



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

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO
DE RECURSOS EDUCATIVOS DEL CAMPUS CENTRAL, DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Victor Manuel Sandoval Palma
Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, junio de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO
DE RECURSOS EDUCATIVOS DEL CAMPUS CENTRAL, DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

VICTOR MANUEL SANDOVAL PALMA

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JUNIO DE 2008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de Lòpez
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Ingrid de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Erwin Segura
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya
SECRETARIA	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO DE RECURSOS EDUCATIVOS DEL CAMPUS CENTRAL, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 11 de agosto de 2005.

Victor Manuel Sandoval Palma

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 9 de abril de 2008
Ref. EPS. D. 256.04.08

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **VÍCTOR MANUEL SANDOVAL PALMA**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, titulado **“ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO DE RECURSOS EDUCATIVOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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

KIER/jm



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala 16 de Mayo de 2008

Ing. Mario R. Escobedo M.
Director de Escuela EIME
Fac. de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

En referencia a su oficio EIME he procedido a revisar el trabajo de Graduación titulado:

Estudio Eléctrico de las instalaciones del Edificio de Recursos Educativos del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del estudiante VICTOR MANUEL SANDOVAL PALMA, el cual llena todos los requisitos solicitados.

Sin otro particular, Atentamente,

Una firma manuscrita en tinta que parece decir "Erwin E. Segura C.".

Ing. Erwin E. Segura C.
Catedrático EIME
Facultad de Ingeniería, USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 9 de abril de 2008
Ref. EPS. D. 256.04.08

Ing. Renato Escobedo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO DE RECURSOS EDUCATIVOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **VÍCTOR MANUEL SANDOVAL PALMA** quien fue asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarriente Zecena
Directora Unidad de EPS

NISZ/jm

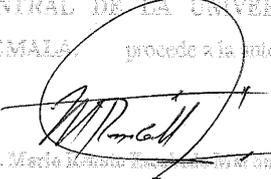


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante, VICTOR MANUEL SANDOVAL PALMA titulado: ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO DE RECURSOS EDUCATIVOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Andrés Escobar Arce

DIRECTOR



GUATEMALA, 30 DE MAYO 2008.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 209.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO DE RECURSOS EDUCATIVOS DEL CAMPUS CENTRAL, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Víctor Manuel Sandoval Palma**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, junio de 2008

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por ser mi creador y darme la fortaleza en mi fe, para culminar una etapa en mi vida.

MIS PADRES

A quienes les agradezco por guiarme en el camino correcto con su amor, apoyo y consejos.

MI ESPOSA

Por su amor y apoyo incondicional.

MIS HIJOS

Nicolás y Renato, que son mi mayor alegría y la fuente de mi inspiración para seguir adelante.

MI HERMANA

Por estar a mi lado en todo momento y por darme unos sobrinos preciosos Aníbal y Ximena.

MIS AMIGOS y FAMILIARES

Por estar siempre a mi lado y brindarme apoyo para culminar mis metas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1. Reseña histórica.....	1
1.2. Misión de la institución.....	5
1.3. Visión de la institución.....	7
1.4. Servicios que realiza.....	8

2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

2.1. Instalaciones.....	15
2.1.1. Caracterización de cargas	15
2.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores.....	16
2.1.3. Revisión visual.....	17
2.1.4. Resistencia de aislamiento.....	17
2.1.5. Cálculo de calibre de conductores.....	20
2.1.6. Cálculo de diámetro de tuberías.....	23
2.2. Protección (flipones y fusibles).....	31
2.2.1. Revisión visual.....	32
2.2.2. Prueba de disparo.....	32

2.2.3. Sobrecarga.....	41
2.2.4. Capacidad de cortocircuito.....	41
2.2.5. Corriente nominal.....	46
2.3. Transformadores.....	47
2.3.1. Tomar datos nominales.....	47
2.3.2. Determinar tiempo de vida útil.....	51
2.3.3. Mantenimiento (en qué tiempo?, en qué consiste?).....	51
2.4. Power quality (analizador de redes).....	51
2.4.1. Corrientes.....	52
2.4.2. Voltajes.....	56
2.4.3. Factor de potencia verdadero.....	59
2.4.4. Potencia activa, reactiva y aparente.....	63
2.4.5. KWH, KVAH.....	73
2.4.6. Frecuencia.....	74
2.4.7. Distorsión armónica THDV y THDI.....	75
2.5. Red de tierras.....	80
2.5.1. Verificación si hay red de tierras.....	88
2.5.2. En qué estado se encuentra (física y técnicamente).....	89
2.6. Pararrayos y apartarrayos.....	90
2.6.1. Verificar si hay en el edificio.....	93
2.6.2. En qué estado se encuentra (física y técnicamente).....	94
2.7. Iluminación.....	95
2.7.1. Interior.....	96
2.7.1.1. Medición de luxes.....	97
2.7.1.2. Revisión visual.....	97
2.7.1.3. Características de las lámparas e iluminación.....	98
2.7.1.4. Textura y colores del techo, piso, paredes y objetos....	98
2.7.2. Exterior.....	107
2.7.2.1. Medición de luxes.....	107

2.7.2.2.	Revisión visual.....	107
2.7.2.3.	Características de las lámparas e iluminación.....	108
2.7.3.	Instalaciones especiales.....	108
2.7.3.1.	Equipo electrónico sensible y crítico.....	108
3.	DIAGRAMAS UNIFILARES POR SECCIÓN DE INSTALACIONES.....	113
4.	¿ CÓMO DEBERÍA ESTAR LOS ITEMS DEL INCISO 2?.....	121
4.1.	Hacer cálculos teóricos.....	121
5.	COMPARACIÓN DE DATOS.....	193
5.1.	Obtención de resultados.....	193
6.	IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	197
6.1.	Inversión vrs. ahorro.....	197
6.2.	Interacción del edificio y la red de distribución.....	199
	CONCLUSIONES.....	201
	RECOMENDACIONES.....	205
	BIBLIOGRAFÍA.....	209

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Unidades de disparo de un interruptor.....	32
2	Curva de tiempo-corriente de sobrecarga.....	33
3	Curva de tiempo-corriente de cortocircuito.....	34
4	Falla de conexión a tierra	34
5	Unidad de disparo electromecánica.....	35
6	Disparo térmico.....	36
7	Curva tiempo-corriente.....	36
8	Porción de disparo magnética.....	37
9	Curva tiempo-corriente magnética.....	37
10	En resumen	38
11	Unidades de disparo electrónicas.....	38
12	Componentes de una unidad de disparo electrónica.....	39
13	Unidades de disparo digital y analógica	40
14	Detección analógica de picos.....	40
15	Detección digital de picos.....	41
16	Interruptor termo magnético.....	46
17	Placa del transformador del edificio.....	47
18	Cuarto del tablero principal del edificio.....	48
19	Cuarto del tablero principal del edificio.....	49
20	Taps del transformador pad-mounted.....	50
21	Corriente línea 1.....	53
22	Corriente línea 2.....	54
23	Corriente línea 3.....	54
24	Corriente neutral.....	55

25	Corriente L1, L2, L3 y neutral.....	55
26	Voltaje línea 1.....	57
27	Voltaje línea 2.....	57
28	Voltaje línea 3.....	58
29	Voltaje L1, L2 y L3.....	58
30	Factor de potencia línea 1.....	61
31	Factor de potencia línea 2.....	61
32	Factor de potencia línea 3.....	62
33	Factor de potencia L1, L2 y L3.....	62
34	Potencia activa línea 1.....	64
35	Potencia activa línea 2.....	65
36	Potencia activa línea 3.....	65
37	Potencia activa L1, L2 y L3.....	66
38	Potencia reactiva línea 1.....	67
39	Potencia reactiva línea 2.....	68
40	Potencia reactiva línea 3.....	68
41	Potencia reactiva L1, L2 y L3.....	69
42	Potencia aparente línea 1.....	71
43	Potencia aparente línea 2.....	71
44	Potencia aparente línea 3.....	72
45	Potencia aparente L1, L2 y L3.....	72
46	Energía KWH.....	73
47	Energía KVAH.....	74
48	Frecuencia.....	74
49	Distorsión de armónicos en el voltaje.....	79
50	Distorsión de armónicos en la corriente.....	79
51	Megger de tierras.....	82
52	Estado actual de la tierra del edificio.....	89
53	Pararrayos franklin.....	93

54	Diagrama unifilar iluminación quinto nivel.....	113
55	Diagrama unifilar iluminación cuarto nivel.....	114
56	Diagrama unifilar iluminación tercer nivel.....	115
57	Diagrama unifilar iluminación segundo nivel	116
58	Diagrama unifilar iluminación primer nivel.....	117
59	Diagrama unifilar de fuerza primer nivel 1.....	117
60	Diagrama unifilar de fuerza primer nivel 2.....	118
61	Diagrama unifilar de fuerza quinto nivel.....	118
62	Diagrama unifilar de fuerza cuarto nivel.....	118
63	Diagrama unifilar de fuerza laboratorio #1.....	119
64	Diagrama unifilar de fuerza tercer nivel.....	119
65	Diagrama unifilar de fuerza segundo nivel.....	119
66	Diagrama unifilar de fuerza panel principal.....	120
67	Medidor de luxes o lúmenes.....	194
68	Contador general del edificio de recursos educativos.....	199
69	Medición primaria del edificio de recursos educativos.....	200

TABLAS

I	Valores mínimos de resistencia de aislamiento.....	17
II	Ejemplos de conductores utilizados en instalaciones	22
III	Capacidad de conductores utilizados en instalaciones	23
IV	Resistencia eléctrica del conductor.....	25
V	Capacidad de los conductores de acuerdo al tipo y calibre ...	26
VI	Factores de corrección	27
VII	Factores de reducción de acuerdo al número de conductores	27
VIII	Número de conductores de acuerdo al diámetro de la tubería	29

IX	Área para conductores THHN	31
X	Nivel de iluminación en áreas de trabajo.....	100
XI	Coeficientes de utilización K	101
XII	Coeficiente de reflexión	103
XIII	Nivel lumínico.....	104
XIV	Lámparas fluorescentes	105
XV	Equipo electrónico sensible quinto nivel	110
XVI	Equipo electrónico sensible cuarto nivel	110
XVII	Equipo electrónico sensible tercer nivel	111
XVIII	Equipo electrónico sensible segundo nivel	111
XIX	Equipo electrónico sensible primer nivel	112
XX	Comparación de luxes por nivel	193
XXI	Comparación de luminarias por nivel	195
XXII	Comparación de calibre de conductores por nivel	196
XXIII	Comparación de tubería o canaleta por nivel	196
XXIV	Precios de conductores	197
XXV	Precios de repuestos	198
XXVI	Precios de mano de obra	199

GLOSARIO

- Acometida** Es el conjunto de conductores y componentes que conectan los servicios de la empresa suministradora o los sistemas eléctricos de las diferentes propiedades públicas o privadas en un punto de entrega.
- Canalización** Se refiere a canales, canaletas, ductos o tubos, por donde se hacen pasar los conductores, con el fin de protegerlos y evitar el contacto de personal no calificado con los mismos.
- Capacidad nominal** Es la capacidad para la que están diseñados los equipos.
- Carga instalada** Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico, que se conecta a la acometida de la empresa.
- Conductor neutro** Conductor exclusivo para el retorno de las corrientes de operación normal de los equipos eléctricos de una instalación; se le conecta a Tierra en un solo punto.
- Conductores** Conductores son todos aquellos materiales o elementos que permiten que atravesase el flujo de la corriente o de cargas eléctricas en movimiento. Si establecemos la analogía con una tubería que contenga líquido, el conductor sería la tubería y el líquido el medio que permite el movimiento de las cargas.

Conectores	Son aquellos dispositivos que se utilizan para efectuar la conexión eléctrica entre dos o más conductores eléctricos.
Conexión	Es el empalme entre dos o más conductores eléctricos.
Contador	Es un aparato electromecánico que se usa para medir la energía eléctrica, utilizado por el usuario.
Demanda estimada	Es un valor de potencia que determina la empresa, de acuerdo con la carga instalada.
Electrodos	Son las varillas especialmente diseñadas para enterrarlas en el suelo y conectar en ellas un sistema eléctrico aterrizado.
Energía eléctrica	No es más que potencia integrada en el tiempo, se mide en kilovatio-hora (Kwh.).
Factor de potencia	Es la relación entre la potencia eficaz (Watt) y potencia aparente (VA).
Fusible	Se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por <i>Efecto Joule</i> , cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores

de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos

- Interruptor** Aparato diseñado para abrir o cerrar un circuito de corriente eléctrica predeterminada sin dañarse cuando se usa dentro de los límites de su capacidad.
- Potencia activa** El producto voltaje por corriente por el factor de $\cos\phi$ $V * I * \cos\phi$ se llama potencia activa y se representa por la letra mayúscula P. La unidad de medida de la potencia activa es el vatio y su múltiplo más empleado es el kilovatio (KW). La potencia activa.
- Potencia aparente** El producto voltaje por corriente $V * I$ se llama potencia aparente y se representa por la letra mayúscula S. La unidad de la potencia aparente es el vatio amperio (KVA). La potencia aparente es una medida de la carga del sistema de distribución.
- Potencia reactiva** El producto entre voltaje por corriente por $\sin\phi$ $V * I * \sin\phi$ se llama potencia reactiva y se representa por la letra mayúscula Q. La unidad de medida es el voltio amperio reactivo (VAR) y su múltiplo más empleado es el Kilovoltio amperio (KVAR). La potencia reactiva se utiliza para corregir el factor de potencia.
- Sobrecorriente** Es la corriente en exceso a la requerida por cualquier equipo eléctrico para su funcionamiento.

Sobrecarga	Es el exceso de la carga normal que puede sobre llevar un equipo que al continuar por un período más largo puede producir daños peligrosos al equipo o conductores por sobrecalentamiento.
Tablero de distribución	Es un gabinete que contiene barras y dispositivos de sobre corriente, ya sea en forma de fusibles o interruptores automáticos, accesibles por su frente para la maniobra.
Voltaje RMS:	<p>La corriente alterna y los voltajes (cuando son alternos) se expresan de forma común con su valor efectivo o RMS (Root Mean Square – raíz media cuadrática).</p> <p>Cuando se dice que en nuestras casas tenemos 120 voltios o 220 voltios, éstos son valores RMS o eficaces</p> <p>Qué es RMS y porqué se usa? Tiene una relación con la disipación de calor o efecto térmico que una corriente directa de igual valor disiparía.</p> <p>Un valor en RMS de una corriente es el valor, que produce la misma disipación de calor que una corriente directa de la misma magnitud.</p> <p>En otras palabras: El valor RMS es el valor del voltaje o corriente en C.A. que produce el mismo efecto de disipación de calor que su equivalente de voltaje o corriente en C.D.</p>
Voltaje:	Es la diferencia de potencial entre dos conductores de un circuito eléctrico.

RESUMEN

El crecimiento generalizado, tanto de la población como la infraestructura en nuestro país, ha generado una demanda mayor de consumo de energía, en los edificios actuales ya han tenido un diseño previo de su instalación eléctrica, éstos sufren cambios constantemente, ya que implementan nuevos sectores, oficinas y se introducen aparatos que consumen más energía.

Es por eso que se le debe tomar con mucha importancia el mantenimiento adecuado de las instalaciones eléctricas, realizar inspecciones constantes, para saber cómo está cada uno de los componentes instalados y más aun de lo que no se ve como los cables, tubería, luminarias, tableros principales, balance de cargas, sub-tableros, etc.

Es importante realizar un análisis de lo que se encuentra en mal estado en cierto período de tiempo, se puede ayudar a no generar una falla en el sistema eléctrico, el cual si se da puede ocasionar mucho daño y pérdida de tiempo a una empresa, fábrica, universidad, etc.

El presente trabajo aportará un estudio de cómo se encuentra el Edificio de Recursos Educativos hasta el momento, se evaluará todo el sistema eléctrico de este edificio.

OBJETIVOS

General

Proponer las mejoras de las instalaciones eléctricas del Edificio de Recursos Educativos de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Específicos

1. Dar a conocer qué elementos que se utilizarán para el diseño.
2. Generar un estudio de iluminación para tener una mejor calidad de luz.
3. Establecer las posibles fallas que puedan ocurrir en la instalación eléctrica actual.
4. Evitar el deterioro de los elementos instalados por medio de un plan de mantenimiento.
5. Dar una propuesta donde se dará a conocer cuál es la óptima instalación eléctrica para cada edificio.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consolida la planificación del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y se enfoca básicamente en las actividades presentadas a continuación:

1. Información general del edificio de Recursos Educativos: reseña histórica, misión, visión y servicios que realiza.
2. Diagnóstico y evaluación de las instalaciones eléctricas del edificio. Dividiéndose en: calibre de conductores, diámetro de tuberías, protección, transformadores, power quality, red de tierras, pararrayos, iluminación interior e iluminación exterior
3. Diagramas unifilares de iluminación y fuerza por cada nivel del edificio, igualmente el diagrama del panel principal.
4. Realizar un inventario de todas las luminarias, tomas, interruptores, tubería, cableado, tableros, equipo especial, etc.
5. Verificar que los tableros principales soporten la carga instalada.
6. Realizar un estudio de iluminación para cada área de trabajo
7. Comparación de datos teóricos con datos reales de la instalación eléctrica del edificio.

Basado en lo anterior y tomando los puntos de mayor relevancia.

Al desarrollar este proyecto se busca beneficiar a la Universidad y por ende, a la sociedad en general, por medio de herramientas y conceptos correspondientes de la Ingeniería Eléctrica. Al realizar y verificar las instalaciones eléctricas de los edificios es necesario que se utilice todo documento que pueda ayudar y guiar para realizar cálculos más precisos. Hojas técnicas, información del material a utilizar, marcas, manuales, etc., a fin de adecuar en forma correcta los materiales a utilizar.

Todo lo que se plantea en este anteproyecto se basa en un diagnóstico preliminar, con objeto de establecer las acciones necesarias a ejecutar; por lo tanto, conforme se avance el desarrollo del trabajo, las soluciones podrán ser más objetivas, reales y adecuadas.

1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

1.1 Reseña histórica

La Universidad de San Carlos de Guatemala fue fundada por Real Cédula de Carlos II, de fecha 31 de enero de 1676. Los estudios universitarios aparecen en Guatemala desde mediados del siglo XVI, cuando el primer obispo del reino de Guatemala, Licenciado Francisco Marroquín, funda el Colegio Universitario de Santo Tomás, en el año de 1562, para becados pobres; con las cátedras de filosofía, derecho y teología. Los bienes dejados para el colegio universitario se aplicaron un siglo más tarde para formar el patrimonio económico de la Universidad de San Carlos, juntamente con los bienes que legó para fundarla, el correo mayor Pedro Crespo Suárez. Hubo ya desde principios del siglo XVI otros colegios universitarios, como el Colegio de Santo Domingo y el Colegio de San Lucas, que obtuvieron licencia temporal de conferir grados. Igualmente hubo estudios universitarios desde el siglo XVI, tanto en el Colegio Tridentino como en el Colegio de San Francisco, aunque no otorgaron grados. La Universidad de San Carlos logró categoría internacional, al ser declarada Pontificia, por la Bula del Papa Inocencio XI, emitida con fecha 18 de junio de 1687. Además de cátedras de su tiempo: ambos derechos (civil y canónico), medicina, filosofía y teología, incluyó en sus estudios la docencia de lenguas indígenas. Durante la época colonial, cruzaron sus aulas más de cinco mil estudiantes y además de las doctrinas escolásticas, se enseñaron la filosofía moderna y el pensamiento de los científicos ingleses y franceses del siglo XVIII. Sus puertas estuvieron abiertas a todos: criollos, españoles, indígenas y entre sus primeros graduados se encuentran nombres de

indígenas y personas de extracción popular. Los concursos de cátedras por oposición datan también desde esa época y en muchos de ellos triunfaron guatemaltecos de humilde origen, como el Doctor Tomás Pech, de origen indígena y el Doctor Manuel Trinidad de Avalos y Porres, hombre de modesta cuna, a quien se atribuye la fundación de la investigación científica en la Universidad de San Carlos, por la evidencia que existe en sus trabajos médicos experimentales, como transfusiones e inoculaciones en perros y otros animales. La legislación contempló desde sus fases iniciales, el valor de la discusión académica, el comentario de textos, los cursos monográficos y la lección magistral. La libertad de criterio está ordenada en sus primeros estatutos, que exigen el conocimiento de doctrinas filosóficas opuestas dialéctica, para que el esfuerzo de la discusión beneficiara con sus aportes formativos la educación universitaria.

El afán de reforma pedagógica y de lograr cambios de criterios científicos es también una característica que data de los primeros años de su existencia. Fray Antonio de Goicoechea fue precursor de estas inquietudes. En las ciencias jurídicas, cuyo estudio comprendía los derechos civil y canónico, también se registraron modificaciones significativas al incorporar el examen histórico del derecho civil y romano, así como el derecho de gentes, cuya introducción se remonta al siglo XVIII en nuestra universidad.

Asimismo, se crearon cátedras de economía política y de letras. La Universidad de San Carlos ha contado también, desde los primeros decenios de su existencia, con representantes que el país recuerda con orgullo. El doctor Felipe Flores sobresalió con originales inventos y teoría, que se anticiparon a muchas de ulterior triunfo en Europa. El doctor Esparragoza y Gallardo puede considerarse un extraordinario exponente de la cirugía científica, y en el campo del derecho, la figura del doctor José María Álvarez, autor de las renombradas

Instituciones de Derecho Real de Castilla y de Indias, publicadas en 1818. Los primeros atisbos de colegiación pueden observarse desde el año de 1810, cuando se fundó en Guatemala el ilustre Colegio de Abogados, cuya finalidad principal era la protección y depuración del gremio.

Esta institución desapareció en el último cuarto del siglo XIX, para resurgir en el año de 1947. A semejanza de lo que ocurrió en otros países de América Latina, nuestra universidad luchó por su autonomía, que había perdido a fines del siglo pasado, y la logró con fecha 9 de noviembre del año 1944, decretada por la Junta Revolucionaria de Gobierno. Con ello se restableció el nombre tradicional de la Universidad de San Carlos de Guatemala y se le asignaron rentas propias para lograr un respaldo económico. La Constitución de Guatemala emitida en el año de 1945, consagró como principio fundamental la autonomía universitaria, y el Congreso de la República complementó las disposiciones de la Carta Magna con la emisión de una Ley Orgánica de la Universidad, y una Ley de Colegiación obligatoria para todos los graduados que ejerzan su profesión en Guatemala. Desde septiembre del año 1945, la Universidad de San Carlos de Guatemala funciona como entidad autónoma con autoridades elegidas por un cuerpo electoral, conforme el precepto legal establecido en su Ley Orgánica; y se ha venido normando por los siguientes principios que, entre otros, son el producto de la Reforma Universitaria en 1944: Libertad de elegir autoridades universitarias y personal docente, o de ser electo para dichos cuerpos sin ingerencia alguna del Estado.

Asignación de fondos que se manejan por el Consejo Superior Universitario con entera autonomía. Libertad administrativa y ejecutiva para que la Universidad trabaje de acuerdo con las disposiciones del Consejo Superior Universitario. Dotación de un patrimonio consistente en bienes registrados a nombre de la Universidad. Elección del personal docente por

méritos, en examen de oposición. Participación estudiantil en las elecciones de autoridades universitarias. Participación de los profesionales catedráticos y no catedráticos en las elecciones de autoridades.

BIBLIOTECA CENTRAL (EDIFICIO DE RECURSOS EDUCATIVOS)

En 1974 se inaugura el edificio de Recursos Educativos, para centralizar las colecciones de Biblioteca Central, la de Estudios Generales y de todas las Bibliotecas Facultativas.

El diseño del edificio gana un premio de la UNESCO.

Es uno de los proyectos más importantes de la década de los setentas. Diseñado por los arquitectos Max Holzheu Stollreiter, Augusto de León Fajardo y el artista Luis Díaz Aldana. Está ubicado en la plaza de la Rectoría Universitaria. El diseño rompió con la monotonía espacial, definida por la orientación norte-sur del resto de los edificios de la ciudad universitaria, ya que la biblioteca se giró 45 grados con respecto a la Rectoría. Esta orientación crea una ampliación en la perspectiva de la plaza y logra un efecto espacial importante en la parte central del mencionado conjunto. Su estructura es de concreto expuesto y de sus cuatro esquinas salen masivas columnas en dirección diagonal. Especialmente importantes son los parteluces, consisten en un sistema prefabricado de asbesto cemento que permite la entrada de luz por reflejo, evitando así la entrada directa de los rayos solares a los espacios interiores.

El Licenciado Gonzalo Dardón Córdova es el primer director de Biblioteca Central a quien se debe la construcción del edificio y un decidido impulsor de la bibliotecología en Guatemala.

En 1993 se inició el proyecto de modernización de la biblioteca, con la automatización, implementación y creación de nuevos servicios y secciones.

Ofrece a sus usuarios catálogo manual y electrónico, así como préstamo y devolución del material bibliográfico automatizado. En este mismo año se inicia el servicio de Audiovisuales con dos salas, actualmente se cuenta con cuatro salas, equipadas con mobiliario y equipo audiovisual para apoyar el proceso enseñanza aprendizaje cada una de ellas con capacidad para cien personas.

Se reestructura la Hemeroteca, se creó el Archivo Vertical el cual está conformado de recortes de artículos de publicaciones periódicas con temas de economía, problemas sociales, política, arte, literatura, etc., nacional e internacional.

En el año 2001 se implementa el Laboratorio de Computación “Ricardo Arjona”, con el equipo donado por nuestro canta-autor Ricardo Arjona.

1.2 Misión de la institución

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Misión:

En su carácter de única universidad estatal le corresponde con exclusividad dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del estado y la educación estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones. Promoverá por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas nacionales.

Su fin fundamental es elevar el nivel espiritual de los habitantes de la República, conservando, promoviendo y difundiendo la cultura y el saber científico.

Contribuirá a la realización de la unión de Centro América y para tal fin procurará el intercambio de académicos, estudiantes y toda cuanto tienda a la vinculación espiritual de los pueblos del istmo.

BIBLIOTECA CENTRAL (EDIFICIO DE RECURSOS EDUCATIVOS)

Misión:

Su misión está ligada a los fines de la propia Universidad: Docencia, Investigación, extensión y servicio.

Conservar el conocimiento y la cultura, difundirlos y ponerlos al alcance de la comunidad estudiantil, a través de los diferentes servicios.

Proveer a la comunidad los recursos impresos, audiovisuales y digitales, mediante la prestación de servicios modernos y de calidad que estimulen la formación humanística y profesional del individuo, fomentando la investigación científica y contribuyendo de esta manera al desarrollo académico, social y cultural de la Universidad y por ende de nuestro país.

1.3 Visión de la institución

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Visión:

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la institución de educación superior estatal, autónoma, con una cultura democrática, con enfoque multi e intercultural, vinculada y comprometida con el desarrollo científico, social y humaniza, con una gestión actualizada, dinámica y efectiva y con recursos óptimamente utilizados para alcanzar sus fines y objetivos, formadora de profesionales con principios éticos y excelencia académica.

BIBLIOTECA CENTRAL (EDIFICIO DE RECURSOS EDUCATIVOS)

Visión:

Las características fundamentales deseables para la Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala para los próximos años:

Administrar y reinvertir en forma eficiente y eficaz los recursos que genera la biblioteca, mediante la venta de servicios y cobro de multas.

Constituirse en el mejor centro de información de la Universidad de San Carlos, con el apoyo de las tecnologías de la información, implementando políticas y planes estratégicos que coadyuven al desarrollo de las colecciones, cumpliendo con los estándares regionales e internacionales, sirviendo de vínculo entre las unidades de información a nivel mundial.

1.4 Servicios que realiza

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

La Universidad de San Carlos de Guatemala es una institución con personalidad jurídica; mantiene su carácter de institución autónoma y tiene capacidad de crear sus propios estatutos y reglamentos. Le corresponde organizar, dirigir y desarrollar la enseñanza estatal superior de la nación y la educación profesional universitaria.

El fin fundamental de la Universidad de San Carlos de Guatemala, es elevar el nivel espiritual de los habitantes de la República, promoviendo, conservando, difundiendo y transmitiendo la cultura, en la forma siguiente:

Como institución superior docente del Estado, corresponde a la Universidad:

- Impartir la enseñanza profesional en todos los ramos que corresponda a sus Facultades, Institutos, Laboratorios, Centros y demás organizaciones universitarias y conexas.
- Organizar y dirigir estudios de cultura superior y enseñanzas complementarias en el orden profesional
- Resolver en materia de su competencia las consultas u obtención de títulos superiores en el orden profesional o académico
- Organizar enseñanzas para nuevas ramas profesionales
- Promover la organización de la extensión universitaria.

Como centro de investigación le corresponde:

- Promover la investigación científica, filosófica, técnica o de cualquier otra naturaleza cultural, mediante los elementos más adecuados y los procedimientos más eficaces, procurando el avance de estas disciplinas.
- Contribuir en forma especial al planteamiento, estudio y resolución de los problemas nacionales, desde el punto de vista cultural y con el más amplio espíritu patriótico.
- Resolver en materia de su competencia las consultas que se le formulen por los organismos del estado.

Como depositaria de la cultura, corresponde a la universidad:

- Establecer bibliotecas, museos, exposiciones y todas aquellas organizaciones que tiendan al desenvolvimiento cultural del país y ejercer su vigilancia sobre las ya establecidas.
- Cooperar en la formación de los catálogos y registros de la riqueza cultural de la República, y colaborar con la vigencia del tesoro artístico y científico del país.
- Cultivar relaciones con universidades, asociaciones científicas, institutos, laboratorios, observatorios, archivos, etc., tanto nacionales como extranjeros.
- Fomentar la difusión de la cultura física, ética y estética.
- Establecer publicaciones de orden cultural.

Y también corresponde a la Universidad:

- Cooperar en la alfabetización de las masas populares
- Poner todo su empeño en la resolución del problema indígena

- Organizar el intercambio de profesores y alumnos con las universidades extranjeras
- Estimular la dedicación al estudio y recompensar los méritos culturales en la forma que estime más oportuna.
- Efectuar certámenes como incentivos para la investigación, las invenciones y la creación científica o humanística

Fomentar el espíritu cívico y procurar que entre sus miembros se promuevan y exalte las virtudes ciudadanas.

BIBLIOTECA CENTRAL (EDIFICIO DE RECURSOS EDUCATIVOS)

Para cumplir con su misión y objetivos, la biblioteca pone a disposición de los usuarios los siguientes servicios:

Catálogo Manual:

Este es el catálogo general, y contiene las fichas de todas las obras clasificadas y catalogadas. Se localiza en el segundo nivel y está separado en tres ficheros ordenados alfabéticamente: por autor, título y materia.

Catálogo Virtual:

La automatización de procesos se inició en el año 1993, implementando sistemas bibliotecológicos que incluyen la consulta al catálogo a través de computadoras. A la fecha se ha implementado el Programa Glifos con un catálogo en línea, para consultarse por medio del Internet desde cualquier parte del mundo.

