



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

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES
ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ**

Hugo Estuardo Fuentes Hernández
Asesorado por el Ing. Edgar Yanuario Laj Hun

Guatemala, octubre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES
ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HUGO ESTUARDO FUENTES HERNÁNDEZ

ASESORADO POR EL ING. EDGAR YANUARIO LAJ HUN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADOR	Ing. Edgar Yanuario Laj Hun
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 DEL SISTEMA DE INSTALACIONES
ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 31 de mayo de 2016.



Hugo Estuardo Fuentes Hernández

Guatemala 9 de abril de 2018


Ingeniero
Otto Fernando Andrino González
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Señor director:

Por este medio le informo que como asesor del estudiante universitario HUGO ESTUARDO FUENTES HERNÁNDEZ quien se identifica con el carné número 2008-43477, HAGO CONSTAR que procedí a revisar el informe final, "**DIAGNÓSTICO Y RESIDEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ**". Después de haberle hecho las correcciones pertinentes, doy por APROBADO el siguiente trabajo ya que considero que llena los requisitos para el debido seguimiento por parte de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica; en vista de ello, se lo remito y pongo a su consideración.

Agradezco la atención a la presente y aprovecho para saludarlo respetuosamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Edgar Yanuario Laj Hun
Colegiado No. 11475



CENTRO DE INVESTIGACIONES
FACULTAD DE INGENIERIA

Encargado de Laboratorio de Metrología Centro de Investigaciones de Ingeniería
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 07 de agosto de 2018.
Ref.EPS.DOC.625.07.18.

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Hugo Estuardo Fuentes Hernández** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **200843477** y **CUI 1829 12426 2009**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ"**.

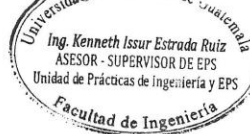
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Prácticas de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo
KIER/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala 07 de agosto de 2018.
Ref.EPS.D.283.07.18.

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

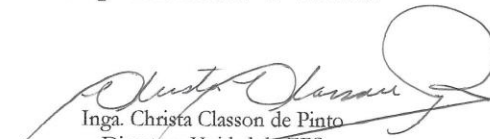
Estimado Ingeniero Andrino González:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ**" que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Hugo Estuardo Fuentes Hernández**, 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 - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 53. 2018.
23 DE ABRIL 2018.

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

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE
INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE SALUD
DE ALTA VERAPAZ,** del estudiante; Hugo Estuardo Fuentes
Hernández, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.



Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio Rolando Barrios Archila
Coordinador de Electrotécnica

Julio Rolando Barrios Archila
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 28333

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



GUATEMALA,
FACULTAD DE INGENIERIA

8 DE AGOSTO 2018.

REF. EIME 52. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: HUGO ESTUARDO FUENTES HERNÁNDEZ titulado: DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Fernando Andriño González



GUATEMALA, 8 DE AGOSTO 2018.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

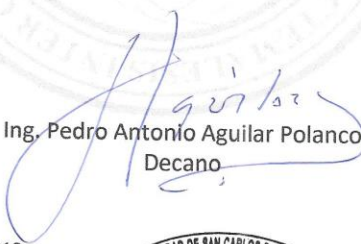


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 404.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario: **Hugo Estuardo Fuentes Hernández**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la oportunidad de terminar mis estudios, por su misericordia y por todas sus bendiciones.
- Virgen María** Por acompañarme en este camino y arroparme en sus brazos de madre.
- Mis padres** Marco Antonio Fuentes y Magliz Hernández, por ese amor tan grande que me han dado, por sus consejos y todo ese esfuerzo realizado para que yo terminara mi carrera. Muchas gracias.
- Mis hermanos** Marco, Edgar y Magliz Fuentes Hernández, por apoyarme cuando las cosas no iban bien y ayudarme a seguir adelante.
- Mi novia** Karla Tobar, por todo ese amor sincero, por el apoyo y la paciencia. Gracias princesa.
- Mis sobrinos** Por ser una razón más para terminar mis estudios.
- Mis tíos** Por todo el cariño y apoyo que me brindaron.
- Mis amigos** Por el esfuerzo compartido todo el tiempo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES DEL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ	1
1.1. Instalaciones.....	1
1.1.1. Caracterización de cargas	3
1.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores	7
1.1.2.1. Resistencia de aislamiento.....	8
1.1.2.2. Calibres y capacidades de conductores	9
1.1.3. Tuberías.....	12
1.1.4. Protecciones	13
1.1.4.1. Disparo.....	14
1.1.4.2. Capacidad de cortocircuito.....	14
1.1.4.3. Corriente nominal.....	15
1.1.5. Tableros.....	15
1.1.5.1. Condición actual.....	16
1.2. Análisis de redes	16

1.2.1.	Corrientes.....	17
1.2.2.	Voltajes	18
1.2.3.	Factor de potencia.....	19
1.2.4.	Potencia	19
	1.2.4.1. Potencia activa	20
	1.2.4.2. Potencia reactiva	20
	1.2.4.3. Potencia aparente.....	21
1.2.5.	Desbalance	22
1.3.	Red de tierras.....	23
	1.3.1. Condición actual	24
	1.3.2. Comprobación de utilidad	24
1.4.	Pararrayos	25
	1.4.1. Situación actual	25
1.5.	Iluminación.....	26
	1.5.1. Revisión visual	26
	1.5.2. Características de las luminarias	26
	1.5.3. Medición de iluminación	27
1.6.	Instalaciones especiales	27
2.	DIAGRAMAS UNIFILARES	29
2.1.	Diagrama unifilar del área de salud de Alta Verapaz.....	29
3.	ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL ÁREA DE SALUD.....	31
3.1.	Cálculo de conductores.....	31
	3.1.1. Cálculo por caída de tensión	31
	3.1.2. Cálculo por capacidad de corriente	33
3.2.	Cálculo de iluminación	35
	3.2.1. Iluminación en interiores.....	36

3.2.1.1.	Método de cavidad zonal	36
3.3.	Cálculo de la red de tierras	45
3.4.	Cálculo de canaletas	46
4.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES DEL ÁREA DE SALUD	49
4.1.	Tableros	49
4.2.	Interruptores	49
4.3.	Protección.....	49
4.4.	Pararrayos y redes de tierra	50
4.5.	Conductores	50
4.6.	Canaletas	50
4.7.	Iluminación	50
5.	ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	51
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES.....	57
	BIBLIOGRAFÍA.....	59
	APÉNDICES.....	61
	ANEXOS	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Curva horaria de potencia activa	3
2.	Conductores.....	10
3.	Gráfica de corrientes	17
4.	Gráfica de voltajes	18
5.	Gráfica de potencia	20
6.	Gráfica potencia reactiva.....	21
7.	Gráfica de potencia aparente	22
8.	Diagrama unifilar	29
9.	Escenario	37
10.	Reluctancia	41
11.	Índice de cavidad	42

TABLAS

I.	Caracterización por cuartos	6
II.	Caracterización del pasillo	6
III.	Caracterización de servicios sanitarios	6
IV.	Resistencia de aislamiento.....	9
V.	Capacidad de conductores.....	11
VI.	Capacidad de aislamiento	12
VII.	Resumen de la gráfica de corrientes	18
VIII.	Valores.....	24
IX.	Medición de iluminación	27

X.	Cálculo de conductores por área del conductor por caída de tensión ..	33
XI.	Conductores	34
XII.	Cargas	35
XIII.	Cuadro de resumen de colores de ambiente	36
XIV.	Reflectancia efectiva.....	43
XV.	Reflectancia de cavidad de piso	44
XVI.	Resistividad	46

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
j	Ángulo de desfase entre los valores efectivos de voltaje y corriente
D	Intervalo de cambio del valor de una variable
Ω	Resistencia eléctrica en ohms
r	Resistividad eléctrica de un material
%	Valor en porcentaje
∞	Valor infinito

GLOSARIO

Impedancia	Resistencia aparente de un circuito dotado de capacidad y autoinducción al flujo de una corriente eléctrica alterna, equivalente a la resistencia efectiva cuando la corriente es continua.
Kilowatt/hora	Una medida práctica de energía. Es la energía consumida en una hora cuando la potencia es de 1 000 watt.
Aislamiento	Se produce cuando se cubre un elemento de una instalación eléctrica con un material que no es conductor de la electricidad, es decir, un material que resiste el paso de la corriente a través del elemento que alberga y lo mantiene en su desplazamiento a lo largo del semiconductor.
Amperio	Unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica.
Acometida	Conjunto de conductores y componentes que se utilizan para transportar la energía eléctrica desde las líneas de distribución de baja tensión de la empresa distribuidora hasta la instalación eléctrica del mismo

Dieléctrico	Es un material con una baja conductividad eléctrica, es decir, un aislante, el cual tiene la propiedad de formar dipolos eléctricos en su interior bajo la acción de un campo eléctrico.
Capacidad	Es la capacidad máxima de conducción en amperios a temperatura ambiente de los conductores eléctricos
Carga	Cantidad de potencia dada o recibida en un punto sobre un intervalo de tiempo para transportar la energía eléctrica desde el transformador hasta el contador del usuario.
Ampacidad	Es la máxima intensidad de corriente que puede circular de manera continua por un conductor eléctrico sin que éste sufra daños.
Demanda	Suma total de la carga y las pérdidas de potencia correspondientes en un instante determinado, de un cliente o usuario, sector de usuarios o un sistema en su totalidad.
Factor de potencia	Razón entre la potencia eléctrica útil consumida y la cantidad de potencia eléctrica que se debe suministrar al consumidor.
Potencia eléctrica	La potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la

cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio o watt (W).

Resistencia eléctrica

Se le denomina resistencia eléctrica a la oposición al flujo de electrones al moverse a través de un conductor.

RESUMEN

El trabajo en el área de salud de Alta Verapaz estudia los parámetros de confiabilidad, ya que ha crecido con un desorden que sobrepasa los límites garantizarles.

Este estudio se compone de pruebas según normas internacionales de calidad de servicio y parte por un balance de cargas así como un análisis de los voltajes cuando los equipos están funcionando. Se incluyen cálculos teóricos de conductores y el aislamiento necesario para garantizar la seguridad del inmueble.

También se hacen mediciones de luxes ya que siendo un área de salud se debe contar con la luminosidad óptima para los trabajos a realizar.

Se hace un estudio del consumo en la hora máxima para garantizar que el alimentador sea el óptimo y no este sobrecargado.

OBJETIVOS

General

Estudiar la confiabilidad para toda la instalación eléctrica que conforma el área de salud para así garantizar la funcionalidad según las normas y así sugerir las mejoras.

Específicos

1. Dimensionar el total de la potencia instalada.
2. Analizar la cantidad de luxes que hay en cada habitación.
3. Verificar el estado de las tuberías para todos los conductores.
4. Analizar que todos los tableros estén en condiciones de funcionar correctamente.
5. Determinar y presentar las soluciones a los problemas que se pudiese encontrar al realizar el estudio.

INTRODUCCIÓN

El aumento constante de la población en Cobán Alta Verapaz ha obligado al área de salud a modificar su instalación eléctrica desordenadamente, ya que la carga poco a poco está creciendo. Es importante un estudio de toda la instalación por temas de desbalance de corriente y niveles de tensión, lo cual puede repercutir en una mala calidad de energía.

En el presente trabajo se hace énfasis a la actualidad de las instalaciones su análisis teórico y sus posibles soluciones que puedan tener las mismas, presentando un rediseño de los principales elementos que componen la instalaciones eléctricas del área de salud de Cobán Alta Verapaz, cuya implementación permitirá tener una red eléctrica eficiente y segura, que además prolongará su vida útil.

1. DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES DEL ÁREA DE SALUD DE ALTA VERAPAZ

1.1. Instalaciones

Es el conjunto de circuitos eléctricos que tiene como objetivo dotar de energía eléctrica a edificios, instalaciones, lugares públicos, infraestructuras, entre otros. Incluye los equipos necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y la conexión con los aparatos eléctricos correspondientes..

Los requisitos necesarios para una instalación eléctrica son:

- Una instalación segura.
- Una instalación normada.
- Una instalación accesible para mantenimiento,
- Una instalación eficiente y económica.

Las instalaciones eléctricas antiguas, sin duda, no están preparadas para resistir la creciente demanda eléctrica.

Los conductores eléctricos que hayan cumplido su vida útil (20 años), son una de las principales causas de los accidentes eléctricos, si:

La sección (grosor) de los conductores no está de acuerdo a la potencia actual que consume la instalación.

El sobrecalentamiento de los conductores, producido por el exceso de corriente eléctrica que circula, se traduce en desgaste del aislamiento.

El conductor utilizado es de mala calidad, existiendo diferencias en la sección del cobre, a pesar de ser conductores de la misma sección nominal.

Se producen daños mecánicos sobre los cables durante su instalación.

Además, debemos tener en cuenta que:

El mal estado del material aislante, debido a la antigüedad del conductor, puede originar un cortocircuito, y se incrementa el peligro por la presencia de humedad en el lugar de instalación.

El crecimiento desmedido de las instalaciones mediante el uso de extensiones y sin la asesoría de profesionales calificados, puede ocasionar una sobrecarga en la instalación.

La compra de artículos a precios reducidos y de baja calidad, generalmente incumplen las normas de producto y pueden poner en riesgo la instalación. La ausencia de mantenimiento de la instalación incrementa día a día el nivel de riesgo y la probabilidad de accidentes eléctricos.

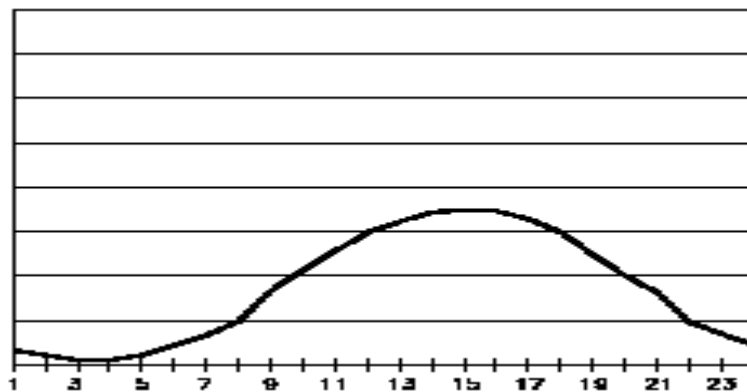
En este aspecto, el rol del usuario es crítico para evitar cualquier riesgo que produce una instalación en mal estado. El usuario debe estar asesorado por profesionales calificados para estas labores, cuyas recomendaciones servirán para tomar mejores decisiones en favor de la seguridad eléctrica.

1.1.1. Caracterización de cargas

Sirve para ver el comportamiento eléctrico en el área de salud y así determinar el momento donde más se consume energía.

A continuación se muestra una gráfica de la figura 1, donde se representa las horas de mayor y menor consumo que tiene el área de salud éstas definen el comportamiento de la carga en función del tiempo a lo largo del día; cómo podemos observar la menor demanda de potencia se da entre las 19:00 hrs. y las 11:00 horas, mientras que el período de mayor demanda está entre las 13:00 y las 17:00 hrs. Esta curva es característica de un edificio que labora en horario de oficina, es decir, entre las 8 y las 17 horas.

Figura 1. **Curva horaria de potencia activa**



Fuente: elaboración propia.

Los datos de carga para el área de salud son:

- La demanda máxima (Dmax) es de 35.6KW.
- Total de carga instalada de 80,85 Kilowatts.

- La energía consumida durante el día es de 280,5 KWh.
- El factor de potencia es de 0,95.

Con la siguiente ecuación se calcula la demanda promedio:

$$DP = \frac{\text{Energía consumida en el período}}{\text{Núm. horas del período}}$$

DP: demanda promedio

$$DP = \frac{280,5 \text{ kwh}}{24 \text{ h}} = 11,69 \text{ kw}$$

El factor de carga se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Fc = \frac{DP}{Dmax}$$

Donde:

DP = demanda promedio

Dmax = demanda máxima

$$\frac{11,69 \text{ kw}}{35,6 \text{ kw}} = 0,33$$

El factor de pérdidas se calcula:

$$Fp = \frac{\sum Phr^2}{24 * Dmax^2} * 100 \%$$

Donde:

Phr = demandas horarias

Dmax = demanda máxima

$$Fper = \left(\frac{9490,6}{24} * 35,62 \right) * 100 \% = 31,2 \%$$

Las cargas fueron designados únicamente como fuerza e iluminación ya que el área de salud no tiene conectado otro tipo de carga especial.

La iluminación es de gas neón, están distribuidas desordenadamente ya que varios cuartos se han ido construyendo con el paso del tiempo. Depende del tamaño del cuarto el número de luminarias instaladas.

Las cargas fueron designados únicamente como fuerza e iluminación ya que el área de salud no tiene conectado otro tipo de carga especial.

La iluminación es de gas neón, están distribuidas desordenadamente ya que varios cuartos se han ido construyendo con el paso del tiempo. Depende del tamaño del cuarto el número de luminarias instaladas.

Tabla I. **Caracterización por cuartos**

Cuartos	Cantidad de lámparas	Tubos	Potencia	Potencia
			Watts	Total
1	5	2	25	250
2	5	2	40	400
3	5	2	40	400
4	4	1	40	160
5	10	2	25	500
6	5	2	40	400
7	5	2	20	200

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Caracterización del pasillo**

Pasillo	Cantidad de lámparas	Tubos	Potencia	Potencia
			Watts	Total
	7	2	60	840

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Caracterización de servicios sanitarios**

Sanitarios	Cantidad de lámparas	Tubos	Potencia	Potencia
			Watts	Total
Por Baño	5 lámparas	2	40	400
Total	5 lámparas	2	25	250

Potencia total Instalada de 3 800 Watts.

Fuente: elaboración propia.

El circuito de fuerza es el total de tomacorrientes de cada cuarto habiendo 3 tomacorriente con un valor de 150VA para cada uno, por lo que el total es: 3150VA

Se debe tomar en cuenta que el sistema de iluminación se tienen elementos no lineales, es decir, no son 100 % resistivos y estos descomponen la onda de tensión, ya que para la ionización del gas que está dentro de estos tubos es necesario un voltaje alto y por tanto este tipo de tecnología utiliza un dispositivo llamado balastro.

El balastro no es más que un dispositivo eléctrico capaz de aumentar 7 veces el voltaje de la fuente, con ese nivel de voltaje el gas se ioniza y los fotones empiezan a iluminar el tubo.

El balance de carga es necesario para una correcta distribución de las cargas en cada circuito para evitar una sobrecarga en algún conductor o en la propia protección del circuito.

1.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores

El estado que tienen los conductores se comprueban con una medición de parámetros que involucra la resistencia del aislamiento, verificación física de los conectores y la protección del tablero de distribución así como los alimentadores principales.

1.1.2.1. Resistencia de aislamiento

Voltaje máximo al que puede exponerse un material sin provocarle perforación alguna; expresado en voltios o kilovoltios por unidad de grosor. también llamada resistencia dieléctrica.

La resistencia del aislamiento es un indicador de resistencia paralelo con relación a la resistencia medida, que en consecuencia llega a disminuir la temperatura indicada. En la producción y en la aplicación de los termómetros de resistencia hay que considerar la importancia de asegurar una suficientemente alta resistencia del aislamiento entre alambres y la vaina protectora del sensor, así como entre los respectivos alambres. La Norma DIN EN 60751 exige que la resistencia del aislamiento que debe ser alcanzada, ha de ser medida a una temperatura de ambiente (15 °C do 35 °C) con tensión continua (de 10 a 100 V), a una humedad relativa del aire <80 % y deber tener el valor mínimo de 100 ohmios.

Como con el aumento de temperatura baja la resistencia del aislamiento dependiendo de la temperatura, la resistividad del aislamiento también fue adecuadamente determinada en las normas. La medición deber ser realizada a una corriente continua de 10 V como máximo entre todos los alambres y el tubo de protección. Para el aislamiento es imprescindible asegurar las siguientes resistividades mínimas:

Tabla IV. **Resistencia de aislamiento**

Temperatura máxima admitida en °C	Resistencia mínima del aislamiento en MΩ
100 – 300	10
301 – 500	2
501 – 800	0,5

Fuente: elaboración propia.

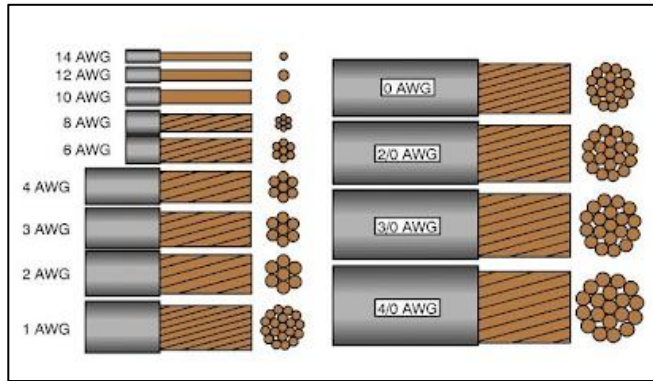
Las causas de la bajada de resistencia del aislamiento son, entre otras:

- Humedad en los materiales
- Evaporación de los materiales de conducción
- Conductividad de los materiales de aislamiento

1.1.2.2. Calibres y capacidades de conductores

El calibre define el tamaño de la sección transversal del conductor. El calibre puede estar expresado en mm² o bajo la normalización americana en AWG (American Wire Gauge). Cuando se expresa en AWG, el más grueso es el 4/0, siguiendo en orden descendente 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 14, 16 y 18 que es el más delgado usado en instalaciones eléctricas. En este caso, mientras más grande es el número más pequeña es la sección transversal del conductor. Para conductores con un área mayor del designado como 4/0, se hace una designación en función del su área en pulgadas, denominada CM (circular mil), siguiendo 250,000 CM o 250 KCM.

Figura 2. **Conductores**



Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

La tabla V, muestra las relaciones anteriormente mencionadas, en la que se estima el tamaño del conductor dada su sección transversal.

Tabla V. **Capacidad de conductores**

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
Cobre			Aluminio				
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

La tabla VI indicará la relación anteriormente mencionada, debido a la variación del comportamiento del material del cual está construido el aislamiento del conductor y para lo cual se presenta la siguiente tabla:

Tabla VI. **Capacidad de aislamiento**

MATERIAL AISLANTE	TIPO	TEMP MAX °C	CUBIERTA	UTILIZACIÓN
Hule resistente al calor	RH	75	Resistente a la humedad retardadora de flama	Locales secos
Hule resistente al calor	RHH	90		Locales secos y húmedos
Hule resistente al calor y humedad	RHW	75		
Termoplástico	T	60	Ninguna	Locales secos
Termoplástico resistente humedad	TW	60		Locales húmedos y secos
Termoplástico resistente calor y humedad	THW	75		

Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Tuberías

Una canaleta o conducto eléctrico es un sistema de tubería que se usa para la protección y el enrutamiento del cableado eléctrico. El conducto eléctrico puede estar hecho de metal, plástico, fibra o barro cocido. Los conductos flexibles están disponibles para propósitos especiales.

