



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

ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO S-6 DEL  
CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA

**Bayron Armando Cuyan Culajay**

Asesorado por el Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj

Guatemala, mayo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO S-6 DEL  
CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INENIERÍA  
POR

**BAYRON ARMANDO CUYAN CULAJAY**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ALBERTO QUIJIVIX RACANCOJ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, MAYO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Enríque Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
EXAMINADOR	Carlos Alberto Quijivix Racancoj
SECRETARIO	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 S-6 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, con fecha agosto de 2005.

Bayron Armando Cuyan Culajay

## **AGRADECIMIENTO A**

<b>Dios</b>	Por ser mí guía en la vida y darme la capacidad y fuerza de voluntad necesaria para alcanzar mis metas.
<b>División de servicios generales</b>	Por permitir la realización de este proyecto y la asesoría prestada al mismo.
<b>Facultad de Ciencias Económicas</b>	Por su amplia colaboración en la realización de este proyecto.
<b>Departamento de Física</b>	Por su amistad, apoyo incondicional, y colaboración desinteresada.
<b>Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS</b>	Por su apoyo en la implementación formal del programa de EPS en la Escuela de Ing. Mecánica Eléctrica y por permitirme además cumplir el deseo de impartir un curso en nuestra gloriosa Facultad.
<b>Ing. Carlos Quijivix</b>	Por su amistad y el aporte de sus conocimientos y experiencia a través de la asesoría prestada en la realización de este trabajo de graduación.

## **ACTO QUE DEDICO A**

- Mis padres** Pablo Cuyan y María Anita Culajay, como un reconocimiento al apoyo incondicional que me han brindado siempre, sus esfuerzos y dedicación.
- Mis hermanos** Luis, Francisco y Lucía, por su cariño, apoyo y ser los pilares fundamentales en el logro de nuestros sueños.
- Mis amigos** Bayron Bautista, Edwin Ixpata, Fermín González, Fredy Ordóñez, Misael, Alicia, Ilda, Susana, Carol y Luz Maria, con quienes el trabajo en equipo nos ha permitido siempre superar la adversidad y festejar los triunfos alcanzados.
- A usted** Que en algún momento me brindó su apoyo y palabras de aliento para seguir adelante.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	V
<b>GLOSARIO</b> .....	IX
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	XI
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	XI
<b>RESUMEN</b> .....	XIII
<b>OBJETIVOS</b> .....	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XVII

## **1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES**

<b>ELÉCTRICAS ACTUALES</b> .....	1
1.1. Instalaciones.....	1
1.1.1. Caracterización de cargas.....	2
1.1.2. Tableros.....	7
1.1.2.1. Condición actual.....	8
1.1.3. Estado actual y dimensionamiento de conductores.....	13
1.1.3.1. Resistencia de aislamiento.....	14
1.1.3.2. Capacidad, calibre y secciones de conductores eléctricos.....	15
1.1.4. Tuberías.....	17
1.1.5. Protecciones.....	19
1.1.5.1. Prueba de disparo.....	19
1.2. Análisis de redes.....	20
1.2.1. Corrientes.....	20
1.2.2. Voltajes.....	23
1.2.3. Factor de potencia.....	25

1.2.4.	Potencias.....	28
1.2.4.1.	Potencia activa.....	28
1.2.4.2.	Potencia reactiva.....	31
1.2.4.3.	Potencia aparente.....	33
1.2.5.	Análisis de armónicos.....	36
1.2.5.1.	Distorsión armónica THDV.....	36
1.2.6.	Desbalance.....	39
1.3.	Red de tierras.....	41
1.3.1.	Condición actual.....	42
1.3.2.	Medición y determinación de su utilidad.....	42
1.4.	Pararrayos.....	42
1.4.1.	Condición actual.....	43
1.5.	Iluminación.....	43
1.5.1.	Revisión visual.....	44
1.5.2.	Características de las luminarias.....	44
1.5.3.	Iluminación en áreas de parqueo.....	45
1.5.4.	Medición del nivel de iluminación.....	45
1.6.	Instalaciones especiales.....	47
1.6.1.	Equipo electrónico sensible y crítico.....	47
<b>2.</b>	<b>DIAGRAMAS UNIFILARES.....</b>	<b>49</b>
2.1.	Diagrama unifilar de la red eléctrica general.....	49
2.2.	Diagrama unifilar de la sub-red eléctrica.....	52
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>	
	<b>ACTUALES.....</b>	<b>57</b>
3.1.	Cálculo de conductores.....	57
3.1.1.	Cálculo de conductores por caída de tensión.....	57
3.1.2.	Cálculo de conductores por capacidad de corriente.....	64



3.1.3.	Elección del conductor y protecciones.....	69
3.2.	Cálculo de tuberías.....	72
3.3.	Diseño del sistema de iluminación.....	76
3.3.1.	Iluminación de Interiores.....	76
3.3.2.	Iluminación de parqueos.....	88
3.4.	Diseño de red de tierras.....	91
3.5.	Cálculo de pararrayos.....	92
<b>4.</b>	<b>COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....</b>	<b>95</b>
4.1.	Conductores.....	95
4.2.	Canalizaciones.....	99
4.3.	Sistema de iluminación.....	99
4.4.	Red de tierras y pararrayos.....	101
<b>5.</b>	<b>IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO S-6 Y LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....</b>	<b>103</b>
5.1.	Distorsión armónica.....	104
5.2.	Desbalance de tensión.....	106
<b>6.</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL EDIFICIO S-6 AL MERCADO MAYORISTA COMO GRAN USUARIO.....</b>	<b>107</b>
6.1.	Requisitos para la incorporación al Mercado Mayorista.....	108
6.2.	Factibilidad de incorporar el edificio al Mercado Mayorista.....	110
<b>7.</b>	<b>COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS CAMBIOS SUGERIDOS A LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....</b>	<b>111</b>

<b>CONCLUSIONES</b> .....	115
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	117
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	119
<b>ANEXO A</b> .....	121
<b>ANEXO B</b> .....	130
<b>ANEXO C</b> .....	135

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Curva de demanda diaria de potencia activa .....	4
2. Curva de demanda diaria de potencia reactiva .....	4
3. Gráfico corriente en línea uno contra tiempo.....	21
4. Gráfico corriente en línea dos contra tiempo.....	21
5. Gráfico corriente en línea tres contra tiempo.....	21
6. Gráfico corriente en línea neutral contra tiempo.....	22
7. Voltaje en línea uno contra tiempo.....	23
8. Voltaje en línea dos contra tiempo.....	24
9. Voltaje en línea tres contra tiempo.....	24
10. Factor de potencia de L1.....	27
11. Factor de potencia de L2.....	27
12. Factor de potencia de L3.....	27
13. Potencia activa línea uno.....	29
14. Potencia activa línea dos.....	30
15. Potencia activa línea tres.....	30
16. Potencia activa total.....	31
17. Potencia reactiva línea uno.....	32
18. Potencia reactiva línea dos.....	32
19. Potencia reactiva línea tres.....	32
20. Potencia reactiva total.....	33
21. Potencia aparente línea uno.....	34
22. Potencia aparente línea dos.....	34
23. Potencia aparente línea tres.....	35
24. Potencia aparente total.....	35

25. Diagrama unifilar red general entrada USAC periférico.....	50
26. Diagrama unifilar red general entrada USAC Av. Petapa.....	51
27. Diagrama unifilar acometida.....	52
28. Diagrama unifilar distribución primer nivel.....	53
29. Diagrama unifilar distribución segundo nivel.....	54
30. Diagrama unifilar distribución tercer nivel.....	55
31. Características físicas del local.....	77
32. Relación de cavidades.....	78
33. Distribución de luminarias salón 203 (Planta).....	87
34. Distribución de luminarias salón 203 (Elevación, largo).....	87
35. Distribución de luminarias salón 203 (Elevación, ancho).....	88
36. Distribución de luminarias en área de parqueo.....	90
37. Dimensiones del poste y accesorios.....	91
38. Varilla captadora.....	94
39. Gráfica THDV L1 contra tiempo.....	105
40. Gráfica THDV L2 contra tiempo.....	105
41. Gráfica THDV L3 contra tiempo.....	105
42. Gráfica desbalance de tensión contra tiempo.....	106

## **TABLAS**

I. Equipo eléctrico.....	3
II. Tablero principal.....	8
III. Tablero secundario primer nivel.....	9
IV. Tableros auxiliares del primer nivel.....	10
V. Tablero secundario segundo nivel.....	11
VI. Tablero secundario tercer nivel.....	12
VII. Tableros auxiliares del tercer nivel.....	13

VIII.	Valores de resistencia de aislamiento.....	15
IX.	Características de los conductores en tableros secundarios.....	16
X.	Características de los conductores en tableros auxiliares .....	17
XI.	Corrientes máxima y promedio a través de las líneas.....	23
XII.	Desbalance de tensión en porcentaje.....	40
XIII.	Nivel de iluminación y características ambiente.....	46
XIV.	Cálculo de conductores, circuitos derivados primer nivel.....	61
XV.	Cálculo de conductores, circuitos derivados segundo nivel.....	62
XVI.	Cálculo de conductores, acometida y alimentadores.....	62
XVII.	Cálculo de conductores, circuitos derivados tercer nivel.....	63
XVIII.	Cálculo de conductores por corriente, circuitos derivados tercer nivel...66	
XIX.	Cálculo de conductores por corriente, circuitos derivados segundo nivel.....	67
XX.	Cálculo de conductores por corriente, acometida y alimentadores.....	67
XXI.	Cálculo de conductores por corriente, circuitos derivados primer nivel.....	68
XXII.	Calibre de conductor, circuitos derivados segundo nivel.....	69
XXIII.	Calibre de conductor, circuitos derivados tercer nivel.....	70
XXIV.	Calibre de conductor, circuitos derivados primer nivel.....	71
XXV.	Calibre de conductor, acometida y alimentadores.....	72
XXVI.	Área de conductores conducidos en canaleta.....	73
XXVII.	Cantidad de conductores por tubería.....	75
XXVIII.	Relaciones de cavidad y porcentaje de reflectancia.....	79
XXIX.	Porcentaje de reflectancia efectiva para piso y techo.....	80
XXX.	Determinación del coeficiente de utilización.....	81
XXXI.	Determinación del factor de corrección para el coeficiente de utilización.....	98
XXXII.	Comparación de conductores primer nivel.....	96
XXXIII.	Comparación de conductores segundo nivel.....	97

XXXIV. Comparación de conductores tercer nivel.....	98
XXXV. Comparación de conductores alimentadores.....	99
XXXVI. Comparación de niveles de iluminación.....	100
XXXVII. Costo de materiales parqueo.....	111
XXXVIII. Costo de materiales varios.....	111
XXXIX. Costo de materiales primer nivel.....	112
XL. Costo de materiales segundo nivel.....	113
XLI. Costo de materiales tercer nivel.....	113

## GLOSARIO

<b>Canalización</b>	Son los canales, canaletas, ductos o tubos conduit galvanizados por donde se hacen pasar los conductores.
<b>Carga instalada</b>	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectará a la acometida.
<b>Demanda</b>	Es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo, expresada en KW a un factor de potencia determinado
<b>Demanda máxima</b>	Es la máxima demanda que se tiene en una instalación, durante un período de tiempo especificado.
<b>Distorsión armónica</b>	Es la distorsión de la onda senoidal de corriente o tensión eléctrica de frecuencia nominal, ocasionada por la presencia de señales eléctricas senoidales de frecuencias diferentes y múltiples de dicha frecuencia.