Préstamo de Material Bibliográfico:

La circulación y préstamo del material bibliográfico y en otros formatos se realiza de la siguiente manera:

- **Préstamo Interno:** El material es utilizado únicamente para consulta en sala.
- **Préstamo Externo:** El material se presta al usuario para consultarlo a domicilio por 8 días renovables.
- **Depósito Legal:** La Biblioteca, como depositaria legal de la producción literaria de Guatemala, posee una sección con las publicaciones de autores nacionales y extranjeros que escriben acerca de nuestro país. Este material es para consulta interna.

Colección General:

Proporciona material bibliográfico para consulta interna y externa.

- **Devolución de Material Bibliográfico Consulta Interna:** Es el servicio donde se devuelve el material consultado en sala.
- **Devolución Externa y Solvencias:** Ubicada en el tercer nivel, aquí se realiza la devolución de todos los materiales prestados para consulta a domicilio, se extienden solvencias y se cobran las multas por mora en la devolución.

Sección de Referencia:

Ofrece servicios de consulta con bases de datos en línea, brinda apoyo a la investigación, orienta al usuario en la búsqueda de información y uso de catálogos, el servicio es de Anaquel abierto el material se consulta únicamente en Sala.

Joyas Bibliográficas:

Es un material que por sus características especiales el préstamo es restringido.

Servicios Especiales

Conformada por las siguientes secciones:

- **Tesario:** Suministra al usuario las tesis de los egresados de la USAC, y universidades privadas.
- **Audiovisuales:** Ofrece material en videocasetes, audio cassetes, medios digitales, áreas dotadas con mobiliario y medios audiovisuales para fines académicos, científicos-tecnológicos, culturales y otras actividades de similar naturaleza que eleven el nivel cultural de la comunidad. Los materiales solo pueden ser prestados en las salas destinadas para lo mismo, sin embargo, las videocasetes pueden consultarse a domicilio, pagando arrendamiento.
- **Mapoteca:** Pone a disposición de los usuarios material cartográfico.
- **Laboratorio de Computación “Ricardo Arjona”:** Laboratorio de Computación Ofrece acceso a Internet académico sitios educativos, bases de datos a texto completo de publicaciones periódicas, enciclopedias, tesis digitalizadas de los egresados de la Universidad de San Carlos, información en discos compactos, así como cursos y seminarios de capacitación y arrendamiento del equipo de cómputo, cursos de computación, etc.
- **Hemeroteca:** Aquí pueden consultarse los diarios nacionales, revistas, la recopilación de leyes de la república de Guatemala y el Archivo Vertical.

- **Salas de lectura:** Ubicadas en el segundo y quinto nivel, para el uso de la comunidad universitaria y público en general con propósitos de estudio.
- **Salas de consulta:** Son áreas destinadas exclusivamente para la consulta de material bibliográfico en cada una de las secciones de la Biblioteca.
- **Cubículos de estudio:** Para uso exclusivo de catedráticos, investigadores y estudiantes de la Universidad de San Carlos, se ubican en el quinto nivel.
- **Servicio de reprografía:** Posibilita la reproducción de material bibliográfico, están ubicadas en el tercer, cuarto y quinto nivel. No se pueden fotocopiar aquellos materiales que a criterio de la jefatura quedan excluidos por razones de antigüedad, su estado de conservación o por ser obras valiosas.

HORARIO

De lunes a viernes de 7:30 a 20:00 horas.

Sábados de 8:00 a 18:00 horas.

Todos servicios están dotados de mobiliario y equipo para brindar comodidad y ambientes agradables a los usuarios y se rigen por el Reglamento de la Biblioteca, el incumplimiento de las disposiciones del mismo será sancionado.

2 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

2.1 Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica es el conjunto de equipos y accesorios necesarios para llevar la energía eléctrica, desde un punto de alimentación o toma a diferentes puntos para su utilización en máquinas y aparatos receptores.

Para que una instalación eléctrica cumpla con la necesidad del usuario debe encontrarse enlazada a un sistema que proporcione una buena calidad de servicio. Cuando se tiene calidad de servicio es porque el servicio es continuo, tiene una buena regulación de voltaje y frecuencia.

2.1.1 Caracterización de cargas

El edificio posee tanto cargas monofásicas como cargas trifásicas, teniendo un mayor porcentaje en las cargas monofásicas, las cuales están relacionadas con la iluminación y fuerza del edificio. Por otra parte, las cargas trifásicas son en su parte utilizadas para bombas de agua potable, el elevador, Aire Acondicionado y algunas herramientas de uso industrial.

La electricidad es un fenómeno físico originado por cargas eléctricas estáticas o en movimiento y por su interacción. Cuando una carga se encuentra en reposo produce fuerzas sobre otras situadas en su entorno. Si la carga se desplaza produce también fuerzas magnéticas. Hay dos tipos de cargas eléctricas, llamadas positivas y negativas. La partícula fundamental más ligera

que lleva carga eléctrica es el electrón, que transporta una unidad de carga. Los átomos en circunstancias normales contienen electrones, y a menudo los que están más alejados del núcleo se desprenden con mucha facilidad. En algunas sustancias, como los metales, proliferan los electrones libres. De esta manera un cuerpo queda cargado eléctricamente, gracias a la reordenación de los electrones. Un átomo normal tiene cantidades iguales de carga eléctrica positiva y negativa, por lo tanto es eléctricamente neutro. La cantidad de carga eléctrica transportada por todos los electrones del átomo, que por convención son negativas, esta equilibrada por la carga positiva localizada en el núcleo. Si un cuerpo contiene un exceso de electrones quedará cargado negativamente. Por lo contrario, con la ausencia de electrones un cuerpo queda cargado positivamente, debido a que hay más cargas eléctricas positivas en el núcleo.

2.1.2 Estado actual y dimensionamiento de conductores (resistencia de aislamiento)

El estado actual de los conductores en el edificio se pudo observar que en las áreas más antiguas estos ya están un poco deteriorados, talvez no tanto por dentro, pero el forro en algunos cables ya presentan una dureza, la cual es ocasionada por el tiempo y calor que genera la electricidad que pasa a través del conductor. En las instalaciones eléctricas del Edificio de Recursos Educativos se utiliza desde el calibre número 14AWG hasta 2/0AWG (en algunos casos utilizando varios 2/0 por fase). Los conductores europeos tienen la sección definida en mm^2 .

Los materiales que mayormente se utiliza para la construcción de los conductores son cobre y aluminio, cada uno con sus características y sus

aplicaciones especiales. Los conductores de cobre tiene una menor resistencia especifica pero un mayor peso, mientras los de aluminio tienen una mayor resistencia específica y un menor peso por lo que son mas utilizados en tendidos de línea área. Los conductores se encuentran en diferentes secciones o calibres los cuales están estipulados por la American Wire Gauge (AWG).

2.1.3 Revisión visual

Se realizó una revisión visual de todo el edificio, desde el primer nivel hasta el quinto, tomando en cuenta todos los tableros (primarios y secundarios), flipones (monofásicos y trifásicos), cableado, canaletas o tubería, luminarias, tomas, equipo de oficina, todo tipo de cargas, etc.

2.1.4 Resistencia de aislamiento

Los conductores deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tabla I. Valores mínimos de resistencia de aislamiento.

Tensión Nominal de la Instalación	Tensión de Ensayo en Corriente Continua (V)	Resistencia de Aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de Protección (MBTP)	250	> 0.25
Inferior o igual a 500V, excepto caso anterior	500	> 0.5
Superior a 500V	1000	> 1.0

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las compone no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda según la tabla anterior.

Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado en tramos de 100 metros, el valor de la resistencia de aislamiento mínimo admisible será indicado en la Tabla I dividido por la longitud total de la canalización, expresada esta última en unidades de hectómetros.

Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro (redes T-N), se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndose una vez terminada esta.

Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fase y el neutro estarán unidos entre sí durante las medidas.

El aislamiento se medirá de dos formas distintas: en primer lugar, entre todos los conductores del circuito de alimentación (fase y neutro) unidos entre sí, con respecto a tierra (aislamiento con relación a tierra), y a continuación entre cada pareja de conductores activos. La medida se efectuará mediante un MEGOHMETRO, que no es más que un generador de corriente continua, capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla anterior

con una corriente de 1mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.

Durante la primera medida, los conductores, incluido el conductor neutro o compensador, estarán aislados a tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual están unidos habitualmente. Es importante recordar que estas medidas se efectúan por tanto en circuitos sin tensión, o desconectados de su fuente de alimentación habitual, ya que en caso contrario se podría averiar el comprobador de baja tensión o megohmetro. La tensión de prueba es la tensión continua generada por el propio megohmetro.

La medida de aislamiento con relación a tierra, se efectuará uniendo a esta el polo positivo del megohmetro y dejando, en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición "paro", asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción intercalados en la parte de instalación que se verifica se pondrán en posición de "cerrado" y los fusibles instalados como en servicio normal, a fin de garantizar la cantidad eléctrica de aislamiento. Todos los conductores se conectarán entre sí incluyendo el conductor neutro o compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del megohmetro.

Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resulta inferior al valor mínimo que le corresponda, se admitirá que la instalación es no obstante correcta, si se cumplen las siguientes condiciones:

- Cada aparato receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la norma particular del producto que le concierna o en su defecto $0.5M\Omega$.

- Desconectados los aparatos receptores, la resistencia de aislamiento de la instalación es superior a lo indicado anteriormente.

La segunda medida a realizar corresponde a la resistencia de aislamiento entre conductores polares, se efectúa después de haber desconectado todos los receptores, quedando los interruptores y cortacircuitos fusibles en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida del aislamiento con relación a tierra. La medida de la resistencia de aislamiento se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, comprendiendo el conductor neutro o compensador.

Por las instalaciones que empleen muy baja tensión de protección (MBTP) o de seguridad (MBTS) se debe comprobar los valores de la resistencia de aislamiento para la separación de estos circuitos con las partes activas de otros circuitos y también con tierra si se trata de MBTS, aplicando en ambos casos los mínimos de la tabla I anterior.

2.1.5 Cálculo de calibre de conductores

Para la correcta selección de un conductor eléctrico deben considerarse varios factores.

- El valor máximo del voltaje que se aplicará
- La capacidad de conducción de corriente eléctrica
- El valor máximo de la caída de tensión

El cálculo del conductor debe efectuarse de dos maneras: por corrientes y por caída de tensión. El resultado del cálculo que dé el conductor de mayor sección transversal será el que se seleccione.

Método de cálculo por corrientes

Este método utiliza el que toda la potencia aparente esta conectada en el instante que se realiza el cálculo, primero se calcula la corriente que pasaría por el conductor y en el caso que se llegara a dar y luego se busca en la tabla II, en el calibre que presenta el fabricante para el conductor seleccionado, el calibre correspondiente y el área trasversal nos ayuda para el calculo en la siguiente formula.

$$I = \frac{S}{V_n}$$

Donde:

I= corriente total

S= potencia aparente

V_n= Voltaje nominal de línea a neutro

Método de cálculo por caídas de tensión

Al circular una corriente eléctrica a través de los conductores de una instalación se produce en ellas una caída de tensión que corresponde a la siguiente: $V_p = I \times R_c$ (V)

Donde:

V_p = voltaje de pérdida (V)

I = corriente de carga (A)

R_c = resistencia de los conductores

Con el objeto de obtener el calibre correcto de los conductores alimentadores de cada circuito, de los respectivos niveles se calculó utilizando el método planteado en éste índice y se presenta en una serie de tablas a continuación.

El calibre de los conductores es la sección transversal que tiene los conductores. La forma más común de dar a conocer los diferentes calibres, según la AWG, es mediante un número, los números más altos hacen referencia a los calibres más delgados, y los números más bajos, a los calibres más gruesos. La siguiente tabla muestra los conductores más utilizados en instalaciones.

Tabla II. Ejemplos de conductores utilizados en instalaciones

No AWG	DIÁMETRO mm	SECCIÓN mm	TIPO DE CONDUCTOR
14	1.63	2.09	SÓLIDO
12	2.05	3.30	SÓLIDO
10	2.59	5.27	SÓLIDO
8	3.26	8.35	SÓLIDO
6	4.67	13.27	CABLE
4	5.89	21.00	CABLE
2	7.42	34.00	CABLE
1/0	9.47	53.00	CABLE
2/0	10.62	67.00	CABLE
3/0	11.94	85.00	CABLE

El calibre de los conductores tiene que estar sometido a ciertas condiciones de uso como la cantidad de corriente que puedan transportar. Para esto se tiene en cuenta la siguiente tabla:

Tabla III. Capacidad de conductores utilizados en instalaciones

CALIBRE	CAPACIDAD EN AMPERIOS
14	20
12	25
10	40
8	55
6	80
4	105
2	140
1/0	195
2/0	225
3/0	250

2.1.6 Cálculo de diámetro de tuberías

Para el edificio se determinó que en los ductos se alojaban cuatro conductores de calibre No 12, es importante hacer notar que los conductores mencionados son conductores activos (conductores calientes). Ello condujo a efectuar el siguiente cálculo para hallar el diámetro de la tubería adecuada. Primero seleccionamos el factor de

relleno que es del 40% (ver página 50) ya que es mayor de tres conductores.

$$F = a / A$$

F = es el factor de relleno

a = la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la tubería

Se localiza el área de cada uno de los conductores en una tabla y se efectúa la sumatoria de éstos, para el conductor No 12 se tiene un área de 0.0251.

$$a = 0.0251+0.0251+0.0251+0.0251 = 0.1004 \text{ pulg}^2$$

Despejando la ecuación de factor de relleno se tiene:

$$A = \frac{0.1004}{0.4} = 0.251 \text{ Pulg}^2$$

De esta forma encontramos el diámetro de la tubería, a través de la siguiente ecuación

$$d = \sqrt{(Ax4)/ \pi}$$

Sustituyendo los valores de la ecuación anterior se tiene

$$d = \sqrt{((0.251x4)/ \pi)} = 0.6256 \text{ pulg}^2$$
$$d \approx 3/4$$

La tubería que debería utilizarse es de tres cuartos de pulgada, por lo que se concluye que la tubería es adecuada. La tubería que está instalada es de una pulgada.

Tabla IV. Resistencia eléctrica del conductor

Calibre AWG ó MCM	Conductor de cobre						Conductor de aluminio					
	Tubería magnética			Tubería no magnética			Tubería magnética			Tubería no magnética		
	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z
14	.131	.070	.313	.313	.006	.131	--	--	--	--	--	--
12	.196	.069	.196	.196	.005	.196	--	--	--	--	--	--
10	.123	.067	.123	.123	.005	.123	--	--	--	--	--	--
8	.078	.066	.079	.079	.005	.079	--	--	--	--	--	--
6	.049	.065	.049	.049	.005	.049	.083	.005	.063	.063	.004	.063
4	.031	.005	.032	.031	.004	.032	.053	.005	.053	.053	.004	.053
2	.020	.005	.021	.020	.004	.029	.033	.004	.031	.033	.004	.034
1	.016	.005	.017	.016	.004	.016	.027	.004	.027	.027	.003	.027
1/0	.013	.005	.013	.012	.004	.013	.021	.004	.021	.027	.003	.021
2/0	.010	.005	.011	.010	.004	.011	.017	.004	.021	.017	.003	.017
3/0	.008	.005	.009	.009	.004	.009	.014	.004	.011	.014	.003	.014
4/0	.007	.004	.008	.007	.003	.007	.011	.004	.011	.011	.003	.011
250	.005	.004	.007	.005	.003	.007	.009	.004	.009	.009	.003	.010
300	.005	.004	.007	.005	.003	.006	.009	.004	.008	.008	.003	.009
350	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.006	.004	.007	.007	.003	.007
400	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.005	.003	.006	.006	.003	.007
450	.003	.004	.006	.003	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.006
500	.003	.004	.005	.002	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.005
600	.002	.004	.005	.002	.003	.003	.003	.003	.004	.004	.003	.005

Fuente: Luis Méndez, **Guía para el diseño de instalación**, Pág. 19

El NEC recomienda no cargar un conductor sobre el 80% de su capacidad nominal, cuando lo seleccionamos por corriente, ya que como toda

instalación eléctrica es un sistema dinámico, pueden existir sobrecargas o desbalances lo que hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor. La capacidad de los conductores de acuerdo al tipo y calibre del conductor viene dado en la siguiente tabla:

Tabla V. Capacidad de los conductores de acuerdo al tipo y calibre

Calibre	Rango de temperatura del aislante	
	60 °C	75 °C
AWG O MCM	TW	THW
14	20	20
12	52	25
10	30	35
8	40	50
6	55	65
4	70	85
2	95	115
1/0	125	150
2/0	145	175
3/0	165	200
4/0	195	230
250	215	255
300	240	285
350	260	310
400	280	335
500	320	380
600	355	420
700	385	460
750	400	475
800	410	490

Fuente: Luis Méndez, **Guía para el diseño de instalación**, Pág. 20

Factores corrección de capacidad de corriente por temperatura.

Tabla VI. Factores de corrección

Temp. Ambiente °C	Rango de temperatura Factores de corrección	
	60 °C	70 °C
21-25	1.08	1.05
26-30	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94
36-40	0.82	0.88
31-45	0.71	0.82
46-50	0.58	0.75
51-55	0.41	0.67
56-60	----	0.58
61-70	----	0.33
71-80	----	----

Fuente: Luis Méndez, **Guía para el diseño de instalación**, Pág. 21

También existe reducción de la capacidad de transporte de corriente de los conductores por las cantidad de conductores que van dentro de una tubería, según lo indica la siguiente tabla.

Tabla VII. Factores de reducción de acuerdo al número de conductores

No De conductores	Factor de reducción de capacidad de conductores
4 a 6	80%
7 a 24	70%
25 a 42	60%
Arriba 43	50%

Fuente: Luis Méndez, **Guía para el diseño de instalaciones**, Pág. 21

Para aplicar correctamente los factores de corrección por cantidad de conductores no se debe tomar en cuenta los conductores que sirven como neutral o tierra, ya que se asume por ellos no circula corriente alguna.

Número de conductores en tubería

La tubería sirve para que los conductores queden protegidos en lo posible contra deterioro físico, contaminación y a la vez, protejan a la instalación contra incendios por los arcos que se pueden presentar durante un corto circuito.

Los conductores tienen una limitante en su capacidad de conducción de corriente debido a la baja disipación de calor, ya que el aislante tiene límite térmico bajo.

Por esta razón, el número de conductores dentro de un tubo o cualquier sistema de canalización debe encontrarse limitado de manera que se logre un arreglo físico, de acuerdo con la forma y el área transversal de la canalización de forma tal que se facilite el alojamiento y la manipulación de los conductores durante la instalación.

Además, debe considerarse la calidad adecuada de aire dentro de la tubería para que se disipe el calor que se genera internamente debido al efecto joule. En la siguiente tabla se puede ver la cantidad de conductores que van en una tubería de acuerdo al diámetro de esta, al calibre y tipo de forro del conductor que en este caso será TW y THW.

Tabla VIII. Número de conductores de acuerdo al diámetro de la tubería

Calibre AWG o MCM	Diámetro de tubería en pulgadas									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
	Cantidad de conductores									
14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155
12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110
8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67
6	1	1	3	4	6	18	15	23	32	41
4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
2		1	1	3	3	6	9	14	19	24
1/0			1	1	2	4	6	9	12	16
2/0			1	1	1	3	5	8	11	14
3/0			1	1	1	3	4	7	9	12
4/0				1	1	2	3	6	8	10
250				1	1	1	3	5	6	8
300				1	1	1	3	4	5	7
350				1	1	1	1	3	5	6
400					1	1	1	3	4	6
500					1	1	1	3	4	5
600						1	1	1	3	4
700						1	1	1	3	3
750						1	1	1	3	3
800						1	1	1	2	3
900						1	1	1	1	3
1000						1	1	1	1	3

Fuente: Luis Méndez. **Guía para el diseño de la instalación**, Pág. 35

Selección de la tubería cuando los conductores no son del mismo calibre

Estas condiciones se da cuando existe diferentes calibres de los conductores y se trata de que exista una relación adecuada entre la sección transversal de los conductores con la sección de canalización, a esta relación se le conoce como factor de relleno y se encuentra definido por la siguiente ecuación.

$$F = a / A$$

Donde:

F = es la factor de relleno

a = la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la canalización

Este factor de relleno tiene los siguientes valores establecidos para las instalaciones realizadas con tubería:

53% para un conductor

31% para dos conductor

40% para tres o más conductores.

En la tabla siguiente se pueden observar las diferentes áreas para conductores TW y THW de acuerdo a su calibre.

Tabla IX. Área para conductores THHN

Calibre	Área Sección Transversal mm ²	Número de Hilos	Diámetro Externo Total mm ²	Capacidad de corriente máxima
14	2.08	7	2.81	25
12	3.31	7	3.29	30
10	5.26	7	4.15	40
8	8.37	7	5.48	55
6	13.3	7	6.44	75
4	21.15	19	8.09	95
2	33.63	19	9.59	130
1/0	53.51	19	12.05	170
2/0	67.44	19	13.17	195
3/0	85.03	19	14.43	225
4/0	107.22	19	15.85	260

Fuente: Servicios Técnicos Weidmann, marzo 1999

2.2 Protección (flipones y fusibles)

Es importante que en una instalación las fallas estén reducidas a cero, por lo tanto, es necesario dedicar el suficiente tiempo y esfuerzo en el análisis de las probables fallas y diseñar el sistema de protección apropiado.

Se debe saber que todas las que se dan en un sistema son eliminadas por las protecciones que se encuentran anterior al punto de falla, es decir que la falla será eliminada por el dispositivo de protección que se encuentre antes que esta en dirección al alimentador principal o la fuente.

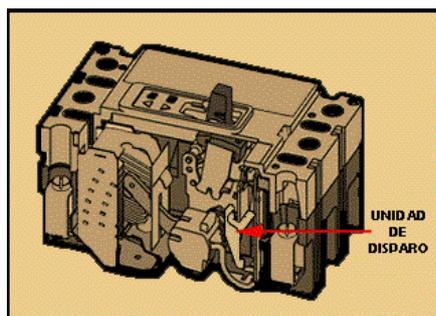
2.2.1 Revisión visual

La revisión visual sobre la protección que tiene el edificio, se realizó en cada uno de los 5 niveles de este, se encontró que cada una de las cargas estaban debidamente protegidas contra cortocircuito y sobrecarga, se encontraron en cada nivel tableros secundarios con protección para ambas fallas (flipones), lo cual indica que si tienen una protección para no ocasionar algún accidente o incidente.

2.2.2 Prueba de disparo

Para que un interruptor sea efectivo, debe tener cierta inteligencia para poder desempeñar su función automáticamente o bien responder a un comando. Sin esta capacidad, un interruptor sería solamente un cortocircuito sofisticado. Una unidad de disparo es la inteligencia del interruptor. Comentaremos esta función y los tipos de unidades de disparo.

Figura 1. Unidades de disparo de un interruptor



La función de la unidad de disparo es disparar el mecanismo de operación (abrir el circuito) en el caso de las siguientes condiciones de sobre corriente:

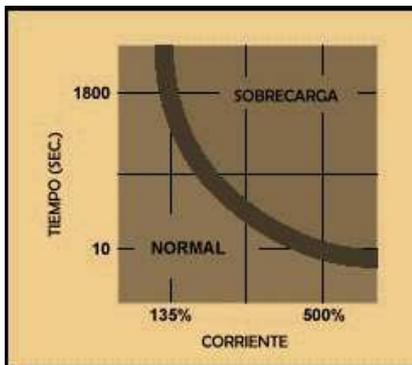
- Sobrecarga térmica
- Corriente de [cortocircuito](#) ([corriente de falla](#))
- Falla de conexión a tierra

Sobrecarga Térmica

Un conductor se deteriora habitualmente como resultado de una condición de [sobrecarga \(o sobre corriente\)](#).

Cuando existe esta condición, ocurre un incremento de temperatura en el aislamiento y el conductor. Esto se conoce como sobrecarga térmica. Eventualmente, esta condición resultará en un cortocircuito. Las condiciones de sobrecarga son predecibles si se monitorean la corriente y el tiempo que ésta fluye en un conductor. Como resultado, se utiliza una curva tiempo-corriente para indicar el límite entre la condición normal y la condición de sobrecarga.

Figura 2. Curva de tiempo-corriente de sobrecarga



Corrientes de cortocircuito:

Corrientes de cortocircuito (corrientes de falla) ocurren habitualmente con flujo de corriente alta debido a la falla de aislamiento del conductor. Cuando el aislamiento entre fases se interrumpe, se pueden esperar corrientes de cortocircuito en la falla. Una curva de tiempo-corriente típica para un elemento

de cortocircuito (instantáneo) de un interruptor indica que no ocurrirá un disparo hasta que la corriente de falla alcance o rebase el punto A en la curva.

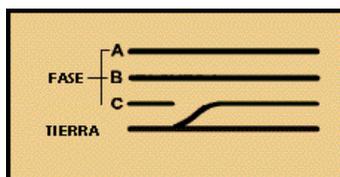
Figura 3. Curva de tiempo-corriente de cortocircuito



Falla de conexión a tierra:

Una falla de conexión a tierra es un tipo particular de falla de corriente de cortocircuito. Es un cortocircuito entre una fase y la tierra. El [NEC](#) requiere de protección de las fallas de conexión a tierra en aplicaciones específicas, por ejemplo una acometida.

Figura 4. Falla de conexión a tierra



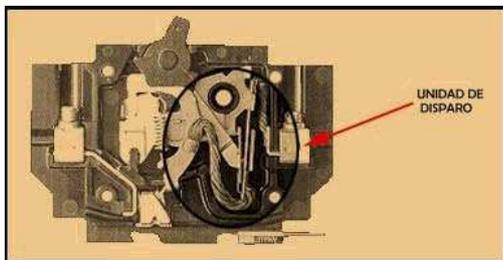
Ahora que conoce usted la función de una unidad de disparo, comentaremos los tipos de unidades de disparo. Existen dos tipos de unidades de disparo:

- Electromecánica ([termomagnética](#))
- Electrónica

Unidad de disparo electromecánica:

Este tipo de unidad de disparo se utiliza habitualmente en interruptores de baja tensión. Se encuentra montada integralmente en el interruptor y es sensible a la temperatura. Las unidades de disparo termomagnéticas actúan para proteger a los conductores, proteger el equipo en condiciones ambientales altas y permitir una carga segura en condiciones ambientales normales.

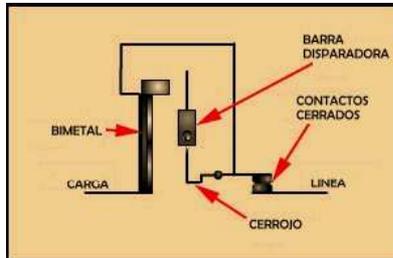
Figura 5. Unidad de disparo electromecánica



Esta unidad de disparo utiliza bimetales y electroimanes para proporcionar protección contra sobrecarga y cortocircuito, lo que se conoce como “termomagnético”. Para entender mejor esta acción de disparo, las partes térmicas y magnéticas se explican separadamente y después se combinan.

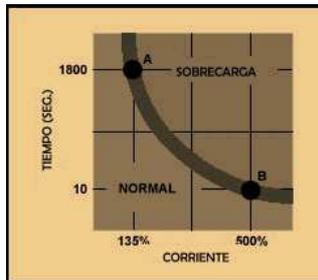
El disparo térmico se utiliza para protección contra sobrecargas. Su acción se logra empleando un bimetale calentado por la corriente de carga. En la sobrecarga sostenida, el bimetale se deforma, provocando que el mecanismo de operación se dispare.

Figura 6. Disparo térmico



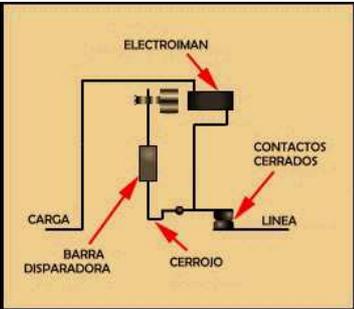
La deformación es predecible en función del tiempo y de la corriente. Esto significa, por ejemplo, que un interruptor típico de 100A puede dispararse en 1800 segundos a 135% de su nivel nominal (Punto A) o bien diez segundos a 500% de su nivel nominal (Punto B).

Figura 7. Curva tiempo-corriente



El disparo magnético es utilizado para protección contra cortocircuitos (instantáneos). Su acción se logra a través de un electroimán, cuyo devanado se encuentra en serie con la corriente de carga. Cuando ocurre un cortocircuito, la corriente que pasa a través del conductor provoca que el punto magnético del electroimán se eleve rápidamente, atrayendo la armadura y causando el disparo del interruptor.

Figura 8. Porción de disparo magnética



Es una curva tiempo-corriente típica para la porción magnética de una unidad de disparo electromecánica. La combinación de acciones térmicas y magnéticas protege contra sobrecargas y cortocircuitos. Obsérvese la diferencia en la curva tiempo-corriente. La unidad de disparo termomagnética es adecuada para la mayoría de las aplicaciones para propósitos generales. Es sensible a la temperatura, insensible a las armónicas, y tiende a seguir automáticamente la carga de cable y equipo segura que varía con las temperaturas ambientales.

Figura 9. Curva tiempo-corriente magnética

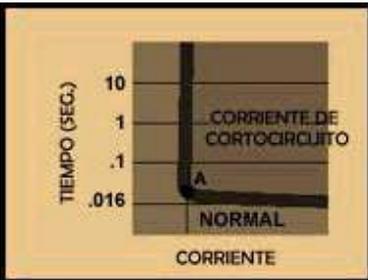
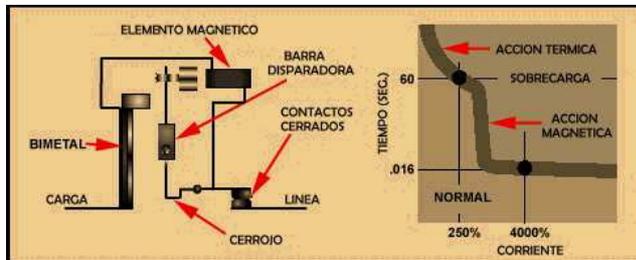


Figura 10. En resumen

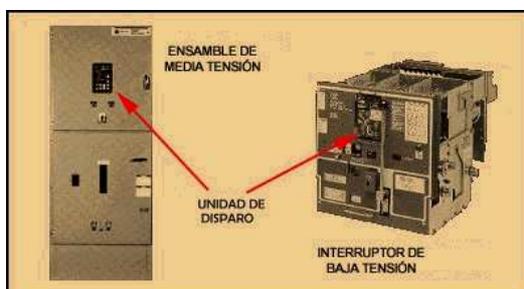


En este tipo de unidad de disparo, es difícil detectar una falla de conexión a tierra hasta que sea demasiado tarde, especialmente con motores en donde una falla de aislamiento interno puede resultar en un daño serio. Como resultado, se requiere de un dispositivo separado para fallas de conexión a tierra.

Unidad de disparo electrónica:

El segundo tipo de unidad de disparo es la unidad de disparo electrónica. Es generalmente insensible a la temperatura y más costoso. Se utiliza en interruptores de baja tensión comenzando en 400A y en interruptores de media tensión. La unidad de disparo es montada integralmente en baja tensión y montada externamente en media tensión.

