



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

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DEL LIBRO ANTIGUO

Marlon Humberto Ramírez Melgar
Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, marzo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL
MUSEO LIBRO ANTIGUO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARLON HUMBERTO RAMÍREZ MELGAR

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2021

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

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i)
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Adolfo Villeda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Saúl Cabezas Durán
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO LIBRO ANTIGUO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Eléctrica, con fecha 25 de septiembre de 2020.

Marlon Humberto Ramírez Melgar

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 21 de enero de 2021.
Ref.EPS.DOC.12.01.2021.

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 **Marlon Humberto Ramírez Melgar** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **9311967** y **CUI 2616 29204 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DEL LIBRO ANTIGUO”**.

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”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Kenneth Estrada Ruiz', is written over a circular stamp. The stamp contains the text 'Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz' and 'CUI 2616 29204 0101'.

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

c.c. Archivo
KIER/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala 21 de enero de 2021.
Ref.EPS.D.11.12.2021.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
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 **"AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DEL LIBRO ANTIGUO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Marlon Humberto Ramírez Melgar**, 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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OA/ra

REF. EIME 016.2021.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, y del director de EPS, al trabajo de Graduación del estudiante **Marlon Humberto Ramírez Melgar** titulado: "**AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DEL LIBRO ANTIGUO**". procede a la autorización del mismo.



Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo

Guatemala, 18 de febrero de 2021.

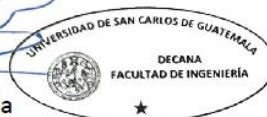
DTG. 119-2021

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 en Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DEL LIBRO ANTIGUO**, presentado por el estudiante universitario: **Marlon Humberto Ramírez Melgar**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, marzo de 2021

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por permitirme culminar esta etapa de mi vida.

Mis padres

Por sus consejos, esfuerzos y apoyo durante toda mi vida estudiantil.

Mi familia

Por estar siempre a mi lado, todos y cada uno de ellos.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios que dio formación profesional.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por compartir todo tipo de vivencias y experiencias en nuestro paso por las aulas.

Mi Asesor

Ing. Kenneth Estrada. Muchas gracias por su apoyo, paciencia y motivación para culminar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES MUSEO DEL LIBRO ANTIGUO	1
1.1. Historia	1
1.2. Ubicación.....	1
1.3. Misión	2
1.4. Visión.....	3
1.5. Objetivos.....	3
1.6. Ministerio de Cultura y Deportes	4
1.7. Ayuntamiento de La Antigua Guatemala	4
1.8. Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala.....	4
1.9. Organigrama.....	4
1.10. Visión.....	6
1.11. Misión	6
2. DESCRIPCION DEL EDIFICIO	7
2.1. Ubicación territorial y área del edificio	7
2.2. Detalles arquitectónicos de la construcción.....	8
2.3. Horario de trabajo.....	8

2.4.	Condiciones generales del edificio	8
3.	MARCO TEÓRICO	9
3.1.	Instalación eléctrica.....	9
3.2.	Acometida	9
3.3.	Interruptor termomagnético	14
3.4.	Centro de carga/tablero de distribución.....	15
3.5.	Conductores eléctricos.....	18
3.5.1.	Factores de corrección a la capacidad de transporte de corriente	22
3.5.2.	Por caída de tensión	23
3.6.	Canalizaciones.....	24
3.6.1.	Tuberías	25
3.6.1.1.	Tuberías tipo PVC	25
3.6.1.2.	Tuberías tipo conduit.....	27
3.6.1.3.	Cálculo de tubería eléctrica	28
3.7.	Puesta a tierra.....	29
3.8.	Diagrama unifilar	31
4.	MARCO METODOLOGICO	33
4.1.	Delimitación del campo de estudio.....	33
4.2.	Recursos humanos disponibles	33
4.3.	Recursos materiales disponibles.....	33
4.4.	Auditoría de consumos.....	34
4.5.	Termografía.....	34
4.6.	Documentación fotográfica.....	35
4.7.	Análisis de calidad de energía	35

5.	EQUIPO DE MEDICIÓN.....	37
5.1.	Cámara fotográfica	37
5.2.	Cámara termográfica.....	38
5.3.	Equipo de medición de calidad energética	39
5.4.	Multímetro digital	40
6.	DIAGNOSTICO	41
6.1.	Generalidades	41
6.2.	Descripción del edificio	42
6.3.	Medidor.....	43
6.4.	Acometida eléctrica	44
6.5.	Tableros de distribución y protecciones.....	48
6.6.	Canalización y cajas de registro	51
6.7.	Conductores	54
6.8.	Sistema de iluminación.....	55
6.9.	Pruebas de disparo	56
6.10.	Niveles de sobrecarga.....	56
6.11.	Capacidad de cortocircuito	57
6.12.	Puesta a tierra	57
6.13.	Sistema de pararrayos.....	57
6.14.	Supresor de picos de voltaje	57
7.	DIAGRAMA UNIFILAR POR SECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DEL MUSEO DEL LIBRO ANTIGUO	59
7.1.	Diagrama unifilar del Museo del Libro Antiguo	59
8.	ANÁLISIS DE HISTÓRICOS DE CONSUMO	61
8.1.	Consumo de energía eléctrica.....	61
8.2.	Inventario de equipo	65

8.3.	Inventario de luminarias Museo del Libro Antiguo.....	65
8.4.	Consumo eléctrico por luminaria.....	66
8.5.	Tiempo promedio de operación por luminaria.....	67
8.6.	Total de consumo eléctrico diario.....	67
8.7.	Análisis de los resultados de consumo eléctrico por iluminación	67
8.8.	Equipos	68
8.9.	Total de equipos.....	71
8.10.	Consumo eléctrico por equipo.....	72
8.11.	Tiempo promedio de operación de cada equipo	73
8.12.	Total de consumo eléctrico diario.....	73
8.13.	Análisis de los resultados de consumo eléctrico por equipo	74
9.	MEDICIONES ENERGÉTICAS.....	75
9.1.	Mediciones eléctricas.....	75
9.2.	Medición y análisis de consumos.....	76
9.3.	Análisis de corrientes	76
9.4.	Análisis de voltaje	78
9.5.	Análisis de factor de potencia	79
9.6.	Frecuencia	80
9.7.	Análisis termográfico de la instalación eléctrica	80
10.	ANÁLISIS DE ARMÓNICOS.....	87
10.1.	Origen	87
10.2.	Causas	87
10.3.	Factor de Distorsión Armónica Total (THD)	88
10.4.	Importancia de detectar armónicos en la red	90
10.5.	Resultados encontrados.....	90
10.6.	Análisis de armónicos	91

CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFIA.....	97
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación Museo del Libro Antiguo	2
2.	Organigrama	5
3.	Ubicación del Museo de libro Antiguo en hoja cartográfica.....	7
4.	Esquema de acometida según EEGSA cargas individuales monofásicas hasta 10 kVA.....	11
5.	Esquema de acometida según EEGSA cargas monofásicas entre 10 y 25 KVA	13
6.	Componentes de un Interruptor termomagnético	15
7.	Tablero o centro de cargas	16
8.	Condiciones de uso para conductores aislados con secciones métricas.....	19
9.	Condiciones de uso para conductores aislados con secciones AWG ..	20
10.	Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre	21
11.	Tubería tipo PVC.....	26
12.	Tubería tipo conduit.....	28
13.	Cámara fotográfica Nikon Coolpix L330.....	37
14.	Cámara termográfica Fluke Ti450	38
15.	Fluke serie 435II.....	39
16.	Multímetro digital.....	40
17.	Museo del Libro Antiguo vista externa	41
18.	Ubicación del Museo del Libro Antiguo	42
19.	Caja tipo socket en acometida Museo del Libro Antiguo.....	43
20.	Acometida eléctrica Museo del Libro Antiguo	45

21.	Interruptor termomagnético principal acometida Museo del Libro Antigo.....	46
22.	Tablero principal de distribución Museo del Libro Antigo.....	49
23.	Tablero de distribución secundario Museo del Libro Antigo.....	50
24.	Canalización y cajas de registro	52
25.	Caja de registro con instalación defectuosa	53
26.	Forma sugerida de instalar caja de registro.....	54
27.	Conductores de circuitos de distribución e iluminación del Museo del Libro Antigo.....	55
28.	Iluminación Museo del Libro Antigo	56
29.	Diagrama unifilar Museo del Libro Antigo	60
30.	Medidor Museo del Libro Antigo	62
31.	Pliego Tarifario EEGSA año 2019.....	63
32.	Consumo energético (kWh) año 2019	64
33.	Proyección consumo energético (kWh) año 2020	64
34.	Cargas en el Museo del Libro Antigo Computadoras, CCTV, horno microondas, equipos biométricos de asistencia en el área administrativa.....	68
35.	Fluke serie 435II	75
36.	Nivel de corriente por fase	77
37.	Nivel de voltaje de las dos fases horario.....	78
38.	Análisis de factor de potencia	79
39.	Análisis de frecuencia	80
40.	Capturas de la cámara termográfica en el tablero de distribución	81
41.	Captura termográfica de las terminales de entrada del tablero	82
42.	Áreas con mayor temperatura en el tablero de distribución.....	83
43.	Alimentadores del interruptor principal.....	83
44.	Bombilla Incandescente a temperatura de operación	84
45.	Bombilla tipo led a temperatura de operación.....	85

TABLAS

I.	Datos del servicio de energía eléctrica principal	61
II.	Consumo energético de acometida eléctrica principal del Museo del Libro antiguo	62
III.	Total de luminarias	66
IV.	Consumo eléctrico por luminaria	66
V.	Tiempo promedio de operación por luminaria	67
VI.	Total de equipos que se encuentran en las instalaciones del edificio del Museo del libro antiguo	71
VII.	Consumo eléctrico por equipo.....	72
VIII.	Tiempo promedio de operación de cada equipo	73
IX.	Rango de valores del Factor THD y sus efectos	89
X.	Valor del factor de distorsión armónica de voltaje y corriente en la red eléctrica del Museo del Libro Antiguo	91

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Φ	Ángulo (Fi) formado del desfase entre los valores efectivos de voltaje y corriente
Fp	Factor de potencia
Δ	Intervalo de cambio del valor de una variable
THW	Material Termoplástico resistente al calor y humedad
AZ	Nivel azotea
N5	Nivel cinco

GLOSARIO

AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
AWG	<i>American Wire Gauge</i> , calibre americano para conductores.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Guatemala.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala.
EPA	United States Environmental Protection Agency.
Generador eléctrico	Máquina capaz de transformar la energía primaria en energía eléctrica.
IEC	(International Electrotechnical Commission), organización de normalización en los campos eléctricos, electrónico y tecnologías asociadas.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
Interruptor termomagnético	Son de gran importancia para proteger los equipos eléctricos, ya que son capaces de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que circula por él excede de un valor adecuado de operación.

Led	Sigla de la expresión inglesa <i>light-emitting diode</i> , 'diodo emisor de luz', que es un tipo de diodo empleado en computadoras, paneles numéricos (en relojes digitales, calculadoras de bolsillo...), etc.
Lux	Unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen/m ² . Se usa en la fotometría como medida de la iluminancia, tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad del ojo humano a la luz.
Normas NEC	Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos de Norteamérica. Normas National Electrical Code NEC/NFPA70 2014.
Normas NTDOLD	Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución.
Normas NTSD	Normas Técnicas del Servicio de Distribución.
Potencia	Se mide en vatios o watts y es la transferencia de energía que permite realizar un trabajo en la unidad de tiempo.

RESUMEN

En el ejercicio profesional supervisado se realizó una auditoría energética que incluyó una inspección visual completa del sistema eléctrico del Museo del Libro Antiguo. Se revisó el consumo mensual de energía eléctrica y fue verificada la existencia de anomalías y características de la red eléctrica, lo cual fue la base que utilizamos para poder explicar el comportamiento actual y hacer una serie de recomendaciones para reducir el consumo de energía eléctrica.

Se analizaron de igual forma los hábitos de consumo diarios del personal administrativo que pueden afectar al consumo energético del Museo para poder proponer mejoras que hagan más eficiente su operación.

Los resultados obtenidos nos fueron de mucha utilidad para poder implementar una guía de operación y análisis que permita identificar puntos de mejora, deficiencias o posibles ampliaciones.

OBJETIVOS

General

Realizar la auditoría energética de las instalaciones eléctricas del Museo de Libro Antiguo.

Específicos

1. Realizar un diagnóstico de las instalaciones eléctricas del Museo de Libro Antiguo.
2. Analizar el sistema eléctrico a través de instrumentos de medición para determinar el comportamiento y el estado de la red de suministro y distribución de energía eléctrica.
3. Realizar un programa de mantenimiento de las instalaciones eléctricas del Museo de Libro Antiguo.
4. Normalizar las instalaciones eléctricas del Museo de Libro Antiguo.

INTRODUCCIÓN

En el Museo del Libro Antigo se resguarda parte del patrimonio bibliográfico de la nación, por eso es muy importante que las instalaciones eléctricas sean seguras, eficientes, que cumplan con la normativa de acometidas eléctricas de la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA) y las normas de seguridad eléctrica estándar para proteger las instalaciones internas de dicha institución.

Además de rediseñar las instalaciones eléctricas del edificio de Museo del Libro Antigo, debido a que actualmente se encuentran obsoletas y con deficiencias debido al escaso mantenimiento, es necesario diagnosticar con equipos e instrumentos eléctricos la demanda energética que se tiene para lograr una instalación eléctrica en óptimas condiciones y elaborar un plan de mantenimiento para maximizar el rendimiento de dicho sistema.

1. GENERALIDADES MUSEO DEL LIBRO ANTIGUO

El edificio que ocupa el Museo del Libro Antiguo está ubicado en la 5ª. Calle Poniente, Antigua Guatemala. Está ubicado en el Portal del Ayuntamiento frente al Parque Central de dicha ciudad.

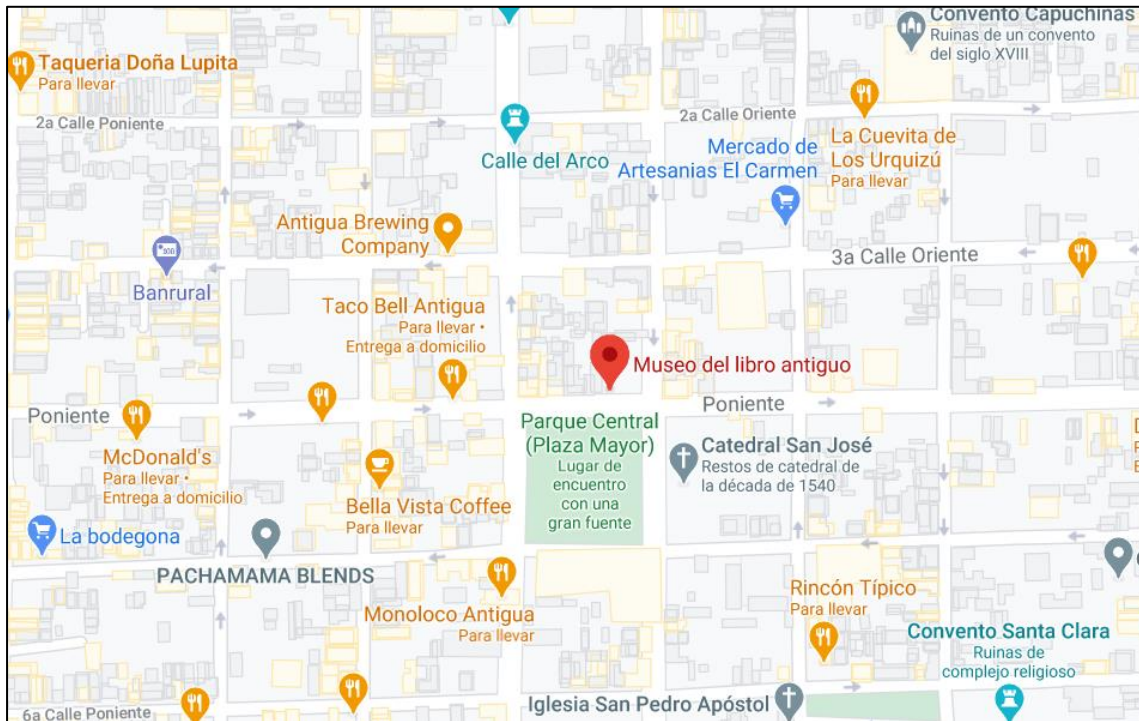
1.1. Historia

El Museo del Libro Antiguo se fundó en la Antigua Guatemala el 16 de marzo de 1956 por medio de las gestiones de David Vela y Rigoberto Bran Azmitia con el propósito de resguardar el valor de las obras impresas de la época. En el interior de dicho museo se encuentra en exhibición la primera imprenta que operó en Guatemala en el año 1660. Así mismo, se encuentra también el primer libro impreso en Guatemala: “Explicatio Apologética”, escrito por Fray Payo Enríquez de Rivera. La colección del museo cuenta con aproximadamente 2 800 documentos bibliográficos.

1.2. Ubicación

El Museo del Libro Antiguo se encuentra en las coordenadas de ubicación: 14.55759086859275, -90.73356268792561 y con dirección: Casa de la Primera Imprenta, Portal del Ayuntamiento No. 6 La Antigua Guatemala.

Figura 1. **Ubicación Museo del Libro Antiguo**



Fuente: Google maps. *Ubicación del museo.*

<https://www.google.com/maps/place/Museo+del+libro+antiguo/@14.5573157,-90.7357943,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85890f0d2601462f:0x588e70612683b90!8m2!3d14.5573105!4d-90.7336056>. Consulta: 11 de octubre de 2018.

1.3. Misión

El Museo del Libro Antiguo, tiene como misión la conservación, el registro y el estudio de los documentos impresos en la época colonial y primeros años de vida independiente del país.

1.4. Visión

Contribuir a la conservación, permanencia y puesta en valor de las colecciones bajo su custodia y del edificio donde está instituido el museo.

1.5. Objetivos

- Promover, conservar y difundir el patrimonio cultural de la nación a nivel nacional e internacional.
- Promover y difundir los bienes bibliográficos y demás obras de arte gráfico.
- Motivar a la comunidad para que participe en las diversas actividades programadas por el museo.
- Promover la captación de la cooperación nacional e internacional para la realización de proyectos específicos.
- Propiciar la incorporación de los diferentes sectores sociales y culturales, nacionales e internacionales en la preservación, mantenimiento y divulgación del museo.
- Incrementar la afluencia de visitantes al museo.

1.6. Ministerio de Cultura y Deportes

El Ministerio de Cultura y Deportes fundamenta y orienta su accionar con base a sus mandatos legales e institucionales, así como en las políticas públicas vinculadas a las funciones, actividades y proyectos que se planifican.

1.7. Ayuntamiento de La Antigua Guatemala

Ente encargado de la gestión y operación del municipio de La Antigua Guatemala, funge como concentración primaria para adecuación del territorio y participación ciudadana en los asuntos públicos. Es una institución creada para promover y cuidar el bien común.