<b>Gran usuario</b>	Es un consumidor de energía eléctrica cuya demanda de potencia excede el límite inferior fijado por el Ministerio de Energía y Minas.
<b>Índices de calidad</b>	Son indicadores individuales y/o globales que determinan la calidad la energía eléctrica en el punto de medición.
<b>Instalación eléctrica</b>	Es el conjunto de elementos necesarios para poder conducir u transformar la energía eléctrica para que sea utilizada en las máquinas y aparatos receptores para su utilización final.
<b>Mercado mayorista</b>	Es el conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía que se efectúan a corto y largo plazo entre los participantes del mercado.
<b>Resistencia de tierra</b>	Propiedad de la tierra de oponerse al flujo de corriente eléctrica a través de ella.



## LISTA DE SÍMBOLOS

$\varphi$	Angulo de desfase entre los valores efectivos de voltaje y corriente.
$\infty$	Valor infinito.
%	Valor en porcentaje.
$\Delta$	Intervalo de cambio del valor de una variable.
$\Omega$	Resistencia eléctrica en ohms.

## LISTA DE ABREVIATURAS

AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
Fp	Factor de potencia.
IEEE	Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.
NEC	Código eléctrico nacional de los Estados Unidos de Norteamérica.
NTIE	Normas técnicas para instalaciones eléctricas.
NTSD	Normas técnicas del servicio de distribución.



## **RESUMEN**

En el presente trabajo de graduación se realiza un análisis del estado actual de los diferentes elementos que componen la instalación eléctrica del edificio S-6, dicho análisis incluye entre otras cosas la caracterización y cuantificación de la carga instalada, una recopilación de información respecto de las características y estado de los elementos que componen la instalación y un análisis de la calidad de energía con que se cuenta en el edificio.

En base a la información recabada se realiza un rediseño de las instalaciones eléctricas del edificio, que incluye redimensionamiento de conductores, cálculo de canalizaciones, diseño de puesta a tierra y sistema de pararrayos; también, se realiza un rediseño del sistema de iluminación de los ambientes interiores y exteriores del edificio.

Finalmente se realiza una evaluación al edificio que permite establecer la factibilidad de incorporarse al Mercado Mayorista como Gran Usuario.



## OBJETIVOS

- **General**

Analizar la condición actual de las instalaciones eléctricas del edificio S-6 y; proponer las mejoras correspondientes mediante el rediseño de dichas instalaciones eléctricas.

- **Específicos**

1. Determinar la condición actual de los diferentes elementos que conforman la red eléctrica del edificio.
2. Determinar mediante un análisis de redes la calidad de energía eléctrica que se tiene en el edificio y la influencia de la carga sobre esta.
3. Rediseñar el sistema eléctrico de acuerdo con las condiciones actuales de la carga instalada y la función del edificio.
4. Rediseñar el sistema de iluminación de los ambientes interiores y exteriores del edificio.
5. Evaluar la posibilidad de incorporar al edificio S-6 al Mercado Mayorista como Gran Usuario.



## INTRODUCCIÓN

El aumento constante de la población estudiantil universitaria durante los últimos años, ha hecho necesario que la infraestructura de la universidad principalmente en el campus central, sea modificada para poder atender la demanda creciente de educación superior; esta demanda, ha hecho necesaria la creación de nuevas oficinas de atención al estudiante, centros de investigación, bibliotecas y salones de clases; todas estas modificaciones hechas en los edificios existentes ha provocado que las instalaciones eléctricas de los mismos sean modificadas constantemente sin realizar estudios previos.

En el presente trabajo se realiza un estudio profundo del estado actual de las instalaciones eléctricas del edificio S-6, para determinar las consecuencias que sobre dichas instalaciones han tenido las constantes modificaciones hechas; de igual manera se presenta un rediseño de los principales elementos que componen la instalación eléctrica del edificio, cuya implementación permitirá tener una red eléctrica eficiente y segura, que además prolongará su vida útil.

# **1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES**

## **1.1. Instalaciones**

El edificio S-6 pertenece a la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos, tiene aproximadamente treinta años de estar en funcionamiento, fue construido en un principio con el objetivo de ser utilizado como edificio de aulas, sin embargo, con el transcurso del tiempo se fueron instalando en él una serie de oficinas creadas por la facultad de Ciencias Económicas, entre estas podemos mencionar la oficina del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), la oficina de Prácticas Estudiantiles, la oficina de Problemas Nacionales, el Instituto de investigaciones económicas y sociales (IIES); las cuales se encuentran ubicadas en el tercer nivel de dicho edificio.

El primer nivel se encuadra ocupado por la biblioteca de la facultad que abarca toda el ala norte, la oficina de CEDOCCEE, una imprenta, un salón de clases, un salón de videoconferencias y una cafetería; el segundo nivel es exclusivamente para salones de clases.



### **1.1.1. Caracterización de cargas**

Un alto porcentaje de los elementos y equipo conectados a la red de distribución interna de energía eléctrica del edificio es de carácter inductivo, predominando el sistema de iluminación que esta compuesto por lámparas fluorescentes; por ser un edificio ocupado en su mayoría por oficinas, utiliza un gran número de equipo electrónico de estado sólido, tal es el caso de computadoras, fotocopiadoras de mesa, impresoras y faxes entre otros.

Entre el equipo poco convencional también de carácter inductivo se encuentran ventiladores de techo y de pedestal, iluminación de emergencia, un detector de código instalado en la biblioteca, distribuidores de agua pura (oasis), los proyectores para la iluminación del parqueo y la bomba de agua que surte el líquido en los tres niveles del edificio.

El edificio también cuenta con dos ambientes en los cuales se utiliza equipo eléctrico que constituye una carga considerablemente alta para la instalación eléctrica del mismo; uno de ellos lo constituye la imprenta que es la encargada de elaborar las diferentes publicaciones de la Facultad, exámenes, libros, etc. la cual cuenta con una fotocopiadora, una máquina offset y una guillotina, equipo considerado también como carga inductiva por la utilización de motores y elementos electrónicos para su funcionamiento; el otro ambiente considerado que posee también carga inductiva, es una pequeña sala para refaccionar ubicada en el tercer nivel del edificio, la cual cuenta con un refrigerador y un horno de microondas.

Dentro del poco equipo considerado como de carácter resistivo se encuentran los secadores de manos instalados en los sanitarios, cafeteras y un tostador de pan.

La siguiente tabla muestra la descripción y características del equipo eléctrico utilizado en el edificio.

**Tabla I. Equipo eléctrico**

Descripción	Voltaje nominal (volts)	Potencia (watts)
Bomba de agua	220	2984
Cafetera	110	1090
Computadora	120	350
Detector de código	120	200
Extractor de aire	110	375
Fotocopiadora de mesa	120	430
Fotocopiadora de piso	120	1430
Guillotina	115	900
Horno de Microondas	110	1700
Impresora	120	80
Lámpara fluorescente	120	80
Lámpara fluorescente	120	40
Maquina offset	115	1300
Oasis	110	600
Proyector halógeno	120	800
Refrigerador	115	200
Secadora de manos	120	1800
Tostador de pan	120	1100
Ventilador de pedestal	120	85
Ventilador de techo	120	70

Las siguientes figuras muestran las curvas de demanda de potencia activa y reactiva diaria del edificio S-6 que definen el comportamiento de la carga en función del tiempo a lo largo del día; puede observarse que el período de menor demanda de potencia se da entre las 23:00 hrs. y las 07:00 horas, mientras que el período de mayor demanda esta entre las 18:00 y las 21:00 hrs.

**Figura 1. Curva de demanda diaria de potencia activa**



**Figura 2. Curva de demanda diaria de potencia reactiva**



Las características de la carga del edificio, así como, el cálculo de los diferentes factores que la describen se muestran a continuación; los datos empleados en los cálculos se obtuvieron de las tablas A-4 y A-5, mientras que las ecuaciones se encuentran en la bibliografía consultada.

- Factor de potencia de 0.87 en promedio.
- Frecuencia de 60 Hertz
- Una carga instalada de 97.13 Kilowatts.
- La energía consumida durante el día es de 374.9 KWh.
- La demanda máxima (Dmax) es de 42.7 KW.

La demanda promedio se encuentra mediante la siguiente ecuación:

$$DP = \frac{\text{Energía consumida en el periodo}}{\text{No. horas del periodo}} \quad \text{Ec. 1.1}$$

Donde:

DP: demanda promedio

Aplicando esta ecuación se obtiene que la demanda promedio es de:

$$DP = \frac{374.9 \text{ KWh}}{24 \text{ h}} = 15.62 \text{ KW}$$

El factor de carga se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{DP}{D_{\max}} \quad \text{Ec. 1.2}$$

Donde:

DP: demanda promedio

Dmax: demanda máxima

Aplicando esta ecuación se obtiene que el valor del factor de carga es de:

$$F_c = \frac{15.62 \text{ KW}}{42.7 \text{ KW}} = 0.37$$

El factor de carga indica la forma en que se utiliza el equipo eléctrico de una instalación, el valor de 0.37 obtenido indica que la demanda de potencia no es uniforme a lo largo del tiempo, esto se observa claramente en la curva de demanda de potencia activa

El factor de pérdidas que es igual al porcentaje de tiempo requerido por la demanda máxima para producir las mismas pérdidas que se tienen por la demanda real en un lapso definido, se obtienen mediante la siguiente ecuación:

$$Fp = \frac{\sum_0^{24} Phr^2}{24 * D_{\max}^2} * 100(\%) \quad \text{Ec. 1.3}$$

Donde:

Phr: demanda por unidad de tiempo

Dmax: demanda máxima

Aplicando esta ecuación se obtiene que el factor de pérdidas para la instalación eléctrica del edificio es de:

$$Fp = \frac{10222.7}{24 * 42.7^2} * 100(\%) = 23.4\%$$

El valor de 23.4% para el factor de perdidas del edificio es aceptable ya que indica que el desperdicio de energía es bajo y existe una relativa eficiente utilización del equipo eléctrico.

### **1.1.2. Tableros**

El diseño original del sistema eléctrico del edificio contemplaba un tablero de distribución principal el cual contiene los interruptores termo magnéticos que alimentan a los tableros de distribución secundarios ubicados uno en cada nivel.

### 1.1.2.1. Condición actual

En la entrada oeste del primer nivel se localiza el tablero de distribución principal, encargado de alimentar los tableros secundarios, dicho tablero se encuentra alimentado por un sistema trifásico de cuatro conductores tipo AWG THW calibre número 250 MCM desde un banco de transformadores trifásico con capacidad de 75 KVA conectado en delta-estrella montado en un poste a 75 metros del tablero, el cual proporciona un voltaje nominal en el secundario de 120/208 v. La potencia instalada en cada uno de los circuitos se determino realizando un inventario de cargas en todos los ambientes del edificio. El tablero principal se encuentra alterado con derivaciones hacia tableros auxiliares que salen de los bornes de alimentación de las barras, lo que ha provocado un deterioro de dichos bornes, los tres interruptores que alimentan los tableros secundarios se encuentran en buen estado. La siguiente tabla muestra la distribución de los circuitos alimentados por el tablero principal.