Figura 11. Unidades de disparo electrónicas

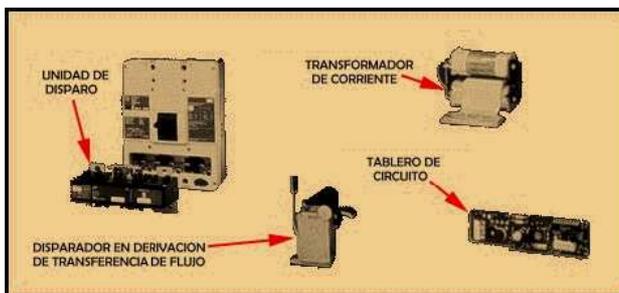


Esta unidad está reemplazando rápidamente el disparo termomagnético debido a su mayor precisión, capacidad de repetición y discriminación. Tiene también

una protección opcional integrada contra fallas de conexión a tierra. Además, ofrece otras capacidades, como por ejemplo programación, monitoreo, diagnóstico, comunicación, coordinación de sistema y prueba.

En general, las unidades de disparo electrónicas consisten de tres componentes internos con relación a la unidad de disparo. Estos componentes son: el transformador de corriente, circuito de protección (electrónico) y [disparador en derivación](#) de transferencia de flujo.

Figura 12. Componentes de una unidad de disparo electrónica



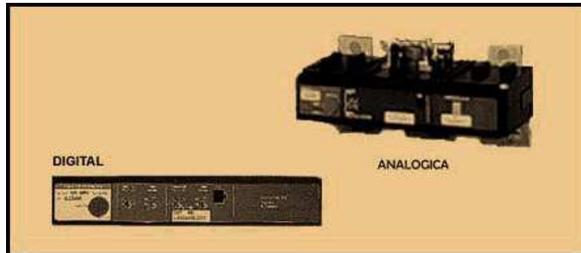
El transformador de corriente es utilizado en cada fase de corriente para monitorear y reducir la corriente al nivel de entrada apropiado.

El circuito de protección es el cerebro del sistema, interpreta la corriente de entrada y toma una decisión con base en parámetros predeterminados. Una decisión de disparo envía una salida al disparador en derivación.

El disparo en derivación es el componente que dispara el interruptor.

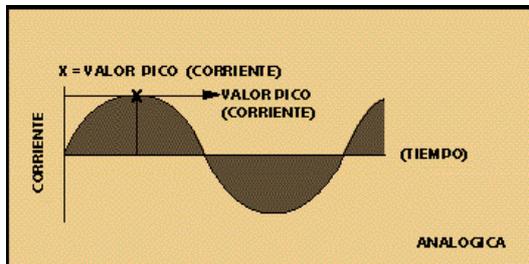
Existen dos tipos de unidades de disparo electrónicas: Analógica y Digital.

Figura 13. Unidades de disparo analógica y digital



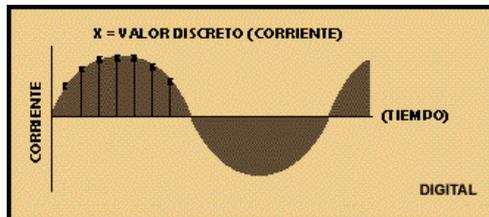
La unidad de disparo analógica fue desarrollada primero y es considerada el enfoque convencional. Funciona considerando todos los puntos en una curva particular y respondiendo a valores picos. Esto puede causar un problema, puesto que la detección de un pico puede causar un disparo falso. La unidad es también sensible a las armónicas.

Figura 14. Detección analógica de picos



La unidad de disparo digital funciona considerando puntos discretos seleccionados en la curva particular y efectuando una suma de estos puntos discretos. El resultado es lo que se conoce como valor RMS este es más preciso, puesto que se utilizan todos los valores en lugar de solamente los valores pico. Este método se correlaciona mejor con las características térmicas de conductores y equipo.

Figura 15. Detección digital de picos



Las unidades de disparo electrónicas varían en cuanto a características y capacidades con base en requerimientos de sistema.

2.2.3 Sobrecargas

Como sobrecarga entendemos que se trata de una corriente superior al valor nominal. El origen de la sobrecarga es una demanda de potencia superior a la nominal, o algún problema en la instalación.

2.2.4 Capacidad de cortocircuito

Estos pueden llegar a producir efectos devastadores en una instalación eléctrica. Las causas más importantes que los ocasionan son fallas de aislamiento, errores de maniobra, deficiencia en el mantenimiento, contaminación, otros.

Entre los elementos de protección que cuenta el Edificio de Recursos Educativos para la protección de las instalaciones eléctricas están los siguientes:

- Fusibles
- Interruptores termo magnéticos

Fusibles

Los fusibles presentan las siguientes particularidades de operación:

- a. Son de una operación, ya que después de haber interrumpido la falla debe romperse el fusible completo o su elemento fusible.
- b. Son de operación individual ya que solo interrumpen la corriente en la fase donde sucedió el corto circuito o sobrecarga.
- c. Son mas económicos comparados con otros elementos de protección
- d. Tienen una curva de operación muy inversa o tiempo de operación muy corto, lo cual hace que resulte difícil coordinarlo con otros tipos de protección que no sean fusibles.
- e. Tienen una potencia de corto circuito mayor o capacidad interrumpida mayor que otros dispositivos de protección.
- f. Si son de buena calidad y preferentemente sellados, son seguros y difícilmente operan sin causa justificada, ahora si son de mala calidad y del tipo no-sellado pueden llegar a existir una falla y estos no accionar poniendo en peligro toda la instalación.

En forma general se puede decir que un fusible es un conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula por el pasa de cierto valor predeterminado. Cabe mencionar también que los fusibles darán únicamente una protección contra corto circuito y no contra sobrecargas.

El elemento fusible esta colocado dentro de la estructura con terminales y bases para su fijación con los aislantes necesarios, los cuales se ven limitados por el nivel de voltaje entre lineal y tierra. El elemento fusible puede estar rodeado de aire, arena de cuarzo o algún otro material para enfriar los gases del arco y restablecer el medio dieléctrico.

La calibración del fusible se hace en función de las pérdidas de energía por efecto Joule. El calor que produce la corriente nominal se disipa en el medio ambiente, por lo que la temperatura no produce alteraciones en las propiedades físicas del elemento fusible, si la corriente se mantiene por un determinado tiempo sobre la corriente nominal, la temperatura del elemento fusible alcanza su punto de fusión y abre el circuito.

El tiempo de fusión se representa normalmente en el diagrama de tiempo-corriente, con abscisa y ordenada con divisiones logarítmicas y una curva de tiempo inverso, en dependencia de la corriente. El curso de la curva características de fusión principia en el menor valor de corriente, al cual el conductor fusible puede fundirse y se acerca asintóticamente a la recta oblicua con el valor calorífico de la fusión del fusible al exterior. Las curvas características de fusión y de interrupción son aproximadamente iguales hasta 20 veces la corriente nominal. A mayor corriente de corto circuito las curvas divergen.

La diferencia entre la curva viene determinada por el tiempo de extinción del fusible, el cual depende del factor de potencia del circuito, la tensión de servicio y la corriente que debe ser interrumpida.

Todos los fusibles se funden con corriente de falla de altos valores en un tiempo menor a medio ciclo cuando nos encontramos en sistemas de 60 ciclos: sin embargo, el arco formado es conductor y este permite que la corriente de corto circuito alcance su máximo antes de disiparse, la mayoría de los fusibles se dice que son autoprotegidos ya que son capaces de extinguir cualquier arco ó limitar cualquier corriente que se encuentre comprendida dentro de su rango de capacidad interruptiva, de lo contrario el fusible puede explotar.

Interruptores termomagnéticos

El interruptor termo magnético es un elemento de uso generalizado por el personal que se dedica a realizar instalaciones eléctricas, ya que es de construcción compacta, puede desarrollar funciones de conexión y desconexión para realizar trabajos de mantenimiento, reparación o ampliación y sobre todo protege contra corto circuito y sobrecargas.

Esta constituido por una caja plástica moldeada con terminales, una para unirse a la barra del centro de carga y la otra para salida mediante conductor o barra sólida y una palanca para su accionamiento que puede ser manual o motorizado, esto dependiendo de la capacidad en amperios del interruptor termo magnético.

En el interior de la caja moldeada están colocados los juegos de contactos (uno por cada polo del interruptor) uno de los dos cuales es móvil y el otro fijo y están situados en una cámara de extinción de arco.

El sistema de disparo del interruptor termomagnético funciona mediante el almacenamiento de energía mecánica por la compresión de un resorte. Cuando se cierran los contactos se oprime el resorte en donde se almacena la energía, al operar el interruptor ya sea por sobrecarga o corto circuito la energía almacenada se libera separando los platinos o contactos.

La protección contra sobrecarga esta constituida por una barra bimetálica que, dependiendo del valor que tenga la corriente así como el tiempo que se mantenga, provoca un disparo que abre los contactos de todos

los polos a la vez por medio de un enclavamiento mecánico, constituido por una barra que entrelaza los polos.

La barra bimetálica esta colocada a una distancia específica de una puyaza bimetálica y esta colocada a una distancia específica de una pieza ferromagnética. Cuando la corriente llega a valores muy elevados (corto circuito) se crean fuerzas electromagnéticas de atracción capaces de provocar que los contactos se abran en tiempos muy cortos. Dichos dispositivos tienen una calibración que solamente el fabricante puede modificar, a menos que, como en interruptores termo magnéticos de gran capacidad nominal, se pueden cambiar las bobinas de disparo así poder darle una diferente rango de operación.

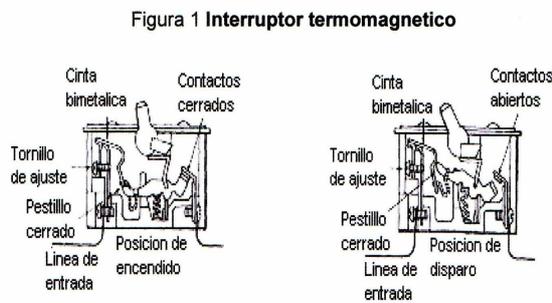
Cuando un interruptor termomagnético se dispara por sobre carga o corto circuito la manija queda en una posición intermedia entre encendido y apagado, para restaurarlo debemos primeramente llevar la manija a la posición de apagado y luego de reparada la falla, pasar la manija a la posición de encendido.

La capacidad interrumpida o la potencia máxima de corto circuito que puede soportar un interruptor termo magnético esta limitada por:

- a. La posición o separación de los contactos en posición abierta.
- b. El tiempo máxima apertura. Este tiempo a su vez depende generalmente de la cantidad de energía que almacena el resorte y de la fricción que existe en los pivotes del eje de los contactos.
- c. La capacidad de la cámara de extinción.

La capacidad del cortocircuito se especifica en KA. Si la corriente de corto circuito sobrepasa la capacidad interruptiva, primeramente, se pueden fundir los platinos o bien la cámara de expansión de gases no logra enfriar el mismo, por lo que el arco persiste y la corriente como consecuencia lógica sigue fluyendo.

Figura 16. Interruptor termo magnético



Fuente: Enrique Harper, EL ABC de las instalaciones eléctricas, Pág. 20

2.2.5 Corriente nominal

Corriente nominal en servicio continuo es el valor eficaz de la corriente que el aparato está en condiciones de conducir en forma permanente, a la frecuencia nominal, manteniendo las temperaturas de sus diferentes partes, dentro de valores especificados. Valor de la tensión entre fase-tierra/fase-fase por el cual se denominan a las líneas, y a los cuales se refieren las características de servicio de la red.

2.3 Transformadores

2.3.1 Tomar datos nominales

El Transformador Principal del Edificio de Recursos Educativos es:

Transformador Pad-Mounted

Vantran Electric Corp.

Tipo CP

500 kVA

65 °C Rise

5.75% Imp. 85 °C

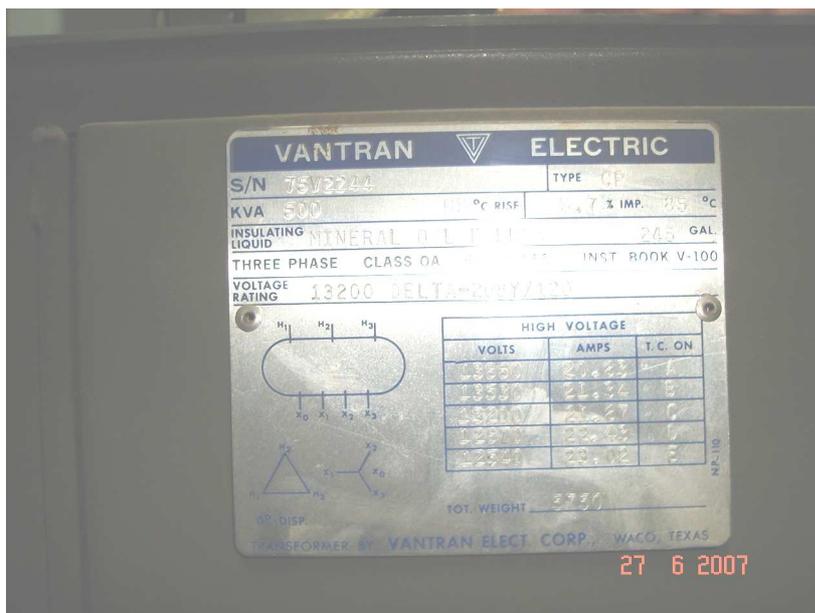
Mineral Oil Filled 245GL

Voltaje Primario 13,200V DELTA

Voltaje Secundario 208/120V ESTRELLA

Peso 5750Lb

Figura 17. Placa del transformador del edificio



En esta foto se puede observar el frente del transformador Pad-Mounted

Figura 18. Cuarto del tablero principal del edificio



Existe un SwitchGear en el cuarto principal de los paneles eléctricos, pero este está sin funcionamiento. Es el tablero que se encuentra al lado derecho del transformador (con dos ventanas acrílicas).

Parte de atrás del Transformador.

Figura 19. Cuarto del tablero principal del edificio



Figura 20. Taps del transformador pad-mounted



TAPS:

Voltaje	Amperios	T.C. On
13860	20.83	A
13530	21.34	B
13200	21.87	C
12870	22.43	D
12540	23.02	E

2.3.2 Determinar tiempo de vida útil

Es importante, la evaluación de alternativas de decisión, mediante métodos económicos que permitan optimizar el uso de los recursos por una parte y por la otra al ser combinados con métodos y con criterios de evaluación y con equipos para el control del riesgo (especificaciones, pruebas, equipos de monitoreo y diagnóstico) se asegura el mantener bajo control el nivel de incertidumbre. También son importantes, los aspectos de definición y estandarización de políticas que promuevan y faciliten el uso de estos métodos a través de toda la compañía.

No se tiene datos de cuando fue instalado, al parecer fue en el año 1988 por lo cual es un poco dificultoso el tema de poder evaluar cuanto de vida útil le queda a este equipo.

2.3.3 Mantenimiento (en qué tiempo?, en qué consiste?)

A este transformador no se le ha dado mantenimiento y no tienen ningún procedimiento escrito, el cual establece que se debe de realizar. El transformador se encuentra en un área inapropiada y con espacio reducido y este ya produce un ruido, el cual se debería de examinar inmediatamente.

2.4 Power quality (analizador de redes)

Analizadores de redes

Para realizar un análisis de la red eléctrica en el Edificio de Recursos Educativos se utilizó un analizador de calidad de energía PowerPad modelo 3945, el cual es un analizador para una, dos y tres fases para bajos voltajes.

Entre sus características principales se encuentran:

- Mide voltajes “rms” de hasta 480V de fase a neutral y hasta 830V entre fases para sistemas de dos, tres o cuatro conductores.
- Mide corrientes “rms” de hasta 6500 amperes.
- Frecuencias de 50 ó 60 Hz.
- Calcula el desbalance de las fases de voltaje y corriente.
- Mide los armónicos de voltaje y de corriente hasta la 50 armónica.
- Muestra en intervalos de 5 segundos hasta 2 horas.
- Calcula la potencia Real, Reactiva y Aparente.

2.4.1 Corrientes

La corriente eléctrica se define como un flujo de carga positiva y se fija el sentido convencional de corriente como un flujo de carga desde el polo positivo al negativo. A pesar que se vio posteriormente en sólidos metálicos , como los conductores las cargas positivas no se mueven y solamente las hacen las negativas estos son los electrones, los cuales fluyen en sentido contrario al convencional, este es el caso de los conductores no metálicos. Por lo tanto la corriente es el flujo de electrones en movimiento a lo largo de un conductor, y su unidad es el Amper (A)

Para medir las corrientes eléctricas se dispone, afortunadamente, de instrumentos para tal fin conocidos como: Amperímetros. Dependiendo del rango de medición requerido, estos aparatos indican directamente la cantidad de corriente que pasa a través de un circuito.

Generalmente, los amperímetros tienen diferentes escalas en la misma carátula y por medio de un selector de escala selecciona el rango apropiado.

Dado que un amperímetro mide la corriente que pasa a través de un circuito se conecta “en serie”, es decir, extremo con extremo con otros componentes del circuito y se designa con la letra A dentro de un círculo.

Tratándose de medición de corriente en circuitos de corriente continua, se debe tener cuidado de conectar correctamente la polaridad, es decir que, por ejemplo, el punto de polaridad negativa del amperímetro se debe conectar al punto de polaridad negativa de la fuente o al lado correspondiente en el circuito.

Figura 21. Corriente línea 1

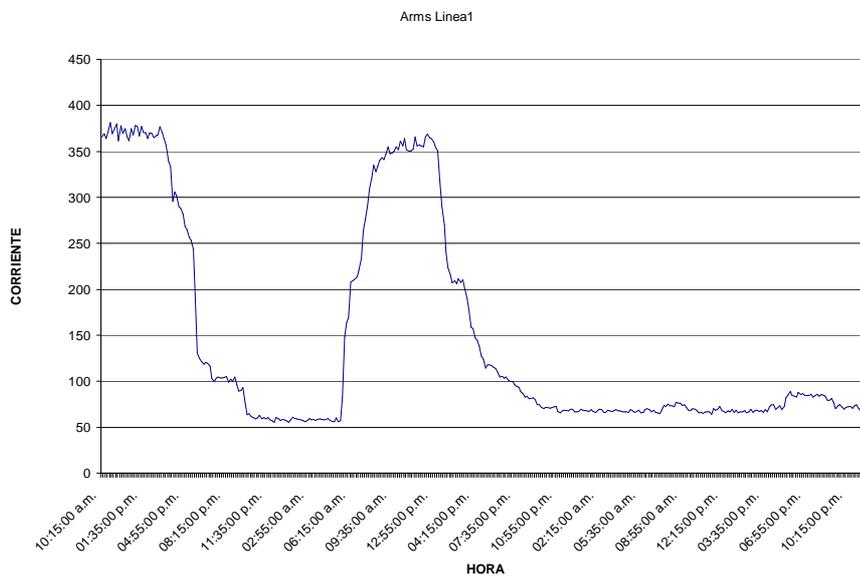


Figura 22. Corriente línea 2

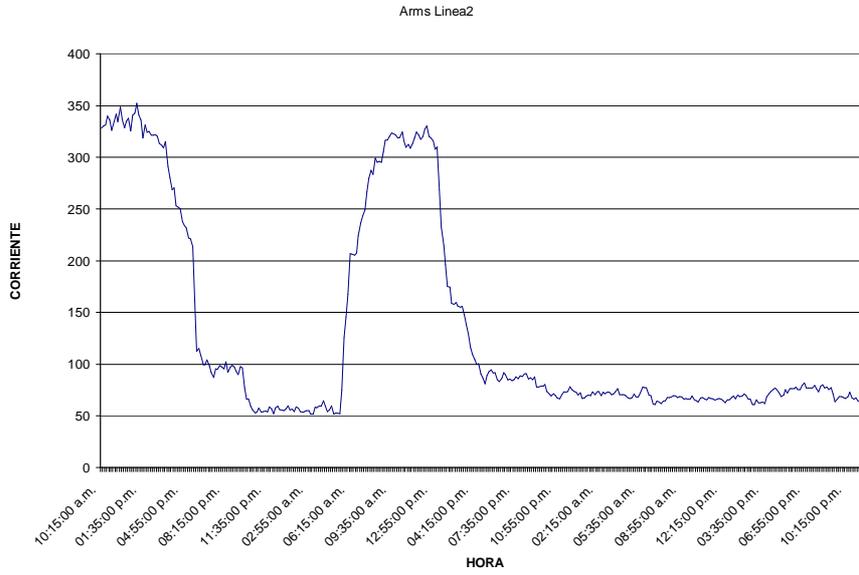


Figura 23. Corriente línea 3

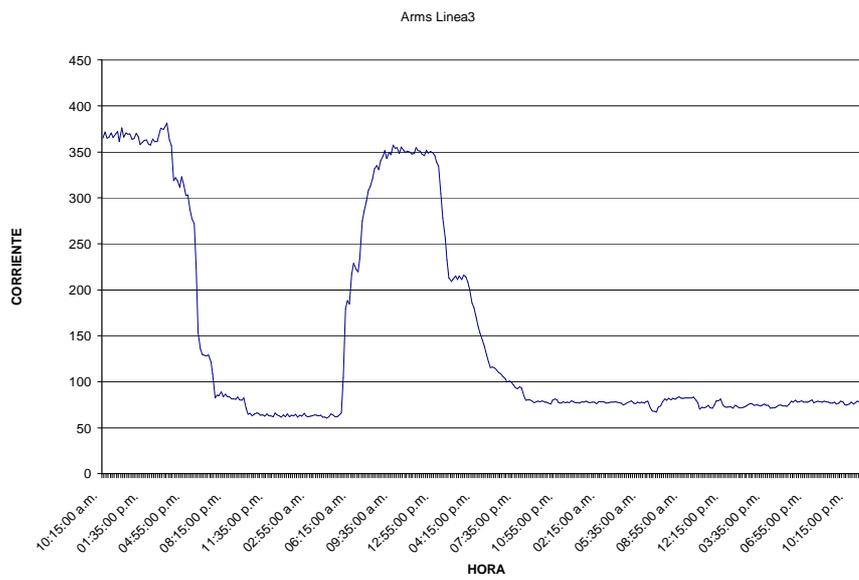


Figura 24. Corriente neutral

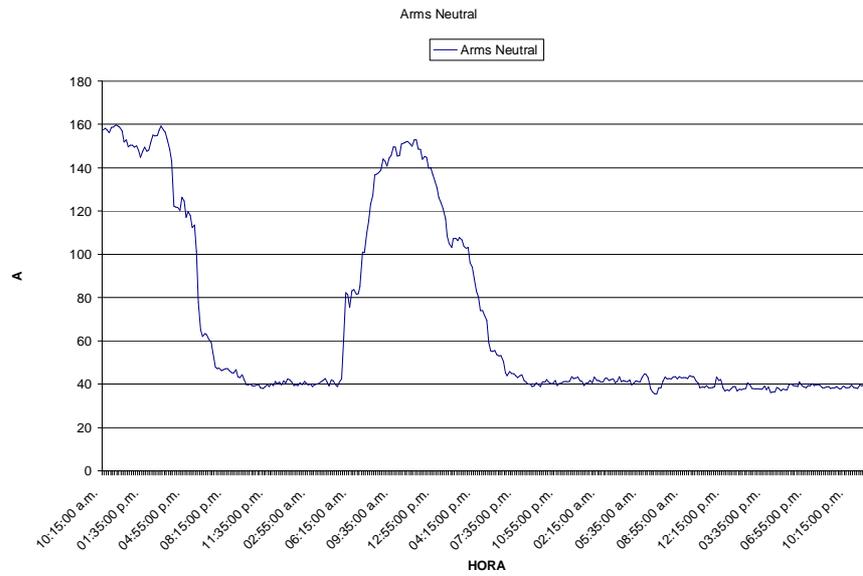
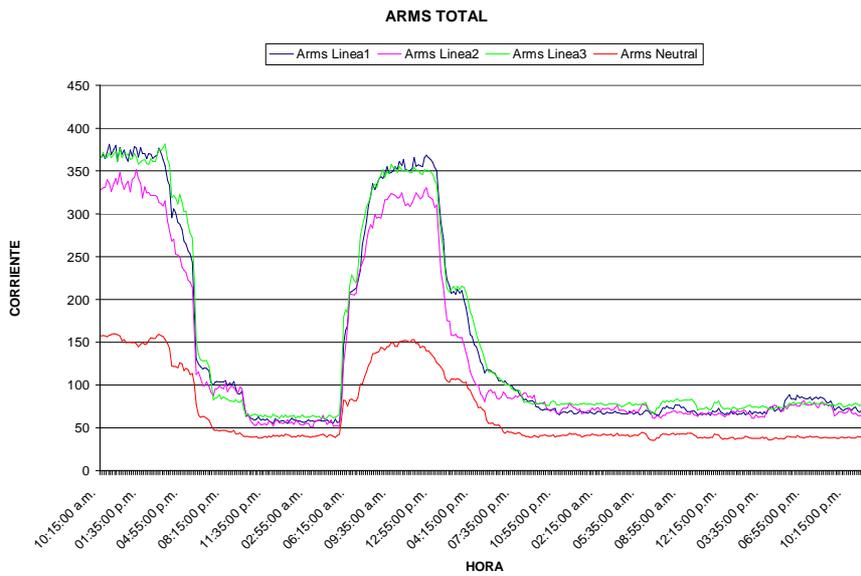


Figura 25. Corriente L1, L2, L3 y neutral



Conclusiones para las intensidades de corrientes

Se puede observar en la figura 25 en la cual se muestra la intensidad de cada una de las líneas, que la fase #2 presenta un decremento de intensidad de corriente con respecto a las otras dos fases (#1 y #3). Este desbalance de la fase #2 corresponde a un 5% (20A) con respecto a las fases #1 y #3, el cual es admisible para el sistema.

2.4.2 Voltajes

El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica. A mayor diferencia de potencial ó presión que ejerza una fuente de FEM sobre las cargas eléctricas ó electrones contenidos en un conductor, mayor será el voltaje ó tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor.

Las cargas eléctricas en un circuito cerrado fluyen del polo negativo al polo positivo de la propia fuente de fuerza electromotriz. Cuando una fuente de energía eléctrica se conecta a través de las terminales de un circuito eléctrico completo, se crea un exceso de electrones libres en una terminal, y una diferencia en el otro; la terminal que tiene exceso tiene carga negativa (-) y la que tiene deficiencia carga positiva (+). En la terminal cargada positivamente, los electrones libres se encuentra mas espaciados de lo normal, y las fuerzas de repulsión es una forma de energía potencial; también se le llama energía de posición.

Figura 26. Voltaje línea 1

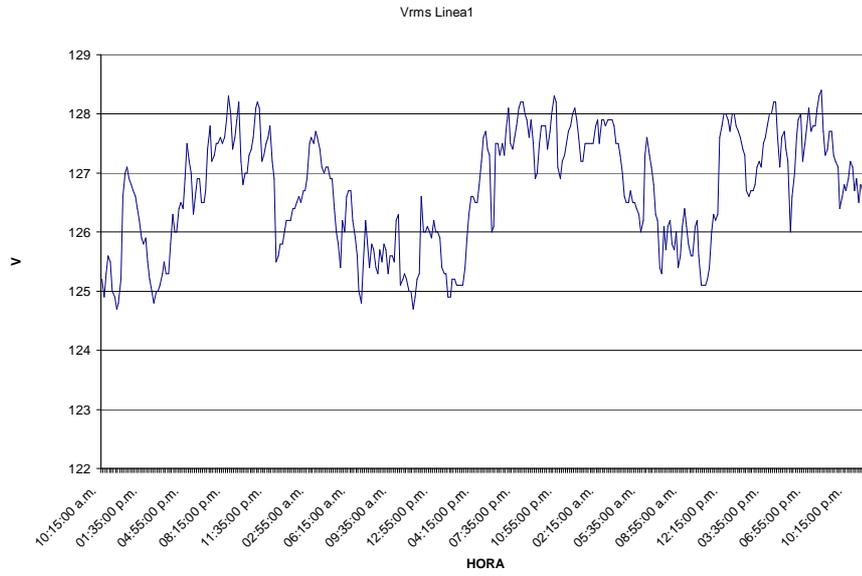


Figura 27. Voltaje línea 2

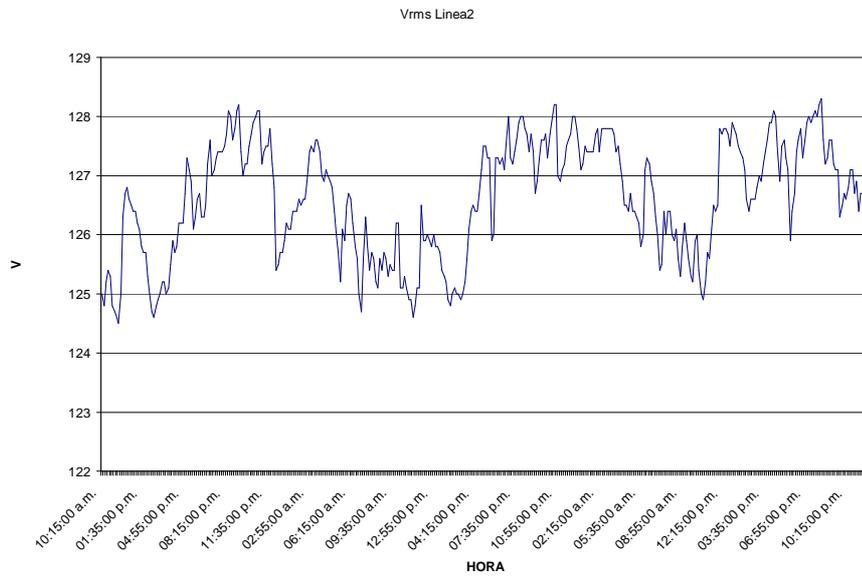


Figura 28. Voltaje línea 3

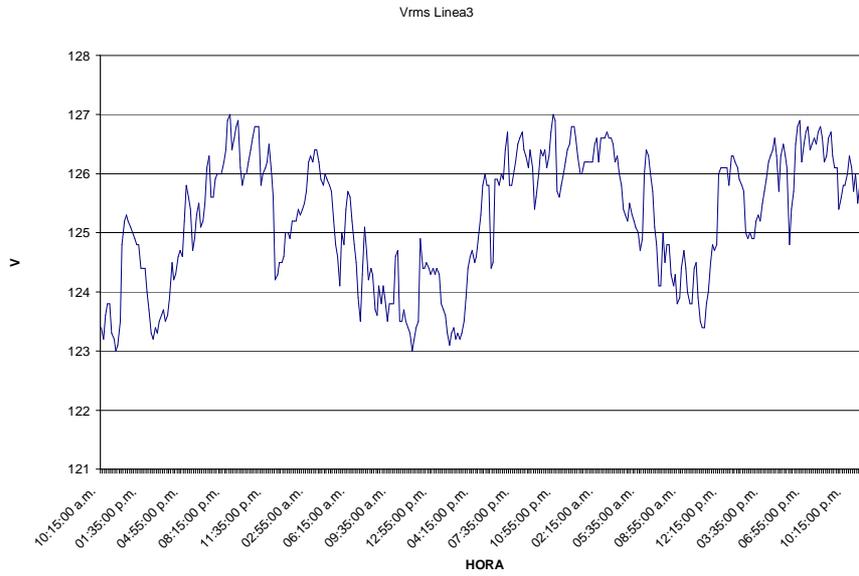
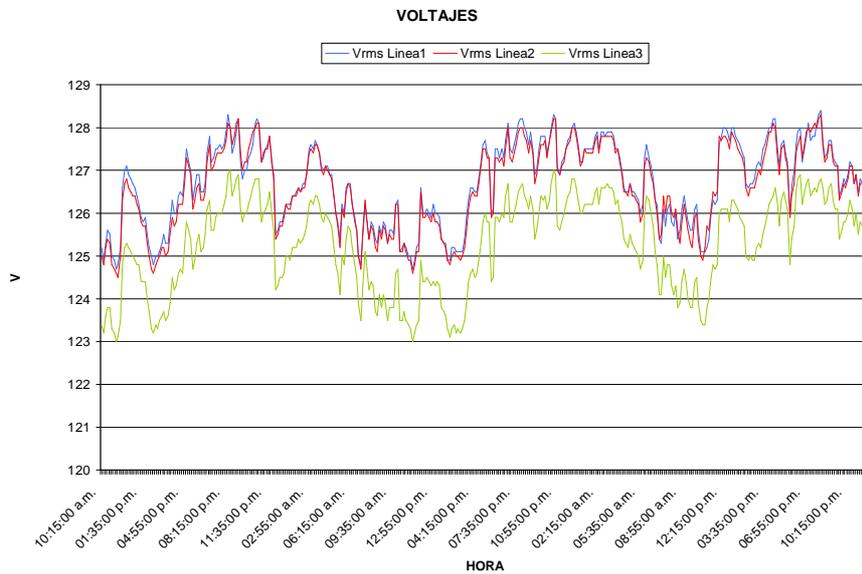


Figura 29. Voltaje L1, L2 y L3



Conclusiones para el voltaje

En la figura 29 se puede concluir que el voltaje esta un poco elevado al promedio del sistema que es de 120V, podemos observar que la línea #1 y #2 presentan un voltaje de 125V hasta un máximo de 128V, de igual forma la línea #3 presenta un voltaje de 123.5V hasta un máximo de 127V.