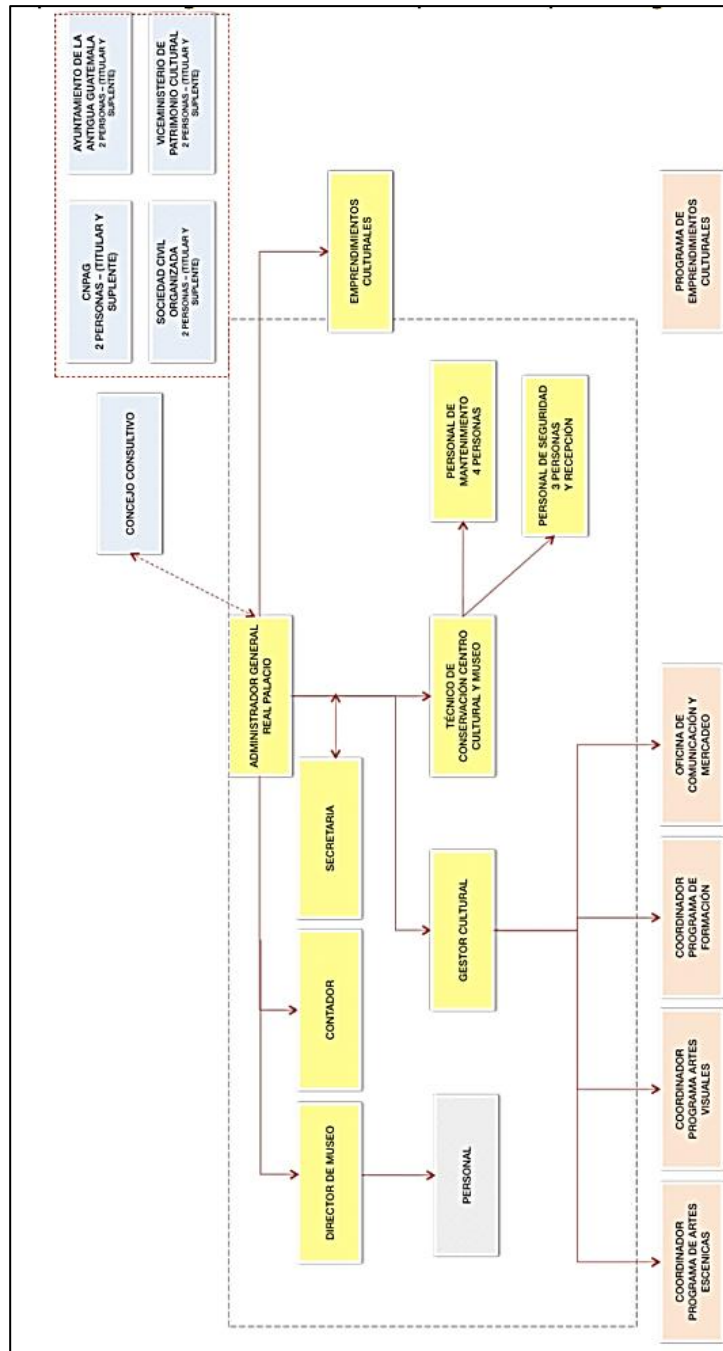
1.8. Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala

Asociación nacional con participación local. Se encarga de la preservación y conservación de los bienes que se establezcan en La Antigua Guatemala y sus áreas aledañas. Incentiva acción para fomentar el conocimiento en valorización del patrimonio cultural de la ciudad de La Antigua Guatemala, involucrando en esta misión a los lugareños logrando así conciencia de valor al patrimonio. Se crea tras el decreto 60-69 o Ley Protectora de la Ciudad de La Antigua.

1.9. Organigrama

Actualmente el Ministerio de Cultura y Deportes mediante la participación del Viceministerio de Patrimonio Cultural y Natural, se encuentra diseñando la versión final del organigrama del equipo administrativo del Centro Cultural, esto adiciona diversas dificultades en la implementación.

Figura 2. Organigrama



Fuente: La Antigua Guatemala. *Quienes somos*. <https://cnpag.com/quienes-somos.html>.

Consulta: 28 de mayo de 2020.

1.10. Visión

El Ministerio de Cultura y Deportes es una institución gubernamental moderna, eficiente y eficaz, rectora del desarrollo cultural del país y que contribuye al fomento de la actividad deportiva y recreativa. Implementa políticas públicas que responden a los Acuerdos de Paz y al Plan Nacional de Desarrollo Cultural a largo plazo. Su accionar está orientado al fortalecimiento de la cultura de paz, de la identidad guatemalteca y la consolidación de un Estado multicultural y multilingüe.

1.11. Misión

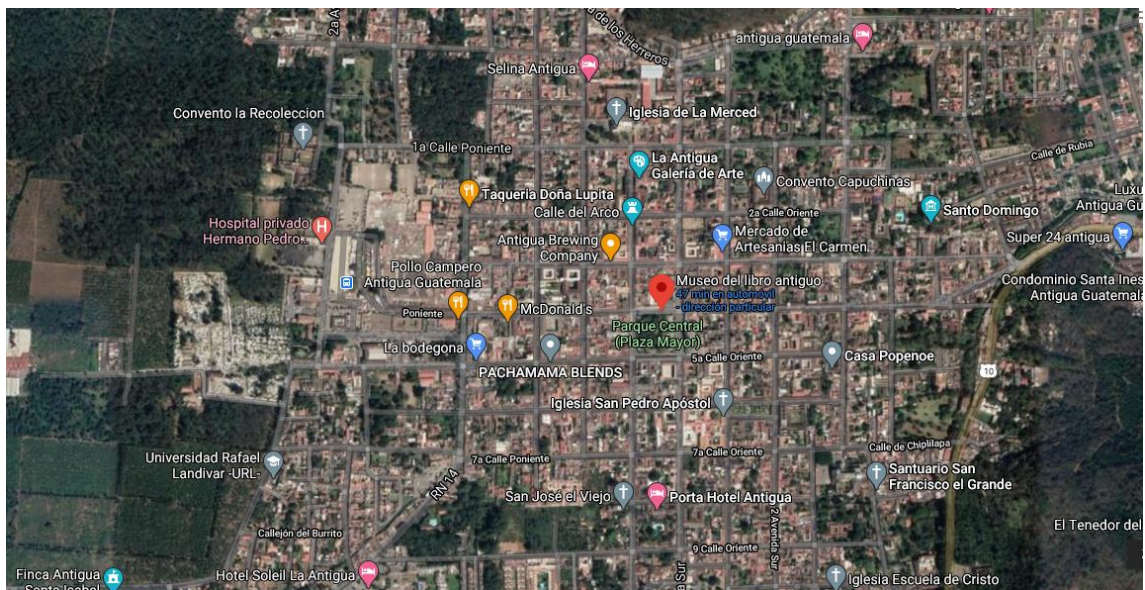
Fortalecemos y promovemos la identidad guatemalteca y la cultura de paz, en el marco de la diversidad cultural y el fomento de la interculturalidad, mediante la protección, promoción y divulgación de los valores y manifestaciones culturales de los pueblos que conforman la nación guatemalteca, a través de una institucionalidad sólida y mediante mecanismos de desconcentración, descentralización, transparencia y participación ciudadana, a efecto de contribuir a lograr un mejor nivel de vida para la población guatemalteca.

2. DESCRIPCION DEL EDIFICIO

2.1. Ubicación territorial y área del edificio

Como se aprecia en la figura 3 está el mapa de la ubicación del Museo Del Libro Antigo en hoja cartográfica. El museo está ubicado en el departamento de Sacatepéquez. Antigua Guatemala

Figura 3. Ubicación del Museo de libro Antigo en hoja cartográfica



Fuente: Google maps. *Ubicación del museo.*

<https://www.google.com/maps/place/Museo+del+libro+antiguo/@14.5573157,-90.7357943,1517m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x85890f0d2601462f:0x588e70612683b90!8m2!3d14.5573105!4d-90.7336056>. Consulta: 28 de mayo de 2020.

2.2. Detalles arquitectónicos de la construcción

El Museo de Libro Antiguo, está localizado en la ciudad de Antigua Guatemala. Alberga una colección bibliográfica de más de 2 500 libros y exposiciones de arte. El edificio es tiene una construcción estilo barroco del siglo XVII.

2.3. Horario de trabajo

El horario de atención público en general en el museo es los días Martes a Viernes de 9:00 a 16:00 horas, Sábado y Domingo de 9:00 a 12:00 horas y de 14:00 a 16:00 horas. Lunes: Cerrado. Horario Administrativo: lunes a viernes de 9:00 a 17:30 Horas. Con una tarifa de: turistas Nacionales: Q. 2,00, turistas extranjeros: Q. 10,00; turistas escolares: Exonerados.

2.4. Condiciones generales del edificio

Para lo correcta verificación de las condiciones generales del Museo del Libro Antiguo se realizó una inspección visual general a toda la instalación con la cual se recolectó la siguiente información:

- Tipo constructivo de paredes con bases y columnas.
- Puertas y ventanas exteriores e interiores con marco de madera con chapa metálica bilateral.
- Tabiques de exposición elaborados con madera y Techo construido con caoba .
- Piso tipo ladrillo de tamaño estándar.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Instalación eléctrica

Una instalación eléctrica 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.

3.2. Acometida

Se define una acometida como el lugar de conexión entre el punto de entrega de suministro de la red de una distribuidora de energía eléctrica y el punto de medición y protección de un cliente. Una acometida puede ser aérea o subterránea. Según el artículo 69 del Reglamento de la Ley General de Electricidad establece que todo usuario que solicite un suministro eléctrico deberá firmar un contrato con el distribuidor, el cual deberá estar de acuerdo con las normas de servicio propias de cada distribuidor.

En la Resolución CNEE 61-2004 se especifica que las tensiones de suministro que da la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. en la región central, para los clientes en baja tensión son los siguientes:

- 120/240 Voltios 1 fase 3 alambres
- 120/208 Voltios 1 fase 3 alambres
- 120/240 Voltios 3 fases 4 alambres

- 120/208 Voltios 3 fases 4 alambres
- 240/480 Voltios 3 fases 4 alambres

Cualquier voltaje no estandarizado deberá ser consultado con Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. Según la normativa la longitud máxima de la acometida será de 40 metros, donde sea técnicamente posible.

La Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. también cuenta con suministros de energía en baja tensión para usuarios que demandan una potencia máxima superior a 11 kW.

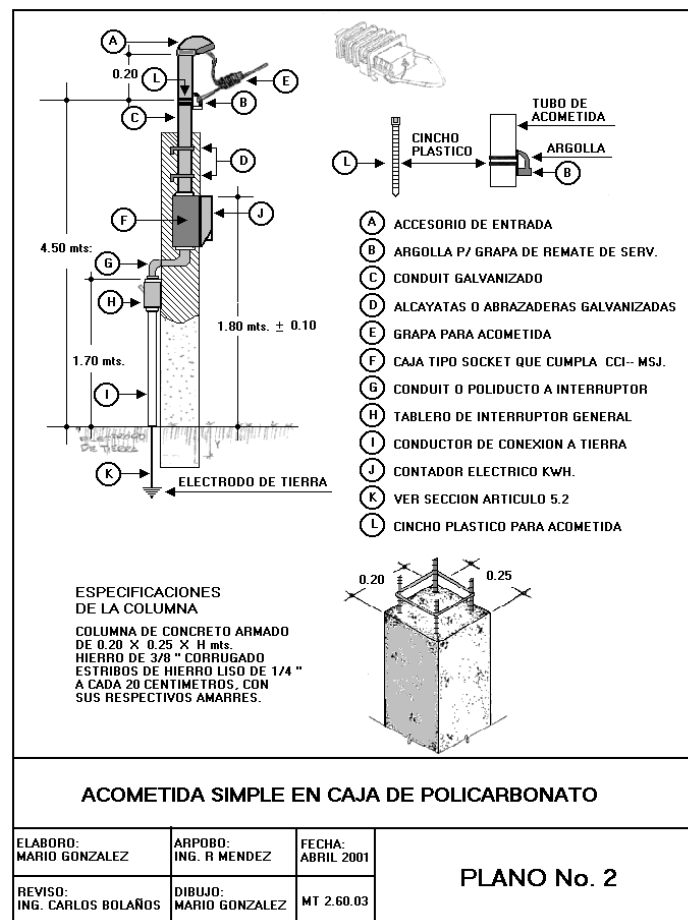
Para Cargas monofásicas hasta 10 kVA los requisitos constructivos son los siguientes:

- El servicio debe colocarse en la propiedad que sirve y para la cual fue solicitado.
- La caja del medidor de energía deberá instalarse en el límite de la propiedad privada y la propiedad pública, de forma tal que el frente del medidor quede hacia la vía pública. No se permitirá la instalación de medidores en posición lateral.
- El usuario es quien decide si utiliza caja metálica o de policarbonato.
- Las alturas de instalación de las cajas para medición son las siguientes:
 - Cuando se instala caja metálica tipo socket, la misma irá a una altura de 2,70 metros $\pm$ 10 centímetros, medido del nivel de la acera a la parte superior de la caja, con frente hacia la calle. En

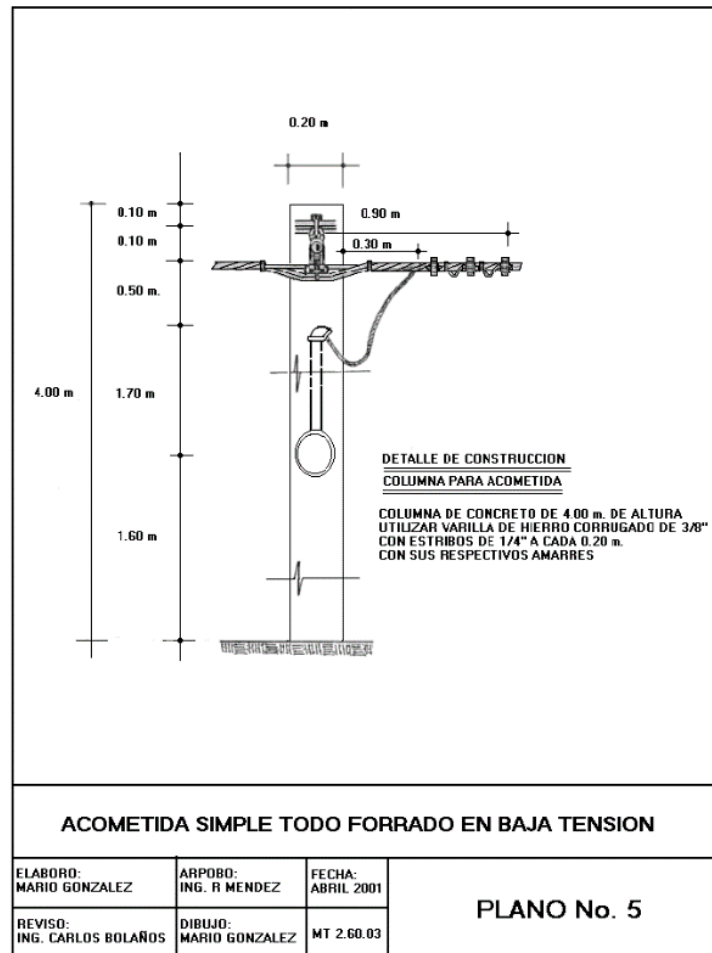
los planos 1 y 4 se muestra la instalación con caja metálica a esta altura.

- Cuando se instala caja de policarbonato, a una altura de 1,80 metros $\pm$ 10 centímetros, medido del nivel de la acera a parte superior de la caja, con el frente hacia la calle. Los detalles se muestran en el esquema de acometida según EEGSA que se muestra en los planos de la figura 4.

Figura 4. **Esquema de acometida según EEGSA cargas individuales monofásicas hasta 10 kVA**



Continuación de la figura 4.



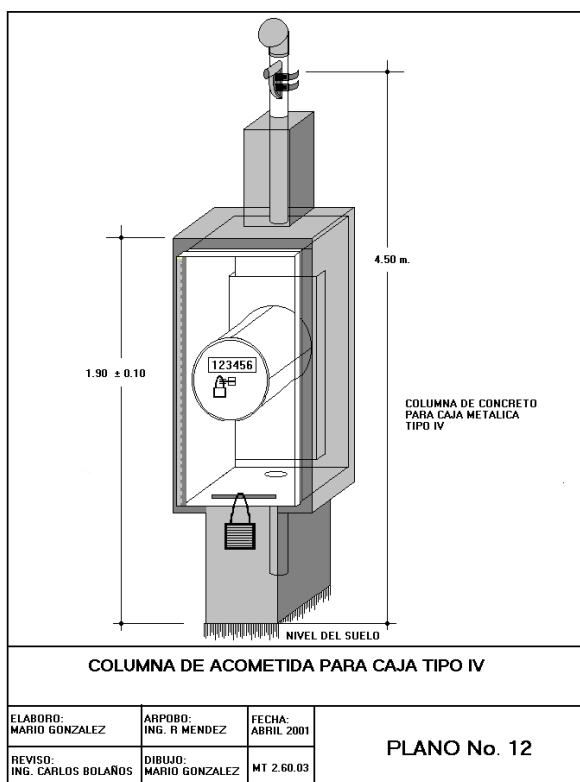
Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Ley General de Electricidad y su reglamento*.
http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=64. Consulta: 10 de octubre de 2020.

- Cargas monofásicas entre 10 y 25 kVA. Los aspectos constructivos necesarios para suministros individuales, con cargas entre 10 y 25 kVA son los siguientes:
 - La instalación del medidor auto contenido con demanda debe ser alimentado con acceso desde la vía pública. La columna necesaria

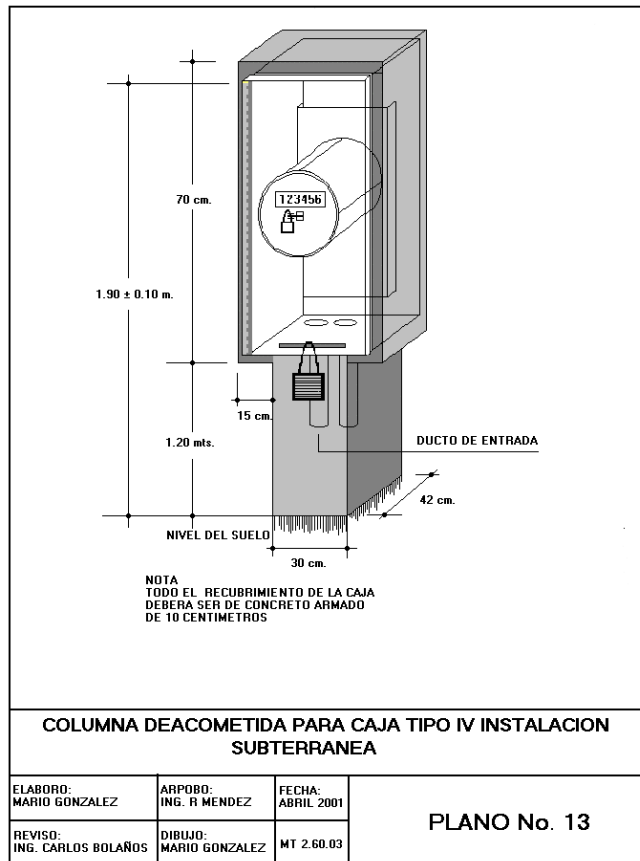
y el detalle para alimentación aérea o subterránea son mostrados en los planos de la figura 5.

- La altura de la caja del medidor debe ser de $1,80 \pm 0,10$ metros.
- Se debe utilizar una caja socket para medidor polifásico clase 200 amperios, caja metálica de resguardo con puerta y cerradura normalizada por Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.
- El diámetro del tubo conduit de la acometida en baja tensión debe ser de $1 \frac{1}{4}$ ".

Figura 5. **Esquema de acometida según EEGSA cargas monofásicas entre 10 y 25 KVA**



Continuación de la figura 5.

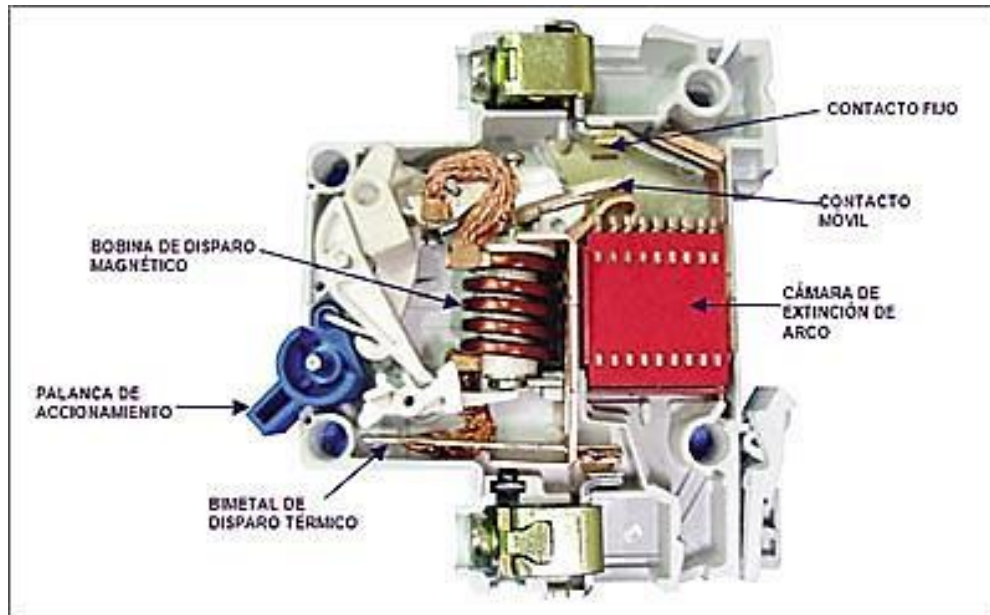


Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Ley General de Electricidad y su reglamento*.
http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=64. Consulta: 10 de octubre de 2020.