Las tuberías de una instalación deben calcularse para no saturar de cables que, con el crecimiento de carga y elevación de temperatura de los conductores, puedan provocar una falla muy grave.

Como los cálculos son basados en la capacidad de conducción se debe procurar que los alimentadores tengan las mismas características de ventilación para no sobrecalentar el material del cual está construida la tubería y ocasionar accidentes.

1.1.4. Protecciones

En toda instalación eléctrica deben existir protecciones por seguridad para el personal y los equipos conectados. Estas protecciones deben calcularse para condiciones máximas de falla.

Se inicia por explicar que los dispositivos de protección en una instalación eléctrica son los interruptores termomagnéticos, interruptores de falla a tierra, los fusibles o una combinación de ellos, y sus propósitos fundamentales son:

- Proteger los conductores y el equipo instalado contra efectos excesivos de temperatura.
- Proteger de una sobrecorriente (cualquier corriente eléctrica en exceso, la cual puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra).

Estos dispositivos son los encargados de interrumpir la energía eléctrica en caso de falla en el sistema eléctrico y una selección no adecuada del dispositivo, pone en riesgo la seguridad de las personas y sus bienes.

Los accidentes generalmente ocurren cuando tenemos exceso de extensiones eléctricas y se conectan infinidad de aparatos en ella, cuando el aislamiento de los conductores es dañado, cuando por accidente se introduce una parte metálica en un receptáculo; si a esto sumamos una inadecuada selección del dispositivo de protección o el uso de productos de dudosa calidad, puede resultar en un incendio o en una descarga eléctrica para las personas.

Un buen diseño de protecciones deben ser capaz de aislar la falla sin afectar un circuito ajeno a la misma. Las instalaciones del área de salud de Alta Verapaz están bien dimensionadas para la carga que maneja cada circuito.

1.1.4.1. Disparo

La prueba de disparo se utiliza en una instalación de forma coordinada, estos elementos protegen ciertas zonas para poder así aislar la falla que no otras zonas donde no existe falla pueda seguir funcionando normal. La prueba de disparo es una de muchas pruebas para tener bien coordinada la protección.

Esta prueba indica la corriente máxima con la que la protección va actuar para liberar la falla, esta corriente es superior a la corriente nominal. Hay que tomar en cuenta que las protecciones tiene un número de veces para actuar porque con el tiempo empieza a perder sus propiedades para actuar correctamente.

1.1.4.2. Capacidad de cortocircuito

Ya se mencionó lo importante de las protecciones para garantizar la seguridad y se hizo una prueba para analizar. Para el área de salud se hicieron algunas pruebas para ver el comportamiento de las protecciones, se hicieron

cortocircuitos en algunos circuitos para analizar como actuaba la protecciones y verificar que las otras áreas no fueran afectadas por esta falla simulada. Las protecciones actuaron bien libertando la falla mientras las demás áreas siguieron operando normal, como debe de ser.

1.1.4.3. Corriente nominal

La intensidad nominal es la corriente que se debe suministrar para que una unidad funcione en su punto de funcionamiento nominal, es decir, para su punto óptimo de rendimiento.

1.1.5. Tableros

Un cuadro de distribución, cuadro eléctrico, centro de carga o tablero de distribución es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica, en él se protegen cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación a través de fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales. Al menos existe un cuadro principal por instalación, como ocurre en la mayoría de las viviendas, y desde éste pueden alimentarse uno o más cuadros secundarios, como ocurre normalmente en instalaciones industriales y grandes comercios. El área de salud cuenta con un tablero principal y tableros secundarios.

Los tableros secundario son aquellos encargados de proteger un área específica y cuentan con protecciones para liberar fallas. Los tableros secundarios pueden tener derivaciones y tienen un *breaker* principal.

Los tableros que tienen instalados el área de salud son de 2 barras para las fases y 1 para el neutro. Los interruptores termomagnéticos dependen de

cuantas fases van a ser requeridas según la carga. Como es una instalación sencilla únicamente tenemos interruptores para la iluminación y la fuerza.

1.1.5.1. Condición actual

El Área de salud cuenta con una instalación de muchos años pero que de momento funciona bastante bien, hay algunos desperfectos pero son básicamente estéticos. Las protecciones fueron bien dimensionadas según la carga que están protegiendo y el calibre de los conductores cumple con la normativa de estar a no más del 70 % de su máxima capacidad.

1.2. Análisis de redes

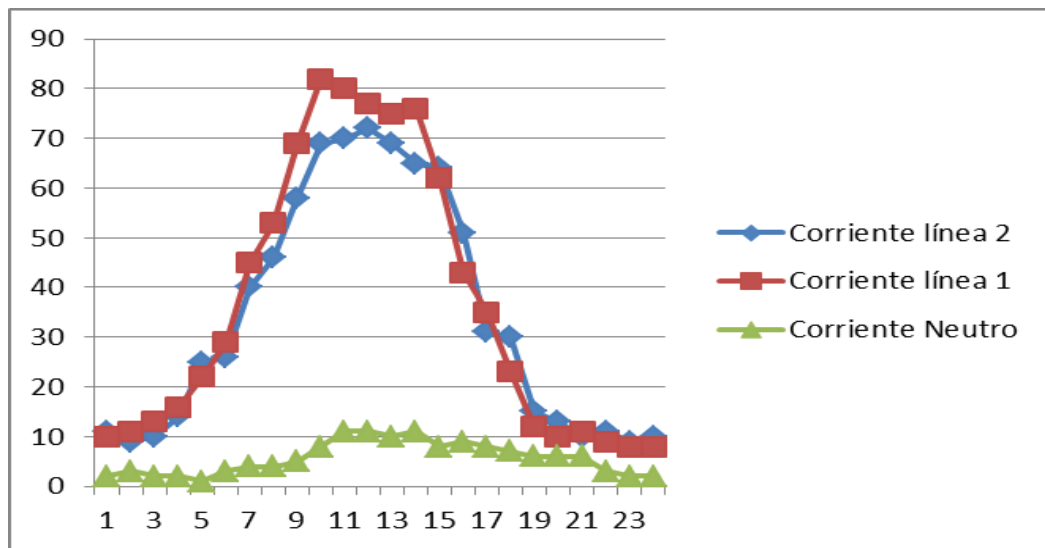
Un análisis de redes consiste en tomar lectura periódicamente de los voltajes, corrientes, potencias, factor de potencia y así se analiza los desbalances en los tableros.

Con este estudio se puede detectar la hora de máxima demanda y la de menor demanda, así como también las fluctuaciones de voltaje que ocurre en cada circuito. Esto es vital para garantizar el buen funcionamiento de toda la instalación y de los equipos que se conecten ya que por ser un área de salud hay equipo médico que solo funciona con $120V \pm 5V$ y si en algún momento el voltaje cae a 110V simplemente el equipo no va funcionar. Por norma las empresas distribuidoras tiene derecho a entregar un voltaje entre 109 y 130 voltios pero si superan ese rango, ya pueden entrar en una sanción, por supuesto cuando hay una falla transitoria los voltajes van a fluctuar más allá de ese rango pero será temporal.

1.2.1. Corrientes

Las corrientes tomadas tienen un factor que indican la variabilidad de la misma durante el transcurso del tiempo de la medición, ésta, que tiene un comportamiento determinante en la durabilidad del conductor y de la instalación misma, es analizada versus el tiempo en el que fue tomada la medición, y está dada por fases, la cual se presenta en la gráfica de la figura 3, la información numerada en tiempo se presenta en el apéndice B.

Figura 3. Gráfica de corrientes



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar máxima demanda ocurre aproximadamente a medio día que es cuando la mayor cantidad de personas visitan el área de salud.

Tabla VII. **Resumen de la gráfica de corrientes**

Máxima corriente línea 1	82 amperios
Máxima corriente línea 2	72 amperios
Máxima corriente neutro	11 amperios

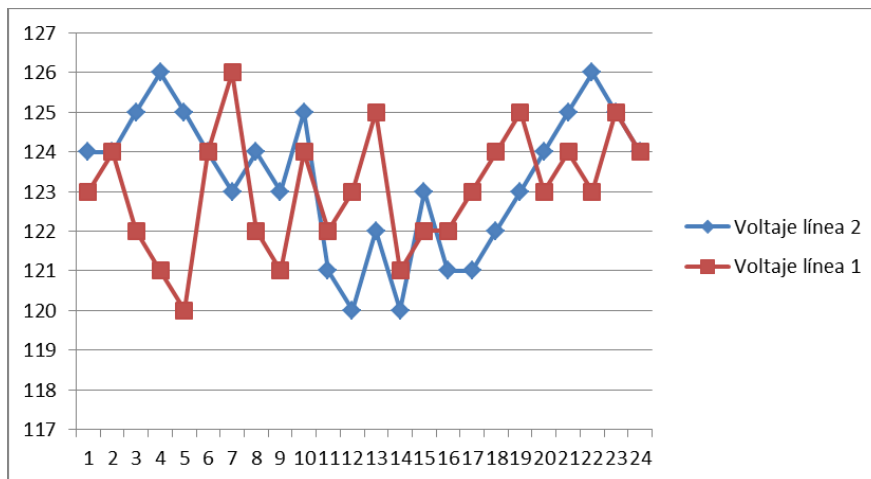
Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Voltajes

Los valores de voltajes se midieron en los mismos intervalos de tiempo que las corrientes y depende de la fuente de alimentación, es decir, del transformador de distribución propiedad de Energuate.

La onda de tensión se ve afectada por el tipo de carga que esté conectada pero dado los aparatos que se encuentran en el Área de Salud no se ve muy afectada como se puede apreciar en la gráfica de la figura 4.

Figura 4. **Gráfica de voltajes**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se describen las mediciones. Según la NTSD el porcentaje de variación en el voltaje para un usuario urbano en baja tensión es del 12 %. Y como se puede ver en las gráficas, el voltaje esta en óptimas condiciones.

Se debe tomar en cuenta que al no tener grandes equipos que consuman mucho, curva de voltaje es bastante uniforme y esa variaciones es completamente normal, ya que el voltaje tiende a subir un poco cuando la carga disminuye.

1.2.3. Factor de potencia

El factor de potencia aparece en las instalaciones debido al tipo de carga que se esté alimentando, ya que hay equipos que necesitan la potencia reactiva para obtener los campos electromagnéticos como los motores y dicha energía no genera trabajo pero es necesaria. El incremento de la potencia reactiva genera pérdidas en el sistema ya que el factor de potencia se acerca a valor cero lo cual es perjudicial. El factor de potencia ideal es valor 1, pero eso solo es posible para una carga netamente resistiva y como en el Área de Salud de Alta Verapaz se tiene mucha luminaria con balastro, esto hace que haya un poco de energía reactiva. Revisando la Norma NTSD los usuarios superiores a 11KW deben tener un factor de potencia igual o mayor a 0,90.