Con respecto a esto se debería de verificar los Taps del transformador ya que puede ser que este colocado en una mala posición.

Recordar que $P=VI$ y si tenemos un consumo de corriente cte, pero nuestro voltaje en este caso es elevado, nuestra potencia será mayor y con respecto al tiempo (energía) este va a consumir mas, por lo que afectara al presupuesto de pago de la energía eléctrica.

Las figuras de voltaje solamente muestran el comportamiento del voltaje en función del tiempo en un día normal de actividades. En cuanto a la tensión según las normas técnicas del servicio de distribución NTSD, para un periodo de medición de una instalación mayor de 13 meses se acepta un voltaje hasta del 8% y como se puede apreciar en las graficas la fase uno, la fase dos y la fase tres son bastante similares y su variación de voltaje oscila entre 123V a 128V lo cual equivale al 4%.

2.4.3 Factor de potencia verdadero

Se denomina factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión

y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura. O sea que el factor de potencia debe tratarse que coincida con el coseno phi pero no es lo mismo.

Es aconsejable que en una instalación eléctrica, el factor de potencia sea alto y algunas empresas de servicio electro energético exigen valores de 0,8 y más.

O es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (KW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (KVA). Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores.

Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

Figura 30. FP línea 1

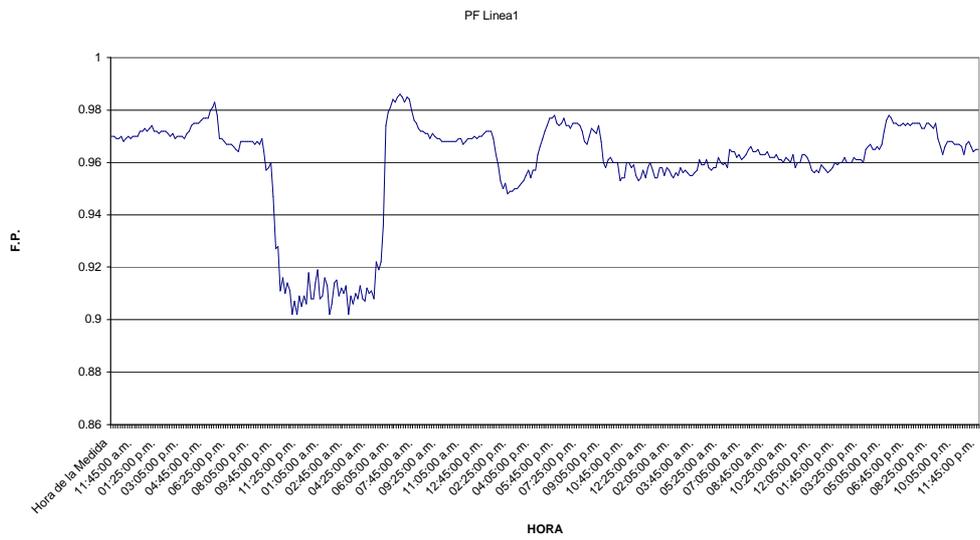


Figura 31. FP línea 2

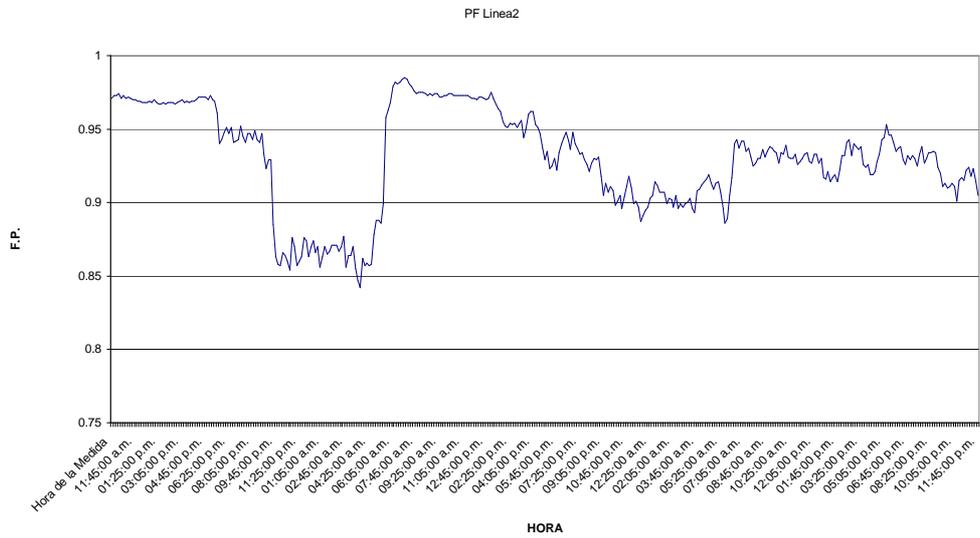


Figura 32. FP línea 3

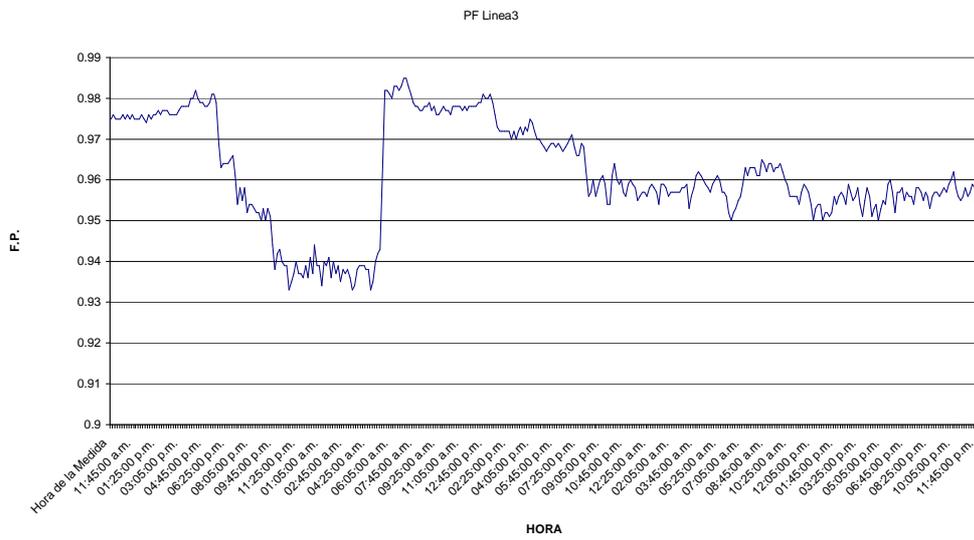
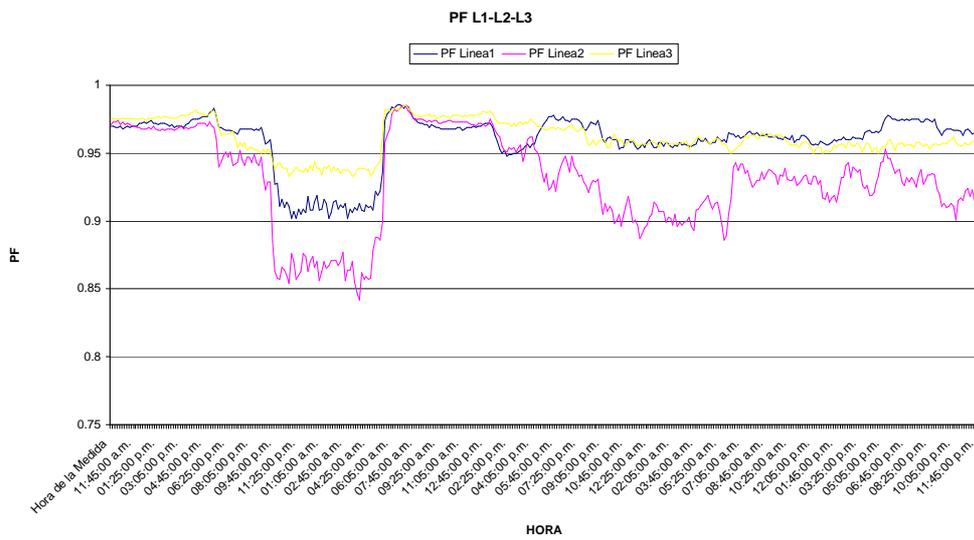


Figura 33. Factor de Potencia L1, L2 y L3



Conclusiones para el factor de potencia

La figura 33 del factor de potencia, la cual presenta un problema en la fase #2 y la cual en base a las regulaciones de la CNEE, no se encuentra entre los valores permitidos lo cual no evita ser penalizados por el bajo factor de potencia, según la norma el factor de potencia mínimo para no ser penalizado es de 0.90.

Tenemos que la fase #3 tiene un mínimo de 0.85 lo cual no cumple con la norma de la CNEE, esto se da en hora de la noche y madrugada lo cual únicamente están en funcionamiento las lámparas fluorescentes que son de carga capacitiva, esto se debe a el mantenimiento que se les da a las luminarias mas que todo a los balastos, un promedio de las líneas con respecto al factor de potencia en estas horas es de 0.90, lo cual no habría algún inconveniente de penalización.

En base a la potencia reactiva, se puede observar al inicio y final de la grafica que el factor de potencia posee valores cercanos a uno, y únicamente se da un valor de factor de potencia de 0.85 cuando aparece consumo solo en la fase 2 y la demanda de reactiva en ese momento es de 4Kvar, que en este caso es representativo debido a la baja carga del lugar.

2.4.4 Potencia activa, reactiva y aparente

La potencia eléctrica suele medirse en vatios (W), kilovatios (Kw.), megavatios (MW), etc. La potencia es transferencia de energía por unidad de tiempo. La potencia puede ser medida en cualquier instante de tiempo, mientras que la energía debe ser medida durante un cierto periodo.

Activa

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

Figura 34. Potencia activa línea 1

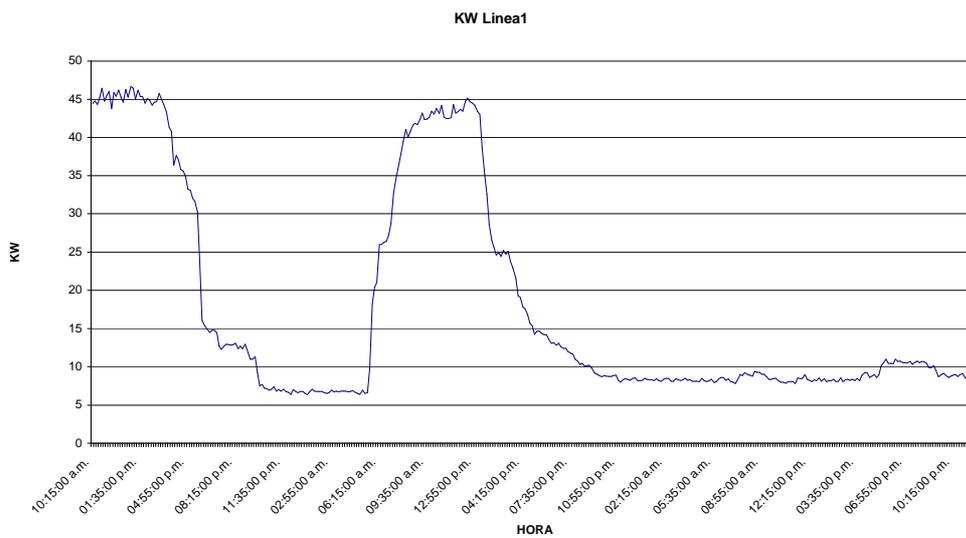


Figura 35. Potencia activa línea 2

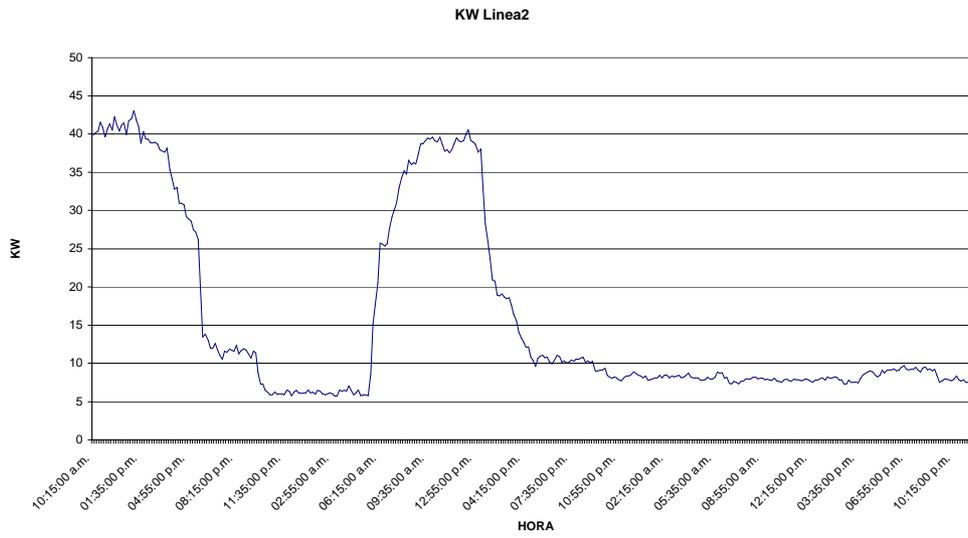


Figura 36. Potencia activa línea 3

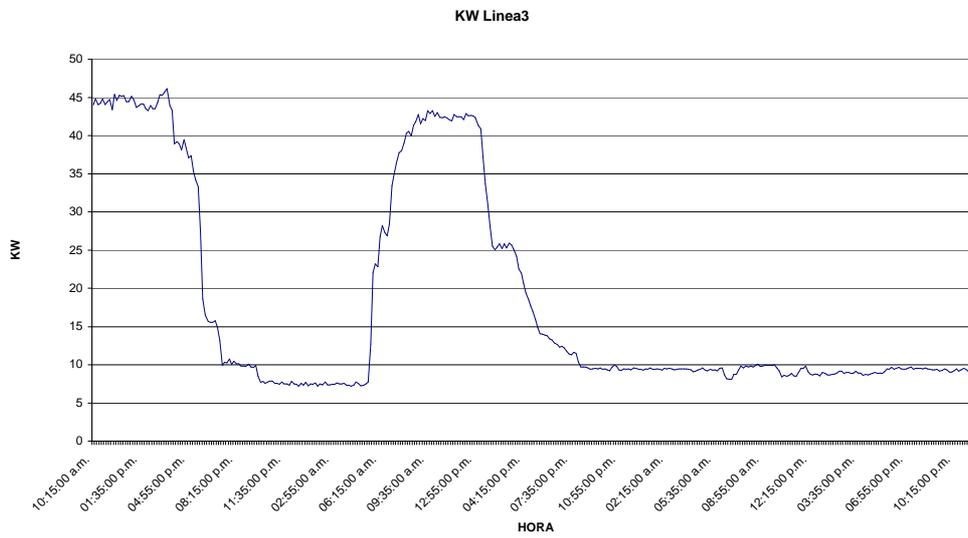
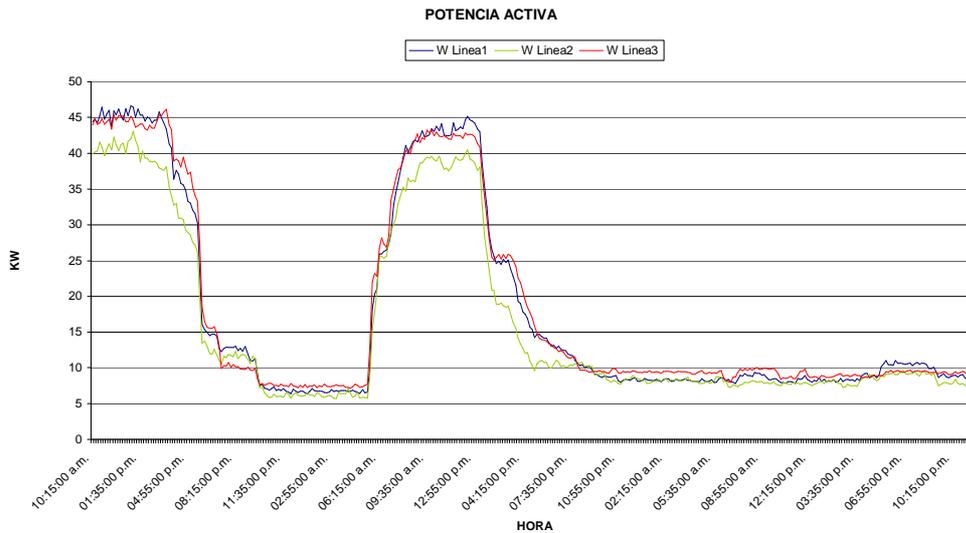


Figura 37. Potencia activa L1, L2 y L3



Conclusiones para la potencia activa

Con respecto a la potencia activa (Kw.) la figura 37 presenta el mismo problema de desequilibrio que posee la corriente y esto porque la fórmula de la potencia involucra la corriente, por lo que el desbalance en corriente se presenta también en la potencia, aunque esto no siempre se cumple, ya que la potencia también involucra el factor de potencia pero esto se mencionara mas adelante.

Se puede observar claramente en la figura 37 la potencia de cada una de las fases, y al mismo tiempo se puede determinar que el consumo no es el mismo en cada una de las fases, por lo que se considera desbalanceada.

Reactiva

Esta potencia no tiene tampoco el carácter de consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil. Es por ello que se dice que es una potencia desvatada (no produce vatios), se mide en voltamperios reactivos (VAR) y se designa con la letra Q.

Figura 38. Potencia reactiva línea 1

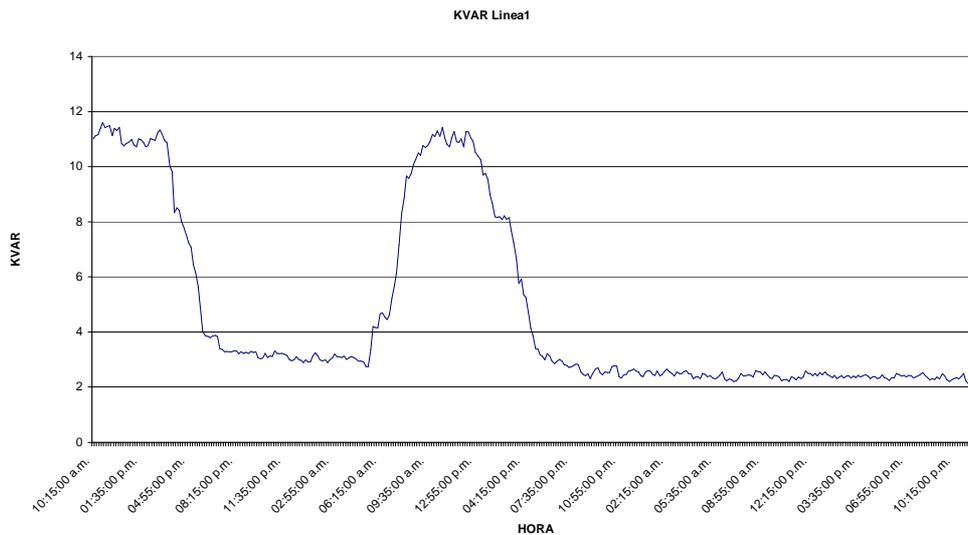


Figura 39. Potencia reactiva línea 2

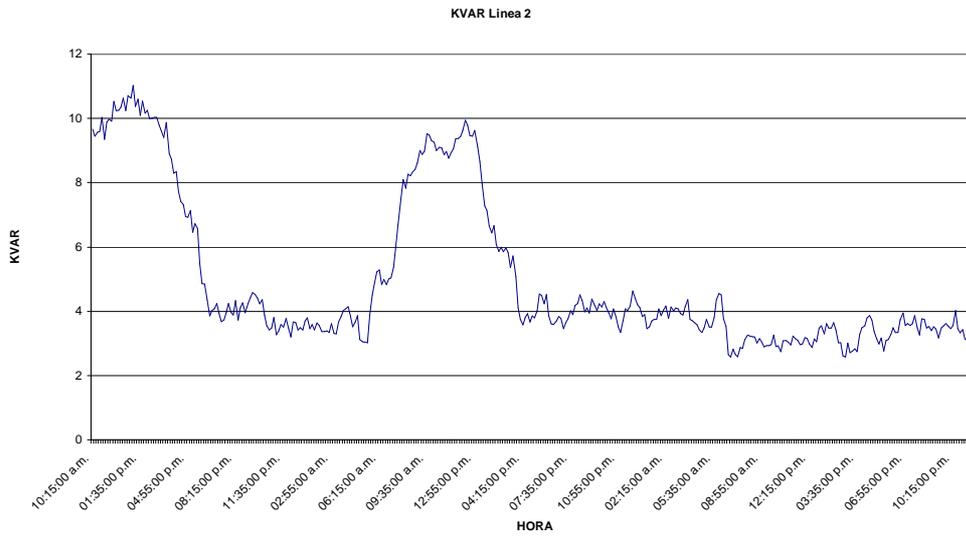


Figura 40. Potencia reactiva línea 3

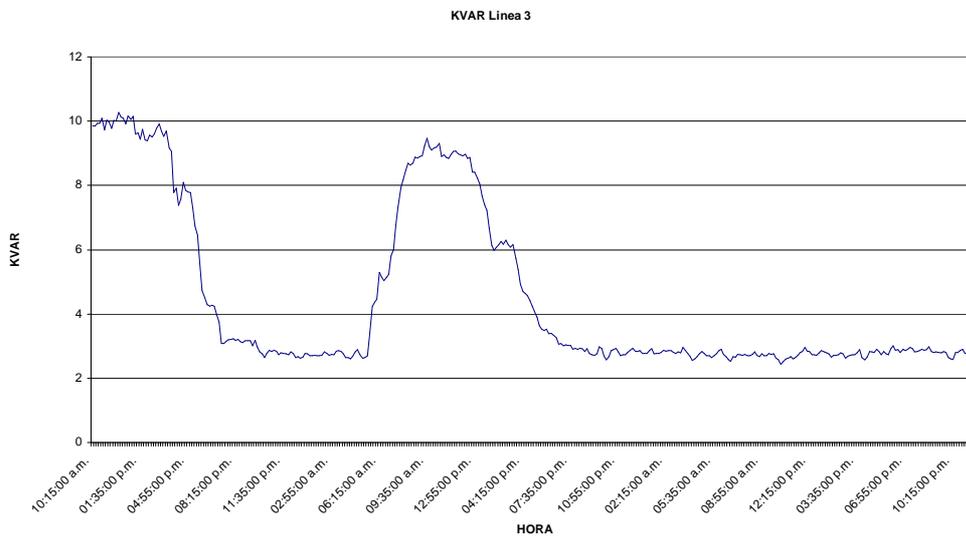
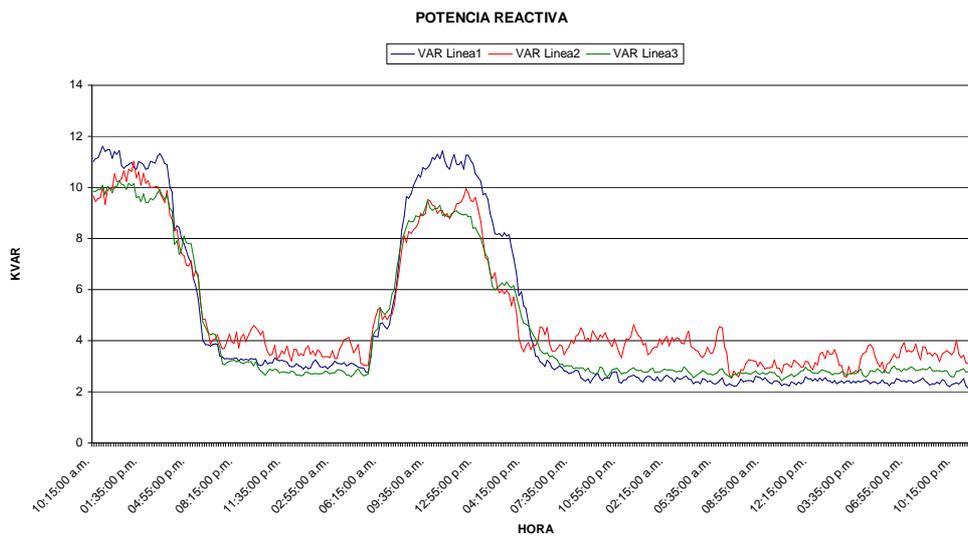


Figura 41. Potencia reactiva L1, L2 y L3



Conclusiones para la potencia reactiva

La figura 41 muestra la potencia reactiva de las tres fases, de la cual casi no se registró consumo de la misma, esto es debido al tipo de cargas que conforman el circuito, el tipo de cargas son resistivas.

La potencia reactiva esta atada a lo que es el factor de potencia, esto quiere decir que al existir demanda de potencia reactiva en una cantidad considerable con respecto a la potencia activa, seguramente existirá problema con el factor de potencia, ya que a medida que se necesita o se demanda mas potencia reactiva el factor de potencia tiende a ser cada vez mas bajo de la unidad.

Es por eso que en este caso al existir casi un consumo nulo, significa que el factor de potencia deberá ser casi unitario.

Aparente

La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes. Esta potencia no es la realmente consumida, salvo cuando el factor de potencia es la unidad ($\cos \varphi=1$), y este señala que la red de alimentación de un circuito no sólo tiene que satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también debe contarse con la que van a bobinas y condensadores. Se la designa con la letra S y se mide en voltamperios (VA).

