	832,36	832,36	832,36	832,36
Potencia Maxima con IVA	5 216,24	4 959,90	5 461,46	4 904,17	5 071,35	4 647,81
Costo Kwh	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Consumo Kwh	49 280,00	48 640,00	48 960,00	46 720,00	48 000,00	46 080,00
Consumo Energia con IVA	59 294,70	58 524,65	58 909,67	55 891,71	57 422,99	55 126,08
Potencia Contratada con IVA	9 659,15	9 659,15	10 113,21	10 113,21	10 113,21	10 113,21
Gastos Financieros	205,08	0,00	25,32	125,00	534,09	121,20
Ajuste por redondeo (-) sin IVA	- 0,87	- 0,93	- 0,01	- 0,46	- 0,46	- 0,12
Redondeo mes anterior sin IVA	0,11	0,87	0,93	0,01	0,46	0,46
Tasa por alumbrado publico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total de la factura	75 537,00	73 976,00	75 797,00	71 688,00	73 974,00	70 841,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Proyección de crecimiento energético para 2018**



Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que la instalación eléctrica con la cual funciona el hospital no ha incurrido en incumplimiento de la normativa (NTSD) por bajo factor de potencia.

Figura 5. **Vista del ingreso trifásico principal**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Tablero y medidor principal**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Caseta del tablero principal y centro de transformación de media tensión 34,5 KV a 120/208 V**



Fuente: elaboración propia.

3.2. Consumo de agua potable

El Hospital Nacional de Chimaltenango cuenta con una bomba de agua propia, por lo cual el consumo se ve reflejado en la facturación del contador instalado con las características siguientes:

Tabla IV. **Datos del servicio de la bomba de agua del Hospital**

Identificación del medidor	0003069630
Tarifa	BTD PF DC
Voltaje	120 / 240 V
Fases	Trifásico

Fuente: elaboración propia.

La evaluación del consumo de energía eléctrica de la bomba de agua se realizó mediante las facturas emitidas por la distribuidora de energía eléctrica DEOCSA, tomando como referencia los recibos de 2017 e inicio de 2018.

Tabla V. Consumo energético de la bomba de agua del Hospital Nacional de Chimaltenango (enero a julio)

Cobros que realiza la Distribuidora 2017	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Cargo de potencia excedente con IVA	16,37	0,00	21,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargo fijo mensual con IVA	808,79	818,45	818,45	818,45	818,45	818,45	818,45
Potencia Maxima con IVA	508,48	495,48	520,36	488,85	464,07	478,84	471,95
Costo Kwh	0,97	0,97	0,97	0,97	1,06	1,06	1,06
Consumo Kwh	4 020,00	4 075,00	4 480,00	4 356,00	4 196,00	5 763,00	4 702,00
Consumo Energia con IVA	4 389,75	4 438,38	4 880,14	4 745,07	4 979,59	6 839,22	5 580,09
Potencia Contratada con IVA	906,82	910,22	931,37	931,37	931,37	931,37	931,37
Interes por mora con IVA	0,00	84,39	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00
Ajuste por redondeo (-) sin IVA	- 0,62	- 0,46	- 0,21	- 0,63	- 0,42	- 0,67	- 0,90
Redondeo mes anterior sin IVA	0,12	0,62	0,46	0,21	0,63	0,42	0,67
Tasa por alumbrado publico	39,29	39,33	39,28	39,18	39,31	39,37	39,37
Total de la factura	6 669,00	6 787,00	7 171,72	6 987,82	7 233,00	9 107,00	7 841,00

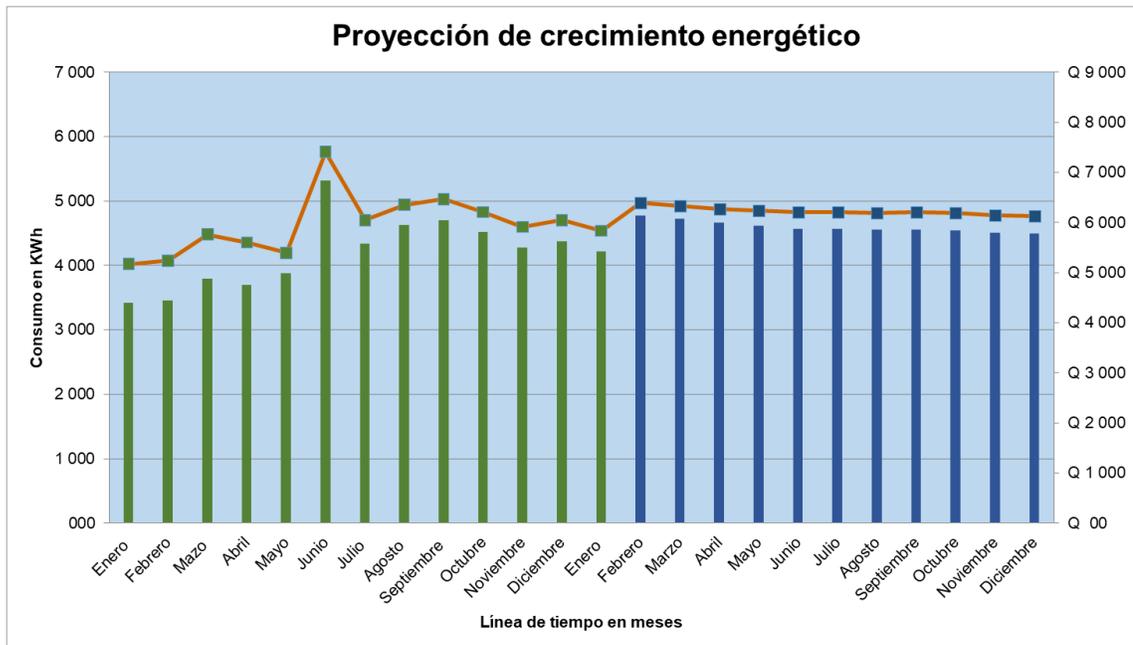
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Consumo energético de la bomba de agua del Hospital Nacional de Chimaltenango (agosto a diciembre)

Cobros que realiza la Distribuidora 2017	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	43 101,00
Cargo de potencia excedente con IVA	0,00	180,98	0,00	3,48	9,28	22,58
Cargo fijo mensual con IVA	832,36	832,36	832,36	832,36	832,36	832,36
Potencia Maxima con IVA	465,83	480,46	467,71	482,75	487,77	606,89
Costo Kwh	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Consumo Kwh	4 941,00	5 028,00	4 827,00	4 598,00	4 701,00	4 536,00
Consumo Energia con IVA	5 945,12	6 049,79	5 807,95	5 500,64	5 623,87	5 426,47
Potencia Contratada con IVA	931,80	890,46	890,46	893,94	903,22	1 123,81
Interes por mora con IVA	0,00	0,00	69,07	0,00	2,70	15,64
Ajuste por redondeo (-) sin IVA	- 0,38	- 0,21	- 0,13	- 0,67	- 0,24	- 0,36
Redondeo mes anterior sin IVA	0,90	0,38	0,21	0,13	0,67	0,24
Tasa por alumbrado publico	39,37	39,37	39,37	39,37	39,37	39,37
Total de la factura	8 175,63	8 434,63	8 107,00	7 752,00	7 899,00	8 265,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Proyección de crecimiento energético de la bomba de agua para 2018**



Fuente: elaboración propia.

4. INVENTARIO DE EQUIPOS

El inventario se realizó verificando todos los ambientes con los que cuenta el hospital, tomando en cuenta cada unidad, pasillos y áreas comunes. Con esta información, se calculará cuanta energía es necesaria para que funcionen todos los equipos y luminarias instaladas hasta hoy.

Con los análisis que se presentarán posteriormente, se lograrán identificar las áreas en las cuales se deben hacer mejoras o cambios para que la eficiencia energética se refleje de forma notable.

Las tablas que se muestran a continuación reflejan el resumen de todos los equipos con los que cuenta el hospital y cuánto es el consumo que realiza cada uno.

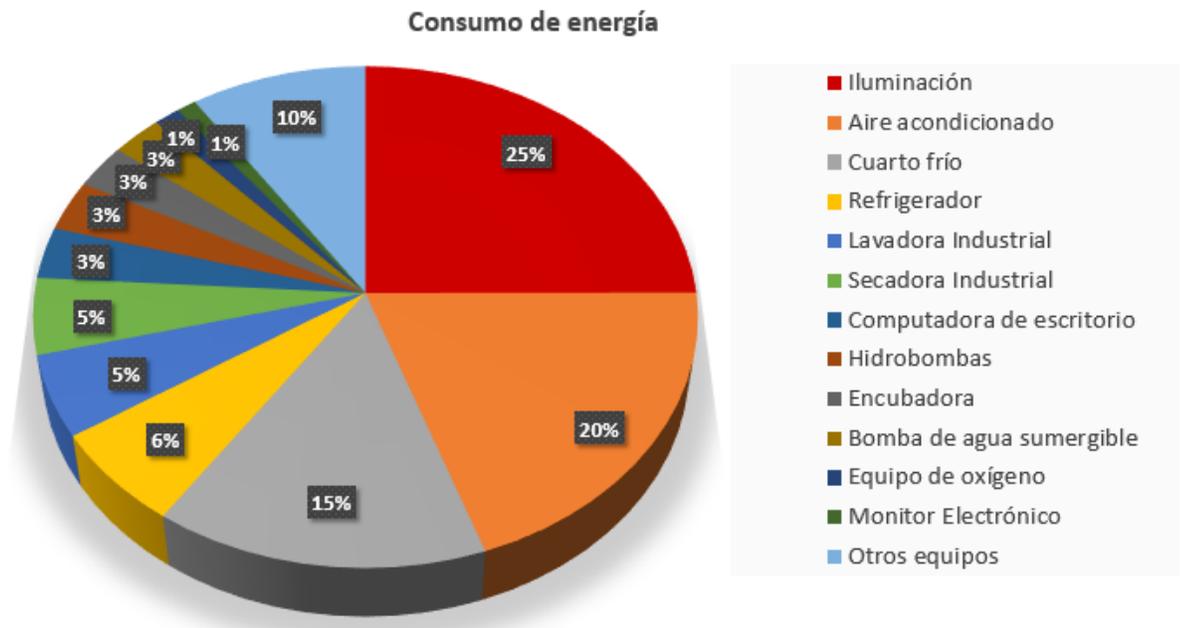
Tabla VII. Inventario de equipos en el Hospital Nacional de Chimaltenango

No.	Equipo	Cantidad	Consumo en Watts	Antigüedad en años	Horas de uso diarias	Energía consumida (Kwh / día)	Energía Mes (Kwh)	Energía %
1	Computadora de escritorio	52	175	8	8	72,80	1601,6	3,32
2	Impresoras	27	17	5	8	3,67	80,74	0,17
3	Servidores para PC	2	300	5	8	4,80	105,6	0,22
4	Iluminación	571	40	20	24	548,12	12 058,64	24,97
5	Lampara tipo poste	5	75	11	8	3,00	66	0,14
6	teléfono	12	25	20	24	7,20	158,4	0,33
7	Refrigerador	10	575	5	24	138,00	3036	6,29
8	Ventilador de aire	7	150	6	8	8,40	184,8	0,38
9	Microondas	7	950	5	2	13,30	292,6	0,61
10	Lavadora industrial	3	4 800	10	8	115,20	2 534,4	5,25
11	Secadora industrial	3	4 500	10	8	108,00	2376	4,92
12	Televisor	5	70	6	8	2,80	61,6	0,13
13	Aire acondicionado	16	4 500	4	8	432,00	9504	19,68
14	Oasis	4	80	5	8	2,56	56,32	0,12
15	Cuarto frío	2	6 800	7	24	326,40	7180,8	14,87
16	Congeladores	2	385	6	24	18,48	406,56	0,84
17	Radio	1	30	8	8	0,24	5,28	0,01
18	Monitor electrónico	16	225	6	43,2	23,00	506	1,05
19	Autoclaves	4	350	6	8	11,20	246,4	0,51
20	Negatoscopio	4	50	15	1	0,20	4,4	0,01
21	Ventilador monitor	4	100	5	12	4,80	105,6	0,22
22	Equipo de rayos X	2	1 368	18	4	10,94	240,68	0,50
23	Analizador	2	300	6	8	4,80	105,6	0,22
24	Analizador de hematología	2	300	8	8	4,80	105,6	0,22
25	Centrifugadora	4	180	8	8	5,76	126,72	0,26
26	Equipo de control médico	8	275	7	8	17,60	387,2	0,80
27	Encubadora	15	350	8	12	63,00	1386	2,87
28	Succionador de líquidos	7	75	8	4	2,10	46,2	0,10
29	Balanza electrónica	1	30	7	8	0,24	5,28	0,01
30	Equipo de anestecia	1	30	5	4	0,12	2,64	0,01
31	Equipo médico	2	300	8	8	4,80	105,6	0,22
32	Esterilizador	1	902	6	8	7,22	158,84	0,33
33	Procesador de tejidos	1	350	8	12	4,20	92,4	0,19
34	Criostato	1	300	8	12	3,60	79,2	0,16
35	Microscopio	4	30	10	12	1,44	31,68	0,07
36	Cubiculo frío	1	500	8	12	6,00	132	0,27
37	Campana de oxígeno	1	350	10	12	4,20	92,4	0,19
38	Cámara de extracción	1	400	8	12	4,80	105,6	0,22
39	Emocultivo	1	315	8	12	3,78	83,16	0,17
40	Cámara de gases	1	350	10	12	4,20	92,4	0,19
41	Analizador de sangre	1	325	8	12	3,90	85,8	0,18
42	Rotadora	1	550	8	12	6,60	145,2	0,30
43	Equipo de cuagulación	1	500	8	12	6,00	132	0,27
44	Baño María	1	260	8	12	3,12	68,64	0,14
45	Refrigerador de reactivos	2	325	7	24	15,60	343,2	0,71
46	Equipo de oxígeno	6	425	5	12	30,60	673,2	1,39
47	Bomba de agua sumergible	2	3 730	8	8	59,68	1312,96	2,72
48	Hidrobombas	4	2 238	8	8	71,6	1575,64	3,26
	Total					4 390	48 287,587	100,00

Fuente: elaboración propia.

Es notable resaltar que la mayoría de consumo de energía eléctrica en el hospital se da en conjunto entre la iluminación con un 24,97 %, los equipos de aire acondicionado con un 19,68 % y los cuartos fríos con un 14,87, los cuales suman un 59,52 % del consumo total.

Figura 9. **Gráfica de la distribución de la energía eléctrica en el hospital**



Fuente: elaboración propia.

4.1. Iluminación

Para realizar el análisis de iluminación en el hospital fue necesaria la utilización de equipos especiales, tal es el caso del luxómetro, el cual mide la cantidad de luxes emitidos por las diferentes fuentes de iluminación, tanto naturales como artificial.

En la siguiente tabla se muestra la recopilación de datos con referencia a los equipos instalados para la iluminación de las diferentes áreas del hospital.

Tabla VIII. Datos de la cantidad de luminarias, eficiencia y medición de la intensidad lumínica (en luxes)

Área del Hospital	Luminaria	Lámparas	Bombillas	Eficiencia	% Eficiencia	Iluminación promedio Luxes	Observaciones
Emergencia	8	16	2	1	100	134	En algunas áreas de trabajo la iluminación es muy baja.
Vestidores	4	8	0	0,75	75	125	Se deben cambiar dos luminarias.
Clinica de abuso sexual	2	8	1	1	100	570	Se cuenta con la iluminación necesaria.
Emergencia pediatría	4	8	0	1	100	145	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Emergencia adultos / observación	4	8	0	0,875	87,5	87	Se debe cambiar una luminaria. Iluminación muy baja.
Emergencia adultos / área roja	4	8	0	1	100	71	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Vestidores	3	6	0	1	100	159	
Quirófano	6	12	0	1	100	199	
Séptico	0	0	1	1	100	72	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Utería	0	0	1	1	100	74	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Vestidor médicos	2	4	1	1	100	101	En algunas áreas de trabajo la iluminación es muy baja.
Vestidor de enfermeras	2	4	0	1	100	76	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Utería lavado de equipos	1	2	0	1	100	138	
Quirófano	6	12	0	1	100	480	Se cuenta con la iluminación necesaria.
Quirófano	4	8	0	1	100	520	Se cuenta con la iluminación necesaria.
Cuarto de anestesia	0	0	1	1	100	86	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Cuarto de anestesia	0	0	1	1	100	91	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Guarda estéril y ropería	0	0	1	1	100	87	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Locker's	0	0	1	1	100	18	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Ropería	2	4	0	1	100	85	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Central de esterilización	4	8	0	1	100	200	
Laboratorio patología	3	6	0	1	100	136	
Sala de autopsias	3	6	1	0,67	67	201	Se deben cambiar dos luminarias.
Vestidor caballeros	2	4	0	1	100	59	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Vestidor de damas	2	4	0	1	100	90	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Vestidor de enfermeras	2	4	0	1	100	84	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Sala espera operaciones	4	8	0	1	100	124	
Almacen	6	12	0	1	100	132	
Lavandería	12	24	0	0,625	62,5	209	Se deben cambiar seis luminarias.
Casa de máquinas	0	0	1	1	100	174	
Cocina	21	42	1	0,81	81	168	Se deben cambiar ocho luminarias.
Cafetería	7	14	0	0,857	85,7	166	Se deben cambiar dos luminarias.
Residencia de pediatría	2	4	0	1	100	89	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Dormitorio médicos	2	4	1	1	100	113	
Dormitorio médicos	2	4	1	1	100	109	
Intensivo pediatría	7	14	0	1	100	167	
Intensivo Pediatría / aislamiento	2	4	1	1	100	138	En algunas áreas de trabajo la iluminación es muy baja.
Sala general pediatría	1	2	1	1	100	152	
Unidad Tratamiento del cólera	1	2	0	1	100	320	
Cirugía Pediátrica	1	2	1	1	100	178	

Continuación de la tabla VIII.

Nutricion Pediatría	1	2	1	1	100	158	
Curaciones	1	2	0	1	100	128	En algunas áreas de trabajo la iluminación es muy baja.
Jefatura de enfermería	2	4	1	1	100	134	
Sala de pacientes	1	2	0	1	100	141	
Aseo	0	0	1	1	100	78	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Traumatología Hombres	1	2	1	1	100	120	En algunas áreas de trabajo la iluminación es muy baja.
Cirugía I hombres	1	2	1	1	100	66	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Cirugía II hombres	1	2	1	1	100	88	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Cirugía III hombres	1	2	1	1	100	196	
Aislamiento hombres	1	2	1	1	100	52	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Medicina II hombres	1	2	1	1	100	136	
Medicina I hombres	2	4	1	1	100	99	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Intensivo adultos	5	10	3	0,8	80	172	Se deben cambiar dos luminarias.
Cuarto Oscuro	1	2	3	1	100	0	Dado el trabajo que se hace en esta área, no necesita mejora.
Rayos X	0	0	4	1	100	18	Dado el trabajo que se hace en esta área, no necesita mejora.
Bateriología	1	2	0	1	100	62	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Lavado, esterilización	1	2	0	1	100	46	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Urología, Coprología	1	2	0	1	100	53	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Laboratorio	8	16	0	1	100	152	
Banco de sangre / Donación	2	4	0	1	100	122	
Farmacia	4	8	0	1	100	175	
Presupuesto	6	12	0	0,5	50	216	Se deben cambiar seis luminarias.
Jefatura Personal	6	12	0	0,833	83,3	176	Se deben cambiar dos luminarias.
Dirección ejecutiva	2	4	0	1	100	218	
Contabilidad / analista de gasto / Of	4	8	0	1	100	290	
Gerencia Administrativa / Of / trabajo S.	3	6	0	1	100	362,5	
Odontología	2	4	0	1	100	78,5	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Sub dirección técnica	2	4	0	1	100	62	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Epidemiología	2	4	0	1	100	78	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Sub jefatura enfermería	4	8	1	0,75	75	114	Se deben cambiar dos luminarias.
Monitoreo de computo	1	2	0	1	100	174	
Compras	4	8	0	1	100	156	
Clínica Mujeres	2	4	0	1	100	164	
Cirugía I Mujeres	2	4	0	1	100	102	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Cirugía II Mujeres	2	4	0	1	100	112	
Estación Enfermería	4	8	0	1	100	92	Es necesario mejorar la iluminación en esta área.
Traumatología Mujeres	2	4	0	1	100	133	
Aislamiento Mujeres	1	2	0	1	100	171	
Encamamiento Mujeres	5	10	2	1	100	163	
Area recreacion infantil	3	6	0	1	100	253	
Terapias Infantiles	2	4	0	1	100	248	
Pasillos	32	64	0	0,843	84,3	64	Es necesario mejorar la iluminación en todos los pasillos.
Total		530	41				

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Análisis de los resultados de iluminación

Los datos obtenidos referentes a las luminarias totales instaladas en el Hospital Nacional de Chimaltenango, indican que se cuentan con 263 luminarias integradas por 530 lámparas y 41 bombillas. Es notable indicar que se cuenta con un porcentaje de eficiencia del 96,72 %.

Tabla IX. Resumen de la eficiencia lumínica en el hospital

Cantidad de Luminarias	Lámparas	Bombillas	Eficiencia
571	530	41	96,72%

Fuente: elaboración propia.

- Tanto las lámparas como bombillas poseen interruptores que controlan el encendido / apagado de las mismas. Algunos de estos controlan varias luminarias, tal es el caso de los pasillos.
- Todas las lámparas instaladas en el hospital son tipo fluorescente de 40 vatios cada una, instaladas con difusor de aluminio a una altura promedio de 3 metros respecto del nivel del suelo en todas las áreas, mientras las bombillas son de 80 y 100 vatios, con plafoneras de plástico, instaladas a 3 metros al igual que las lámparas.
- El porcentaje de eficiencia se adquirió con referencia a las luminarias que actualmente están instaladas, en comparación a las funcionales.

- Es importante mencionar que en aproximadamente el 40 % de áreas la iluminación no es la adecuada, incluyendo todos los pasillos del hospital, varias oficinas administrativas, almacén, entre otras.

El análisis de la intensidad lumínica óptima necesaria para trabajar en las diferentes áreas, se basó en el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional (Acuerdo Gubernativo 33-2016), el cual fue emitido por el Ministerio de Trabajo y Prevención social de Guatemala.

En el Acuerdo Gubernativo 33-2016, el artículo 17 cita:

Los centros de trabajo deben contar con iluminación adecuada para la seguridad y conservación de la salud de los trabajadores. Cuando la iluminación natural no sea factible o suficiente, se debe proveer la luz artificial en cualquiera de sus formas, siempre que ofrezca garantías de seguridad, no vicie la atmosfera del local y no ofrezca peligro de incendio. El número de fuentes de luz, su distribución e intensidad, deben estar en relación con la altura, superficie del local y trabajo que se realice.³ Los lugares que vulneren o pongan en riesgo al trabajador, deben estar especialmente iluminados. La iluminación natural, directa o reflejada, no debe ser tan intensa que exponga a los trabajadores a sufrir accidentes o daños a la salud.

A continuación, se da a conocer la tabla de valores que se muestra en el artículo 167, del acuerdo en mención. Con la cual se da a conocer si los niveles mínimos de iluminación son los adecuados para trabajar en las diferentes áreas del hospital.

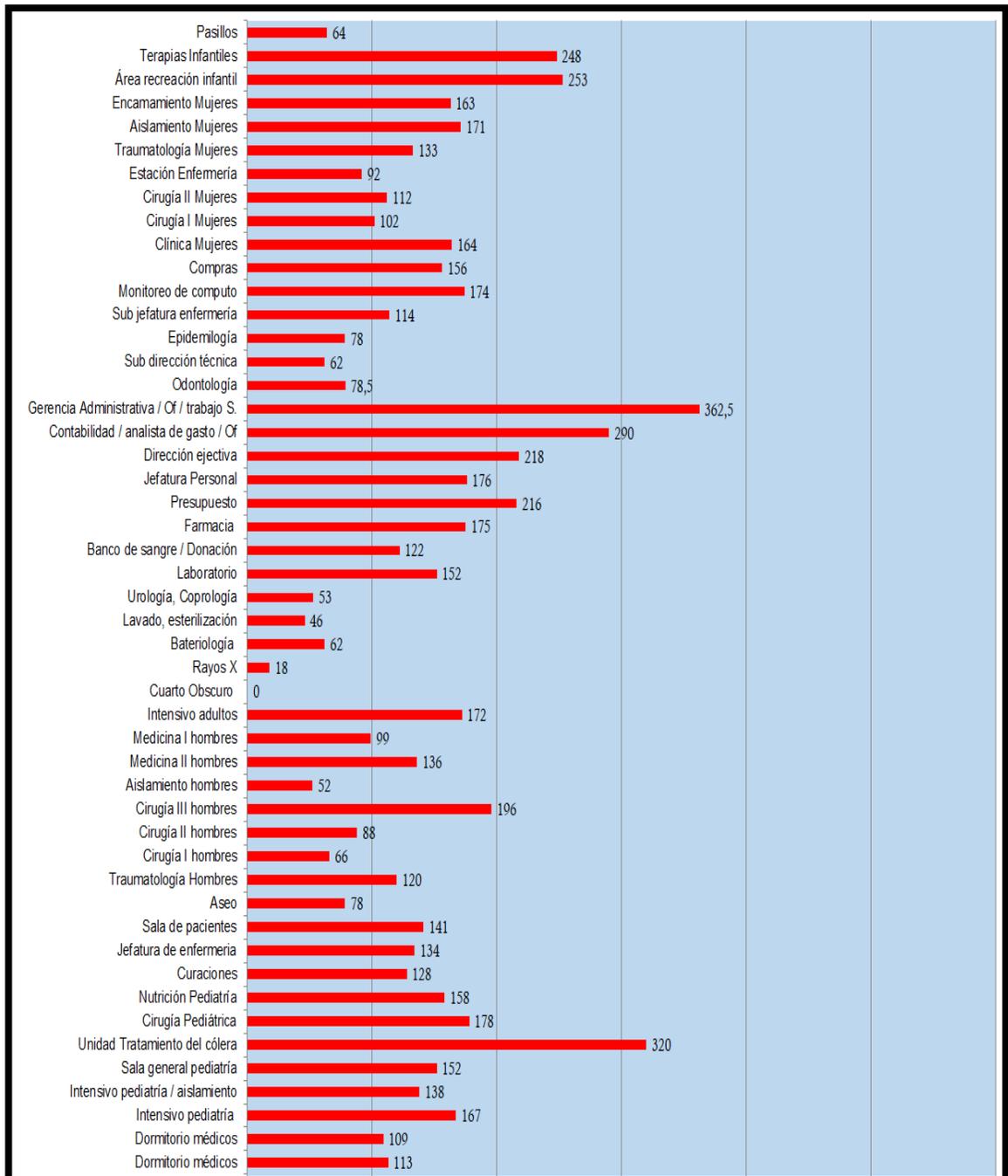
³ Ministerio de Trabajo y Prevención social de Guatemala. Acuerdo Gubernativo 33-2016.

Tabla X. **Niveles mínimos de iluminación**

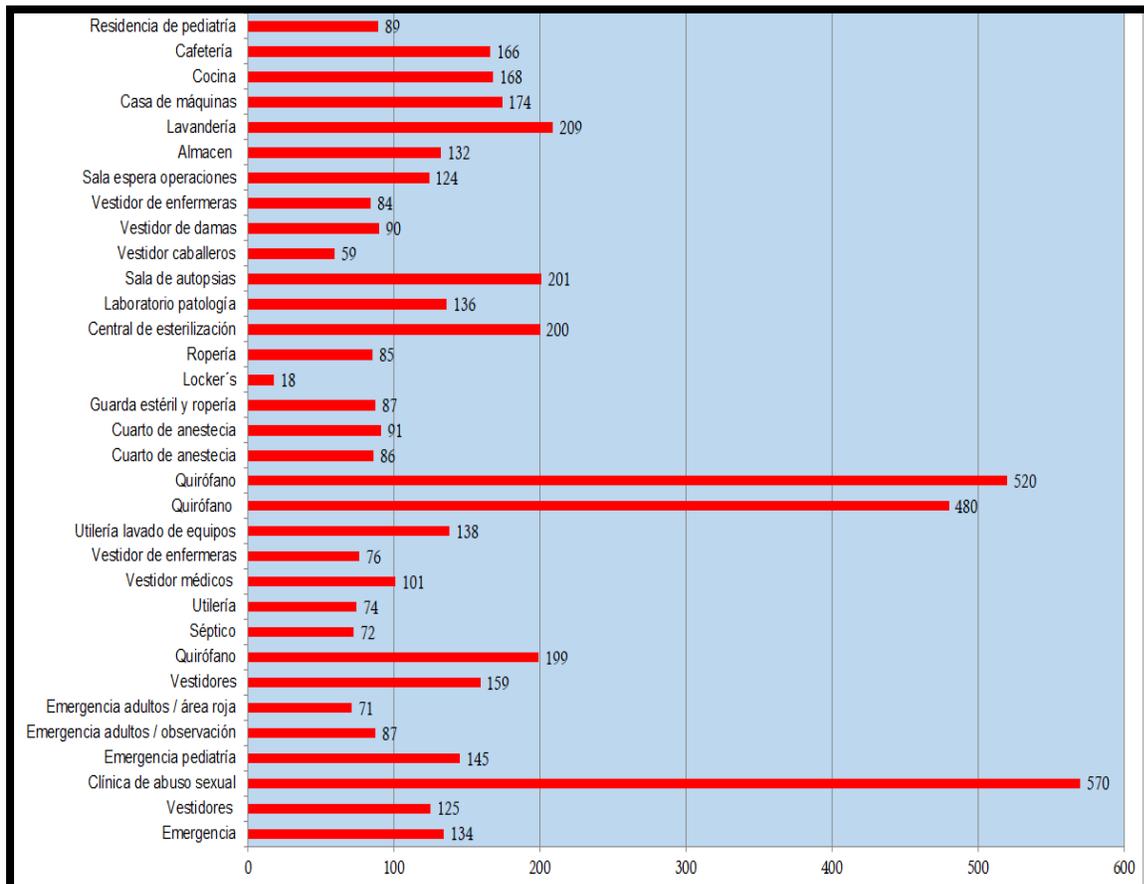
HOSPITALES		rango de lúmenes
Baños	Baja	100 - 150
Sala de espera y corredores	Media	200 - 500
Laboratorios	Alta	500 - 1000
Cuarto de evaluaciones	Alta	1,500 - 2,000
Quirofano y sala de operaciones	Alta	1,000 - 3,000
OFICINAS		rango de lúmenes
Escaleras y pasillos	Baja	100 - 150
Baños	Baja	100 - 150
Recepción y sala de reuniones	Media	200 - 500
Bodega de materiales	Media	200 - 500
Trabajo de oficinista	Alta	500 - 1000
Redacción	Alta	1,500 - 2,000
Archivo	Alta	1,500 - 2,000

Fuente: Artículo 167, Acuerdo Gubernativo 33-2016.