**Tabla II. Tablero principal**

No.	Descripción	Voltaje (volts)	Potencia instalada	Protección (amperios)
Circuito 1	Alimentación Primer nivel	208	36197 VA	3 x 100
Circuito 2	Alimentación Segundo nivel	208	31313 VA	3 x 100
Circuito 3	Alimentación Tercer nivel	208	40413 VA	3 x 100

Junto al tablero principal se encuentra ubicado el tablero secundario del primer nivel; este tablero se encuentra alimentado desde el tablero principal por conductores tipo AWG THW calibre número 2, está compuesto por veinticuatro polos de los cuales catorce son circuitos de iluminación, ocho de fuerza y el resto están vacíos.

Actualmente presenta un desorden en la colocación de los conductores dentro del tablero, además existen derivaciones hacia tableros auxiliares desde sus bornes; todos los interruptores se encuentran en buen estado. La siguiente tabla muestra una descripción detallada de los circuitos que se derivan de este tablero.

**Tabla III. Tablero secundario primer nivel**

No.	Descripción	Voltaje (volts)	Potencia instalada	Protección (amperios)
Circuito 1	Iluminación biblioteca	120	1440 W	1 x 40
Circuito 2	Iluminación biblioteca	120	1440 W	1 x 40
Circuito 3	Iluminación biblioteca, CEDOCCEE	120	1200 W	1 x 40
Circuito 4	Iluminación salón 104, entrada este, fuerza 104	120	1665 VA	1 x 20
Circuito 5	Iluminación salón 105, sanitarios	120	1080 W	1 x 15
Circuito 6	Iluminación salón 105, 106, 107, fuerza 106, 107	120	1965 VA	1 x 20
Circuito 7	Fuerza salón 105	120	450 VA	1 x 30
Circuito 8	Iluminación emergencia corredor	120	400 W	1 x 30
Circuito 9	Iluminación gradas entrada oeste	120	80 W	1 x 30
Circuito 10	Fuerza CEDOCCEE, biblioteca	120	1800 VA	1 x 15
Circuito 11	Iluminación corredor	120	360 W	1 x 20
Circuito 12	Iluminación corredor	120	1040 W	1 x 30
Circuito 13	Iluminación exterior	120	1520 W	1 x 30
Circuito 14	Iluminación exterior	120	1520 W	1 x 15
Circuito 15	Secadora de manos	120	1500 W	1 x 30
Circuito 16	Fuerza salón 105	120	450 VA	1 x 15
Circuito 17	Fuerza cafetería	120	600 VA	1 x 15
Circuito 18	Fuerza Imprenta	120	300 VA	1 x 20
Circuito 19	Detector de Código	120	200 W	1 x 20
Circuito 20	Iluminación entrada oeste	120	660 W	1 x 20
Circuito 21	Iluminación corredor	120	880 W	1 x 15
Circuito 22	Caseta de fotocopias	120	1500 VA	1 x 20

Existen en total cinco tableros auxiliares distribuidos en el primer nivel del edificio, estos se encuentran alimentados desde el tablero principal y secundario por conductores que se encuentran expuestos (sin canalización) en algunos sectores.



El primero se encuentra ubicado a un costado del tablero de distribución secundario y de él se derivan los circuitos que alimentan el sistema de iluminación de emergencia y los ventiladores de la biblioteca; es alimentado por conductores tipo AWG TW calibre No. 8. El segundo tablero es alimentado por conductores tipo AWG TW calibre No. 14, está destinado a alimentar una serie de computadores ubicadas en el pasillo norte destinadas a ser utilizadas por los estudiantes como centro de información. El tercer tablero ubicado en el cuarto de máquinas en el lado este, alimenta la bomba de agua del edificio, está alimentado por conductores tipo AWG TW calibre No. 12. Los tableros auxiliares cuatro y cinco se encuentran ubicados en la imprenta en el lado sur del edificio, ambos son alimentados con conductores tipo AWG TW calibre No. 8, estos tableros están destinados a proveer la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de las máquinas propias de la imprenta. Todos los tableros y sus interruptores se encuentran en buen estado. La siguiente tabla muestra la descripción de los circuitos alimentados por cada uno de estos tableros.

**Tabla IV. Tableros auxiliares del primer nivel**

No.	Descripción	Voltaje (volts)	Potencia instalada	Protección (amperios)
<b>Tablero auxiliar No. 1</b>				
Circuito 1	Iluminación emergencia biblioteca	120	2400 W	1 x 30
Circuito 2	Ventiladores	120	400 W	1 x 30
<b>Tablero auxiliar No. 2</b>				
Circuito 1	Computadoras pasillo	120	1750 W	1 x 20
<b>Tablero auxiliar No. 3</b>				
Circuito 1	Bomba de agua	208	2984 W	2 x 40
<b>Tablero auxiliar No. 4</b>				
Circuito 1	Fuerza imprenta	208	3000 VA	3 x 30
Circuito 2	Extractor de aire en imprenta	120	375 W	1 x 20
Circuito 3	Fuerza imprenta	120	150 VA	1 x 30
<b>Tablero auxiliar No. 5</b>				
Circuito 1	Fotocopiadora en imprenta	120	1430 W	1 x 20
Circuito 2	Fuerza imprenta	120	150 VA	1 x 20

Junto a las gradas del segundo nivel en el lado oeste del edificio encuentra ubicado el tablero secundario del segundo nivel, del cual se derivan los circuitos que alimentan los sistemas de iluminación interior y fuerza del segundo nivel. Este tablero se encuentra alimentado desde el tablero principal por conductores tipo AWG THW calibre No. 2, está compuesto por veinticuatro polos de los cuales trece son circuitos de iluminación, siete de fuerza y el resto están vacíos, este tablero es el que se encuentra en mejores condiciones ya que no ha sido alterado, también sus interruptores se encuentran en buen estado. La siguiente tabla muestra una descripción detallada de los circuitos que se derivan de este tablero.

**Tabla V. Tablero secundario segundo nivel**

No.	Descripción	Voltaje (volts)	Potencia instalada	Protección (amperios)
Circuito 1	Iluminación salón 208	120	1200 W	1 x 20
Circuito 2	Iluminación salón 207, sanitarios, gradas este	120	1400 W	1 x 20
Circuito 3	Fuerza cubículos ala norte	120	2400 VA	1 x 15
Circuito 4	Iluminación salón 212	120	1280 W	1 x 20
Circuito 5	Iluminación salones 204, 205	120	1440 W	1 x 20
Circuito 6	Iluminación salón 202	120	1200 W	1 x 20
Circuito 7	Iluminación pasillo	120	1560 W	1 x 30
Circuito 8	Iluminación pasillo	120	1560 W	1 x 20
Circuito 9	Iluminación salones 209, 210	120	1440 W	1 x 20
Circuito 10	Iluminación salón 206, sanitarios	120	1680 W	1 x 20
Circuito 11	Iluminación salón 203, cubículos ala norte	120	1360 W	1 x 20
Circuito 12	Iluminación salones 201, 212A, gradas oeste	120	1520 W	1 x 20
Circuito 13	Fuerza salones 204, 205, 206	120	1500 VA	1 x 20
Circuito 14	Fuerza salones 201, 202, 203, 204	120	2100 VA	1 x 20
Circuito 15	Fuerza cubículos ala sur	120	2400 VA	1 x 15
Circuito 16	Fuerza salones 207, 208, 209	120	1500 VA	1 x 20
Circuito 17	Fuerza salones 209, 210, 211, 212	120	2100 VA	1 x 20
Circuito 18	Iluminación salón 211, cubículos ala sur	120	1360 W	1 x 20
Circuito 19	Fuerza salón 212 <sup>a</sup>	120	450 VA	1 x 20
Circuito 20	Iluminación de emergencia	120	920 W	1 x 15

El tablero secundario del tercer nivel se encuentra ubicado junto a las gradas del lado oeste, de él se derivan los circuitos que alimentan los sistemas de iluminación interior y fuerza del tercer nivel, además, de sus bornes de alimentaciones deriva la alimentación de los tableros auxiliares instalados en este nivel. Este tablero se encuentra alimentado desde el tablero principal por conductores tipo AWG THW calibre No. 2, esta compuesto por veinticuatro polos de los cuales trece son circuitos de iluminación, siete de fuerza y el resto están vacíos, el tablero se encuentra en buen estado, únicamente los conductores que se derivan a los tableros auxiliares no están correctamente ubicados, todos los interruptores se encuentran en buen estado. La siguiente tabla muestra una descripción detallada de los circuitos que se derivan de este tablero.

**Tabla VI. Tablero secundario tercer nivel**

No.	Descripción	Voltaje (volts)	Potencia instalada	Protección (amperios)
Circuito 1	Iluminación oficina 309, sanitarios, gradas este	120	1400 W	1 x 20
Circuito 2	Iluminación oficina 310	120	1200 W	1 x 20
Circuito 3	Iluminación Auditorium, cubículos ala norte	120	1360 W	1 x 20
Circuito 4	Iluminación biblioteca IIES, of. Problemas Nac.	120	1440 W	1 x 20
Circuito 5	Iluminación IIES	120	1200 W	1 x 20
Circuito 6	Iluminación oficinas 311, 312	120	1440 W	1 x 20
Circuito 7	Iluminación oficina 314	120	1280 W	1 x 20
Circuito 8	Iluminación oficina 313, cubículos ala sur	120	1360 W	1 x 20
Circuito 9	Iluminación Practicas estudiantiles, sanitarios	120	1680 W	1 x 20
Circuito 10	Iluminación pasillo	120	1560 W	1 x 40
Circuito 11	Iluminación pasillo	120	1560 W	1 x 30
Circuito 12	Iluminación IIES, EPS, gradas oeste	120	1520 W	1 x 20
Circuito 13	Fuerza EPS	120	450 VA	1 x 15
Circuito 14	Fuerza cubículos ala sur	120	2400 VA	1 x 15
Circuito 15	Fuerza practicas estudiantiles, of. Problemas Nac.	120	1200 VA	1 x 30
Circuito 16	Fuerza biblioteca, auditorium, oficinas IIES	120	2100 VA	1 x 30
Circuito 17	Iluminación de emergencia	120	920 W	1 x 15
Circuito 18	Fuerza salones 311, 312, 313, 314	120	2100 VA	1 x 15
Circuito 19	Fuerza cubículos ala norte	120	4300 VA	1 x 15
Circuito 20	Fuerza oficinas 309, 310, 311	120	1500 VA	1 x 20

Los primeros dos tableros auxiliares que existen en el tercer nivel están ubicados junto al tablero secundario y son los encargados de alimentar los proyectores que iluminan el parqueo del edificio y la zona de circulación en el lado oeste. Estos tableros son alimentados con conductores tipo AWG TW calibre No. 12, un tercer tablero auxiliar se encuentra ubicado en las oficinas del IIES en el lado noroeste, de él se derivan los circuitos que alimentan el sistema de iluminación de las oficinas y los circuitos de fuerza; dicho tablero se alimenta con conductores tipo AWG TW calibre No. 8; estos tableros son relativamente nuevos por lo que su estado de conservación es bueno y también el de sus interruptores. La siguiente tabla muestra una descripción detallada de estos tableros.