Figura 42. Potencia aparente línea 1

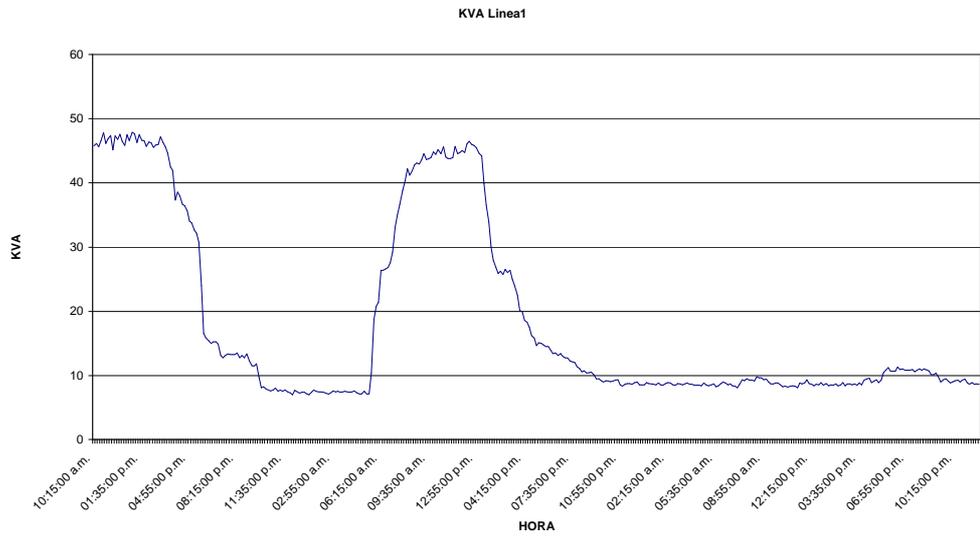


Figura 43. Potencia aparente línea 2

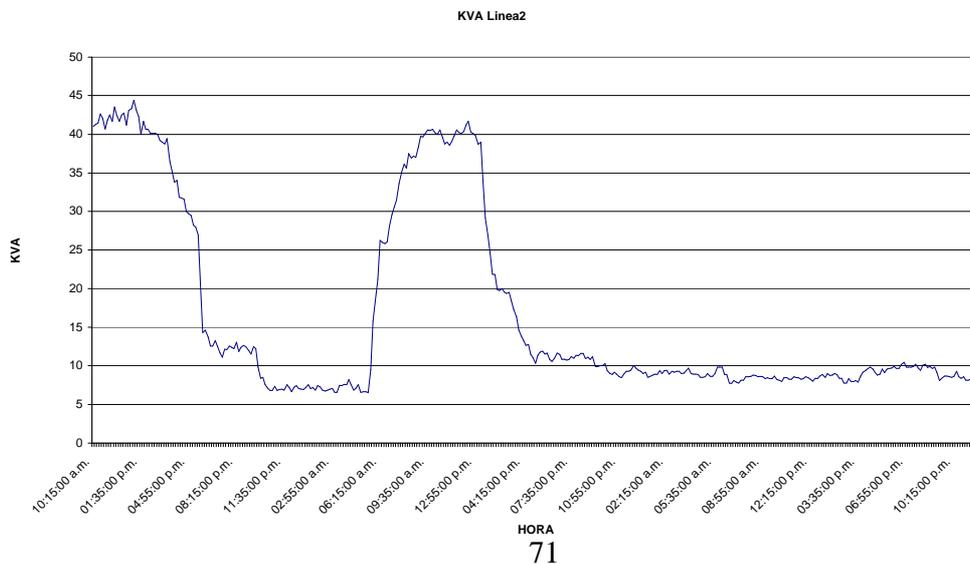


Figura 44. Potencia aparente línea 3

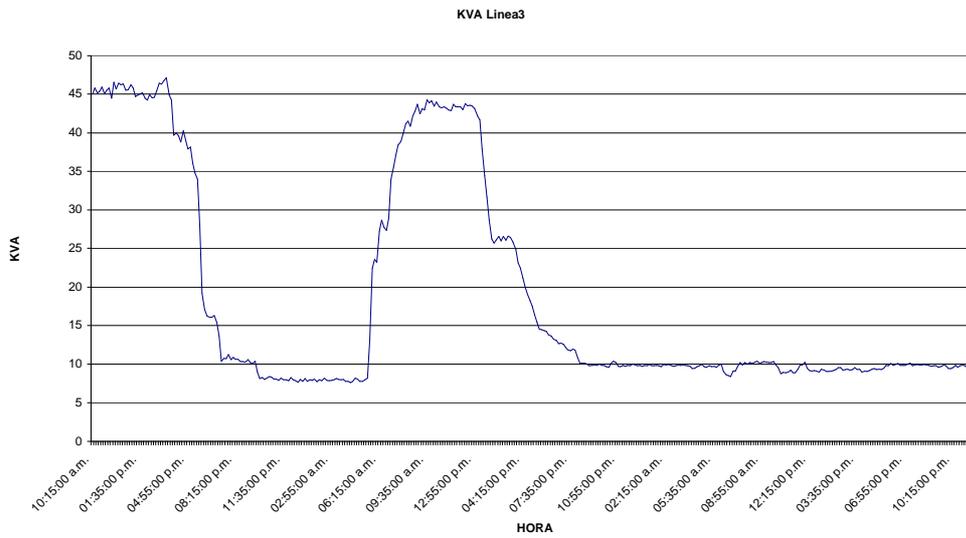
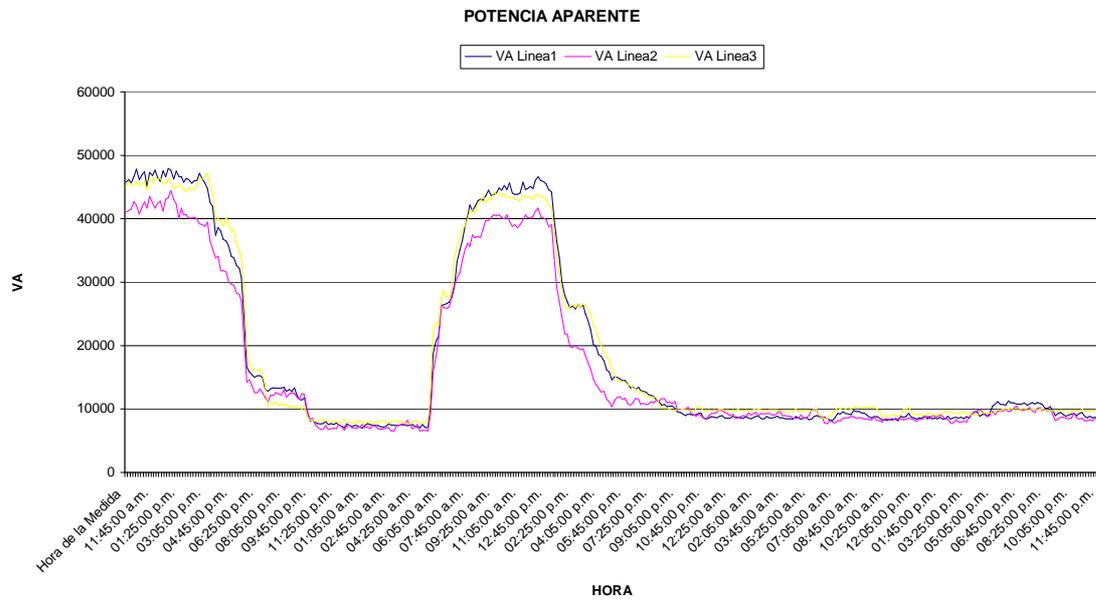


Figura 45. Potencia aparente L1, L2 y L3



Conclusiones para la potencia aparente

Como se puede observar en la figura 45, tenemos un constante consumo de la potencia aparente, únicamente siempre continuamos con el desbalance de la fase #2, como ya habíamos indicado es por la figura de la corriente y al igual esta potencia es la suma de la activa y reactiva: $S^2 = P^2 + Q^2$

2.4.5 KWH, KVAH

Figura 46. Watts por hora

KWH

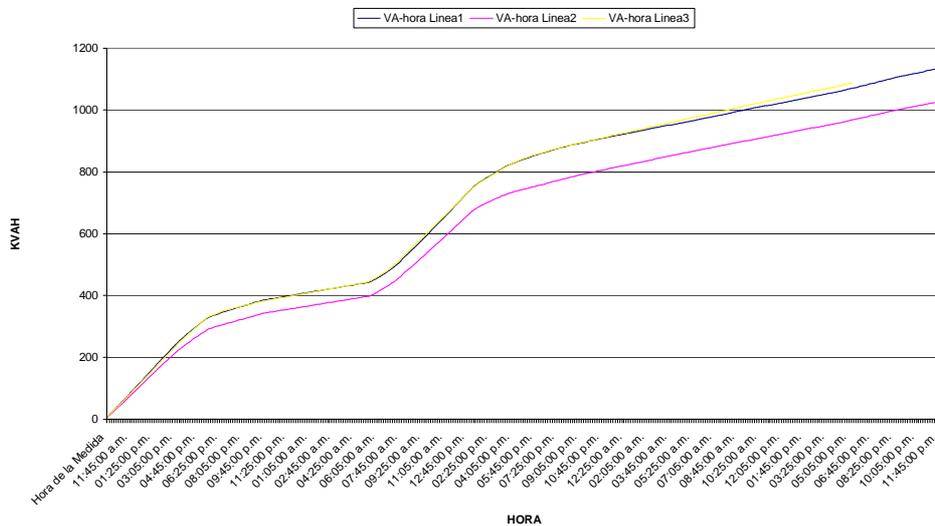
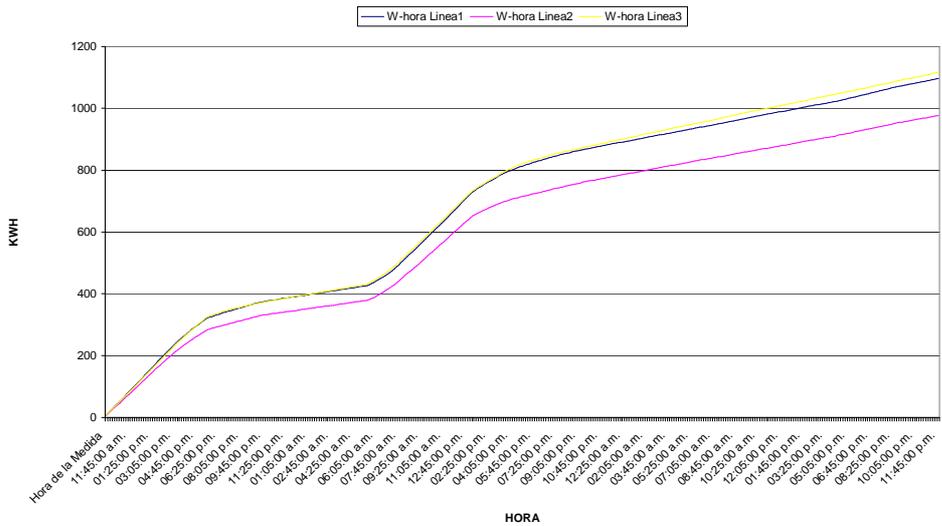
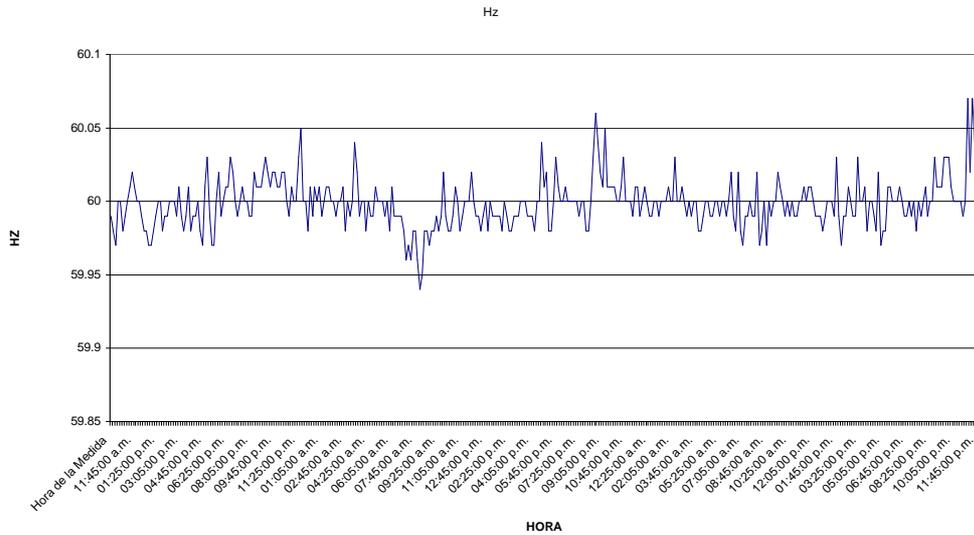


Figura 47. KVA por hora
KVAH



2.4.6 Frecuencia

Figura 48. Frecuencia



2.4.7 Distorsión armónica THDV y THDI

Armónicos

Los receptores, tanto residencial como tipo industrial incorporan cada vez más convertidores electrónicos (rectificadores, onduladores, etc.). Estos toman energía de la red en forma de corriente alterna pero para su uso la convierten en corriente continua. En este proceso, la forma de onda de la corriente que consume resulta alterada, de forma que ya no es una onda senoidal, sino una superposición de ondas senoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red. Este tipo de consumos son los mas abundantes en las redes y en ellos, tanto las corriente como la tensión están formadas por una componente de 60 Hz (frecuencia fundamental de la red) y una serie de componentes de frecuencias múltiplos en distintos porcentajes. Estos porcentajes pueden medirse mediante un analizador de armónicos, así como la tasa de distorsión total, DAT, que da la relación entre el valor eficaz del rizado y el eficaz de la componente fundamental.

En los registros puede observarse que la tensión tiende a ser senoidal, con DAT bajos, mientras que la corriente tiene formas más distintas de la senoidal y por tanto tiene DAT más altos.

El origen del problema de armónicos son los receptores que consumen corrientes distorsionadas (no senoidales). A pesar de que la tensión en origen suele ser senoidal, las caídas de tensión provocadas por dichas corrientes no senoidales hacen que en los puntos de consumo se tenga una tensión distorsionada y por tanto, los usuarios conectados a la red distorsionada sufren los efectos de los usuarios que generan la distorsión de corriente.

La presencia de armónicos en la red tiene varias consecuencias. Las más importantes son las siguientes:

- a. Deterioro de la calidad de la onda de tensión, afectando a algunos receptores sensibles.
- b. Empeora el factor de potencia. La capacidad de la red para suministrar potencia se ve limitada por lo mismo.

Sobre carga de cables y sobre todo de transformadores (aumento muy significativo de las pérdidas entre el hierro)

Los armónicos de corriente y voltajes sobrepuestos a la onda fundamental tienen efectos combinados sobre los equipos y dispositivos conectados a las redes de distribución. Para detectar los posibles problemas de armónicos que pueden existir en las redes e instalaciones es necesario utilizar equipos de medida de verdadero valor eficaz, ya que los equipos de valor promedio sólo proporcionan medidas correctas en el caso de que las ondas sean perfectamente sinusoidales.

En el caso en que la onda sea distorsionada, las medidas pueden estar hasta un 40 % por debajo del verdadero valor eficaz. El efecto principal causado por los armónicos consiste en la aparición de voltajes no sinusoidales en diferentes puntos del sistema. Ellos son producidos por la circulación de corrientes distorsionadas a través de las líneas. La circulación de estas corrientes provoca caídas de voltaje deformadas que hacen que a los nodos del sistema no lleguen voltajes puramente sinusoidales.

Mientras mayores sean las corrientes armónicas circulantes a través de los alimentadores de un sistema eléctrico de potencia, más distorsionadas

serán los voltajes en los nodos del circuito y más agudos los problemas que pueden presentarse por esta causa.

Los voltajes no sinusoidales son causantes de numerosos efectos que perjudican los equipos conectados al sistema. Entre estos efectos se pueden mencionar la reducción de la vida útil del equipamiento de potencia, así como la degradación de su eficiencia y funcionamiento en general.

Armónicos de Voltaje:

Los armónicos de voltaje se manifiestan en muchos puntos del sistema de distribución, ya que estas alteraciones de la onda de voltaje viajan a través de los conductores de este sistema de distribución. Cuando los armónicos de voltaje existen, estos pueden causar malfuncionamientos en equipo electrónico sensible. Con cualquier tipo de armónico presente, el problema que introducen en el sistema no es de mucha gravedad.

Cuando ocurre un problema de bajo voltaje o de pérdida de voltaje, el sistema eléctrico termina sin energía por un período de tiempo. Pero esto generalmente produce solamente problemas operacionales, no pérdida de equipo. Es muy raro que el equipo de producción sufra daño permanente debido a una pérdida de energía. Es más común que un apagón cause una pérdida de producción. Por lo tanto, cuando la energía eléctrica falla y no hay un UPS el equipo no trabajará hasta que la energía vuelva.

Sin embargo, cuando hay picos transitorios de voltaje tales como en una descarga eléctrica cercana o conmutaciones rápidas si puede producirse daños extensos a muchos componentes del sistema de la distribución, así como del equipo de producción dentro de un inmueble o edificio. Las descargas

eléctricas y las conmutaciones rápidas, producen una elevación en el voltaje nominal en las líneas de energía para uso general.

Este voltaje más alto puede causar fallas del aislamiento en conductores, transformadores, paneles, interruptores y en el equipo electrónico. Si el pico de voltaje es suficientemente alto, este puede causar arcos dentro del equipo, quemándose cualquier cosa en su trayectoria y causando fallas masivas en el sistema de la distribución. Ha habido casos donde el rayo vaporizado totalmente los conductores dentro de la chaqueta aisladora de los cables, dejando solamente una cáscara vacía, socarrada. Los picos de voltaje producidos por conmutaciones rápidas no producen daños tan dramáticos, sin embargo pueden crear picos de voltajes dentro del equipo sensible, causando fallas operacionales.

Armónicos de corriente

Una onda no sinusoidal pura está formada por una onda fundamental a la que superponen ondas de frecuencia múltiplos de la frecuencia fundamental. Estas ondas superpuestas reciben el nombre de armónicos de orden superior. Las distorsiones armónicas de corriente distorsionan la onda de tensión al interactuar con la impedancia del sistema originando la reducción de la vida útil en motores y causando la operación errática de equipos electrónicos.

Los armónicos de corriente utilizan una porción de la capacidad de conducción de un componente. Un ejemplo, si existen altas corrientes de armónicas en un transformador de 75KVA, este solamente puede llevar por ejemplo solo 50KVA de carga real sin calentarse indebidamente debido a que las corrientes armónicas ocupan el balance. Pero el dueño no reconocerá los armónicos dentro de su sistema hasta que un componente se recaliente y falle.

Figura 49. Distorsión de armónicos en el voltaje

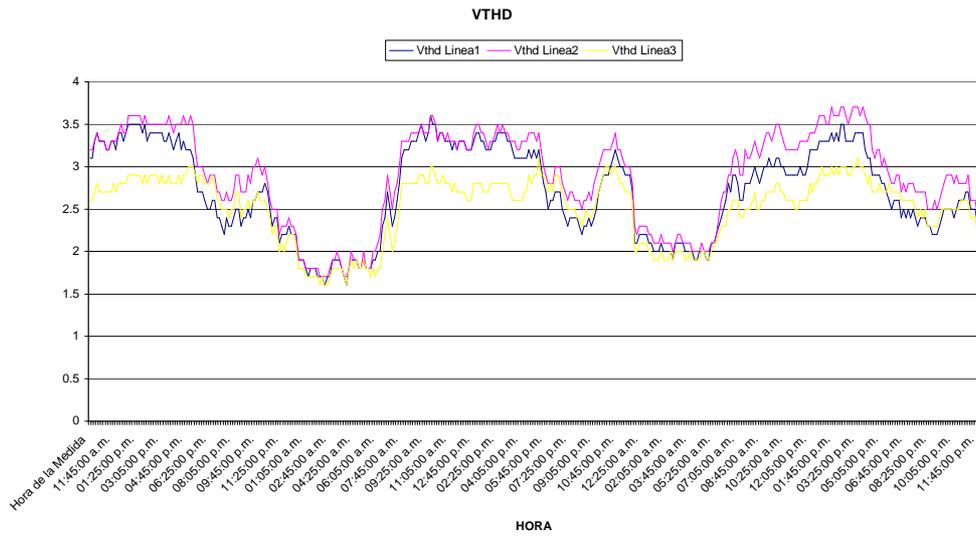
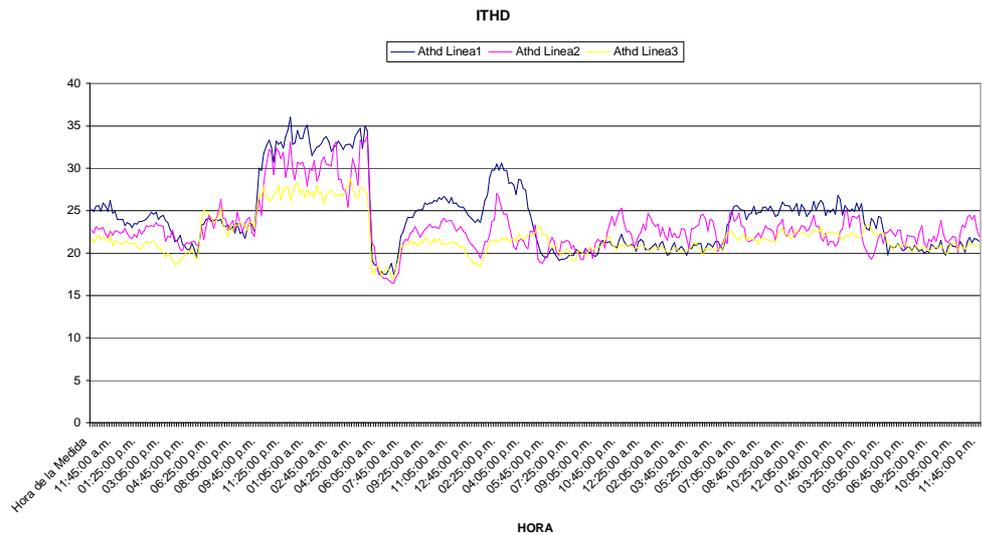


Figura 50. Distorsión de armónicos en la corriente



2.5 Red de tierras

Existen tres razones básicas para una conexión a tierra:

1. Para limitar los voltajes causados por descargas atmosféricas o por contactos accidental con conductores de más alto voltaje.
2. Para estabilizar el voltaje durante operaciones normales.
3. Para facilitar la operación de los dispositivos de sobre corriente, tales como fusibles, relés, bajo condiciones de falla a tierra.

Existen otras razones adicionales muy importantes, las cuales se pueden resumir a continuación, seguridad de las personas que utilizan el equipo o sistema, protección del equipo conectado al sistema, operación correcta del equipo especialmente cuando se administran datos, efectividad de costo.

Medición de la resistividad del suelo.

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísicos, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de radiofrecuencia. Asimismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas.

En general, los lugares con resistividad baja tienden a incrementar la corrosión. En este punto es necesario aclarar que la medición de la resistividad del terreno, no es requisito para hacer una malla de puesta a tierra. Aunque

para diseñar un sistema de tierras de gran tamaño, es aconsejable encontrar el área de más baja resistividad para lograr la instalación más económica. El perfil de la resistividad del suelo determinará el valor de la resistencia a tierra y la profundidad de nuestro sistema de puesta a tierra.

Para medir la resistividad del suelo se requiere de un terrómetro (llamado en otros países: telurómetro) o *Megger* de tierras de cuatro terminales. Los aparatos de mayor uso, de acuerdo a su principio de operación, pueden ser de 2 tipos: del tipo de compensación de equilibrio en cero y el de lectura directa. Los terrómetros deben inyectar una corriente de frecuencia que no sea de 60 Hz para evitar se midan voltajes y corrientes que no se deban al aparato sino a ruidos eléctricos. Por ejemplo, si estamos cerca de una subestación o de una línea en servicio, y vamos a realizar mediciones de resistividad y resistencia de tierra, con un aparato de 60 Hz, dichos sistemas van a inducir corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y darán una lectura errónea.

De igual manera sucede cuando los electrodos de prueba están mal conectados o tienen falsos contactos, darán señales falsas de corriente y voltaje. Si hay corrientes distintas a las que envió el aparato, éste leerá otras señales de voltaje y corriente que no son las adecuadas. También estos aparatos de repente tienen oscilaciones en sus lecturas y no es posible leerlas. Un aparato inteligente, lleva conductores blindados, coaxiales, tiene sistemas de filtraje, de análisis y mide lo que halla, pero esa información la analiza, la filtra y luego la deduce.

Por ejemplo, para hacer una medición manda una señal de 100 Hz y mide; luego manda otra señal de 150 Hz y vuelve a medir y puede seguir

enviando otras altas frecuencias hasta que los valores van siendo similares, forma una estadística y obtiene un promedio.

Los terrómetros son analógicos o digitales y deben contener 4 carretes de cable calibre 14 AWG normalmente. Para enrollamiento rápido se recomienda construir un sistema devanador que permita reducir el tiempo de la medición. También traen 4 electrodos de material con la dureza suficiente para ser hincados en la tierra con marro. Son de una longitud aproximada de 60 cm y un diámetro de 16 mm. Además de lo anterior se hace necesario contar con una cinta no metálica de 50 m aproximadamente.

Los terrómetros tienen cuatro terminales 2 de corriente (C1, C2) y 2 de potencial (P1, P2) y están numerados en el aparato C1 P1 P2 C2. Los terrómetros deben estar certificados y probados en el campo con una resistencia antes de realizar las mediciones.

Como la medición obtenida por un terrómetro es puntual, se deben hacer mediciones en un sentido, en otro a 90 grados del primero, en el sentido de las diagonales. En la medición de resistividad de un terreno, es común encontrar valores muy dispares, causados por la geología del terreno, por lo que es una práctica común de una tabla con lecturas, el eliminar los valores que estén 50% arriba o abajo del promedio aritmético de todos los valores capturados.

Figura 51. Megger de tierras



Tipos de puesta a tierra

Existen varios sistemas o circuitos de tierra, los cuales se conectan a tierra, esos sistemas son los siguientes:

1. Sistema de CA
2. Sistema de tierra de CD
3. Sistema a tierra de protección frente a rayos
4. Tierra de equipo
5. Tierra para ruidos eléctricos
6. Tierra de protección frente a EMI/RFI y ESD

Los circuitos pueden encontrarse en varios de los sistemas mencionados. Todos los sistemas son conectados a tierra (tierra física) u otro objeto que haga las veces de tierra.

Estándares sobre tierra

A través de los años se han desarrollado técnicas efectivas de tierra.

Tan bien se han encontrado problemas comunes que deben evitarse. Estas técnicas han sido compiladas en códigos de seguridad y publicaciones adoptados como estándares.

Uno de los códigos es el Código Eléctrico Nacional conocido como el (NEC), que rige para los Estados Unidos, en el cual es un buen estándar para tomar como base para nuestros estándares. El código en particular Artículo 250 de conexión a tierra es el que se tratará.

Por otra parte, el Instituto de Ingenieros Electricista y Electrónico (IEEE) publica estándares para instalaciones eléctricas. Generalmente sus publicaciones son manuales de diseño y explican con más detalles la teoría del NEC y explica las consecuencias a las variaciones del código. Estos manuales son publicados como estándares y son reconocidos por American National Standards Institute (ANSI).

IEEE publica dos estándares aplicable a este respecto, uno de ellos se llama "*The Green Book*" y se conoce como el estándar IEEE Standard 142, este libro se titula "*Grounding of Industrial and Comercial Poseer Systems*".

El otro libro se llama "*Esmerald Book*", y se titula "*Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment*". Se conoce como el IEEE STD 1100.

Varillas de tierra

El NEC permite un número de opciones para las conexiones a tierra, tales como tuberías metálicas de agua. Las varillas de tierra son generalmente preferidas debido a que proporcionan un electrodo conocido y controlable.

El código especifica para varillas de tierra en la sección 250-52 (C):

- 5/8" de diámetro o mayor si son fabricada de hierro o acero.
- 1/2 diámetro o mayor si son fabricada de materia no ferroso y listadas para estos servicio.
- 8 pies mínimo de longitud y debe extenderse 8 pies como mínimo en el suelo.

- Varillas de aluminio no son permitidas.

Tuberías metálicas

El código permite tuberías como electrodos de tierra, si son:

- De $\frac{3}{4}$ " de diámetro mayores.
- Galvanizadas o revestidas para la protección contra la corrosión.

La industria ha desarrollado un electrodo de tierra especial usando una tubería metálica. Es el electrodo llamado tierra química. Un hueco mayor de lo necesario se prepara y se rellena de ciertos químicos alrededor del tubo. El propósito de los materiales químicos utilizados es incrementar los iones libres disponibles reduciendo la resistencia de contacto.

Resistencia a tierra

Resistencia a tierra es un término aplicado a la resistencia entre un electrodo de tierra y la misma.

Para cumplir con los requerimientos del código la resistencia deberá ser 25 ohmios o menor. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que este nivel no es adecuado para sistemas sensitivos tales como sistemas de transmisión de datos. La resistencia baja es requerida para minimizar ruidos eléctricos en sistemas sensitivos tales como computadoras.

Este nivel de 5 ohmios de resistencia de contacto no está especificado por el código. Los requerimientos del código son los requerimientos mínimos para seguridad. El código no fue preparado como guía de diseño para la operación

de equipo. Los requerimientos de la industria electrónica, industria de telecomunicaciones y computadoras exigen resistencia a tierra de 5 ohmios o menor y en áreas de alta incidencia de rayos una resistencia a tierra de 1 ohmios o menor.

Conductividad del suelo

La resistencia de contacto es la resistencia entre el área de superficie de la varilla de tierra y el suelo. La resistencia es función de la varilla de tierra y el suelo donde es instalado. Esto representa uno de los componentes de la resistencia a tierra. Las variables más importantes son:

1. Diámetro de la varilla de tierra
 - a. Un diámetro mayor aumenta el área de superficie y la resistencia.
 - b. Doblando el diámetro produce 10% de reducción en resistencia.
2. Longitud de la varilla de tierra
 - a. Mayor longitud aumenta la superficie y reduce la resistencia.
 - b. Doblando la longitud producen un 40% de reducción en resistencia.
3. Humedad del terreno
 - a. El contenido de humedad baja la resistencia del suelo.
 - b. Durante el año la humedad varía.
4. Temperatura
 - a. Altas temperaturas bajan la resistencia a tierra.
 - b. Durante el año la temperatura varía y así mismo la resistencia de la tierra.
 - c. Tierra congelada conduce pobremente.

5. Minerales

- a. Un contenido alto de minerales proporciona más iones libres, reduciendo la resistencia
- b. La mayoría de suelos contienen sales y otros minerales, aun en cantidades pequeñas
- c. El agua de mar contiene sales lo que lo convierte en un buen conductor

6. Composición del suelo

- a. Terrenos arenosos son malos conductores, ya que la arena no es conductiva
- b. Los terrenos con materiales orgánicos son buenos conductores
- c. Los suelos rocosos no son conductivos y presentan un problema.

Resistencia física

De acuerdo a la sección 250-62, el conductor puede ser de cobre, aluminio o revestido de cobre. Estos materiales deben ser resistentes a la corrosión o deben ser protegidos contra la corrosión. Pueden ser sólidos o multifilares, deben tener continuidad y sin empalmes, puede estar aislado, cubierto o desnudo. El cobre es el material preferido para el conductor del electrodo de tierra.

Conductos de protección

La sección 250-64 del Código Eléctrico Nacional cubre lo relacionado en como proteger los conductores del electrodo de tierra entre el electrodo de

tierra y la edificación. Si este conductor es lo suficientemente largo y se encuentra en un área donde no existen posibilidades de daño.

Puede ser extendido desnudo y asegurado a la pared de la edificación, si el cable es corto y existen posibilidades de daño a este, debe ser extendido a un conducto de protección.

El código permite extender el cable un conducto metálico, pero esta práctica no es recomendable. Sobrevoltaje causados por conmutación de cargas y descargas atmosféricas pueden inducir ruidos eléctricos en conductores metálicos los cuales afectan equipo electrónico sensible. El conductor metálico actúa como un cierre que restringe el flujo de energía a tierra, lo cual puede usar daños al equipo. Los conductos no metálicos son el método preferido para la protección del conductor del electrodo de tierra.

Barras colectoras

La sección 250-24 permite que el conductor del electrodo de tierra sea conectado a una barra colectoras. La misma sección también permite barras colectoras para la conexión del puente de unión principal y para el conductor de tierra del equipo. Generalmente se utilizan dos barras, el conductor del electrodo de tierra y es conductor de tierra del equipo pueden ser conectados. El puente de unión principal se utiliza para conectar estas dos barras conjuntamente.

2.5.1 Verificación de red de tierras

Actualmente, el edificio no cuenta con una red de tierras instalada en forma “apropiada”, para los equipos. Se pudo observar que esta varilla

instalada pueda ser de los pararrayos (puntas Franklin) instalados en la terraza del edificio, la cual también es utilizada para el resto del edificio.

El sistema de tierras que se pudo observar, es uno de los tipos que anteriormente se detallaron, el cual es:

Figura 52. Estado actual de la conexión a tierra del edificio.



2.5.2 En qué estado se encuentra (física y técnicamente)

No se puede demostrar en qué estado se encuentra este tipo de tierra, ya que no se lleva ninguna clase de record de mantenimientos realizados a esta. Se recomienda dar mejor seguimiento a este tipo de conexiones, ya que puede prevenir: (lastimosamente no se pudo realizar la prueba con un Megger)

1. Voltajes causados por descargas atmosféricas ó por contactos accidental con conductores de más alto voltaje.
2. Para estabilizar el voltaje durante operaciones normales.

3. Para facilitar la operación de los dispositivos de sobre corriente, tales como fusibles, relés, bajo condiciones de falla a tierra.

2.6 Pararrayos y apartarrayos

Un **pararrayos** es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo y canalizar la descarga eléctrica hacia tierra, de modo tal que no cause daños a construcciones ó personas. Este artilugio fue inventado en 1753 por Benjamín Franklin mientras efectuaba una serie de experimentos sobre la propiedad que tienen las puntas agudas, puestas en contacto con la tierra, de descargar los cuerpos electrizados situados en su proximidad.

Están compuestos por una barra de hierro coronada por una punta de cobre o de platino colocada en la parte más alta del edificio al que protegen. La barra está unida, mediante un cable conductor, a tierra (la toma de tierra es la prolongación del conductor que se ramifica en el suelo, o placas conductoras también enterradas, o bien un tubo sumergido en el agua de un pozo). En principio, el radio de la zona de protección de un pararrayos es igual a su altura desde el suelo, y evita los daños que puede provocar la caída de un rayo sobre otros elementos, como edificios, árboles o personas.