3.3. Interruptor termomagnético

Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito, los efectos son el magnético y el térmico.

Figura 6. **Componentes de un Interruptor termomagnético**



Fuente: Revista electro industria soluciones tecnológicas para la minería. *Energía e industria*.

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1741&srch=interruptores&act=4&tip=7>

Consulta: 10 de octubre de 2020.

3.4. Centro de carga/tablero de distribución

Se conocen por tableros o centro de carga al conjunto de elementos de protección y medición agrupados en un gabinete y ubicado en un determinado lugar desde donde se controla la distribución de energía eléctrica de una instalación tanto residencial como industrial. Tiene como función recibir energía eléctrica y distribuirla a través de conductores a las cargas de los circuitos derivados. En él se encuentran las protecciones termomagnéticas, fusibles y dispositivos de maniobra de los circuitos eléctricos. Las funciones del tablero son:

- Distribuir la energía eléctrica.
- Proveer de un medio de conexión y desconexión manual a cada uno de los circuitos derivados.
- Proteger cada uno de los circuitos contra cortos circuitos y sobre corrientes.

Figura 7. **Tablero o centro de cargas**



Fuente: SE. *Centros de carga*. <https://www.se.com/cr/es/product-range/7249-centros-de-carga-qo/?parent-subcategory-id=6405>. Consulta: 10 de octubre de 2020.

De acuerdo a su aplicación los tableros se pueden clasificar en:

- Centro de carga
- Tablero de distribución
- Tablero de Fuerza

- Tablero de alumbrado
- Centro de control de motores

Se clasifican los tableros de distribución según su montaje en

- Superficial o adosado: van montados sobre la pared y asegurados con pernos, o sobre bases de concreto.
- Empotrado: van ocultos dentro de la pared, generalmente son pequeños; de manera que puedan empotrarse en una pared normal.
- Autoportado: el tablero se fija directamente sobre el piso.

Se clasifican a los tableros de distribución según el número de fases:

- Monofásico, 3 hilos
- Trifásico, 3 hilos
- Trifásico, 4 hilos

Se clasifican los tableros de distribución según su voltaje:

- 240 / 120 V
- 208 / 120 V
- 480 / 240 V
- 480 / 277 V
- 600 V

Se clasifican los tableros de distribución según el número de polos en:

- Monofásico: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30 y 42
- Trifásico: 3, 12, 18, 24, 30, y 42

3.5. Conductores eléctricos

En instalaciones eléctricas se puede considerar a los conductores como la parte más esencial del sistema de distribución eléctrica y se constituyen con elementos metálicos y aislantes. Debe de considerarse para su selección los siguientes criterios:

- Voltaje del sistema.
- Tipo de voltaje (CC o CA), fases y neutro, sistema de potencia, punto central aterramiento.
- Corriente.
- potencia.
- Temperatura de servicio.
- temperatura ambiente.
- resistividad térmica del ambiente.
- Tipo de instalación y sus dimensiones.
- Sobrecargas.
- Tipo de aislación o Cubierta protectora.

La selección de un conductor se realiza en función de la corriente que circula por él, la resistencia mecánica y la caída de tensión.

Según su uso se considera:

- Conductores aislados con secciones métricas
- Conductores aislados con secciones AGW

Figura 8. **Condiciones de uso para conductores aislados con secciones métricas**

CONDICIONES DE USO PARA CONDUCTORES AISLADOS CON SECCIONES METRICAS (Fabricación según Normas VDE)				
Tipo de Aislación	Designación	Temperatura de Servicio. °C	Tensión de Servicio Max. Admisible Respecto A Tierra	Condiciones de Empleo (Tendido Fijo)
Monoconductor de aislación PVC	NYA	70	660 V ca 750 V cc	Instalaciones interiores de ambiente seco colocado dentro de tubos embutidos sobrepuestos o directamente sobre aisladores.
Monoconductor especial aislación PVC	NSYA	70	660 V ca 750 V cc	En recintos húmedos y a la interperie sobre aisladores, en líneas de entrada a viviendas situado fuera del alcance de la mano, tendido fijo protegido en alimentación a máquinas, herramientas y similares o adosados a las mismas.
Cables Multiconductor aislación y chaqueta de PVC	NYC (1)	70	660 V ca 750 V cc	para instalar en recintos secos y húmedos a la interperie sin exponerse a rayos solares, en canaletas directamente enterrado en el suelo y bajo el agua, con protección adicional cuando esta expuesta a posibles daños mecánicos.
Cables planos multiconductor Res. aislación y chaqueta de PVC	TPS, NYIF NYIFY	70 70	660 V ca 750 C cc	Para instalaciones bajo techo, embutidos, a la vista u ocultos, en ningún caso podrán apoyarse sobre material combustible

Fuente: Copper Alliance. *Cobre: fundamental para el desarrollo sostenible*.
<https://copperalliance.org/>. Consultado el 10 de octubre.

Figura 9. Condiciones de uso para conductores aislados con secciones AWG

CONDICIONES DE USO DE LSO CONDUCTORES AISLADOS CON SECCIONES AWG (Fabricados según Normas UL ó IPCEA)				
Tipo de Aislación	Designación	Tº Max. de Servicio, °C	Tensión Max. de Servicio, V (ca)	Condiciones de Empleo
Monoconductor con aislación de PVC.	T	60	600	En Interiores con ambiente seco, colocaciones dentro de tubos embutidos o sobrepuestos o directamente sobre aisladores.
Monoconductor con aislación de PVC resistentes a la humedad.	THW (1)	60	600	Id. T pero para ambiente seco o húmedo y mayor temperatura.
Monoconductor con aislación de PVC y cubierta de un Nylon resistente a la humedad, mayor temperatura, a los lubricantes y combustibles.	THHN	75	600	Id. THW, y para utilizarse en ambientes en que se manipulen lubricantes y combustibles.
Multiconductor: aislación y chaqueta de PVC.	TN-60	60	600	Para instalar en recintos secos y húmedos a la interperie, sin exponerse a rayos solares en canaletas directamente enterradas en el suelo y bajo el agua con protección adicional cuando esté expuesto a posibles daños mecánicos.
Multiconductor con aislación de PVC resistente a mayor temperatura.	TN-75	75	600	Id. TN-60 con mayor temperatura.
Cable multiconductor con aislación de PVC resistente a mayores temperatura.	TN-90	90	600	Id. TN-75 con mayor temperatura.
Monoconductor con aislación de polietileno y chaqueta de PVC	TTU (1) PT	75	600	Ambiente húmedo u corrosivo sobrepuesto en canaletas, instalaciones subterráneas en ductos, directamente bajo tierra, en agua y a la interperie sin exponerse a los rayos solares.

Fuente: Copper Alliance. *Cobre: fundamental para el desarrollo sostenible*.

<https://copperalliance.org/>. Consultado el 10 de octubre.

Figura 10. **Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre**

INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES DE COBRE (Secciones AWG)								
AISLADOS TEMPERATURA DE SERVICIO:			60°	75°	90°			
SECCION	SECCION	GRUPO A			GRUPO B			
		TEMPERATURA DE SERVICIO			TEMPERATURA DE SERVICIO			DESNUDO
Nominal (mm) ²	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0,32	22	3	3					
0,51	20	5	5					
0,82	18	7,5	7,5					
1,31	16	10	10					
2,08	14	15	15	25	20	20	30	
3,31	12	20	20	30	25	25	40	
5,26	10	30	30	40	40	40	55	
8,36	8	40	45	50	55	65	70	90
13,30	6	55	65	70	80	95	100	130
21,15	4	70	85	90	105	125	135	150
26,67	3	80	100	105	120	145	155	200
33,62	2	95	115	120	140	170	180	230
42,41	1	110	130	140	165	195	210	270
53,49	1/0	125	150	155	195	230	245	310
67,42	2/0	145	175	185	225	265	285	360
85,01	3/0	165	200	210	260	310	330	420
107,2	4/0	195	230	235	300	360	385	490
127	250 MCM	215	255	270	340	405	425	540
152,0	300 MCM	240	285	300	375	445	480	610
177,3	350 MCM	260	310	325	420	505	530	670
202,7	400 MCM	280	355	360	455	545	575	730
253,4	500 MCM	320	380	405	515	620	660	840
304	600 MCM	355	420	455	475	690	740	
354,7	700 MCM	385	460		630	755		
380	750 MCM	400	475	500	655	785	845	
405,4	800 MCM	410	490		680	815		
456	900 MCM	435	520		730	870		
506,7	1000 MCM	455	545	585	780	925	1000	
633,4	1250 MCM	495	590		890	1065		
760,1	1500 MCM	520	625		980	1175		
886,7	1750 MCM	545	650		1070	1280		
1013	2000 MCM	560	665		1155	1385		

Fuente: Copper Alliance. *Cobre: fundamental para el desarrollo sostenible*.

<https://copperalliance.org/>. Consultado el 10 de octubre.

El cobre duro es utilizado para la fabricación de conductores desnudos para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica. Sus características son las siguientes:

- Conductividad del 97 % respecto a la del cobre puro
- Resistividad de 0,018 $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ a 20 °C de temperatura

- Capacidad de ruptura a la carga, oscila entre 37 a 45 kg/mm²

El cobre recocido o de temple blando es utilizado para la fabricación de conductores aislados por su flexibilidad, sus características son:

- Conductividad del 100 %
- Resistividad de 0,01724 Ω mm²/m respecto del cobre puro
- Capacidad de ruptura media de 25 kg/mm²

3.5.1. Factores de corrección a la capacidad de transporte de corriente

La capacidad de transporte de los conductores está restringida por su capacidad de disipar la temperatura del medio que los rodea. Para ello los aislantes no deben sobrepasar la temperatura de servicio de los conductores.

Los factores a considerar para el cálculo de conductores por capacidad de corriente son: la temperatura ambiente y el número de conductores por ducto son un factor relevante en la capacidad de disipación de la temperatura por parte de los conductores; a ese efecto se presentan los siguientes factores de corrección de la capacidad de transporte, según sea el número de conductores por ducto superior a 3 y la temperatura ambiente superior a 300 °C. Finalmente la capacidad de transporte de los conductores queda consignada a la siguiente expresión:

$$I = f_N \times f_T \times I_t \text{ (A)}$$

Donde:

- I: corriente admisible corregida (A)
- fN: factor de corrección por NO de conductores.
- fT: factor de corrección por temperatura.
- It: corriente admisible por sección de conductor según tablas (A).

3.5.2. Por caída de tensión

La caída de tensión o voltaje es la diferencia existente entre el voltaje de las terminales de la carga y el voltaje de la fuente de alimentación. Esta caída es debida a la impedancia (resistencia y reactancia) que tienen los conductores eléctricos. La reactancia está determinada por diversos factores como: sección, frecuencia, longitud, material, tensión de operación, entre otras.

No basta con calcular los conductores solo con corriente. También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores el porcentaje de caída de tensión establecido. Se permite un 3 % de caída de tensión para circuitos derivados y un 5 % de caída de tensión para el conjunto de alimentadores más derivados.

La caída de voltaje viene determinada por la siguiente fórmula y dependiendo de si es un sistema monofásico o trifásico, se utilizará de la siguiente manera:

- Sistema monofásico o trifásico

$$s = \frac{k L I}{\sigma e \% E_f}$$

Donde:

- S = sección transversal del conductor en mm^2
- L = longitud del conductor en m
- E_f = voltaje de línea a neutro o línea a línea, según sea el caso
- k = coeficiente variable dependiendo números de fases $k = 2$ para monofásico, $k: \sqrt{3}$ para trifásico
- I = corriente en amperios
- σ = conductividad del cobre (57) o aluminio (36) dependiendo el caso e % = porcentaje de caída de tensión

Teniendo como resultado, luego de las operaciones respectivas ya sea en el caso de una red monofásica o una red trifásica, un valor en mm^2 de área transversal, se procede a escoger el conductor que posea un área transversal en el rango del valor obtenido.

3.6. Canalizaciones

El conjunto de alimentadores o conductores a utilizar en la instalación deben estar protegidos por razones climáticas, mecánicas o de seguridad. Esto quiere decir que por lo general deben ir instalados dentro de canalizaciones eléctricas que pueden variar dependiendo de las necesidades a cubrir en el tipo de instalación eléctrica. Las canalizaciones pueden ser clasificadas de la siguiente forma: a la vista (observables a simple vista), embutidas (oculta en muros e inaccesible en forma directa), ocultas (no visualizable, pero accesible en toda su extensión) y subterráneas (bajo tierra). Los tipos de canalizaciones más comunes son las tuberías, las bandejas portacables y los ductos.

3.6.1. Tuberías

Es el conjunto de tubos que forman una estructura determinada a las necesidades preestablecidas, que llevan uno o varios circuitos eléctricos en su interior. En las canalizaciones, las tuberías son uno de los elementos más importantes, porque son las que llevan los conductores que alimentarán a las cargas. La instalación de estas canalizaciones puede ser de dos tipos, empotradas o a la vista.

Para determinar el diámetro de la tubería a utilizar debe tenerse en consideración el calibre del conductor, el número de conductores, el área de los conductores (tamaño nominal).

3.6.1.1. Tuberías tipo PVC

Este tipo de tubería es clasificada como no metálica, debe ser autoextinguible, resistente al aplastamiento, humedad y a ciertos agentes químicos. La longitud estándar de esta tubería es de 3,0 metros; la temperatura máxima que se recomienda es de 140 °F (60 °C).

Figura 11. **Tubería tipo PVC**



Fuente: Soluciones eléctricas. *Canalización y tubería*.

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fsolucioneselectricascl.com%2Fcategoria-producto%2Flineas-de-productos%2Fcanalizacion-y-tuberia>. Consulta: 11 de octubre de 2020.

Este tipo de tubería presenta ventajas como:

- Autoextinguible. Una de las propiedades más importantes de la tubería PVC es que no propaga la flama, lo cual es una condición de seguridad en las instalaciones eléctricas.
- Aislante. Alto coeficiente dieléctrico, lo cual evita cortocircuito de falla de tierra.
- Seguridad. Al alambrar por las paredes lisas y libres de rebabas de la tubería PVC, permite un alambrado rápido y eficiente, sin peligro para el forro de los cables.
- Hermeticidad. su unión cementada garantiza la hermeticidad a polvos y líquidos de construcción a lo largo de la trayectoria.

- Durabilidad. para aplicaciones en donde se requiere de resistencia a la corrosión las tuberías de PVC son la mejor opción ya que no se ve afectada por la agresividad de los suelos, es por eso que el tiempo de vida útil es el de mayor durabilidad.
- Ligereza. la tubería PVC tiene un peso de cinco veces menos que el tubo metálico equivalente.

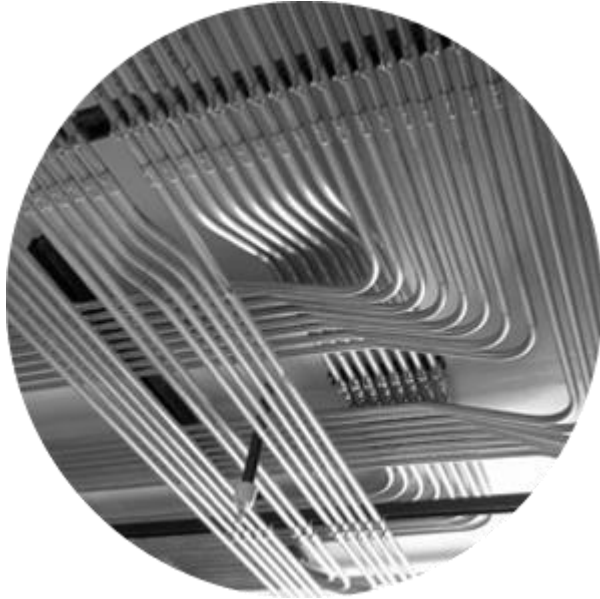
3.6.1.2. Tuberías tipo conduit

Para la instalación a la vista, por lo general, se utilizan distintos elementos de sujeción de las tuberías a las paredes o techos, tales como, abrazaderas o estructuras de soporte, el tipo de tuberías utilizado son las metálicas rígidas conocidas como tipo conduit.

El tubo conduit galvanizado de acero está diseñado para proteger cables eléctricos en instalaciones industriales, en áreas clasificadas de alto riesgo de explosión y en zonas de ambiente corrosivo.

Por el contrario, el tubo tipo conduit negro tiene la misma utilidad, pero la palabra negro indica que no está galvanizado, minimizando su capacidad de durabilidad en ambientes corrosivos. El tubo de acero normalmente es galvanizado y puede ser empleado en muchas clases de trabajo dado su resistencia. En especial se recomienda en instalaciones industriales tipo sobrepuesta, en instalaciones a la intemperie o permanentemente húmedos.

Figura 12. **Tubería tipo conduit**



Fuente: Rymco. *Tubería conduit de alta calidad*. <http://www.rymco.com.mx/>. Consulta: 10 de octubre de 2020.

3.6.1.3. Cálculo de tubería eléctrica

La dimensión correcta de la tubería a utilizar está determinada por el número de conductores que va a resguardar, porque el espacio libre que se deje de reserva es importante para disipar el calentamiento de los alimentadores en su capacidad de conducción. Para tener la cantidad de aire suficiente para cumplir con esta limitación debe existir una relación entre la sección del tubo y la de los conductores, esta relación es llamada factor de relleno al cual se le asignan diversos porcentajes para la correcta instalación de los conductores dentro de las tuberías. El factor de relleno viene dado por:

$$F_R = \frac{A_c}{A}$$

Donde:

- F_R = factor de relleno
- A_C = área total de los conductores dividido el factor de arreglo (0,8) A = área interior de la tubería

Los factores de relleno que se manejan son los siguientes:

- Para 1 conductor 53 %
- Para 2 conductores 31 %
- Para 3 o más conductores 40 %

3.7. Puesta a tierra

Este sistema se basa en la conexión física que se realiza entre las partes no conductoras de un equipo eléctrico y tierra, de esta forma se limita la tensión en las partes metálicas de los equipos para evitar que alcancen valores peligrosos para la vida de un ser humano, además de evitar el acumulamiento de cargas electrostáticas que podrían provocar explosiones. En caso de falla del aislamiento de un equipo el hecho de conectarlo a tierra crea un camino de baja impedancia para el drenaje de la corriente.

Por lo general se realiza enterrando barras de *Copperweld* de 5/8" x 2,4 m y son conectadas mediante un alambre de cobre desnudo #2/0 para crear un anillo de equipotencialidad. También se podría hacer el sistema de puesta a tierra conectando la red de tierra a las tuberías de aguas blancas, si son de cobre o hierro galvanizado.

Con el sistema de puesta a tierra se busca que las corrientes de falla a tierra encuentren un camino más fácil, que el que ofrecería el cuerpo de una persona que tocara la carcasa metálica bajo tensión. De esta manera, como el sistema de puesta a tierra tiene una resistencia mucho menor que la del cuerpo humano, la corriente de falla circulará por la red de tierra en lugar de hacerlo por el cuerpo de la persona.

Las normas de aplicación establecen que en las instalaciones eléctricas en general, se conectarán al sistema de puesta a tierra:

- Las instalaciones de pararrayos: los sistemas de pararrayos deben ser instalados para cumplir la función de protección contra descargas atmosféricas. El objeto de instalar pararrayos en edificios es ofrecer protección al inmueble contra el rayo, producto de una descarga eléctrica, derivada de una tormenta atmosférica, que venga o vaya hacia tierra.
- Las instalaciones de antenas, tanto de TV como de FM.
- Los tomacorrientes y las masas metálicas de baños y cocinas.
- Las estructuras metálicas y las armaduras de columnas y muros de hormigón.
- Las instalaciones ejecutadas con tubos metálicos de: agua y calefacción, así como calderas, depósitos, instalaciones de ascensores y montacargas, y en general todo elemento metálico que pueda entrar en contacto con un cable bajo tensión.