**Tabla VII. Tableros auxiliares del tercer nivel**

No.	Descripción	Voltaje (volts)	Potencia instalada	Protección (amperios)
<b>Tablero auxiliar No. 1</b>				
Circuito 1	Iluminación parqueo	120	1600 W	1 x 30
<b>Tablero auxiliar No. 2</b>				
Circuito 1	Iluminación parqueo	120	800 W	1 x 20
<b>Tablero auxiliar No. 3</b>				
Circuito 1	Iluminación oficinas IIES	120	2160 W	1 x 20
Circuito 2	Fuerza oficinas IIES	120	2700 VA	1 x 20

### **1.1.3. Estado actual y dimensionamiento de conductores**

Para poder determinar el estado actual y dimensionamiento de los conductores, se realizó una inspección visual y pruebas de resistencia de aislamiento las cuales se consideran de carácter no destructivo.

### **1.1.3.1. Resistencia de aislamiento**

La forma de verificar el estado del aislamiento de los conductores, es realizar una prueba de resistencia de aislamiento, la cual pretende determinar la capacidad del aislamiento de oponerse a una corriente de conducción o fuga de corriente cuando se aplica un voltaje entre las partes vivas y las partes metálicas conectadas a tierra.

La prueba se realizó utilizando un megger y empleando como base el procedimiento de medición planteado por el autor Neagu Bratu en su libro de Instalaciones Eléctricas, el cual consistió en lo siguiente: primero, se desconectó el interruptor principal del tablero que contiene los circuitos bajo prueba; luego se colocaron todos los interruptores termo magnéticos del tablero y todos los apagadores de los circuitos derivados en posición encendido (ON); finalmente se verificó que todos los tomacorrientes estuvieran libres. Luego de cumplir con los pasos anteriores se procedió a realizar la medición de aislamiento la cual se realizó entre los conductores vivos de la instalación y las partes metálicas y conductores neutrales de la misma.

Utilizando la escala más grande de las dos posibles (medición en Megaohms) cuyos últimos dos indicadores eran 500 MΩ y el valor infinito ( $\infty$ ); los resultados obtenidos de la medición en diferentes circuitos en los tres niveles del edificio fueron siempre superiores a los 500 MΩ; estos resultados indican que el aislamiento de los conductores se encuentran en buen estado dado que aun conservan sus propiedades aislantes.

Lo anterior se fundamenta de acuerdo a los valores mínimos establecidos por la norma NTIE (1981) la cual establece valores mínimos de resistencia de aislamientos recomendados para instalaciones eléctricas los cuales se muestran en la siguiente tabla, y que en el caso del edificio correspondería a un valor de resistencia de aislamiento de 1 MΩ, dado que la mayoría de conductores utilizados en la instalación son calibre No. 12.

**Tabla VIII. Valores de resistencia de aislamiento**

<b>Instalación</b>	<b>Resistencia de Aislamiento (ohms)</b>
Para circuitos con conductores No. 14 o No. 12 AWG	1,000,000
Para circuitos con conductores No. 10 o mayores y con capacidad de conducción de corriente de:	
25 a 50 A	250,000
51 a 100 A	100,000
101 a 200 A	50,000
201 a 400 A	25,000
401 a 800 A	12,000
mas de 800 A	5,000

Fuente: Neagu Bratu. **Instalaciones Eléctricas**. Pág. 198

### **1.1.3.2. Capacidad, calibre y secciones de conductores eléctricos**

Para determinar el área de la sección transversal del conductor y su capacidad de conducción de corriente se utilizaron las tablas B-1 y B-2 del anexo B, las cuales muestran el área de la sección transversal en circular mil (CM) y en milímetros cuadrados, además de la capacidad de conducción para dos tipos de material aislante con un rango de temperatura determinado.

Los circuitos que se derivan del tablero de distribución principal son tipo THW AWG calibre número 2, con una sección transversal de 33.6 milímetros cuadrados y una capacidad de conducción de 115 amperios a 75 °C. Las características de los conductores utilizados en los diferentes circuitos en los tableros secundarios del edificio se muestran en la siguiente tabla; todos los conductores son tipo TW AWG y la capacidad de conducción indicada esta dada para una temperatura de operación de 60 °C.

**Tabla IX. Características de los conductores en tableros secundarios**

No. Circuito	Conductor TW	Área (mm <sup>2</sup> )	Capacidad de conducción (amperios)
Tablero Secundario del primer nivel			
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22	12	3,3	20
8, 9, 10, 15, 17	10	5,3	30
Tablero Secundario del segundo nivel			
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 19, 20	12	3,3	20
13, 14, 16, 17	8	8,4	40
Tablero Secundario del tercer nivel			
Todos	12	3,3	20

Los conductores empleados en los circuitos derivados de los diferentes tableros auxiliares han sido elegidos de manera empírica considerando únicamente la carga que deben alimentar. La siguiente tabla muestra las características de dichos conductores tipo TW AWG, la capacidad de conducción indicada esta dada para una temperatura de operación de 60 °C.

**Tabla X. Características de los conductores en tableros auxiliares**

No. Circuito	Conductor TW	Área (mm <sup>2</sup> )	Capacidad de conducción (amperios)
Tablero auxiliar No. 1 primer nivel			
1, 2	12	3,3	20
Tablero auxiliar No. 2 primer nivel			
1	14	2,1	15
Tablero auxiliar No. 3 primer nivel			
1	14	2,1	15
Tablero auxiliar No. 4 primer nivel			
1	8	8,4	40
2, 3	12	3,3	20
Tablero auxiliar No. 5 primer nivel			
1	8	8,4	40
2	12	3,3	20
Tablero auxiliar No. 1 tercer nivel			
1	12	3,3	20
Tablero auxiliar No. 2 tercer nivel			
1	12	3,3	20
Tablero auxiliar No. 3 tercer nivel			
1, 2	12	3,3	20

#### **1.1.4. Tuberías**

El sistema de canalizaciones eléctricas en el edificio es bastante variado y se ajusta a los requerimientos de espacio necesarios de acuerdo con la cantidad de conductores que pasan por él. La conexión entre el tablero de distribución principal y los tableros de distribución secundarios del primero y segundo nivel se hace con tubería conduit negro de dos pulgadas de diámetro empotrada en el muro; la conexión con el tablero del tercer nivel se hace con tubería conduit negro de una pulgada y media de diámetro también empotrada, por lo que no presentan problemas de corrosión y además posee alta resistencia mecánica.



La tubería sobrepuesta en cielo y empotrada en losa para los circuitos de iluminación es de tipo ducton de media pulgada de diámetro cuando por ella pasan no más de tres conductores y de  $\frac{3}{4}$  pulgada si pasan cuatro o más conductores; este tipo de tubería posee una pared de aproximadamente la mitad del grosor de la pared de un tubo conduit negro, por lo que su resistencia mecánica es menor.

Las canalizaciones a los diferentes salones, oficinas y demás servicios, parten de un distribuidor general que consiste en una canaleta cuadrada de cuatro pulgadas de lado la cual parte del tablero de distribución secundario y recorre el nivel formando un anillo sobre el pasillo del mismo. Este tipo de canalización consiste en canales de lámina pintada de gris o bien lámina galvanizada, de sección cuadrada o rectangular con tapadera atornillada. La ventaja de este tipo de canalización sobre la tubería convencional es la facilidad de alambrado y una mayor eficiencia de conducción de conductores ya que posee una mejor disipación de calor.

La canalización de los circuitos de fuerza se lleva a cabo mediante tubería ducton empotrada en piso, de media pulgada si conducen uno o dos circuitos y de  $\frac{3}{4}$  pulgada si conducen dos o más circuitos. La distribución a los diferentes tableros auxiliares se hace con tubo pvc eléctrico o poliducto; los cuales presentan la ventaja de ser más económicos que los tubos metálicos, el tubo pvc es estéticamente aceptable cuando se utiliza sobrepuesto como en este caso, ambos tipos de tubo tienen la desventaja de ser malos conductores del calor y pueden funcionar como un aislamiento térmico, lo cual impide que el calor producido por los conductores sea transmitido al ambiente reduciendo considerablemente la capacidad de conducción de corriente de los mismos.

### **1.1.5. Protecciones**

El único tipo de protección con que cuenta la instalación eléctrica del edificio son los interruptores termo magnéticos instalados en los diferentes tableros que conforman la instalación, estos interruptores están diseñados para abrir el circuito en forma automática cuando ocurre una sobrecarga. Los interruptores en los tableros secundarios están respaldados por un interruptor principal ubicado en el tablero de distribución principal, existiendo uno para cada tablero secundario. Los interruptores utilizados en los diferentes tableros se describieron anteriormente en la sección de tableros del presente capítulo.

#### **1.1.5.1. Prueba de disparo**

Las pruebas se realizaron al azar en algunos de los interruptores termo magnéticos instalados en los diferentes tableros con el objetivo de verificar el funcionamiento de los mismos bajo condiciones de falla. En primer lugar se verifico la respuesta del interruptor bajo la presencia de un cortocircuito, esta prueba fue realizada únicamente en circuitos de fuerza que se encuentran fuera de servicio y el corto circuito se provocó poniendo en contacto los extremos de los conductores vivo y neutro del circuito a través de un fusible con capacidad de corto circuito mayor al del interruptor para protección de la instalación en caso de que este último no funcionara correctamente. La segunda prueba realizada fue para verificar la respuesta de los interruptores ante la presencia de una sobrecarga, para ellos se coloco a los circuitos bajo prueba una carga que demandara una corriente superior a la nominal del interruptor.

En ambas pruebas realizadas los interruptores respondieron en forma satisfactoria, verificando de esta manera que los éstos se encuentran en buen estado pues aun conservan sus propiedades de operación.

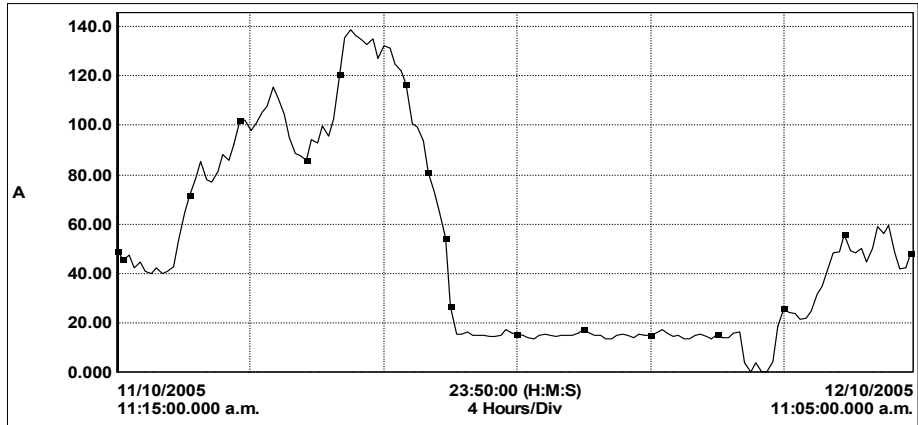
## **1.2. Análisis de redes**

Para determinar la calidad de energía con la que cuenta el edificio S-6 se realizó un análisis de los principales factores eléctricos que intervienen en este aspecto. Para realizar dicho análisis se utilizó un equipo de medición de calidad de energía proporcionado por la división de servicios generales de la USAC quien además proporcionó asesoría para su correcta utilización, el equipo de medición estuvo conectado durante 24 horas continuas a la red eléctrica interna del edificio proporcionando los datos tabulados en las tablas del anexo A y las graficas que se muestran en los siguientes apartados.