1.2.4. Potencia

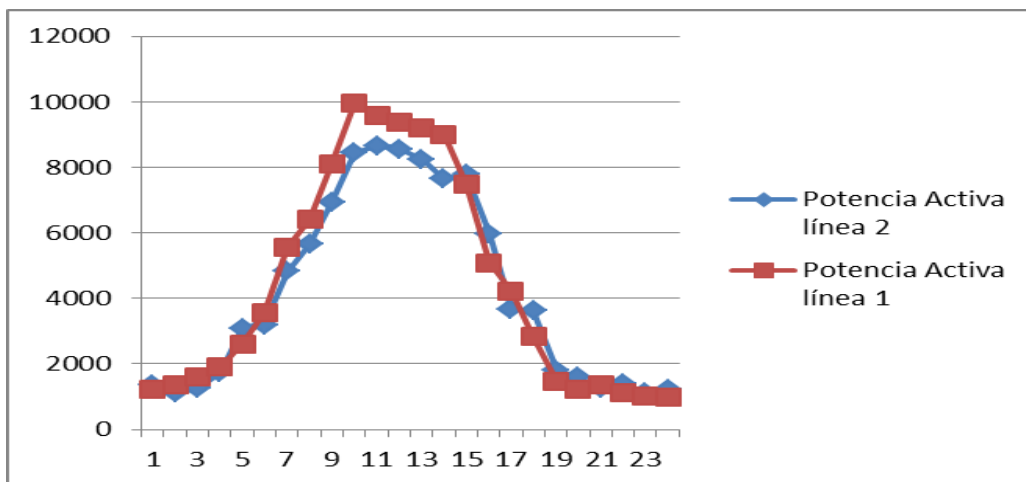
Capacidad para realizar una función o una acción, o para producir un efecto determinado.

1.2.4.1. Potencia activa

La potencia activa es aquella que se aprovecha como potencia útil, también llamada potencia verdadera y esta es debido a los dispositivos resistivos.

$$P = V * I * \cos\theta$$

Figura 5. Gráfica de potencia



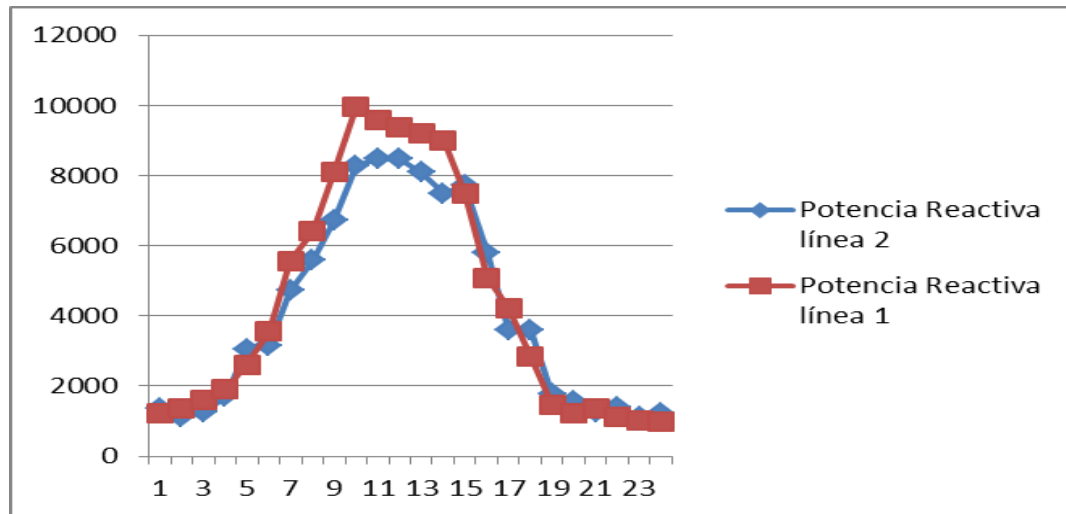
Fuente: elaboración propia.

1.2.4.2. Potencia reactiva

La potencia activa es aquella que se aprovecha como potencia útil, también llamada potencia verdadera y esta es debido a los dispositivos resistivos. Como no hay muchos equipos que consuman potencia reactiva se puede apreciar que la potencia activa es casi igual a la potencia reactiva ya que el ángulo es muy pequeño.

$$Q = V * I * \text{sen}\theta$$

Figura 6. **Gráfica potencia reactiva**

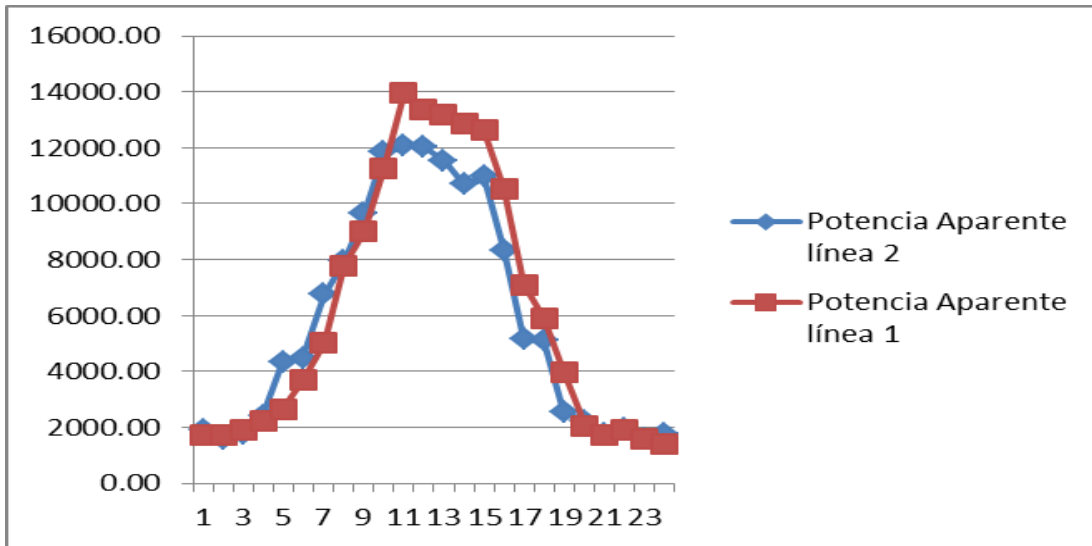


Fuente: elaboración propia.

1.2.4.3. **Potencia aparente**

Potencia aparente(S), es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene como la suma vectorial de las potencias activa y reactiva y representa la ocupación total de las instalaciones debidas a la conexión del receptor. Su unidad de medida es el voltamperio (VA).

Figura 7. Gráfica de potencia aparente



Fuente: elaboración propia.

1.2.5. Desbalance

El desbalance trifásico es el fenómeno que ocurre en sistemas trifásicos donde las tensiones o ángulos entre fases consecutivas no son iguales

El balance perfecto de tensiones es técnicamente inalcanzable. El continuo cambio de cargas presentes en la red, causan una magnitud de desbalance en permanente variación.

A modo de recordar, un sistema de generación simétrico, es aquel donde las tres tensiones tienen igual magnitud de tensión y sus factores están a 120° entre sí. Una carga trifásica simétrica, es aquella que genera tres corrientes de magnitudes y fases iguales respecto a la tensión.

La mera conexión de cargas residenciales, de naturaleza monofásica, provocan un estado de carga en el sistema trifásico que no es equilibrado entre fases, de allí las caídas de tensión del sistema tampoco serán equilibradas dando por resultado niveles de tensión desiguales

1.3. Red de tierras

La conexión a tierra de un sistema eléctrico es una decisión que encaran los ingenieros eléctricos que están relacionados con las tareas de diseño, planeación, modificación y operación de los sistemas eléctricos industriales, y porque no decirlo, de las redes en baja tensión comerciales y domésticas.

La puesta a tierra del sistema eléctrico (PTS) consiste de todas las conexiones posibles a tierra que están interconectadas a los sistemas eléctricos. También se refiere a la conexión y puesta a tierra de los equipos y de los elementos metálicos (PAE) que no conducen corriente eléctrica pero que forman parte de la red eléctrica, por ejemplo, tableros de todos tipos, ductos metálicos, carcasas de motores, estructuras metálicas, entre otros.

La PTS proporciona trayectorias de baja impedancia para el retorno de la corriente de carga o falla a su fuente de energía. El camino puede no ser intencional, es decir, puede haber más de un camino.

De acuerdo con los objetivos que se tienen considerados en el diseño de redes eléctricas específicas, la PTS tiene las siguientes aplicaciones o funciones:

- Para el retorno de las corrientes de falla.
- Como trayectorias para las corrientes por descargas eléctricas atmosféricas.
- Como referencia de tierra para equipos de telecomunicaciones y electrónica.
- De seguridad.

1.3.1. Condición actual

Actualmente el Área de Salud no cuenta con una red de tierra pero se procedió hacer un estudio con un MEGGER y así determinar la resistividad del terreno.

Con un MEGGER como instrumento de medición de tierras se instalaron las puntas a distancias normadas y se aplicó el voltaje. En la tabla VIII se aprecian los valores.

Tabla VIII. **Valores**

Resistencia del terreno	1,9ohm
Resistividad del terreno	45,12 Ω *m
Distancia entre puntas	5,1m

Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Comprobación de utilidad

La utilidad se hace comparando el valor medido en campo contra los valores que están normados. Del curso de instalaciones eléctricas y las normas se tiene que no se debe superar el valor de 10ohm para tener una buena

resistencia. El valor medido en campo fue de 1,9ohm lo que demuestra que se tiene un buen terreno para hacer una instalación de red de tierras.

Seguramente por temas de presupuesto no se hizo una red de tierras cuando se construyó el recinto, pero debería de tenerlo ya que es algo que está normado y es garantía de seguridad.

1.4. Pararrayos

Los pararrayos son dispositivos utilizados para proteger un área específica contra las descargas electromosféricas, Consisten en un mástil metálico con un cabezal coptador.

El cabezal tiene muchas formas en función de su primer funcionamiento: puede ser en punta, multipuntas, semiesférico o esférico y debe sobresalir por encima de las partes más altas del edificio, para evitar que una gran cantidad de carga eléctrica provoque daños, como incendios o incluso la muerte de animales o personas.

El escoger la punta o forma puntiaguda del sistema es porque la concentración de campos eléctricos es mayor, por ello las descargas escogen su trayectoria a través de chimeneas, torres o esquinas de estructuras o edificios.

1.4.1. Situación actual

Las instalaciones del Área de Salud no cuenta con pararrayos ya que solo cuenta con un nivel de construcción, en las proximidades de este recinto se encuentra el Hospital Regional de Cobán el cual cuenta con tres niveles y hay

bastante arbolado, seguramente por temas de presupuesto y que a criterio no era necesario ya que en la región prácticamente no caen rayos.

1.5. Iluminación

La iluminación es muy importante para el propósito que cumple el Área de Salud, está es muy importante ya que las personas reciben exámenes o bien se les inyecta contra diferentes enfermedades o virus.

1.5.1. Revisión visual

A simple vista se observa varias lámparas que se han ido instalando desordenadamente, la iluminación no es la que debería ser ya que siendo un Área de Salud las enfermeras inyectan y evalúan pacientes, por lo que deben ver con claridad y no es el caso.

En los pasillos la iluminación está bien así como en los sanitarios. Hay algunos salones donde de momento la iluminación es muy mala debido a lámparas quemadas o en mal estado.

Además del nivel de iluminación se requiere cuidar la colocación de las luminarias de tal forma que se reduzca el deslumbramiento directo o reflejado, ya que es algo muy importante para las enfermeras que laboran en dicho centro.

1.5.2. Características de las luminarias

Hay que evaluar el tipo luminaria que debería estar instalada para garantizar los luxes necesarios para una buena visibilidad. Se debe ver el costo

beneficio de las tecnologías que se encuentran en el mercado para ver cual conviene más a largo plazo.