- Sistemas eléctricos en corriente alterna cuando el voltaje a tierra esté entre 50 y 150 V.
- Sistemas de corriente alterna de menos de 50 V si están alimentados por transformadores de sistemas a más de 150 V a tierra o por sistemas no aterrizados.
- Por este motivo en los aparatos y en la instalación eléctrica, hay que prever un cable de puesta a tierra que se conecte directa o indirectamente al sistema de puesta a tierra. En las instalaciones industriales deben realizarse tomas de tierra independientes para las masas metálicas de los aparatos eléctricos, para la conexión de los neutros de los transformadores de potencia y para la conexión de los descargadores o pararrayos.

3.8. Diagrama unifilar

El diagrama unifilar es la representación gráfica de un circuito eléctrico mediante una línea continua independientemente del número de conductores y su objetivo es tener un bosquejo de la instalación eléctrica general., dentro de este diagrama se dibujan la acometida, la medición, los sistemas de protección, la representación del conductor y la carga, también representan la fuente que alimenta el sistema en general.

4. MARCO METODOLÓGICO

El Marco Metodológico se utilizó para desarrollar la metodología utilizada en la elaboración del presente trabajo y los insumos utilizados.

4.1. Delimitación del campo de estudio

El presente estudio se realizó en el Museo del Libro Antigo, ubicado en Antigua Guatemala, en donde se realizó un diagnóstico general de las instalaciones eléctricas, sus consumos energéticos y un estudio de calidad de energía.

4.2. Recursos humanos disponibles

La realización de la auditoría energética para las instalaciones eléctricas del Museo del libro Antigo, estuvieron a cargo del estudiante investigador, teniendo apoyo en su asesor y personal propio del edificio.

4.3. Recursos materiales disponibles

Los recursos materiales necesarios fueron:

- Multímetro digital
- Amperímetro de Gancho
- Desarmadores punta Phillips
- Desarmadores punta estrella
- Analizador de red modelo Fluke serie 435II

- Cámara Nikon Coolpix modelo L330
- Cámara Termográfica Fluke Ti450
- Guantes de protección Comfortgrip
- Casco de protección Clase G
- Libreta de anotaciones de campo
- Alicata de electricista

4.4. Auditoría de consumos

Se realizó una revisión de la facturación de los consumos eléctricos del Museo del Libro Antiguo. Esta tarea fue efectuada mediante la revisión mensual de los registros encontrados en el archivo. Dicha revisión sirvió de base para poder tabular los kilovatios consumidos mensualmente. A partir de esta matriz se pudo elaborar un análisis de las tendencias mensuales, así como también se pudo validar la incidencia en los consumos en base al ingreso de visitantes del Museo.

4.5. Termografía

Mediante el uso de la cámara termografía Fluke Ti450 se pudieron generar imágenes desde el punto de medición, interruptor general y tableros de distribución con el objeto de poder determinar la existencia de puntos donde la temperatura incremente sobre la temperatura ambiente. Este análisis fue un patrón muy útil que permitió identificar puntos con corrosión, envejecimiento o falso contacto en los conductores y protecciones. Esta información fue de suma utilidad para poder encontrar conexiones con deficiencias de instalación, los cuales generan pérdidas eléctricas por calentamiento.

4.6. Documentación fotográfica

Se documentaron fotográficamente los puntos más relevantes del sistema eléctricos de la instalación. Con la ayuda de dicho trabajo nos fue posible documentar gráficamente el estado de las instalaciones al momento de haber realizados nuestro trabajo.

4.7. Análisis de calidad de energía

Mediante el uso de un analizador de calidad de energía en redes eléctrica marca Fluke serie 435II se pudieron conocer a detalle todas las variables y comportamientos de la red eléctrica del museo del Libro Antiguo. La conexión de este equipo fue realizada durante 7 días continuos en el tablero principal de la institución. Dicho análisis generó resultados en tiempo real de las distintas variables eléctricas del museo tales como: niveles de voltaje, consumos horarios, potencia máxima, potencia mínima, niveles de corriente, factor de potencia, distorsión armónica, rangos de frecuencia y cortes de energía por parte de la distribuidora del servicio.

5. EQUIPO DE MEDICIÓN

En este capítulo se enlistan los equipos utilizados durante el diagnóstico de las instalaciones eléctricas del edificio del Museo de Libro Antigo y sus principales características:

5.1. Cámara fotográfica

Se utilizó una cámara marca Nikon Coolpix L330 para documentar nuestro estudio. Dicha cámara tiene alta resolución (1280*720 pixeles) y un lente Nikkor 26X.

Figura 13. Cámara fotográfica Nikon Coolpix L330



Fuente: Nikon. Cámara fotográfica Nikon Coolpix L330. <https://www.nikon.com.mx/ikon-products/product-archive/compact-digital-cameras/coolpix-l330.html>. Consulta: 11 de octubre de 2020.

5.2. Cámara termográfica

Las imágenes termográficas fueron realizadas con la ayuda de una cámara Fluke Ti450. Esta cámara tiene la particularidad de contar con un enfoque multisharp, el cual auto ajusta la imagen para un enfoque superior al momento de hacer el estudio. Tiene una resolución de 640*480 pixeles. Para este diagnóstico se usó la paleta "verde-amarillo" la cual facilitó la visualización a niveles de bajo voltaje. Las imágenes obtenidas fueron analizadas mediante el uso del software "Smart View 4.3", el cual es compatible con dicho equipo y consiste en una plataforma de visualización de imágenes termográficas.

Figura 14. **Cámara termográfica Fluke Ti450**



Fuente: Satir. *Cámara termográfica Fluke Ti450*. https://avingenieria.net/camaras-termograficas/?gclid=CjwKCAiAm-2BBhANEiwAe7eyFOHqPoyABvq8wUOhWRGH4FDd84BZ4H1wsWd03_3sQxXfgEhSsm1-xhoCKVwQAvD_BwE. Consulta: 11 de octubre de 2020.

5.3. Equipo de medición de calidad energética

se instalará un equipo de medición de calidad marca Fluke serie 435II, este equipo cuenta con medidores de corriente y voltaje por fase, cabe destacar que la colocación de este equipo no interfiere con el funcionamiento normal del circuito como tal, es posible obtener todas la variables de voltaje, corriente, potencia, armónicos por fase en lapsos de cada minuto, con esta información podremos entender la curva horaria de consumo, esto podría explicar claramente efectos de la red como, caídas de voltaje, desbalances, presencia de armónicos, falta de energía por falla de parte del distribuidor, entre otros. Para la interpretación de las matrices proporcionadas por el equipo se utilizará el software “Power Log 430-II” el cual es de uso gratuito y es proporcionado sin costo en la página oficial de Fluke (www.fluke.com).

Figura 15. **Fluke serie 435II**



Fuente: Fluke. Fluke 430 Series II three-phase, power quality and energy analyzers <https://www.testequipmentdepot.com/fluke/pdf/430-series-ii.pdf>. Consulta: 7 de noviembre de 2020.

5.4. Multímetro digital

Además de contar con el equipo de medición de calidad energética se utilizó un multímetro marca GREENLEE modelo CMT-90 de gancho con la finalidad de tener confirmaciones de corriente y voltaje en puntos específicos de la red eléctrica.

Figura 16. **Multímetro digital**



Fuente: TIBOX. *Zhejiang Tianqi Electric Co., Ltd.*

<https://www.testequipmentdepot.com/greenlee/clamp-meters/ac-true-rms-clamp-meters/cmt-90-true-rms-ac-automatic-clamp-meter-600a-ac-1000v-ac-dc-50121235.htm>. Consulta: 7 de noviembre de 2020.

6. DIAGNOSTICO

6.1. Generalidades

Se realizó una visita a de campo a las instalaciones del Museo del Libro Antigo donde se recolectaron datos para realizar el diagnóstico de las instalaciones eléctricas. Durante la visita de campo se realizaron las inspecciones necesarias para diagnosticar al inspeccionar visual e instrumentalmente las instalaciones eléctricas del Museo del libro Antigo realizando la inspección en las oficinas administrativas, talleres, salas de exposiciones entre otros.

Figura 17. Museo del Libro Antigo vista externa

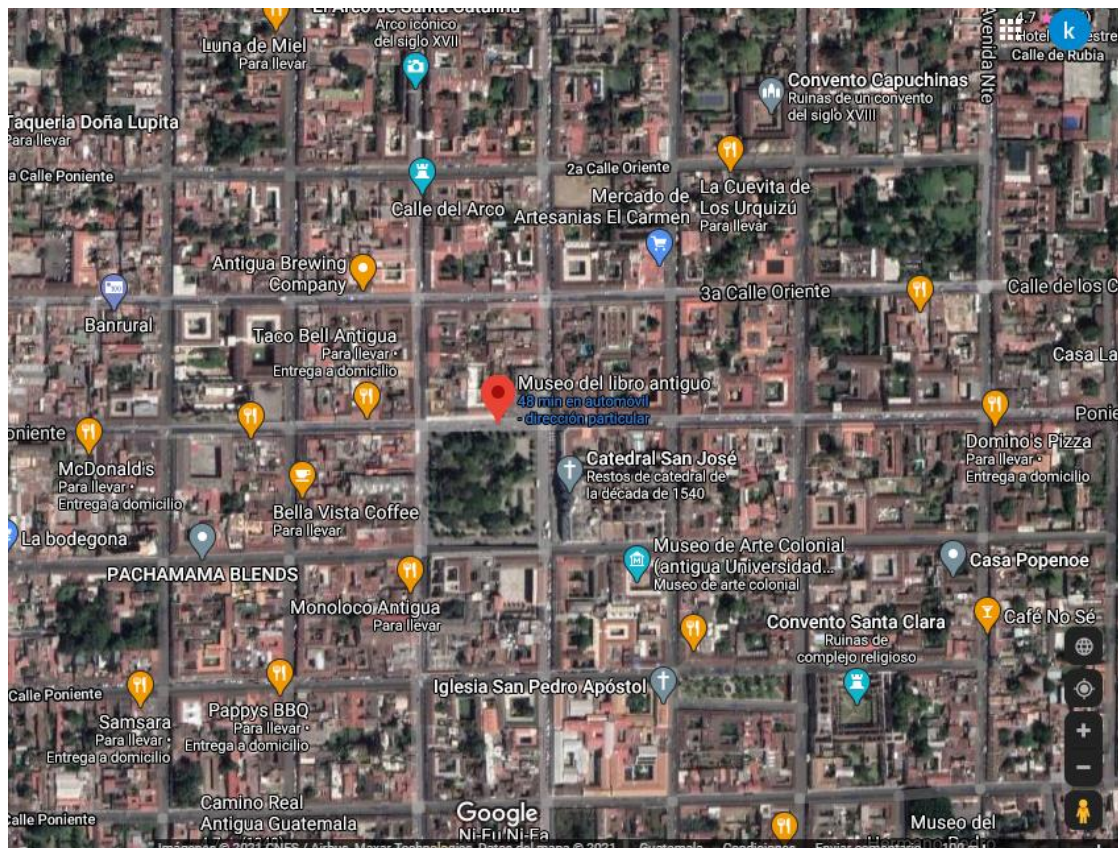


Fuente: elaboración propia.

6.2. Descripción del edificio

El Museo del Libro Antiguo está ubicado en el departamento de Sacatepéquez., Antigua Guatemala. En la figura 14 se aprecia el mapa de la ubicación del Museo del libro antiguo en hoja cartográfica.

Figura 18. Ubicación del Museo del Libro Antiguo



Fuente: Google maps. *Museo del Libro Antiguo*.

[https://www.google.com/maps/place/Museo+del+libro+antiguo/@14.5573157357943,759m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x85890f0d2601462f:0x588e70612683b90!8m2!3d14.5573105!4d-](https://www.google.com/maps/place/Museo+del+libro+antiguo/@14.5573157357943,759m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x85890f0d2601462f:0x588e70612683b90!8m2!3d14.5573105!4d-90.7336056)
90.7336056. Consulta: 7 de noviembre de 2020.

6.3. Medidor

Se encontró un medidor tipo Socket 120/240V con un interruptor termomagnético principal de 2x100 Amperios instalada en una caja para uso exterior. Se encuentra empotrado en una ventana de madera atrás de un bien mueble.

Figura 19. **Caja tipo socket en acometida Museo del Libro Antiguo**



Fuente: elaboración propia.

6.4. Acometida eléctrica

Se tiene una acometida eléctrica de baja tensión, monofásica 120/240 voltios, aérea, instalada sobre el pasillo de entrada principal. El cableado principal de dicha acometida pasa a través de la losa de concreto por medio de una sección de tubería metálica para ser conectado con conectores de compresión con los conductores tipo THHN que van hacia las terminales del tablero principal. Buena parte de esta instalación se encuentra expuesta y accesible de alguna forma a cualquier manipulación por parte de cualquier particular que circule por el edificio del Ayuntamiento.

Por lo mencionado anteriormente dicha instalación no cumple con las normas de acometida eléctrica de la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. aunque en parte esto se debe al hecho de respetar la arquitectura del museo y a las normas de construcción, las cuales van orientadas a proteger el patrimonio cultural, en un lugar como la Antigua Guatemala en lo referente a obra civil de los inmuebles.

Figura 20. **Acometida eléctrica Museo del Libro Antiguo**



Fuente: elaboración propia.

Se observó durante la inspección visual que hay un desgaste avanzado del aislamiento de los conductores de acometida lo cual implica un riesgo alto para la instalación eléctrica del museo. Esto debido a la alta posibilidad de poder tener un corto circuito por altas temperaturas o algún contacto accidental.

Figura 21. **Interruptor termomagnético principal acometida Museo del Libro Antiguo**



Continuación de la figura 21.



Fuente: elaboración propia.

Se verificó que la caja tipo RH del Interruptor termomagnético Principal de la acometida no se encuentra con la puesta a tierra que requiere la normativa de Empresa Eléctrica de Guatemala para este tipo de instalaciones. Dicha caja se encuentra con una instalación empotrada en muro de adobe.

6.5. Tableros de distribución y protecciones

En base a la inspección visual y verificación del cumplimiento de las normas de instalación se determinó que los tableros de distribución encontrados en las instalaciones eléctricas del Museo del Libro Antiguo no cumplen con el National Electrical Code® (Código Eléctrico Nacional americano) 2014 (NEC 2014).

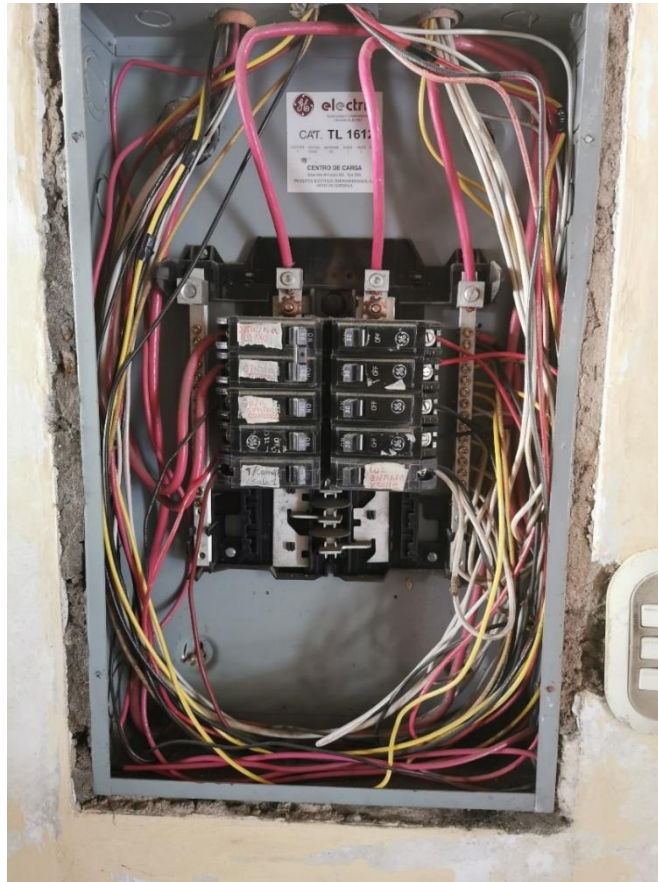
El tablero principal de distribución se encuentra empotrado en el corredor de la entrada principal y se encuentra accesible a personal no especializado o visitantes del museo. Así mismo se determinó que tiene circuitos desbalanceados en altos porcentajes.

Los circuitos no cuentan con identificación sobre el lugar de su utilización lo cual también es un riesgo alto al momento de querer realizar alguna ampliación de carga o bien cuando se presente una falla y quieran efectuar alguna maniobra correctiva o de emergencia.

Se verificó que también se tienen empalmes de conductores de diferentes calibres.

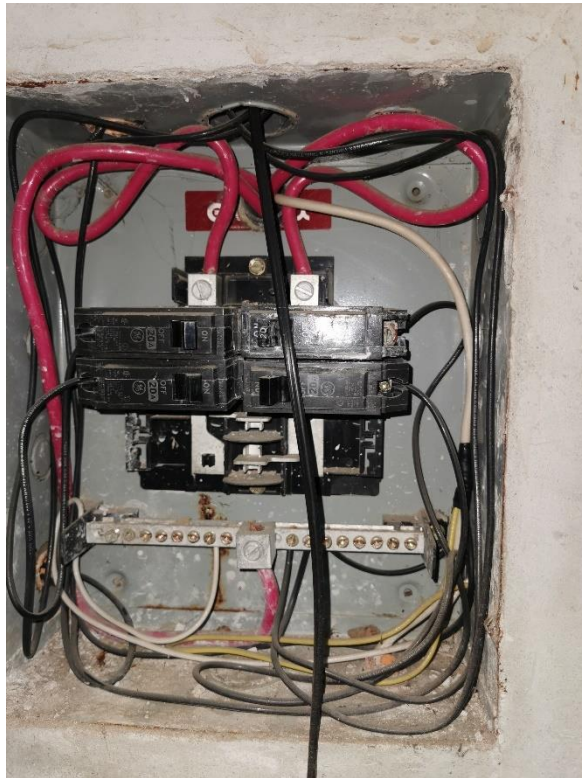
No existe un sistema adecuado de protección a tierra en el tablero principal ni en el subtablero del museo.

Figura 22. **Tablero principal de distribución Museo del Libro Antiguo**



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Tablero de distribución secundario Museo del Libro Antiguo**



Fuente: elaboración propia.

En el caso del tablero secundario del museo se lograron encontrar vestigios de alguna falla reciente. Los conductores presentaban señales de flameos en el aislamiento y el conductor en sí mismo.

También se logró constatar que las protecciones termomagnéticas estaban mal sobredimensionadas para los niveles de corriente que se manejan dentro del museo.

El tablero secundario está instalado empotrado en una pared de adobe y al igual que el tablero principal no cuenta con una puesta a tierra.

6.6. Canalización y cajas de registro

En el caso de las canalizaciones se determinó que en un alto porcentaje en las tuberías se encuentran sobrepuestas y con rajaduras y daños en gran parte de sus trayectorias.

En el caso de las cajas de registro se encontraron dos unidades específicamente que están con instalaciones de sobreponer. Las mismas presentan condiciones de operación indeseables. Humedad y óxido son algunos de los daños mecánicos que tienen dichas instalaciones. En su parte eléctrica se encontraron derivaciones hechas con diferentes tipos y calibres de conductores, las cuales están hechas sin ninguna canalización adecuada para su protección. Este tipo de instalaciones representan un alto riesgo para la operación de forma segura en una instalación que resguarda un patrimonio cultural de alto valor histórico. Sería muy doloroso el hecho de tener pérdidas de algunas de las valiosas obras que se conservan en el museo debido a la precariedad de muchas de sus instalaciones eléctricas.