Figura 10. Promedio de iluminación en luxes por área de trabajo en el hospital



Continuación de la figura 10.



Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos en las mediciones y en consideración a los parámetros mínimos que deben cumplirse con los niveles de iluminación por unidad de trabajo, según artículo 167 del AG 33-2016, se denota que:

- Es notable resaltar que ningún área del Hospital Nacional de Chimaltenango cumple con el requerimiento mínimo de iluminación establecido en dicho artículo.

- Se debe aprovechar en mayor medida la fuente de iluminación natural, cambiando los hábitos de utilización.
- Es de carácter urgente hacer los cambios en la iluminación artificial instalada hoy en día.

Es importante resaltar que la deficiencia en la iluminación se debe a varios factores:

- La antigüedad con que cuentan las instalaciones eléctricas y lumínicas del Hospital, dado que la mayoría cuentan con un aproximado 20 de años en promedio desde que fueron instaladas.
- El diseño con el cual fue construido el hospital no es el adecuado, debido a que son pocos los ambientes en los cuales se puede aprovechar de mejor forma la utilización de la luz natural.
- Las adecuaciones y construcciones internas que han realizado por la falta de espacio para las oficinas administrativas, las cuales se realizaron en lo que anteriormente eran pasillos, reduciendo con esto los espacios de trabajo y la fluidez de la luz natural.

5. HÁBITOS DE CONSUMO

Los datos obtenidos mediante la encuesta realizada a trabajadores de diferentes áreas del hospital (mantenimiento, enfermería, laboratorio, emergencia, oficinas administrativas, entre otras), dan a conocer el porqué del consumo general energético que se presenta mes a mes en la facturación que genera la distribuidora de electricidad que abastece a la entidad de salud.

El resumen de las respuestas y el formato utilizado para la encuesta, se muestra a continuación con los datos recopilados. También se da a conocer la cantidad de encuestados y su área de trabajo.

Tabla XI. **Resumen de encuestados en el hospital**

Área de trabajo	No.
Administrativos	12
Médicos	3
Técnicos de mantenimiento	3
Enfermeros	5
Técnicos laboratorios	5
Personal de limpieza	2
Total	30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Formato y resumen de respuestas de la encuesta realizada a los trabajadores del hospital**

No.	Pregunta	Respuestas			Observaciones
		Si	No	No Aplica	
1	¿Cuál es su jornada laboral?				07:00 - 15:00 8 15:00 - 22:00 5 22:00 - 07:00 2 08:00 - 15:00 15
2	¿Conoce el término eficiencia energética?	4	26		Los que respondieron que sí, escucharon el término en las noticias.
3	¿En su área de trabajo aprovechan al máximo la luz natural?	2	28		La mayoría de áreas no cuentan con ventanas hacia el exterior.
4	¿Suele apagar las luces que no está utilizando en cualquier área de trabajo?	0	30		Con excepción del personal administrativo, todos trabajan por turnos.
5	¿Apaga la computadora u otro equipo electrónico cuando no lo utiliza, incluyendo la hora de refacción o tiempo de comida?	0	18	12	La mayoría indica que no lo hace porque pierde tiempo en apagar y volver a encender los equipos electrónicos entre comidas.
6	¿Desconecta los equipos electrónicos cuando termina su jornada laboral?	0	18	12	La mayoría indica que según su conocimiento al estar apagados no consumen energía eléctrica.
7	¿Recicla los desechos materiales?	13	17	0	Únicamente se clasifican y apartan los desechos catalogados como peligrosos.
8	¿Sabe si el hospital cuenta con un plan de ahorro de energía, lo aplica?	0	30	0	
9	¿Suele dejar las ventanas o puertas abiertas cuando el equipo de aire acondicionado está encendido?	4	8	18	Los que respondieron que sí, indican que lo hacen porque deben atender a todo el personal que los necesita.
10	¿Conoce el término de energía renovable?	23	7	0	
11	¿Le parece bien que el hospital impulse un plan que informe y ayude a reducir el consumo de energético en su área de trabajo?	30	0	0	
12	¿Estaría dispuesto/a a cambiar sus hábitos de consumo energético después de ser informado de como puede contribuir con el hospital?	30	0	0	La mayoría indica que sí, siempre que las autoridades del hospital le den el seguimiento adecuado al plan.

Fuente: elaboración propia.

Las respuestas obtenidas en la encuesta demuestran que la mayoría de trabajadores del hospital, tiene malos hábitos de consumo energético y de reciclaje, por lo cual se tiene como prioridad elaborar un plan de información y seguimiento estricto para mejorar los hábitos de consumo energético y de reciclaje. De ahí que sea necesario enfatizar en lo siguiente:

- Los entrevistados consideran de carácter urgente elaborar un plan de información y seguimiento de buenas prácticas para reducir el consumo energético.
- Es urgente implementar depósitos de reciclaje específico y no solo hacerlo con los desechos considerados como peligrosos o nocivos para la salud.
- Se deben implementar energías renovables que colaboren con la disminución del consumo de energía eléctrica facturada y la contaminación que las generadoras de electricidad producen al utilizar búnkeres o combustibles.
- Se debe concientizar de forma audio visual a todo el personal que trabaja en el hospital para aplicar las buenas prácticas de consumo energético no solo en su área de trabajos, sino que la aplique en sus hogares y vida cotidiana.

6. ANÁLISIS DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se realizaron las mediciones referentes a los parámetros eléctricos en los tableros principales de distribución eléctrica interna del hospital, las mismas fueron realizadas con el analizador de redes “FLUKE 435 series-II”, cabe mencionar que este equipo fue proporcionado en calidad de préstamo por el Ministerio de Energía y Minas.

A continuación, se hace referencia de las fechas en las cuales se mantuvo conectado el analizador de redes en el Hospital Nacional de Chimaltenango y del cual se obtuvieron los datos objeto de estudio: del 4 al 11 de abril de 2018.

6.1. Análisis de voltajes

El análisis de voltajes es como se muestra en este apartado.

- Voltaje línea 1 - neutro

Tabla XIII. **Resumen de la medición del voltaje entre la línea 1 y el neutro**

Vrms fase 1 - neutro			
Fecha	Hora	Voltaje	Dato adquirido
4/04/2018	5:32:17 p. m.	107,62	Mínimo
9/04/2018	2:45:17 a. m.	122,33	Máximo
		119,06	Promedio

Fuente: elaboración propia.

El voltaje tuvo una variación del +/- 6,13 % respecto de 120 voltios, el cual es el valor nominal. Presenta un promedio de 119,06 V. Un voltaje máximo de 122,33 V y un voltaje mínimo de 107,62

- Voltaje línea 2 - neutro

Tabla XIV. **Resumen de la medición del voltaje entre la línea 2 y el neutro**

Vrms fase 2 - neutro			
Fecha	Hora	Voltaje	Dato adquirido
4/04/2018	5:32:17 p. m.	105,81	Mínimo
9/04/2018	3:00:17 a. m.	123,06	Máximo
		120,12	Promedio

Fuente: elaboración propia.

El voltaje tuvo una variación del +/- 7,18 % respecto de 120 voltios, el cual es el valor nominal. Presenta un promedio de 120,12 V. Un voltaje máximo de 123,06 V y un voltaje mínimo de 105,81 V.

- Voltaje línea 3 - neutro

Tabla XV. **Resumen de la medición del voltaje entre la línea 3 y el neutro**

Vrms fase 3 - neutro			
Fecha	Hora	Voltaje	Dato adquirido
5/04/2018	11:09:17 a. m.	112,5	Mínimo
9/04/2018	2:56:17 a. m.	121,98	Máximo
		118,5	Promedio

Fuente: elaboración propia.

El voltaje tuvo una variación del +/- 3,95 % respecto de 120 voltios, el cual es el valor nominal. Presenta un promedio de 118,5 V. Un voltaje máximo de 121,98 V y un voltaje mínimo de 112,5 V.

- Voltaje tierra - neutro

Tabla XVI. **Resumen de la medición del voltaje entre neutro y tierra**

Tierra - neutro			
Fecha	Hora	Voltaje	Dato adquirido
Variacion despreciable		0,01	Mínimo
10/04/2018	2:47:17 a. m.	0,04	Máximo
		0,0146	Promedio

Fuente: elaboración propia.

La alimentación con la que cuenta el hospital es trifásica en conexión estrella puesta a tierra, se han tomado las mediciones del voltaje existente entre neutro y tierra, se ha encontrado que este tiene un valor promedio de 0,0146 V y un valor máximo de 0,04 V.

La razón en su desfase radica en que las cargas se encuentran desbalanceadas, y el argumento para esta conclusión es que la línea 2 es quien tiene más carga conectada, mientras que la línea 3 es quien tiene menos carga conectada.

- Voltaje línea 1 –línea 2

Tabla XVII. **Resumen de la medición del voltaje entre la línea 1 y la línea 2**

Vrms fase 1 - fase 2			
Fecha	Hora	Voltaje	Dato adquirido
4/04/2018	5:32:17 p. m.	183,33	Mínimo
9/04/2018	3:15:17 a. m.	212,69	Máximo
		207,61	Promedio

Fuente: elaboración propia.

El promedio del voltaje entre las líneas 1 y 2 se establece en 207,61 V, con un valor máximo de 212,61 V y un mínimo de 183,33 V. Tomando en cuenta que el valor nominal para el voltaje de línea a línea en esta conexión es de 208 V, se estima que su fluctuación oscila en un rango de +/- 7,05 %. Las cargas conectadas entre estas fases son de mayor consumo en comparación a las cargas conectadas entre las otras fases. Además de contar con la máxima demanda en el sistema analizado.

- Voltaje línea 2 –línea 3

Tabla XVIII. **Resumen de la medición del voltaje entre la línea 2 y línea 3**

Vrms fase 2 - fase 3			
Fecha	Hora	Voltaje	Dato adquirido
10/04/2018	7:25:17 p. m.	189,53	Mínimo
9/04/2018	3:00:17 a. m.	212,42	Máximo
		206,8	Promedio

Fuente: elaboración propia.

El promedio del voltaje entre las líneas 2 y 3 se establece en 206,8 V, con un valor máximo de 212,42 V y un mínimo de 189,53 V. Tomando en cuenta que el valor nominal para el voltaje de línea a línea en esta conexión es de 208 V, se estima que su fluctuación oscila en un rango de +/- 5,5 %. Las cargas conectadas entre estas fases presentan menor consumo en comparación a las cargas conectadas entre las otras fases, ya que en la línea tres es donde se encuentra la menor carga del sistema.

- Voltaje línea 3 – línea 1

Tabla XIX. **Resumen de la medición del voltaje entre la línea 3 y línea 1**

Vrms fase 3 - fase 1			
Fecha	Hora	Voltaje	Dato adquirido
5/04/2018	11:09:17 a. m.	190,76	Mínimo
9/04/2018	2:44:17 a. m.	211,11	Máximo
		205,07	Promedio

Fuente: elaboración propia.

El promedio del voltaje entre las líneas 3 y 1 se establece en 205,07 V, con un valor máximo de 211,11 V y un mínimo de 190,76 V. Tomando en cuenta que el valor nominal para el voltaje de línea a línea en esta conexión es de 208 V, se estima que su fluctuación oscila en un rango de +/- 4,8 %. Las cargas conectadas entre estas fases son de menor consumo en comparación a las cargas conectadas entre las otras fases, ya que es en la línea dos en la que se encuentra la mayor demanda del sistema.

6.2. Análisis de corrientes

- Corriente línea 1

Tabla XX. Resumen de la medición de la corriente en la línea 1

Corriente línea 1			
Fecha	Hora	Amperaje	Dato adquirido
8/04/2018	12:50:17 a. m.	101,3	Mínimo
11/04/2018	10:30:17 a. m.	519	Máximo
		215,5	Promedio

Fuente: elaboración propia.

La corriente que circula en la línea 1 ha mantenido un valor promedio de 215,5 A, presento un valor máximo de 519 A registrado el día 11/04/2018 a las 10:30:17 p.m., momento en el cual se registró un evento particular que genero el alza de las corrientes tanto en la línea 1 como en la línea 2. El valor mínimo registrado es de 101,3 A y se estableció a las 12:50:17 a.m. Este horario es el de menor consumo ya que no se encuentran trabajando el personal administrativo, laboratorios y lavandería.

- Corriente línea 2

Tabla XXI. Resumen de la medición de la corriente en la línea 2

Corriente línea 2			
Fecha	Hora	Amperaje	Dato adquirido
8/04/2018	2:49:17 a. m.	95,5	Mínimo
11/04/2018	10:30:17 a. m.	601,9	Máximo
		227,3	Promedio

Fuente: elaboración propia.

La corriente que circula en la línea 2 ha mantenido un valor promedio de 227,3 A, presento un valor máximo de 601,9 A registrado el día 11/04/2018 a las 10:30:17 p.m., momento en el cual se registró un evento particular que genero el alza de las corrientes tanto en la línea 2 como en la línea 1. El valor mínimo registrado es de 95,5 A y se estableció a las 2:49:17 a.m., tal y como se mencionó en el análisis de la corriente en la línea 1, este horario es el de menor consumo dado que no se encuentra todo el personal operativo, únicamente los que están de turno nocturno. Se puede observar que esta línea de alimentación es la que tiene conectada la mayor cantidad de carga empleada en horario laboral de 08:00 a 17:00 horas.

- Corriente línea 3

Tabla XXII. **Resumen de la medición de la corriente en la línea 3**

Corriente línea 3			
Fecha	Hora	Amperaje	Dato adquirido
8/04/2018	3:07:17 a. m.	81,1	Mínimo
9/04/2018	1:05:17 p. m.	499,9	Máximo
		189,45	Promedio

Fuente: elaboración propia.

La corriente que circula en la línea 3 ha mantenido un valor promedio de 189,45 A, presentó un valor máximo de 499,9 A registrado a las 1:05:17 p.m. Este último dato es considerado como la referencia para la hora de máxima demanda de corriente en esta línea de alimentación. El valor mínimo registrado es de 81,1 A y se estableció a las 3:07:17 a.m., tal y como se mencionó en el análisis de las corrientes anteriores, este horario es el de menor consumo. Se puede observar que esta línea de alimentación es la que tiene conectada la menor cantidad de carga.

- Sistema trifásico

Un sistema trifásico está balanceado cuando la demanda de corriente eléctrica es igual para cada una de sus fases, por consiguiente, la magnitud de la carga que deberá tener cada una de ellas también debería ser igual.

El desbalance trifásico es el fenómeno que ocurre cuando las tensiones o ángulos entre fases consecutivas de un sistema no son iguales. El balance perfecto de tensiones es técnicamente inalcanzable o en su defecto muy difícil de alcanzar debido a que el continuo cambio de cargas presentes en la red, causan una magnitud de desbalance en permanente variación.

Para el presente caso, la magnitud de las cargas que alimentan cada una de las fases del tablero principal son muy diferentes, en consecuencia, existe un desbalance entre fases de la conexión trifásica, provocando una disminución de voltaje en comparación a los valores de corriente y voltaje que las cargas necesitan.

6.3. Análisis de potencia activa total consumida

El análisis de potencia activa total es como se muestra en este apartado.

Tabla XXIII. **Resumen de la medición de potencia activa total**

Potencia activa total			
Fecha	Hora	Watts	Dato adquirido
8/04/2018	2:03:17 a. m.	33570	Mínimo
11/04/2018	10:30:17 a. m.	168300	Máximo
		73403,2	Promedio

Fuente: elaboración propia.

La potencia total activa del sistema presenta un valor promedio de 73 403,2 vatios, el valor máximo que se presentó es de 168 300 vatios registrado el día 11/04/2018 a las 10:30:17 p.m., momento en el cual se registró un evento particular que generó el alza de las corrientes tanto en la línea 1 como en la línea 2. Se registró un valor mínimo de 33 570 vatios a las 2:03:17 a.m., horario en el cual se presenta la demanda mínima de consumo.

6.4. Análisis del factor de potencia

El análisis de factor de potencia es como se muestra en este apartado.

Tabla XXIV. **Resumen de la medición del factor de potencia**

Factor de potencia			
Fecha	Hora	Adimensional	Dato adquirido
9/04/2018	1:26:17 a. m.	0,81	Mínimo
Varios horarios y varias fechas		0,99	Máximo
		0,967	Promedio

Fuente: elaboración propia.

Con el analizador de redes también fue posible adquirir la información referente al factor de potencia del sistema, el cual mantuvo en un valor promedio de 0,967. Un valor máximo de 0,99 en varios horarios y días. El valor mínimo del factor de potencia que se registró fue 0,81 y tuvo una duración única de un minuto a la 1:26:17 a.m. del 09/04/2018.

Gracias a que el valor promedio del factor de potencia que presenta el sistema es de 0,967, el hospital no ha incurrido en penalización alguna por presentar un bajo factor de potencia, por lo que la distribuidora de energía

eléctrica no ha facturado en el último año cobro adicional referente a esta restricción de variación.

7. ADECUACIÓN DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Actualmente es posible abastecer parte de la energía eléctrica necesaria para la operativa de los equipos y maquinaria que se utilizan en el hospital, gracias a la implementación de paneles que pueden captar la irradiación solar y convertirla en energía eléctrica. Esta misma es amigable con el ambiente dado que no genera contaminación alguna y es posible aprovecharla todo el año. Para el hospital se realizó el cálculo para que el sistema de energía renovable pueda aportar un 18 % del consumo total.

Datos de la ubicación en donde se instalarán los paneles solares:

- Ubicación: Hospital Nacional de Chimaltenango, La Alameda Chimaltenango, Guatemala.
- Coordenadas: 14.652164, -90.813471.
- Inclinación: 13°.
- Voltaje: 240 V.
- Rendimiento.

Tabla XXV. **Rendimiento parcial y total de los paneles solares**

Coefficiente perdidas en batería	5 %
Coefficiente autodescarga batería	0.5 %
Profundidad de descarga batería	100 %
Coefficiente perdidas conversión DC/AC	5 %
Coefficiente perdidas cableado	5 %
Autonomía del sistema	3 d
Rendimiento General	83.73 %

Fuente: Calculationsolar. *Módulos fotovoltaicos*. www.calculationsolar.com. Consulta: mayo 2018.

La cantidad de energía real necesaria según datos analizados es:
1 048 608,62 Wh/día.

Tabla XXVI. **Rendimiento parcial y total de los paneles solares por mes**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
% mes	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Consumos (W)	1048609	1048609	1048609	1048609	1048609	1048609	1048609	1048609	1048609	1048609	1048609	1048609

Fuente: Calculationsolar. *Calcular*. www.calculationsolar.com. Consulta: mayo 2018.

Figura 11. **Radiación solar diaria**

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s
January	21.3	64.0%	5.18	93.2	4.4
February	22.6	59.5%	5.73	93.1	4.2
March	23.8	57.1%	6.02	93.0	3.8
April	24.6	61.2%	6.05	93.0	3.5
May	23.9	73.0%	5.48	92.9	3.1
June	23.2	80.1%	5.16	93.0	3.0
July	23.1	76.0%	5.45	93.1	3.3
August	23.2	76.3%	5.34	93.0	3.2
September	22.7	80.4%	4.73	93.0	2.8
October	22.3	78.0%	4.76	93.0	3.5
November	21.9	71.3%	4.90	93.1	3.8
December	21.3	67.7%	4.95	93.2	4.2
Annual	22.8	70.4%	5.31	93.0	3.6
Measured at (m)					10.0

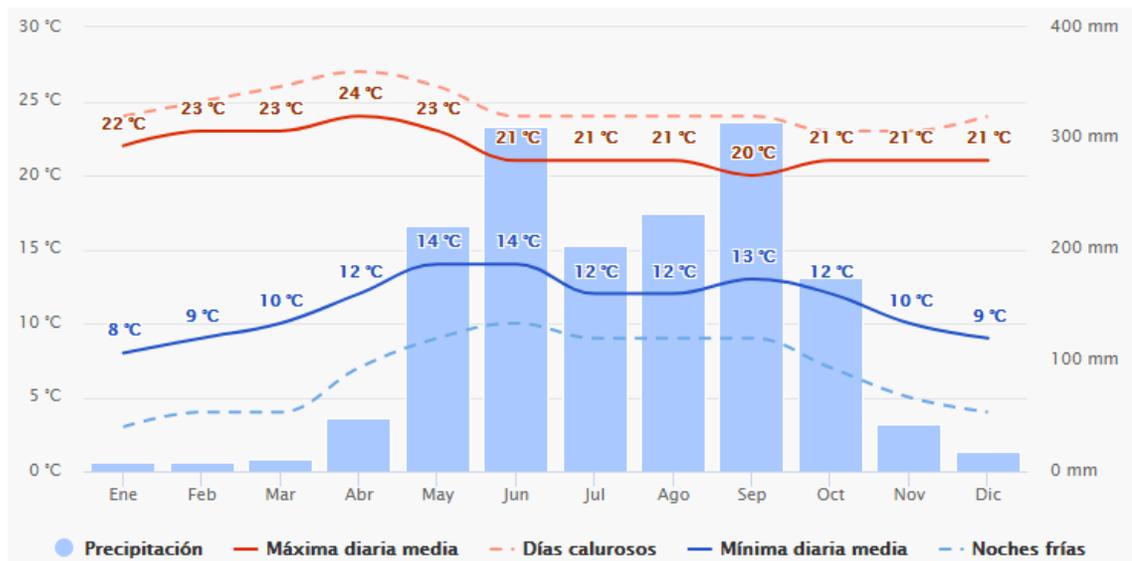
Fuente: NASA. *Surface meteorology and Solar Energy*,. www.nasa.gov. Consulta: mayo 2018.

Para el cálculo del campo fotovoltaico se ha tenido en cuenta la inclinación y orientación elegidas, las HSP, el ratio de aprovechamiento del regulador de

carga y las temperaturas medias mensuales diurnas del lugar elegido. Muestra los siguientes valores:

- Mes más desfavorable según consumos: septiembre
- Horas sol pico en meses más desfavorables: 4,73 HSP
- Inclinación óptima anual: 14 grados sur
- Energía real diaria generada por los módulos: 111 753 Wh / día
- Potencia pico módulos calculada: 27 056 Wp

Figura 12. **Temperaturas máximas y mínimas mensuales en el departamento de Chimaltenango**



Fuente: Meteoblue. *Location*. www.meteoblue.com. Consulta: junio 2018.

Como se observa en la gráfica, los meses en los cuales los paneles fotovoltaicos generarán mayor energía eléctrica, serán entre enero y mayo, que son los contemplados entre el verano del nuestro país. El mes de menos

producción es septiembre, cuando se está en pleno invierno y la posibilidad de lluvia o nubosidad se incrementa.

7.1. Parámetros eléctricos y selección de módulos

Para la reducción del 20 % son necesarios 1 112 módulos solares. Deberán instalarse dos series de 556 cada uno. Podrán ser instalados en el techo del edificio principal del hospital y en el techo las instalaciones de maternidad. Cuentan con la superficie física necesaria para la implementación de los paneles solares.

Tabla XXVII. **Características técnicas de los paneles solares por instalar**

LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino			
Voltaje a circuito abierto (voc):	37 V	Voltaje a potencia máxima (vmp):	29.8 V
Corriente de cortocircuito (isc):	8.22 A	Corriente a potencia máxima (imp):	7.73 A
Potencia máxima:	230 W	Coeficiente de temperatura de Pmax:	-0.45 %/°C
Potencia real a Temperatura media max :	230.8685 Wp	Nº de módulos serie:	2
Potencia pico módulos total :	255760 Wp	Nº de series paralelo:	556
Optimización instalación/necesidades mes mas desfavorable :	1	Total modulos :	1112
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de			100 %

Fuente: Calculationsolar. *Módulos fotovoltaicos*. www.calculationsolar.com. Consulta: mayo 2018.

Se utilizó como base para el cálculo paneles marca LUXOR Eco Line policristalinos de 230 vatios cada uno.

Para la elección del regulador se tienen en cuenta los valores de tensión del sistema, los parámetros de los módulos fotovoltaicos. A continuación, se muestran los valores nominales de los reguladores por utilizar:

- Tensión del sistema: 48 V
- Tensión de módulos en circuito abierto: 37 V
- Tensión de los módulos a máxima potencia: 29,8 V
- Corriente de cortocircuito de módulo: 8,22 A
- Corriente de potencia máxima de módulos: 7,73 A
- No. de módulos serie por instalar: 2
- No. de módulos paralelo por instalar: 556
- Total de módulos por instalar: 1 112

Para la elección del regulador se tomó como referencia uno marca STECA TAROM 440-48 PWM.

Tabla XXVIII. **Características técnicas del regulador de tensión por instalar**

STECA TAROM 440-48 PWM			
Tensión:	48 V	Voltaje máximo:	90 V
Potencia nominal:	0 Wp	Consumo propio:	14 mA
Capacidad de carga:	40 A	Ratio aprovechamiento :	0.9
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de		95 % N° Reguladores :	130

Fuente: Calculationsolar. *Reguladores*. www.calculationsolar.com. Consulta: mayo 2018.

Para el dimensionamiento del inversor – cargador se han utilizado los siguientes parámetros del sistema en conjunto con un inversor VICTRON MULTIPUS 48 como referencia:

- Tensión del sistema DC: 48 V
- Tensión de salida AC: 12 V
- Potencia máxima: 2 197 W
- Coeficiente de simultaneidad: 1
- Potencia mínima necesaria: 2 197 W
- Factor de seguridad: 1
- Potencia de cálculo: 2 197 W

Tabla XXIX. **Características técnicas del inversor – cargador por instalar**

VICTRON MULTIPLUS 48/3000/35-16			
Tensión:	48 V	Potencia nominal:	3000 W
Potencia continua:	2500 W	Potencia instantánea:	6000 W
Consumo en vacío :	16 W	Eficiencia :	95 %
Ratio aprovechamiento :	77 %	Nº inversores :	1
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de			130 %

Fuente: Calculationsolar. *Inversores*. www.calculationsolar.com. Consulta: mayo 2018.

Los elementos resultantes del cálculo para el sistema solar fotovoltaico necesario que se debe instalar en el Hospital Nacional de Chimaltenango son:

Tabla XXX. **Resumen de equipos por instalar**

Unidades	Elementos
1112	Modulo tipo -LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino
130	Regulador tipo - STECA TAROM 440-48 PWM
24	Bateria tipo - ABSOLYTE GP 1-100G99 FLAT PLATE
1	Inversor tipo -VICTRON MULTIPLUS 48/3000/35-16

Fuente: Calculationsolar. *Calcular*. www.calculationsolar.com. Consulta: mayo 2018.

Con los elementos de consumo indicados y los componentes de instalación calculados, se obtiene la siguiente comparativa de consumos y producción estimados a lo largo del año:

Tabla XXXI. **Cuadro comparativo entre consumo y generación (enero a junio)**

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
Consumo	32 507	29 361	32 507	31 458	32 507	31 458
Generación	34 240	34 969	42 267	41 179	39 071	35 679
Diferencia	1 733	5 608	9 760	9 721	6 564	4 221
Ahorro Económico	Q. 11 401,92	Q. 11 644,68	Q. 14 074,91	Q. 13 712,61	Q. 13 010,64	Q. 11 881,11

Fuente: elaboración propia.

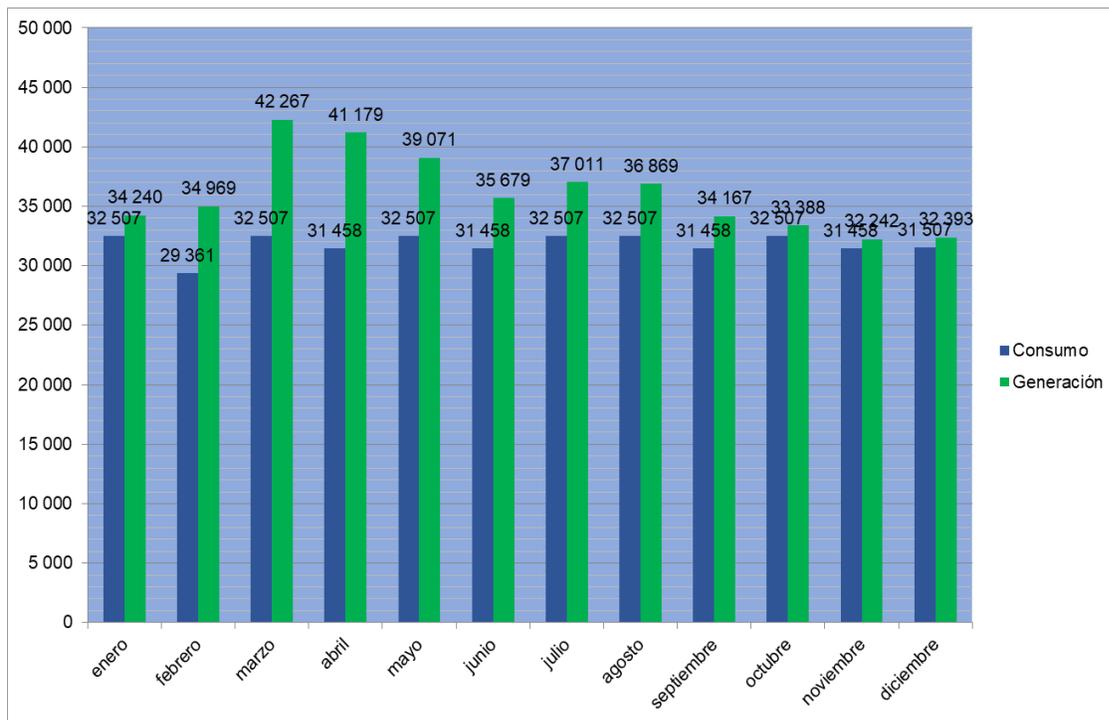
Tabla XXXII. **Cuadro comparativo entre consumo y generación (julio a diciembre)**

	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Consumo	32 507	32 507	31 458	32 507	31 458	31 507
Generación	37 011	36 869	34 167	33 388	32 242	32 393
Diferencia	4 504	4 362	2 709	881	784	886
Ahorro Económico	Q. 12 324,66	Q. 12 277,38	Q. 11 377,61	Q. 11 118,20	Q. 10 736,59	Q. 10 786,87

Fuente: elaboración propia.

El Hospital Nacional de Chimaltenango podrá obtener un ahorro energético de 138 961 KW y un ahorro económico de Q 144 347,18 durante el año 2018, La proyección generada para los próximos años tanto del ahorro energético como económico de implementar esta medida se verá reflejada en el capítulo 12 de esta auditoria energética, tomando en cuenta que la inversión inicial asciende a la suma de Q 2 652 140,00 para la adquisición de todos los equipos y se debe analizar el tiempo de vida útil de la implementación de esta medida con las proyecciones de consumo energético y económico.