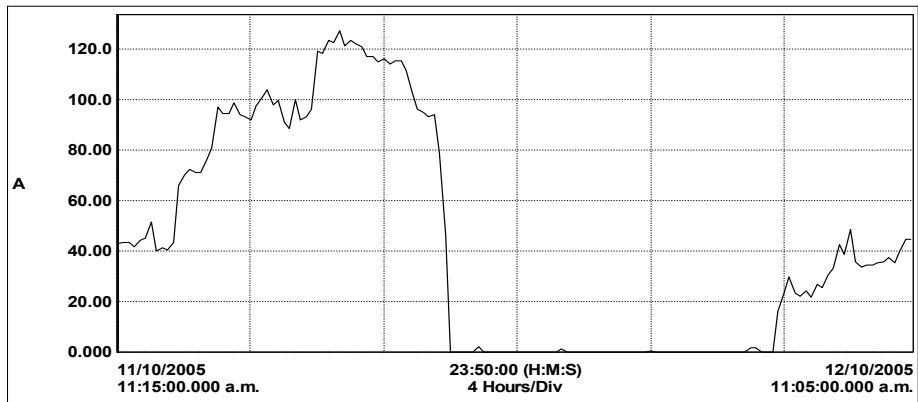
### **1.2.1. Corrientes**

La circulación de corriente en las líneas se incrementa entre las quince horas y las veintiuna horas como se observa en la tabla 3 de la sección de anexos; esto se debe a que es durante este período que se utiliza el 100% de la iluminación y entran en funcionamiento todas las oficinas del tercer nivel. Las siguientes figuras muestran el comportamiento de la circulación de corriente en las líneas vivas y neutral durante el período de medición.

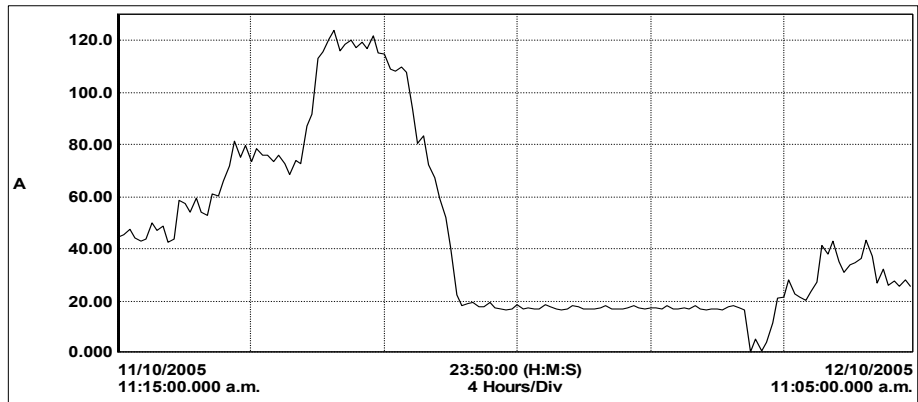
**Figura 3. Gráfico corriente en línea uno contra tiempo**



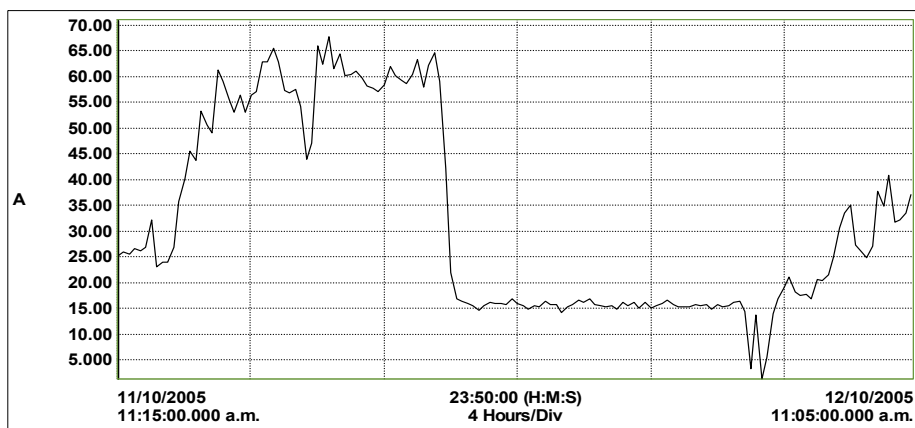
**Figura 4. Gráfico corriente en línea dos contra tiempo**



**Figura 5. Gráfico corriente en línea tres contra tiempo**



**Figura 6. Gráfico corriente en línea neutral contra tiempo**



Como puede observarse en las figuras anteriores, el flujo de corriente en las líneas uno y tres es bastante simétrico, la corriente que circula por la línea dos es nula o insignificante durante la noche y parte de la madrugada, por lo que es durante este período que existe un desbalance de carga en las líneas, esto se debe a que aunque la carga está igualmente distribuida entre las tres líneas, los horarios en que estas están en funcionamiento no son coincidentes. La circulación de corriente a través de la línea neutral se debe a que casi el 100% de la carga instalada es monofásica y como puede observarse su comportamiento es similar a la que circula por las líneas vivas

La corriente máxima que circula a través de cada una de ellas es aproximadamente la misma y ocurre relativamente a la misma hora (dentro de un intervalo de treinta minutos), de igual forma, la corriente promedio que circula a través de las tres líneas es bastante parecida, esto muestra que el desbalance aparente en las líneas ocurre porque el horario de operación de las diferentes cargas no está distribuido equitativamente. Un resumen de estos valores se muestra en la siguiente tabla.

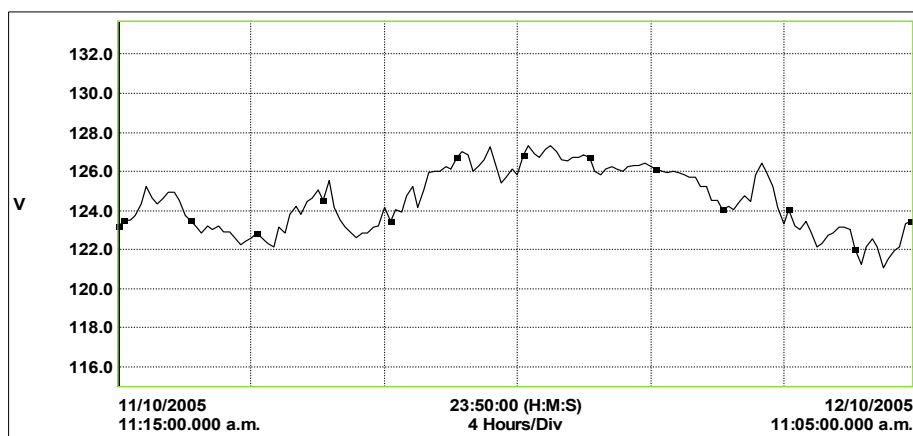
**Tabla XI. Corrientes máxima y promedio a través de las líneas**

Línea	Corriente máxima (Amperios)	Hora	Corriente promedio (Amperios)
Línea 1	138.4	06:15 p.m.	49.91
Línea 2	127.2	05:55 p.m.	42.76
Línea 3	123.5	05:45 p.m.	44.71
Línea Neutral	67.6	05:35 p.m.	32.03

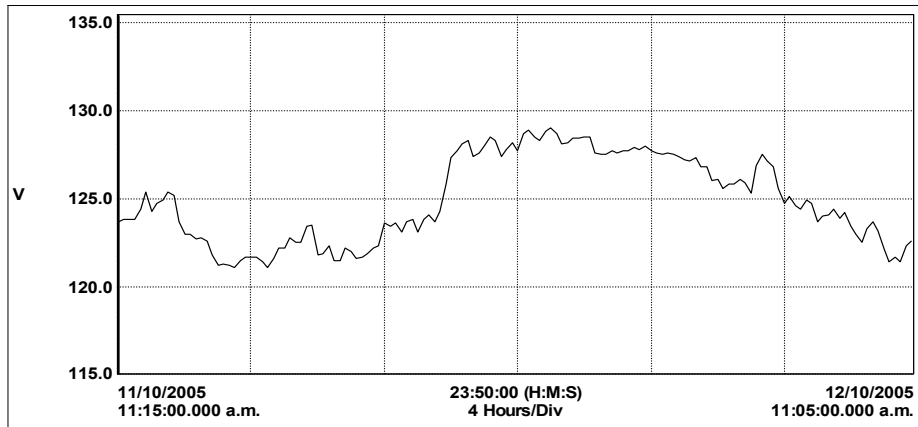
### 1.2.2. Voltajes

El nivel de voltaje tiene un comportamiento similar en las tres líneas a lo largo del tiempo, como se muestra en las siguientes figuras, se puede observar que el nivel de voltaje permanece siempre superior al valor nominal de 120 voltios, la línea uno presenta un rango de variación de 121 a 127 voltios, en la línea dos el rango de variación es de 121 a 129 voltios, la línea tres es la que presenta la mayor variación del nivel de voltaje respecto del valor nominal, encontrándose su rango de variación entre 127 y 132 voltio, al igual que en el caso de la corriente estos valores evidencian una mala distribución de la carga en las líneas a lo largo del día.

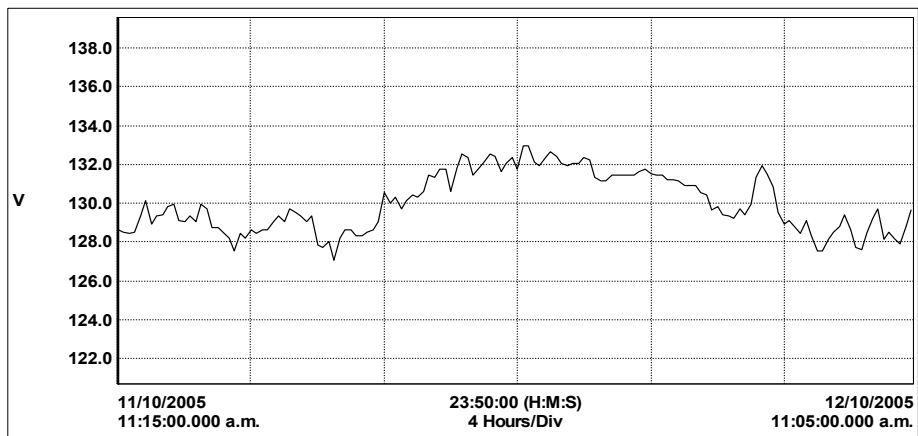
**Figura 7. Voltaje en línea uno contra tiempo**



**Figura 8. Voltaje en línea dos contra tiempo**



**Figura 9. Voltaje en línea tres contra tiempo**



Para determinar la calidad de la energía con que se cuenta, se recurre a cálculo del índice de calidad de regulación de tensión (IRT) establecido en las normas técnicas del servicio de distribución (NTSD), cuyo procedimiento es el siguiente:

$$IRT(\%) = \frac{|V_k - V_n|}{V_n} * 100 \quad \text{Ec. 1.4}$$

Donde:

V<sub>k</sub>: nivel de tensión en un intervalo de medición k

V<sub>n</sub>: nivel de tensión nominal

Las NTSD establecen en su cuadro de tolerancia admisible respecto del valor nominal (ver tabla B-3 en anexo B) tres valores de tolerancia admisibles dependiendo de la etapa en la que se encuentre; dichos valores para un servicio urbano en baja tensión son de 12%, 10% y 8% para las etapas de transición, régimen del mes uno al doce y régimen del mes trece en adelante respectivamente. Dada las condiciones bajo las cuales se realizaron las mediciones en el edificio, este puede ubicarse en este momento en una etapa de transición por lo que el índice de tolerancia admisible es del 12% y como puede observarse en la tabla A-3 del anexo A, en ningún momento es sobrepasado este rango de tolerancia permitido.