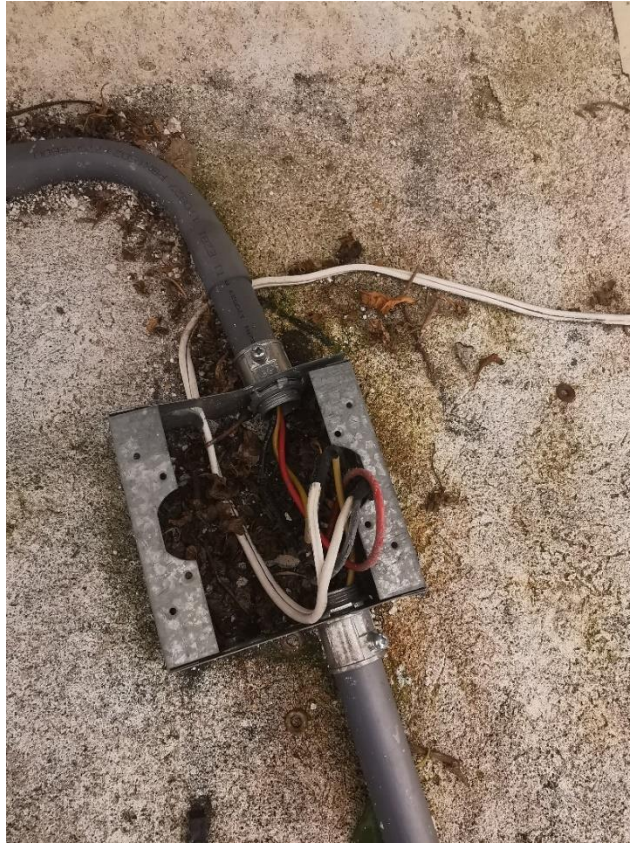
Está demás mencionar que la mayoría de canalizaciones, derivaciones y cajas de registro no cumplen con ningún código eléctrico.

Figura 24. **Canalización y cajas de registro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Caja de registro con instalación defectuosa



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Forma sugerida de instalar caja de registro**



Fuente: Todo Ferretería. *Cajas y tapas eléctricas*. <http://todoferreteria.com.mx/cajas-y-tapas-electricas-plasticas-y-metalicas/>. Consulta: 7 de noviembre de 2020.

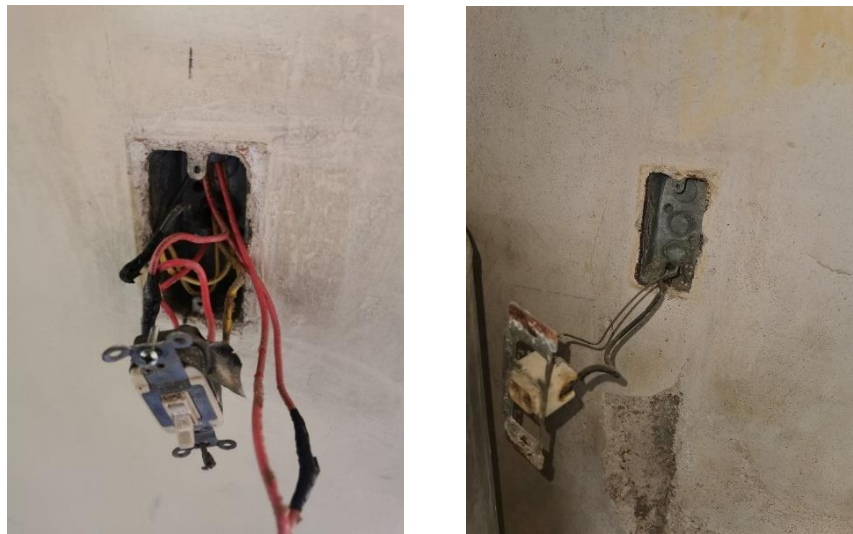
6.7. Conductores

En el caso de la evaluación de los conductores eléctricos se logró determinar que los mismos cuentan con rastros de envejecimiento debido al alto nivel de deterioro en los que se encuentran operando. La vida útil de varios de los conductores que alimentan los circuitos de iluminación y fuerza ha llegado a su fin lo cual también representa un riesgo latente elevado.

Sumado a esto tenemos también varios circuitos con sobre dimensionamiento y subdimensionamiento de ampacidad.

En base a esto también podemos confirmar que técnicamente los circuitos no fueron diseñados ni instalados de la forma adecuada.

Figura 27. **Conductores de circuitos de distribución e iluminación del Museo del Libro Antiguo**

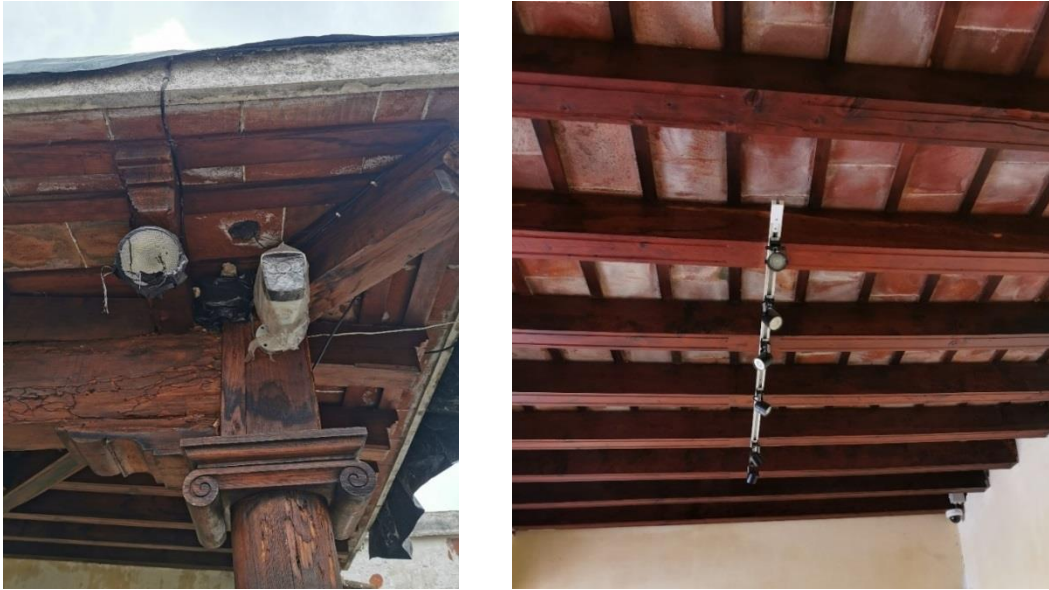


Fuente: elaboración propia.

6.8. Sistema de iluminación

Al realizar la inspección del estado físico y eléctrico de las luminarias se verificó que el 25 % de las luminarias no cumple con las condiciones técnicas para cargas de iluminación. Así mismo su vida útil ha expirado. Se encontraron varias seccionas averiadas y con calentamiento excesivo. Este hecho causa también preocupación debido a que tener luminarias sobrecargadas en un lugar donde una falla ocasionada por una sola luminaria podría poner en riesgo obras de alto valor cultural.

Figura 28. Iluminación Museo del Libro Antigo



Fuente: elaboración propia.

6.9. Pruebas de disparo

Se evaluaron los interruptores termomagnéticos en los tableros de distribución principal y secundario de las instalaciones del Museo del Libro Antigo. A pesar de que dichos dispositivos son ya muy antiguos afortunadamente logramos verificar que el 100 % de las unidades puede operar de forma correcta para aislar una falla por cortocircuito.

6.10. Niveles de sobrecarga

Las pruebas de sobre carga realizadas en los interruptores termomagnéticos de los tableros de distribución principal y secundario resultaron ser satisfactorias.

6.11. Capacidad de cortocircuito

Las pruebas de cortocircuito realizadas en todos los interruptores termomagnéticos resultaron ser satisfactorias.

6.12. Puesta a tierra

Tal y como lo mencionamos anteriormente, en las instalaciones eléctricas del Museo del Libro Antigo no encontramos ningún sistema de puesta a tierra para protección tanto de la instalación eléctrica como de su personal.

6.13. Sistema de pararrayos

No existe ningún sistema de pararrayos en la instalación del Museo del Libro Antigo. Esto puede ser debido al hecho que el museo es parte del Edificio del Ayuntamiento. Se asume que en este caso lo ideal sería efectuar un diseño de sistema de pararrayos para dicho edificio en su totalidad ya que por el tamaño del museo no ha sido considerado. Así mismo la implementación de un sistema de protección de este tipo implica que se debe instalar obligadamente un sistema de tierras para el museo.

6.14. Supresor de picos de voltaje

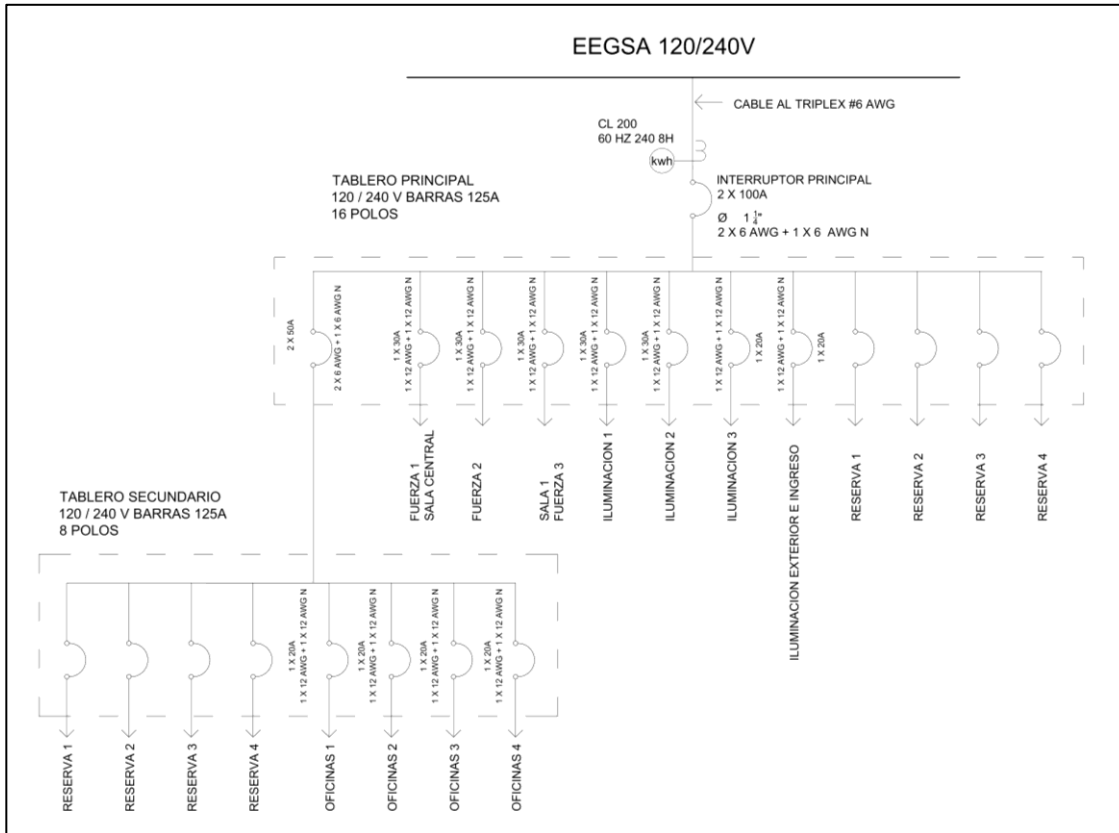
Durante la elaboración de este trabajo no se encontraron protecciones contra transitorios de voltaje en el Museo del Libro Antigo. Es recomendable la implementación de un equipo de protección para este tipo de falla para preservar la integridad de los equipos electrónicos en el lugar, pero al igual que para el sistema de pararrayos también se debe obligadamente implementar un sistema de tierras.

7. DIAGRAMA UNIFILAR POR SECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DEL LIBRO ANTIGUO

7.1. Diagrama unifilar del Museo del Libro Antiguo

El diagrama unifilar se elaboró en base al levantamiento de información de las instalaciones eléctricas actuales del Museo del Libro Antiguo. En el diagrama unifilar están representados los siguientes elementos: la acometida, medidor, interruptor principal, tablero principal, tablero secundario y sus ramales de protección para los circuitos de fuerza e iluminación que alimentan las cargas existentes del museo.

Figura 29. Diagrama unifilar Museo del Libro Antiguo



Fuente: elaboración propia.

8. ANÁLISIS DE HISTÓRICOS DE CONSUMO

Con base en los datos históricos proporcionados de facturación del medidor de la acometida del Museo del Libro Antigo en el año 2019 se analizaron las tendencias en el consumo de energía eléctrica.

8.1. Consumo de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica es brindado por la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA). En las instalaciones del edificio del Museo del Libro Antigo cuentan con un servicio y tarifa en baja tensión simple.

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

Medidor (Contador)	K-97407
Tarifa	baja Tensión No Social - BTS
Voltaje	120/240 V
Fases	2

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Medidor Museo del Libro Antiguo



Fuente: elaboración propia.

Tabla II. Consumo energético de acometida eléctrica principal del Museo del Libro antiguo

Consumo energético de acometida eléctrica principal del Museo del Libro Antiguo														
2019	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio	
Costo KWh	Q 1.17	Q 1.23	Q 1.28	Q 1.28	Q 1.35	Q 1.35	Q 1.35	Q 1.38	Q 1.38	Q 1.38	Q 1.39	Q 1.39	Q 1.33	
Consumo KWh	760	890	765	890	905	856	1,052	950	835	940	922	984	895.75	
Costo Energía	Q 889.20	Q 1,094.70	Q 979.20	Q 1,139.20	Q 1,221.75	Q 1,155.60	Q 1,420.20	Q 1,311.00	Q 1,152.30	Q 1,297.20	Q 1,281.58	Q 1,367.76	Q 1,192.47	
Cargo fijo por cliente	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	Q 9.88	
Total sin IVA	Q 899.08	Q 1,104.58	Q 989.08	Q 1,149.08	Q 1,231.63	Q 1,165.48	Q 1,430.08	Q 1,320.88	Q 1,162.18	Q 1,307.08	Q 1,291.46	Q 1,377.64	Q 1,202.35	
Total con IVA	Q 1,006.97	Q 1,237.13	Q 1,107.77	Q 1,286.97	Q 1,379.43	Q 1,305.34	Q 1,601.69	Q 1,479.39	Q 1,301.64	Q 1,463.93	Q 1,446.44	Q 1,542.96	Q 1,346.64	
Tasa Municipal Alumbrado público	Q 124.49	Q 153.26	Q 137.09	Q 159.49	Q 171.05	Q 161.78	Q 198.83	Q 183.54	Q 161.32	Q 181.61	Q 179.42	Q 191.49	Q 166.95	
Total Factura (Con IVA)	Q 1,131.46	Q 1,390.39	Q 1,244.86	Q 1,446.46	Q 1,550.47	Q 1,467.12	Q 1,800.52	Q 1,662.93	Q 1,462.96	Q 1,645.54	Q 1,625.86	Q 1,734.44	Q 1,513.58	

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla se registró un consumo promedio mensual de 895,15 KWh durante el año 2019, lo que corresponde a un promedio mensual de Q 1513,58 únicamente por concepto de pago de energía.

Figura 31. **Pliego Tarifario EEGSA año 2019**

Resoluciones	CNEE-245-2019 CNEE-246-2019	CNEE-180-2019 CNEE-181-2020	CNEE-120-2019 CNEE-121-2019	CNEE-49-2019 CNEE-50-2019	CNEE-216-2018 CNEE-217-2018
Tariffas / Vigencia	De Nov-2019 a Dic-2019	De Ago-2019 a Oct-2019	De May-2019 a Jul-2019	De Feb-2019 a Abr-2019	De Nov-2018 a Ene-2019
TS					
Cargo por Energía (Q/KWh)	1.255053	1.250064	1.225083	1.159342	1.119951
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	9.584285	9.375037	9.148141	9.148141	8.887887
BTS					
Cargo por Energía (Q/KWh)	1.34423	1.336747	1.306812	1.230627	1.172832
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	9.584285	9.375037	9.148141	9.148141	8.887887
BTdfp					
Cargo por Energía (Q/KWh)	0.994367	0.997878	0.970736	0.891405	0.840717
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	115.011423	112.500439	109.777692	109.777692	106.65464
Cargo Unitario por Potencia Máxima (Q/KW-mes)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/KW-mes)	29.23252	27.854719	27.504606	27.504606	26.613899
BTdp					
Cargo por Energía (Q/KWh)	0.994053	0.997584	0.970422	0.896764	0.846076
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	115.011423	112.500439	109.777692	109.777692	106.65464
Cargo Unitario por Potencia Máxima (Q/KW-mes)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/KW-mes)	61.956325	59.036169	58.294128	58.294128	56.406337

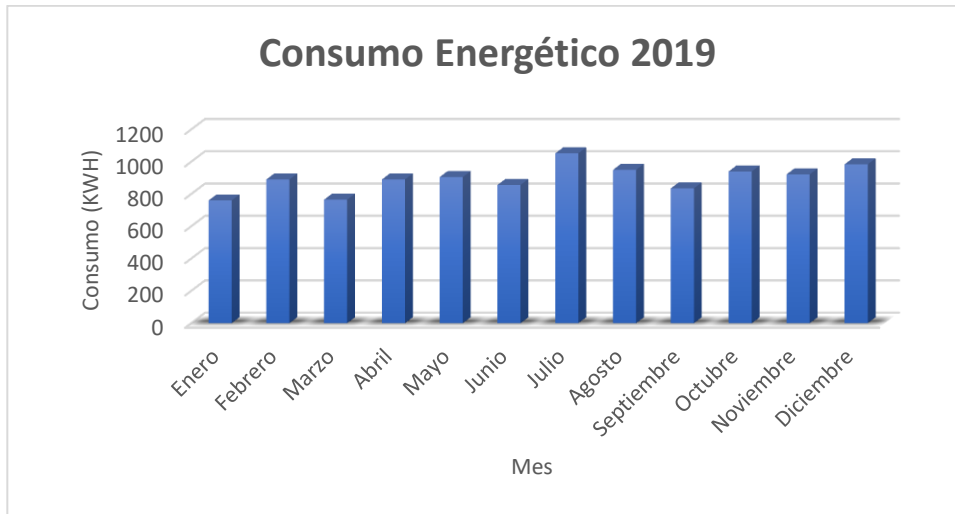
Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Calculadora*.

<http://www.cnee.gob.gt/Calculadora/resoluciones.php>. Consulta: 10 de octubre de 2020.

Durante el año 2019 se dieron cinco resoluciones de los pliegos tarifarios siendo estas:

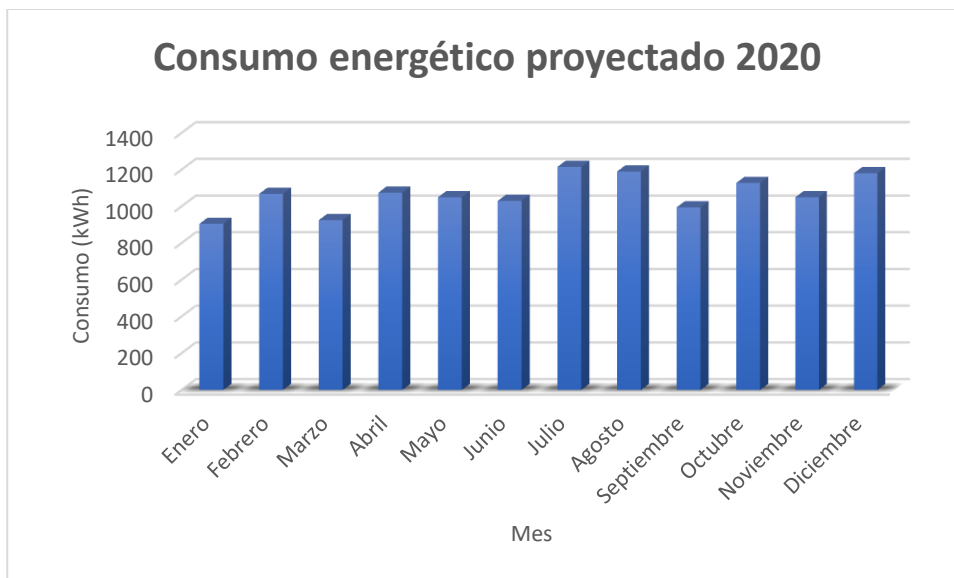
- CNEE-216-2018 CNEE-217-2018 (con vigencia de Nov-2018 a Ene-2019).
- CNEE-49-2019 CNEE-50-2019 (con vigencia de Feb-2019 a Abr-2019).
- CNEE-120-2019 CNEE-121-2019 (con vigencia de May-2019 a Jul-2019).
- CNEE-180-2019 CNEE-181-2020 (con vigencia de Ago-2019 a Oct-2019) y CNEE-245-2019 CNEE-246-2019 (con vigencia de Nov-2019 a Dic-2019).

Figura 32. **Consumo energético (kWh) año 2019**



Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Proyección consumo energético (kWh) año 2020**



Fuente: elaboración propia.