Figura 13. **Gráfica comparativa entre consumos y generación de energía eléctrica en KW para el año 2018**



Fuente: elaboración propia.

8. MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Dado el trabajo de la auditoría energética, se requiere presentar las propuestas de mejora. En este capítulo se dan a conocer las medidas por implementar para ahorrar energía y mejorar la eficiencia energética en las instalaciones del hospital.

8.1. Iluminación

Después de realizar el desplegado de consumo energético que se muestra en la tabla 7 es evidente que gran parte del mismo es realizado por las luminarias instaladas en todo el hospital y por la cantidad de tiempo que se utilizan, la mayoría permanece encendida las 24 horas del día. La iluminación representa un 24,97 % del consumo total actual.

- Medidas de mejora
 - Con los datos adquiridos es posible establecer que se logrará mejorar la eficiencia energética con el cambio a tecnología led de las luminarias actuales, reduciendo en un 19,97 % el consumo de energía eléctrica, lo cual es un ahorro económico en la facturación de consumo de energía eléctrica de Q 11 238,30 mensual, que representa anualmente Q 134 859,57.
 - Implementar un plan de utilización de luminarias según el área de trabajos, aprovechando al máximo la fuente de luz natural en los ambientes que cuentan con ventanas al exterior, realizar

supervisiones de cumplimiento y sancionar el no cumplimiento del plan por parte de la administración del hospital.

- Implementar sistemas de regularización y control de las luminarias que permitan de forma automática minimizar el consumo de energía eléctrica, tal es el caso de los sensores de movimiento, controles de tiempo (*timers*), entre otros.
- Realizar instalaciones que permitan mediante interruptores tener el uso parcial o total de las luminarias en las salas de espera, área de trabajos más grandes en extensión y en los pasillos.

8.2. Equipos eléctricos

Al ser una institución de salud que debe velar por el bienestar de toda la población, el hospital cuenta con una gran cantidad de equipos que son alimentados por energía eléctrica, en su totalidad utilizan un 55,35 % del consumo total. Principalmente el área de lavandería, los cuartos fríos y las bombas de agua que abastecen a toda la institución.

- Medidas de mejora
 - Concientizar a los trabajadores en el uso de los diferentes equipos, apagarlos en los tiempos de comida, al terminar la jornada laboral o cuando asistan a reuniones, capacitaciones o supervisiones tanto dentro como fuera de la institución, así mismo apagar y las regletas en las que están conectados muchos de ellos.

- Desconectar los equipos que no están en uso permanente, así como los cargares de celular, *laptops*, entre otros.
- Realizar una investigación antes de realizar compras de equipos nuevos, verificando si estos cuentan con la clase A en consumo energético, y con esto garantizar que los mismos colaborarán con el ahorro que se pretende obtener.
- Para el personal administrativo, informar y dar seguimiento al uso adecuado en la utilización del modo de ahorro de energía en las computadoras, fotocopiadoras, impresoras, escáner.
- Para el personal de laboratorio, dar la instrucción de desconectar todos los equipos al finalizar la jornada laboral, con excepción de los equipos de incubación y refrigeración.

8.3. Climatización y aire acondicionado

Debido a la gran cantidad de ambientes con que cuenta el hospital, en muchas oficinas administrativas con poco espacio y salas de maternidad, se concentran varios trabajadores y equipos eléctricos, lo que ha obligado a crear mejoras en el ambiente, al punto de instalar varios equipos de aire acondicionado, los cuales representan el 19,68 % del consumo total de la energía eléctrica.

- Medidas de mejora
 - Revisar el inventario de todos los equipos, verificando su estado, tanto mecánico como eléctrico o electrónico y su antigüedad, con

esto determinar si todavía son funcionales o si deben adquirir equipos nuevos para resguardar tanto la salud de los pacientes, los trabajadores y del medioambiente en general.

- Tener un plan de mantenimiento preventivo para todos los equipos instalados en el hospital.
- Verificación de los aislamientos instalados en los ambientes que cuentan con aire acondicionado para obtener el aprovechamiento máximo del beneficio que este proporciona.

9. ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍAS

Gracias a los avances tecnológicos la termografía no necesita de contacto físico para la adquisición de datos, esta se basa en la medida de longitudes de onda infrarrojas para determinar temperaturas en objetos medidos desde una distancia segura para el ser humano. Una cámara de termografía proporciona una imagen que utiliza distintos colores identificativos para representar las diferentes temperaturas que emiten los objetos analizados. Estas imágenes aceleran la comprobación visual de las temperaturas de superficie e identifica los puntos calientes. Los puntos calientes o los aumentos de la temperatura normalmente indican un fallo inminente o un próximo colapso del equipo, pieza o conductor.

El ser humano cuenta con la capacidad de detectar luz visible (o radiación visible). Sin embargo, existen otras formas de luz (o radiación) que se puede ver, a pesar de que los ojos son sensores con capacidad de percibir luz visible. El ojo humano solo tiene capacidad de ver una pequeña parte del espectro electromagnético. En uno de los extremos del espectro no se puede ver la luz ultravioleta, mientras que en el otro los ojos no pueden ver la infrarroja.

Las ventajas de utilizar termografía se describen a continuación:

- Es un método de análisis sin interrupción de procesos de producción u operación, generando un ahorro económico evidente.
- Nivel de peligro bajo para el personal que toma las termografías dado que se evita el contacto directo con el equipo u objeto por verificar.

- Determinación exacta de puntos deficientes o próximos a colapsar en una línea de proceso.
- Ahorro de tiempo en proceso correctivo dada la localización exacta de la falla.
- Se logran generar informes muy precisos que le servirán al personal de mantenimiento preventivo y correctivo.

Generalmente los análisis que se realizan a las instalaciones eléctricas son:

- Detección de fallos en las conexiones
- Detección de sobrecargas en líneas
- Detección de problemas en protecciones
- Detección de desequilibrios en las fases

Para determinar los posibles fallos se aplicará el criterio especificado por la NETA (*International Electrical Testing Association*), es decir, si la diferencia de temperatura entre componentes de trabajo similares bajo cargas similares supera los 15 °C, se detectará una posible futura falla. Si la comparación no fuera posible, esta asociación recomienda que se determine lo mismo cuando la diferencia de temperatura de un componente del aire supere los 40 °C. En función de estas diferencias de temperaturas se clasificará la posible futura falla y se determinará la acción por realizar, atendiendo a las recomendaciones.

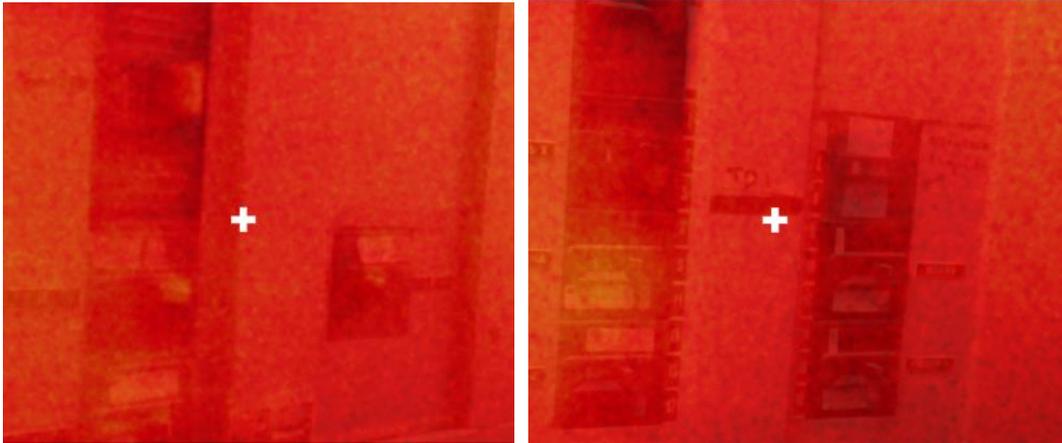
Tabla XXXIII. Rangos y acciones sugeridas entre elementos o equipos similares según su temperatura

Nivel	Diferencia Temperaturas Puntos Similares $DIF_{SIM} = T_{PC} - T_{REF}$	Diferencia Temperatura Ambiente $DIF_{AMB} = T_{PC} - T_{AMB}$	Clasificación	Acción
1	$1^{\circ}\text{C} \leq DIF_{SIM} < 4^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} \leq DIF_{AMB} < 11^{\circ}\text{C}$	Posible Deficiencia	Se requiere más información.
2	$4^{\circ}\text{C} \leq DIF_{SIM} < 15^{\circ}\text{C}$	$11^{\circ}\text{C} \leq DIF_{AMB} < 21^{\circ}\text{C}$	Probable Deficiencia	Reparar en la próxima parada disponible.
3	$15^{\circ}\text{C} \leq DIF_{SIM}$	$21^{\circ}\text{C} \leq DIF_{AMB} < 40^{\circ}\text{C}$	Deficiencia	Reparar tan pronto como sea posible.
4	$15^{\circ}\text{C} \leq DIF_{SIM}$	$40^{\circ}\text{C} \leq DIF_{AMB}$	Deficiencia Mayor	REPARAR INMEDIATAMENTE

Fuente: NETA (*International Electrical Testing Association*). www.netaworld.org. Consulta: mayo 2018.

Para el caso específico del Hospital Nacional de Chimaltenango, se tomaron termografías a todos los equipos instalados, así como a las fuentes de alimentación, los conductores de electricidad y los tableros de mando de toda la institución. En la mayoría de los casos los equipos y líneas de conducción no presentaron inconvenientes en los rangos normales de temperatura, y los que presentan variaciones notables se analizan a continuación.

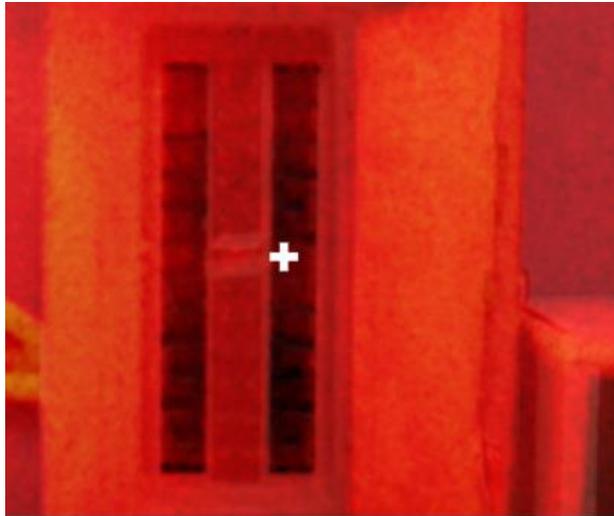
Figura 14. **Tableros de control de la iluminación de los pasillos, laboratorio y bodega**



Fuente: Cámara termografica Fluke series TiS40. Consulta: abril 2018.

Después de realizar el análisis termo-grafico en los tableros en mención se logró determinar que no presentan variaciones significativas en la temperatura en comparación a lo establecido con la NETA (*International Electrical Testing Association*). Por lo que es suficiente pero necesario con establecer un plan de mantenimiento preventivo para estas áreas.

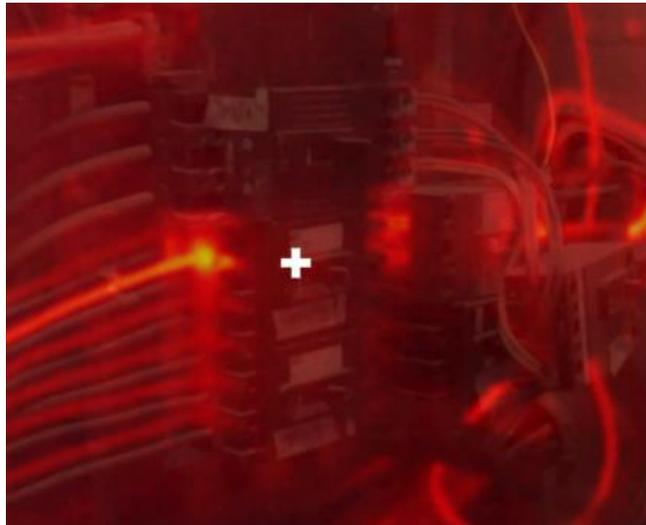
Figura 15. **Tablero de control hacia las áreas administrativas, emergencia, cirugía de hombres, cirugía de mujeres y pediatría**



Fuente: Cámara termografica Fluke series TiS40. Consulta: abril 2018.

Después de realizar el análisis termo-grafico en el tablero de control de las oficinas administrativas, emergencia, cirugías y pediatría, se logró determinar que no presentan variaciones significativas en la temperatura en comparación a lo establecido con la NETA (*International Electrical Testing Association*). Por lo que será suficiente pero necesario con establecer un plan de mantenimiento preventivo para estas áreas. Tomando en consideración que estas son áreas en constante crecimiento tanto de equipo como de personal.

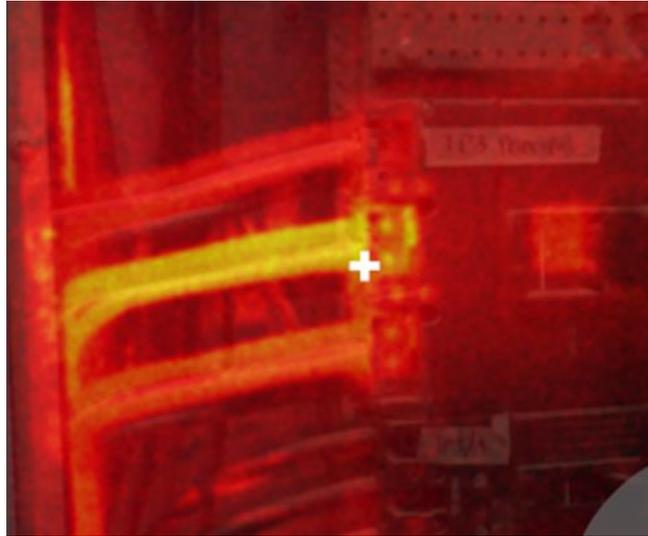
Figura 16. **Tablero de control hacia los cuartos fríos, cocina y cafetería**



Fuente: Cámara termografica Fluke series TiS40. Consulta: abril 2018.

Después de realizar el análisis termo-grafico en el tablero de control de los cuartos fríos, cocina y cafetería, se logró determinar que se presenta un punto caliente que está en el rango de 20° más, con referencia a las otras salidas. La fase afectada es la que alimenta a los cuartos fríos, por lo cual se recomienda hacer la revisión de las instalaciones eléctricas. Según los estudios cuando una conexión está suelta o tiene algún tipo de corrosión, su resistencia aumenta y dado que al aumentar la resistencia también aumenta la caída de tensión y se genera un aumento del calor, así se puede detectar la falla.

Figura 17. **Tablero de control hacia la lavandería**



Fuente: Cámara termografica Fluke series TiS40. Consulta: abril 2018.

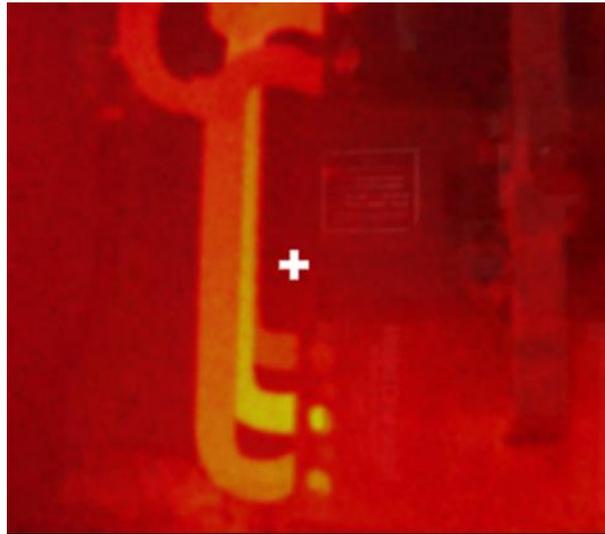
El análisis realizado al tablero de control que se dirige hacia la lavandería muestra un aumento de temperatura en la fase central con una variación de 38° más, con referencia a las otras salidas, un desequilibrio puede derivarse a varias razones: un problema de alimentación, baja tensión en una fase o una ruptura de la resistencia del aislamiento de las bobinas del motor.

Esto hace que los motores en función y otras cargas requieran más corriente de la necesaria, además que dispongan de un par más bajo (con el esfuerzo mecánico asociado) y se estropeen antes.

Para detectar estas sobrecargas, en el caso de que se produzca un desequilibrio en la carga, las fases con la mayor carga tendrán mayores temperaturas debido al exceso de calor generado. En cualquier caso, habría

que realizar la medida de la carga eléctrica para corroborar el diagnóstico del problema.

Figura 18. **Interruptor para los servicios de emergencia ante falta de energía eléctrica**



Fuente: Cámara termografica Fluke series TiS40. Consulta: abril 2018.

El análisis realizado al tablero de control que cuenta con el interruptor de selección entre la alimentación general y la alimentación auxiliar que se activa mediante el generador instalado en el hospital, muestra un aumento de temperatura en la fase central con una variación de 36° más en la línea 2 y 24° más en la línea 3, con referencia a la salida de la línea 1. Por lo cual es urgente revisar el balance de las cargas que son alimentadas por el sistema auxiliar del hospital.

10. GESTIÓN DE DESECHOS

Los desechos hospitalarios son considerados potencialmente peligrosos tanto por la contaminación biológica (microorganismos patógenos) como por las sustancias químicas (drogas, sustancias carcinogénicas, teratogénicas y materiales radiactivos) que contienen.

El Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, Acuerdo Gubernativo 509-2001, define estos desechos como aquellos “producidos durante el desarrollo de las actividades por los entes generadores, tales como hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, casas de salud, clínicas odontológicas, centros de maternidad y en general cualquier establecimiento donde se practiquen los niveles de atención humana o veterinaria con fines de prevención, diagnóstico, recuperación, tratamiento o investigación”.⁴

De acuerdo con los resultados presentados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), los desechos hospitalarios que presentan riesgo potencial para la salud humana (bioinfecciosos, especiales y punzocortantes) y el ambiente, representan el 45 % del total de desechos generados en los hospitales, de los cuales el 97 % son desechos bioinfecciosos.

Se consultó con las autoridades del Hospital Nacional de Chimaltenango en lo referente a los manejo de los desechos sólidos, a lo cual indican que hasta el momento únicamente se maneja un control estricto con los desechos

⁴ Acuerdo Gubernativo No. 509-2001.

catalogados como peligrosos (agujas, gasas utilizadas para cualquier flujo corporal o sangre, jeringas, entre otros), los cuales son recolectados por una empresa especializada para el efecto, pero para los demás desechos, no se cuenta ni con los recipientes ni con un plan de reciclaje en funcionamiento. Para lo cual se muestra a continuación un modelo por seguir en el manejo correcto de los desechos.

10.1. Plan de acción, recolección y manejo de desechos sólidos en el hospital

Dada la función de salubridad que tiene la institución es de vital importancia un plan de acción para que se empiece a reciclar de forma inmediata en todas las áreas de trabajo. Para lograrlo se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento:

- Establecer un equipo verde

Integrar un grupo con personal de administración, mantenimiento, limpieza, médicos, enfermeros, responsables para el manejo de residuos y cualquier interesado en el tema, para elaborar estrategias sobre líneas de acción por realizar de forma inmediata, con aportes de todos los sectores involucrados y con esto, saber las necesidades de todas las áreas del hospital.

- Realizar una auditoría sobre residuos

No necesariamente de ser realizada por un consultor externo, puede ser manejada por una enfermera o personal de mantenimiento. Llevar un control de todo lo que entra al hospital (a través de los departamentos de compras), todo lo existente en el hospital en forma de materiales reciclables, residuos de la

bolsa roja, residuos sólidos, restos de comida, químicos de laboratorio, residuos provenientes de la quimioterapia y patológicos.

- Dividir de forma correcta de residuos

Este es un paso importante para reducir el volumen de los residuos, debido a que ofrece la posibilidad de hacer evaluaciones más precisas sobre la composición de los residuos del hospital, y posiciona al establecimiento para elaborar diferentes estrategias sobre su manejo. Use los resultados de la auditoría sobre residuos para identificar las prácticas que implican un desaprovechamiento de materiales, y para diseñar una estrategia de manejo de residuos que incorpore medidas de reducción, reutilización y reciclaje de residuos.

- La educación es prioridad

Capacitar de forma idónea al personal de enfermería y al personal de limpieza en la forma apropiada de segregar o dividir los residuos. Informar al personal sobre las consecuencias de la incineración de los residuos médicos. Coloque carteles informativos en los sitios donde se clasifican los residuos.

- Reciclaje.

No se debe tirar en la basura común los materiales que se puedan reciclar. Hacer del reciclaje una prioridad. Hay más de 25 materiales en un hospital que pueden ser reciclados fácilmente y de manera segura. El cartón, el vidrio, el papel de oficina, las latas de bebidas, los periódicos, las revistas, y los plásticos PET y HPDE tienen actualmente mercados de reciclaje. Deben

reservar espacios para poner contenedores según la clasificación que le corresponda.

- Compra de insumos

Se debe trabajar con el equipo de compras para seleccionar insumos reutilizables en lugar de descartables, esta es una clave en la búsqueda de la minimización agresiva de los residuos. También es importante examinar los impactos y la seguridad ambiental de los materiales que ingresan en el hospital. Tienen que trabajar con el delegado de manejo de desechos y reciclaje para elegir insumos que no tengan un impacto negativo sobre la salud y la seguridad de los trabajadores o de los pacientes.

Es importante mantenerse en contacto con los proveedores sobre la necesidad de disponer materiales de envasado totalmente reciclables o reutilizables. Con un cuidadoso examen del sistema actual, la implementación de un programa basado en la educación y el reciclaje.

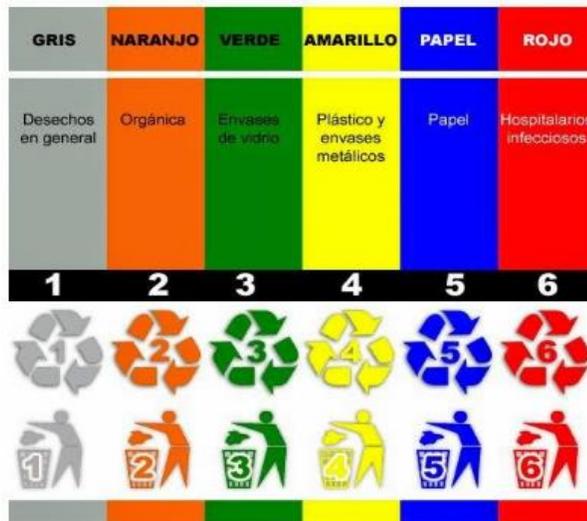
Los hospitales ciertamente pueden reducir la cantidad de residuos que generan y al mismo tiempo pueden ahorrar dinero. Participar en programas de reducción de residuos ayudará a la institución a marcar el camino para proveer el mejor cuidado al paciente, preocupándose por la seguridad y el bienestar de sus empleados, pacientes, visitas y de los pobladores que necesitan del servicio de salud en el país.

Figura 19. **Ejemplo de afiche por utilizar para concientizar a los trabajadores del hospital**



Fuente: El Reciclaje. *¿Qué podemos reciclar?*. www.elreciclaje.org. Consulta: mayo 2018.

Figura 20. **Propuesta de colores identificativos para los recipientes de reciclaje**



Fuente: El Reciclaje. *Identificativos para reciclar*. www.elreciclaje.org. Consulta: mayo 2018.

Para concluir con el desarrollo eficiente del plan, se debe realizar un monitoreo constante verificando que el personal esté realizando la correcta separación de desechos antes de ingresarlo a los recipientes, de no ser así, hacer un llamado de atención. Si es reincidente, notificar vía escrita y si no cumple después de la vía escrita, aplicar la sanción administrativa, que esté estipulada en el plan de acción creado por el grupo verde del hospital.

11. PROYECCIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La información recopilada mediante el analizador de redes FLUKE 435 series-II, aporta lo necesario para determinar la cantidad de consumo que se realiza en el hospital diariamente. Cabe mencionar que, debido al tipo de trabajo que se realiza, la mayoría de departamentos internos trabaja las 24 horas durante todos los días del año, sin excepciones en los asuetos o feriado. Claramente se logra evidenciar que la mayoría del consumo se da en el horario en el cual se encuentra trabajando todo el personal administrativo, de lavandería y laboratorios, el cual oscila entre las 08:00 y 17:00 horas.

Tabla XXXIV. **Consumo promedio de energía eléctrica durante un día laboral**

Día laboral normal			
Labores	horario de consumo		Consumo vatio-hora
	inicio	final	
Horario con todo el personal del hospital	08:01 hrs	17:00 hrs	993 604,5
Horario (sin personal administrativo y de laboratorio)	17:00 hrs	08:00 hra	852 795,8
Total			1 846 400,3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Consumo promedio de energía eléctrica durante el fin de semana o día de asueto**

Día laboral fin de semana o asueto			
Labores	horario de consumo		Consumo vatio -hora
	inicio	final día siguiente	
Horario (sin personal administrativo y de laboratorio)	08:01 hrs	08:00 hrs	1 507 731,4
Total			1 507 731,4

Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos es posible realizar una proyección del consumo de energía eléctrica, en este caso se hará para 2018 y, posteriormente, la proyección de consumo hasta 2032.

Tabla XXXVI. **Proyección de consumo de energía eléctrica para 2018**

Mes	Tipo y cantidad de días		Energía estimada KW-h
	Laboral	Descanso	
febrero	20	8	48 989,86
marzo	19	12	53 174,38
abril	21	9	52 343,99
mayo	22	8	52 682,66
junio	20	10	52 005,32
julio	21	10	53 851,72
agosto	23	8	54 529,06
septiembre	20	10	52 005,32
octubre	22	9	54 190,39
noviembre	22	8	52 682,66
diciembre	20	11	53 513,05

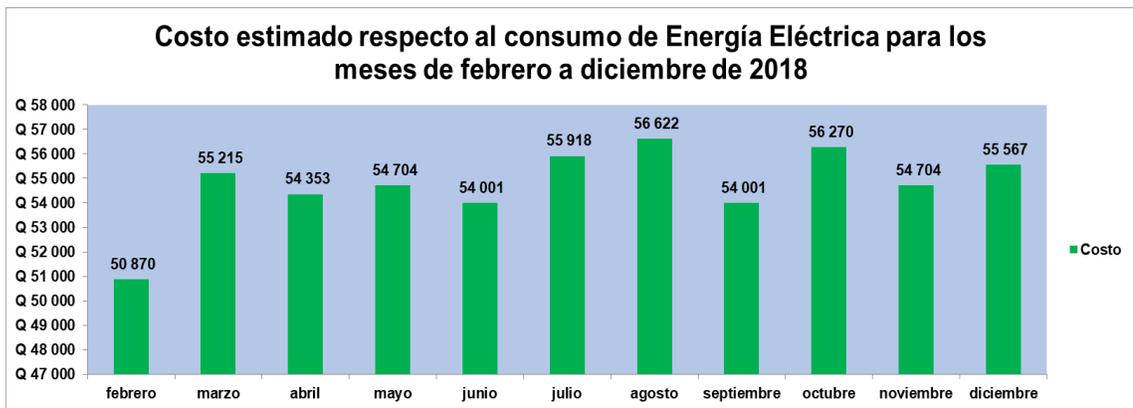
Fuente: elaboración propia.

La proyección se realizó tomando en consideración todos los asuetos de ley y el descanso por la feria patronal de Chimaltenango, y tomando en cuenta que por el momento las autoridades del hospital no tienen planificada la adquisición de nuevos equipos a corto plazo, de ser así, se deberá tomar en consideración el aumento en la demanda de consumo de energía eléctrica.

11.1. Análisis económico proyectado

Debido a que la distribuidora de energía eléctrica no se ha pronunciado referente a si existirá algún incremento para el siguiente año en el valor promedio de la tarifa por consumo de energía, se toma como referencia para la proyección de consumo por KW-hora que se consume al precio de Q 1 038 376.

Figura 21. Costo proyectado para 2018 referente al consumo de energía eléctrica

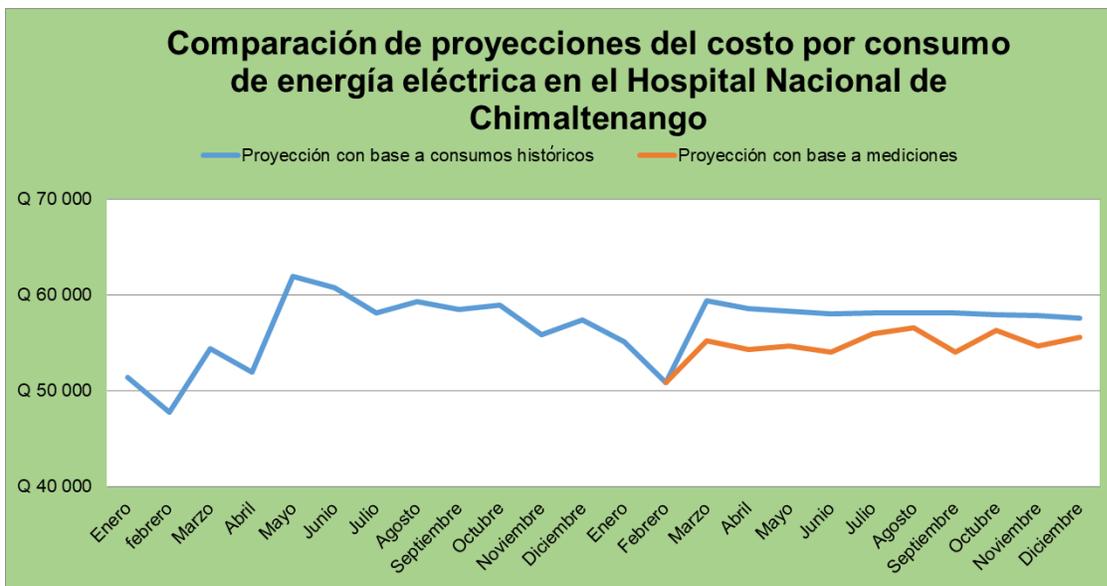


Fuente: elaboración propia.

Para la realización de esta proyección se utilizó únicamente el consumo de energía eléctrica facturada como tal, dado a que en la totalidad de la facturación se agregan variables de cobro que son ajenas al consumo

energético total de los equipos y luminarias instaladas en la actualidad en el hospital. Esta información puede verificarse en el numeral tres de esta auditoría energética.

Figura 22. **Gráfica de comparación de proyecciones del costo económico de energía eléctrica**



Fuente: elaboración propia.