El principio del funcionamiento de los pararrayos consiste en que la descarga electrostática se produce con mayor facilidad, siguiendo un camino de menor resistividad eléctrica, por lo cual un metal se convierte en un camino favorable al paso de la corriente eléctrica. Los rayos caen también principalmente en los objetos más elevados ya que su formación se favorece cuanto menor sea la distancia entre la nube y la tierra.

Como elemento protector de los circuitos eléctricos, se utilizan en la actualidad dos tipos de pararrayos, los de Resistencia Variable y los de Óxido de Zinc. Los primeros asocian una serie de explosiones y unas resistencias no lineales (varistancias) capaces de limitar la corriente después del paso de la onda de choque. Se caracterizan por su tensión de extinción a frecuencia industrial más alta bajo la cual el pararrayos puede descebarse espontáneamente. Los segundos están constituidos solo por varistancias y reemplazan a los anteriores cada vez más, ya que su característica principal es la no linealidad de las varistancias de ZnO, que facilitan que la resistencia pase de unos 1.5 Mohms a 15 Ohms entre la tensión de servicio y la tensión nominal de descarga.

Normas para instalación básica del pararrayos

- b. El pararrayo deberá quedar instalado como mínimo a una altura superior a 1 metro del punto mas elevado de la superficie a proteger.
- c. Irá siempre sustentado por una antena o una columna, de la longitud necesaria para cumplir con el inciso anterior.
- d. Será fijado solidamente a la antena sustentador, con el fin de poder resistir las vibraciones y los esfuerzos mecánicos.
- e. El cable o cables de trabajo del pararrayos deberán ser de cobre desnudo, de una sección no inferior a 50mm. En determinadas circunstancias pueden emplearse cables de aluminio homogéneo de sección equivalente.
- f. El cable o cables de bajada, una vez fijados a la abrazadera del pararrayos y con el fin de evitar deterioros por dilatación o frotamientos, serán guiados por guías-cables, (aisladores montados obre soporte metálicos incrustados en el mástil o estructura del pararrayos).
- g. Las bajadas del cable del pararrayos deberán descender en una línea tan recta como sea posible.

- h. A su entrada en el suelo, el cable se introducirá perpendicularmente hasta una profundidad no inferior a 80 centímetros. A partir de ahí, podrá realizarse el ángulo necesario para dirigirse a la toma de tierra.
- i. Para asegurar la protección del cable en la base de la instalación, este deberá ser protegido por un tubo o canal debiendo evitarse, en caso de ser material magnético, que ese cierre alrededor del mismo.
- j. El cable descendiente deberá ser fijado soldado a la toma de tierra, de manera que la unión presente mínima resistencia eléctrica y máxima resistencia mecánica.
- k. La toma de tierra del pararrayos se realizara preferentemente mediante picas de cobre con alma de acero o placas de cobre.
- l. Las picas, de longitud no inferior a dos metros y diámetros mínimo de 14 milímetros, serán instaladas a una profundidad no menor de 1 metro y separadas entre si no menos de 4 metros, siendo conectadas por cables de cobre de la misma sección que la bajada del pararrayos, teniendo en la zanja de profundidad no inferior a 80 centímetros. En caso de emplearse cable de bajada de aluminio, deberá utilizarse un empalme bimetalico para su conexión con el cable toma de tierra, que será siempre de cobre.
- m. El tapado de los pozos y zanja se realizara preferentemente con la misma tierra extraída, limpia de piedras y cascotes. En casos particulares de terrenos de baja conductividad eléctrica, el relleno se puede complementar con tierra vegetal sales minerales, carbón vegetal, etc.
- n. Es aconsejable tomar todas las tomas de tierra existente en la zona a proteger, con el fin de tener un dispensor único, tanto para las altas como
- o. las bajas tensiones. La toma de tierra del pararrayos será conectada a este dispensor. Deberá tenerse en cuenta la siguiente regla importante: el valor de resistencia ohmica de la toma de tierra del pararrayos debe ser igual o inferior, nunca superior a cualquier toma de tierra existente en la

zona protegida. En todo caso, no deberá tener un valor superior a 10 ohmios.

- p. En el caso de que con la instalación proyectada originalmente para la toma de tierra no se alcancen las condiciones indicadas en el apartado m, la citada toma de tierra deberá ser ampliada hasta cumplir los mencionados requisitos. Para ello debela hacerse las correspondientes medidas de resistividad del terreno y estudiar la conveniencia de la utilización de productos químicos de mejora de toma de tierra.

2.6.1 Verificar si hay en el Edificio

El edificio si cuenta con pararrayos, el tipo que tiene son Pararrayos o Puntas Franklin.

Figura 53. Pararrayos Franklin



Son aproximadamente 4 unidades en la terraza del edificio, y sus características son:

Características de las puntas Franklin

Las puntas Franklin tienen sus partes en acero inoxidable no magnético, diseñadas para cumplir con la norma internacional IEC 1024 "Protection of Structures Against Lightning".

Características técnicas generales de las puntas Franklin

Ítem	Descripción	Unidad	Ofrecido
1	Norma		IEC 1024
2	Nivel de protección		I a IV
3	Tipo de ejecución		Exterior
4	Material		Acero Inoxidable – AISI 304 Fe/Cr18/Ni10
4.2	Resistividad	$\mu\text{Ohm cm}$	70-72
4.3	Densidad	g cm^{-3}	7.93
4.4	Punto de fusión	$^{\circ}\text{C}$	1400 – 1455
4.5	Alargamiento	%	< 60
4.6	Dureza Brinell		160 – 190
4.7	Impacto Izod	J m^{-1}	20 – 136
4.8	Módulo de Elasticidad	GPa	190-210
4.9	Resistencia a la Tracción	MPa	460-1100
4.10	Coefficiente de Expansión Térmica @20-100 $^{\circ}\text{C}$	$\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	18,0
4.11	Conductividad Térmica @PTA	$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$	16,3

2.6.2 En que estado se encuentra (física y técnicamente)

Estos pararrayos, al igual que la tierra física no se tiene un record de mantenimiento realizado, por lo que no se puede verificar si están en buenas condiciones.

Estos tipos de pararrayos, son los más económicos y básicos que existen el Mercado, se debería considerar cambiarlos por PDC (Pararrayos con Dispositivo de Cebado) que excitan y atraen la descarga del rayo.

Se debe de tomar en cuenta mucho el mantenimiento de este pararrayo ya que la instalación del pararrayos nos ayudaría a dar una trayectoria segura en caso de una descarga atmosférica (rayo); el producto de la descarga produce un intenso y brusco incremento del campo eléctrico; originando una zona de riesgo de impacto, si la zona de riesgo tiene lugar cerca del pararrayos, la brusca variación del campo eléctrico accionaría simultáneamente el sistema de control del que, en sincronía con la aproximación del rayo, proporcionaría una vía de descarga a tierra controlada y segura.

2.7 Iluminación

Conceptos de iluminación

Para tener una mejor comprensión del tema, se comenzara con algunas definiciones.

Coefficiente de utilización (CU)

Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por una luminaria que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas de la luminaria. Por esta razón, el coeficiente de utilización lo debe proporcionar el fabricante de la luminaria, ya que este depende de sus características físicas y de las lámparas de la misma. Debido a que existen utilizar como aproximaciones bastante exactos.

Curva de distribución

Es la representación grafica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por una luminaria. Se presenta en coordenadas polares, y los valores están en candelas.

Luz

Es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaz de afectar ó estimular la visiona. La radiación visible es la que actúa sobre el ojo y estimula, y esta comprendida aproximadamente entre las longitudes de honda de 3,800 a 7,800 ángstrom.

Flujo luminoso

Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente de iluminación en la unidad de tiempo. Su unidad es el lumen.

2.7.1 INTERIOR

El alumbrado es una parte integral de cualquier actividad, ya que con el se hacen visibles los objetos y se obtienen efectos agradables y decorativos. Las personas podemos ver los objetos porque estos reflejan la luz desde su superficie hacia los ojos. Si un objeto blanco se encuentra en una habitación oscura, el mismo sería incapaz de ser percibido por la vista si no existiera alguna fuente de luz que producirá que el objeto reflejara esta luz hacia los ojos, esta es la gran importancia que tiene la iluminación.

El edificio presenta un bajo nivel de iluminación general por el escaso mantenimiento existente. La limpieza de los aparatos de iluminación no se

realiza a intervalos adecuados, los niveles de iluminación deseados y así, realizar las distintas actividades de una manera más eficiente y confortable.

2.7.1.1 Medición de Luxes

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Su unidad es el lux. Se utiliza también el pie-candela (en inglés footcandle) como unidad de nivel de iluminación. Se suele representar el nivel de iluminación con la letra E.

$$E = \frac{\phi}{A}$$

Donde:

E = es el nivel de iluminación en lux

ϕ = Flujo luminoso en lumen.

A = área de iluminada en m²

Siendo 1 pie-candela = 0.76 luxes

El número de luxes calculado con el teórico difiere mucho con el real, esto se debe a que hay poco mantenimiento en el Edificio de Recursos Educativos ya que existen muchas lámparas que están quemadas y que aun no han sido reemplazadas, el difusor quebrado ó amarillo, balastros en mal estado, candelas quemadas, etc.

2.7.1.2 Revisión Visual

La iluminación interior del edificio esta un poco deteriorada debido a que los difusores de lámparas se encuentran en su mayoría en mal estado, quebrados ó amarillos lo cual no ayuda a que la luz de las candelas de 40W

den la intensidad apropiada a los espacios del edificio. Debido a que es en su mayor parte una biblioteca, mínimo debería de tener 350 luxes.

2.7.1.3 Características de las lámparas e Iluminación

Las lámparas que están colocadas en los diferentes salones de el Edificio de Recursos Educativos son:

Lámpara de 2x4' para 2 tubos de 40W c/u color Luz Blanca, con difusor acrílico/prismático.

Descripción de los componentes que forman los circuitos de iluminación

- Tubo poliducto de 3/4 tubo BX
- Vueltas PVC de 3/4
- Caja octogonal de metal
- Caja rectangular de metal
- Interruptor simple (dado)
- Interruptor de three way (dado)
- Placa simple
- Placa doble
- Conductor número 6 THHN
- Conductor número 8 THHN
- Conductor número 10 THHN
- Conductor número 12 THHN

2.7.1.4 Textura y colores del techo, piso, paredes y objetos

Todas las superficies de una habitación, incluyendo el cielo raso, las paredes, columnas, pisos, maquinarias, etc., absorben luz. Sin embargo, la

capacidad reflectiva de estas superficies tiene una decisiva influencia sobre el resultado definitivo y la eficiencia general del sistema de iluminación.

Si la mayoría de estas superficies es de color oscuro o su oscurecimiento se debe a la acumulación de suciedad y polvo o a la decoloración de superficies que tuvieron acabados claros y brillantes con anterioridad, será absorbido un gran porcentaje de la luz que emana de los cuerpos del alumbrado,

Por el contrario, si todas las superficies de los locales reciben un acabado brillante y son de colores claros, de los que tienen altos coeficientes de reflexión y siempre que se hayan conservado en estas condiciones, la luz que cae sobre estas superficies será reflejada en gran proporción, obteniéndose superficies que reflejan en gran proporción, obteniéndose en estas zonas un aprovechamiento bastante alto de la luz.

Los niveles mínimos de iluminación que debe presentarse en el plano de trabajo son diversos, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo se presentan a continuación algunos ejemplos.

Tabla X. Nivel de iluminación en áreas de trabajo

Tipo de tarea visual	Ambiente o actividad	Nivel de iluminación recomendado (lux)
Orientación solamente	Zonas de tráfico	20
Tarea visual fácil	Plantas de producción con actividades ocasionales Trabajos bastos de montaje y supervisión.	100 200
Tarea visual normal	Tareas medias, torneado, fresado o calderería, aulas Tareas finas, maquinas con utiliajes u oficinas	300 500
Tarea visual difícil con pequeños detalles y poco contrastes	Oficinas de supervisión, dibujo, oficinas de gran área. Ensayo de colores, montaje mecánico fino, oficinas abiertas con reflectancias medias.	1000 1000
Tarea visual muy difícil	Aseguramiento de la calidad con requerimientos muy altos, reparación de artefactos ópticos o relojería de precisión, procesamiento de textiles.	1500
Detalles muy finos con muy poco contraste.	Grabado de metales y joyería	2000

Tabla XI. Coeficientes de utilización K

Distr. Típica	Techo	Claro		Semiclaro		Claro	
	Pared	Claro	Semi claro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro
	Piso	Oscuro		Claro		Semiclaro	
	RR						
Luz Indirecta I	0.6	0.27	0.21	0.17	0.11	0.28	0.22
	1.0	0.39	0.33	0.26	0.28	0.42	0.35
	2.0	0.55	0.49	0.36	0.29	0.60	0.52
	3.0	0.61	0.56	0.40	0.34	0.69	0.62
	5.0	0.68	0.64	0.44	0.39	0.78	0.72
Luz Semi- Indirecta SI	0.6	0.24	0.19	0.17	0.11	0.24	0.19
	1.0	0.35	0.30	0.26	0.19	0.37	0.31
	2.0	0.49	0.44	0.36	0.29	0.53	0.47
	3.0	0.55	0.50	0.40	0.34	0.61	0.55
	5.0	0.60	0.57	0.45	0.39	0.68	0.63
Luz Semi- Directa SD	0.6	0.34	0.28	0.31	0.24	0.35	0.29

Continúa	1.0	0.48	0.42	0.44	0.36	0.50	0.43
	2.0	0.64	0.59	0.58	0.51	0.69	0.62
	3.0	0.70	0.66	0.63	0.57	0.78	0.72
	5.0	0.75	0.72	0.68	0.63	0.86	0.81
Luz Difusión General G	0.6	0.26	0.21	0.23	0.16	0.27	0.22
	1.0	0.38	0.33	0.33	0.26	0.40	0.34
	2.0	0.53	0.48	0.44	0.38	0.57	0.51
	3.0	0.59	0.55	0.49	0.44	0.65	0.59
	5.0	0.64	0.61	0.54	0.49	0.73	0.68
Luz Directa D	0.6	0.34	0.28	0.33	0.24	0.35	0.28
	1.0	0.49	0.42	0.47	0.37	0.51	0.43
	2.0	0.65	0.60	0.63	0.55	0.71	0.64
	3.0	0.72	0.67	0.69	0.63	0.80	0.74
	5.0	0.78	0.75	0.75	0.71	0.89	0.85

Fuente: Carlos Arriaga, Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas.

Tabla XII. Coeficiente de reflexión

	Color	Coeficiente de reflexión %
Claros	Blanco	75 – 85
	Marfil	70 – 75
	Colores Pálidos	60 – 70
Semiclarios	Amarillo	55 – 65
	Café claro	45 – 55
	Verde Claro	40 – 50
	Gris	30 – 50
Oscuros	Azul	25 – 35
	Rojo	15 – 20
	Café oscuro	10 – 15

Fuente: Carlos Arriaga, Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas

Tabla XIII. Nivel Lumínico

	Ambiente	Luxes
Vivienda	Entrada, corredores	50
	Ambientes de estar	50 – 100
	Cocina, Planchador	400
	Baños	50
	Alumbrado complementario	400 – 600
Lugares de Trabajo	Oficinas en general	300 – 500
	Contabilidad, dibujo	600
	Fábrica, talleres, área de venta, etc.	400 – 500
	Áreas de paso	100
	Vitrinas	500 – 1000

Fuente: Carlos Arriaga, Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas

Tabla XIV. Lámparas fluorescentes

Tabla de Lámparas Fluorescentes				
Producto	Largo		Watts	Lúmenes
F20T12/CW	24"	609.6mm	20	1240
F20T112/WW	24"	609.6mm	20	1260
F20T12/D	24"	609.6mm	20	1075
F30T12/D	24"	609.6mm	20	1900
F40CW	48"	1219.2mm	40	3100
F40D	48"	1219.2mm	40	2700
F40CW/RS/SS	48"	1219.2mm	34	2775
F40WW/RS/SS	48"	1219.2mm	34	2825
F40D/RS/DD	48"	1219.2mm	34	2350

Continúa				
F48T12/CW	48"	1219.2mm	39	2940
F48T12/D	48"	1219.2mm	39	2500
F48T12/CW/SS	48"	1219.2mm	32	2550
F72T12/CW	72"	1828.8mm	55	4500
F72T12/D	72"	1828.8mm	55	3900
F96T12/CW	96"	2438.4mm	75	6300
F96T12/WW	96"	2438.4mm	75	6400
F96T12/D	96"	2438.4mm	75	5400
F96T12/CW/SS	96"	2438.4mm	60	5400
F96T12/WW/SS	96"	2438.4mm	60	5500
F96T12/D/SS	96"	2438.4mm	60	4700

Fuente: Carlos Arriaga, Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas

2.7.2 Exterior

2.7.2.1 Medición de luxes

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Su unidad es el lux. Se utiliza también el pie-candela (en inglés footcandle) como unidad de nivel de iluminación. Se suele representar el nivel de iluminación con la letra E.

$$E = \frac{\varphi}{A} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

E = es el nivel de iluminación en lux

φ = Flujo luminoso en lumen.

A = área de iluminada en m²

Siendo 1 pie-candela = 0.76 luxes

En el área externa del edificio no se realizó una medición de luxes con el "luxómetro", ya que es mínima la instalación de lámparas, que se encuentran fuera del edificio.

2.7.2.2 Revisión visual

Se encontraron únicamente unas cuantas luminarias en el pasillo de afuera que está en el Segundo nivel, como las del interior del mismo, son lámparas fluorescentes de 2 a 4 tubos, pero por lo general están apagadas o esa área no es utilizada frecuentemente en las noches.

Se observo que en el techo o terraza del edificio se encontraban varias lámparas tipo estadio, de 1000Wc/u, tipo MetalHelaide o Metalarc, estas las utilizan mas que todo para iluminar los alrededores del edificio y que el estudiante tenga una visibilidad en estas áreas por la noche, son mínimos los luxes medidos, pero la finalidad es únicamente que el estudiante no camine por los alrededores del edificio a oscuras.

2.7.2.3 Características de las lámparas e iluminación

Las lámparas instaladas en la terraza del edificio son tipo Reflector o también llamadas Tipo Estadio, utilizan bulbos de 400, 1000, 1500W, Metalarc o MetalHelaide, Sodio o Mercurio, dependiendo la intensidad que se necesite.

En este caso son de 1000W Tipo Estadio, con bulbo Metalarc.

2.7.3 Instalaciones especiales

2.7.3.1 Equipo electrónico sensible y critico

El ruido y los impulsos pueden ocasionar mal funcionamiento en cargas con circuitos electrónicos, especialmente equipos de cómputo. El mal desempeño puede ocasionar que el equipo se detenga, se pisme, se inhiba.

Este alto en el funcionamiento se puede manifestar como un error de paridad, un teclado bloqueado, un error de lectura/escritura o pérdida de archivos. Por otro lado si los impulsos son de magnitud considerable, los daños

pueden llegar a ser incluso hasta físicos. Frecuentemente este tipo de problemas se atribuye a problemas del software o del hardware. El ruido y los impulsos son aleatorios y pueden pasar inadvertidos.

Tanto las variaciones rápidas (sags y swell) como las variaciones de larga duración (undervoltage y overvoltage) pueden ocasionar mal funcionamiento si se sobrepasan los límites de voltaje. No siempre se ocasiona mal funcionamiento por variación de voltaje. Si la magnitud y la duración del disturbio son pequeñas no se causa mal desempeño.

El nivel de susceptibilidad a los disturbios en el voltaje de alimentación en los equipos de cómputo es difícil de medir. Así los fabricantes de estos equipos han generado una grafica que indica los niveles de tolerancia de los mismos. Un impulso transitorio con duración de una centésima de ciclo y con magnitud de 3.5 el voltaje pico nominal no es permisible, mientras que uno con la misma duración pero con 1.5 el valor pico nominal si es permisible.

Por otro lado, un swell con duración de 10 ciclos y magnitud de 1.5 veces el valor rms nominal o bien un sag con la misma duración pero con 0.25 veces el valor rms nominal pudiera no ser tolerado por el equipo.

En sistemas eléctricos industriales los sags son los disturbios eléctricos más comunes y estos pueden ser causados por fallas dentro o fuera de la planta. Otra causa de sags son los arranques de motores grandes, aunque en este caso la caída de voltaje no es tan severa.

A continuación un resumen del equipo electrónico sensible y crítico que existe en cada nivel:

Quinto nivel

Tabla XV. Equipo electrónico sensible quinto nivel

EQUIPO ELECTRONICO SENSIBLE	CANTIDAD
Computadoras (CPU)	34
UPS	34
Monitores	33
Impresoras	7
Servidores	1

OTRO EQUIPO	CANTIDAD
Ventilador	7
Maquina de Escribir Electrica	1
Cafetera	4
Microondas	2
Refrigeradora	1
Aspiradora Industrial	1
Pulidora Industrial	1
Telefono	1
Congelador de Aguas	1

Cuarto nivel

Tabla XVI. Equipo electrónico sensible cuarto nivel

EQUIPO ELECTRONICO SENSIBLE	CANTIDAD
Computadoras (CPU)	39
UPS	2
Monitores	39
Impresoras	1
Servidores	1

OTRO EQUIPO	CANTIDAD
Ventilador	2
Televisores	11
Telefono	2
Microondas	1
Refrigeradora	1
Cafetera	1
Reproductor de VHS	10
Reproductor de DVD	3

Tercer nivel

Tabla XVII. Equipo electrónico sensible tercer nivel

EQUIPO ELECTRONICO SENSIBLE	CANTIDAD
Computadoras (CPU)	12
UPS	11
Monitores	12
Impresoras	5

OTRO EQUIPO	CANTIDAD
Ventilador	3
Cafetera	1
Microondas	1
Refrigradora	1
HUB's	2
Detector de Libros	1

Segundo nivel

Tabla XVIII. Equipo electrónico sensible segundo nivel

EQUIPO ELECTRONICO SENSIBLE	CANTIDAD
Computadoras (CPU)	2
UPS	3
Monitores	3
Impresoras	3
Servidores	2

OTRO EQUIPO	CANTIDAD
Fotocopiadora	1
Maquina de Escribir Electrica	2
Cafetera	2
Fax / Telefono	1
Refrigradora	1
Televisor	1
Pulidora Industrial	1
Telefono	4

(En este Nivel no se tomo en cuenta el Departamento de Servicios)

Primer nivel

Tabla XIX. Equipo electrónico sensible primer nivel

EQUIPO ELECTRONICO SENSIBLE	CANTIDAD
Computadoras (CPU)	41
UPS	36
Monitores	43
Impresoras	31
Servidores	4
Impresora Laser / Fotocopiadora	3
Fax / Escanner / Impresora	4
Impresora Laser	1
Fax	2

OTRO EQUIPO	CANTIDAD
Ventilador	7
Maquina de Escribir Electrica	3
Cafetera	4
Microondas	3
Refrigeradora	2
HUB's	3
Recicladora	1
Telefono	17
Dispensador de Agua (Fria/Caliente)	2