### **1.2.3. Factor de potencia**

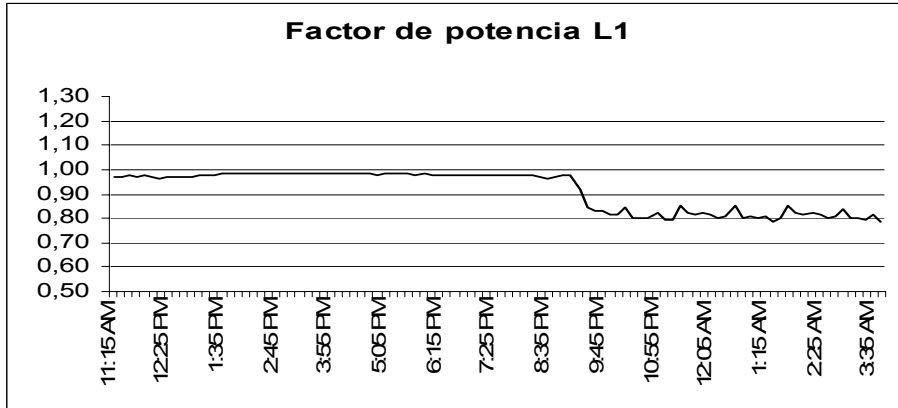
La empresa eléctrica de Guatemala, establece en sus normas para acometidas de servicio eléctrico XII edición que en ningún caso el factor de potencia del usuario debe ser menor al 85% (F<sub>p</sub>=0.85); los resultados obtenidos de la medición muestran que durante los períodos en los cuales más del 80% de la carga instalada esta operando, el factor de potencia en las fases permanece dentro del rango establecido por la norma.



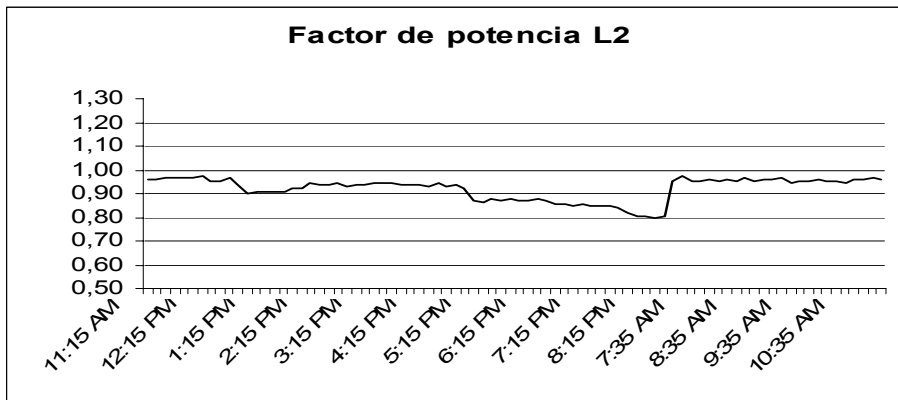
Durante los periodos de bajo consumo de energía se produce un desbalance de carga en las líneas lo que provoca que el factor de potencia individual de las líneas caiga por debajo del límite permitido; durante los periodos en los cuales el flujo de corriente en las fases tiende a cero, no son tomados en cuenta por el equipo de medición y se obtiene un factor de potencia de cero, por lo tanto estos valores no son tomados en cuenta para la graficación del factor de potencia de las diferentes fases. Los datos completos de la medición del factor de potencia pueden observarse en la tabla A-4 del anexo A.

El factor de potencia de la línea uno es bastante estable alrededor de 0.98 para un período prolongado de tiempo, luego cae durante los periodos de bajo consumo para permanecer estable alrededor de 0.82; el factor de potencia de la línea dos es mas variable que el de la línea uno aunque siempre permanece dentro del rango establecido por la norma; en el caso del factor de potencia de la línea tres, este permanece estable alrededor de 0.90 durante la tarde, sin embargo durante el período de máximo consumo de energía (entre las 17:00 y las 20:00 hrs.) el factor de potencia cae alrededor del 0.85, luego durante el resto de la noche y parte de la madrugada, el factor de potencia medido está alrededor de 0.68, como se dijo antes esto evidencia un desbalance de carga en las líneas durante este período; el comportamiento del factor de potencia de las diferentes fases durante el período de medición se muestra en las siguientes figuras.

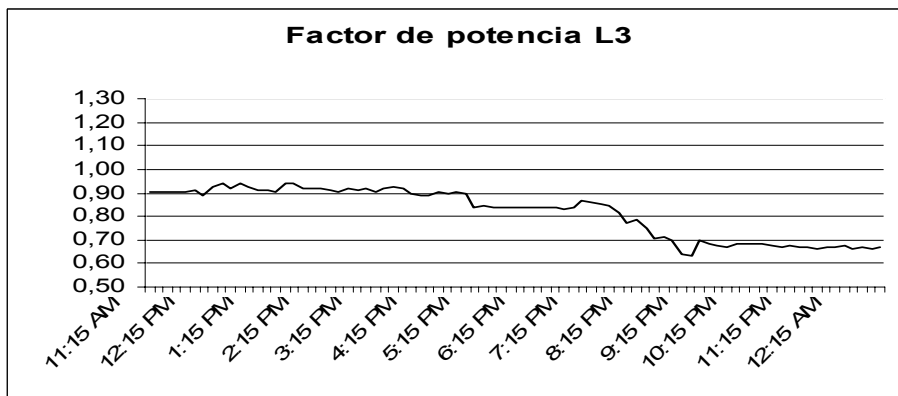
**Figura 10. Factor de potencia de L1**



**Figura 11. Factor de potencia de L2**



**Figura 12. Factor de potencia de L3**



Un promedio de los valores de los factores de potencia medidos de cada una de las fases, muestra que la línea uno tiene un valor promedio de 0.90, la línea dos un promedio de 0.90 y la línea tres un valor promedio de 0.80, tomando en cuenta únicamente valores significativos y eliminando aquellos que por las razones antes mencionadas arrojan un valor de factor de potencia igual o cercano a cero. Estos valores demuestran que efectivamente existe un desbalance de carga en la línea tres respecto de las líneas uno y dos; desbalance que se hace más notorio durante los períodos de bajo consumo de energía.

#### **1.2.4. Potencias**

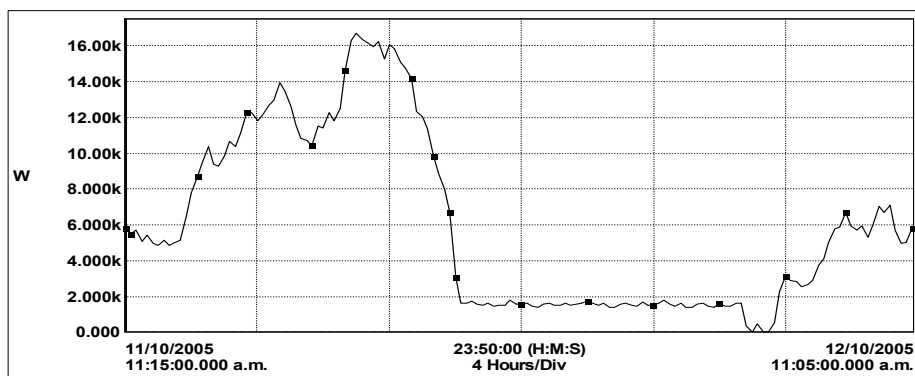
Se obtuvieron durante la medición los valores de las potencias activa, reactiva y aparente para cada una de las fases de manera individual y en conjunto, lo que permite ver el comportamiento de la carga a lo largo del periodo de medición.

##### **1.2.4.1. Potencia activa**

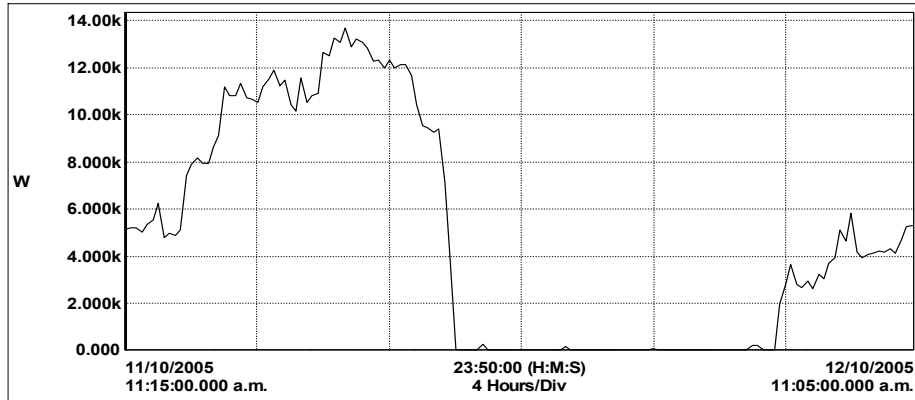
El comportamiento del consumo de potencia activa (P) durante el día es bastante similar, en las tres líneas la potencia activa crece y decrece durante los mismos períodos de tiempo, aunque con valores diferentes.

El consumo de potencia activa en la línea uno se incrementa paulatinamente de las 07:00 hrs. hasta las 19:30 hrs. aproximadamente, hasta un valor de 16.5 KW, durante el resto de la noche y la madrugada el consumo de potencia en esta línea permanece alrededor de 1.5 KW y bajando a cero en algunas ocasiones; el consumo de potencia activa en la línea dos difiere del de la línea uno en que el valor máximo es de 13.5 KW aproximadamente, además durante el período comprendido entre las 21:00 hrs. y las 7:00 hrs. el consumo es aproximadamente de 0KW con pequeños picos a lo largo del período; en la línea tres el consumo de potencia activa es similar al de la línea uno, con incrementos y decrementos durante los mismos periodos de tiempo; pero con un valor máximo de consumo de 13 KW aproximadamente y un consumo de aproximadamente 1.5 KW durante la noche y madrugada. El comportamiento del consumo de potencia activa durante el período de medición se muestra en las siguientes figuras.