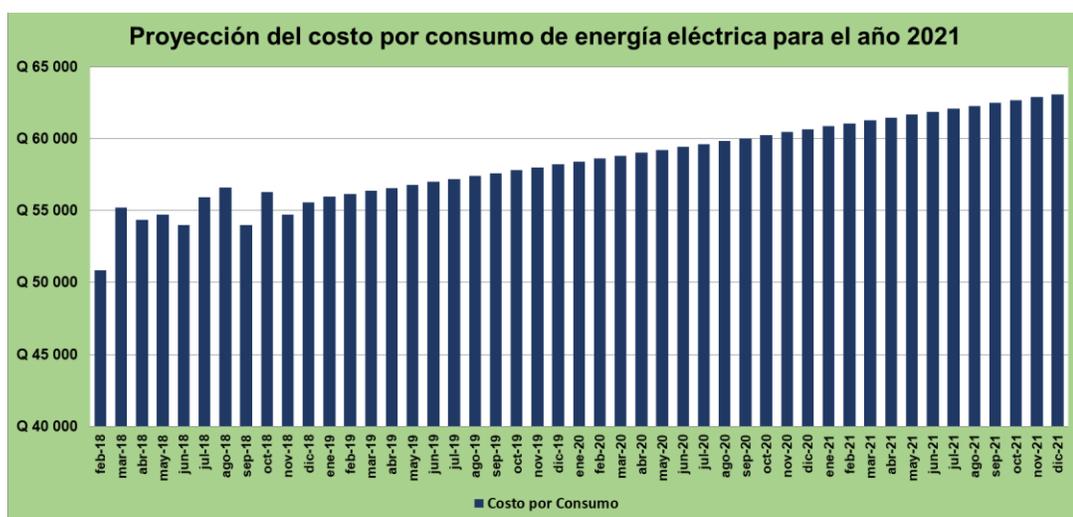
En la representación gráfica se denota que la tendencia de consumo histórica es mayor a la tendencia de consumo que se logró recopilar con las mediciones, por lo consiguiente, se deben mejorar la eficiencia del consumo de energía eléctrica y con esto reducir los gastos económicos que son atribuidos en este caso al Ministerio de Salud y Asistencia Social de Guatemala. Como se mencionó con anterioridad en estas proyecciones se tomaron en cuenta los costos de KW-hora consumidos, sin agregar los cargos fijos y otros montos reflejados en la facturación total a pagar por la institución.

11.2. Análisis económico proyectado para 2032

Para dar cumplimiento a la auditoría energética en el Hospital Nacional de Chimaltenango, la cual está basada en la política energética 2013-2032 elaborada por el Ministerio de Energía y Minas del Guatemala (ahorro y uso eficiente de la energía). Se realizó la proyección del costo económico en el que incurrirá el hospital en los años próximos.

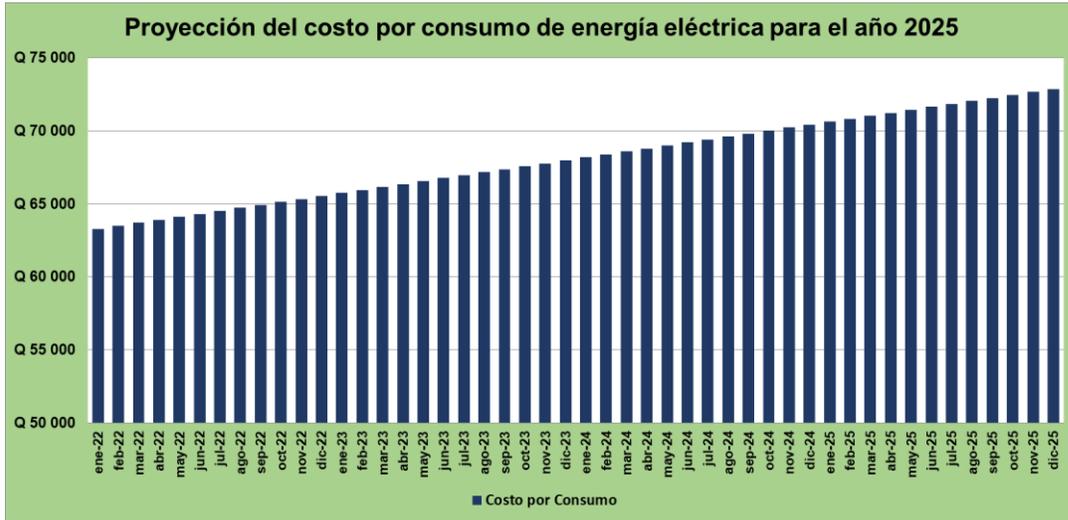
Es importante mencionar que entre las mejoras que la administración del hospital quiere implementar, contempla la adquisición de nuevos equipos para los siguientes años. Tal es el caso que se tiene prevista a corto plazo la compra de un equipo de tomografía, y a largo plazo la adquisición de nuevos equipos médicos que beneficien a los pacientes en todas las áreas de salud, por lo cual es necesario prever el aumento el consumo de energía eléctrica.

Figura 23. **Gráfica de proyección del costo económico de energía eléctrica para 2021**



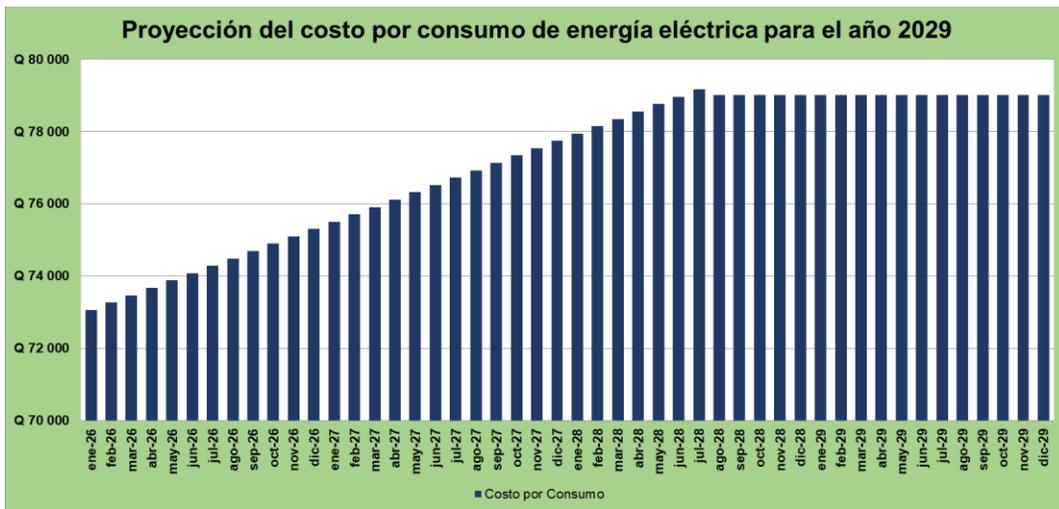
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Gráfica de proyección del costo económico de energía eléctrica para 2025



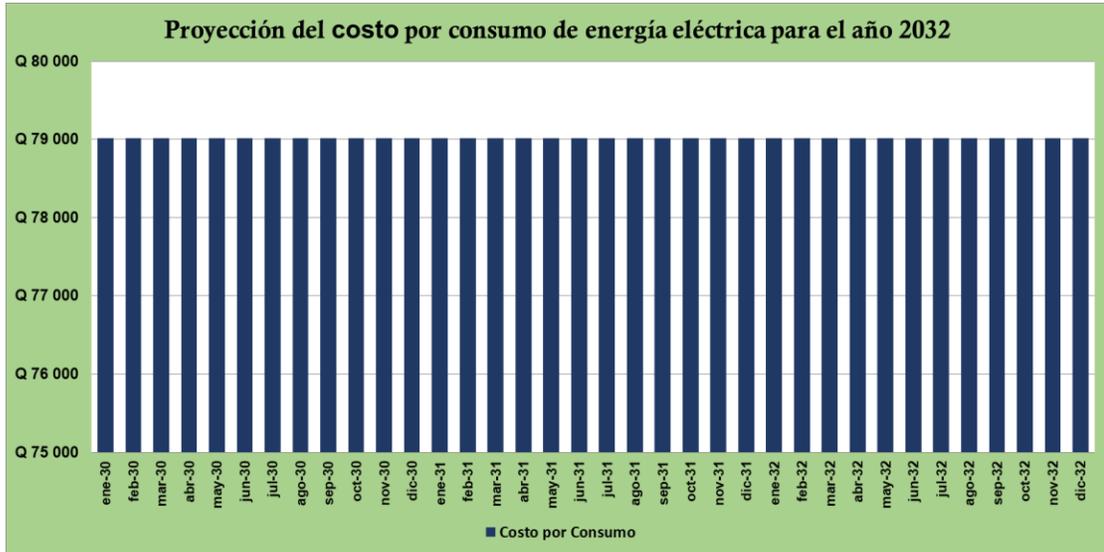
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Gráfica de proyección del costo económico de energía eléctrica para 2029



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Gráfica de proyección del costo económico de energía eléctrica para 2032**



Fuente: elaboración propia.

12. ANÁLISIS ECONÓMICO DE AHORROS ENERGÉTICOS

Tomando en consideración los datos analizados en el consumo general del Hospital Nacional de Chimaltenango, se dan a conocer las áreas de mejora, con el respectivo análisis económico y presupuesto de ejecución, para la reducción de costos referentes a la facturación mensual por concepto de energía eléctrica.

12.1. Instalación de paneles solares

Para la ejecución los paneles solares, se hizo la cotización con proveedores nacionales e internacionales. Después de verificar los precios con los equipos específicos descritos en el numeral 7, se determinó que se requiere una única inversión de Q 2 652 140,00, los ahorros proyectados con la implementación son Q 12 028,93 mensuales, lo que en su totalidad asciende a la cantidad anual de Q 144 347,18. Con los datos adquiridos es posible determinar el tiempo en que se verá el retorno de la inversión inicial.

Tabla XXXVII. **Información de costo para la instalación y tiempo de retorno**

Precio de intalación de paneles solares	
Inversión inicial	2 652 140,00
ahorro mensual	12 028,93
Ahorro anual	144 347,18
Retorno de inversión	18,5 años
Vida útil del proyecto	25 años

Fuente: elaboración propia.

12.2. Simulación de consumo eléctrico con tecnología led

En la mayoría de ambientes del hospital se cuenta con lámparas de tubo fluorescentes que tienen con 20 años de antigüedad, las cuales en conjunto conforman el 94,7 % de la iluminación total de la institución, el porcentaje restante está constituido por bombillas incandescentes.

La tecnología led es capaz de reducir el consumo energético de las luminarias, para lo cual se elabora el siguiente cuadro comparativo.

Tabla XXXVIII. **Comparación entre lámparas actuales y propuestas**

Comparación entre lámparas instaladas y las propuestas			
Actual		Propuesta	
Tipo	Fluorescente	Tipo	Led
Potencia (W)	40	Potencia (W)	10
Lúmenes (Lm)	1400	Lúmenes (Lm)	1100
Total de Luxes (Lx)	222,8	Total de Luxes (Lx)	175,07

Fuente: elaboración propia.

Para lograr el cambio de luminarias es necesario hacer una inversión económica de Q 91 360,00, los ahorros proyectados con la implementación de tecnologías led para las luminarias son Q 5 619,15 mensuales, lo que en su totalidad asciende a la cantidad anual de Q 67 429,79 con los datos adquiridos es posible determinar el tiempo en que se verá el retorno de la inversión inicial será de un año.

Tabla XXXIX. Información de costo para la instalación y tiempo de retorno

Precio de intalación luminarias led	
Inversión inicial	Q 91 360,00
Ahorro mensual	Q 5 619,15
Ahorro anual	Q 67 429,79
Retorno de inversión	1.5 años
Vida útil del proyecto	6 años

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. Inventario de lámparas y costo por cambio a led sección I

Área del hospital	Tipo de Lámpara	Lámparas	Costo por cambio	Precio led unidad
Emergencia	Fluorescente	16	Q 2 720,00	Q 170,00
	Incandescente	2	Q 112,00	Q 56,00
Vestidores	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Clínica de abuso sexual	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Emergencia pediatría	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Emergencia adultos / observación	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Emergencia adultos / área roja	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Vestidores	Fluorescente	6	Q 1 020,00	Q 170,00
Quirófano	Fluorescente	12	Q 2 040,00	Q 170,00
Séptico	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Utería	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Vestidor médicos	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Vestidor de enfermeras	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Utería lavado de equipos	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
Quirófano	Fluorescente	12	Q 2 040,00	Q 170,00
Quirófano	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Cuarto de anestecia	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Cuarto de anestecia	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Guarda estéril y ropería	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Locker's	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Ropería	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Central de esterilización	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Laboratorio patología	Fluorescente	6	Q 1 020,00	Q 170,00
Sala de autopsias	Fluorescente	6	Q 1 020,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Vestidor caballeros	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Vestidor de Damas	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Vestidor de Enfermeras	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Sala espera operaciones	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Almacén	Fluorescente	12	Q 2 040,00	Q 170,00
Lavandería	Fluorescente	24	Q 4 080,00	Q 170,00
Casa de máquinas	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Cocina	Fluorescente	42	Q 7 140,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Cafetería	Fluorescente	14	Q 2 380,00	Q 170,00
Residencia de pediatría	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Dormitorio médicos	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Dormitorio médicos	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Intensivo pediatría	Fluorescente	14	Q 2 380,00	Q 170,00
Intensivo pediatría / aislamiento	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Sala general pediatría	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Unidad tratamiento del cólera	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
Cirugia pediátrica	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Nutrición pediatría	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Curaciones	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00

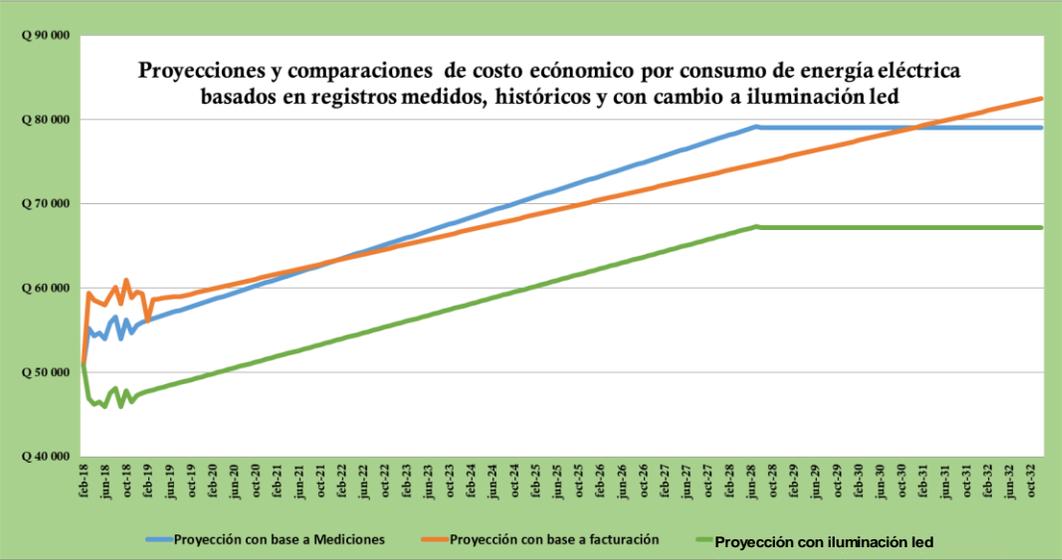
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Inventario de lámparas y costo por cambio a led sección II

Área del hospital	Tipo de Lámpara	Lámparas	Costo por cambio	Precio LED unidad
Jefatura de enfermería	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Sala de pacientes	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Aseo	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Traumatología hombres	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Cirugía I hombres	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Cirugía II hombres	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Cirugía III hombres	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Aislamiento hombres	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Medicina II hombres	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Medicina I hombres	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Intensivo adultos	Fluorescente	10	Q 1 700,00	Q 170,00
	Incandescente	2	Q 56,00	Q 28,00
Cuarto oscuro	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
	Incandescente	3	Q 84,00	Q 28,00
Rayos X	Incandescente	4	Q 112,00	Q 28,00
Bateriología	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
Lavado, esterilización	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
Urología, coprología	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
Laboratorio	Fluorescente	16	Q 2 720,00	Q 170,00
Banco de sangre / donación	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Farmacia	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Presupuesto	Fluorescente	12	Q 2 040,00	Q 170,00
Jefatura personal	Fluorescente	12	Q 2 040,00	Q 170,00
Dirección ejecutiva	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Contabilidad / analista de gasto / Of	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Gerencia administrativa / Of / trabajo S.	Fluorescente	6	Q 1 020,00	Q 170,00
Odontología	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Sub dirección técnica	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Epidemiología	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Sub jefatura enfermería	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
	Incandescente	1	Q 28,00	Q 28,00
Monitoreo de computo	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
Compras	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Clínica mujeres	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Cirugía I mujeres	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Cirugía II mujeres	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Estación enfermería	Fluorescente	8	Q 1 360,00	Q 170,00
Traumatología mujeres	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Aislamiento mujeres	Fluorescente	2	Q 340,00	Q 170,00
Encamamiento mujeres	Fluorescente	10	Q 1 700,00	Q 170,00
	Incandescente	2	Q 112,00	Q 56,00
Área recreación infantil	Fluorescente	6	Q 1 020,00	Q 170,00
Terapias infantiles	Fluorescente	4	Q 680,00	Q 170,00
Pasillos	Fluorescente	64	Q 10 880,00	Q 170,00
Total		571	Q 91 360,00	

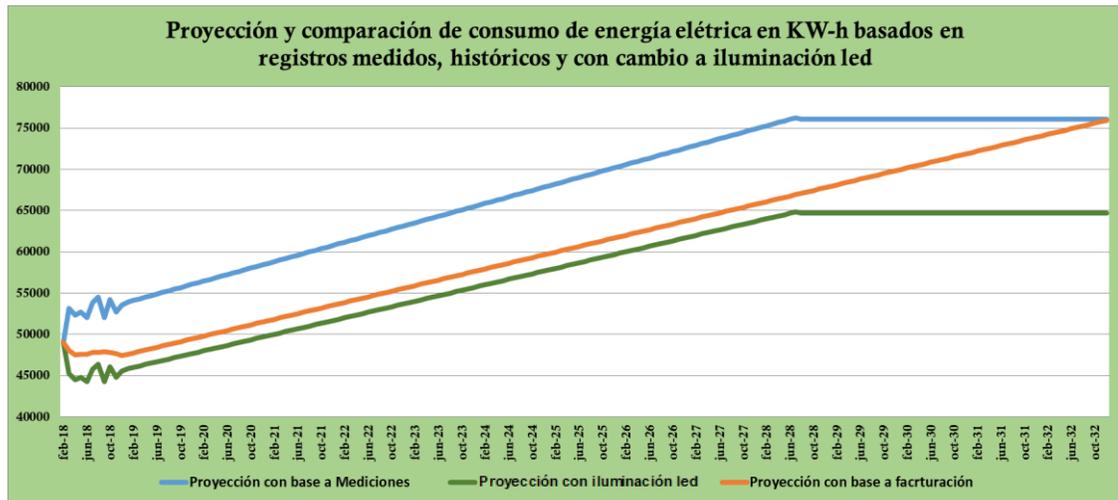
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Gráfica de proyección y comparación de costo económico del consumo de energía eléctrica para 2032**



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Gráfica de proyección y comparación de consumo de energía eléctrica para 2032**



Fuente: elaboración propia.

12.3. Buenas prácticas y hábitos de consumo

Se determinó que este porcentaje, que representa que los colaboradores de la institución empiezan a mejorar sus hábitos de consumo energético, representa un 17,5 % de ahorro del consumo total actual, incluyendo el uso adecuado de la iluminación, los equipos de oficina y de laboratorios.

Dado que solo en el tema de iluminación se logró constatar que en la mayoría de los casos las luminarias en los pasillos, salas de espera y emergencia pasan encendidas las 24 horas, y solo en las áreas de menor consumo como las oficinas administrativas, las apagan al finalizar la jornada laboral.

Tabla XLII. **Ahorro económico aplicando buenos hábitos de consumo energético**

Aplicando buenos hábitos	
Inversión inicial	Ninguna
ahorro mensual	8 784,87
Ahorro anual	105 418,42

Fuente: elaboración propia.

El Hospital Nacional de Chimaltenango podrá obtener el ahorro energético y económico que se presenta a continuación

Tabla XLIII. **Ahorro consolidado aplicando los métodos de reducción propuestos**

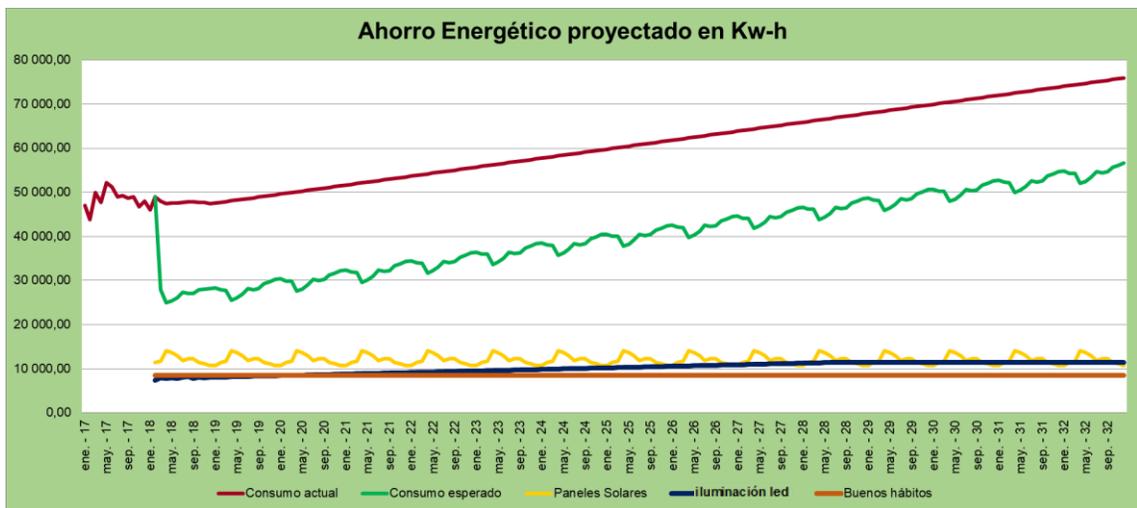
Metodo de reducción de consumo energético	Ahorro en KW por año	Ahorro económico por año
Implementando paneles solares	138 961	Q 144 347,18
Implementando iluminacion led	64 937	Q 67 429,79
Aplicando buenos hábitos de consumo	101 522	Q 105 418,42
Total	305 420	Q 317 195,39

Fuente: elaboración propia.

Actualmente, el costo del consumo anual del hospital es de Q 865 284, por lo cual, la implementación de las medidas propuestas reducirá el costo energético en un 36,7 % por año, de la facturación total, en la cual incluyen los cargos fijos que no se reflejan en los datos objeto de estudio.

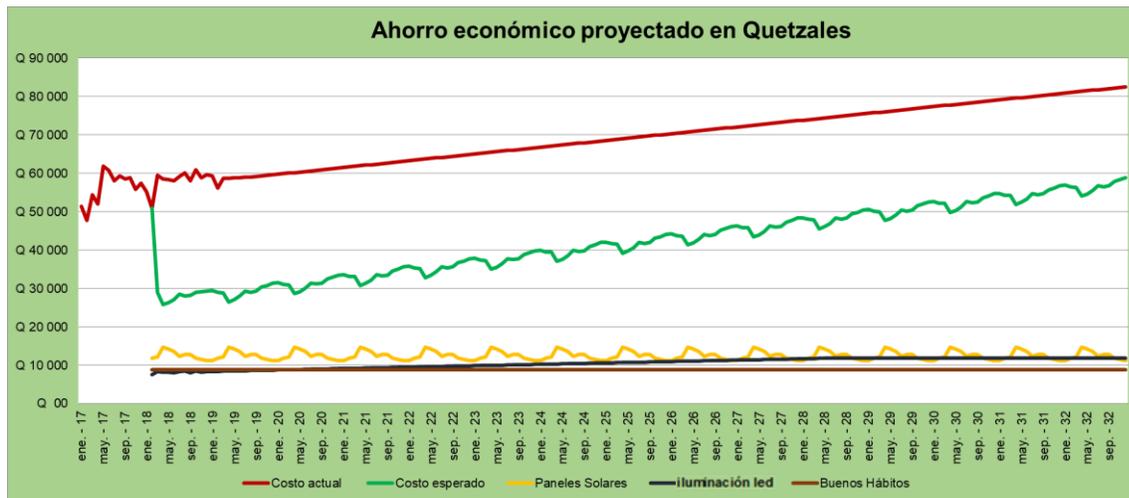
Para tener una perspectiva visual de los datos analizados con anterioridad y de los resultados esperados con las implementaciones propuestas. Se presentan las siguientes gráficas de proyección y comparación, de los ahorros tanto energéticos como económicos.

Figura 29. **Comparación de proyecciones entre consumo de energía eléctrica actual (corinto) y el consumo esperado (verde), implementando iluminación led (azul), paneles solares (amarillo) y practicando buenos hábitos de consumo (marrón)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Comparación de proyecciones entre el costo de energía eléctrica actual (corinto) y el costo esperado (verde), implementando iluminación led (azul), paneles solares (amarillo) y practicando buenos hábitos de consumo (marrón)**



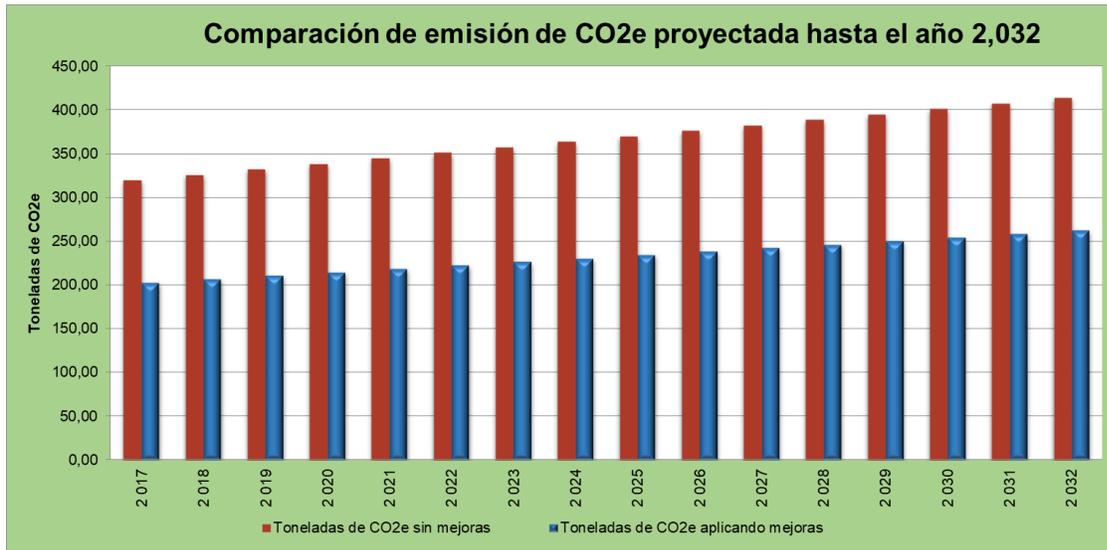
Fuente: elaboración propia.

13. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Existen ciertos gases que componen la atmósfera del planeta que retienen parte de la energía que se emite desde el suelo al haber sido calentado por la radiación solar, y estos a su vez, afectan a los demás cuerpos del planeta que contienen parte de la atmósfera. El efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debida a la actividad económica humana que depende de la industria que funciona con maquinaria y equipos de combustión.

El Hospital Nacional de Chimaltenango consume, un promedio actual de 576 793 Kwh de energía anualmente, y esto representa la generación de 322,42 toneladas de CO₂e en gases de efecto invernadero. Aplicando los métodos de reducción de consumo energético es posible impedir la generación de 118,33 toneladas de CO₂e, con lo cual se generarían 204,09 toneladas CO₂e de anualmente. Reduciendo consigo un 36,7 % la generación total de CO₂e de la institución de salud.

Figura 31. **Gráfica de comparación entre emisiones de gases de efecto invernadero para 2032**



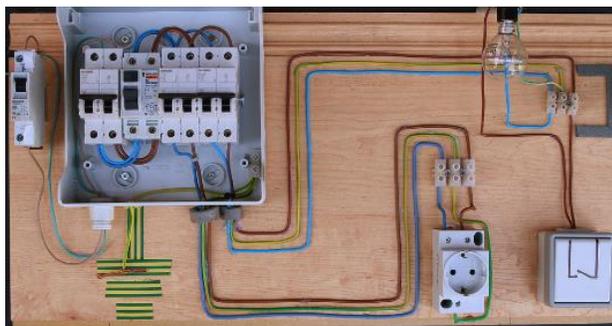
Fuente: elaboración propia.

14. REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL

14.1. Instalación eléctrica

Se denomina instalación eléctrica a los elementos que en conjunto permiten realizar el transporte y distribución de energía eléctrica, desde el punto de generación hasta los equipos que dependen de la misma. Entre los elementos se pueden mencionar: interruptores, transformadores, tableros, dispositivos, sensores, bancos de capacitares, equipos de control local o remoto, cables, contactos y soportes. Normalmente las instalaciones se realizan de forma que no sean visibles los conductores tal es el caso de las paredes, techos, pisos, dejando a la vista únicamente los elementos que sirven como alimentadores, interruptores o luminarias. También es correcto indicar que una instalación es un circuito estructurado estratégicamente por elementos que realizan una función específica.

Figura 32. **Simplificado de una instalación eléctrica**



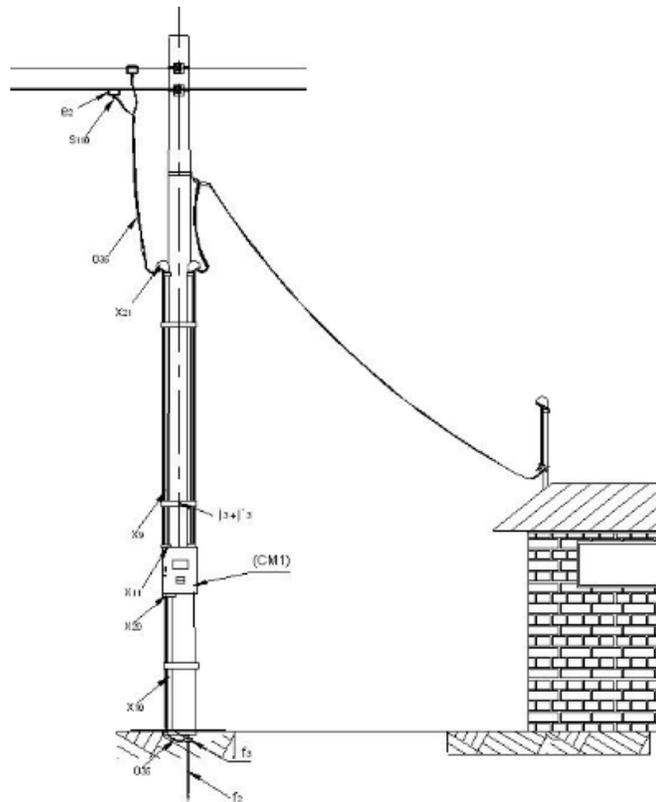
Fuente: Técnicos electricistas. *Circuitos*. www.tecniclaseselectricas.com. Consulta: junio 2018.