1.5.3. Medición de iluminación

La medición de luxes se realizó poniendo un instrumento a medida promedio de 0,8 metro de altura. En la tabla IX se puede analizar la cantidad de luz con la que cuenta cada ambiente y comparándola con la normativa podemos concluir la calidad de visibilidad que tienen las personas.

Tabla IX. **Medición de iluminación**

Ambientes	Medición (lux)	Ideal (lux)
Pasillos	100	150
Salones	210	300
Sanitarios	78	150

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar las condiciones de luminosidad no son las ideales, pero tampoco se está hablando de condiciones críticas, aunque donde las enfermeras ponen las vacunas se debe tener un mínimo de 1 000 lux.

1.6. Instalaciones especiales

Las instalaciones especiales son aquellas que requieren mucha atención dada sus características de fabricación, dentro de lo que pueden mencionarse: equipo de medición, balanzas electrónicas, y equipo de laboratorios de diversa índole, donde el valor constante de tensión es muy importante y los conductores e iluminación del ambiente igualmente.

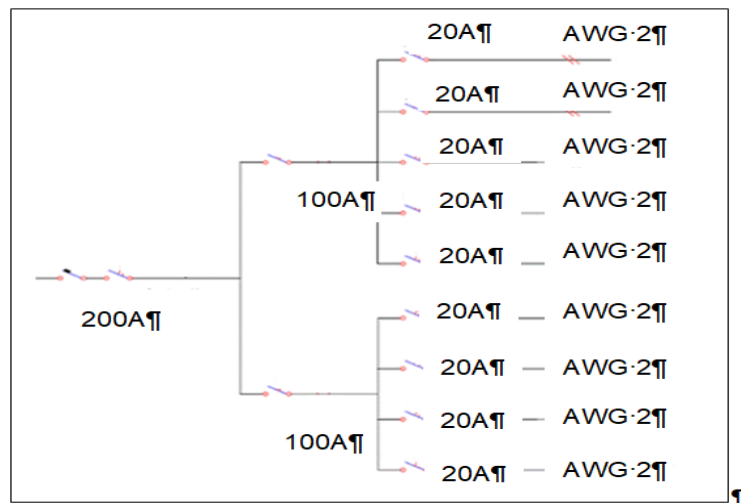
2. DIAGRAMAS UNIFILARES

Un esquema o diagrama unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella. El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos en que el conjunto de conductores de un circuito se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores. Típicamente el esquema unifilar tiene una estructura de árbol, aunque no es la única.

2.1. Diagrama unifilar del área de salud de Alta Verapaz

En la figura 8 se detalla el diagrama unifilar del área de salud.

Figura 8. Diagrama unifilar



Fuente: elaboración propia.

3. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL ÁREA DE SALUD

Para tener un respaldo de la instalación eléctrica del Área de Salud en su funcionamiento y calidad se deben hacer cálculos teóricos del calibre de los cables, tuberías, lámparas, red de tierras entre otros. Estos cálculos servirán para poder hacer un dictamen correcto de la explotación actual de la red eléctrica.

3.1. Cálculo de conductores

Para estos cálculos se usaron dos métodos, por caída de tensión y por capacidad de corriente.

3.1.1. Cálculo por caída de tensión

Para este cálculo se debe tomar en cuenta la normativa que indica que:

- Para caída de tensión es permisible un 2 % de la tensión nominal en la acometida.
- Y un 3 % de caída de tensión para los ramales.

Con las siguientes fórmulas se procederá a hacer el cálculo.

$$CT = \frac{2L*RI*I}{1000} \quad \text{y} \quad \%CT = \frac{100*CT}{V}$$

Donde:

CT = caída de tensión

L = largo del conductor en metros

RI = Resistencia en CC a 75C según tabla ohm/km

I = Corriente en el conductor. Amperes

V = tensión del suministro. Volts

%CT = porcentaje de caída de tensión

Por lo tanto se procederá a calcular:

$$CT = \frac{2*35*6,5*15}{1000} = 6,825V$$

$$\%CT = \frac{100*6,825}{120} = 5,215$$

Como podemos ver, la caída de tensión para un cable de 3 de longitud, calibre 12AWG y una carga de 15amp nos da un porcentaje de variación aceptable ya que la norma nos permite hasta un 8 %.

Se usó la corriente máxima a la cual el conductor estaría sometido y la caída de tensión en todos los ramales es aceptable, ninguna sobrepasa los 8 % que se tiene permitido.

Tabla X. **Cálculo de conductores por área del conductor por caída de tensión**

circuito	Carga	longitud	resistencia ohm/km	voltaje	CT	%CT
1	15	36	6,5	120	7,0	5,9
2	14	35	6,5	120	6,4	5,3
3	18	30	6,5	120	7,0	5,9
4	12	42	6,5	120	6,6	5,5
5	10	40	6,5	120	5,2	4,3
6	16	35	6,5	120	7,3	6,1
7	15	35	6,5	120	6,8	5,7
8	14	25	6,5	120	4,6	3,8
9	16	25	6,5	120	5,2	4,3

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Cálculo por capacidad de corriente

La ampacidad de un conductor se limita por los dos siguientes factores:

- Conductividad del metal conductor
- Capacidad térmica del aislamiento

Quando se habla de la capacidad de conducir corriente eléctrica, se dice que es la mayor cantidad de potencia que un conductor puede soportar antes de entrar en estrés y dañarse. Se debe recordar que cuando se habla de corriente alterna ocurre un fenómeno llamado efecto piel que consiste en que la corriente eléctrica viaja por la periferia del conductor y no por el centro como lo hace la corriente directa. Según la normativa NEC se recomienda que los conductores no deben estar a más del 80 % de su capacidad nominal.

Si la corriente en el circuito es mayor a 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 75 °C. Si la corriente del circuito es menor de 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 60 °C.

$$KW = \frac{KW * 1000}{V * fp}$$

Donde:

kW = potencia en wilowatt

V = voltaje de la red

Fp = factor de potencia

Para una carga de 16 amperios tenemos:

$$kW = \frac{1824 * 1000}{120 * 0,95} = 16kW$$

Tabla XI. **Conductores**

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 TTHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW DRS
Cobre			Aluminio				
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1000	507	455	545	615	375	445	500

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla XII y tomando en cuenta que los conductores no deben estar cargados más del 80 % de su capacidad nominal se debe escoger el calibre 12 AWG. Y para los demás circuitos se tiene la tabla XII.

Tabla XII. **Cargas**

circuito	Carga	voltaje	kW
1	15	120	15 000
2	14	120	14 000
3	18	120	18 000
4	12	120	12 000
5	10	120	10 000
6	16	120	16 000
7	15	120	15 000
8	14	120	14 000
9	16	120	16 000

Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en la tabla XII todos los circuitos deben tener como mínimo el calibre 12AWG ya que con esta sección transversal se garantiza que en la hora pico los conductores no será sobrecargados y las protecciones son las correctas.

3.2. Cálculo de iluminación

El método que se va utilizar para el cálculo de interiores es de cavidad zonal y este consiste en la definición de lux. Un lux es un lumen por metro cuadrado. Cada lámpara trae estas especificaciones y con los metros cuadrados del lugar se puede determinar la potencia de la lámpara. Esto va depender de los trabajos a realizar en estos salones ya que según la tarea son los luxes que deben haber.

3.2.1. Iluminación en interiores

Existen diferentes métodos para este cálculo pero como ya se explicó anteriormente, se usará el cálculo por cavidad zonal ya que en este método vamos a incluir los colores de ambiente que es algo muy importante.

3.2.1.1. Método de cavidad zonal

Consiste en encontrar un coeficiente de utilización (Cu) en el área o local en estudio el cual está conformado por 3 cavidades las cuales son: cavidad de techo, del local y del suelo.

Con las dimensiones del ambiente y alturas de las cavidades zonales respectivas, se puede determinar ciertas relaciones para encontrar las reflectancias efectivas.

Para aplicar este método se procede en la siguiente forma.

Tabla XIII. Cuadro de resumen de colores de ambiente

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

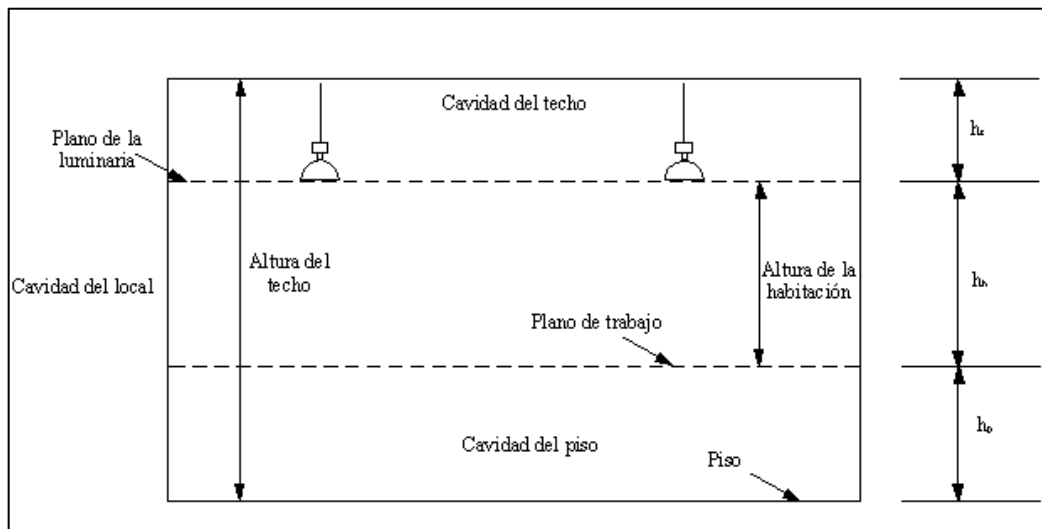
Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de mantenimiento es entre 05 y 08 por temas de suciedad y que la instalación ya tiene años.

El método de cavidades zonales está basado sobre la teoría de que la iluminación media es igual al flujo que incide sobre el plano de trabajo dividido por el área sobre la cual se distribuye. Este avance en el cálculo del factor de utilización se caracteriza principalmente por la introducción de medios, por los cuales pueden calcularse estos para muchas condiciones variables, que antiguamente o bien se ignoraban o se establecían como valores o relaciones fijos.

El nuevo sistema considera la habitación real como constituida por una cavidad de techo por encima de las luminarias, una cavidad de suelo debajo del plano de trabajo y una cavidad de habitación situada entre los dos.

Figura 9. **Escenario**



Fuente: elaboración propia.

En el caso general, están presentes todas estas cavidades. En el caso de luminarias empotradas o salientes, la cavidad de techo es simplemente el techo. Cuando se ha de determinar la iluminación sobre el suelo, la cavidad de suelo se convierte en el suelo.

Ahora es posible calcular las relaciones numéricas denominadas relación de cavidad que pueden usarse para determinar la reflectancia eficaz del suelo y el techo y a continuación hallar el coeficiente de utilización.

Para las tres cavidades se tienen las siguientes formulas.

$$\gamma_h = \frac{5 * h_h * (l + a)}{l * a}$$

$$\gamma_c = \frac{5 * h_c * (l + a)}{l * a}$$

$$\gamma_p = \frac{5 * h_p * (l + a)}{l * a}$$

Donde:

r_h = razón de cavidad de la habitación

r_c = razón de cavidad del techo

r_p = razón de cavidad de suelo

l = largo del local

a = ancho del local

h_h = altura útil de la habitación

h_c = altura de la cavidad del cielo

h_p = altura de la cavidad del piso

Obtener la reflectancia eficaz de la cavidad del techo r_{cc} para la combinación de la reflectancia del techo. Nótese que, para iluminarías empotradas o aplicadas al techo $c = 0$ y la reflectancia de techo puede usarse como reflectancia eficaz de la cavidad. A menos que haya de calcularse la iluminación inicial, las reflectancias de techo y pared deben ser consideradas como reflectancias permanentes.