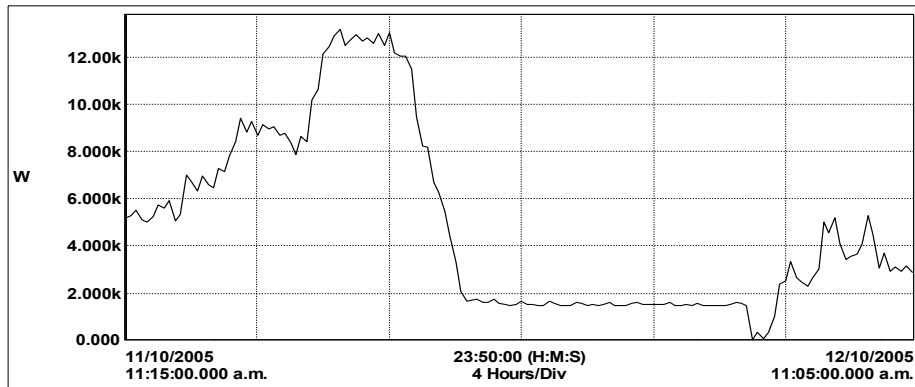
**Figura 13. Potencia activa línea uno**



**Figura 14. Potencia activa línea dos**

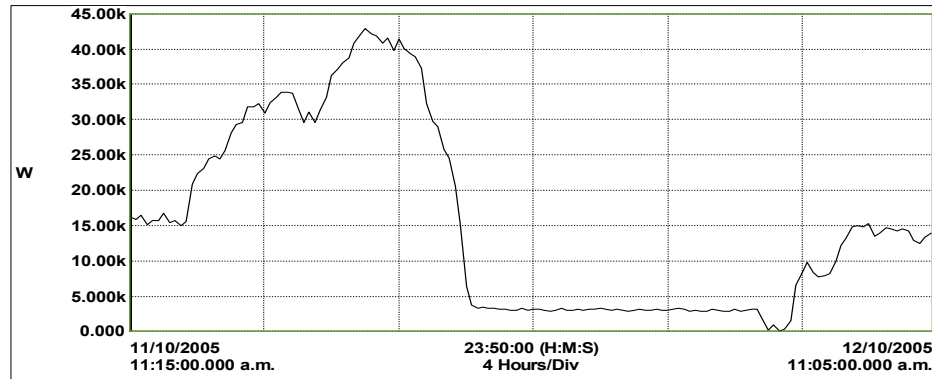


**Figura 15. Potencia activa línea tres**



La siguiente grafica muestra la potencia total consumida por el edificio durante el período de medición, se observa un consumo máximo de aproximadamente 45 KW los datos completos de las potencias individuales y total se muestran en la tabla A-5 del anexo A.

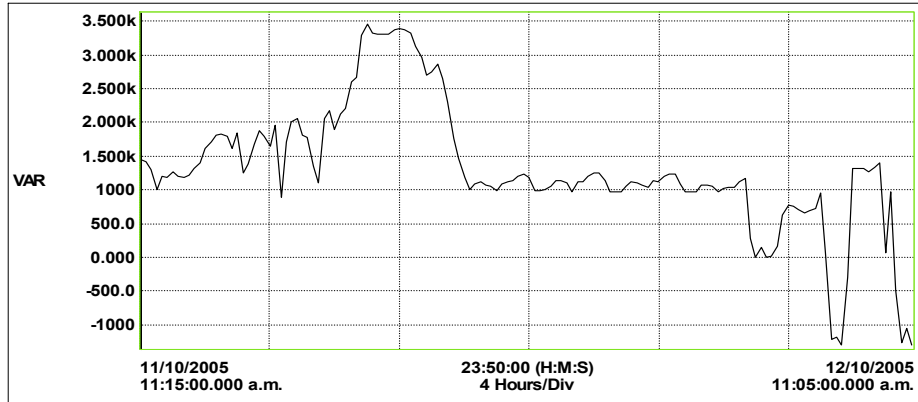
**Figura 16. Potencia activa total**



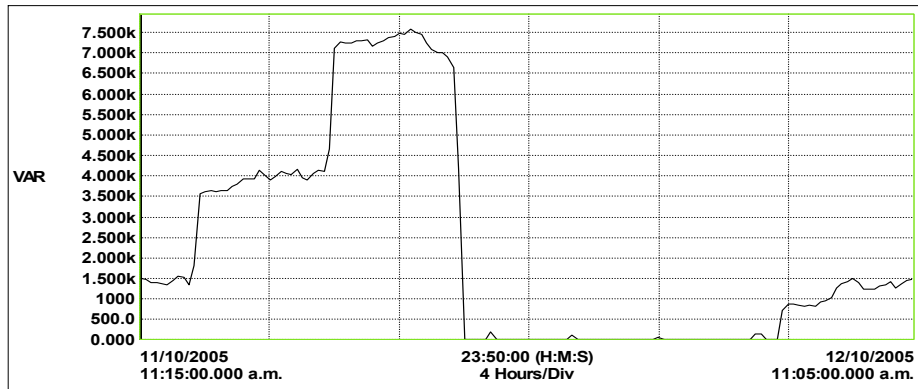
### **1.2.4.2. Potencia reactiva**

El consumo de potencia reactiva es diferente en las tres líneas, lo cual indica que la carga conectada a cada una de ellas posee características muy diferentes en cuanto a la potencia reactiva que consumen, en la línea uno el consumo de reactiva se incrementa entre las 11:00 hrs. y las 19:30 hrs. hasta un valor de aproximadamente 3.5 KVAR, durante el resto de la noche y hasta las 7:00 hrs. aproximadamente el consumo de reactiva esta alrededor de 1.2 KVAR, durante la mañana el consumo de reactiva es oscilante, obteniéndose en algunos casos valores negativos; en la línea dos, el consumo de reactiva se incrementa constantemente entre las 7:00 y las 19:30 hasta un valor máximo de 7.6 KVAR aproximadamente, durante el resto del período el consumo de reactiva tiende a cero; en la línea tres, el consumo de potencia reactiva es similar al consumo de potencia activa de la misma línea, con un incremento gradual entre las 7:00 hrs. y las 19:00 hrs. hasta un valor máximo de 8.5 KVAR aproximadamente, y un valor relativamente constante de aproximadamente 1.7 KVAR durante el resto del período. El comportamiento del consumo de potencia reactiva durante el período de medición se muestra en las siguientes figuras.

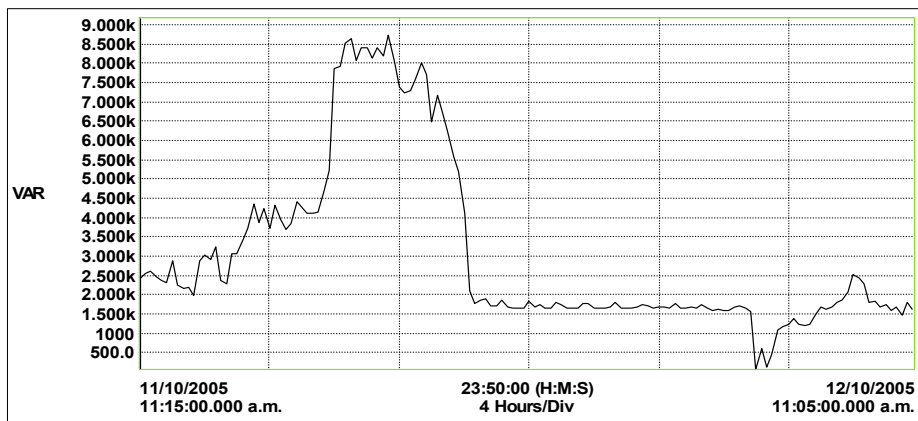
**Figura 17. Potencia reactiva línea uno**



**Figura 18. Potencia reactiva línea dos**

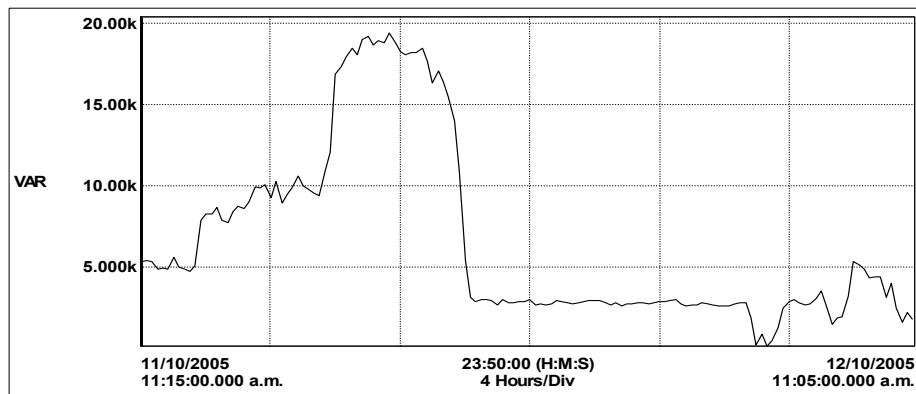


**Figura 19. Potencia reactiva línea tres**



La siguiente grafica muestra el comportamiento de la potencia reactiva total consumida por el edificio, se observa un crecimiento en el consumo entre las 11:00 hrs. y las 19:00 hrs. hasta un valor máximo de aproximadamente 19 KVAR, durante el resto del período el consumo permanece relativamente constante alrededor de 3 KVAR. Los datos completos de la potencia reactiva por fase y total se muestran en la tabla A-6 del anexos A.

**Figura 20. Potencia reactiva total**



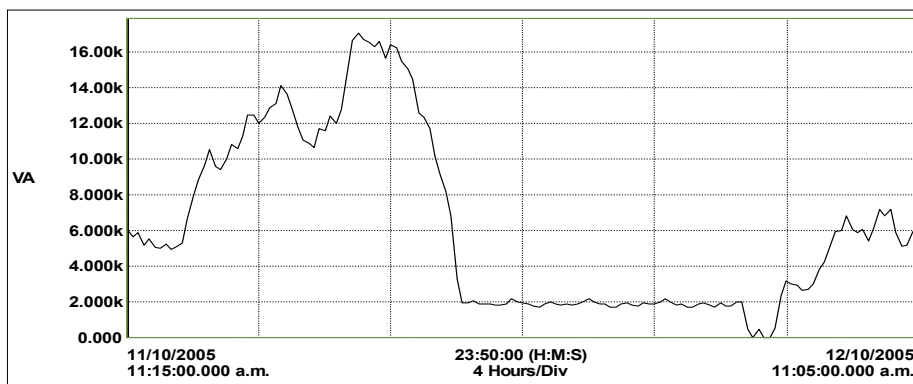
### 1.2.4.3. Potencia aparente

La potencia aparente constituye la suma vectorial de las potencias activa y reactiva, su importancia radica en que es esta potencia la que normalmente se utiliza para calcular la corriente nominal y de cortocircuito que circulara por los conductores, con el fin de dimensionarlos correctamente.

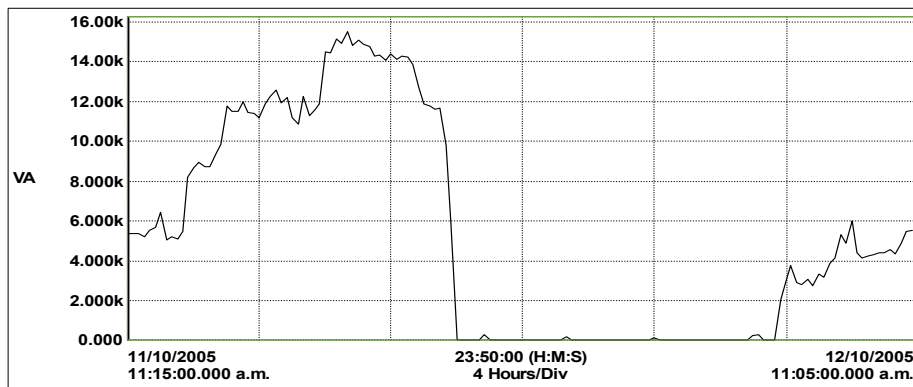


En la línea uno la potencia aparente se incrementa paulatinamente durante el día hasta un valor máximo de aproximadamente 16.5 kVA, mientras que durante la noche y hasta las 7:00 hrs. aproximadamente permanece relativamente constante alrededor de 2 KVA; en la línea dos esta potencia se incrementa constantemente entre 7:00 hrs. y las 19:00 hrs. hasta un valor aproximado de 15.5 KVA, durante el resto del período el consumo es casi nulo; en la línea tres la tendencia es similar al de la línea uno, alcanzando un valor máximo de consumo de aproximadamente 15.5 KVA y permanece relativamente constante entre las 19:00 hrs. y las 7:00 hrs. en un valor de alrededor de 2 KVA. El comportamiento del consumo de potencia reactiva durante el período de medición se muestra en las siguientes figuras.