14.2. Componentes de una instalación eléctrica

A continuación, una descripción general de los elementos más utilizados en una instalación eléctrica, el fin primordial es que el lector pueda familiarizarse con la terminología y los conceptos de uso comercial, tanto de equipos como elementos que la conforman, ilustrando los elementos y sus características principales.

- Acometida: se denomina al punto en el cual se hace la conexión entre la red, que pertenece a la compañía distribuidora de electricidad, y la alimentación que abastece a los usuarios. También se denomina así a la línea aérea o subterránea según sea el caso que de un lado se encuentra conectada a la red eléctrica de alimentación y en el otro extremo tiene conectado un sistema de medición. Adicionalmente en las terminales de entrada de la cometida es común que se coloquen pararrayos para proteger la instalación y el equipo de alto voltaje.

Figura 33. Acometida



Fuente: Instalaciones eléctricas. *Instalaciones domiciliarias e industriales.*
www.instalacioneselectricas.com Consulta: junio 2018

- Equipos de medición: se denomina así al equipo que pertenece de la compañía distribuidora, que se coloca en la acometida con el propósito de registrar el consumo de energía eléctrica que está realizando el usuario de acuerdo con las condiciones estipuladas en el contrato de compra-venta. Este equipo normalmente permanece sellado y debe de ser resguardado contra los agentes externos, como las condiciones climáticas cambiantes, colocado en un lugar accesible y visible para su lectura y revisión.

Figura 34. Medidor



Fuente: elaboración propia.

- Interruptor: dispositivo que fue diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente.

Interruptor general. Se nombra interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.

Figura 35. **Interruptor principal**



Fuente: elaboración propia

Interruptor termomagnético: es uno de los interruptores con mayor demanda en el mercado eléctrico, y sirve para desconectar, proteger contra sobrecargas y cortos circuitos. Se fabrica en gran cantidad de tamaños por lo que su aplicación puede ser como interruptor general.

Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un cortocircuito.

Figura 36. Interruptor en derivación



Fuente: elaboración propia.

Transformador: elemento eléctrico compuesto por un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje transportado al voltaje requerido tanto en media como baja tensión. En las instalaciones industriales pueden necesitarse varios niveles de voltaje, lo que se logra instalando varios transformadores (agrupados en subestaciones). Por otra parte, pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo que tiene la acometida y, por lo tanto, no requieran de transformador.

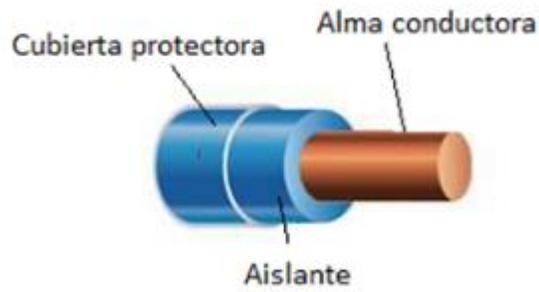
Figura 37. Transformador



Fuente: Instalaciones eléctricas. *Instalaciones domiciliarias e industriales.*
www.instalacioneselectricas.com Consulta: junio 2018

Conductor eléctrico: elemento que permite el paso de la corriente de una fuente de energía hacia los equipos que dependen de la energía eléctrica para funcionar. Normalmente fabricado de cobre, dadas las ventajas mecánicas y eléctricas que posee.

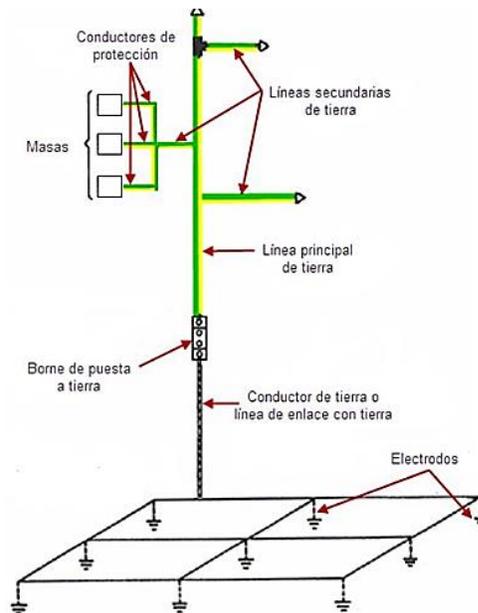
Figura 38. **Conductor eléctrico**



Fuente: Accesorios de instalaciones eléctricas www.instalacioneselectricas.com Consulta: junio 2018

Sistema de puesta a tierra: disminuye el riesgo de electrocución en caso de falla de aislamiento y permite la operación de los dispositivos de protección.

Figura 39. Puesta a tierra



Fuente: Instalaciones eléctricas. *Instalaciones domiciliarias e industriales.*

www.instalacioneselectricas.com Consulta: junio 2018

- Accesorios eléctricos: todas las instalaciones eléctricas interiores cuentan para su funcionamiento con interruptores para el control de luces, tomacorrientes para enchufar los equipos y electrodomésticos, lámparas o bombillas de iluminación, tubería plástica o metálica utilizada para proteger a los conductores. Todos estos en conjunto hacen posible que se tengan los beneficios de utilizar energía eléctrica en los diferentes equipos y elementos que son utilizados en la vida cotidiana, y que ahora son parte elemental del funcionamiento y desarrollo de la humanidad.

Figura 40. **Accesorios eléctricos**



Fuente: Instalaciones eléctricas. *Instalaciones domiciliarias e industriales*.
www.instalacioneselectricas.com Consulta: junio 2018

14.3. Cálculos de diseño

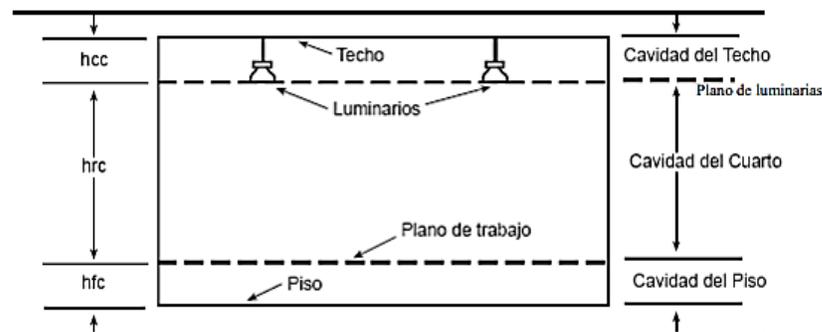
Para realizar los cálculos de diseño se tomarán en cuenta todos los equipos, elementos eléctricos de iluminación y alimentación que se encuentran instalados actualmente en el Hospital Nacional de Chimaltenango, y previendo las conexiones a futuro que pudiesen necesitar.

Es importante recalcar que después de verificar las instalaciones actuales, estas no cumplen con los requerimientos necesarios para que los equipos actuales funcionen de forma óptima. El transformador principal, instalado en 1981, presenta una configuración de estrella – estrella, la cual representa en sus salidas un voltaje de 208 por fase, cuando los equipos utilizados en el hospital son 110 V y 220 V, por lo cual los equipos que necesitan una alimentación de 220 V están siendo forzados a trabajar con un voltaje menor al necesario para funcionar de forma adecuada.

También deriva en que los equipos se dañan de forma constante, según reportes del departamento de mantenimiento de la institución. Por lo que es necesario hacer un cambio del transformador de potencia principal a uno que tenga la configuración estrella – delta, el cual entregue 220 V por fase.

Para el cálculo de las luminarias se utilizó el método de cavidad zonal, el cual consiste en determinar las medidas internas de los ambientes, además de encontrar un coeficiente de utilización (C_u) en el área o local en estudio el cual está conformado por 3 cavidades las cuales son: cavidad de techo, cavidad del local y cavidad del suelo.

Figura 41. **Ilustración del método cavidad zonal**



Fuente: Clases de iluminación. *Iluminación*. www.clasesiluminacion.files.wordpress.com.

Consulta: junio 2018.

Siendo:

- hcc = altura de cavidad de techo
- hrc = altura de cavidad del local o cuarto
- hfc = altura de cavidad de suelo

Tabla XLIV. **Formato de cálculo para el número de luminarias necesarias por ambiente**

Nombre del ambiente		Emergencia	
Ancho de ambiente (m)		Color techo (cielo falso)	
Largo de ambiente (m)		Color pared (blanco)	
Perímetro del ambiente (m)		Factor de utilización	
Semiperímetro (m)		Factor de mantenimiento	
Altura del ambiente (m)		Índice de localización	
Altura de montaje (m)			
Color de luz emitida por la luminaria (LÚMENES)		Necesidad de Iluminación (LUX)	
Tipo adecuado de Luminaria		Tipo de lámpara	
Condiciones de mantenimiento		Reflexión de superficie	
Número de luminarias		lamparas por luminaria	

Fuente: Clases de iluminación. *Iluminación*. www.clasesiluminacion.files.wordpress.com.

Consulta: junio 2018.

Como ejemplo de los cálculos realizados se toman tres ambientes del hospital, con los datos físicos, medidos en campo.

Tabla XLV. **Cálculo de luminarias necesarias para el área de emergencia**

Nombre del ambiente		Emergencia	
Ancho de ambiente (m)	7,25	Color techo (cielo falso)	0,75
Largo de ambiente (m)	16,3	Color pared (blanco)	0,75
Perímetro del ambiente (m)	47,1	Factor de utilización	0,61
Semiperímetro (m)	23,55	Factor de mantenimiento	0,7
Altura del ambiente (m)	4,5	Índice de localización	0,72
Altura de montaje (m)	3,5		
Color de luz emitida por la luminaria (LÚMENES)	2 100	Necesidad de Iluminación (LUX)	300
Tipo adecuado de Luminaria	4,55	Tipo de lampara	led
Condiciones de mantenimiento	Mínimas	Reflexión de superficie	0,75
Numero de luminarias	20	lamparas por luminaria	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Cálculo de luminarias necesarias para el área de vestidores**

Nombre del ambiente		Vestidores	
Ancho de ambiente (m)	4,5	Color techo (cielo falso)	0,75
Largo de ambiente (m)	5	Color pared (blanco)	0,75
Perímetro del ambiente (m)	19	Factor de utilización	0,61
Semiperímetro (m)	9,5	Factor de mantenimiento	0,7
Altura del ambiente (m)	4,5	Índice de localización	0,34
Altura de montaje (m)	3,5		
Color de luz emitida por la luminaria (LÚMENES)	2 100	Necesidad de Iluminación (LUX)	300
Tipo adecuado de Luminaria	4,55	Tipo de lampara	led
Condiciones de mantenimiento	Mínimas	Reflexión de superficie	0,75
Numero de luminarias	4	lamparas por luminaria	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Cálculo de luminarias necesarias para la clínica de abuso sexual**

Nombre del ambiente		Clínica de abuso sexual	
Ancho de ambiente (m)	4,5	Color techo (cielo falso)	0,75
Largo de ambiente (m)	5	Color pared (blanco)	0,75
Perímetro del ambiente (m)	19	Factor de utilización	0,61
Semiperímetro (m)	9,5	Factor de mantenimiento	0,7
Altura del ambiente (m)	4,5	Índice de localización	0,34
Altura de montaje (m)	3,5		
Color de luz emitida por la luminaria (LÚMENES)	2 100	Necesidad de Iluminación (LUX)	500
Tipo adecuado de Luminaria	4,55	Tipo de lampara	led
Condiciones de mantenimiento	Minimas	Reflexión de superficie	0,75
Numero de luminarias	8	lamparas por luminaria	2

Fuente: elaboración propia.

- Tableros de fuerza

Tabla XLVIII. **Tablero de fuerza T1F**

Tablero de fuerza 1 (T1F)							
Circuito		Unidades	Conductor	Potencia (W)	Voltaje	Corriente nominal	ITM (A)
1A	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1B	1	Cuarto frío 1	10 AWG	3 400	120	28,33	35 A tipo QP
1C	1	Cuarto frío 2	10 AWG	3 400	120	28,33	35 A tipo QP
1D	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1E	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1F	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1G	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1H	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1I	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1J	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1K	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1L	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
1M	2	Tomacorrientes 240 V	10 AWG	9 600	240	20,00	2x30 A tipo QP
1N	2	Tomacorrientes 240 V	10 AWG	9 600	240	20,00	2x30 A tipo QP
1Ñ	2	Tomacorrientes 240 V	10 AWG	9 600	240	20,00	2x30 A tipo QP
	6	Disponibles					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. Tablero de fuerza T2F

Tablero de fuerza 2 (T2F)							
Circuito		Unidades	Conductor	Potencia (W)	Voltaje	Corriente nominal	ITM (A)
2A	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2B	2	Tomacorriente 240 V	10 AWG	3 000	240	8,75	15 A tipo QP
2C	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2D	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2E	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2F	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
2G	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
2H	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2I	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2J	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2K	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2L	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2M	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2N	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
2Ñ	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
	6	Disponibles					

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Tablero de fuerza T3F**

Tablero de fuerza 3 (T3F)							
Circuito		Unidades	Conductor	Potencia	Voltaje	Corriente nominal	ITM (A)
3A	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3B	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3C	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3D	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3E	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3F	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3G	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3H	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3I	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3J	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	15 A tipo QP
3K	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	15 A tipo QP
3L	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	15 A tipo QP
3M	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
3N	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
3Ñ	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
3O	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
3P	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
3Q	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
3R	1	Aire acondicionado 240 V	12 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
3S	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
3T	10	tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
	3	Disponibles					

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. Tablero de fuerza T4F

Tablero de fuerza 4 (T4F)							
Circuito		Unidades	Conductor	Potencia (W)	Voltaje	Corriente nominal	ITM (A)
4A	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
4B	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
4C	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
4D	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
4E	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
4F	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
4G	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
4H	1	Tomacorriente 240 V	10 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
4I	1	Tomacorriente 240 V	10 AWG	4 500	240	13,13	2x20 A tipo QP
4J	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
4K	10	Tomacorrientes dobles	12 AWG	1 800	120	10,50	15 A tipo QP
	5	Disponibles					

Fuente: elaboración propia.

- Tableros de iluminación

Tabla LII. Tablero de iluminación T1

Tablero de iluminación 1 (T1I)						
Circuito	Unidades	Conductor	Potencia	Voltaje	Corriente nominal	ITM (A)
1A	15 (2X30 W)	12 AWG	900	120	7,50	10 A tipo QP
1B	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
1C	10 (2X30 W)	12 AWG	600	120	5,00	10 A tipo QP
1D	13 (2X30 W)	12 AWG	780	120	6,50	10 A tipo QP
1E	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
1F	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
1G	11 (2X30 W)	12 AWG	660	120	5,50	10 A tipo QP
1H	13 (2X30 W)	12 AWG	780	120	6,50	10 A tipo QP
1I	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
1J	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
1K	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
1L	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
1M	10 (2X30 W)	12 AWG	600	120	5,00	10 A tipo QP
1N	4 (2X30 W)	12 AWG	240	120	2,00	10 A tipo QP

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. Tablero de iluminación T2

Tablero de iluminación 2 (T2I)						
Circuito	Unidades	Conductor	Potencia	Voltaje	Corriente nominal	ITM (A)
2A	15 (2X30 W)	12 AWG	900	120	7,50	10 A tipo QP
2B	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
2C	10 (2X30 W)	12 AWG	600	120	5,00	10 A tipo QP
2D	13 (2X30 W)	12 AWG	780	120	6,50	10 A tipo QP
2E	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
2F	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
2G	11 (2X30 W)	12 AWG	660	120	5,50	10 A tipo QP
2H	13 (2X30 W)	12 AWG	780	120	6,50	10 A tipo QP
2I	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
2J	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
2K	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
2L	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
2M	10 (2X30 W)	12 AWG	600	120	5,00	10 A tipo QP
2N	4 (2X30 W)	12 AWG	240	120	2,00	10 A tipo QP

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. Tablero de iluminación T3

Tablero de iluminación 3 (T3I)						
Circuito	Unidades	Conductor	Potencia	Voltaje	Corriente nominal	ITM (A)
3A	11 (2X30 W)	12 AWG	660	120	5,50	10 A tipo QP
3B	7 (2X30 W)	12 AWG	420	120	3,50	10 A tipo QP
3C	10 (2X30 W)	12 AWG	600	120	5,00	10 A tipo QP
3D	11 (2X30 W)	12 AWG	660	120	5,50	10 A tipo QP
3E	8 (2X30 W)	12 AWG	480	120	4,00	10 A tipo QP
3F	11 (2X30 W)	12 AWG	660	120	5,50	10 A tipo QP
3G	10 (2X30 W)	12 AWG	600	120	5,00	10 A tipo QP
3H	7 (2X30 W)	12 AWG	420	120	3,50	10 A tipo QP
3I	10 (2X30 W)	12 AWG	600	120	5,00	10 A tipo QP
3J	11 (2X30 W)	12 AWG	660	120	5,50	10 A tipo QP
3K	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Tablero de iluminación T4**

Tablero de iluminación 4 (T4I)						
Circuito	Unidades	Conductor	Potencia	Voltaje	Corriente nominal	ITM (A)
4A	11 (2X30 W)	12 AWG	660	120	5,50	10 A tipo QP
4B	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
4C	8 (2X30 W)	12 AWG	480	120	4,00	10 A tipo QP
4D	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
4E	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
4F	8 (2X30 W)	12 AWG	480	120	4,00	10 A tipo QP
4G	8 (2X30 W)	12 AWG	480	120	4,00	10 A tipo QP
4H	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
4I	6 (2X30 W)	12 AWG	360	120	3,00	10 A tipo QP
4J	8 (2X30 W)	12 AWG	480	120	4,00	10 A tipo QP
4K	7 (2X30 W)	12 AWG	420	120	3,50	10 A tipo QP
4L	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
4M	11 (2X30 W)	12 AWG	660	120	5,50	10 A tipo QP
4N	11 (2X30 W)	12 AWG	660	120	5,50	10 A tipo QP
4O	7 (2X30 W)	12 AWG	420	120	3,50	10 A tipo QP
4P	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
4Q	7 (2X30 W)	12 AWG	420	120	3,50	10 A tipo QP
4R	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
4S	12 (2X30 W)	12 AWG	720	120	6,00	10 A tipo QP
4T	8 (2X30 W)	12 AWG	480	120	4,00	10 A tipo QP

Fuente: elaboración propia.

14.4. Presupuesto del diseño

Para ejecutar el diseño propuesto es necesario saber el impacto económico necesario para ejecutarlo. Tomando en cuenta la adquisición de materiales en moneda local y los precios promedio que manejan las diferentes distribuidoras de material eléctrico en Guatemala. A continuación, los circuitos desglosados con materiales y costos.

Tabla LVI. Presupuesto para el tablero de fuerza 1

Tablero de fuerza 1			
Unidades	Descripción	Precio U	Total
102	Tomacorrientes dobles, 120 V hasta 50 Amp	18,42	1 878,84
108	Cajas cuadras simples	6,07	655,56
350	Conductor AWG color verde # 12 THHN	2,44	854,00
350	Conductor AWG color rojo # 12 THHN	2,44	854,00
350	Conductor AWG color negro # 12 THHN	2,44	854,00
6	Tomacorrientes 240 V hasta 50 Amperios	21,29	127,74
10	Interruptores termo magnéticos de 15 A	25,77	257,70
100	Conductor AWG color verde # 10 THHN	3,81	381,00
100	Conductor AWG color rojo # 10 THHN	3,81	381,00
100	Conductor AWG color negro # 10 THHN	3,81	381,00
2	Interruptores termo magnéticos de 35 A	31,00	62,00
3	Interruptores termo magnéticos de 2x30 A	71,15	213,45
1	Tablero de centro de carga, 24 polos, 120 / 240 V con barras de 150 A, 60 Hz, con interruptor principal de 150 A.	693,86	693,86
Gran total			Q 7 594,15

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. Presupuesto para el tablero de fuerza 2

Tablero de fuerza 2			
Unidades	Descripción	Precio U	Total
120	Tomacorrientes dobles, 120 V hasta 50 Amp	18,42	2 210,40
120	Cajas cuadras simples	6,07	728,40
495	Conductor AWG color verde # 12 THHN	2,44	1 207,80
495	Conductor AWG color rojo # 12 THHN	2,44	1 207,80
495	Conductor AWG color negro # 12 THHN	2,44	1 207,80
3	Tomacorrientes 240 V hasta 50 Amperios	21,29	63,87
13	Interruptores termo magnéticos de 15 A	25,77	335,01
100	Conductor AWG color verde # 10 THHN	3,81	381,00
100	Conductor AWG color rojo # 10 THHN	3,81	381,00
100	Conductor AWG color negro # 10 THHN	3,81	381,00
2	Interruptores termo magnéticos de 2x20 A	31,00	62,00
1	Tablero de centro de carga, 24 polos, 120 / 240 V con barras de 150 A, 60 Hz, con interruptor principal de 150 A.	693,86	693,86
Gran total			Q 8 859,94

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **Presupuesto para el tablero de fuerza 3**

Tablero de fuerza 3			
Unidades	Descripción	Precio U	Total
110	Tomacorrientes dobles, 120 V hasta 50 Amp	18,42	2 026,20
110	Cajas cuadras simples	6,07	667,70
405	Conductor AWG color verde # 12 THHN	2,44	988,20
405	Conductor AWG color rojo # 12 THHN	2,44	988,20
405	Conductor AWG color negro # 12 THHN	2,44	988,20
10	Tomacorrientes 240 V hasta 50 Amperios	21,29	212,90
14	Interruptores termo magnéticos de 15 A	25,77	360,78
7	Interruptores termo magnéticos de 2x20 A	31,00	217,00
1	Tablero de centro de carga, 24 polos, 120 / 240 V con barras de 150 A, 60 Hz, con interruptor principal de 150 A.	693,86	693,86
Gran total			Q 7 143,04

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. **Presupuesto para el tablero de fuerza 4**

Tablero de fuerza 4			
Unidades	Descripción	Precio U	Total
90	Tomacorrientes dobles, 120 V hasta 50 Amp	18,42	1 657,80
90	Cajas cuadras simples	6,07	546,30
640	Conductor AWG color verde # 12 THHN	2,44	1 561,60
640	Conductor AWG color rojo # 12 THHN	2,44	1 561,60
640	Conductor AWG color negro # 12 THHN	2,44	1 561,60
2	Tomacorrientes 240 V hasta 50 Amperios	21,29	42,58
9	Interruptores termo magnéticos de 15 A	25,77	231,93
180	Conductor AWG color verde # 10 THHN	3,81	685,80
180	Conductor AWG color rojo # 10 THHN	3,81	685,80
180	Conductor AWG color negro # 10 THHN	3,81	685,80
2	Interruptores termo magnéticos de 2x20 A	31,00	62,00
1	Tablero de centro de carga, 24 polos, 120 / 240 V con barras de 150 A, 60 Hz, con interruptor principal de 150 A.	693,86	693,86
Gran total			Q 9 976,67

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. **Presupuesto para el tablero de iluminación 1**

Tablero de iluminación 1			
Unidades	Descripción	Precio U	Total
160	Iluminarias 2x30 W, fluorescentes	256,00	40 960,00
160	Cajas octogonales	2,22	355,20
500	Conductor AWG color verde # 12 THHN	2,44	1 220,00
500	Conductor AWG color rojo # 12 THHN	2,44	1 220,00
80	<i>Switch</i> o apagador normal 120 V	17,85	1 428,00
22	<i>Switch</i> o apagador doble 120 V	27,83	612,26
8	<i>Switch</i> o apagador triple 120 V	33,10	264,80
80	Cajas cuadradas	6,07	485,60
14	Interruptores termo magnéticos de 10 A	25,77	360,78
1	Tablero de centro de carga, 18 polos, 120 / 240 V con barras de 100 A, 60 Hz, con interruptor principal de 100 A.	693,86	693,86
Gran total			Q 47 600,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Presupuesto para el tablero de iluminación 2**

Tablero de iluminación 2			
Unidades	Descripción	Precio U	Total
160	Iluminarias 2x30 W, fluorescentes	256,00	40 960,00
160	Cajas octogonales	2,22	355,20
500	Conductor AWG color verde # 12 THHN	2,44	1 220,00
500	Conductor AWG color rojo # 12 THHN	2,44	1 220,00
78	<i>Switch</i> o apagador normal 120 V	17,85	1 392,30
16	<i>Switch</i> o apagador doble 120 V	27,83	445,28
8	<i>Switch</i> o apagador triple 120 V	33,10	264,80
80	Cajas cuadradas	6,07	485,60
14	Interruptores termo magnéticos de 10 A	25,77	360,78
1	Tablero de centro de carga, 18 polos, 120 / 240 V con barras de 100 A, 60 Hz, con interruptor principal de 100 A.	693,86	693,86
Gran total			Q 47 397,82

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. Presupuesto para el tablero de iluminación 3

Tablero de iluminación 3			
Unidades	Descripción	Precio U	Total
108	Iluminarias 2x30 W, fluorescentes	256,00	27 648,00
108	Cajas octogonales	2,22	239,76
500	Conductor AWG color verde # 12 THHN	2,44	1 220,00
500	Conductor AWG color rojo # 12 THHN	2,44	1 220,00
68	Switch o apagador normal 120 V	17,85	1 213,80
14	Switch o apagador doble 120 V	27,83	389,62
4	Switch o apagador triple 120 V	33,10	132,40
	Cajas cuadradas	6,07	0,00
14	Interruptores termo magnéticos de 10 A	25,77	360,78
1	Tablero de centro de carga, 18 polos, 120 / 240 V con barras de 100 A, 60 Hz, con interruptor principal de 100 A.	693,86	693,86
	Gran total		Q 33 118,22

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. Presupuesto para el tablero de iluminación 4

Tablero de iluminación 4			
Unidades	Descripción	Precio U	Total
196	Iluminarias 2x30 W, fluorescentes	256,00	50 176,00
196	Cajas octogonales	2,22	435,12
500	Conductor AWG color verde # 12 THHN	2,44	1 220,00
500	Conductor AWG color rojo # 12 THHN	2,44	1 220,00
68	Switch o apagador normal 120 V	17,85	1 213,80
14	Switch o apagador doble 120 V	27,83	389,62
4	Switch o apagador triple 120 V	33,10	132,40
80	Cajas cuadradas	6,07	485,60
20	Interruptores termo magnéticos de 10 A	25,77	515,40
1	Tablero de centro de carga, 18 polos, 120 / 240 V con barras de 100 A, 60 Hz, con interruptor principal de 100 A.	693,86	693,86
	Gran total		Q 56 481,80

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. **Resumen del presupuesto total**

Elemento en conjunto	Precio en Q.
Tablero de fuerza 1	7 594,15
Tablero de fuerza 2	8 859,94
Tablero de fuerza 3	7 143,04
Tablero de fuerza 4	9 976,67
Tablero de iluminación 1	47 600,50
Tablero de iluminación 2	47 392,82
Tablero de iluminación 3	33 118,22
Tablero de iluminación 4	56 481,80
Gran total	Q 218 167,14

Fuente: elaboración propia.

14.5. Planos finales del diseño

El rediseño de las instalaciones eléctricas del Hospital Nacional de Chimaltenango se ve reflejado en los planos que se muestran en el apéndice 5.

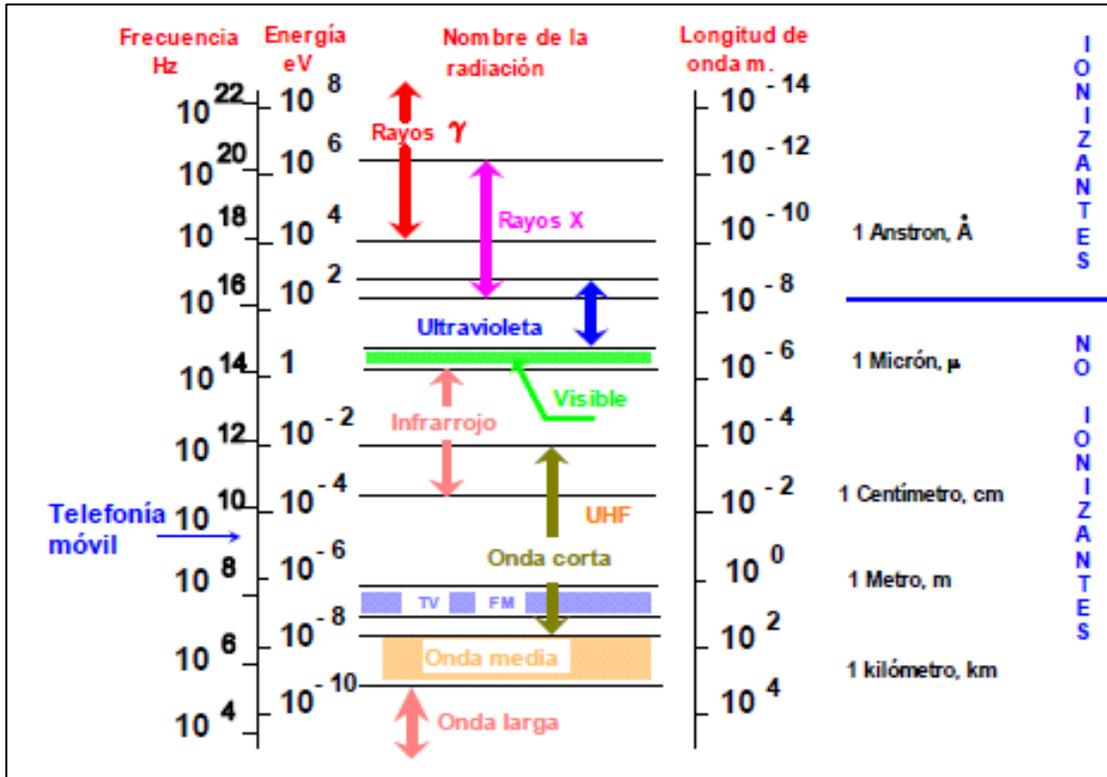
15. SISTEMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICAS

15.1. ¿Qué es la radiación?

La radiación puede definirse como la propagación, a través del espacio, de energía ondulatoria o partículas; es un flujo o corriente de partículas microscópicas. Su naturaleza y energía son diversas. La humanidad vive inmersa en todo lugar, en campos de radiaciones, aunque los sentidos son incapaces de detectarlos. Además, no es consciente de su presencia, salvo de la radiación de la luz.

Considerando que, si mira televisión o la computadora, se oye la radio y comunicación por teléfono o internet, es posible debido a la presencia de las radiaciones electromagnéticas emitidas por las antenas que llegan hasta los receptores idóneos para la señal. Incluso dentro de los hogares hay fuentes de ondas electromagnéticas (microondas, lámparas luminosas, wifi, entre otras) y lo más común en la actualidad es mantener cerca una terminal móvil (celular).