3. DIAGRAMAS UNIFILARES POR SECCIÓN DE INSTALACIONES

Figura 54. Diagrama unifilar iluminación quinto nivel

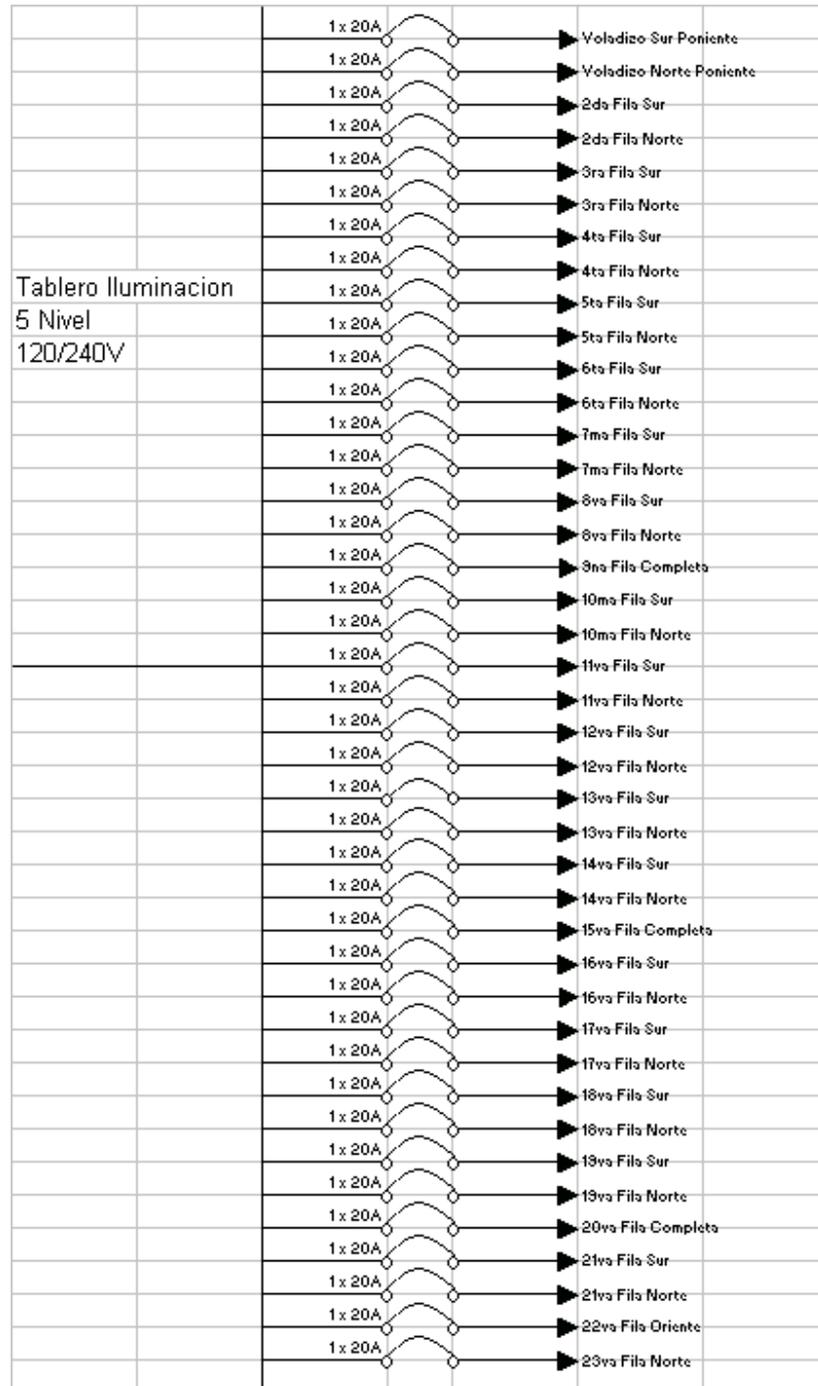


Figura 55. Diagrama unifilar iluminación cuarto nivel

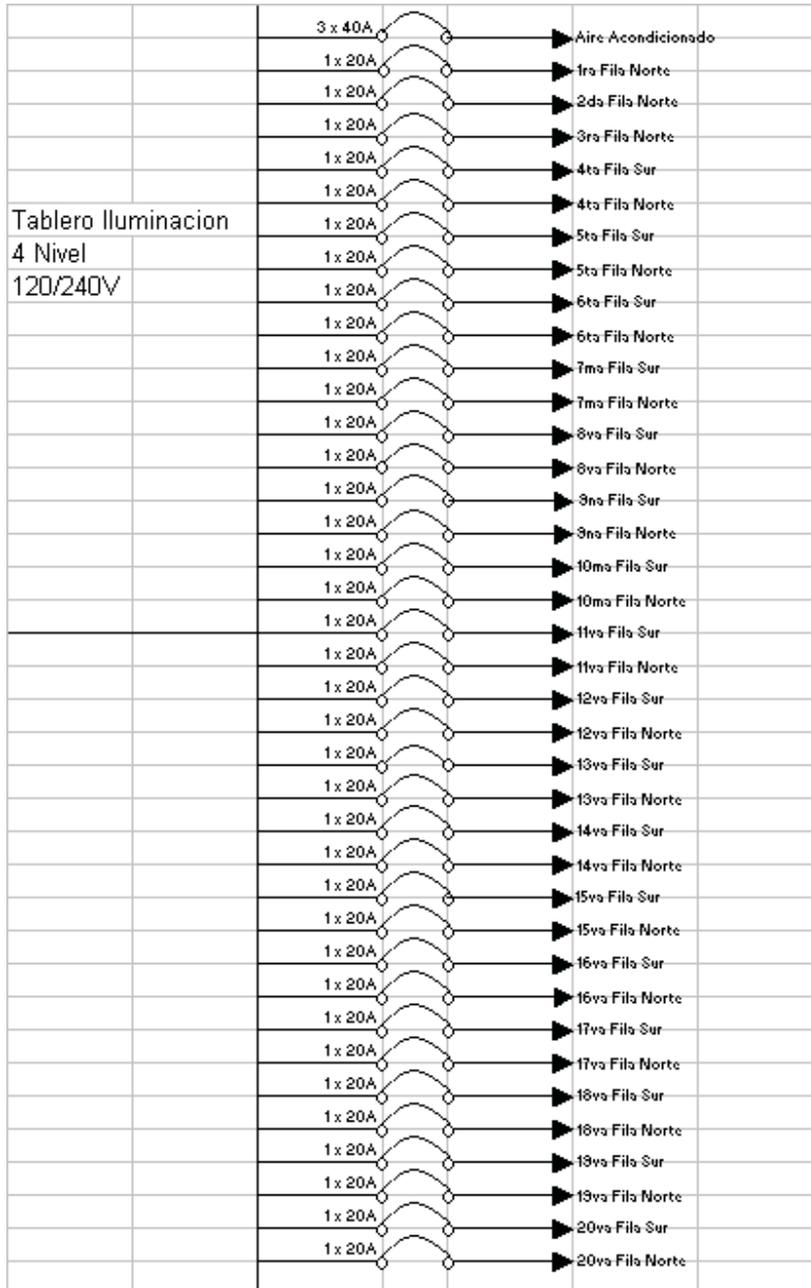


Figura 56. Diagrama unifilar iluminación tercer nivel

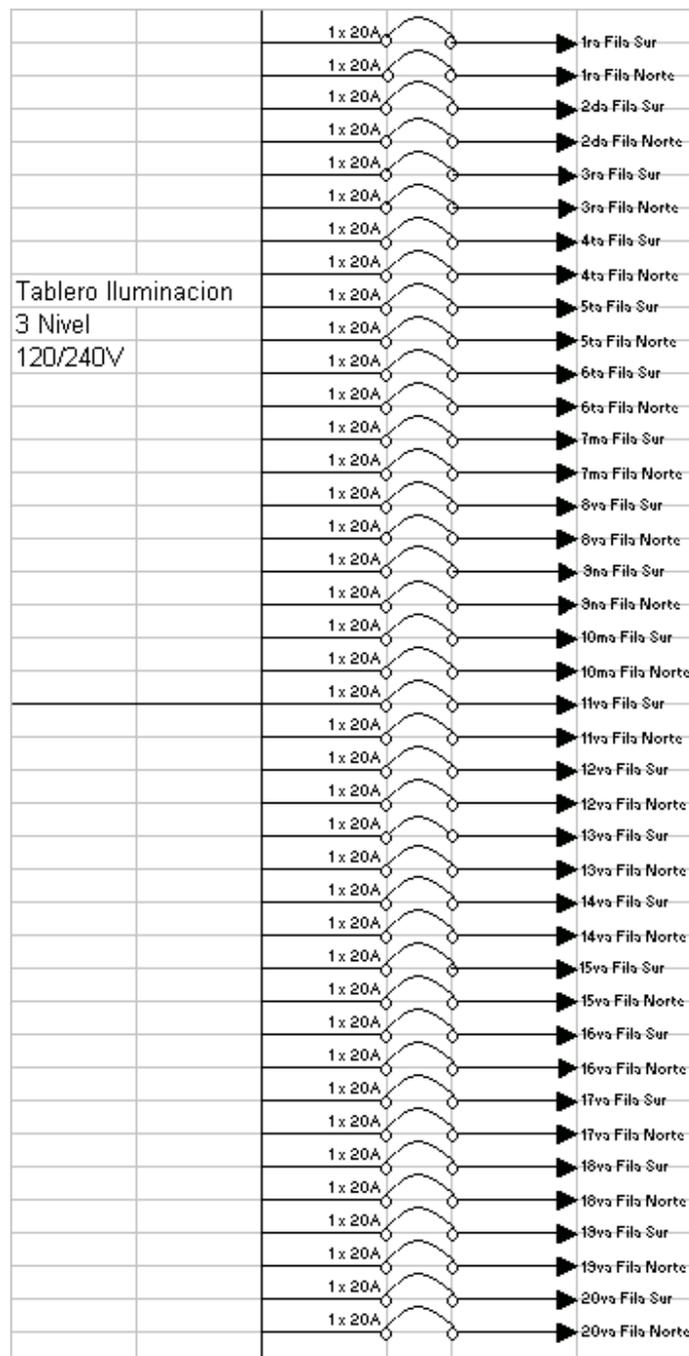


Figura 57. Diagrama unifilar iluminación segundo nivel

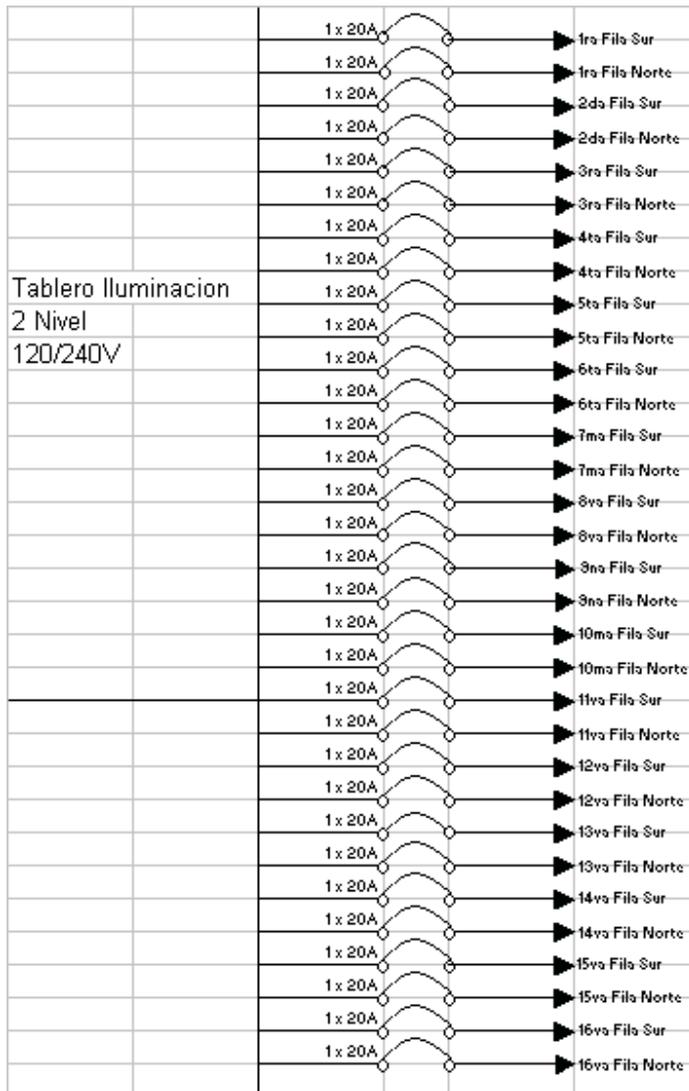


Figura 58. Diagrama unifilar iluminación primer nivel

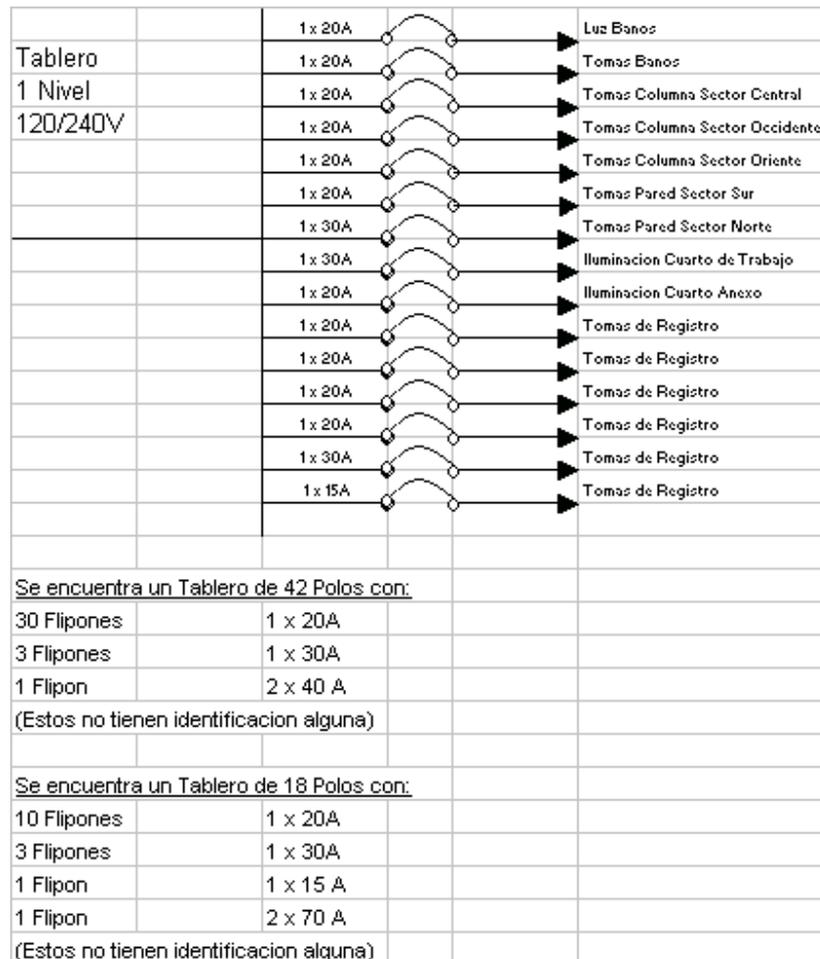


Figura 59. Diagrama unifilar de fuerza primer nivel 1

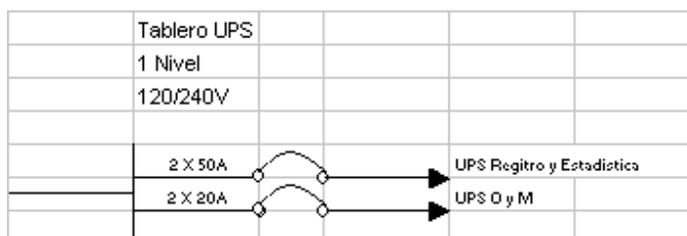


Figura 60. Diagrama unifilar de fuerza primer nivel 2

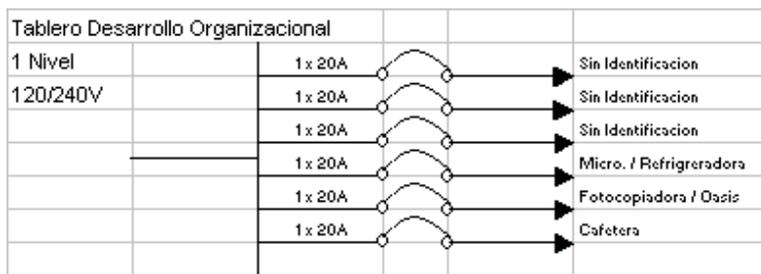


Figura 61. Diagrama unifilar de fuerza quinto nivel

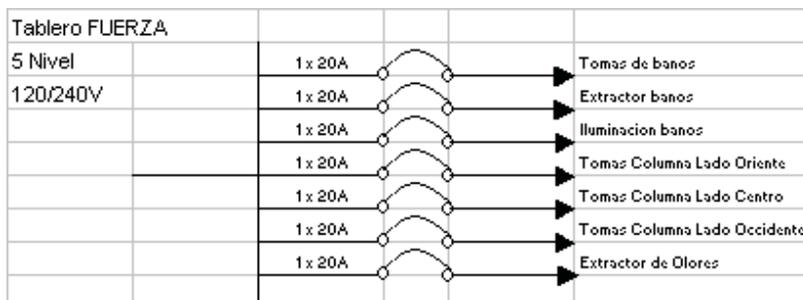


Figura 62. Diagrama unifilar de fuerza cuarto nivel

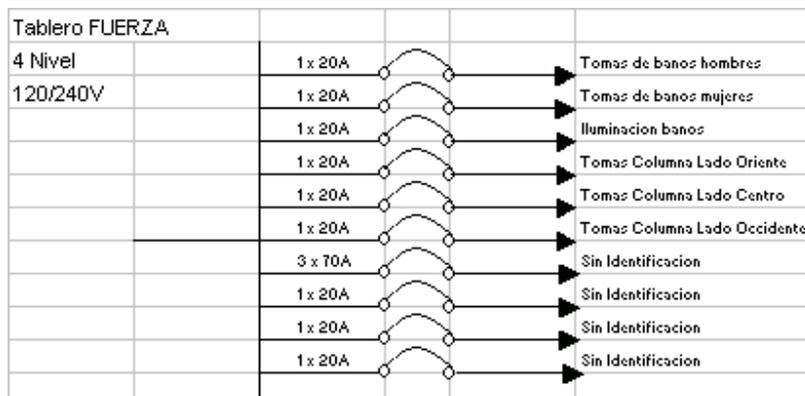


Figura 63. Diagrama unifilar de fuerza laboratorio #1

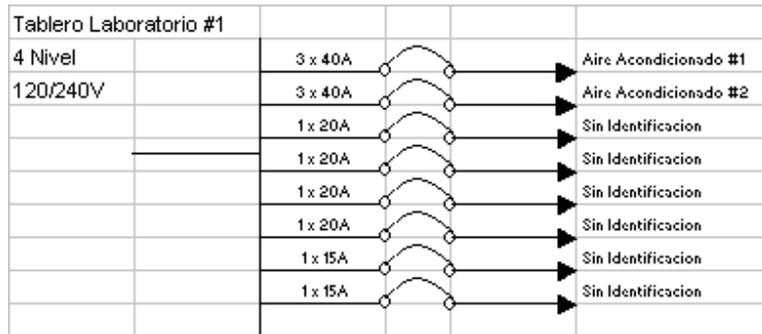


Figura 64. Diagrama unifilar de fuerza tercer nivel

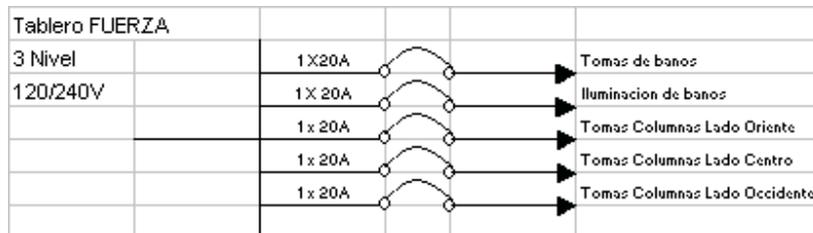


Figura 65. Diagrama unifilar de fuerza segundo nivel

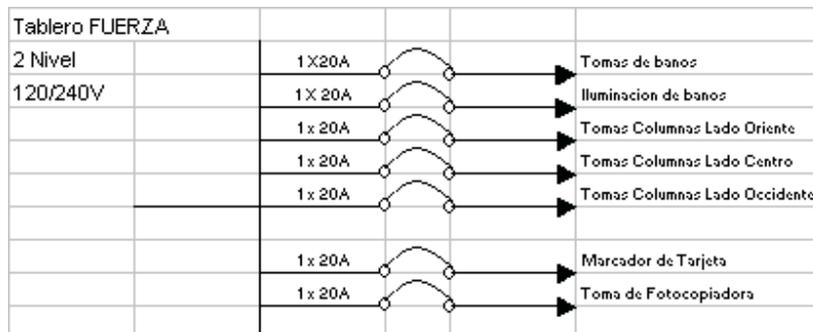
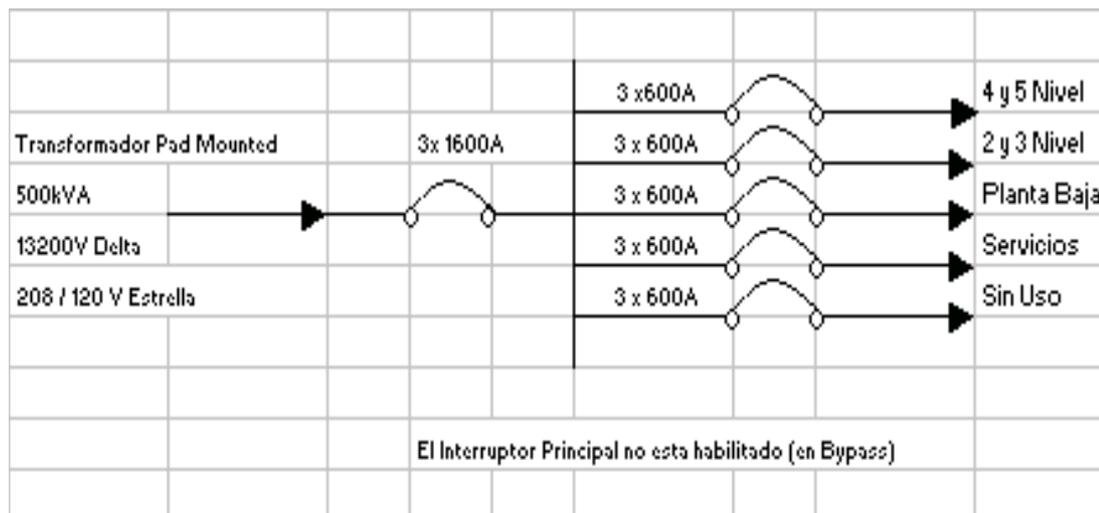


Figura 66. Diagrama unifilar de fuerza panel principal



4. ¿CÓMO DEBERÍA ESTAR LOS ITEMS DEL INCISO 2?

4.1 Hacer cálculos teóricos

Cálculo de conductores

El método matemático que se empleara es el de conductores por regulación, para esto es necesario que la caída de tensión en los conductores no exceda de las estipuladas por la normas; la caída de tensión permisible es del 2% de la tensión nominal para la acometida y del 3% de la misma para los ramales.

Para el cálculo de los conductores se debe conocer las siguientes fórmulas:

$$V = I \times R$$

$$P\Theta = V \times I \times \cos \Theta$$

$$P3\Theta = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Theta$$

$$R = \frac{L}{(a \times k)}$$

$$P \text{ aparente} = \text{No. De lámparas} \times \text{Watts} \times \cos \Theta$$

$$I = P \text{ aparente} / V$$

$$L = 2 \times d \quad \text{para circuitos monofásicos}$$

$$L = \sqrt{3} \times d$$

$$e = \frac{I \times L}{a \times k}$$

$$a = \frac{I \times L}{e \times k}$$

$$K_{cu} = \text{conductividad del cobre} = \underline{57\text{mm}^2}$$

$$\Omega - m$$

$$K a l = \text{conductividad del aluminio} = \underline{36 \text{mm}^2}$$

$$\Omega - m$$

Donde:

v = voltaje

I = corriente

R = resistencia

P Θ = potencia monofásica

P3 Θ = potencia trifásica

Cos Θ = factor de potencia

a = sección transversal en mm²

K = conductividad

e = porcentaje de caída de tensión

L = longitud en metros

5to Nivel

DATOS

$$d = 72.25$$

$$\# \text{ lamparas} = 5$$

$$\text{Watts} = 80$$

$$\cos \Theta = 1$$

$$V = 120$$

$$k = 57$$

CÁLCULOS

$$P \text{ aparente} = \# \text{ de lamparas} * \text{Watts por lampara} * \text{Cos } \Theta$$

$$P \text{ aparente} = 400 \quad \text{VA}$$

$$L = 2 * d$$

$$L = 144.5 \quad \text{metros}$$

$$I = P \text{ aparente} / V$$

$$I = 3.33 \quad \text{Amps}$$

$$e = 0.03 * V$$

$$e = 3.6$$

$$a = (I * L) / (e * k)$$

$$a = 2.35 \quad \text{mm}^2$$

CALIBRE #12

DATOS

d= 20
lamparas= 5
Watts = 80 (por lampara)
cos Θ = 1
V = 120
k = 57

CÁLCULOS

P aparente = # de lamparas * Watts por lampara * Cos Θ
P aparente = 400 VA

L= 2 * d
L= 40 metros

I = P aparente / V
I = 3.33 Amps

e = 0.03 * V
e = 3.6

a = (I * L) / (e * k)
a = 0.65 mm² **CALIBRE #18**

De acuerdo a estos resultados, haciendo el cálculo a la distancia máxima y mínima a la que se puede encontrar las luminarias (5 unidades), podemos observar que el rango del calibre del conductor debería de ser de #18 a #12. En las instalaciones del Quinto nivel el calibre instalado es el #12 (25A).

4to Nivel

DATOS

d= 70.08
lamparas= 4
Watts = 80
cos Θ = 1
V = 120
k = 57

CÁLCULOS

P aparente = # de lamparas * Watts por lampara * Cos Θ
P aparente = 320 VA

L= 2 * d
L= 140.16 metros

I = P aparente / V
I = 2.67 Amps

e = 0.03 * V
e = 3.6

a = (I * L) / (e * k)
a = 1.82 mm² **CALIBRE #14**

DATOS

d= 9.4
lamparas= 4
Watts = 80
cos Θ = 1
V = 120
k = 57

CÁLCULOS

P aparente = # de lamparas * Watts por lampara * Cos Θ
P aparente = 320 VA

L= 2 * d
L= 18.8 metros

I = P aparente / V
I = 2.67 Amps

e = 0.03 * V
e = 3.6

a = (I * L) / (e * k)
a = 0.24 mm² **CALIBRE #20**

De acuerdo a estos resultados, haciendo el cálculo a la distancia máxima y mínima a la que se puede encontrar las luminarias (4 unidades), podemos observar que el rango del calibre del conductor debería de ser de #20 a #14. En las instalaciones del Cuarto Nivel el calibre instalado es el #12 (25A).

3er Nivel

DATOS

d= 64.57
lamparas= 6
Watts = 80
cos Θ = 1
V = 120
k = 57

CÁLCULOS

P aparente = # de lamparas * Watts por lampara * Cos Θ
P aparente = 480 VA

L= 2 * d
L= 129.14 metros

I = P aparente / V
I = 4.00 Amps

e = 0.03 * V
e = 3.6

a = (I * L) / (e * k)
a = 2.52 mm² **CALIBRE #12**

DATOS

d= 16.16
lamparas= 6
Watts = 80
cos Θ = 1
V = 120
k = 57

CÁLCULOS

P aparente = # de lamparas * Watts por lampara * Cos Θ
P aparente = 480 VA

L= 2 * d
L= 32.32 metros

I = P aparente / V
I = 4.00 Amps

e = 0.03 * V
e = 3.6

a = (I * L) / (e * k)
a = 0.63 mm² **CALIBRE #18**

De acuerdo a estos resultados, haciendo el cálculo a la distancia máxima y mínima a la que se puede encontrar las luminarias (6 unidades), podemos observar que el rango del calibre del conductor debería de ser de #18 a #12. En las instalaciones del Tercer Nivel el calibre instalado es el #12 (25A).

2do Nivel

En el Segundo nivel, únicamente se obtuvieron detalles de la cantidad de luminarias de la oficina de Jefatura de la Biblioteca, se revisó el panel eléctrico y el calibre del conductor que se encuentra en este, es de #12, por lo que no difiere mucho del resto de los demás niveles.

1er Nivel (planta baja)

DATOS

d= 47.1
lamparas= 5
Watts = 80
cos Θ = 1
V = 120
k = 57

CÁLCULOS

P aparente = # de lamparas * Watts por lampara * Cos Θ
P aparente = 400 VA

L= 2 * d
L= 94.2 metros

I = P aparente / V
I = 3.33 Amps

e = 0.03 * V
e = 3.6

a = (I * L) / (e * k)
a = 1.53 mm² **CALIBRE #14**

DATOS

d= 12.44
lamparas= 5
Watts = 80
cos Θ = 1
V = 120
k = 57

CÁLCULOS

P aparente = # de lamparas * Watts por lampara * Cos Θ
P aparente = 400 VA

L= 2 * d
L= 24.88 metros

I = P aparente / V
I = 3.33 Amps

e = 0.03 * V
e = 3.6

a = (I * L) / (e * k)
a = 0.40 mm² **CALIBRE #18**

De acuerdo a estos resultados, haciendo el cálculo a la distancia máxima y mínima a la que se puede encontrar las luminarias (5 unidades), podemos observar que el rango del calibre del conductor debería de ser de #18 a #14. En las instalaciones del Segundo Nivel el calibre instalado es el #12 (25A).

Cálculo de tuberías

La tubería tiene como fin proteger a los conductores del deterioro físico del ambiente y por otro lado también protege las instalaciones, ya que al producirse un corto circuito se puede producir un arco produciendo así un potencial incendio. Asimismo la tubería debe tener la facilidad para poder manipular y alojar los conductores que están instalados.

Al tener conductores de diferente calibre, se requiere que exista una relación adecuada entre la sección transversal del conductor y la canalización, lo que se conoce como el factor de relleno; para el cálculo de la tubería se conoce la siguiente fórmula.

$$F = a / A$$

Donde:

F = es el factor de relleno

a = es la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la canalización

Cuando la instalación es de tuberías, se tienen definidos los porcentajes de relleno, los cuales son:

53% para un conductor

40% para dos conductores

31% para tres o más conductores

Nota: los cálculos de la sección son teóricos y se realizaron en base al equipo instalado por circuito.

Cálculo de tuberías para el 5 nivel:

Tablero de Iluminación

$$A = a / F$$

a = # de conductores * sección transversal del conductor

$$a = 0.0251 \quad (\text{para un calibre \#12})$$

$$F = 0.31 \quad (\text{mas de 3 conductores})$$

$$\# \text{ de conductores} = 4$$

$$A = 0.32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.41238$$

$$\mathbf{D = 0.64216 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Los conductores de varios circuitos de las luminarias van dentro de una canaleta de 2in de alto x 4in de ancho, que se extiende por todo el techo a cada una de las lámparas. Los conductores se encuentran holgados en esta canaleta.

Tablero de Fuerza

$$A = a / F$$

a = # de conductores * sección transversal del conductor

$$a = 0.0251 \quad (\text{para un calibre \#12})$$

$$F = 0.31 \quad (\text{mas de 3 conductores})$$

$$\# \text{ de conductores} = 4$$

$$A = 0.32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.41238$$

$$\mathbf{D = 0.64216 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Cálculo de tuberías para el 4 nivel:

Tablero de Iluminación

$$A = a / F$$

a = # de conductores * seccion transversal del conductor

$$a = 0.0206 \quad (\text{para un calibre \#14})$$

$$F = 0.31 \quad (\text{mas de 3 conductores})$$

de conductores = 4

$$A = 0.26581$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.33844$$

$$D = \mathbf{0.58176 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Los conductores de varios circuitos de las luminarias van dentro de una canaleta de 2in de alto x 4in de ancho, que se extiende por todo el techo a cada una de las lámparas. Los conductores se encuentran holgados en esta canaleta.

Tablero de Fuerza

$$A = a / F$$

a = # de conductores * seccion transversal del conductor

$$a = 0.0251 \quad (\text{para un calibre \#12})$$

$$F = 0.31 \quad (\text{mas de 3 conductores})$$

de conductores = 4

$$A = 0.32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.41238$$

$$D = \mathbf{0.64216 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Cálculo de tuberías para el 3 nivel:

Tablero de Iluminación

$$A = a / F$$

a = # de conductores * sección transversal del conductor

$$a = 0.0251 \quad (\text{para un calibre \#12})$$

$$F = 0.31 \quad (\text{mas de 3 conductores})$$

$$\# \text{ de conductores} = 4$$

$$A = 0.32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.41238$$

$$\mathbf{D = 0.64216 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Los conductores de varios circuitos de las luminarias van dentro de una canaleta de 2in de alto x 4in de ancho, que se extiende por todo el techo a cada una de las lámparas. Los conductores se encuentran holgados en esta canaleta.

Tablero de Fuerza

$$A = a / F$$

a = # de conductores * sección transversal del conductor

$$a = 0.0251 \quad (\text{para un calibre \#12})$$

$$F = 0.31 \quad (\text{mas de 3 conductores})$$

$$\# \text{ de conductores} = 4$$

$$A = 0.32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.41238$$

$$\mathbf{D = 0.64216 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Cálculo de tuberías para el 2 nivel:

Tablero de Iluminación

$$A = a / F$$

a = # de conductores * seccion transversal del conductor

$$\begin{aligned} a &= 0.0251 && \text{(para un calibre \#12)} \\ F &= 0.31 && \text{(mas de 3 conductores)} \\ \# \text{ de conductores} &= 4 \end{aligned}$$

$$A = 0.32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.41238$$

$$D = \mathbf{0.64216 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Los conductores de varios circuitos de las luminarias van dentro de una canaleta de 2in de alto x 4in de ancho, que se extiende por todo el techo a cada una de las lámparas. Los conductores se encuentran holgados en esta canaleta.

Tablero de Fuerza

$$A = a / F$$

a = # de conductores * seccion transversal del conductor

$$\begin{aligned} a &= 0.0251 && \text{(para un calibre \#12)} \\ F &= 0.31 && \text{(mas de 3 conductores)} \\ \# \text{ de conductores} &= 4 \end{aligned}$$

$$A = 0.32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.41238$$

$$D = \mathbf{0.64216 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Cálculo de tuberías para el 1 nivel:

Tablero de Iluminación

$$A = a / F$$

a = # de conductores * seccion transversal del conductor

$$a = 0.0206 \quad (\text{para un calibre \#14})$$

$$F = 0.31 \quad (\text{mas de 3 conductores})$$

$$\# \text{ de conductores} = 4$$

$$A = 0.26581$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.33844$$

$$\mathbf{D = 0.58176 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Los conductores de varios circuitos de las luminarias van dentro de una canaleta de 2in de alto x 4in de ancho, que se extiende por todo el techo a cada una de las lámparas. Los conductores se encuentran holgados en esta canaleta.

Tablero de Fuerza

$$A = a / F$$

a = # de conductores * seccion transversal del conductor

$$a = 0.0251 \quad (\text{para un calibre \#12})$$

$$F = 0.31 \quad (\text{mas de 3 conductores})$$

$$\# \text{ de conductores} = 4$$

$$A = 0.32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}]$$

$$D = \text{SQRT} \quad 0.41238$$

$$\mathbf{D = 0.64216 \text{ in}}$$

$$3/4" = 0.75 \text{ in}$$

Cálculo de luminarias

Datos

- Nivel lumínico, el trabajo de que se realiza esta clasificado como categoría D, el nivel lumínico es de 400 lux.
- Factor de mantenimiento, supondremos un buen mantenimiento y adoptamos un factor de mantenimiento de 0.65 (F. M. = 0.65).
- Características de las lámparas fluorescentes, 2 tubos de 40 watts, el número de lúmenes según la tabla del anexo A es de 3100 lúmenes por tubo.

5to nivel

Área de mesasa de estudio:

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 18.5$$

$$L = 23.65$$

$$h = 3.46$$

$$RR = 3.0$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 3.00 es **K = 0.80**.

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L * W * LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo}) * K * \text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400
Variables		
L =	23.65	
W =	18.5	
K =	0.8	

$$\text{Número de Luminarias} = 54.28$$

Por presentación y simetría utilizaremos **54 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Departamento de procesos técnicos (área #1):

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 5.3$$

$$L = 27.29$$

$$h = 3.46$$

$$RR = 1.3$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.00, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.3	X
2	0.71

$$\text{Interpolación} \\ \frac{(1 - 1.3)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$X = K = 0.57$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes

Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables

L =	22
W =	5.3
K =	0.57

$$\text{Número de Luminarias} = 20.30$$

Por presentación y simetría utilizaremos **20 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta Oficina tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación, tomando en cuenta que por la tarde, a partir de la 4pm ya nadie trabaja en esta área.

Sección de adquisicones:

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 5.3$$

$$L = 10.7$$

$$h = 3.46$$

$$RR = 1.0$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.00, **K = 0.51**

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes

Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables

L =	10.7
W =	5.3
K =	0.51

Número de Luminarias = 11.04

Por presentación y simetría utilizaremos **11 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta Oficina tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día, tarde y noche no hay ningún problema de iluminación.

Hemeroteca:

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 19.75$$

$$L = 21.5$$

$$h = 3.46$$

RR= 3.0

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 3.0, **K = 0.8**

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo}) * K * \text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	21.5
W =	19.75
K =	0.8

Número de Luminarias = 52.68

Por presentación y simetría utilizaremos **52 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta Oficina tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son del la misma altura del techo.

Biblioteca de la paz:

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente:

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 10.7$$

$$L = 12.5$$

$$h = 3.46$$

RR= 1.7

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.0, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.7	X
2	0.71

Interpolación

$$\frac{(1 - 1.7)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$\mathbf{X = K = 0.65}$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	12.5
W =	10.7
K =	0.65

Número de Luminarias = 20.42

Por presentación y simetría utilizaremos **20 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta Oficina tiene un lado a lo largo y un lado a lo ancho que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son del la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. (siempre y cuando no este nublado el día)

Café internet:

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Café Claro	0.5	Semiclaro
Pared	Café Claro	0.5	Semiclaro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 8.91$$

$$L = 12.49$$

$$h = 3.46$$

RR= 1.5

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.0, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.5	X
2	0.71

Interpolación

$$\frac{(1 - 1.5)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$\mathbf{X = K = 0.61}$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	250

Variables	
L =	12.49
W =	8.91
K =	0.61

Número de Luminarias = 11.32

Por presentación y simetría utilizaremos **14 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

El concepto del Café Internet cambio bastante, antes tenia lámparas de 2x40W, pero por estética del café, decidieron realizar una iluminación con ojos de buey de 55W c/u, por lo que disminuyo bastante la intensidad de la iluminación es esa área, dejando casi si una iluminación adecuada para trabajar.