Para una habitación en el Área de Salud de Alta Verapaz se tienen salones de 4 metros cuadrados y otros de 6 metros cuadrados por tanto tenemos.

$$r_h = \frac{5 \cdot 2 \cdot (4+4)}{4 \cdot 4} = 5$$

$$r_c = \frac{5 \cdot 0.2 \cdot (4+4)}{4 \cdot 4} = 0,5$$

$$r_p = \frac{5 \cdot 0.8 \cdot (4+4)}{4 \cdot 4} = 2$$

Se obtiene la reflectancia efectiva de la cavidad del techo. Se entra a la tabla con el índice de la cavidad del techo como absisa y buscando la curva que corresponde a la combinación de reflectancia medias de paredes y techo se obtiene como coordenada el valor de la reflectancia efectiva $PE = 70 \%$

En forma análoga a lo hecho en obtener la reflectancia efectiva de la cavidad del piso a partir de la figura.

$$P2E = 27,5 \%$$

Como la reflectancia efectiva de la cavidad del piso es 27,5 % > 20 % debemos multiplicar el coeficiente de utilización por el factor 1,07 obtenido de la tabla.

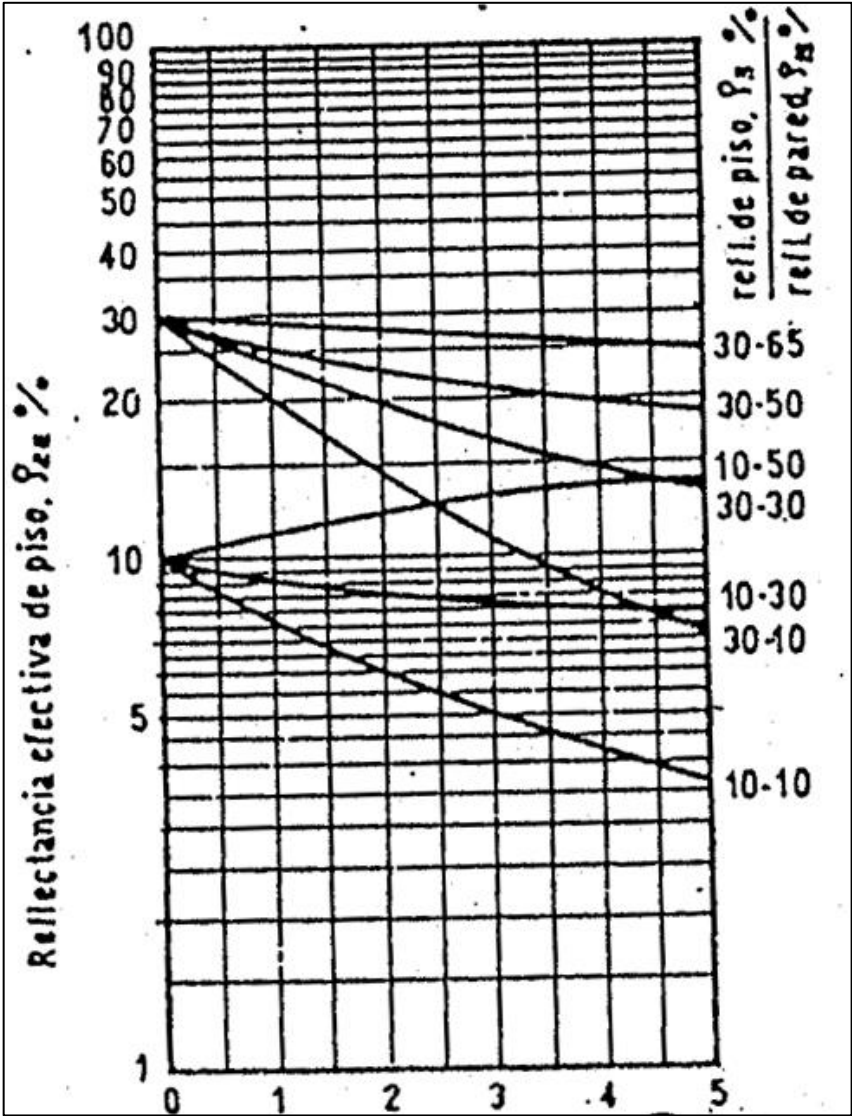
Se obtiene el coeficiente de utilización (u) a partir de la tabla por suponer espaciado / altura de montaje = 0,4

Se entra con la reflectancia efectiva de la cavidad del techo PE = 70 %, la reflectancia de la pared P1= 50 % y con el índice del local K1 = 1,36

Interpolando entre 0,66 para K1 = 1 y 0,59 para el K1 = 2 se obtiene un coeficiente de utilización u = 0,668

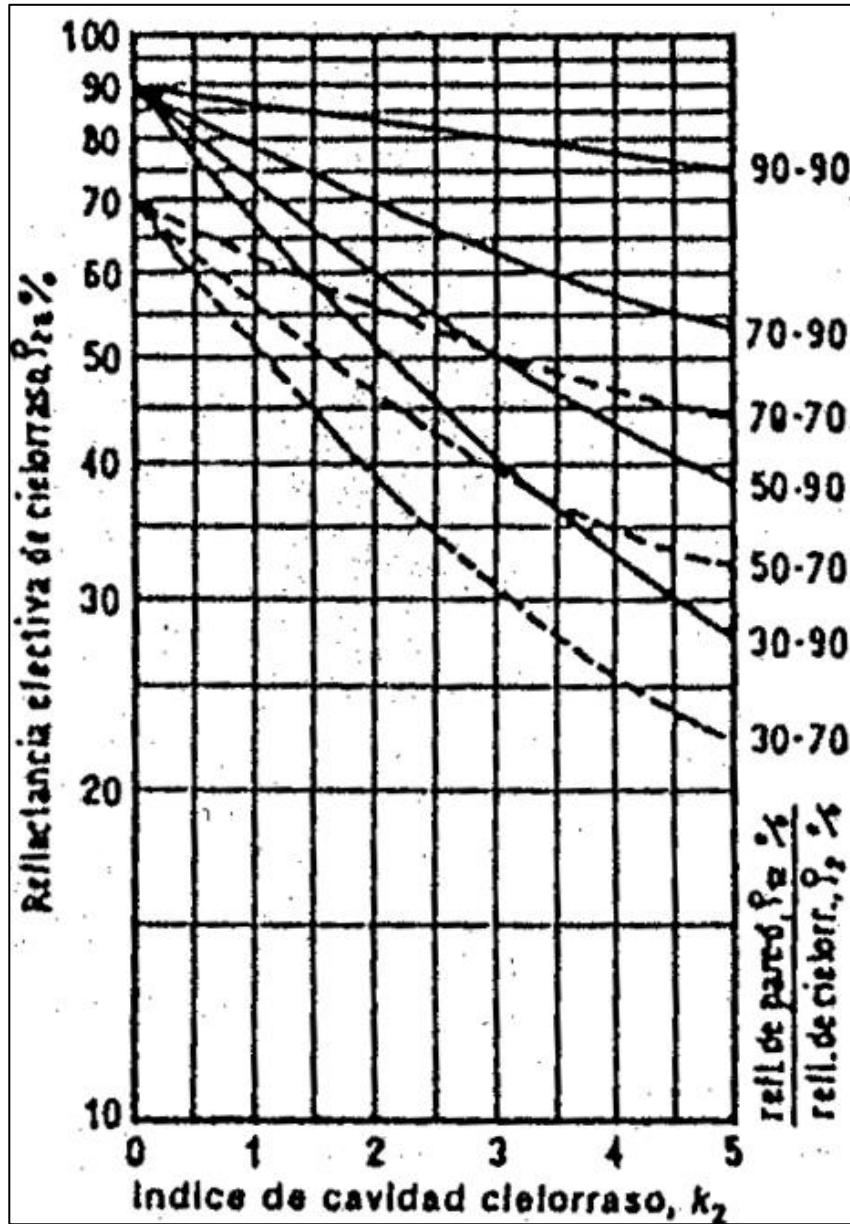
Se determina el número de luminarias para Em = 250lux.

Figura 10. Reluctancia



Fuente: área de salud Alta Verapaz

Figura 11. Índice de cavidad



Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

Tabla XIV. Reflectancia efectiva

Reflectancia efectiva de cavidad cilíndrica, ρ_{2L} %	80			70			50			10		
	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Indice de cavidad local, k_1												
1	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	1.01	1.01	1.01
2	1.07	1.06	1.05	1.06	1.05	1.04	1.04	1.03	1.03	1.01	1.01	1.01
3	1.05	1.04	1.03	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01
4	1.05	1.03	1.02	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00
5	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
6	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
7	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
8	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
9	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
10	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

Tabla XV. Reflectancia de cavidad de piso

ÍNDICE DE LOCAL	COEFICIENTES DE UTILIZACION									
	.70	.68	.65	.64	.62	.64	.62	.60	.61	.60
1	.70	.68	.65	.64	.62	.64	.62	.60	.61	.60
2	.65	.63	.60	.59	.57	.57	.54	.55	.55	.53
3	.60	.58	.55	.54	.52	.52	.50	.51	.51	.49
4	.55	.53	.50	.49	.47	.47	.45	.46	.46	.44
5	.50	.48	.45	.44	.42	.42	.40	.41	.41	.39
6	.45	.43	.40	.39	.37	.37	.35	.36	.36	.34
7	.40	.38	.35	.34	.32	.32	.30	.31	.31	.29
8	.35	.33	.30	.29	.27	.27	.25	.26	.26	.24
9	.30	.28	.25	.24	.22	.22	.20	.21	.21	.19
10	.25	.23	.20	.19	.17	.17	.15	.16	.16	.14
11	.20	.18	.15	.14	.12	.12	.10	.11	.11	.09
12	.15	.13	.10	.09	.07	.07	.05	.06	.06	.04
13	.10	.08	.05	.04	.02	.02	.01	.02	.02	.00
14	.05	.03	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00

MORC	COEFICIENTES DE LUMINANCIA DE PARED									
	.155	.147	.139	.132	.125	.118	.111	.104	.107	.101
1	.155	.147	.139	.132	.125	.118	.111	.104	.107	.101
2	.143	.135	.127	.120	.113	.106	.099	.092	.095	.089
3	.131	.123	.115	.108	.101	.094	.087	.080	.083	.077
4	.119	.111	.103	.096	.089	.082	.075	.068	.071	.065
5	.107	.099	.091	.084	.077	.070	.063	.056	.059	.053
6	.095	.087	.079	.072	.065	.058	.051	.044	.047	.041
7	.083	.075	.067	.060	.053	.046	.039	.032	.035	.029
8	.071	.063	.055	.048	.041	.034	.027	.020	.023	.017
9	.059	.051	.043	.036	.029	.022	.015	.008	.011	.005
10	.047	.039	.031	.024	.017	.010	.003	.006	.009	.003
11	.035	.027	.019	.012	.005	.008	.001	.004	.007	.001
12	.023	.015	.007	.000	.003	.006	.000	.003	.006	.000
13	.011	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

ESPAZAMIENTO/ALTURA DE MONTAJE = . . . 4	COEFICIENTES DE LUMINANCIA DE CAVIDAD DE CIELO RASO									
	.112	.106	.100	.094	.088	.082	.076	.070	.064	.058
1	.112	.106	.100	.094	.088	.082	.076	.070	.064	.058
2	.101	.095	.089	.083	.077	.071	.065	.059	.053	.047
3	.090	.084	.078	.072	.066	.060	.054	.048	.042	.036
4	.080	.074	.068	.062	.056	.050	.044	.038	.032	.026
5	.070	.064	.058	.052	.046	.040	.034	.028	.022	.016
6	.060	.054	.048	.042	.036	.030	.024	.018	.012	.006
7	.050	.044	.038	.032	.026	.020	.014	.008	.002	.000
8	.040	.034	.028	.022	.016	.010	.004	.008	.002	.000
9	.030	.024	.018	.012	.006	.000	.004	.008	.002	.000
10	.020	.014	.008	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

3.3. Cálculo de la red de tierras

Para este cálculo se usa una fórmula que es una aproximación bastante exacta de los cálculos complejos, pero para dicha instalación se utilizará este método sencillo.