Figura 42. Gráfica del espectro de la radiación



Fuente: Universidad de Granada. *Introducción a las radiaciones*. www.ugr.es. Consulta: junio 2018.

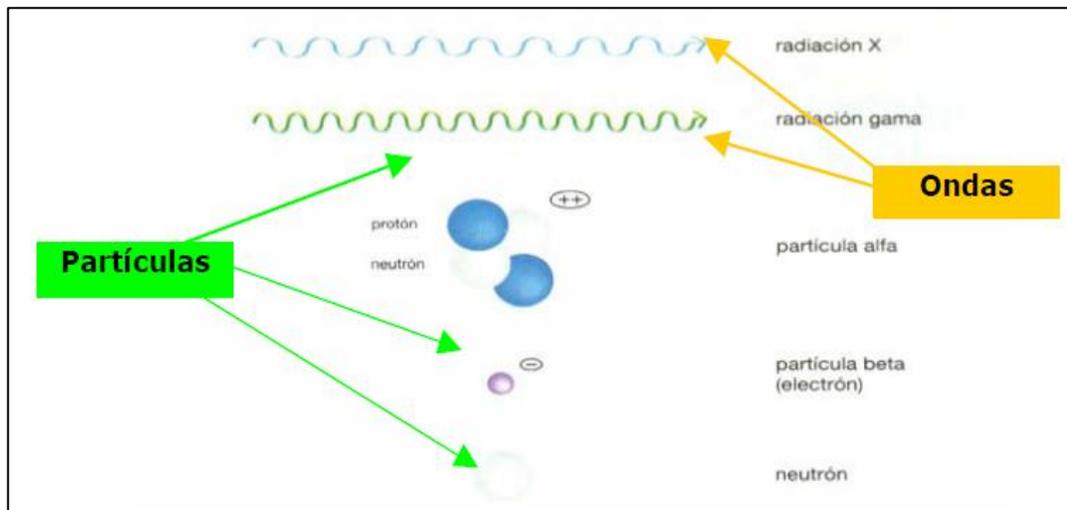
15.2. Elementos que conforman la radiación

La radiación está conformada de partículas u ondas, de modo que se puede decir que la radiación es la emisión y propagación de energía, a través del vacío o de un medio material, en forma de onda electromagnética (Rx, Ry.), o bien en forma de partícula (α , n, p).

Las radiaciones tienen una doble naturaleza, ondulatoria y corpuscular simultáneamente (dualidad onda-partícula), de tal forma que:

- Radiaciones electromagnéticas: no poseen ninguna masa, solo energía. Por ejemplo, Rx.
- Radiaciones corpusculares: son formas de energía que se propagan asociadas a masa, por ejemplo: e-

Figura 43. **Gráfica de los tipos de radiaciones**



Fuente: Universidad de Aragon. *Protección radiológica para trabajadores de hospital.*
www.aragon.es. Consulta: junio 2018.

15.3. Fuentes de radiación

Existen dos fuentes de radiación a la cuales todos están expuestos. En promedio, los seres vivos del planeta están expuestos a una dosis anual de radiación compuesta por un 86 % de radiación natural y un 14 % de radiación artificial.

15.3.1. Fuentes naturales

El planeta tierra está constantemente recibiendo partículas provenientes del espacio exterior, las cuales son nombradas rayos cósmicos y consisten principalmente en protones, núcleos pesados, partículas alfa y beta y radiación gamma. La atmósfera funciona como filtro y disminuye en gran cantidad la radiación que ingresa a la tierra, pero no logra hacerlo en su totalidad.

Es necesario indicar que la tierra y los elementos que se encuentran en la naturaleza misma emiten radiación, debido a que una parte de su integración contiene elementos radioactivos, por ejemplo: uranio 238, torio 232, potasio 40, radón 222 y rubidio 87. La cantidad de radiación que emanan de estas fuentes naturales varía sustancialmente según la geografía en la que se encuentran.

La mayor parte de la radiación que se recibe proviene de los pisos y paredes de las habitaciones, ya que los materiales utilizados para la construcción se obtienen a partir de elementos naturales que contienen radionúclidos.

También es importante mencionar que los alimentos que se consumen, el aire que se respira y el agua que se bebe tienen en su composición una pequeña porción de elementos radioactivos. Sin olvidar que el propio organismo contiene potasio, parte del cual es también radioactivo.

Según estudios realizados, las fuentes naturales y los porcentajes en que se presentan en el planeta tierra son los siguientes:

Tabla LXV. **Porcentaje de la radiación por año de las fuentes naturales**

Fuentes naturales	Porcentaje de la radiación anual
Radiación cósmica	14 %
Radiación terrestre	18 %
Radiación interna	11 %
Radón	43 %
Total	86 %

Fuente: elaboración propia.

15.3.2. Fuentes artificiales

La radiación artificial es aquella producida por el hombre en diversas actividades: medicina, industria, minería, pruebas de armas nucleares, generación de energía y accidentes nucleares, entre otras. Es importante destacar que los usos relacionados con la medicina, ampliamente beneficiosos, son los que constituyen casi la totalidad de la radiación artificial.

El siguiente diagrama contiene los valores en porcentajes de la radiación natural y la artificial.

Tabla LXVI. **Porcentaje de la radiación por año de las fuentes artificiales**

Fuentes artificiales	Porcentaje de la radiación anual
Médicas	14 %
Ensayos nucleares	0,2 %
Chernobyl	0,07 %
Centrales nucleares	0,01 %
Total	~14 %

Fuente: elaboración propia.

15.4. Diseño de los sistemas de protección

Para instalar sistemas de protección radiológica es necesario resaltar que todos los equipos que produzcan emisión deben apegarse a los siguientes requerimientos obligatorios.

Establecer un programa específico de protección radiológica.

Idealmente un servicio o unidad técnica calificada de protección radiológica, deberá emitir un certificado con los resultados obtenidos después de la evaluación que se debe hacer anualmente como mínimo, y siempre que se modifiquen las condiciones cotidianas de trabajo o se detecte alguna irregularidad que esté afectando a la protección radiológica existente, la vigilancia en los niveles de radiaciones vital para evitar inconvenientes de salud en los puestos de trabajo y en las áreas adyacentes.

El programa de protección radiológica debe contemplar:

- Medidas de prevención
 - Evaluación del riesgo radiológico de las condiciones de trabajo
 - Clasificación específica y señalización de zonas de trabajo
 - Formación del personal inicial y constante
 - Clasificación de los trabajadores expuestos a mayor radiación
 - Establecimiento de normas y procedimientos de trabajo

- Medidas de control
 - Control de calidad del equipamiento
 - Control del tiempo de funcionamiento
 - Control mediante la distancia a la fuente
 - Utilización de blindajes fijos o móviles
 - Utilización de equipos de protección personal

- Medidas de vigilancia
 - Vigilancia radiológica de las zonas de trabajo
 - Vigilancia dosimétrica de los trabajadores expuestos
 - Vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos

- Medidas administrativas

Registro y archivo de los resultados de la vigilancia dosimétrica de los trabajadores, de la instalación, de las actividades de la formación inicial y periódica, y establecimiento de un protocolo de actuación ante la eventual superación de los límites de dosis reglamentarios.

16. PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

En Guatemala la entidad encargada de la regulación y verificación de emisiones radiológicas es el Ministerio de Energía y Minas (MEM), el cual establece una serie de normas y características que se deben cumplir a la hora de trabajar con equipos relacionado con las mismas. Así mismo, en el curso de seguridad y protección radiológica, se establecen los requerimientos mínimos para optar a una licencia de operación, las cuales solo puede ser autorizadas a los titulares de las licencias, asociaciones o colegios profesionales autorizados por la Dirección General de Energía del MEM, mediante el encargado de protección radiológica (EPR), quien debe elaborar, supervisar y participar en los programas de entrenamiento inicial y anual de los trabajadores.

16.1. Justificación, optimización y limitación de dosis

- Justificación

Todas las actividades que puedan presentar un incremento a la exposición a radiaciones ionizantes deberán producir los beneficios suficientes para los individuos que sean expuestos o a la sociedad como para compensar los perjuicios que puedan causarse debido a la exposición de radiación adquirida por fuentes naturales o artificiales.

- Optimización

Para realizar una práctica, las dosis impartidas deberán ser tan bajas como sea razonablemente posible, atendiendo a la necesidad del paciente, dicha práctica es conocida como: ALARA: *As Low As Reasonably Achievable*.

Figura 44. Principios fundamentales de la protección radiológica



Fuente: Hospital Universitario Regional de Málaga. *Servicio de radiofísica y protección radiológica*. www.hospitalregionaldemalaga.es/radio. Consulta: junio 2018.

- Limitación

Esta se dará en toda práctica y deberá establecerse límites de dosis de forma que el riesgo derivado se mantenga dentro de niveles aceptables para el trabajador, paciente o la sociedad.

- Las pruebas radiológicas más frecuentes en la actualidad se realizan en las de extremidades y tórax. Estas producen dosis bajas de radiación.
- Las exploraciones de TC (tomografía computarizada) y las pruebas con bario, que producen dosis altas, son las que contribuyen principalmente a la dosis colectiva de la población.
- Los análisis médicos actuales tienden a solicitar cada día más pruebas.
- Las pruebas diagnósticas de medicina nuclear actualmente se sitúan entre ambos niveles.

En la protección del paciente interviene toda una cadena

- Médico prescriptor
- Médico especialista
- Técnico especialista
- Servicios de protección radiológica
- Paciente
- Familiares

16.2. Justificación de las exploraciones médicas

Los avances tecnológicos han sido de gran aporte en los temas de salud, los cuales requieren optimizar las técnicas, proporcionando la menor dosis compatible con el diagnóstico o resultado terapéutico. Además, los estudios realizados indican que se:

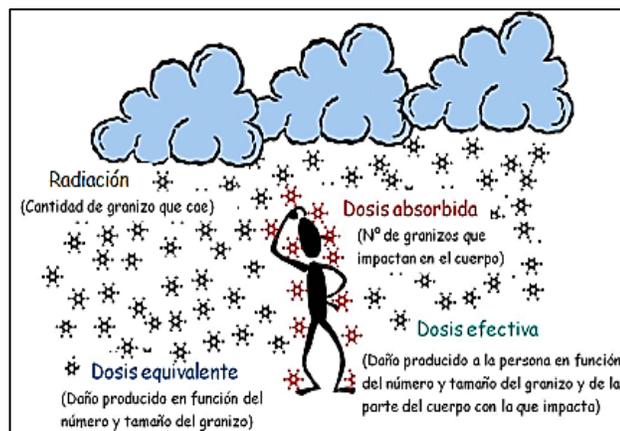
- Requiere reforzar la formación tanto de personal especializado como de personas expuestas en cualquier ámbito laboral en el tema de la protección radiológica de todos los implicados.
- Requiere mejorar comunicación verbal y visual, entre los prescriptores y los especialistas de imagen, y el establecimiento de protocolos de actuación laboral conjuntos.
- Requiere adaptar las guías de indicaciones del uso de los equipos que emitan radiación nociva para los usuarios.

17. RIESGOS ASOCIADOS A LA RADIACIÓN

Constantemente los seres humanos están sumergidos en un espacio lleno de emisiones, de las cuales, muchas de ellas son imperceptibles a la vista u oído, sin embargo, el cuerpo es capaz de percibirlo, aunque no lance una señal de alerta ante tales emisiones. El cuerpo refleja de formas diferentes los síntomas de la acumulación de exposición a la radiación, tal es el caso de las alergias o manchas en la piel.

La cuales se manifiestan ante la acumulación de la radiación en puntos específicos del cuerpo, como ejemplo las manchas que surgen entre las mejillas y los oídos, debido a la utilización constante del teléfono celular, el cual emite constantemente radiación. Para comprender cómo actúa la radiación en los seres humanos, a continuación, una representación gráfica.

Figura 45. Radiación y dosis relacionadas



Fuente: Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. *Sistema de protección radiológica*. www.comunidad.madrid. Consulta: junio 2018.

Para detectar la presencia de radiaciones y medir su cantidad, se utilizan unos instrumentos específicos llamados detectores o dosímetros. La magnitud que define la cantidad de radiación recibida se llama dosis absorbida y su unidad es el gray (Gy).

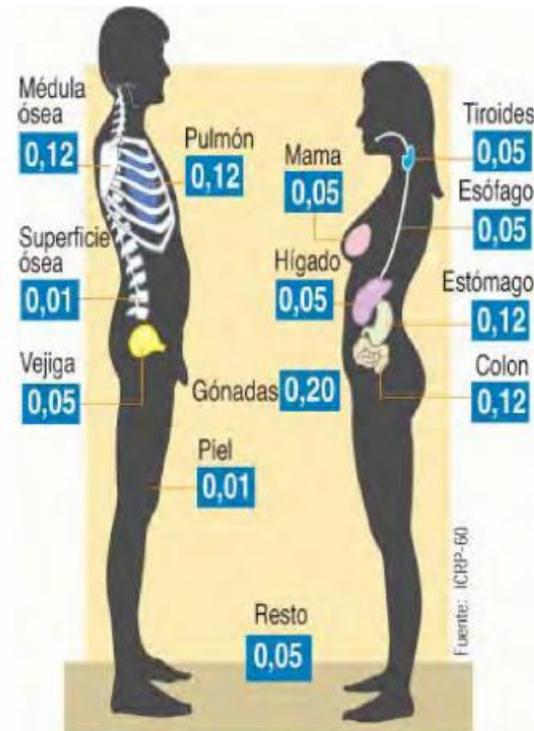
Dependiendo del tipo de radiación, una misma dosis absorbida puede dar lugar a diferentes efectos biológicos en los seres vivos, por lo cual se define otra magnitud llamada dosis equivalente, cuya unidad es el sievert (Sv).

Figura 46. **Magnitudes para evaluar riesgos**

Dosis absorbida	Energía depositada por unidad de masa	Gray (Gy) (J/Kg)
Dosis equivalente	Dosis absorbida multiplicada por un factor de ponderación que tiene en cuenta el tipo de radiación ionizante que produce la exposición	Sievert (Sv) (J/Kg)
Dosis efectiva	Sumatorio de dosis equivalente (en cada órgano/tejido) multiplicado por un factor de ponderación que tiene en cuenta la sensibilidad de órganos y tejidos a la radiación ionizante	Sievert (Sv) (J/Kg)

Fuente: Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. *Sistema de protección radiológica*. www.comunidad.madrid. Consulta: junio 2018.

Figura 47. **Porcentajes identificados en el cuerpo**



Fuente: Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. *Sistema de protección radiológica*. www.comunidad.madrid. Consulta: junio 2018.

Figura 48. **Ecuación para el cálculo de dosis**

$$E = \sum_T w_T \cdot H = \sum_T w_T \sum_R w_R \cdot D_{R,T}$$

Fuente: Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. *Sistema de protección radiológica*. www.comunidad.madrid. Consulta: junio 2018.

17.1. Relación dosis-efectos deterministas

Para esta relación es posible identificar lo evidenciado en la siguiente tabla:

Tabla LXVII. Efectos deterministas: dosis umbral

ORGÁNO/ TEJIDO	EFECTO	Exposiciones únicas	Exposiciones prolongadas
		Dosis equivalente (Sv)	(Sv/año)
Gónadas masculinas	Esterilidad temporal	3.5 a 6 (2)	0.40
	Esterilidad permanente	De 6 a 10	2.00
Gónadas femeninas	Esterilidad permanente	De 2.50 a 6.00	0.20
Cristalino	Opacidad	De 2.00 a 10.00	0.15
Médula ósea	Degradación significativa del proceso de <u>generación sanguínea</u>	0.50	0.40
	Muerte del 50% de la población en 60 días (síndrome médula ósea)	De 3.00 a 5.00 (*)	

Fuente: Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. *Sistema de protección radiológica*. www.comunidad.madrid. Consulta: junio 2018.

17.2. Relación dosis-efectos estocásticos

Los efectos estocásticos (denominados también probabilísticos). Son efectos que pueden aparecer, pero no siempre lo hacen. La mejor interpretación en estos casos es que existe una cierta probabilidad de que estos efectos aparezcan. Los ejemplos más conocidos son el desarrollo de cáncer y las mutaciones genéticas.

- Coeficiente nominal de riesgo (cnr)

Estimación de riesgo durante toda la vida para una población representativa, promediado por sexo y por edad en el momento de la exposición.

Es el número de casos que se producen:

- De un efecto determinado
- Para una determinada dosis
- Para un número determinado de habitantes

$1,6 \times 10^{-3}$ pSv-1 (16 por 10 000 habitantes por Sv) es el CNR de cáncer de esófago:

Si se irradian a 10 000 personas con 1 Sv cada uno, se tiene un exceso de 16 casos de cáncer de esófago.

Tabla LXVIII. **Circunstancias a la exposición y sus consecuencias**

Circunstancias de la exposición	Consecuencias para la salud	Fuente de información
	Efectos agudos	
Dosis y tasa de dosis alta: a la mayor parte del cuerpo a un área de la piel a testículos y ovarios	Muerte Eritema Esterilidad	Datos de varias fuentes
	Efectos tardíos	
Cualquier dosis o tasa de dosis. El riesgo depende de las dosis. Aparece años más tarde	Diversos tipos de cáncer	Factores para seres humanos estimados por extrapolación de datos para dosis y tasas de altas

Continuación de la tabla XLVII.

Cualquier dosis o tasa de dosis. El riesgo depende de las dosis. Aparece en la descendencia	Defectos hereditarios	Los factores de riesgo de defectos hereditarios para seres humanos inferidos de los datos en animales en ausencia de evidencia humana
Dosis alta a cualquier tasa Tiempos variables para que aparezca	Daño funcional	Datos de varias fuentes
Dosis en el útero Aparece en el niño	Retraso mental	Datos limitados

Fuente: International Atomic Energy Agency. *Radiation, People and the Environment*, T.E.A. 2004. www.iaea.org. Consulta: junio 2018.

Coeficiente nominal de probabilidad de cáncer mortal (en Sv-1 por cada 10 000 habitantes) por irradiación de distintos órganos:

Tabla LXIX. **Relación dosis - efectos estocásticos**

Tejido	Coeficiente nominal por 10 000 hab. por Sv
Esófago	16
Estómago	60
Colon	50
Hígado	21
Pulmón	127
Hueso	5
Piel	670
Mama	49
Ovario	7
Vejiga	42
Tiroides	9
Medula ósea	23

Fuente: International Atomic Energy Agency. *Radiation, People and the Environment*, T.E.A. 2004. www.iaea.org. Consulta: junio 2018.

18. EQUIPOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICOS EN HOSPITALES

18.1. Antecedentes

A partir de su introducción al mundo de la ciencia médica en 1895, los equipos han tomado un fuerte e importante auge para diagnosticar y darle seguimiento a las enfermedades y fracturas internas del cuerpo humano que no son perceptibles a simple vista. No obstante, con su evolución también se han logrado identificar daños colaterales ante la exposición constante de los diferentes tipos de radiación que estos equipos inventados para beneficio de la salud, también pueden ser perjudiciales a largo plazo. Por consiguiente, es necesario tomar en cuenta varias recomendaciones ante el uso y exposición de los equipos que mencionaremos en este capítulo.

Actualmente, en la mayoría de hospitales se está utilizando equipos de rayos X y de fuentes radiactivas para diagnosticar y tratar una diversidad de enfermedades. Los trabajadores en los hospitales que prestan el servicio en radiología, medicina nuclear, oncología radioterápica o en algunos laboratorios, deben poseer una preparación específica en la utilización de los equipos de radiación o en la manipulación de fuentes radiactivas. A los cuales se les denomina “trabajadores expuestos”.

Sin embargo, siempre habrá trabajadores del hospital que se encuentran cerca de las fuentes de radiación y pueden verse expuestos a las radiaciones en el desempeño de sus labores (enfermeras, técnicos de mantenimiento, seguridad, administrativos, visitantes, entre otros). También el personal de

quirófano y reanimación pueden entrar en contacto con pacientes que se han expuesto a la radiación.

Las precauciones por tomar para minimizar la exposición a la radiación.

Es necesario tener medidas de protección radiológica para protegerse de la radiación producida por los equipos emisores de rayos X y rayos gamma, así como frente a la radiación y contaminación originada por las sustancias radiactivas utilizadas tanto en la industria como en la medicina.

Los métodos más efectivos que se practican en la actualidad para proteger de la radiación son:

- Minimizar el tiempo
- Maximizar la distancia
- Maximizar el blindaje

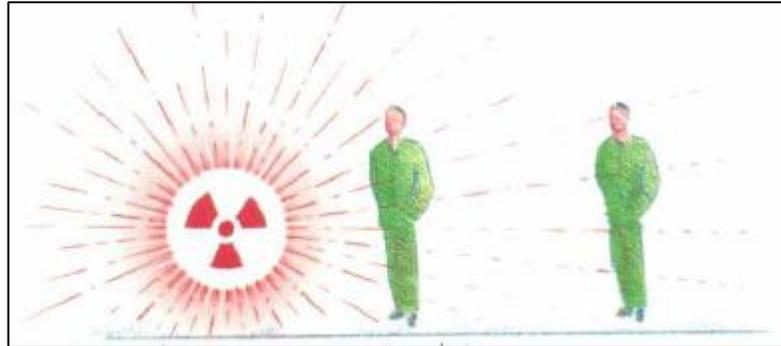
Figura 49. **La dosis de radiación siempre es proporcional al tiempo de exposición**



Fuente: Consejo de seguridad nuclear. *Principios básicos de protección radiológica.*

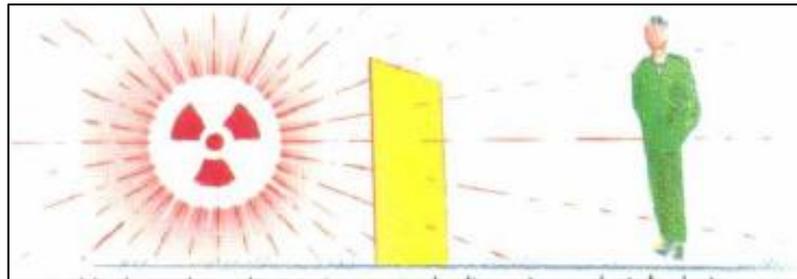
www.csn.es Consulta: junio 2018.

Figura 50. **A mayor distancia de la fuente de emisión, menor dosis de radiación**



Fuente: Consejo de seguridad nuclear. *Principios básicos de protección radiológica*.
www.csn.es Consulta: junio 2018.

Figura 51. **Con el blindaje correcto la dosis disminuye en gran parte**



Fuente: Consejo de seguridad nuclear. *Principios básicos de protección radiológica*.
www.csn.es Consulta: junio 2018.

18.2. Tipos de equipos de protección radiológica

Para proteger a los operadores y pacientes de las diferentes radiaciones emitidas por los equipos actuales se utiliza el denominado blindaje, construido con material capaz de absorber la radiación. Cuanto más grueso sea, menos emisión de radiación pasará al otro lado. Algunos materiales son más eficientes

que otros. El plomo y el hormigón son utilizados para atenuar los rayos X y la radiación gamma. Las salas de rayos X normalmente deben estar forradas de plomo o construidas con ladrillos de material absorbente (como la barita), para proteger a los operadores cuando se permanece en el interior durante la exploración radiológica, lo ideal es usar delantales, protectores tiroideos y guantes plomados. En la medicina nuclear que se práctica actualmente pueden utilizarse ladrillos de plomo, protectores plomados para viales y jeringas.

Figura 52. **Blindaje con plomo para sala de rayos X**



Fuente: Universidad de Aragon. *Protección radiológica para trabajadores de hospital.*
www.aragon.es. Consulta: junio 2018.

Figura 53. **Blindaje para jeringas**



Fuente: Universidad de Aragon. *Protección radiológica para trabajadores de hospital.*
www.aragon.es. Consulta: junio 2018.

18.3. Equipo existente en los hospitales de Guatemala

El país cuenta con diversos equipos médicos que sirven para diagnosticar y darles seguimiento a los pacientes que cuentan con diferentes quebrantos de salud. Actualmente, es posible contar con los beneficios de los siguientes equipos:

- **Rayos X:** se encuentran fundamentalmente en los servicios de radiodiagnóstico, aunque para el caso de los hospitales nacionales de Guatemala se encuentran a disposición las 24 horas del día en el área de emergencias. Se utilizan en el diagnóstico de enfermedades o fracturas de cualquier hueso del cuerpo. Lo ideal es instalarlos en salas blindadas con plomo, o material equivalente, y sobre las puertas de acceso a la sala se suele instalar una luz roja que se enciende cuando el equipo está en funcionamiento.

Figura 54. **Equipo de rayos X**



Fuente: Universidad de Valencia. *Radiaciones, aplicaciones y riesgos para la salud*. www.uv.es.
Consulta: junio 2018.

- Equipo de Tomografía Axial Computarizado (TAC): los equipos TAC o escáneres permiten obtener imágenes en cortes transversales de las diferentes partes del cuerpo humano. Varios equipos de TAC combinan las imágenes de varios cortes sucesivos para adquirir imágenes tridimensionales. Se encuentra formando por un anillo llamado “gantry” en el cual se puede deslizar la camilla en la que se encuentra acostado el paciente a examinar. Dentro del “gantry” se encuentra un tubo de RX que realiza un movimiento de rotación y emite un haz de unos pocos mm en la dirección longitudinal del paciente. Los RX que atraviesan al paciente son recopilados por un conjunto de detectores fijos que se encuentran a lo largo de todo el anillo. De esta manera en cada posición del tubo se puede obtener una imagen radiológica. Los datos adquiridos de todas estas imágenes se combinan mediante algoritmos de reconstrucción en una

computadora y obtienen una imagen radiológica del corte transversal del paciente. Cuando se adquiere esta imagen se mueve la camilla un poco y se repite el proceso. El resultado al finalizar el estudio es una serie de imágenes de varios cortes transversales del paciente, con las cuales los especialistas pueden ratificar los diagnósticos permitentes.

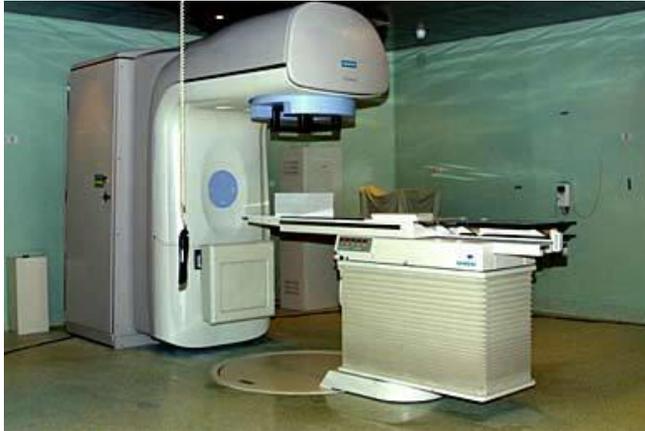
Figura 55. **Equipo de tomografía computarizada**



Fuente: Universidad de Valencia. *Radiaciones, aplicaciones y riesgos para la salud*. www.uv.es.
Consulta: junio 2018.

- Equipo de teleterapia: actualmente es la forma más utilizada de radioterapia. En este caso la radiación se suministra por fuentes o equipos colocados a cierta distancia del paciente. Como fuentes de radiación se utilizan equipos de RX de media o baja energía, equipos de rayos gamma con fuentes radiactivas de cobalto-60 aceleradores de electrones. Hoy día la fuente más utilizada son los aceleradores, lo cuales cuentan con la ventaja de suministrar haces de electrones y fotones cuya energía puede seleccionarse en función del lugar y tipo de tumor que se deba tratar. El haz de fotones es adquirido haciendo chocar el haz de electrones que sale del acelerador con un blanco.

Figura 56. **Equipo de teleterapia**



Fuente: Universidad de Valencia. *Radiaciones, aplicaciones y riesgos para la salud*. www.uv.es.
Consulta: junio 2018.

18.4. Forma de utilización de los equipos de protección

Si debe permanecer en una instalación radioactiva, por ejemplo, en un servicio de radiología o radioterapia, deberá seguir estrictamente las indicaciones del personal de seguridad y obedecer los carteles y señales con las indicaciones de riesgo de radiación, los cuales normalmente son tréboles cuyo color varía según el riesgo (gris, verde, amarillo, naranja y rojo).

Figura 57. **Señal de riesgo de radiación**



Fuente: Universidad de Valencia. *Radiaciones, aplicaciones y riesgos para la salud*. www.uv.es.
Consulta: junio 2018.

Las puntas radiales en el trébol simbolizan el riesgo de irradiación externa, si se tiene un fondo punteado de la señal indica que hay riesgo de contaminación. Existen tres parámetros básicos por tener en consideración en común para reducir la radiación que se puede recibir de una fuente:

- Distancia

La cantidad de radiación que se recibe de una fuente disminuye con el cuadrado de la distancia a la misma. Por lo consiguiente, a 1 m se recibe una dosis D ; a 2 m una de $D/4$, a 3 m $D/9$, y consiguientes.

- Tiempo

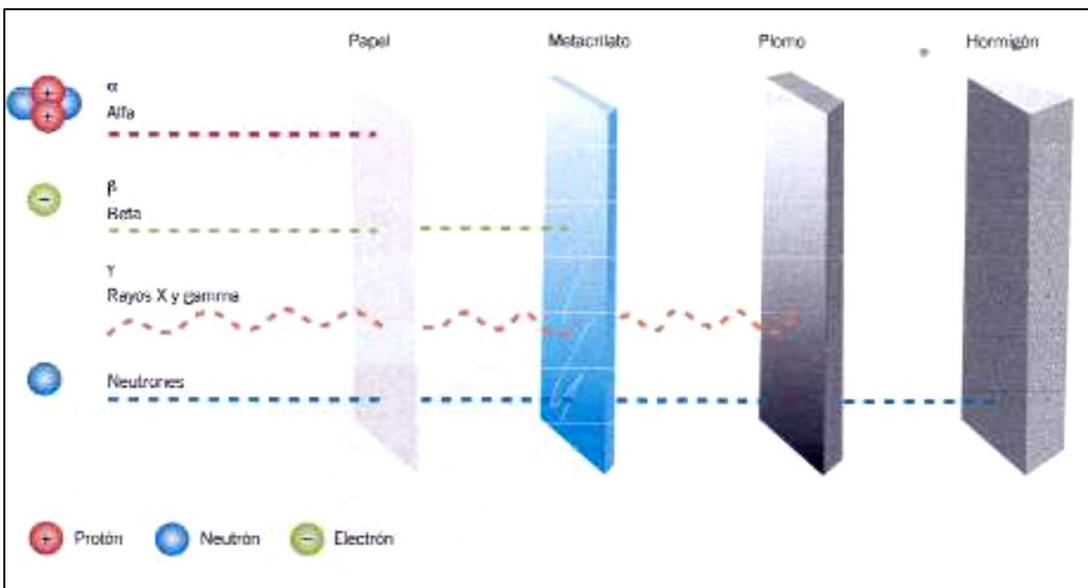
La cantidad de radiación que se recibe de una fuente es directamente proporcional al tiempo que se esté expuestos a ella. A este efecto hay que

hacer notar que los equipos de RX solo emiten radiación durante el disparo y el resto del tiempo son inocuos.