4to Nivel

Laboratorio de computación “Ricardo Arjona”

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 8.9$$

$$L = 12.98$$

$$h = 3.46$$

$$RR = 1.5$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.0, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.5	X
2	0.71

Interpolación

$$\frac{(1 - 1.5)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$X = K = 0.61$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	12.98
W =	8.9
K =	0.61

Número de Luminarias = 18.80

Por presentación y simetría utilizaremos **18 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. (siempre y cuando no este nublado el día). De tarde y noche si hay un problema, hay iluminación, pero, no la correcta.

Mapoteca (laboratorio #2)

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 9.18$$

$$L = 23.22$$

$$h = 3.46$$

$$RR = 1.9$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.0, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.9	X
2	0.71

$$\text{Interpolando} \quad \frac{(1 - 1.9)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$X = K = 0.69$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	23.22
W =	9.18
K =	0.69

Número de Luminarias = 30.66

Por presentación y simetría utilizaremos **30 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo y un lado a lo ancho que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son del la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. (siempre y cuando no este nublado el día)

Área de mesas / tesis / estantería

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 15.9$$

$$L = 36.2$$

$$h = 3.46$$

$$RR = 3.2$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 3.0, K = 0.8 y que para RR = 5, K = 0.89, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
3	0.8
3.2	X
5	0.89

$$\text{Interpolación} \\ \frac{(3 - 3.2)}{(3-5)} = \frac{(0.8 - X)}{(0.8 - 0.89)}$$

$$X = K = 0.809$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	36.2
W =	15.9
K =	0.809

Número de Luminarias = 70.62

Por presentación y simetría utilizaremos **70 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo ancho que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son del la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. (siempre y cuando no este nublado el día)

Salón adjunto #1

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 8.88$$

$$L = 9.39$$

$$h = 3.4$$

$$RR = 1.3$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.0, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.3	X
2	0.71

Interpolación

$$\frac{(1 - 1.3)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$X = K = 0.57$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	9.39
W =	8.8
K =	0.57

Número de Luminarias = 14.39

Por presentación y simetría utilizaremos **14 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta Oficina tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son del la misma altura del techo y tienen persianas, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. Estos salones más que todo son utilizados para audiovisuales por lo que la mayor parte del tiempo se apagan las luces para realizar cualquier tipo de actividad programada.

Salón adjunto #2

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 8.88$$

$$L = 8.9$$

$$h = 3.4$$

$$RR = 1.3$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.0, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.3	X
2	0.71

Interpolación

$$\frac{(1 - 1.3)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$X = K = 0.57$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	8.9
W =	8.8
K =	0.57

Número de Luminarias = 13.64

Por presentación y simetría utilizaremos **14 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta Oficina tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son del la misma altura del techo y tienen persianas, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. Estos salones más que todo son utilizados para audiovisuales por lo que la mayor parte del tiempo se apagan las luces para realizar cualquier tipo de actividad programada.

Salón adjunto #3

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 8.88$$

$$L = 9$$

$$h = 3.4$$

RR= 1.3

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.0, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.3	X
2	0.71

Interpolación

$$\frac{(1 - 1.3)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$\mathbf{X = K = 0.57}$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	9
W =	8.8
K =	0.57

Número de Luminarias = 13.79

Por presentación y simetría utilizaremos **14 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta Oficina tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son del la misma altura del techo y tienen persianas, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. Estos salones más que todo son utilizados para audiovisuales por lo que la mayor parte del tiempo se apagan las luces para realizar cualquier tipo de actividad programada.

Salón adjunto #4

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 8.88$$

$$L = 8.93$$

$$h = 3.4$$

RR= 1.3

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.0, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.3	X
2	0.71

Interpolación

$$\frac{(1 - 1.3)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$\mathbf{X = K = 0.57}$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	8.93
W =	8.8
K =	0.57

Número de Luminarias = 13.68

Por presentación y simetría utilizaremos **14 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta Oficina tiene un lado a lo largo y a lo ancho que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo y tienen persianas, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. Estos salones más que todo son utilizados para audiovisuales por lo que la mayor parte del tiempo se apagan las luces para realizar cualquier tipo de actividad programada.

3er Nivel

Área total

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 36.42$$

$$L = 37.44$$

$$h = 3.46$$

RR= 5.3

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el región D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 3.0, K = 0.8 y que para RR = 5, K = 0.89 hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
3	0.8
5.3	X
5	0.89

$$\text{Interpolación} \quad \frac{(3-5.3)}{(3-5)} = \frac{(0.8 - X)}{(0.8 - 0.89)}$$

$$X = K = 0.9035$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes

Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables

L =	37.44
W =	36.42
K =	0.9035

$$\text{Número de Luminarias} = 149.80$$

Por presentación y simetría utilizaremos **150 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene dos lados a lo largo y un lado a lo ancho que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. El cálculo demuestra que son 120 lámparas, pero en la realidad esta área tiene más de 200 unidades, pueda ser por la cantidad de

estantería que se tiene en este nivel y por el color de las columnas que son oscuras.

2do Nivel

Entrada a jefatura de biblioteca

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 9.36$$

$$L = 12.52$$

$$h = 3.5$$

$$RR = 1.5$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71 hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.5	X
2	0.71

$$\text{Interpolación} \\ \frac{(1 - 1.5)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$\mathbf{X = K = 0.61}$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes

Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables

L =	12.52
W =	9.36
K =	0.61

$$\mathbf{\text{Número de Luminarias} = 19.07}$$

Por presentación y simetría utilizaremos **19 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Jefatura de biblioteca

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 5.29$$

$$L = 8.92$$

$$h = 3.87$$

RR= 0.9

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, K = 0.35 y que para RR = 1, K = 0.51 hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
0.6	0.35
0.9	X
1	0.51

$$\text{Interpolación} \\ \frac{(0.6 - 0.9)}{(0.6 - 1)} = \frac{(0.35 - X)}{(0.35 - 0.51)}$$

$$\mathbf{X = K = 0.47}$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes

Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables

L =	8.92
W =	5.29
K =	0.47

$$\mathbf{\text{Número de Luminarias} = 9.97}$$

Por presentación y simetría utilizaremos **10 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene dos lados a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

Área de ingreso a biblioteca

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Beig	0.7	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 11.85$$

$$L = 18.48$$

$$h = 3.87$$

$$RR = 1.9$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 3.0, K = 0.8 y que para RR = 5, K = 0.89 hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.9	X
2	0.71

$$\text{Interpolación} \quad \frac{(3-5.3)}{(3-5)} = \frac{(0.8 - X)}{(0.8 - 0.89)}$$

$$\mathbf{X = K = 0.69}$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes

Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables

L =	18.48
W =	11.85
K =	0.69

$$\mathbf{\text{Número de Luminarias} = 31.50}$$

Por presentación y simetría utilizaremos **30 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

1er Nivel (planta baja)

Departamento de registro y estadística

Archivo

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Amarillo / Café	0.60	Semiclaro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 11.21$$

$$L = 12.44$$

$$h = 3.5$$

$$RR = 1.7$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.0, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.42
1.7	X
2	0.6

$$\text{Interpolación} \\ \frac{(1 - 1.7)}{(1 - 2)} = \frac{(0.42 - X)}{(0.42 - 0.6)}$$

$$X = K = 0.546$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo}) * K * \text{Factor de Manto.}}$$

Constantes

Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables

L =	12.44
W =	11.21
K =	0.546

$$\text{Número de Luminarias} = 25.35$$

Por presentación y simetría utilizaremos **25 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta area tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, que es el lado don de atiende al estudiante, en donde se encuentran practicamente las ventanas que son del la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación. El cálculo demuestra que son 25 lámparas, pero en la realidad esta area tiene más de 30 unidades, pueda

ser por la cantidad de estantería de archivos que se tiene en este nivel y por el color de las mismas.

Comedor de registro y estadística

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Amarillo / Café	0.60	Semiclaro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 3.46$$

$$L = 5.28$$

$$h = 3.45$$

$$RR = 0.6$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un $RR = 0.6$ es **K = 0.28**

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	5.28
W =	3.46
K =	0.28

Número de Luminarias = 6.48

Por presentación y simetría utilizaremos **6 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Jefatura de registro y estadística

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Amarillo / Café	0.60	Semiclaro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 5.2$$

$$L = 5.32$$

$$h = 3.37$$

RR= 0.8

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, K = 0.28 y que para RR = 1, K = 0.42, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
0.6	0.28
0.8	X
1	0.42

Interpolación

$$\frac{(0.6 - 0.8)}{(0.6 - 1)} = \frac{(0.28 - X)}{(0.28 - 0.42)}$$

X = K = 0.35

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	5.32
W =	5.2
K =	0.35

Número de Luminarias = 7.85

Por presentación y simetría utilizaremos **8 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

Sub-jefatura de registro y estadística

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Amarillo / Café	0.60	Semiclaro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 3.55$$

$$L = 5.17$$

$$h = 3.37$$

RR= 0.6

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, **K = 0.28**

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes	
Factor de Manto =	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos) 6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes 400

Variables	
L =	5.17
W =	3.55
K =	0.28

Número de Luminarias = 6.51

Por presentación y simetría utilizaremos **7 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

Sección de estadística

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Amarillo / Café	0.60	Semiclaro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 5.2$$

$$L = 5.2$$

$$h = 3.37$$

$$RR = 0.8$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, K = 0.28 y que para RR = 1, K = 0.42, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
0.6	0.28
0.8	X
1	0.42

Interpolación

$$\frac{(0.6 - 0.8)}{(0.6 - 1)} = \frac{(0.28 - X)}{(0.28 - 0.42)}$$

$$X = K = 0.35$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo}) * K * \text{Factor de Manto.}}$$

Constantes

Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables

L =	5.2
W =	5.2
K =	0.35

$$\text{Número de Luminarias} = 7.67$$

Por presentación y simetría utilizaremos **8 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo y a lo ancho que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

Lobby (atención al estudiante)

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Amarillo / Café	0.60	Semiclaro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 14.21$$

$$L = 14.96$$

$$h = 3.38$$

RR= 2.2

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 2, K = 0.60 y que para RR = 3, K = 0.67, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
2	0.6
2.2	X
3	0.67

$$\text{Interpolación} \\ \frac{(2 - 2.2)}{(2 - 3)} = \frac{(0.60 - X)}{(0.60 - 0.67)}$$

$$X = K = 0.614$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo}) * K * \text{Factor de Manto.}}$$

Constantes		
Factor de Manto =	0.65	0.65
Lúmenes por Tubo =	3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes =	Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L =	14.96
W =	14.21
K =	0.614

$$\text{Número de Luminarias} = 34.36$$

Por presentación y simetría utilizaremos **34 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

Sección de incorporaciones

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Beig	0.65	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 3.15$$

$$L = 3.82$$

$$h = 3.38$$

$$RR = 0.5$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, **K = 0.35**

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes	
Factor de Manto = 0.65	0.65
Lúmenes por Tubo = 3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L = 3.82	
W = 3.15	
K = 0.35	

Número de Luminarias = 3.41

Por presentación y simetría utilizaremos **4 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Área junto a incorporaciones

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Beig	0.65	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 4.2$$

$$L = 12.93$$

$$h = 3.38$$

$$RR = 0.9$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, K = 0.35 y que para RR = 1, K = 0.51, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
0.6	0.35
0.9	X
1	0.51

$$\text{Interpolación}$$

$$\frac{(0.6 - 0.9)}{(0.6 - 1)} = \frac{(0.35 - X)}{(0.35 - 0.51)}$$

$$X = K = 0.47$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes	
Factor de Manto = 0.65	0.65
Lúmenes por Tubo = 3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L = 12.93	
W = 4.2	
K = 0.47	

Número de Luminarias = 11.47

Por presentación y simetría utilizaremos **12 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Desarrollo organizacional

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Beig	0.65	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 5.63$$

$$L = 16.65$$

$$h = 3.38$$

$$RR = 1.2$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
1	0.51
1.2	X
2	0.71

$$\text{Interpolación}$$

$$\frac{(1 - 1.2)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$X = K = 0.55$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes	
Factor de Manto = 0.65	0.65
Lúmenes por Tubo = 3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L = 16.65	
W = 5.63	
K = 0.55	

Número de Luminarias = 16.92

Por presentación y simetría utilizaremos **17 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo y a lo ancho con persianas que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

Sistema de ubicación y nivelación (área #1)

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Beig	0.65	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 3.48$$

$$L = 14.55$$

$$h = 3.46$$

$$RR = 0.8$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, K = 0.35 y que para RR = 1, K = 0.51, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
0.6	0.35
0.8	X
1	0.51

Interpolación

$$\frac{(0.6 - 0.8)}{(0.6 - 1)} = \frac{(0.35 - X)}{(0.35 - 0.51)}$$

$$X = K = 0.43$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo})*K*\text{Factor de Manto.}}$$

Constantes	
Factor de Manto = 0.65	0.65
Lúmenes por Tubo = 3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L = 14.55	
W = 3.48	
K = 0.43	

Número de Luminarias = 11.69

Por presentación y simetría utilizaremos **12 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo y alo ancho con persianas que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son del la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

Sistema de ubicación y nivelación (área #2)

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Beig	0.65	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 5.25$$

$$L = 5.59$$

$$h = 3.46$$

$$RR = 0.8$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, K = 0.35 y que para RR = 1, K = 0.51, hay que interpolar.

Interpolando

RR	K
0.6	0.35
0.8	X
1	0.51

Interpolación

$$\frac{(0.6 - 0.8)}{(0.6 - 1)} = \frac{(0.35 - X)}{(0.35 - 0.51)}$$

$$X = K = 0.43$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L*W*LUXES)}{(\text{Lúmenes por Tubo}) * K * \text{Factor de Manto.}}$$

Constantes	
Factor de Manto = 0.65	0.65
Lúmenes por Tubo = 3100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = Segun Tabla, Aulas = 400 Luxes	400

Variables	
L = 5.59	
W = 5.25	
K = 0.43	

Número de Luminarias = 6.77

Por presentación y simetría utilizaremos **7 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo y a lo ancho con persianas que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

Sistema de ubicación y nivelación (área #3)

	Color	Coeficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Beig	0.65	Claro
Pared	Beig	0.65	Claro
Piso	Gris	0.4	Semiclaro

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente

W=ancho

L= Largo

h= Altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 3.8$$

$$L = 4.95$$

$$h = 3.46$$

$$RR = 0.6$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, **K = 0.35**

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de Luminarias} = \frac{(L * W * \text{LUXES})}{(\text{Lúmenes por Tubo}) * K * \text{Factor de Manto.}}$$

Constantes

$$\text{Factor de Manto} = 0.65$$

0.65

$$\text{Lúmenes por Tubo} = 3100 \text{ por cada tubo de } 40W \text{ (son 2 tubos)}$$

6200

$$\text{Luxes} = \text{Segun Tabla, Aulas} = 400 \text{ Luxes}$$

400

Variables

$$L = 4.95$$

$$W = 3.8$$

$$K = 0.35$$

$$\text{Número de Luminarias} = 5.33$$

Por presentación y simetría utilizaremos **5 lámparas**, de dobles tubo de 40 watts.

Esta área tiene un lado a lo largo y a lo ancho con persianas que da con la parte exterior de edificio, en donde se encuentran prácticamente las ventanas que son de la misma altura del techo, por lo que en el día no hay ningún problema de iluminación.

5. COMPARACIÓN DE DATOS

A continuación se presentarán una serie de tablas para poder comparar los valores reales con los valores teóricos realizados en el capítulo anterior.

5.1 Obtención de resultados

Comparación de medición de luxes:

Para realizar esta tarea, se utilizó un LUXOMETRO, este es un aparato especial para poder medir la intensidad de la iluminación en luxes de cada área, las mediciones se realizaron a una altura de 1.5m, que por la general es la altura promedio de las mesas que se encuentran en el Edificio de Recursos Educativos.

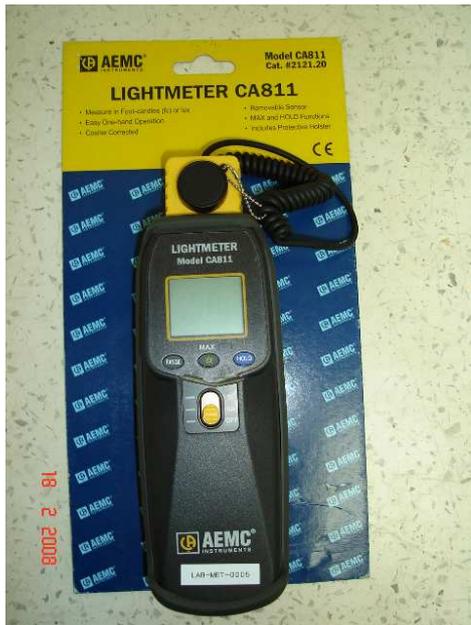
Se realizaron varias mediciones con el aparato en cada área de cada Nivel del edificio, se sumaron y se tomó un promedio de estas, el cual este número aparece en la Tabla XX.

El aparato utilizado fue un modelo CA811 de la marca AEMC Instruments (ver figura #XXXXII)

Tabla XX. Comparación de luxes por nivel

ÁREA DE MEDICIÓN	LUXES TEÓRICOS	LUXES REALES
QUINTO NIVEL	300 - 500	90.50
CUARTO NIVEL	300 - 500	80.87
TERCER NIVEL	300 - 500	120.75
SEGUNDO NIVEL	300 - 500	90.6
PRIMER NIVEL	300 - 500	134.52

Figura 67. Medidor de luxes o lúmenes



Comporación de cantidad de luminarias por área:

Tabla XXI. Comparación de luminarias por nivel

ÁREA DEL EDIFICIO	# LUMINARIAS TEÓRICAS	# LUMINARIAS REALES
5to NIVEL		
Área de Mesas	54	63
Depto. Procesos Técnicos	20	16
Sección Adquisiciones	11	9
Hemeroteca	52	47
Biblioteca de la Paz	20	12
Café Internet	14	10

ÁREA DEL EDIFICIO	# LUMINARIAS TEÓRICAS	# LUMINARIAS REALES
4to NIVEL		
Lab. Ricardo Arjona	18	13
Mapoteca	30	25
Área Mesas/Tesis/Estantes	70	70
Salón Adjunto #1	14	5
Salón Adjunto #2	14	6
Salón Adjunto #3	14	8
Salón Adjunto #4	14	8

ÁREA DEL EDIFICIO	# LUMINARIAS TEÓRICAS	# LUMINARIAS REALES
3to NIVEL		
Total del Área	150	207

ÁREA DEL EDIFICIO	# LUMINARIAS TEÓRICAS	# LUMINARIAS REALES
2do NIVEL		
Área de entrada a Jefatura	19	11
Oficina Jefatura Biblioteca	10	5
Área de Ingreso a Biblioteca	30	20

ÁREA DEL EDIFICIO	# LUMINARIAS TEÓRICAS	# LUMINARIAS REALES
1er NIVEL (R &E)		
Archivo	22	32
Comedor	6	3
Jefatura R & E	8	6
Sub - Jefatura R & E	7	6
Sección Estadística	8	6
Lobby (Att. al Estudiante)	34	48
Incorporaciones	4	4
Incorporaciones (Anexo)	12	15
Desarrollo Organizacional	17	25
Ubicación y Nivelación A1	12	10
Ubicación y Nivelación A2	7	4
Ubicación y Nivelación A3	5	2

Como lo muestra la Tabla XXI es una comparación del número de luminarias teóricas que se realizó el cálculo previamente de acuerdo a cada área del Edificio. Igualmente muestra la cantidad de luminarias reales, las cuales fueron las que se encontraban físicamente en cada área respectiva del edificio.

Comparación de calibre de conductores por nivel:

Tabla XXII. Comparación de calibre de conductores por nivel

NIVEL	CIRCUITO	Teorico(AWG)	Real(AWG)	Verificacion
5	Tablero de Iluminación	12	12	OK
5	Tablero de Fuerza	12	12	OK
4	Tablero de Iluminación	14	12	OK
4	Tablero de Fuerza	12	12	OK
3	Tablero de Iluminación	12	12	OK
3	Tablero de Fuerza	12	12	OK
2	Tablero de Iluminación	12	12	OK
2	Tablero de Fuerza	12	12	OK
1	Tablero de Iluminación	14	12	OK
1	Tablero de Fuerza	12	12	OK

Comparación de tubería por nivel:

Tabla XXIII. Comparación de tubería o canaleta por nivel

NIVEL	CIRCUITO	Teorico(in)	Real(in)	Canaleta	Verificacion
5	Circuitos de Iluminación	0.6422	0.75	2 x 4in	OK
5	Circuitos de Fuerza	0.6422	0.75		OK
4	Circuitos de Iluminación	0.5818	0.75	2 x 4in	OK
4	Circuitos de Fuerza	0.6422	0.75		OK
3	Circuitos de Iluminación	0.6422	0.75	2 x 4in	OK
3	Circuitos de Fuerza	0.6422	0.75		OK
2	Circuitos de Iluminación	0.6422	0.75	2 x 4in	OK
2	Circuitos de Fuerza	0.6422	0.75		OK
1	Circuitos de Iluminación	0.5818	0.75	2 x 4in	OK
1	Circuitos de Fuerza	0.6422	0.75		OK

6. IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

6.1 Inversión vrs ahorro

En cuanto a la propuesta económica, se busca la manera de tener una instalación segura y de calidad; para esto se adjuntan los valores que pueden servir de referencia a la hora de realizar las mejoras mencionadas en este informe.

Nota: cabe destacar que dichos valores pueden variar ya sea por marca o por distribuidor.

Tabla XXIV. Precios de conductores

CALIBRE	PRECIO POR METRO
12	Q2.92
10	Q4.59
8	Q7.46
6	Q11.74
4	Q15.45
2	Q19.86

(Datos a la fecha de Diciembre de 2007)

Diferentes Repuestos

Los diferentes repuestos adjuntos en la tabla son para poder reparar equipo dañado en las instalaciones.

Tabla XXV. Precios de repuestos

CANTIDAD	REPUESTO	PRECIO UNITARIO
	Lampara 2x40W c/ Difusor Prismatico	Q235.00
	Tubo 40"	Q5.88
1	Interruptor Trifasico 1600A	Q19,800.00
5	Interruptor Trifasico 600A	Q5,575.00
4	Gabinete 1200x800x600mm (Alto x Ancho x Profundidad)	Q4,000.00
1	Transformador Padmounted 500kVA 13.9kV Primario, 208/120V Secundario Perdidas Estandar	Q140,000.00

(Datos a la fecha de Diciembre de 2007)

Con respecto al tablero de distribución, se debe de tener en cuenta la mano de obra del integrador (distribuidor) para que se pueda adquirir el panel ya armado y así solamente el electricista realice las conexiones de entradas y salidas de cada uno de los interruptores.

Se debe de tener en cuenta también una mano de obra calificada al instalar el Transformador Pad-Mounted.

La mano de obra esta calculad con base a un sueldo promedio de un electricista y su respectivo ayudante, se tomo como base un sueldo promedio del mercado al cual se le calculó sus respectivos 15.5 sueldos; para el electricista se tomó como referencia un sueldo de Q2800 y para el ayudante Q1800, los precios adjuntos corresponden a 10 días de trabajo.

Tabla XXVI. Precios de mano de obra

TRABAJADOR	PRECIO MANO DE OBRA
Electricista	Q1,206.00
Ayudante	Q775.00

6.2 Interacción del edificio y la red de distribución

Este usuario no presenta la posibilidad de ser incorporado como gran usuario dado que su historial de consumo no excede los 100KW que establece el Reglamento de la Ley General de Electricidad, el cual cita que “un gran usuario, es un consumidor de energía cuya demanda de potencia excede cien kilovatios (Kw.), y dado que su consumo promedio en KW es menor a esta cantidad NO es posible que sea incorporado a la red como gran usuario.

Figura 38. Contador general del edificio de recursos educativos



Figura 39. Medición primaria del edificio de recursos educativos



CONCLUSIONES

MEDICIÓN DE LUXES:

Se puede observar en la Tabla XX que la medición que se realizó con el LUXÓMETRO que indica una intensidad de iluminación demasiado baja a comparación con lo establecido en la Tabla XIII “Nivel Lumínico”, que sería la norma para un área de Oficina o área de Lectura. Esto se debe a que la mayoría de los difusores se encuentran en malas condiciones, ya sean opacos (un color amarillo, como quemado), faltan tubos en algunas de la luminarias, balastos que ya no funcionan, el cuerpo de la luminaria ya se encuentra en malas condiciones, ya que no tienen un buen mantenimiento.

CANTIDAD DE LUMINARIAS POR ÁREA:

Con respecto a la cantidad de luminarias en cada área del Edificio, se puede observar que en la mayoría, la cantidad teórica es mayor a la cantidad real (luminarias físicas) que se encuentran en cada una ellas. Esto indica que además que las luminarias se encuentran en malas condiciones, se debe de agregar que la cantidad es menor a la de los cálculos teóricos, los cuales indican que así se obtendrán los luxes adecuados para cada área.

Esto decrementa igualmente la intensidad de iluminación en cada una de las áreas, por lo que se debería de tomar en cuenta colocar las luminarias restantes en cada área.

En la Historia de como fue fabricado este Edificio, textualmente dice:

“Especialmente importantes son los parteluces, consisten en un sistema prefabricado de asbesto cemento que permite la entrada de luz por reflejo, evitando así la entrada directa de los rayos solares a los espacios interiores.”

Con mayor razón se debería tener un buen plan de mantenimiento.

TABLEROS SECUNDARIOS, CABLEADO, CANALETA Y TUBERÍA POR ÁREA:

Con respecto a este punto, se pudo observar que el Tableros Secundarios, Cableado, Canaleta y Tubería del edificio se encuentra en una forma funcional, no se observa que tenga algún problema, al realizar una nueva instalación se realiza todo nuevo, por aparte, no utilizan canaletas y tubería existentes.

No obstante se encontró cierta información de los tableros, la fecha la cual se había realizado la instalación, esto fue en 1988. Se debería de poner atención a esto e implementar un plan estratégico de mantenimiento preventivo y predictivo.

TABLERO PRIMARIO Y MEDICIÓN EN EL TRANSFORMADOR PADMOUNTED:

Corrientes:

El sistema en general se encuentra con un leve desbalance como se puede observar en la figura 25. La fase #2 (línea #2) es la de menor intensidad en la figura, lo cual es un 5% menor a la fase #1 y #3.

Igualmente se puede observar en la misma figura que la corriente neutral tiene un valor elevado y esta al 40% de las corrientes #1, #2 y #3, se debe de estudiar este caso con más detalle, igualmente revisar la conexión a tierra del sistema.

Voltajes:

El voltaje se mantiene en un rango considerable, un mínimo de 123V a un máximo de 128V, aproximadamente una diferencia de 4.1%, lo cual no presenta ningún problema.

Frecuencia:

Idealmente 60HZ, pero no se tiene ningún problema de variación en la frecuencia que mostró la medición del sistema, se mantiene en un rango de 59.5Hz a 60.5Hz., ver la Figura 48.

Factor de Potencia:

El rango de este es de 0.85 a 0.97, el cual se considera bien, dentro de las normas.

Potencias:

Se mantienen constantes con respecto al consumo de energía diario

Tablero Principal:

El tablero principal se encuentra en mal estado, el interruptor principal no está en funcionamiento, desde hace varios años se encuentra en "bypass", se solicitó información al departamento de servicios y el problema esta en que no hay en existencia ese modelo de interruptor. Esto igualmente puede suceder con cualquier otra derivación del panel.

Se encuentra demasiado sucio (polvo) y en un lugar no adecuado para la función tan importante que tiene en el edificio.

No se le da mantenimiento y no se encontró ningún record de mantenimientos anteriores.

Transformador:

Al igual que el tablero, este no ha tenido un mantenimiento adecuado y de igual forma no existe ningún record de lo mismo, esta ya produce un ruido extraño y se encuentra demasiado sucio y en un lugar no adecuado.

RECOMENDACIONES

MEDICIÓN LUXES:

Se debe de planificar un mantenimiento correctivo a todo el sistema de iluminación del Edificio, la mayor razón es que el Edificio es un área de lectura, Biblioteca y oficinas de la USAC, por lo que debe de tener una intensidad de luxes adecuada y esto solo se logrará realizando un cambio de luminarias, tubos y balastos en todas las áreas y niveles del edificio.

Después de realizar cambios en el sistema de iluminación, se deberá planificar un mantenimiento preventivo y predictivo, para llevar un mejor control de las luminarias dañadas y así no tener problemas con la intensidad lumínica en cada una de las áreas del edificio.

CANTIDAD DE LUMINARIAS POR ÁREA:

Colocar la cantidad correcta de luminarias en cada una de las áreas del edificio, se realizaron cálculos para definir cuántas deberían de ser para tener una intensidad mínima de 300luxes. Se puede realizar un análisis más a detalle, esto depende de qué clase de luminaria quisieran utilizar, pero el cálculo realizado se basó en el mismo modelo de luminaria instalado.

TABLEROS SECUNDARIOS, CABLEADO, CANALETA Y TUBERÍA POR ÁREA:

Por seguridad, tratar la manera de revisar la tubería o canal visible y no visible, ya que podrían encontrar en el futuro algún problema.

Igualmente tratar la manera de planificar un mantenimiento preventivo y predictivo para los flipones, ya que de esto no se lleva un control.

TABLERO PRIMARIO Y MEDICIÓN EN EL TRANSFORMADOR PADMOUNTED:

Corrientes:

Balancear las cargas lo mejor posible, cada interruptor como ramal en el tablero del edificio presenta un desbalance en sus fases. Igualmente revisar el desbalance de la fase #2 que se presentó al realizar la medición después del transformador. Importante revisar la corriente neutral. Revisión del sistema de tierras.

Voltajes:

Revisar el voltaje del transformador y realizarle pruebas.

Frecuencia:

Se encuentra en un rango aceptable

Factor de Potencia:

Monitorear el FP para que éste no sea menor a 0.85.

Potencias:

Es aconsejable crear un plan para la reducción del consumo de energía en el edificio, ya que podrían generar un proyecto de ahorro.

Tablero Principal:

Cambiar el tablero completamente, colocarle un interruptor principal y cambiar todos los ramales.

Transformador:

Se sugiere poner más atención al transformador.

De acuerdo a la medición realizada en el secundario, se observó que existe un desbalance en las fases, tanto de corriente como de voltaje, estos son leves, pero existentes.

También ya produce ruido, ya que jamás le han dado mantenimiento y se encuentra en un lugar no adecuado. Es aconsejable realizar pruebas al transformador de:

Relación de Transformación,
Factor de Potencia,
Collar Caliente,
Factor de Disipación,
Corriente de Excitación,
Medición de Capacitancia,
Resistividad al Suelo,
Resistencia de la Tierra Física,
Pruebas al Aceite y
TTR

BIBLIOGRAFÍA

1. Safford, Edgard. Instalaciones e iluminación para Hogares y Oficina, México, Limusa, 1995.
2. Avallone, Eugene. Manual de Ingeniero Eléctrico, novena edición, Colombia, Mc Graw-Hill, 1997.
3. Harper, Enrique. Manual de instalaciones Residenciales, México, Limusa, 1989.
4. Harper, Enrique. El ABC de las instalaciones Eléctricas. Editorial Limusa. Tercera edición, 1994.
5. Méndez, Luis. Guía para el manual de instalaciones, Facultad de Ingeniería 2000.