Estas aparecen estandarizadas por el IEEE 142-1982, y están garantizadas para su uso frecuente.

Se tiene:

Para el cálculo de la varilla de longitud L

- $$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} * \left(\frac{\ln 4L}{a} - 1 \right)$$

Donde:

R = resistencia a tierra en ohms (Ω)

ρ = resistividad específica del suelo en ohms por metro o centímetro ($\Omega \cdot \text{cm}$)

Como en el Área de Salud no cuenta con pararrayos solo se debe instalar una varilla de cobre enterrado aproximada 1,5 metros cerca del tablero principal o donde convenga.

Tabla XVI. Resistividad

Tipo de terreno	Resistividad del terreno [ρ (Ω m)]	
	Margen de valores	Valor medio
Terreno pantanoso	2 - 50	30
Barro mezclado con paja	2 - 200	40
Terreno fangoso y arcilloso, humus	20 - 260	100
Arena y terreno arenoso	50 - 3000	200 (húmedo)
Turbar	> 1200	200
Grava (húmeda)	50 - 3000	1000 (húmedo)
Terreno pedregoso y rocoso	100 - 8000	2000
Hormigón: 1 parte de cemento + 3 partes de arena	50 - 300	150
Hormigón: 1 parte de cemento + 5 partes de grava	100 - 8000	400

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

3.4. Cálculo de canaletas

El cálculo de las tuberías es muy importante ya que protegen a los conductores, las canaletas que está utilizando son las conduit ya que brindan buena protección mecánica y son de larga durabilidad.

Para la circuitería principal se cuentan con cuatro conductores calibre 12AWG, estos conductores son líneas vivas.

El factor de relleno debe ser del 40 % ya que son más de tres conductores

$$F = a/A$$

Donde:

F = factor de relleno

A = área transversal de la canaleta

a = área transversal del conductor

El área transversal de un conductor calibre 12AWG es de $0,0311\text{plg}^2$ y por tanto tenemos $4 \cdot 0,0311 = 0,1244$ y el factor de relleno es:

$$F = 0,1244 / 0,4 = 0,311\text{plg}^2$$

Sabiendo que tiene instaladas canaletas de 6plg^2 se puede concluir que tiene espacio suficiente para la ventilación de los conductores y para llevar más conductores si en un futuro se requieran.

4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES DEL ÁREA DE SALUD

Esta parte es muy importante ya que se compara el estudio teórico realizado con lo que ya se encuentra construido, que fue pensado varios años atrás en una instalación que ha ido creciendo.

4.1. Tableros

Los tableros que están instalados en el área de de salud a pesar de su crecimiento desordenado se puede dar cuenta que está muy bien dimensionado y de momento no tiene problemas. Etiquetar cada circuito sería lo ideal ya que con eso al momento de una falla se podría encontrar más rápido.

4.2. Interruptores

Están en buenas condiciones, funcionan adecuadamente y se han instalado en lugares con fácil acceso.

4.3. Protección

Las protecciones que actualmente son las ideales siempre y cuando no sigan creciendo exponencialmente, ya que si fuera el caso se debe analizar la cantidad de carga que se va conectar para dimensionar la capacidad de la protección a instalar.

4.4. Pararrayos y redes de tierra

Como ya se mencionó el Área de Salud no cuenta con estas dos protecciones que aunque de momento no son vitales, si son necesarias para garantizar la seguridad del equipo conectado y más aún cuando la instalación siga creciendo.

4.5. Conductores

Los conductores estos bien dimensionados, nunca sobrepasan el 80 % de capacidad que la norma exige y su estado es saludable. La mayoría de conductores si mucho llegan a un 60 % en la hora pico con lo que se concluye que pueden crecer un poco más.

4.6. Canaletas

En los cálculos se encontró un 1 % de las canaletas que están ocupadas y por tanto, se puede seguir ocupando sin llegar a saturarlas dejando la ventilación requerida.

4.7. Iluminación

En la iluminación se encuentra problemas debido a la falta de luxes recomendados por ambiente, sobre todo en el área donde las enfermeras ponen las inyecciones. En los otros ambientes por ser áreas de atención al cliente, salas de espera y salas comunes no es tan dramático la cantidad de luxes que hayan y por tanto podemos decir que están en valores aceptados.

5. ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En este apartado se hace un análisis necesario para tener el Área de Salud en condiciones ideales y óptimas para su desempeño, ya que sería muy crítico que algo llegara a falla pero como ya se ha mencionado anteriormente la mayor parte de la instalación se encuentra en buen estado pero hay algunos puntos a mejorar.

Se procede a hacer un cálculo económico para darle mantenimiento correctivo y preventivo. El aspecto más débil seguramente es la iluminación, ya que la demás servidumbre está bastante bien, eso sí, si ellos tienen pensado crecer en demanda a corto plazo sería mejor ir pensando en aumentar las protecciones y el calibre de los conductores o más conductores por fase.

Por supuesto estos cálculos son aproximados ya que va depender de dónde comprar y sobre todo la mano de obra. Además se debe tomar muy en cuenta la marca de la servidumbre, ya que de eso básicamente depende el precio.

- Tableros

Se puede encontrar una gran variedad de tableros en el mercado y de muchas capacidades con diferentes normativas, el que se encuentra de momento está en buenas condiciones, pero se podría instalar uno más profesional y para mayor carga. Un tablero que cumple con buenas

prestaciones sería un centro de carga con barras de 225 amperios Tipo BR de EATON de 16 polos con un precio de Q.450,00 más la mano de obra Q500,00.

- Interruptores

Estos se encuentran en buenas condiciones y de momento no sería necesarios invertir a menos que la carga vaya a crecer, pero ya sería parte del nuevo presupuesto. Todos estos interruptores fueron probados varias veces y no presentan ningún daño por mal uso o por tiempo.

- Protecciones

Estas *breaker* a pesar que están bien dimensionados si en un futuro se quiere crecer en demanda se podrían cambiar a 40 amperios de un polo con un precio de Q30,00 c/u y tomando en cuenta que son nueve en total sería Q270 mas una mano de obra de Q200,00.

Los dos *breaker* secundarios se pueden subir a Q.150,00 c/u con un costo de Q100,00 c/u con un total de Q200,00 más el principal de 300 amperios con un costo de mano de obra de Q200,00.

- Canaletas

Estas como observan están sobre dimensionadas por lo tanto, no sería necesario invertir, ya que se encuentra en muy buen estado, lo único sería el tema estético ya que lo mejor sería reubicarla.

- Conductores

Los conductores son vitales para llevar la energía eléctrica a los equipos y su dimensionamiento debe ser el mejor y el cuidado del conductor ya que se puede producir un corto circuito.

El diagnóstico final para todos los aislamientos de los conductores es aceptable, por lo que su cambio no es necesario. Lo necesario para su uso confiable es no exceder la carga instalada, evitar los esfuerzos de los conductores y limpiar los tableros para que el polvo no haga daño en los aislantes.

Si se deseara cambiar todo el conductor por temas de carga o mantenimiento correctivo, se tendría.

Se presenta, entonces, únicamente el precio del conductor que en su mayoría es AWG 12, en metros lineales se calculó que eran: 1 500 metros.

El valor de metro es de Q. 9,00 teniendo un total de $1\ 500 * Q. 9,00 = Q. 13\ 500,00$

Sumado esto la mano de obra que por ser el recambio a todo el inmueble se estima en Q. 5 000,00

Que en total suma: Q. 18 000,00

- Iluminación de interiores

Se ha reiterado en varias ocasiones que dadas las funciones que cumple el Área de Salud, que es la salud, la iluminación es un factor muy importante que se debe corregir. Dadas las conclusiones obtenidas luego del estudio y posterior cálculo se requiere de sumar lámparas a los salones además de corregir su posición actual.

La cantidad de lámparas a adherir para corregir la ausencia de lúmenes es de 3 lámparas de 70 watts.

Las lámparas deben podrían ser tipo led por la economía de consumo pero son más caras en relación de precio contra las fluorescentes.

Los salones donde son necesarias 5 lámparas de 40 watts

$$5 * 40 = 200 \text{ y } Q. 350,00 * 4 = Q. 1 750,00$$

Los salones donde son necesarias 8 lámparas de 40 que es igual a: $40 * 8 = 400$ y $Q. 650,00 * 3 = Q. 1 950,00$

Teniendo un total de: Q. 3 700,00

El costo de mano de obra por la instalaciones toda la luminaria es de Q100,00.

Que es un total de: Q 3 800,00

CONCLUSIONES

1. El aislante de los conductores está en un estado aceptable pero es importante darle un mantenimiento preventivo.
2. Todas las tuberías se encontraron en un estado bueno, el 1 % de ellas se encuentran con una carga de conductor normal, pero la mayoría no presentan un estado crítico.
3. Las protecciones y el diámetro de los conductores están dimensionados correctamente para la carga actual, pero se debe estudiar cuando el Área de Salud vaya creciendo.
4. La calidad de energía no es la ideal pero se encuentra en los rangos que permite la Norma NTSD.
5. El factor de potencia, según las Normas NTSD para usuarios superiores a los 11 Kw el factor de potencia no deberá ser menor a 0,90.
6. El desbalance existente es considerable dado el poco mantenimiento que ha recibido el área de salud y su crecimiento desordenado, teniendo incluso lámparas quebradas y toma corrientes cortocircuitados o en desuso, que hacen que entre líneas se forme un desbalance que se puede mejorar.

7. La red de tierras es indispensable para que todas las partes metálicas se hallen sólidamente aterrizadas a un punto común ya que es la protección de toda la instalación.
8. Los índices de lumínicos son bastante bajos ya que no son los ideales para ofrecer un ambiente oportuno para los trabajos a desempeñar.
9. No se hizo un estudio para verificar si el área de salud puede ingresar como gran usuario, debido a su bajo consumo, para ser un gran usuario se debe consumir un mínimo de 100kW.
10. Tampoco se hizo un estudio de distorsión armónica ya que por el tipo de carga instalada no amerita dicho estudio. Este estudio es vital para las industrias donde su mayor carga la tienen en motores y aires acondicionados industriales.

RECOMENDACIONES

1. La inspección visual del recinto puede mejorar, es decir, tener bien señalizado los tableros para el área de fuerza y luz.
2. Todos los flipones deben ser etiquetados para una fácil apreciación de dicha distribución.
3. Establecer un mantenimiento anual de los tableros con el fin de identificar posibles fallas y alargar el tiempo de vida de los materiales.
4. La red de tierras y los pararrayos no son indispensables pero la varilla de cobre, si debe de tenerla cerca del tablero principal.
5. El mantenimiento en toda la instalación es recomendable para mitigar futuras fallas y para dar un mejor ordenamiento a todo el cableado y distribución.
6. Si tiene un desbalance aceptable pero aún no aplica ninguna sanción, aunque si la carga sigue creciendo se pueden superar dichos índices.