Como podemos observar en las gráficas anteriores se puede observar que el consumo proyectado para el año 2020 aumenta un 19 %. Este dato se obtuvo en base a información proporcionada por personal del museo.

Es importante destacar que, a la fecha de elaboración de este trabajo, el servicio eléctrico del Museo del Libro Antigo no ha sido sancionado por incumplimiento de la normativa (NTSD) por bajo factor de potencia.

8.2. Inventario de equipo

Se realizó un inventario de todos los equipos existentes en el edificio del Museo del Libro Antigo para determinar teóricamente cuánta energía se consumía en un período. En el inventario se separan los circuitos de iluminación y fuerza.

8.3. Inventario de luminarias Museo del Libro Antigo

Luego del recuento de luminarias en toda la instalación, se recaudó la siguiente información:

Tabla III. **Total de luminarias**

Ubicación	Luminaria	Cantidad
Reflectores Dobles	Bombilla incandescente	10
Riel tipo ojo de buey	Led	15
Plafonera	Bombillas incandescentes	6
Oficinas, baños y bodegas	Lámparas fluorescentes (2x40W)	10
Exterior de las salas de exposición	Bombillas LED	25
Total de luminarias en el edificio		66

Fuente: elaboración propia.

8.4. Consumo eléctrico por luminaria

La potencia de cada una de las luminarias instaladas en el museo del Libro Antiguo se detalla en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla IV. **Consumo eléctrico por luminaria**

Luminaria	Potencia individual (W)	Potencia total (W)
Reflector	150	1500
Bombilla incandescente	100	600
Lámparas fluorescentes	40	800
Luminaria tipo LED ojo de buey	5	300
Bombillas LED	10	250
Consumo eléctrico total en Iluminación (W)		3450

Fuente: elaboración propia.

8.5. Tiempo promedio de operación por luminaria

A través de entrevistas e investigaciones con el personal del museo, se determinó el tiempo promedio de uso de las luces en cada área del edificio, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla V. **Tiempo promedio de operación por luminaria**

Ubicación	Luminaria	Tiempo de operación (horas)
Reflector Doble	Bombilla incandescente	16
Riel tipo ojo de Buey	Led	10
Plafonera	Bombillas incandescentes	7
Oficinas, baños y bodegas	Lámparas fluorescentes (2x40W)	10
Exterior de las salas de exposición	Bombillas led	10

Fuente: elaboración propia.

8.6. Total de consumo eléctrico diario

Con las tablas que se muestran anteriormente se logra especificar la potencia de cada luminaria instalada en el museo y las horas de trabajo de cada una de ellas. Con esto se logra determinar que el consumo eléctrico diario provocado por el sistema de iluminación es de 5 KWh/ día.

8.7. Análisis de los resultados de consumo eléctrico por iluminación

El consumo total de energía del sistema de iluminación del museo viene determinado por las horas de uso en las que opera el museo. Al hacer el análisis pudimos verificar que el hecho de utilizar bombillas incandescentes hace que la instalación sea menos eficiente a nivel energético.

8.8. Equipos

En el apartado del equipo para la operación y funcionamiento del museo logramos encontrar que la mayoría son para uso personal de los trabajadores. A continuación, se detalla el tipo y cantidad de equipos que actualmente se tienen el museo.

Figura 34. **Cargas en el Museo del Libro Antiguo Computadoras, CCTV, horno microondas, equipos biométricos de asistencia en el área administrativa**



Continuación de la figura 34.



Continuación de la figura 34.



Fuente: elaboración propia.

8.9. Total de equipos

Se realizó un levantamiento eléctrico de los equipos en todo el museo del cual se obtuvo el listado total que se encuentra actualmente en las instalaciones del museo del Libro Antiguo, así como la cantidad que hay en existencia de cada uno de ellos. A continuación, se muestra el resultado.

Tabla VI. **Total de equipos que se encuentran en las instalaciones del edificio del Museo del libro antiguo**

Equipos Eléctricos en el Museo	
Equipo	Cantidad
Computadora de Escritorio	3
Monitor LCD para PC de Escritorio	3
Computadora Portátil (Laptop)	1
Impresoras	2
UPS	3
Televisor pantalla plana LCD	1
Equipo de vigilancia CCTV	1
Scanner	2
Fotocopiadora Industrial	1
Microondas	2
Estufa Eléctrica	1
Dispensador de Agua (Oasis)	1
Regulador Electrónico de Voltaje	1
Planta Telefónica	1
Cargadores de Celular	4
Otros Equipos	2

Fuente: elaboración propia.

8.10. Consumo eléctrico por equipo

El personal del museo proporcionó los manuales del fabricante de cada uno de los equipos existentes. En base a esa información se logró determinar el consumo individual de cada equipo, lo cual se encuentra tabulado en la tabla inferior.

Tabla VII. Consumo eléctrico por equipo

Equipo	Consumo Individual (Wh)
Computadora de Escritorio	70
Monitor LCD para PC de Escritorio	75
Computadora Portátil (Laptop)	35
Impresoras	800
UPS	675
Televisor pantalla plana LCD	200
Scanner	150
Fotocopiadora Industrial	800
Microondas	1 300
Estufa Eléctrica	1 100
Dispensador de Agua (Oasis)	400
Regulador Electrónico de Voltaje	250
Equipo de vigilancia CCTV	75
Planta Telefónica	40
Cargadores de Celular	0,2
Otros Equipos	5

Fuente: elaboración propia.

8.11. Tiempo promedio de operación de cada equipo

Por medio de entrevistas y encuestas al personal que labora en el museo, se determinó un tiempo promedio de utilización de los aparatos eléctricos instalados en cada área del edificio. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla inferior.

Tabla VIII. Tiempo promedio de operación de cada equipo

Equipo	Tiempo promedio de uso (horas)
Computadora de Escritorio	5
Monitor LCD para PC de escritorio	5
Computadora Portátil (Laptop)	5
Impresoras	1
UPS	1
Televisor pantalla plana LCD	7
Scanner	0,2
Fotocopiadora Industrial	1
Microondas	0,2
Estufa Eléctrica	0,5
Dispensador de Agua	12
Regulador de Voltaje	12
Equipo de vigilancia CCTV	24
Planta Telefónica	24
Cargadores de Celular	3
Otros Equipos	2

Fuente: elaboración propia.

8.12. Total de consumo eléctrico diario

Con base en las tablas mostradas anteriormente en las que se especifica la potencia de cada uno de los equipos instalados en el museo y el tiempo de operación de cada uno de ellos se determinó que el consumo eléctrico diario debido a equipos eléctricos es de 8,5 KWh/día.

8.13. Análisis de los resultados de consumo eléctrico por equipo

El mayor consumo energético del museo corresponde al sistema de iluminación del edificio, representando aproximadamente el 43 % del consumo eléctrico total de la instalación. El segundo indicador de consumo de energía más grande del museo es el equipo de cómputo, impresoras, fotocopias y escaneo, que representan aproximadamente el 12 % del consumo total de energía. Equipamiento necesario para las distintas tareas administrativas y de oficina del museo.

9. MEDICIONES ENERGÉTICAS

9.1. Mediciones eléctricas

Se instaló un equipo de medición de calidad marca Fluke serie 435II, el cual estuvo conectado al tablero principal del museo del Libro antiguo el lunes 4 de marzo del 2019 durante las 24 horas. Con esta base de datos se realizaron todos los análisis de parámetros eléctricos desarrollados a continuación, cabe destacar que el edificio cuenta con un sistema de 120/240 voltios (2 fases 120 V y neutro):

Figura 35. Fluke serie 435II



Fuente: Fluke. *Fluke serie 435II*. <https://www.ttid.co.uk/power-analyzers/fluke/430-series-ii>.

Consulta: 7 de noviembre de 2020.

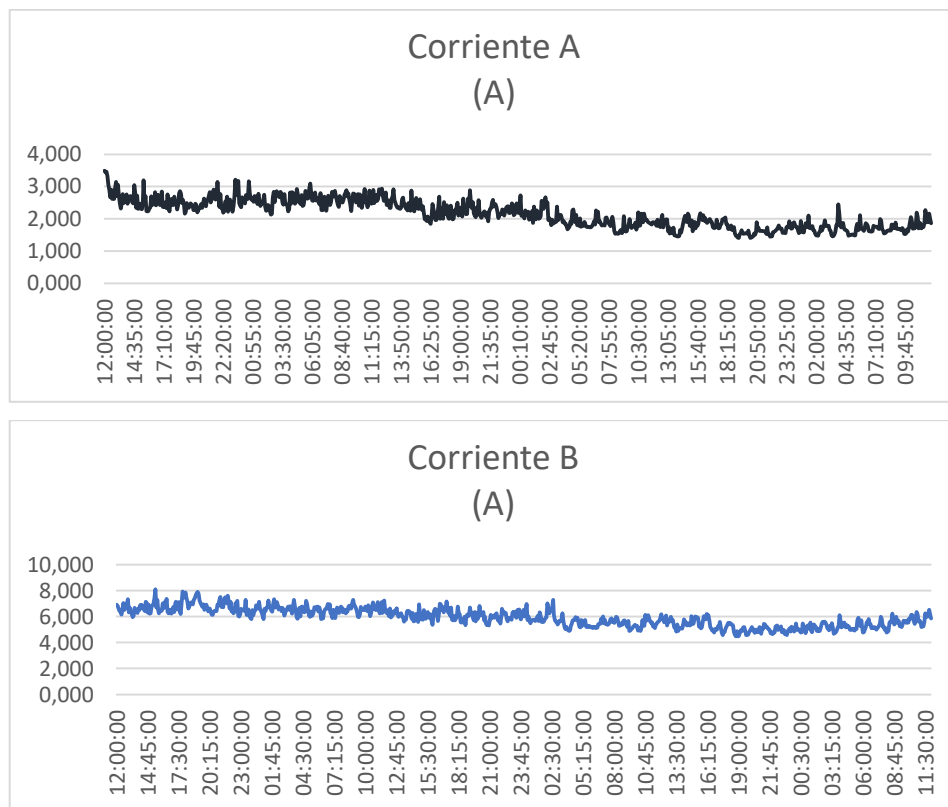
9.2. Medición y análisis de consumos

La parte de medición para recopilar información en nuestro trabajo es de suma importancia, ya que en base a estos resultados fue posible evaluar, diagnosticar y sacar conclusiones para ser implementadas en las instalaciones del Museo del Libro Antiguo.

9.3. Análisis de corrientes

A continuación, se muestran las gráficas de niveles de corrientes de las dos líneas vivas durante 24 horas, para dicho análisis se tomó de base las mediciones realizadas el 4 de marzo del 2019.

Figura 36. Nivel de corriente por fase



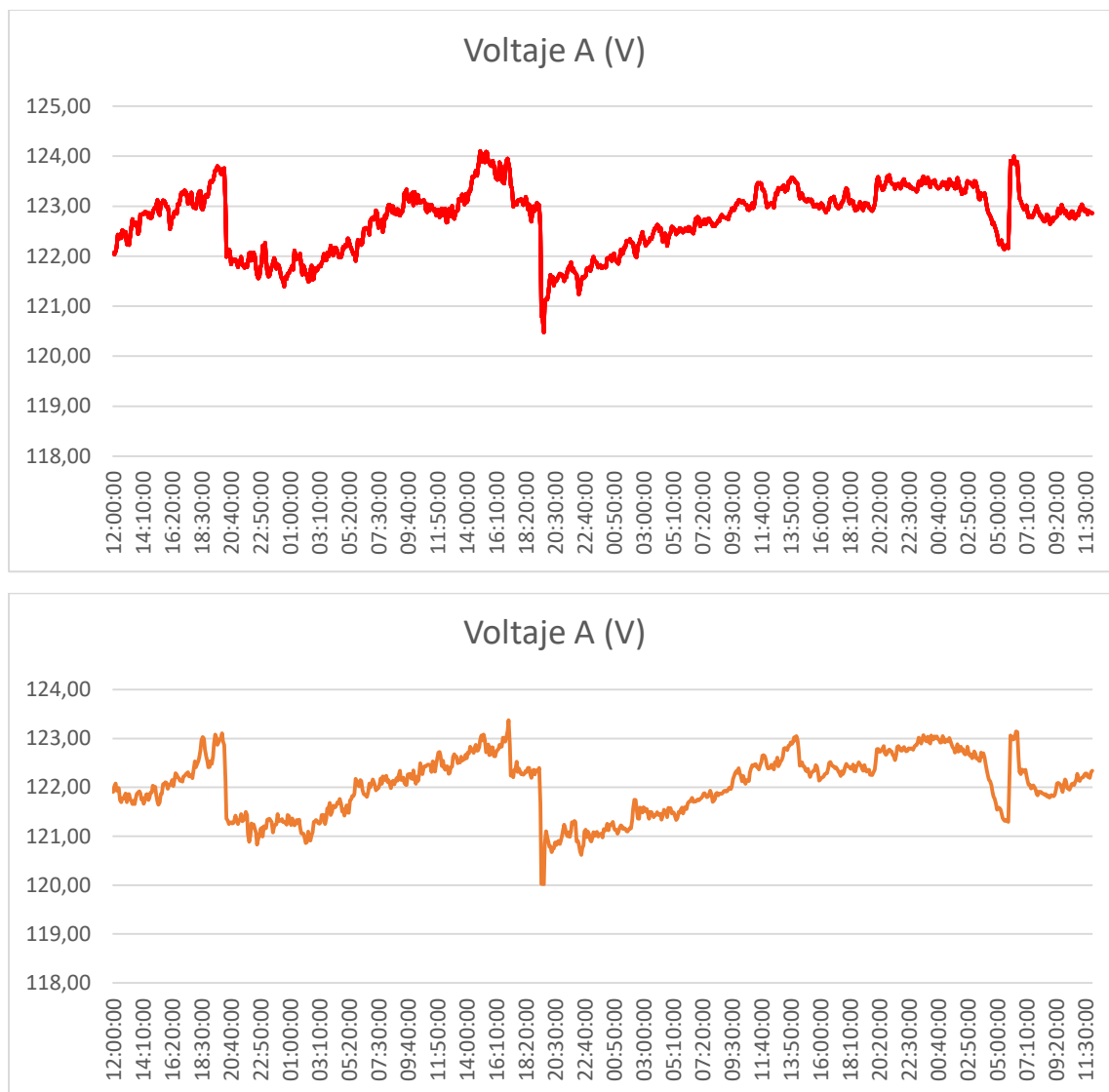
Fuente: elaboración propia.

Se aprecia que en las dos fases la corriente se mantiene variante en función de la hora teniendo un consumo máximo de corriente en las dos fases en horario de 12 pm a 2 pm que es cuando entran en operación los microondas y la estufa eléctrica.

9.4. Análisis de voltaje

A continuación, se muestran las gráficas de niveles de voltajes de las dos líneas vivas durante 24 horas, para dicho análisis se tomó de base las mediciones realizadas el 4 de marzo del 2019.

Figura 37. Nivel de voltaje de las dos fases horario



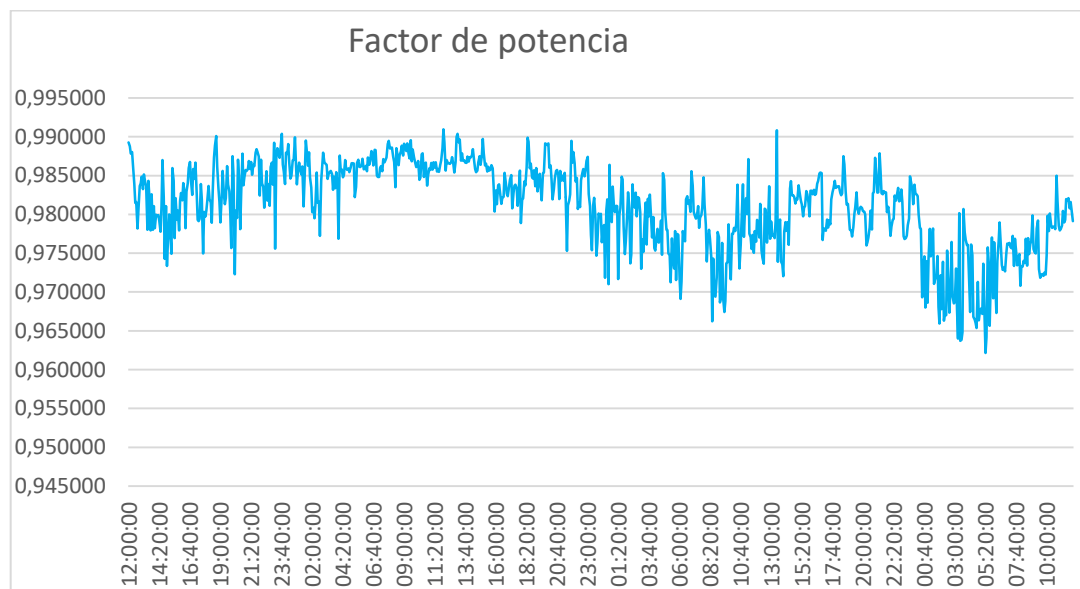
Fuente: elaboración propia.

En los gráficos de voltaje de fase se aprecia que los niveles de voltaje de las dos fases varían entre 119 voltios a 123 voltios. Con estos datos se considera un voltaje aceptable en la red de distribución de EEGSA,

9.5. Análisis de factor de potencia

Actualmente el museo cuenta con un contrato de baja tensión en la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. en el cual no se está midiendo el factor de potencia, por este motivo no se ha presentado algún tipo de preocupación a la administración, sin embargo, en la gráfica se puede observar distorsiones en el factor de potencia.

Figura 38. Análisis de factor de potencia

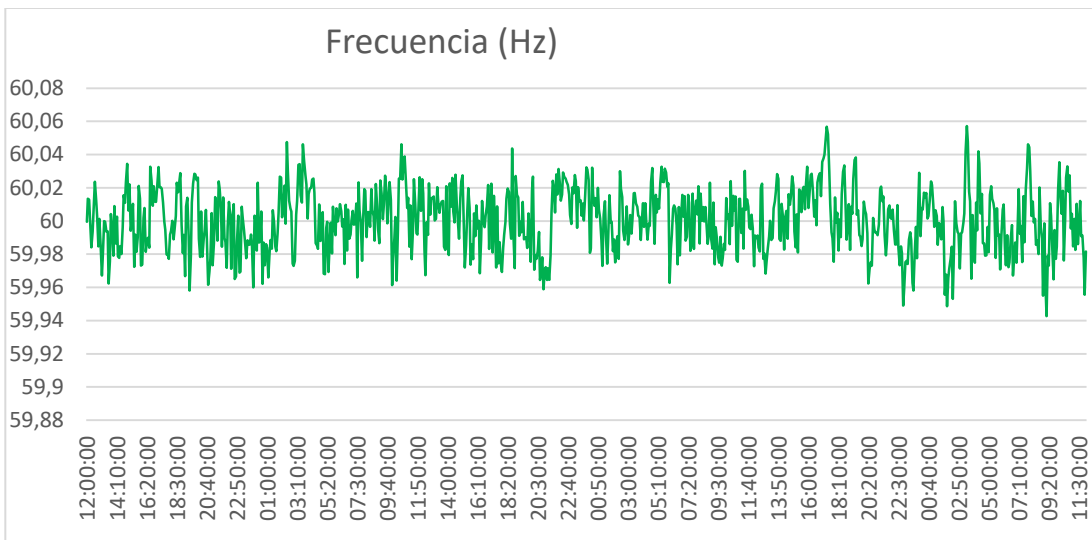


Fuente: elaboración propia.

9.6. Frecuencia

En la gráfica de frecuencia se observa que la distorsión de frecuencia es del 1 % lo que se considera aceptable en la red de suministro de energía eléctrica.