- Blindaje

La cantidad de radiación percibida de una fuente disminuye de forma exponencial con el espesor del blindaje que se coloca para minimizarla. También depende del material que se usa, el más habitual y más efectivo es el plomo. En la gráfica se muestran los distintos materiales utilizados según los distintos tipos de radiaciones:

Figura 58. **Blindajes contra radiaciones**



Fuente: Universidad de Valencia. *Radiaciones, aplicaciones y riesgos para la salud*. www.uv.es.

Consulta: junio 2018.

18.5. Relación entre los sistemas eléctricos y la radiación

Los campos de baja frecuencia oscilan en un intervalo de 0 a 30 kHz, siendo la frecuencia más común con mucho la de 50/60 Hz utilizada para la generación en América y Europa, también lo es para la distribución y uso de la energía eléctrica. En este rango se cuentan con otras aplicaciones como los hornos de inducción, la radionavegación, las pantallas de visualización de datos, entre otros.

Figura 59. **Torre de transmisión de flujo eléctrico**



Fuente: Universidad de Valencia. *Radiaciones, aplicaciones y riesgos para la salud*. www.uv.es.
Consulta: junio 2018.

Los campos electromagnéticos de baja frecuencia inducen cargas eléctricas superficiales y corrientes eléctricas inducidas en el interior de los cuerpos expuestos, de existir un acercamiento notorio a objetos metálicos expuestos a campos intensos pueden producirse descargas (chispas).

Los principales efectos biológicos pueden manifestarse en el sistema cardiovascular y en el sistema nervioso central. Estos efectos actúan a corto plazo, por lo consiguiente, se manifiestan únicamente cuando se está en exposición. Se dice que, entre los efectos a largo plazo, está inducción de cáncer (en particular de leucemia en niños) que viven en casas cercanas a líneas de alta tensión, pero los resultados de los estudios no son concluyentes.

Para prevenir la aparición de los efectos perjudiciales a corto plazo, tanto nerviosos como musculares, se deben proponer límites para el público y los profesionales. Estos límites se establecen sobre la densidad de corriente inducida expresada en mA/m², en el caso del público la intensidad del campo EM debe ser tal que induzca densidades de corriente inferiores a 2 mA/m².

CONCLUSIONES

1. Se diagnosticó mediante la auditoría energética que las fuentes de energía que actualmente funcionan en el Hospital Nacional de Chimaltenango carecen de un plan de mantenimiento o mejora continua, respecto de la demanda creciente que mantiene la institución hoy en día, con los datos adquiridos se determinó que implementando el cambio de luminaria a luz led, los paneles solares y los buenos hábitos de consumo es posible tener una reducción total del 37,6 % en el costo energético anual.
2. Se rediseñó el sistema eléctrico actual del hospital tomando en cuenta los valores adquiridos en las mediciones y las solicitudes del personal de mantenimiento para futuras instalaciones, tanto eléctricas como de equipos médicos, dando a conocer el presupuesto de materiales y costos de adquisición. Se adjuntan también los planos finales de las instalaciones necesarias y funcionales para la institución.
3. Se verificó que la fuente de alimentación principal del sistema eléctrico no es el óptimo debido a que la configuración del transformador de potencia principal es una estrella-estrella, por lo que únicamente entrega 208 V como máximo por fase, cuando los equipos actuales funcionan con voltaje 120 V y 240 V. Por lo que es necesario cambiar el transformador principal o acoplar un transformador elevador para los servicios y equipos que funcionan con 240 V.

4. Se detectaron puntos calientes en los tableros de control que conducen a los cuartos fríos, cocina, cafetería, lavandería y en el tablero de transferencia de carga de emergencia que se utiliza ante la falta de abastecimiento por parte de la distribuidora de energía eléctrica.

5. Se presentaron los resultados comparativos de los consumos tanto energéticos como económicos, que indican que aplicando las propuestas de cambio y mejoras es posible tener una reducción significativa en pago mensual del consumo de energía eléctrica en la institución de salud.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar la implementación de los métodos de ahorro desarrollados en esta auditoría energética, ya que se demostró, mediante la comparación de consumos, tanto energéticos como económicos, que los datos actuales con los proyectados para los años próximos, muestran la necesidad de integrarlos de forma inmediata para la reducción de costos y consumos de energía, tales como: Instalación de 1 112 paneles fotovoltaicos en el edificio del Hospital Nacional de Chimaltenango, esta implementación tiene una vida útil de 25 años y el tiempo de retorno calculado es de 18,5 años, por lo que se deja a criterio de la administración del hospital el desarrollar esta medida o no. Cambio de todas las luminarias fluorescentes e incandescentes instaladas actualmente en el hospital por tipo led, ya que no cumplen con el requerimiento de iluminación mínimo para los trabajos que se deben realizar en las diferentes áreas y departamentos de la institución de salud. Además de instruir al personal para el máximo aprovechamiento de la luz natural en los ambientes que cuentan con ventanas hacia el exterior. Implementación inmediata de un plan que instruya y concientice a los trabajadores a cambiar y ser constantes con los buenos hábitos de consumo energético, además de nombrar a supervisor que verifique el cumplimiento de su práctica.
2. Rediseñar el sistema eléctrico principal del hospital, ya que en el actual se logró determinar que, tanto las luminarias como las fuentes de alimentación para equipos, ya no son suficientes para atender el crecimiento de personal y de nuevos equipos. Por ello los trabajadores

han optado por recargar las instalaciones actuales haciendo conexiones caseras que en, la mayoría de ocasiones, provocan sobrecargas en las líneas y ponen en peligro tanto al equipo como al personal. Además de existir ambientes de trabajos que son muy oscuros debido a que fueron construidos posteriormente al diseño original del hospital.

3. Verificar la fuente de alimentación principal, debido a que ésta no es la óptima para las operaciones actuales de los equipos instalados, el transformador principal fue instalado hace 38 años y ya no cuenta con las características necesarias, debido a esto se está forzando para trabajar con menos tensión de la que necesitan.
4. Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo en diferentes las instalaciones eléctricas, ya que, mediante el análisis termográfico se constató que existen varios puntos calientes en las salidas de alimentación eléctrica desde los flipones hacia distintas áreas del hospital, las cuales son generadas por desbalances en las cargas o flojedad en las conexiones.
5. Con los resultados de análisis comparativo se debe tomar en cuenta que los cálculos en las proyecciones, tanto de consumo energético (KW-h) como económico (Q.), se basan en los equipos instalados actualmente y en los equipos que la administración del Hospital Nacional de Chimaltenango pretende adquirir en los años próximos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARRETERO PEÑA, Antonio y GARCÍA SÁNCHEZ, Juan Manuel. *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*. 2a ed. Madrid, España: AENOR, 2015. 28 p.
2. DE SILVA SOLÓRZANO, Cristina. *Proyecto de instalación eléctrica en un hospital*. 1a. ed. Madrid, España: 2011. 45 p.
3. DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA. *Informe de auditoría energética efectuado en los edificios principales de la Dirección General de Energía*. 1a. ed. Guatemala, Guatemala: 2017. 36 p.
4. FERNÁNDEZ SALGADO, José María. *Eficiencia energética en los edificios*. 1a. ed. Madrid, España: A Madrid Vicente, 2011.33 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Equipo analizador de redes eléctricas instalado en tablero principal de distribución del hospital**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Adquisición de datos en uno de los quirófanos del hospital**



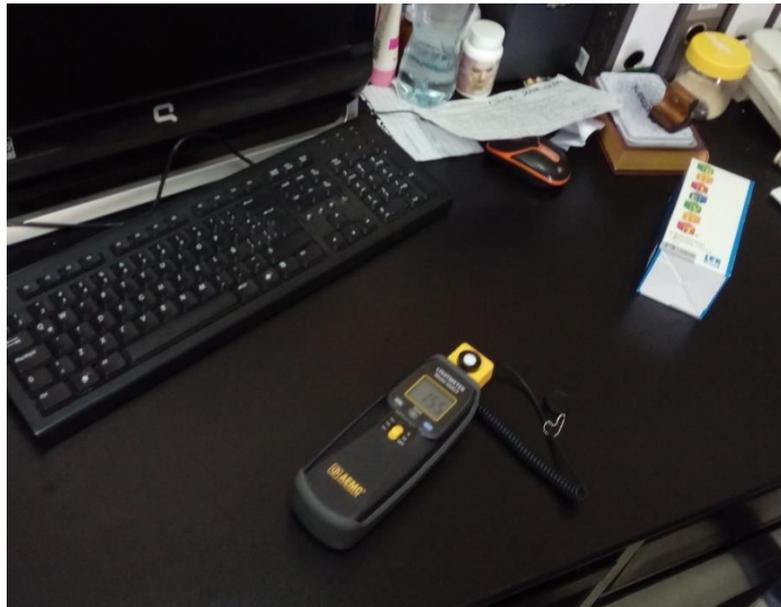
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Adquisición de termografía en uno de los tableros de control y casa de máquinas del hospital**



Fuente: elaboración propia.

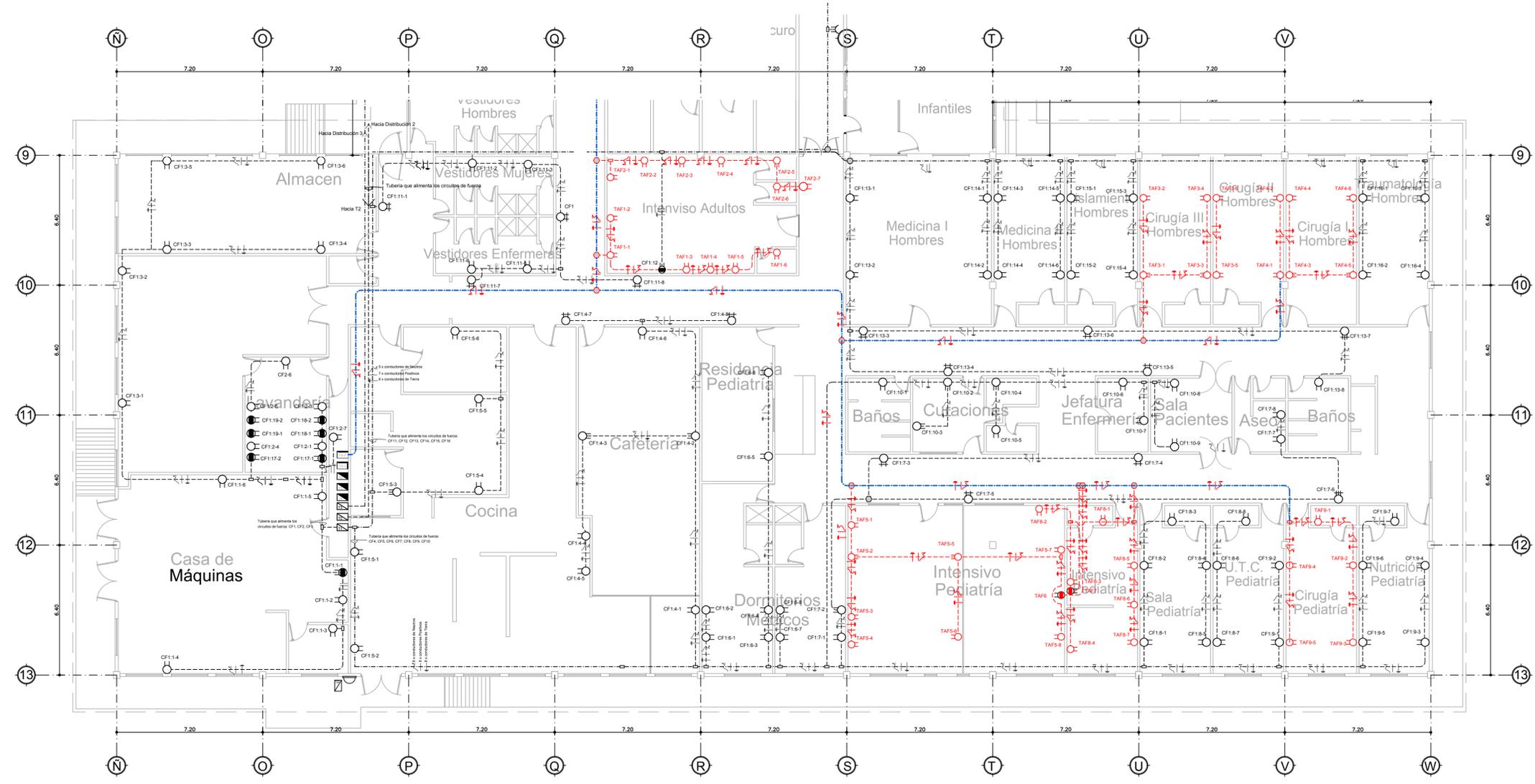
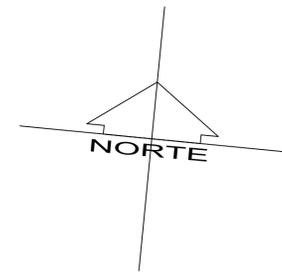
Apéndice 4. **Medición de la cantidad de iluminación en área de aislamiento y las oficinas administrativas mediante el luxómetro**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Planos finales del rediseño de las instalaciones eléctricas
del Hospital Nacional de Chimaltenango**

Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2016



Instalación Eléctrica

DISTRIBUCIÓN DE TABLERO 1 ESCALA 1:125
DISTRIBUCIÓN TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

- NOTAS:**
- Tubería de acometida será HG ø 4" long. + codo de 1 1/2" 90°+ codo de 4" 45°.
 - Se utilizará alambre de cobre calibre 12 AWG con toro termoplástico THW para activo, neutros y retornos.
 - Colocar para alambrear:
 - Positivo= rojo.
 - Negativo= negro.
 - Retorno= blanco.
 - Para tubería aérea, se empleara PVC electrónico de 3/4" según calculo.
 - Para tubería subterránea, se empleara poliducto de 3/4" según calculo.
 - Todas las uniones y empalmes deberán ser debidamente aislados.
 - Por ningún motivo se podrán mezclar los circuitos de iluminación con los circuitos de fuerza.
 - Se utilizaran tuberías independientes para los circuitos de iluminación y fuerza.

PLANILLA DE FUERZA. DISTRIBUCIÓN 1 y DISTRIBUCIÓN 4 con (Conexión Transferencia Automática)					
Circuito	Flipón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje
CF1-1	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF1-2	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF1-3	1X20	AWG12	2	1980 W	120V
CF1-4	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF1-5	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF1-6	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF1-7	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF1-8	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF1-9	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF1-10	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF1-11	1X20	AWG12	10	1980 W	120V
CF1-12	1X20	AWG12	1	1980 W	240V
CF1-13	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF1-14	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF1-15	1X20	AWG12	4	1980 W	120V

Circuito	Flipón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje
CF1-16	1X20	AWG12	4	1980 W	120V
CF1-17	1X20	AWG12	2	1980 W	240V
CF1-18	1X20	AWG12	2	1980 W	240V
CF1-19	1X20	AWG12	2	1980 W	240V

Calibre AWG - MCM	Sección real (mm²)	Intensidad admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

Simbología instalación eléctrica "Iluminación"

	Contador		Interruptor three way
	Tablero de distribución de circuitos.		Interruptor simple, doble y triple
	Lineas, viva y neutra calibre # 12		Fotocelda
	Indica tubería poliducto en cielo a 3/4"		Caja de registro octogonal
	Indica ducto principal ø1"		TF1-1-1 Tablero Distribución Fuerza No.1
	(1) Nivel (E) tipo de circuito (1) correlativo de unidades		1-1 Circuito 1 - Tomacorriente 1
	Lámpara en cielo		
	Reflector doble		
	Reflectores de emergencia		
	Linea de retorno no. 12		
	Conductor puente three way		

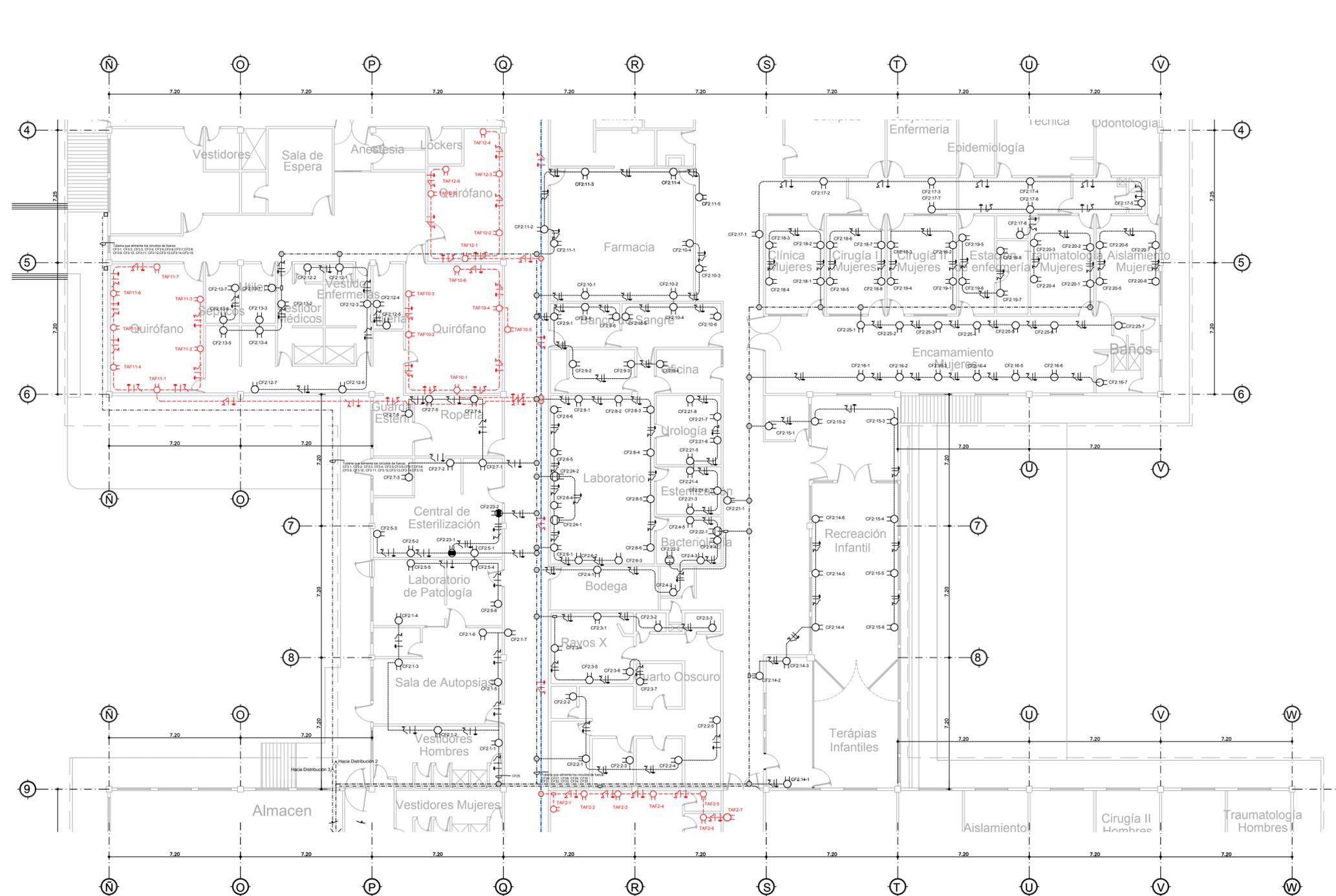


DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DEL HOSPITAL NACIONAL DE
CHIMALTENANGO

UBICACION: Hospital Nacional de Chimaltenango, Chimaltenango.

PLANO DE:
PLANO DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
(FUERZA) DISTRIBUCIÓN 1

FECHA:	JUNIO 2019	No. HOJA:	
ESCALA:	INDICADA		
DISEÑO:	Carlos Raúl Arana Alay		
CALCULO:	Carlos Raúl Arana Alay		
DIBUJO:	Carlos Raúl Arana Alay		
CARNÉ:	2007-18840		



Instalación Eléctrica

DISTRIBUCIÓN DE TABLERO 2
DISTRIBUCIÓN TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

ESCALA 1:125

NOTAS:

- Tubería de acometida será HG ø 4" long. + codo de 1 1/2" 90°+ codo de 4" 45°.
- Se utilizará alambre de cobre calibre 12 AWG con torro termoplástico THW para activo, neutros y retornos.
- Colocar para alambrar:
 - Positivo= rojo.
 - Negativo= negro.
 - Retorno= blanco.
- Para tubería aérea, se empleara PVC electrónico de 3/4" según calculo.
- Para tubería subterránea, se empleara poliducto de 3/4" según calculo.
- Todas las uniones y empalmes deberán ser debidamente aislados.
- Por ningún motivo se podrán mezclar los circuitos de iluminación con los circuitos de fuerza.
- Se utilizaran tuberías independientes para los circuitos de iluminación y fuerza.

PLANILLA DE FUERZA. DISTRIBUCIÓN 2 y DISTRIBUCIÓN 4 con (Conexión Transferencia Automática)

Circuito	Filpón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje
CF2-1	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF2-2	1X20	AWG12	5	1980 W	120V
CF2-3	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF2-4	1X20	AWG12	5	1980 W	120V
CF2-5	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF2-6	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF2-7	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF2-8	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF2-9	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF2-10	1X20	AWG12	4	1980 W	120V
CF2-11	1X20	AWG12	5	1980 W	120V
CF2-12	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF2-13	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF2-14	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF2-15	1X20	AWG12	6	1980 W	120V

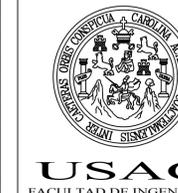
Circuito	Filpón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje
CF2-16	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF2-17	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF2-18	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF2-19	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF2-20	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF2-21	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF2-22	1X20	AWG12	2	1980 W	240V
CF2-23	1X20	AWG12	2	1980 W	240V
CF2-24	1X20	AWG12	2	1980 W	240V
CF2-25	1X20	AWG12	7	1980 W	120V

TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA					
CF4-10	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF4-11	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF4-12	1X20	AWG12	6	1980 W	120V

Calibre AWG - MCM	Sección real (mm²)	Intensidad admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

Simbología instalación eléctrica "Iluminación"

	Contador		Interruptor three way
	Tablero de distribución de circuitos.		Interruptor simple, doble y triple
	Lineas, viva y neutra calibre # 12		Fotocelda
	Indica tubería poliducto en cielo ø 3/4"		Caja de registro octogonal
	Indica ducto principal ø 1"		TF1-1-1 Tablero Distribución Fuerza No.1 -1-1 Circuito 1 - Tomacorriente 1
	(1) Nivel (E) tipo de circuito (1) correlativo de unidades		
	Lámpara en cielo		
	Reflector doble		
	Reflectores de emergencia		
	Linea de retorno no. 12		
	Conductor puente three way		



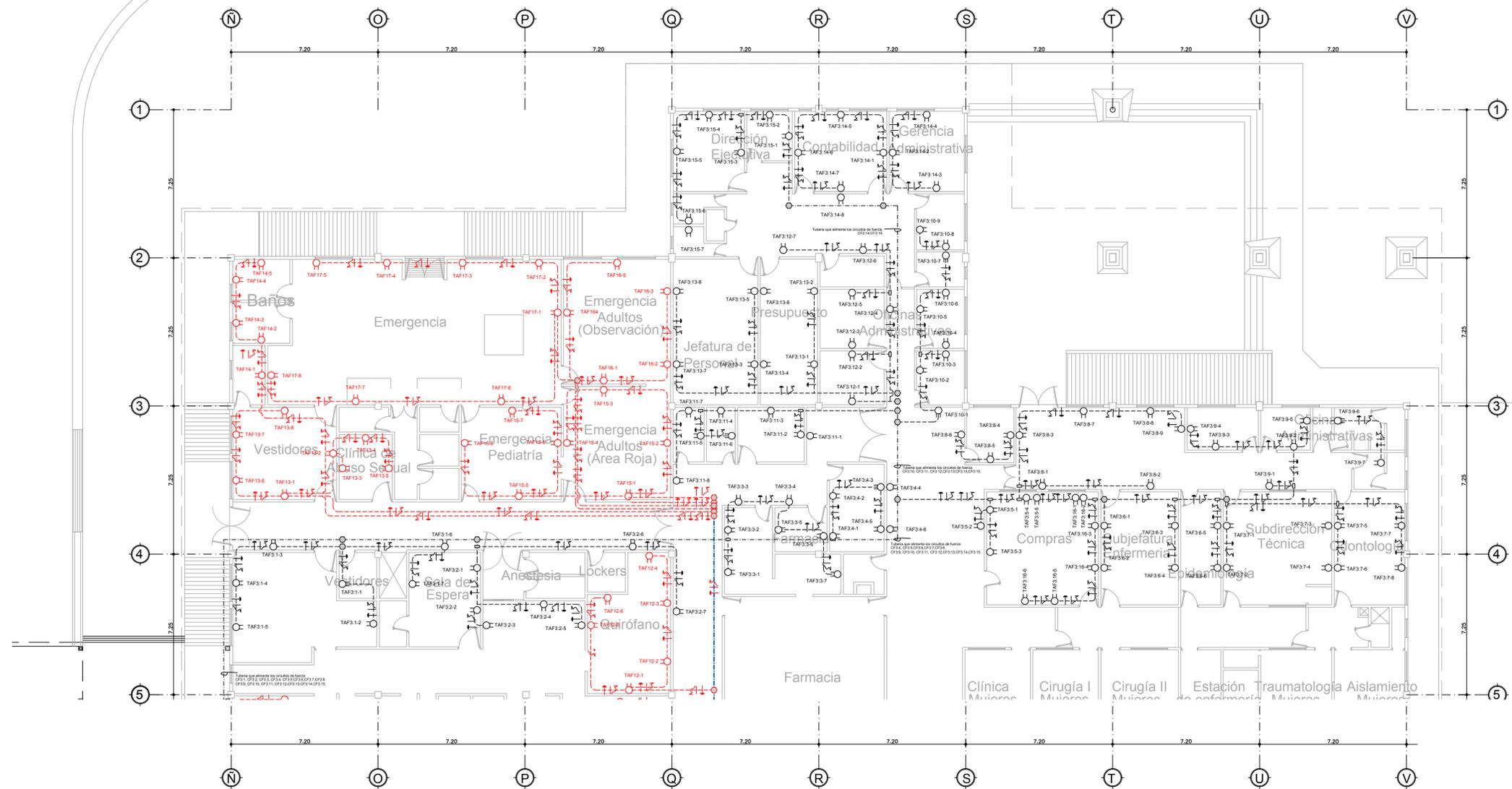
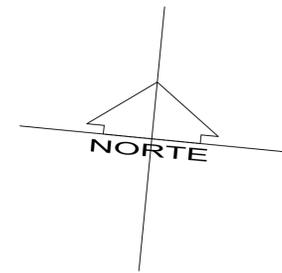
DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DEL HOSPITAL NACIONAL DE
CHIMALTENANGO

UBICACION Hospital Nacional de Chimaltenango, Chimaltenango.

PLANO DE:
PLANO DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
(FUERZA) DISTRIBUCIÓN 2

Vo. Bo. (f): ING. x

FECHA: JUNIO 2019	No. HOJA:
ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: Carlos Raúl Arana Alay	
CALCULO: Carlos Raúl Arana Alay	02
DIBUJO: Carlos Raúl Arana Alay	
CARNÉ: 2007-18840	08



Instalación Eléctrica

DISTRIBUCIÓN DE TABLERO 3 ESCALA 1:125
DISTRIBUCIÓN TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

- NOTAS:**
- Tubería de acometida será HG ø 4" long. + codo de 1 1/2" 90°+ codo de 4" 45°.
 - Se utilizará alambre de cobre calibre 12 AWG con forro termoplástico THW para activo, neutros y retornos.
 - Colocar para alambrar:
 - Positivo= rojo.
 - Negativo= negro.
 - Retorno= blanco.
 - Para tubería aérea, se empleara PVC electrónico de 3/4" según calculo.
 - Para tubería subterránea, se empleara poliducto de 3/4" según calculo.
 - Todas las uniones y empalmes deberán ser debidamente aislados.
 - Por ningún motivo se podrán mezclar los circuitos de iluminación con los circuitos de fuerza.
 - Se utilizaran tuberías independientes para los circuitos de iluminación y fuerza.