BIBLIOGRAFÍA

1. BAASEL, William. *Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers*. 8a ed. USA: McGraw Hill Book, 1976. 178 p.
2. ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*. 1a. ed. México: Limusa, 1997. 227 p.
3. HARPER, Enrique. *Manual de instalaciones residenciales*. 1a ed. México: Limusa, 1989. 325 p.
4. RE, Vitorio. *Instalación de puesta a tierra*. USA: Marcombo boixareu editores, 2003. 96 p.
5. SAFFORD, Edgard. *Instalaciones e iluminación para hogares y oficina*. México: Limusa, 1995. 148 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Tabla de corrientes**

Horas	I1	I2	Voltaje1	voltajes2	Neutro1
1	10	11	123	124	2
2	11	9	124	124	3
3	13	10	122	125	2
4	16	14	121	126	2
5	22	25	120	125	1
6	29	26	124	124	3
7	45	40	126	123	4
8	53	46	122	124	4
9	69	58	121	123	5
10	82	69	124	125	8
11	80	70	122	126	11
12	77	72	123	120	11
13	75	69	125	122	10
14	76	65	121	120	11
15	62	64	122	123	8
16	43	51	122	121	9
17	35	31	123	121	8
18	23	30	124	122	7
19	12	15	125	123	6
20	10	13	123	124	6
21	11	10	124	125	6
22	9	11	123	126	3
23	8	9	125	125	2
24	8	10	124	124	2

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Tabla de voltajes**

Horas	I1	I2	Voltaje1	voltajes2
1	10	11	123	124
2	11	9	124	124
3	13	10	122	125
4	16	14	121	126
5	22	25	120	125
6	29	26	124	124
7	45	40	126	123
8	53	46	122	124
9	69	58	121	123
10	82	69	124	125
11	80	70	122	126
12	77	72	123	120
13	75	69	125	122
14	76	65	121	120
15	62	64	122	123
16	43	51	122	121
17	35	31	123	121
18	23	30	124	122
19	12	15	125	123
20	10	13	123	124
21	11	10	124	125
22	9	11	123	126
23	8	9	125	125
24	8	10	124	124

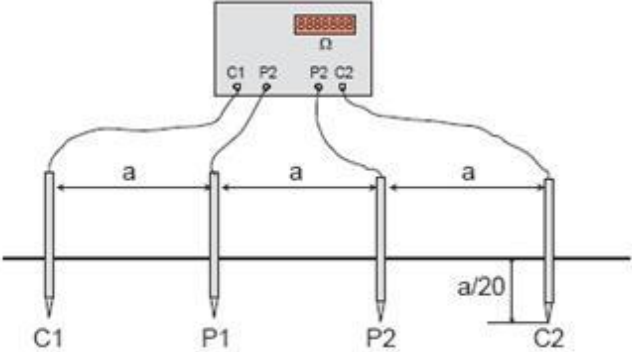
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Tabla de las tres potencias**

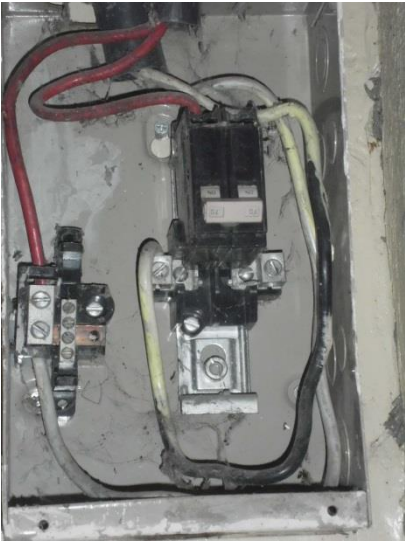
Horas	Activa1	Activa2	Reactiva1	Reactiva2	Aparente1	Aparente2
1	1 230	1 364	1 230	1 364	1 739,48	1 928,99
2	1 364	1 116	1 364	1 116	1 739,48	1 578,26
3	1 586	1 250	1 586	1 250	1 928,99	1 767,77
4	1 897,28	1 728,72	1 859,3344	1 694,1456	2 242,94	2 420,45
5	2 613,6	3 093,75	2 587,464	3 062,8125	2 656,46	4 353,40
6	3 560,04	3 191,76	3 524,4396	3 159,8424	3 677,75	4 491,32
7	5 556,6	4 821,6	5 445,468	4,725,168	5 009,55	6 750,93
8	6 401,34	5 646,96	6 337,3266	5 590,4904	7 780,03	7 946,18
9	8 098,53	6 919,98	7 855,5741	6 712,3806	9 007,71	9 640,65
10	9 964,64	8 452,5	9 765,3472	8 283,45	11 282,56	11 834,71
11	9 564,8	8 643,6	9 373,504	8 470,728	13 951,92	12 102,27
12	9 376,29	8 553,6	9 282,271	8 468,064	13 392,09	12 036,29
13	9 187,5	8 249,64	9 003,75	8 084,6472	13 193,94	11 550,67
14	9 012,08	7 644	8 831,8384	7 491,12	12 863,81	10 702,69
15	7 488,36	7 793,28	7 413,4764	7 715,3472	12 618,20	10 966,39
16	5 088,2	5 985,87	4 935,9614	5 806,2939	10 537,32	8 339,29
17	4 218,9	3 675,98	4 134,522	3 602,4604	7 089,27	5 146,90
18	2 823,48	3 623,4	2 795,2452	3587,166	5 907,06	5 098,70
19	1 470	1 808,1	1 440,6	1771,938	3 973,09	2 531,60
20	1 217,7	1 595,88	1 205,523	1579,9212	2 058,21	2 245,66
21	1 364	1 250	1 364	1 250	1 713,50	1 767,77
22	1 107	1 386	1 107	1 386	1 928,99	1 960,10
23	1 000	1 125	1 000	1 125	1 565,53	1 590,99
24	992	1 240	992	1 240	1 414,21	1 753,62

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Equipos de medición y voltaje



Continuación del apéndice 4.



Continuación del apéndice 4.



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. **Tabla de tubería**

Tabla 3												
Número Máximo de Conductores por Ducto (Tabla C11 de NTC 2050)												
CALIBRE	1/2 "		3/4 "		1"		1,5"		2"		3"	
	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN
14 AWG	11	16	18	27	31	44						
12 AWG	8	11	14	19	24	32						
10 AWG	6	7	10	12	18	20	38	44				
8 AWG	3	4	6	7	10	12	21	25	33	40		
6 AWG	1	3	3	5	6	8	13	18	20	28	45	64
4 AWG	1	1	2	3	4	5	9	11	15	17	33	39
2 AWG	1	1	1	1	3	3	7	8	11	12	24	28
1 AWG	1	1	1	1	1	2	5	6	7	9	17	21
1/0 AWG	1	1	1	1	1	2	4	5	6	8	14	17
2/0 AWG	0	1	1	1	1	1	3	4	5	6	12	14
3/0 AWG			1	1	1	1	3	3	4	5	10	12
4/0 AWG			1	1	1	1	2	3	4	4	9	10
250 kcmil					1	1	1	2	3	3	7	8
300 kcmil					1	1	1	1	2	3	6	7
350 kcmil					1	1	1	1	2	2	5	6
400 kcmil					1	1	1	1	1	2	5	5
500 kcmil					0	0	1	1	1	1	4	4
750 kcmil					0	0	1	1	1	1	3	3
1000 kcmil					0	0	1	1	1	1	1	2

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

Anexo 2. **Tabla para calibre de conductor**

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
Cobre			Aluminio				
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

Anexo 3. Tabla para protección

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
	(A)	Cable de cobre
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)
500	33,6 (2)	53,5 (1/0)
600	42,4 (1)	67,4 (2/0)
800	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
1000	67,4 (2/0)	107 (4/0)
1200	85,0 (3/0)	127 (250)
1600	107 (4/0)	177 (350)
2000	127 (250)	203 (400)
2500	177 (350)	304 (600)
3000	203 (400)	304 (600)
4000	253 (500)	405 (800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405 (800)	608 (1200)

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

Anexo 4. **Tabla resistividad de material**

Material	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Coefficiente de temperatura $\alpha [(^{\circ}C)^{-1}]$
Plata	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Cobre	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Oro	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Aluminio	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Tungsteno	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Hierro	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}
Platino	11×10^{-8}	3.92×10^{-3}
Plomo	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Nicromo ^b	150×10^{-8}	0.4×10^{-3}
Carbón	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
Germanio	0.46	-48×10^{-3}
Silicio	640	-75×10^{-3}
Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$	
Caucho duro	$\approx 10^{13}$	
Azufre	10^{15}	
Cuarzo (fundido)	75×10^{16}	

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

Anexo 5. **Tabla calibre conductores**

CALIBRE AWG / kcmil	NUMERO DE HILOS	CONDUCTOR		ESPESOR DE AISLAMIENTO mm	DIAMETRO EXTERIOR mm	PESO APROXIMADO kg/km	CAPACIDAD DE CORRIENTE AMPERE		
		AREA mm ²	DIAMETRO NOMINAL mm				60°C	75°C	90°C
ALAMBRES TIPO THW-LS/THHW-LS AUTOEXTINGUIBLES							60°C	75°C	90°C
14	1	2,08	1,63	0,76	3,3	27,0	20	20	25
12	1	3,31	2,05	0,76	3,8	39,0	25	25	30
10	1	5,26	2,60	0,76	4,3	58,0	30	35	40
8	1	8,37		1,14	5,8	100,0	40	50	55
CABLES TIPO THW-LS/THHW-LS AUTOEXTINGUIBLES							60°C	75°C	90°C
14	19	2,08	1,8	0,76	3,5	29,0	20	20	25
12	19	3,31	2,3	0,76	4,0	50,0	25	25	30
10	19	5,26	2,9	0,76	4,6	70,0	30	35	40
8	19	8,37	3,7	1,14	6,2	110,0	40	50	55
6	19	13,30	4,7	1,52	8,0	168,0	55	65	75
4	19	21,15	5,9	1,52	9,2	249,0	70	85	95
2	19	33,63	7,5	1,52	10,8	370,0	95	115	130
1/0	19	53,51	9,5	2,03	13,9	610,0	125	150	170
2/0	19	67,44	10,6	2,03	15,1	750,0	145	175	195
3/0	19	85,03	11,9	2,03	16,4	910,0	165	200	225
4/0	19	107,20	13,4	2,03	17,9	1 130,0	195	230	260

Datos aproximados, sujetos a tolerancias de manufactura.

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

Anexo 6. Tabla luxes por su luminaria

Flujo luminoso lúmenes (lm)	Consumo aproximado (Vatios, W) según el tipo de lámpara			
	Bombillas incandescentes	Halógenas	Fluorescentes	LED
110 / 220	15	10	5	3,5
250 / 440	25	20	7	5
550 / 650	40	35	9	9
650 / 800	60	50	11	11
800 / 1.500	75	70	18	18
1.600 / 1.800	100	100	20	20
2.500 / 2.600	150	150	30	30

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.

Anexo 7. Tabla tubería conduit

TABLA 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)

Designación	Diámetro interior mm	Área interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor	Dos conductores	Más de dos conductores
			fr = 53%	fr = 31%	fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	9879	5778	7456

Fuente: Área de Salud de Alta Verapaz.