Figura 39. Análisis de frecuencia



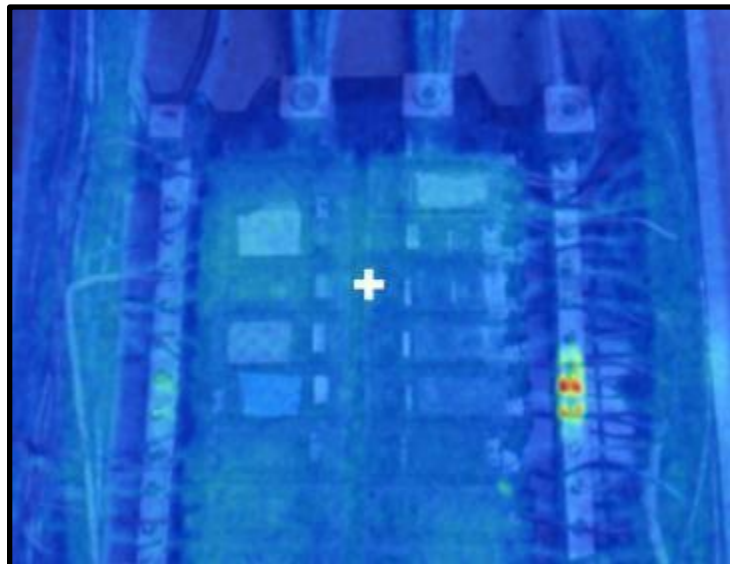
Fuente: elaboración propia.

9.7. Análisis termográfico de la instalación eléctrica

El análisis de imágenes térmicas de equipos eléctricos se realiza para detectar anomalías que generalmente son invisibles a simple vista. Esto se realiza mediante la captura de imágenes digitales y térmicas, detectando el sobrecalentamiento debido a un contacto suelto, superficies de contacto sucias o irregulares, grietas en la costura de soldadura y desequilibrio general, y determinando la gravedad del problema con la ayuda de una cámara

termográfica. El edificio tiene cientos de conexiones y componentes eléctricos que deben revisarse periódicamente como plan de mantenimiento de la instalación. Algunos de estos elementos pueden ser contactos, interruptores, conductores, barras, entre otros. Debido al tiempo requerido y la dificultad para acceder a cada uno de ellos, es casi imposible inspeccionar cada uno de estos elementos, por lo que para detectar fallas eléctricas en una etapa temprana se utiliza una cámara termográfica, que apoyada en la sensibilidad al calor y otras características pueden visualizar puntos calientes y áreas con alta radiación de calor en cada área del dispositivo. Conociendo la importancia del análisis de imágenes térmicas para el mantenimiento predictivo de equipos eléctricos, a continuación, se presenta y explica el análisis de imágenes térmicas de equipos eléctricos en el museo.

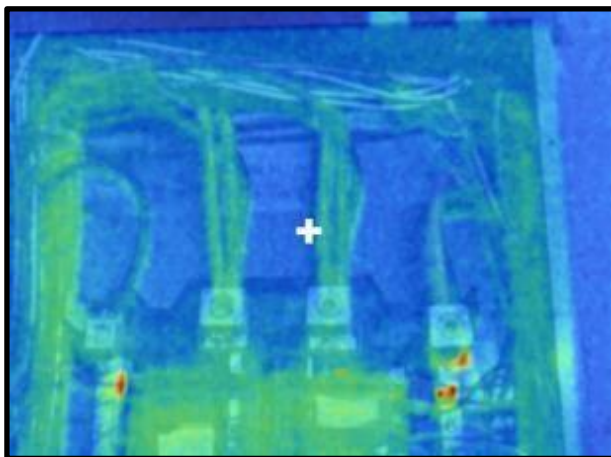
Figura 40. **Capturas de la cámara termográfica en el tablero de distribución**



Fuente: elaboración propia.

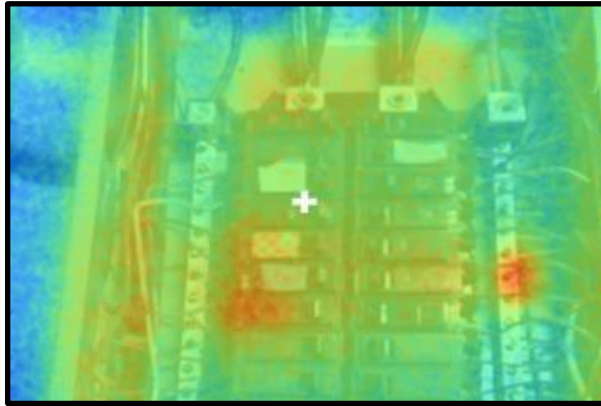
En esta imagen observan dos puntos de temperatura más altos, los cuales se ubican en el cable neutro de la derecha. La barra de neutro es este caso no está conectada directamente a la tierra física (debido a que no existe), y llegan todos los conductores de retorno de corriente de cada circuito. La razón de la temperatura excesivamente alta en este punto se puede atribuir al hecho de que las conexiones en estos puntos están corroídas y sucias, lo que hace que este grupo de conexiones se conviertan en puntos calientes en esa área de la barra. Al igual que en el caso anterior, tomando registros de temperatura desde otro ángulo de la placa de circuito, se puede encontrar que la temperatura de tres puntos es superior a la temperatura del resto de la placa de circuito. Estos puntos están siempre ubicados físicamente en la barra de neutro.

Figura 41. **Captura termográfica de las terminales de entrada del tablero**



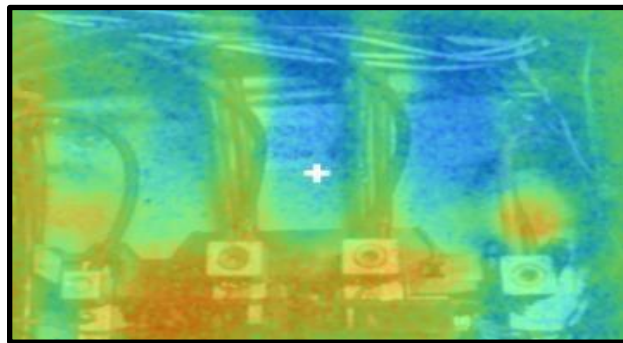
Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Áreas con mayor temperatura en el tablero de distribución**



Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Alimentadores del interruptor principal**



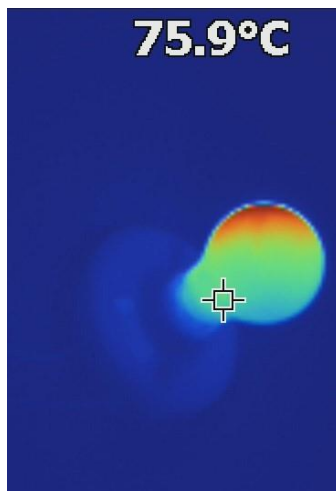
Fuente: elaboración propia.

En el conductor de neutro, se puede detectar un cierto grado de sensibilidad con respecto al resto del tablero, especialmente en la terminal de conexión del tablero de distribución. En este caso, la capa de aislamiento del cable perderá su rendimiento de aislamiento después de cierta temperatura, lo que puede ser la razón del área con mayor intensidad de calor en la figura

siguiente. Es importante verificar cada punto del aislamiento y su estado de forma periódica en el futuro, porque cuanto mayor sea la temperatura de sobrecarga, mayor es el riesgo de que el equipo se incendie.

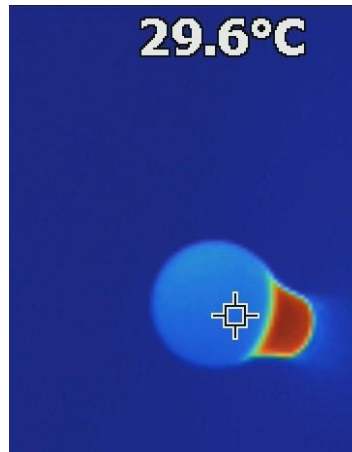
Así mismo se hizo un análisis comparativo en lo que son las luminarias del tipo incandescente versus una luminaria tipo led. En las imágenes inferiores se observa la diferencia de temperaturas de operación entre una y otra. Es por esta razón que las bombillas incandescentes generan mayores pérdidas y por consiguiente sus consumos son mucho mayores que una bombilla tipo led.

Figura 44. **Bombilla Incandescente a temperatura de operación**



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Bombilla tipo led a temperatura de operación**



Fuente: elaboración propia.

Para una medición con mayor precisión, es necesario tomar en cuenta las condiciones ambientales y climáticas que existen en el instante de la toma de imágenes de la instalación con el fin de obtener la temperatura del entorno y establecerla como un valor de referencia para hallar la temperatura de cada componente eléctrico a través de la cámara termográfica.

10. ANÁLISIS DE ARMÓNICOS

Entre los problemas más comunes que afectan a la calidad de la energía en los sistemas eléctricos de baja tensión es la deformación de las ondas de voltaje y corriente, que se deben principalmente al fenómeno de la "distorsión armónica" que afecta tanto a las redes de distribución de energía como a los usuarios finales.

10.1. Origen

En la actualidad, los sistemas eléctricos cuentan con una gran cantidad de elementos denominados cargas no lineales, estos elementos se generarán en la forma de onda sinusoidal de la frecuencia de la red, y otras ondas de otras frecuencias provocarán este fenómeno, llamado generación armónica. Los armónicos son un componente de la frecuencia fundamental de la red, cuando aparecen en la corriente del dispositivo pueden distorsionar la señal de intensidad o voltaje, interfiriendo con la distribución de energía y reduciendo la calidad de la energía.

10.2. Causas

Los equipos de generación de armónicos existen en todas las instalaciones industriales, comerciales y residenciales. Los armónicos son causados por cargas no lineales. Carga no lineal: cuando la corriente que lo atraviesa y la forma sinusoidal de la tensión que la suministra son diferentes, la carga se considera no lineal. Algunos de los equipos que causan armónicos en la red eléctrica del equipo incluyen:

- Equipos industriales (máquina de soldar, hornos de inducción, rectificadores, entre otros).
- Variadores de velocidad para motores de corriente directa y asíncronos, motores entre otros.

10.3. Factor de Distorsión Armónica Total (THD)

La distorsión armónica se produce cuando la señal de salida de un sistema no equivale a la señal que entró en él. Esta falta de linealidad afecta a la forma de la onda, porque cierto equipo ha introducido armónicos que no estaban en la señal de entrada. Puesto que son armónicos, es decir, múltiplos de la señal de entrada, esta distorsión no es tan disonante y es más difícil de detectar.

En relación a la distorsión armónica, normalmente se hace referencia a la llamada distorsión armónica total, que es precisamente, la cantidad de armónicos que el equipo introduce y que no estaban en la señal original.

La distorsión armónica total nunca debe estar por encima del 1 %. De estarlo, en lugar de enriquecer la señal, la distorsión empieza a desvirtuarla y la intensidad resultante empieza a dejar de parecerse al original, generando efectos negativos en la instalación.

El factor de distorsión armónica total (THD) tanto para la tensión como para la corriente del sistema se define por las siguientes ecuaciones:

$$TH_v = \frac{\sqrt{\sum v_i^2}}{v_1} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum I_i^2}}{I_1} * 100$$

Ecuación 4

Los valores del factor THD se pueden encontrar comprendidos entre los siguientes rangos, los cuales representan un nivel de impacto a la red como se muestra a continuación:

- V_i = es la componente de tensión de la armónica de orden i
- V_1 = es la componente de tensión de la frecuencia fundamental (60 Hz)
- I_i = es la componente de corriente de la armónica de orden i
- I_1 = es la componente de corriente de la frecuencia fundamental (60 Hz)

Los valores del factor THD se pueden encontrar comprendidos entre los siguientes rangos, los cuales representan un nivel de impacto a la red como se muestra a continuación.

Tabla IX. **Rango de valores del Factor THD y sus efectos**

THD entre 1 % y 6 %	THD > 6 %
Es aceptable. Son valores normales para este factor en cualquier tipo de instalación que no contiene equipos industriales. No presenta mayor impacto en la red. Las pérdidas son mínimas. Estos valores de distorsión se presentan regularmente en instalaciones que carecen de cargas no lineales y que en su mayoría, su energía se consume en cargas resistivas dentro del lugar. Prácticamente no se corre el riesgo de mal funcionamiento de los equipos.	☐ Provoca sobrecalentamiento en los conductores. ☐ Disparos inesperados en los breacker's del tablero de distribución. ☐ Bajo factor de potencia. Pérdidas de energía en grandes cantidades por calentamiento en los conductores (Pérdidas por efecto Joule) Mal funcionamiento de los equipos a causa de la señal de entrada deformada.

Fuente: elaboración propia.

10.4. Importancia de detectar armónicos en la red

El flujo de armónicos en una instalación reduce la calidad de la energía y origina numerosos problemas como: sobrecarga de la red por el incremento de la corriente eficaz, deformación de la tensión de alimentación pudiendo perturbar a los receptores sensibles, desgaste de los conductores, reducción de la vida útil del forro de los conductores y de los equipos afectados por la señal distorsionada, entre otros.

Todas estas consecuencias tienen un impacto bastante significativo en el presupuesto económico del lugar, ya que, reduciendo la cantidad de estas perturbaciones en la instalación, se logran pérdidas de energía menores y a su vez, un ahorro económico en el pago de este servicio ya que se reducen esos pagos por energía adicional que no se está utilizando, más bien, que se está perdiendo en la red.

10.5. Resultados encontrados

Según los datos obtenidos por medio del analizador de redes FLUKE 430II en la instalación eléctrica del Museo del Libro Antiguo durante la semana de medición, se registró un valor promedio de Distorsión Armónica Total (THD) tanto para el voltaje como para la corriente, tal y como se muestra a continuación:

Tabla X. **Valor del factor de distorsión armónica de voltaje y corriente en la red eléctrica del Museo del Libro Antiguo**

Distorsión Armónica Total (THD) de voltaje y corriente	
<i>THD voltaje</i>	<i>THD Corriente</i>
<i>1,5 %</i>	<i>1,3 %</i>

Fuente: elaboración propia.

10.6. Análisis de armónicos

Tal y como se observa en la tabla mostrada anteriormente, el valor del factor de distorsión armónica total en la instalación eléctrica del Museo, tanto para voltaje como para la corriente está dentro del rango admisible para una red eléctrica.

El motivo por el cual este edificio no presenta problemas de armónicos en su instalación es porque carece de cargas eléctricas inductivas y de cargas no lineales en su instalación. En su mayoría, la carga del Museo es puramente resistiva ya que predomina el uso de luminarias en el lugar y equipos electrónicos en el lugar.

Debido a que el porcentaje de distorsión armónica en la red es pequeño, es evidente que las pérdidas de energía eléctrica que se dan dentro de la instalación del Museo son, en su mayoría, causadas por los malos hábitos del uso racional de este recurso y no debido a problemas en los flujos de corriente a través de la red; Contribuye también a dichas pérdidas, el estado físico en el

que se encuentran los conductores y elementos de la instalación eléctrica debido a la corrosión y a la falta de mantenimiento en los mismos.

La presencia de armónicos en una red es difícil de anularla, sin embargo, el tener una cantidad tan pequeña de distorsión en la señal tanto del voltaje como de la corriente en el lugar, se logra garantiza a la instalación el correcto funcionamiento de los equipos que se encuentran instalados en él así como también que no hayan pérdidas significativas a causa de armónicos en la instalación. De esta forma se sigue protegiendo la vida útil de los conductores y otros elementos de la red.

CONCLUSIONES

1. Se llevó a cabo una inspección visual y a través de mediciones con la cual se diagnosticó el estado actual de la instalación eléctrica del edificio del Museo del Libro Antiguo, hallándose principalmente deficiencias en el sistema de iluminación y en el nivel de mantenimiento del tablero de distribución y sus demás componentes.
2. El tablero principal presenta pérdidas por calentamiento y corrosión especialmente en la barra de neutro.
3. Los niveles de iluminación en las áreas de trabajo de oficina no son los adecuados.
4. Por medio del inventario de equipos realizado en el museo se logró determinar que el mayor consumo eléctrico en el edificio es causado por el sistema de iluminación.
5. Se determinó que la red de distribución de energía eléctrica cumple con los estándares de suministro de energía eléctrica referentes a niveles de voltaje, corriente, frecuencia.
6. Se determinó que los hábitos de consumo energético no son los adecuados para el ahorro de energía eléctrica. Esto debido a que el personal del museo no tiene conciencia en optimizar el uso de los equipos e iluminación.

RECOMENDACIONES

1. Reparar las canalizaciones que están dañadas para la correcta protección de los conductores eléctricos.
2. Cambiar de tecnología en la utilización de lámparas fluorescentes y halógenas por lámparas tipo led colaborando así con el ahorro de consumo energético en el museo y un mejoramiento significativo en los niveles de iluminación de cada área del edificio.
3. Mejorar los hábitos de consumo y compromiso de parte de todos los trabajadores del Museo para contribuir con la reducción del gasto energético.
4. Reparar las cajas de registro que están con los conductores expuestos a la intemperie.
5. Eliminar las derivaciones hechas fuera de tuberías y cajas de registro.
6. Reemplazar los cables de acometida ya que presentan avanzado nivel de deterioro.
7. Diseñar e implementar una red de tierras en base a una memoria de cálculo adecuada para el museo.
8. Sustituir las luminarias dañadas para mejorar la iluminación del museo.

9. Efectuar limpieza de contacto en la barra de neutro del tablero principal o bien reemplazarla por una nueva.
10. Efectuar reaprietes en la barra de neutro para evitar falsos contactos.
11. Cambiar los conductores de acometida al tablero principal para mejorar las condiciones eléctricas.
12. Redimensionar los interruptores termomagnéticos que están expuestos a sobrecarga para prolongar su vida útil y evitar fallas por calentamiento.
13. Hacer estudios termográficos periódicamente como parte del mantenimiento preventivo y predictivo para garantizar el funcionamiento óptimo de la instalación.

BIBLIOGRAFIA

1. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Normas técnicas del servicio de distribución NTSD*. Guatemala: CNEE, 2014. 114 p.
2. Congreso de la República De Guatemala. *Acuerdo Gubernativo 33-2016. Decreto del Organismo Legislativo*. 2016. Guatemala: 28 p.
3. GONZÁLES LÓPEZ, Francisco. *Fundamentos de Armónicos. Armónicas en Sistemas Industriales*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, 2017. 110 p.
4. Ministerio de Energía y Minas. *Emisiones de gas de efecto invernadero*. [en línea]. <www.mem.gob.gt>. [Consulta: 2 de julio 2018].
5. _____. *Plan Nacional de la Energía 2017-2032*. [en línea]. <www.mem.gob.gt>. [Consulta: 2 de julio 2018].
6. Organización Internacional de Normalización, ISO. *Norma ISO 5001. Sistemas de Gestión de la Energía*. Guatemala: ISO, 2017. 128 p.
7. SAMAYOA, Cristian, LEPE, Luis. *Desarrollo con bajas emisiones. Informe de Auditoría Energética efectuado en los edificios principales de la Dirección General de Energía*. Guatemala: DGE. 2017. 136 p.

8. VILLATORO MARTÍNEZ, Byron Julián. *Teorías de diseño de filtros activos para mitigación de armónicos en sistemas eléctricos de potencia*. Trabajo de graduación de Ing. Eléctrica. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 226 p.

ANEXOS

Anexo 1. Leyes de sobre la protección del patrimonio cultural de guatemalteco

- Constitución Política De La República De Guatemala Título II Derechos Humanos Capítulo II Sección Segunda Cultura.
 - Artículo 57. Derecho a la cultura. Toda persona tiene derecho a participar libremente en la vida cultural y artística de la comunidad, así como a beneficiarse del progreso científico y tecnológico de la Nación.
 - Artículo 58. Identidad Cultural. Se reconoce el derecho de las personas y de las comunidades a su identidad cultural de acuerdo con sus valores, su lengua y sus costumbres.
 - Artículo 59. Protección e investigación de la cultura. Es obligación primordial del Estado proteger, fomentar y divulgar la cultura nacional; emitir las leyes y disposiciones que tienda a su enriquecimiento, restauración, preservación y recuperación; promover y reglamentar su investigación científica, así como la creación y aplicación de tecnología apropiada.

Continuación del anexo 1.

- Artículo 60. Patrimonio cultural. Forman el patrimonio cultural de la Nación los bienes y valores paleontológicos, arqueológicos, históricos y artísticos del país y están bajo la protección del Estado. Se prohíbe su enajenación, exportación o alteración, salvo los casos que determine la ley.
- Artículo 61. Protección al patrimonio cultural. Los sitios arqueológicos, conjuntos monumentales y el Centro Cultural de Guatemala, recibirán atención especial del Estado, con el propósito de preservar sus características y resguardar su valor histórico y bienes culturales. Estarán sometidos a régimen especial de conservación el Parque Nacional Tikal, el Parque Arqueológico de Quiriguá y la ciudad de Antigua Guatemala, por haber sido declarados Patrimonio Mundial, así como aquellos que adquieran similar reconocimiento.
- Artículo 62. Protección al arte, folklore y artesanías tradicionales. La expresión artística nacional, el arte popular, el folklore y las artesanías e industrias autóctonas, deben ser objeto de protección especial del Estado, con el fin de preservar su autenticidad. El estado propiciará la apertura de mercados nacionales e internacionales para la libre comercialización de la obra de los artistas y artesanos, promoviendo su producción y adecuada tecnificación.