PLANILLA DE FUERZA. DISTRIBUCIÓN 3 y DISTRIBUCIÓN 4 con (Conexión Transferencia Automática)											
Circuito	Flipón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje	Circuito	Flipón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje
CF3-1	1X20	AWG12	7	1980 W	120V	CF3-13	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF3-2	1X20	AWG12	7	1980 W	120V	CF3-14	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF3-3	1X20	AWG12	7	1980 W	120V	CF3-15	1X20	AWG12	7	1980 W	120V
CF3-4	1X20	AWG12	6	1980 W	120V	CF3-16	1X20	AWG12	6	1980 W	120V
CF3-5	1X20	AWG12	5	1980 W	120V	TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA					
CF3-6	1X20	AWG12	6	1980 W	120V	CF4-13	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF3-7	1X20	AWG12	8	1980 W	120V	CF4-14	1X20	AWG12	5	1980 W	120V
CF3-8	1X20	AWG12	9	1980 W	120V	CF4-15	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF3-9	1X20	AWG12	7	1980 W	120V	CF4-16	1X20	AWG12	5	1980 W	120V
CF3-10	1X20	AWG12	9	1980 W	120V	CF4-17	1X20	AWG12	8	1980 W	120V
CF3-11	1X20	AWG12	8	1980 W	120V						
CF3-12	1X20	AWG12	7	1980 W	120V						

Calibre AWG - MCM	Sección real (mm ²)	Intensidad admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

Simbología instalación eléctrica "Iluminación"		
	Contador	
	Tablero de distribución de circuitos.	
	Líneas, viva y neutra calibre # 12	
	Indica tubería poliducto en cielo a 3/4"	
	Indica ducto principal ø1"	
	(1) Nivel (E) tipo de circuito (1) correlativo de unidades	
	Lámpara en cielo	
	Reflector doble	
	Reflectores de emergencia	
	Línea de retorno no. 12	
	Conductor puente three way	

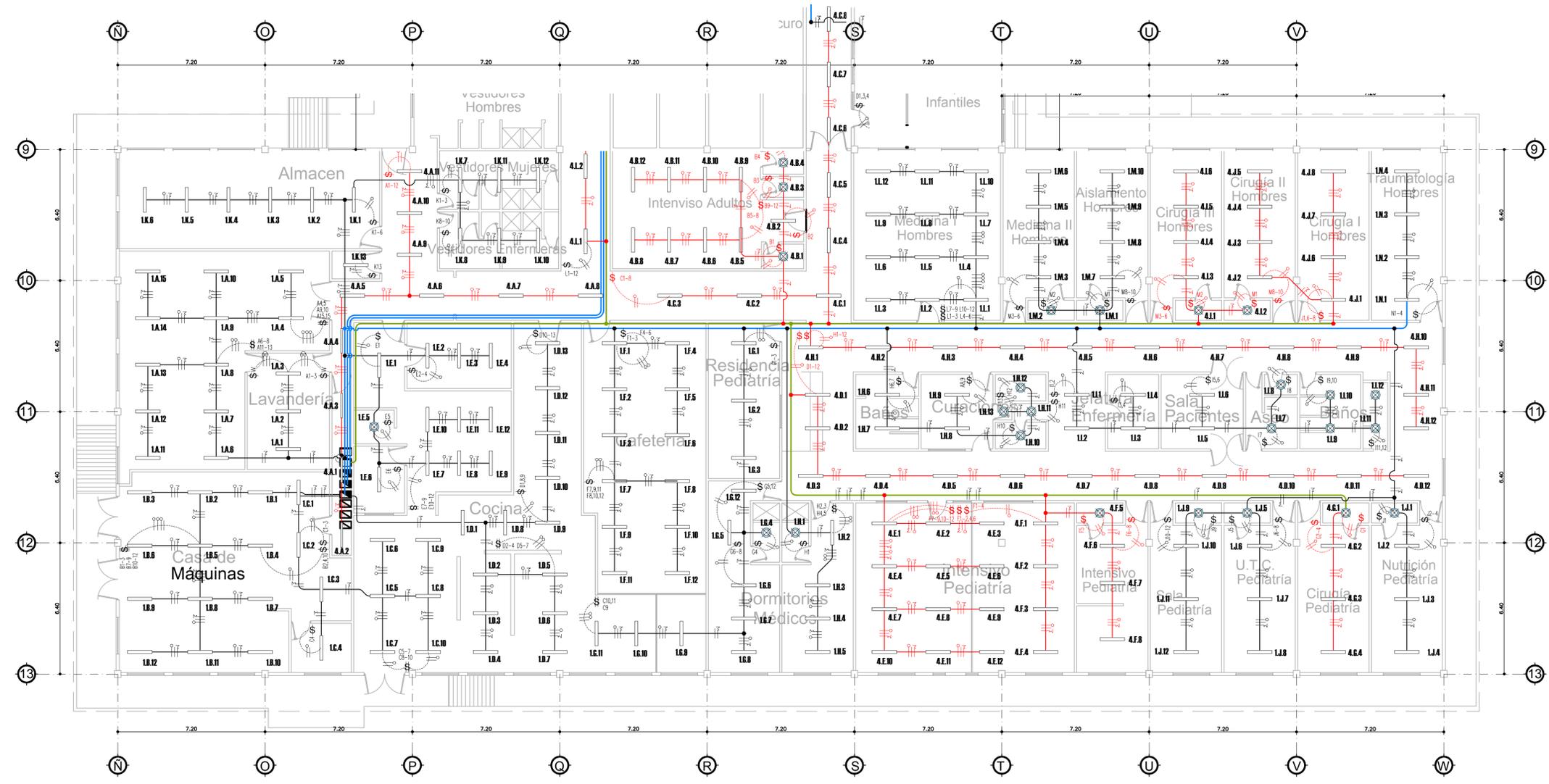
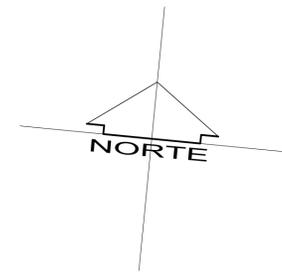


DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DEL HOSPITAL NACIONAL DE
CHIMALTENANGO

UBICACION Hospital Nacional de Chimaltenango, Chimaltenango.

PLANO DE:
PLANO DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
(FUERZA) DISTRIBUCIÓN 1

FECHA: JUNIO 2019	No. HOJA:
ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: Carlos Raúl Arana Alay	
CALCULO: Carlos Raúl Arana Alay	03
DIBUJO: Carlos Raúl Arana Alay	
CARNÉ: 2007-18840	08



- NOTAS:**
- Tubería de acometida será HG ø 4" long. + codo de 1 1/2" 90° + codo de 4" 45°.
 - Se utilizará alambre de cobre calibre 12 AWG con forro termoplástico THW para activo, neutros y retornos.
 - Colocar para alambrar:
 - Positivo= rojo.
 - Negativo= negro.
 - Retorno= blanco.
 - Para tubería aérea, se empleará PVC electrónico de 3/4" según calculo.
 - Para tubería subterránea, se empleará poliducto de 3/4" según calculo.
 - Todas las uniones y empalmes deberán ser debidamente aislados.
 - Por ningún motivo se podrán mezclar los circuitos de iluminación con los circuitos de fuerza.
 - Se utilizarán tuberías independientes para los circuitos de iluminación y fuerza.

Circuito	Flipón	Conductor	Cantidad	Potencia	Voltaje	Circuito	Flipón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje
1.A	1X20AA	AWG#12	15	1980 W	120v	1.M	1X20A	AWG#12	10	1980 W	120v
1.B	1X20AA	AWG#12	12	1980 W	120v	1.N	1X20A	AWG#12	4	1980 W	120v
1.C	1X20AA	AWG#12	10	1980 W	120v	4.A	1X20A	AWG#12	11	1980 W	120v
1.D	1X20AA	AWG#12	13	1980 W	120v	4.B	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
1.E	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v	4.C	1X20A	AWG#12	8	1980 W	120v
1.F	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v	4.D	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
1.G	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v	4.E	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
1.H	1X20A	AWG#12	13	1980 W	120v	4.F	1X20A	AWG#12	8	1980 W	120v
1.I	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v	4.G	1X20A	AWG#12	4	1980 W	120v
1.J	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v	4.H	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
1.K	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v	4.I	1X20A	AWG#12	6	1980 W	120v
1.L	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v	4.J	1X20A	AWG#12	8	1980 W	120v

Calibre AWG - MCM	Sección real (mm²)	Intensidad admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

	Contador		Conductor puente three way
	Tablero de distribución de circuitos.		Interruptor three way
	Lineas, viva y neutra calibre # 12		Interruptor simple, doble y triple
	Indica tubería poliducto en cielo ø 3/4"		Fotocelda
	Indica ducto principal ø 1"		Caja de registro octogonal
	(1) Nivel (E) tipo de circuito (1) correlativo de unidades		
	Lámpara tipo listón doble en cielo		
	Bombillo Ahorrador LED		
	Reflector doble		
	Reflectores de emergencia		
	Linea de retorno no. 12		

USAC
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO

UBICACIÓN Hospital Nacional de Chimaltenango, Chimaltenango.

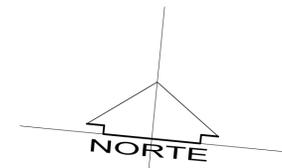
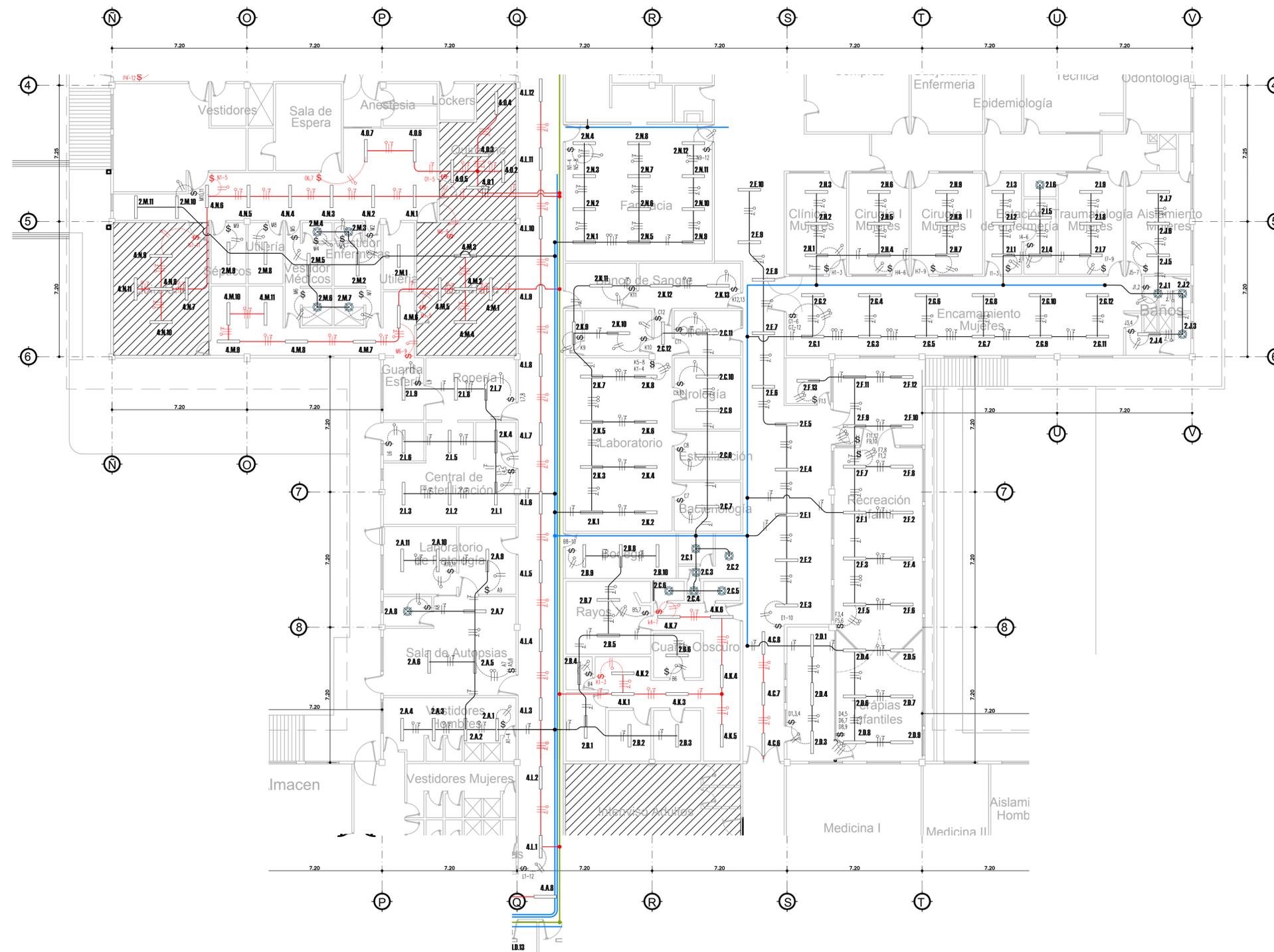
PLANO DE:
PLANO DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (iluminación) DISTRIBUCIÓN 1

FECHA: JUNIO 2019	No. HOJA:
ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: Carlos Raúl Arana Alay	
CALCULO: Carlos Raúl Arana Alay	
DIBUJO: Carlos Raúl Arana Alay	
CARNÉ: 2007-18840	

Vo. Bo. (f): ING. x

04

08



- NOTAS:**
- Tubería de acometida será HG ø 4" long. + codo de 1 1/2" 90° + codo de 4" 45°.
 - Se utilizará alambre de cobre calibre 12 AWG con forro termoplástico THW para activo, neutros y retornos.
 - Colocar para alambrar:
 - Positivo= rojo.
 - Negativo= negro.
 - Retorno= blanco.
 - Para tubería aérea, se empleará PVC electrónico de 3/4" según calculo.
 - Para tubería subterránea, se empleará poliducto de 3/4" según calculo.
 - Todas las uniones y empalmes deberán ser debidamente aislados.
 - Por ningún motivo se podrán mezclar los circuitos de iluminación con los circuitos de fuerza.
 - Se utilizarán tuberías independientes para los circuitos de iluminación y fuerza.

PLANILLA DE LUMINARIAS. DISTRIBUCIÓN 2 y DISTRIBUCIÓN 4 con (Conexión Transferencia Automática)

Circuito	Filipón	Conductor	Cantidad	Potencia	Voltaje
2.A	1X20A	AWG#12	11	1980 W	120v
2.B	1X20A	AWG#12	10	1980 W	120v
2.C	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
2.D	1X20A	AWG#12	09	1980 W	120v
2.E	1X20A	AWG#12	10	1980 W	120v
2.F	1X20A	AWG#12	13	1980 W	120v
2.G	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
2.H	1X20A	AWG#12	09	1980 W	120v
2.I	1X20A	AWG#12	09	1980 W	120v
2.J	1X20A	AWG#12	07	1980 W	120v
2.K	1X20A	AWG#12	14	1980 W	120v
2.L	1X20A	AWG#12	08	1980 W	120v

Circuito	Filipón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje
2.M	1X20A	AWG#12	11	1980 W	120v
2.N	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v

CIRCUITO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

Circuito	Filipón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje
4.K	1X20A	AWG#12	7	1980 W	120v
4.L	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
4.M	1X20A	AWG#12	11	1980 W	120v
4.N	1X20A	AWG#12	11	1980 W	120v
4.O	1X20A	AWG#12	7	1980 W	120v

Simbología instalación eléctrica "Iluminación"

	Contador		Conductor puente three way
	Tablero de distribución de circuitos.		Interruptor three way
	Lineas, viva y neutra calibre # 12		Interruptor simple, doble y triple
	Indica tubería poliducto en cielo ø 3/4"		Fotocelda
	Indica ducto principal ø 1"		Caja de registro octogonal
	(1) Nivel (E) tipo de circuito (1) correlativo de unidades		
	Lámpara tipo listón doble en cielo		
	Bombillo Ahorrador LED		
	Reflector doble		
	Reflectores de emergencia		
	Linea de retorno no. 12		

USAC
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO

UBICACIÓN: Hospital Nacional de Chimaltenango, Chimaltenango.

PLANO DE: **PLANO DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (Iluminación) DISTRIBUCIÓN 2**

FECHA: JUNIO 2019

ESCALA: INDICADA

DISEÑO: Carlos Raúl Arana Alay

CALCULO: Carlos Raúl Arana Alay

DIBUJO: Carlos Raúl Arana Alay

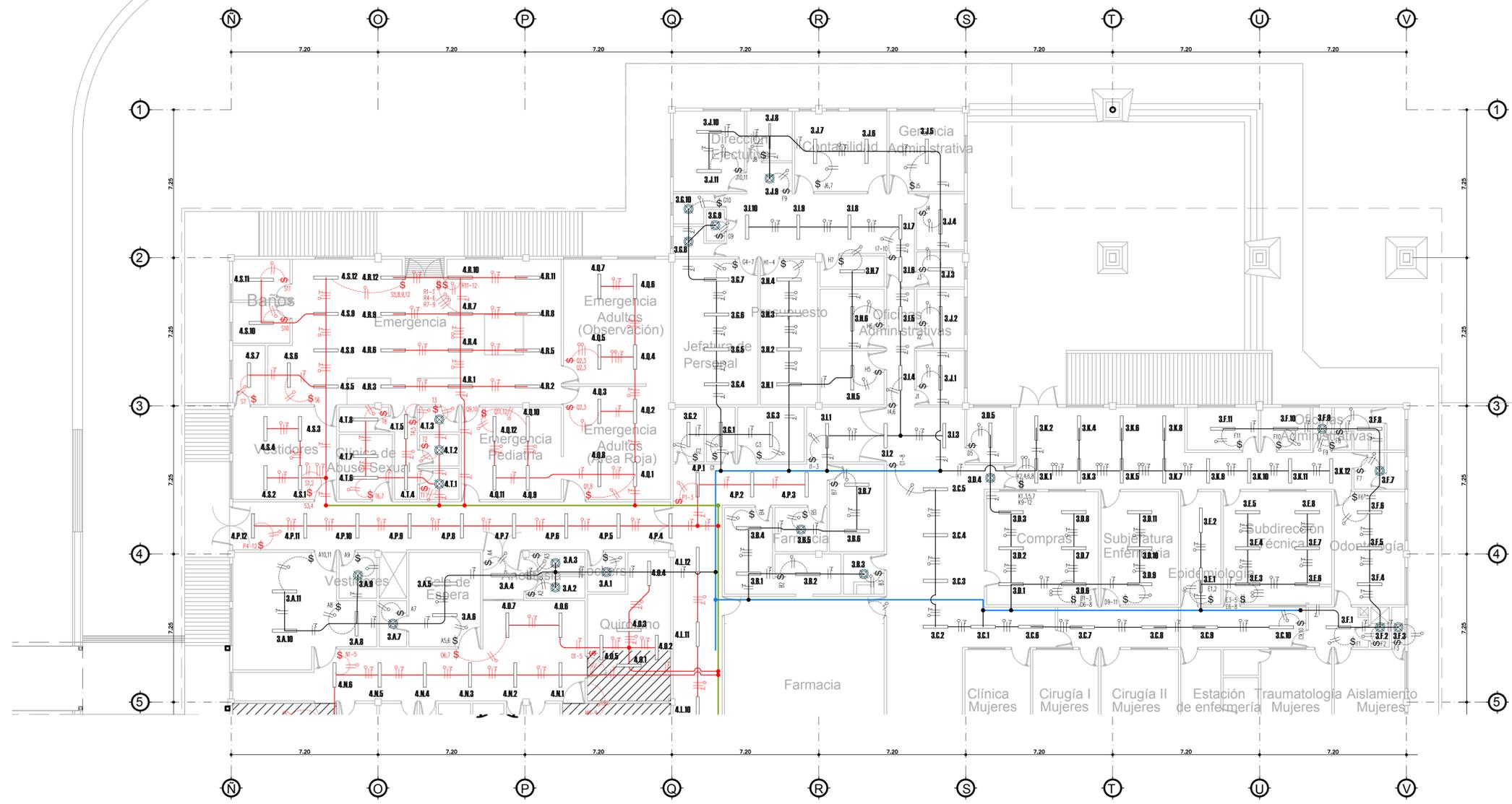
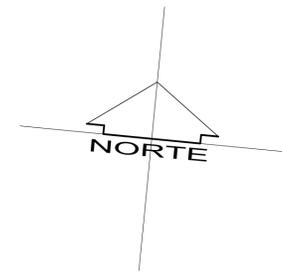
CARNE: 2007-18840

No. HOJA:

05

08

Vo. Bo. (f): ING. x



- NOTAS:**
- Tubería de acometida será HG ø 4" long. + codo de 1 1/2" 90° + codo de 4" 45°.
 - Se utilizará alambre de cobre calibre 12 AWG con forro termoplástico THW para activo, neutros y retornos.
 - Colocar para alambrar:
 - Positivo= rojo.
 - Negativo= negro.
 - Retorno= blanco.
 - Para tubería aérea, se empleará PVC electrónico de 3/4" según calculo.
 - Para tubería subterránea, se empleará poliducto de 3/4" según calculo.
 - Todas las uniones y empalmes deberán ser debidamente aislados.
 - Por ningún motivo se podrán mezclar los circuitos de iluminación con los circuitos de fuerza.
 - Se utilizarán tuberías independientes para los circuitos de iluminación y fuerza.

PLANILLA DE LUMINARIAS. DISTRIBUCIÓN 3 y DISTRIBUCIÓN 4 con (Conexión Transferencia Automática)					
Circuito	Filipón	Conductor	Cantidad	Potencia	Voltaje
3.A	1X20A	AWG#12	11	1980 W	120v
3.B	1X20A	AWG#12	07	1980 W	120v
3.C	1X20A	AWG#12	10	1980 W	120v
3.D	1X20A	AWG#12	11	1980 W	120v
3.E	1X20A	AWG#12	08	1980 W	120v
3.F	1X20A	AWG#12	11	1980 W	120v
3.G	1X20A	AWG#12	10	1980 W	120v
3.H	1X20A	AWG#12	07	1980 W	120v
3.I	1X20A	AWG#12	10	1980 W	120v
3.J	1X20A	AWG#12	11	1980 W	120v
3.K	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v

Circuito	Filipón	Cable	Cantidad	Potencia	Voltaje
4.P	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
4.O	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
4.R	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v
4.S	1X20A	AWG#12	12	1980 W	120v

Calibre AWG - MCM	Sección real (mm²)	Intensidad admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

Simbología instalación eléctrica "Iluminación"	
	Contador
	Tablero de distribución de circuitos.
	Líneas, viva y neutra calibre # 12
	Indica tubería poliducto en cielo ø 3/4"
	Indica ducto principal ø 1"
	(1) Nivel (E) tipo de circuito (1) correlativo de unidades
	Lámpara tipo listón doble en cielo
	Bombillo Ahorrador LED
	Reflector doble
	Reflectores de emergencia
	Línea de retorno no. 12
	Conductor puente three way
	Interruptor three way
	Interruptor simple, doble y triple
	Fotocelda
	Caja de registro octogonal

USAC
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO

UBICACION: Hospital Nacional de Chimaltenango, Chimaltenango.

PLANO DE:
PLANO DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (Iluminación) DISTRIBUCIÓN 1

FECHA: JUNIO 2019

ESCALA: INDICADA

DISEÑO: Carlos Raúl Arana Alay

CALCULO: Carlos Raúl Arana Alay

DIBUJO: Carlos Raúl Arana Alay

CARNÉ: 2007-18840

Vo. Bo. (f): ING. x

No. HOJA:
06
08

TRANSFORMADOR
MONOFÁSICO 50 KVA
34.5-7.97KV/120-240V

CABLE AWG 3/0
2 CABLES POR FASE

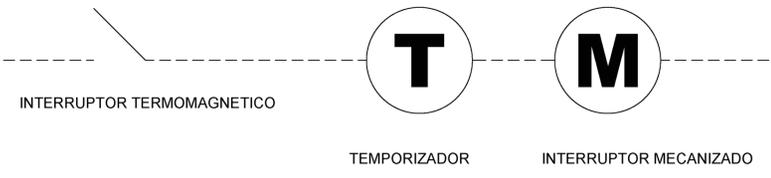
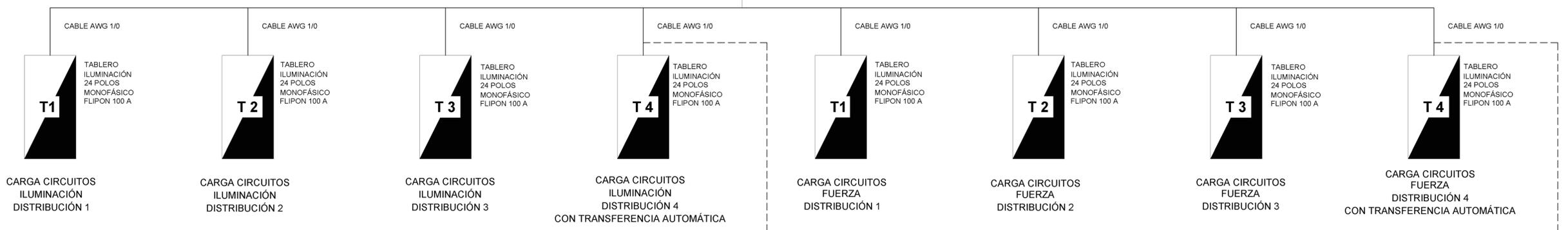
T 1 MEDICION COMERCIAL

CABLE AWG 3/0
2 CABLES POR FASE

TG TABLERO PRINCIPAL TIPO INDUSTRIAL
FLIPON 2 X 600 A

NOTA: TODA LA TUBERIA DE INTERCONEXION DE TABLEROS
ES DE 4" PVC. BAJO TIERRA.

ILUMINACIÓN FUERZA



UNIFILAR GENERAL

DISTRIBUCIÓN DE TABLERO 1, 2, 3, 4. SIN ESCALA
CONEXIÓN TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

Calibre AWG - MCM	Sección real (mm ²)	Intensidad admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

- NOTAS:**
- Tubería de acometida será HG ø 4" long. + codo de 1 1/2" 90°+ codo de 4" 45°.
 - Se utilizará alambre de cobre calibre 12 AWG con forro termoplástico THW para activo, neutros y retornos.
 - Colocar para alambrear:
 - Positivo= rojo.
 - Negativo= negro.
 - Retorno= blanco.
 - Para tubería aérea, se empleara PVC electrónico de 3/4" según calculo.
 - Para tubería subterránea, se empleara poliducto de 3/4" según calculo.
 - Todas las uniones y empalmes deberán ser debidamente aislados.
 - Por ningún motivo se podrán mezclar los circuitos de iluminación con los circuitos de fuerza.
 - Se utilizaran tuberías independientes para los circuitos de iluminación y fuerza.



USAC
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DEL HOSPITAL NACIONAL DE
CHIMALTENANGO

UBICACION: Hospital Nacional de Chimaltenango, Chimaltenango.

PLANO DE:
PLANO DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA UNIFILAR GENERAL

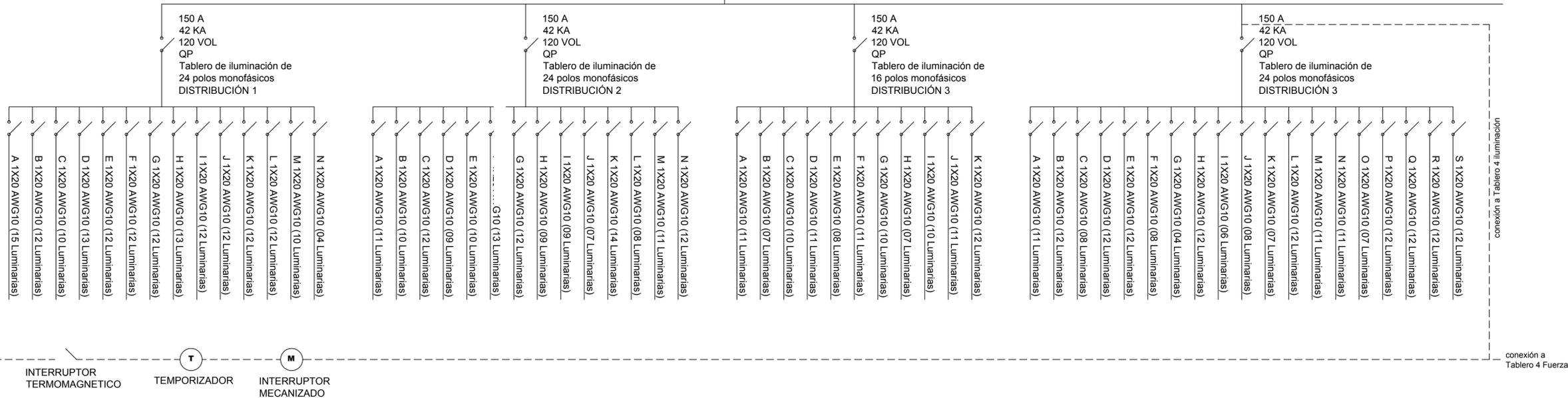
FECHA: JUNIO 2019	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 07 08 </div>
ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: Carlos Raúl Arana Alay	
CALCULO: Carlos Raúl Arana Alay	
DIBUJO: Carlos Raúl Arana Alay	
CARNÉ: 2007-18840	

Vo. Bo. (f): ING. x

Viene de red principal

50 KVA
135 KV/ 120-240V
MONOFASICO

AW 3/ 0 2F, 3H



Viene de red principal

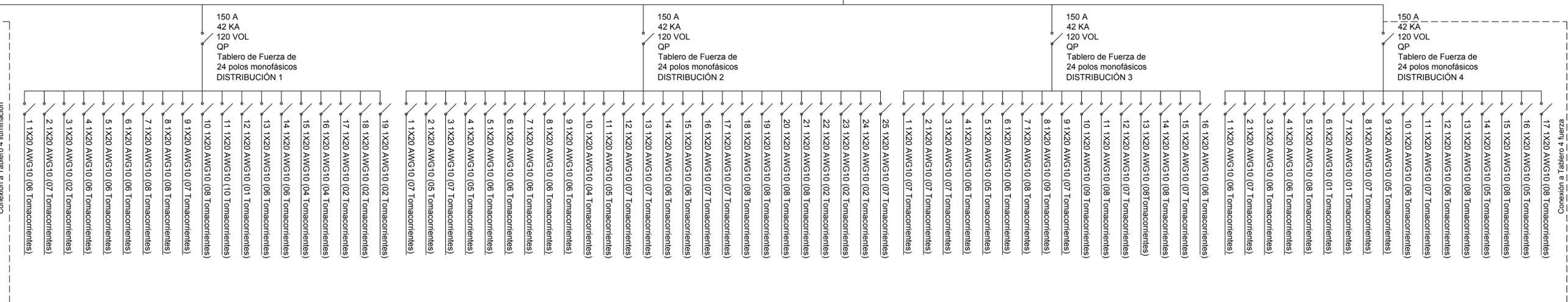
50 KVA
135 KV/ 120-240V
MONOFASICO

AW 3/ 0 2F, 3H

Unifilar Instalaciones Eléctricas (iluminación)

DISTRIBUCIÓN DE TABLERO 1, 2, 3, 4.
CONEXIÓN TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

SIN ESCALA



Conexión de transferencia automática

Unifilar Instalaciones Eléctricas (fuerza)

DISTRIBUCIÓN DE TABLERO 1, 2, 3, 4.
CONEXIÓN TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

SIN ESCALA

Calibre AWG - MCM	Sección real (mm ²)	Intensidad admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

NOTAS:

- Tubería de acometida será HG ø 4" long. + codo de 1 1/2" 90°+ codo de 4" 45°.
- Se utilizará alambre de cobre calibre #12 AWG con forro termoplástico THW para activo, neutros y retornos.
- Colocar para alambrar:
 - Positivo= rojo.
 - Negativo= negro.
 - Retorno= blanco.
- Para tubería aérea, se empleará PVC electrónico de 3/4" según calculo.
- Para tubería subterránea, se empleará poliducto de 3/4" según calculo.
- Todas las uniones y empalmes deberán ser debidamente aislados.
- Por ningún motivo se podrán mezclar los circuitos de iluminación con los circuitos de fuerza.
- Se utilizarán tuberías independientes para los circuitos de iluminación y fuerza.



DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DEL HOSPITAL NACIONAL DE
CHIMALTENANGO

UBICACION: Hospital Nacional de Chimaltenango, Chimaltenango.

PLANO DE:
PLANO DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
UNIFILARES FUERZA E ILUMINACIÓN

FECHA: JUNIO 2019	No. HOJA:
ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: Carlos Raúl Arana Alay	
CALCULO: Carlos Raúl Arana Alay	08
DIBUJO: Carlos Raúl Arana Alay	
CARNÉ: 2007-18840	08

Vo. Bo. (f): ING. x