Continuación del anexo 1.

- Artículo 63. Derecho a la expresión creadora. El Estado garantiza la libre expresión creadora, apoya y estimula al científico, al intelectual y al artista nacional, promoviendo su formación y superación profesional y económica.
-
- Artículo 64. Patrimonio natural. Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y la flora que en ellos exista.
- Artículo 65. Preservación y promoción de la Cultura. La actividad del Estado en cuanto a la preservación y promoción de la cultura y sus manifestaciones estará a cargo de un órgano específico con presupuesto propio.

Fuente: Constitución Política De La República De Guatemala Título II Derechos Humanos
Capítulo II Sección Segunda Cultura.

Anexo 2. **Ley para la protección del patrimonio cultural de la nación**

- Capítulo I Disposiciones Generales
 - Artículo 1.- Objeto. La presente ley tiene por objeto regular la protección, defensa, investigación, conservación y recuperación de los bienes que integran el Patrimonio Cultural de la Nación. Corresponde al Estado cumplir con estas funciones por conducto del Ministerio de Cultura y Deportes. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).
 - Artículo 2.- Patrimonio Cultural. Forman el patrimonio cultural de la nación los bienes e instituciones que por ministerio de ley o por declaratoria de autoridad lo integren y constituyan bienes muebles o inmuebles, públicos y privados, relativos a la paleontología, arqueología, historia, antropología, arte, ciencia y tecnología, y la cultura en general, incluido el patrimonio intangible, que coadyuven al fortalecimiento de la identidad nacional. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).
 - Artículo 3.- Clasificación. Para los efectos de la presente ley se consideran bienes que conforman el patrimonio cultural de la Nación, los siguientes: I. Patrimonio Cultural Tangible:
 - a) Bienes culturales inmuebles.
 - ✓ 1. La arquitectura y sus elementos, incluida la decoración aplicada.
 - ✓ 2. Los grupos de elementos y conjuntos arquitectónicos y de arquitectura vernácula.

Continuación del anexo 2.

- ✓ 3. Los centros y conjuntos históricos, incluyendo las áreas que le sirven de entorno y su paisaje natural.
 - ✓ 4. La traza urbana de las ciudades y poblados. 5. Los sitios paleontológicos y arqueológicos.
 - ✓ 6. Los sitios históricos.
 - ✓ 7. Las áreas o conjuntos singulares, obra del ser humano o combinaciones de éstas con paisaje natural, reconocidos o identificados por su carácter o paisaje de valor excepcional.
 - ✓ 8. Las inscripciones y las representaciones prehistóricas y prehispánicas.
-
- II. Patrimonio Cultural Intangible: es el constituido por instituciones, tradiciones y costumbres tales como: la tradición oral, musical, medicinal, culinaria, artesanal, religiosa, de danza y teatro. Quedan afectos a la presente ley los bienes culturales a que hace referencia el presente artículo en su numeral uno romano, que tengan más de cincuenta años de antigüedad, a partir del momento de su construcción o creación y que representen un valor histórico o artístico, pudiendo incluirse aquellos que no tengan ese número de años, pero que sean de interés relevante para el arte, la historia, la ciencia, la arquitectura, la cultura en general y contribuyan al fortalecimiento de la identidad de los guatemaltecos. (Reformado por el Decreto Número 81- 98 del Congreso de la República de Guatemala).

Continuación del anexo 2.

- ✓ f) Los archivos, incluidos los fotográficos, cinematográficos y electrónicos de cualquier tipo
- ✓ g) Los instrumentos musicales
- ✓ h) El mobiliario antiguo

- Capítulo II Protección de los Bienes Culturales

- Artículo 4.- Normas. Las normas de salvaguardia del Patrimonio Cultural de la Nación son de orden público, de interés social y su contravención dará lugar a las sanciones contempladas en la presente ley, así como las demás disposiciones legales aplicables.
- Artículo 5.- Bienes Culturales. Los bienes culturales podrán ser de propiedad pública o privada. Los bienes culturales de propiedad o posesión pública son imprescriptibles e inalienables. Aquellos bienes culturales de propiedad pública o privada existentes en el territorio nacional, sea quien fuere su propietario o poseedor, forman parte, por ministerio de la Ley del Patrimonio Cultural de la Nación, y estarán bajo la salvaguarda y protección del Estado. Todo acto traslativo de dominio de un bien inmueble declarado como parte del patrimonio cultural de la Nación deberá ser notificado al Registro de Bienes Culturales. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).

Continuación del anexo 2.

- Artículo 6.- Medidas. Las medidas que aquí se contemplan serán aplicables a los bienes que forman parte del Patrimonio Cultural de la Nación, sin perjuicio que haya o no declaratoria de monumento nacional o de zona arqueológica y de otras disposiciones legales.
- Artículo 7.- Aplicación. La aplicación de esta ley incluye todos aquellos bienes del patrimonio cultural que estuvieran amenazados o en inminente peligro de desaparición o daño debido a:
 - - 1. Ejecución de obras públicas o privadas para desarrollo urbano o turístico;
 - 2. Modificación del nivel de conducción de agua, construcción de represas y diques;
 - 3. Rotura de tierra y limpia de la misma, para fines agrícolas, forestales, industriales, mineros, urbanísticos y turísticos;
 - 4. Apertura de vías de comunicación y otras obras de infraestructura; y.
 - 5. Movimientos telúricos, fallas geológicas, deslizamientos, derrumbamientos y toda clase de desastres naturales.

Continuación del anexo 2.

- Artículo 8.- Ordenanzas preventivas o prohibitivas. En los casos a que se refiere el artículo anterior, las autoridades competentes deberán dictar las medidas u ordenanzas preventivas o prohibitivas que consideren necesarias para la conservación y protección de tales bienes.
- Artículo 9.- Protección. Los bienes culturales protegidos por esta ley no podrán ser objeto de alteración alguna salvo en el caso de intervención debidamente autorizada por la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural. Cuando se trate de bienes inmuebles declarados como Patrimonio Cultural de la Nación o que conforme un Centro, Conjunto o Sitio Histórico, será necesario, además, autorización de la Municipalidad bajo cuya jurisdicción se encuentre. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).
- Artículo 16.- Desarrollo de proyectos. Cuando un ente público o una persona natural o jurídica, nacional o extranjera, con capacidad científica y técnica fehacientemente comprobada, pretenda desarrollar proyectos de cualquier índole en inmuebles, centros o conjuntos históricos, urbanos o rurales y en zonas o sitios arqueológicos, paleontológicos o históricos, comprendidos en esta ley, deberá en forma previa a su ejecución, someter tales proyectos a la aprobación de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, que dispondrá el cumplimiento de las condiciones técnicas requeridas para la mejor protección y conservación de aquellos, bajo su vigilancia y supervisión.

Continuación del anexo 2.

- Artículo 17.- Causas. Si como consecuencia de terremoto u otro fenómeno natural que ponga en inminente peligro a personas, se planteará la necesidad de demoler un bien inmueble declarado Patrimonio Cultural de la Nación, así como en el caso de reconstrucción o restauración, será necesario recabar el dictamen del Instituto de Antropología e Historia de Guatemala. En ningún caso se autorizará la demolición de un inmueble cultural cuando el dictamen del Instituto de Antropología e Historia de Guatemala exprese que puede ser restaurado. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).
- Artículo 32.- Prohibiciones. Se prohíbe a toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera, hacer trabajos de exploración, excavación terrestre o subacuática y de restauración en lugares o zonas paleontológicas, arqueológicas y extraer de ellas cualquier objeto que contenga, salvo los previamente autorizados por la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural. Cualquier material u objeto que se extraiga será propiedad del Estado y deberá trasladarse al lugar que dicha Dirección designe como adecuado, salvo que por su naturaleza deban quedar en el lugar o sitio de su hallazgo, o por causa justificada, esa institución deje en custodia de persona particular o jurídica la posesión de dicho material u objeto, para lo cual se levantará el acta respectiva. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).

Fuente: Constitución Política De La República De Guatemala Título II Derechos Humanos
Capítulo II Sección Segunda Cultura.

Anexo 3. **Ley Protectora de la ciudad de La Antigua Guatemala**

- Capítulo I del consejo para la protección de La Antigua Guatemala
 - Artículo 1.- Se declara de utilidad pública y de interés nacional la protección, conservación y restauración de la Antigua Guatemala y áreas circundantes que integran con ella una sola unidad de paisaje, cultura y expresión artística.
 - Artículo 2.- Se crea el Consejo Nacional para la Protección de la Antigua Guatemala, como entidad estatal descentralizada, con personalidad jurídica, fondos privativos y patrimonio propio. Su misión fundamental es el cuidado, protección, restauración y conservación de los bienes muebles e inmuebles, nacionales, municipales o de particulares, situados en aquella ciudad y áreas circundantes.
 - Artículo 3.- El Consejo para la Protección de la Antigua Guatemala, estará formado con cinco miembros; lo preside el alcalde de la ciudad y se integra con un miembro nombrado por el Consejo Directivo del Instituto de Antropología e Historia; un miembro nombrado por la Sociedad de Geografía e Historia; un miembro nombrado por la Facultad de Arquitectura y un miembro capacitado en historia del arte, nombrado por la Facultad de Humanidades, ambas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los miembros del Consejo durarán en el ejercicio de sus funciones cuatro años y sólo podrán ser separados de sus cargos por las causas que determine la ley.

Continuación del anexo 3.

- Artículo 4.- El consejo tomará sus decisiones por mayoría de votos. En caso de empate, quien lo presida tendrá doble voto.
- Artículo 5.- Además de las atribuciones que le fija esta ley, el Consejo tendrá las específicas siguientes:
 - a) Designar al Conservador de la ciudad;
 - b) Nombrar al Asesor Jurídico del Consejo, funcionario que deberá ser abogado colegiado;
 - c) Resolver los recursos que se presenten contra el Conservador de la Ciudad;
 - d) Aprobar el proyecto de presupuesto de ingresos y egresos del Consejo;
 - e) Formular el Plan Regulador de la Antigua Guatemala y sus modificaciones eventuales, someterlos a la aprobación de la Corporación Municipal y proponer a ésta proyectos de ordenanza para el cumplimiento de esta ley;
 - f) Recomendar al Organismo Ejecutivo la adquisición de los inmuebles que sean necesarios para el desarrollo del Plan Regulador o para los fines enunciados en el Artículo 2º;
 - g) Fomentar la investigación de la historia del arte del área y alrededores de la ciudad, mediante trabajos del archivo, excavaciones arqueológicas y otros medios adecuados;
 - h) Publicar guías y materiales sobre la historia y el arte de la ciudad, de acuerdo con las funciones del Consejo;

Continuación del anexo 3.

- i) Someter a la aprobación del Ejecutivo el proyecto de Reglamento de esta ley y emitir su Reglamento interior;
 - j) Establecer y mantener el Registro especial de la Propiedad Arqueológica, Histórica y Artística comprendida dentro del perímetro urbano de la ciudad de la Antigua Guatemala, sus áreas circundantes y zonas de influencia, así como emitir el reglamento que regulará tal registro;
 - k) Nombrar y remover a su personal administrativo; y
 - l) Cualquier otra atribución concordante con los fines que esta ley asigna al Consejo.
-
- Artículo 6.- Cada uno de los miembros del Consejo será personalmente Conservador Auxiliar de la ciudad. Tendrá la obligación de poner en conocimiento del Consejo cualquiera violación que observe a esta ley, a sus reglamentos, al Plan Regulador o a las ordenanzas municipales emitidas al efecto.

 - Artículo 7.- El Consejo deberá coleccionar, catalogar y archivar planos, dibujos, grabados, fotografías, descripciones antiguas y demás materiales que muestren la primitiva forma de las construcciones y su evolución, para facilitar así cualquier labor de restauración o preservación.

Continuación del anexo 3.

- Capítulo II del régimen especial a que se sujetan las obras, construcciones y reparaciones
 - Artículo 12.- Aunque toda la Ciudad de Antigua Guatemala es monumento nacional, se distinguen dentro de su perímetro urbano los siguientes tipos de construcción.
 - - 1. Los edificios religiosos y civiles son todas las construcciones eclesiásticas, tales como templos, capillas, ermitas, oratorios, monasterios, casas parroquiales y los edificios de uso público: edificios administrativos, antiguos colegios, universidad y otros que por su dimensión y categoría merecen trato especial; 2. La arquitectura doméstica integrante de inmuebles de propiedad particular, comprendidos dentro del área urbana y sus áreas circundantes, conforme el Plan Regulador;
 - 3. Las construcciones de otra índole como fuentes ornamentales públicas y privadas, pilas de servicio público, hornacinas, cajas de agua y demás vestigios y detalles arquitectónicos complementarios a edificios o conjuntos; y 4. Asimismo, el trazo urbanístico de la Ciudad y poblaciones aledañas y los empedrados de sus calles.

Los bienes a que se refieren los incisos 1º y 3º que anteceden deberán inscribirse en el Registro dispuesto en el inciso j) del artículo 5º de esta ley.

Continuación del anexo 3.

- Artículo 14.- Queda prohibida la reconstrucción de los edificios y monumentos mencionados en los incisos 1) y 3) del artículo 12, las obras que se emprendan tendrán como finalidad únicamente el cuidado, protección, conservación, restauración y consolidación del edificio o de las partes que lo necesiten. Estas obras sólo podrán ser ejecutadas bajo la supervisión del Conservador de la Ciudad y con la autorización expresa del Consejo para la Protección de la Antigua Guatemala. Toda obra que se proyecte ejecutar en los edificios a que se refiere el inciso 2) del Artículo 12 requerirá la aprobación previa del Consejo. Para los efectos de esta ley los términos, conservación, restauración y reconstrucción tendrán los siguientes significados:
 - - a) Conservación: es propiciar la permanencia de una estructura en su estado actual mediante la prevención de ulteriores cambios y deterioros, utilizando los materiales tradicionales. Impone el permanente mantenimiento del monumento y requiere se le asigne una función útil a la sociedad que no altere su naturaleza y que sea digna de su categoría estética e histórica. Es el proceso de salvación que debe aplicarse como regla general;

Continuación del anexo 3.

- b) Restauración: es la acción que permite volver una estructura, total o parcialmente según el caso, a la forma más aproximada en que quedó luego de los terremotos de 1773, usando todos los medios arquitectónicos dentro de riguroso método que respete la pátina del tiempo. Debe tener carácter excepcional y dirigirse a revelar el valor estético o histórico del monumento; debe apoyarse en el respecto a la sustancia antigua o en documentos auténticos y termina ahí donde comienza la hipótesis. Algunas veces podrá requerir la remoción de aquellos elementos que lo desnaturalicen o adulteren. Cualquier reemplazamiento de partes faltantes debe integrarse armónicamente al conjunto y distinguirse de las partes originales; y
- c) Reconstrucción: es la recreación de una estructura para convertirla en utilizable, usando no sólo la evidencia comprobada sino también la conjetura y la imaginación.
- Artículo 23.- Toda nueva construcción o alteración de las existentes, dentro del área de conservación o de influencia, deberá contar con la previa licencia del Consejo y sujetarse a las disposiciones del Plan Regulador y reglamentaciones correspondientes. Queda prohibida la edificación de construcciones de dos o más pisos para conservar la fisonomía tradicional de la arquitectura del conjunto monumental.

Continuación del anexo 3.

- Artículo 24.- Todos los planos y proyectos para las construcciones públicas y privadas en la Antigua Guatemala y circunscripción que se declara parte del conjunto monumental o área de conservación o de influencia, deberá presentarse en duplicado ante el Consejo y deberá ir firmados por arquitectos o ingenieros civiles, en ambos casos colegiados activos. Se realizaren obras que violen esta ley, sus reglamentos, el Plan Regulador o las ordenanzas vigentes, El Consejo o el conservador podrán ordenar, en cualquier estado de la obra, su suspensión y en caso de que así lo acuerde el Consejo, su demolición por cuenta del infractor.

Fuente: ISSUU. *Ley de protección de Antigua Guatemala*.

https://issuu.com/antiguagt/docs/ley_protectora. Consulta: 3 de marzo de 2020.

Anexo 4. **Artículos relevantes NEC 2014**

ARTICULO 110 Requisitos para instalaciones eléctricas. El artículo abarca los requisitos generales para la evaluación y aprobación, instalación y uso, acceso a y espacios alrededor de conductores y equipos eléctricos; envolventes previstos para el ingreso del personal e instalaciones en túneles

ARTICULO 210 Circuitos ramales. Este Artículo trata de los circuitos ramales, excepto aquellos que alimenten únicamente cargas de motores tratados en el Artículo 430. Las disposiciones de este Artículo y del 430 se aplican a los circuitos ramales con cargas combinadas

ARTICULO 215 Alimentadores. Este Artículo trata de los requisitos de instalación, requisitos de protección contra sobre corriente, calibre mínimo y ampacidad de los conductores de los alimentadores que alimentan las cargas de los circuitos ramales.

ARTICULO 220 Cálculos de los circuitos ramales, alimentadores y acometidas.

Este Artículo establece los requisitos para calcular las cargas de los circuitos ramales, alimentadores y acometidas. La Parte I proporciona los requisitos generales para los métodos de cálculo. La parte II suministra los métodos de cálculo para las cargas de los circuitos ramales. Las Partes III y IV proporcionan los métodos de cálculo para alimentadores y acometidas. La Parte V proporciona los métodos de cálculo para establecimientos agrícolas.

Continuación del anexo 4.

ARTICULO 225 Circuitos ramales y alimentadores exteriores. Este Artículo trata de los requisitos que deben cumplir los circuitos ramales y alimentadores exteriores tendidos sobre o entre dos edificios, estructuras o postes en los establecimientos; y de los equipos eléctricos y el cableado para la alimentación de los equipos de utilización que estén situados o fijos a la parte exterior del edificio, estructuras o postes.

ARTICULO 230 Acometidas. Este Artículo trata de los conductores de acometida y de los equipos para el control y protección de las acometidas y sus requisitos de instalación.

ARTICULO 310 Acometidas. Este Artículo trata de los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipos, aislamiento, marcado, resistencia mecánica, ampacidad de corriente y usos. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integral de equipos como motores, controladores de motores y equipos similares, ni a los conductores específicamente tratados en otras partes de este Código.

Fuente: ACADEMIA.EDU. *Academia nacional.*

https://www.academia.edu/42674546/C%C3%B3digo_El%C3%A9ctrico_Nacional_2014_NFPA_70_Espa%C3%B1ol. Consulta: 15 de marzo de 2020.

Anexo 5. Normativa Servicio EEGSA

- 18.2 Servicios entre 63 y 200 amperios (13 a 40,8 KW).
 - 40. Las especificaciones que a continuación se estipulas son las mínimas aceptables para instalaciones de servicio monofásico de 120 / 240, voltios 3 alambres, corriente alterna, 60 Hz. Y con un consumo no mayor de 200 amperios.
- 18.2.1 Instalación del contador interno tipo (I). Que tendrá las características de los contadores demandómetros que se tratan en las instalaciones industriales y comerciales.
- 18.2.2 El tubo de acometida, deberá ser tubo conduit galvanizado de diámetro de 2 1/2" por las alturas reglamentarias que se especifican para cada caso de acometida.
- 18.2.3 En el extremo superior del tubo de acometida por donde se introducen los cables de servicio de la Empresa, se deberá instalar un accesorio de entrada de servicio. (calavera).
- 18.2.4 La caja socket para instalar el contador polifásico, deberá ser clase 200 amperios.
- 18.2.5 Aplican los requerimientos de los contadores demandómetros que se tratan en las instalaciones industriales y comerciales.
- 18.2.6 Ver artículo 13 referente a la conexión a tierra.

Fuente: CNEE. EEGSA. <https://www.cnee.gob.gt/estudios electricos/Normas%20Tecnicas/NORMA%20EEGSA.pdf>. Consulta: 21 de marzo de 2020