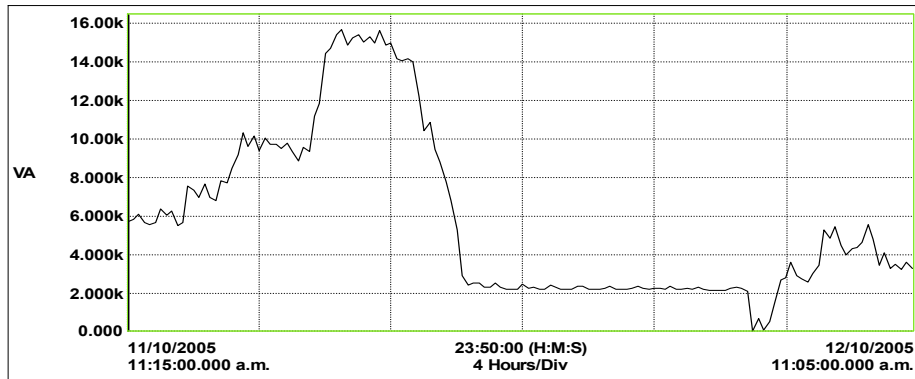
**Figura 21. Potencia aparente línea uno**



**Figura 22. Potencia aparente línea dos**

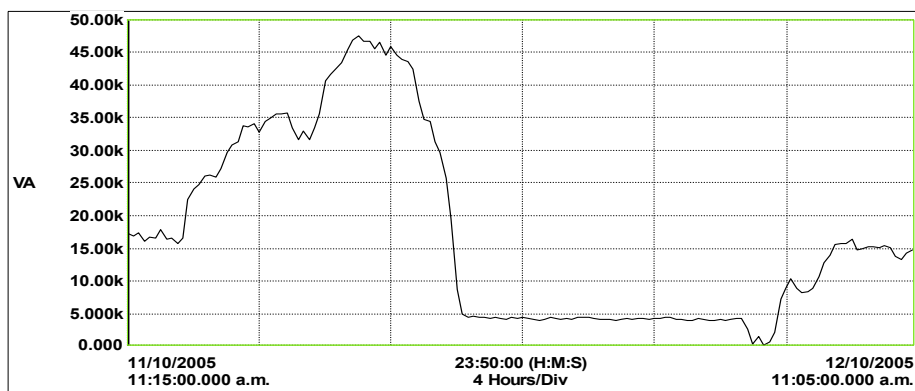


**Figura 23. Potencia aparente línea tres**



La siguiente figura muestra el comportamiento de la potencia aparente total consumida por el edificio durante el período de medición, se observa que se tiene un consumo máximo de aproximadamente 47KVA. Los datos completos de las potencias aparentes de cada fase y total pueden observarse en la tabla A-7 del anexo A.

**Figura 24. Potencia aparente total**



## 1.2.5. Análisis de armónicos

Los armónicos pueden ocasionar una perturbación inaceptable sobre la red de distribución de energía eléctrica, y en consecuencia causar el recalentamiento de motores, cables y transformadores, el disparo de los interruptores automáticos, el sobrecalentamiento (y posible explosión) de capacitores, y también el mal funcionamiento de distintos equipos como computadoras, sistemas de comunicaciones, protección y sistemas de medición, además, los componentes armónicos de frecuencias altas dan lugar a mayores pérdidas por histéresis y por corrientes parásitas en los circuitos magnéticos.

### 1.2.5.1. Distorsión armónica THDV

Para caracterizar la presencia de las armónicas en una onda dada, la comisión nacional de energía eléctrica establece en sus normas técnicas del servicio de distribución (NTSD), el índice de calidad de la distorsión armónica de la tensión (DATT), el cual esta expresado como un porcentaje y calculado mediante la siguiente ecuación:

$$DATT(\%) = \left( \sqrt{\frac{\sum V_i^2}{V_1^2}} \right) * 100 \quad \text{Ec. 1.5}$$

Donde:

DATT = Distorsión armónica total de tensión en porcentaje

$V_i$  = Componente de tensión de la armónica de orden  $i$

$V_1$  = componente de tensión de la frecuencia fundamental (60Hz)

Las NTSD establecen como máximo permisible, una tolerancia del 8% para la distorsión armónica total de tensión (ver tabla B-4 del anexo B), además considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando, en un lapso de tiempo mayor al 5% del correspondiente período de medición.

El artículo 34 de las NTSD establece que los distribuidores deberán indemnizar a sus usuarios por aquellos servicios en los que se compruebe que las condiciones distorsión armónica han excedido las tolerancias establecidas por la norma y se mantendrá hasta que se compruebe, en forma fehaciente, que el problema ha sido resuelto. La indemnización esta basada en función de las desviaciones por encima de las tolerancias establecidas para los índices o indicadores DAIT y DATT, y la energía suministrada en esas condiciones.

Se define como (DPAk) a la distorsión armónica encontrada en cada intervalo de medición  $k$ , por encima de las tolerancias establecidas por la norma, y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$DPAk = \text{Max} \left[ 0, \frac{DATT_{(k)} - DATT}{DATT} \right] + \frac{1}{3} \sum_2^{40} \text{Max} \left[ 0, \frac{DAIT_{i(k)} - DAIT_i}{DAIT_i} \right] \quad \text{Ec. 1.6}$$

Donde:

DPA<sub>k</sub>: es la distorsión penalizable de armónicas para cada intervalo k

DATT<sub>(k)</sub>: es la distorsión armónica total de tensión, registrada en el intervalo k

DATT: es la tolerancia para la distorsión armónica total de tensión

DAIT<sub>(k)</sub>: es la distorsión armónica individual de tensión i, registrada en el intervalo de medición k

DAIT<sub>i</sub>: es la tolerancia para la distorsión armónica individual de tensión i

En cada intervalo de medición (k) registrado con energía suministrada en malas condiciones de calidad (intervalos con DPA mayor que cero), se utilizará el siguiente criterio para la valorización de la energía suministrada en condiciones inadecuadas (A/KWh) para el cálculo de la indemnización:

$0 < DPA_k \leq 1$	$CENS * (DPA_k)^2$	Q/KWh
$1 \leq DPA_k$	CENS	Q/KWh

El monto de la indemnización se determina como:

$$Indemnización(Q) = \sum_{k: DPA_k \leq 1} CENS * (DPA_k)^2 * E(K) + \sum_{k: DPA_k > 1} CENS * E(K) \quad \text{Ec. 1.7}$$

Donde:

E(k): es la energía registrada en cada intervalo de medición k.

En los casos en que los distribuidores verifiquen que alguno de sus usuarios ha excedido las tolerancias establecidas por la norma para la distorsión armónica, el usuario deberá pagar al distribuidor una indemnización determinada en función a la distorsión penalizable individual de armónicas.

Como puede observarse en la tabla A-8 del anexo A, en ningún punto de la medición realizada en el edificio, fue excedido el rango de tolerancia para la distorsión armónica de voltaje establecido por las NTSD, por lo que se considera que en este aspecto la instalación eléctrica del edificio no presenta ningún problema.

### **1.2.6. Desbalance**

El desbalance de voltaje es otro factor importante a considerar en el análisis de la red eléctrica, ya que permite identificar una mala distribución de la carga y la calidad de la energía eléctrica con la que se cuenta. Las NTSD establecen un índice de calidad del desbalance de la tensión, utilizado para evaluar el desbalance de tensión en servicios trifásicos, el cual se determina sobre la base de comparación de los valores eficaces (RMS) de tensión de cada fase; este índice está expresado como un porcentaje y se encuentra mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta DTD(\%) = \left( \frac{3(V_{\max} - V_{\min})}{(V_a + V_b + V_c)} \right) * 100 \quad \text{Ec. 1.8}$$

Donde:

$\Delta$ DTD(%): Porcentaje de desbalance de tensión

Vmax: Tensión máxima de cualquiera de las fases, registrada en el intervalo K

Vmin: Tensión mínima de cualquiera de las fases, registrada en el intervalo k

Va: Tensión de la fase a, registrada en el intervalo de medición k

Vb: Tensión de la fase b, registrada en el intervalo de medición k

Vc: Tensión de la fase c, registrada en el intervalo de medición k

La tolerancia admitida por las NTSD aplicables al distribuidor sobre el desbalance de tensión en los puntos de entrega de energía es del 3%, (ver tabla B-5 en anexo B) y considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando, en un lapso de tiempo mayor al 5% del correspondiente al total del período de medición, se ha excedido el rango de tolerancia admitido.

**Tabla XII. Desbalance de tensión en porcentaje**

Tensión	Desbalance de tensión, $\Delta$ DTD, en %
	Etapas de régimen, a partir del mes 13
Baja y media	3
Alta	1

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Normas Técnicas del servicio de distribución

En la tabla A-3 del anexo A, puede observarse que para el 100% de las mediciones realizadas, el rango de tolerancia para el desbalance de tensión establecido por las NTSD ha sido excedido. En promedio el valor del índice de tolerancia obtenido es de 4.66%, que representa un exceso sobre la norma de 1.66%.

Aunque el valor medido de los índices de tolerancia, exceden el rango establecido por las normas, debe considerarse que los rangos establecidos por dicha norma, son aplicables para la etapa de régimen, a partir del mes 13, mientras que como se determino en apartados anteriores, en este momento el edificio se ubica en una etapa de transición, por lo que el índice puede considerarse aceptable en este momento, y refleja únicamente un desbalance en la carga conectada en las fases.

### **1.3. Red de tierras**

En toda instalación eléctrica debe existir una adecuada conexión a tierra, que permita brindar protección a las personas y equipos que entren en contacto con dicha instalación; esta conexión puede realizarse a través de una toma de tierra que consiste en un electrodo enterrado en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor o bien mediante un sistema de tierras, que consiste en una red de conductores eléctricos unidos a una o más tomas de tierra y provistos de una o varias terminales a las que pueden conectarse puntos de la instalación. La empresa eléctrica de Guatemala, en sus normas para acometidas de servicio eléctrico, establece que para instalaciones residenciales con consumos mayores de 30 amperios, el neutro de la instalación debe estar conectado sólidamente a tierra, esta norma es aplicable también a edificios y centros comerciales. La norma especifica que el conductor de tierra no será menor que el calibre No. 8 AWG cobre; y los electrodos de tierra podrán ser varillas de cobre con una longitud mínima de 2.5 metros y 5/8" de diámetro o bien varillas de acero galvanizado de 6 pies de largo y diámetro de 5/8".



### **1.3.1. Condición actual**

Actualmente el edificio cuenta con una conexión sólida a tierra mediante varillas de cobre de dimensiones normalizadas por la empresa eléctrica en diferentes puntos de la instalación.

### **1.3.2. Medición y determinación de su utilidad**

Las NTIE (1981) establecen que para que una conexión a tierra sea segura, el valor de la resistencia a tierra no debe ser mayor de 25 ohms; al realizar la medición de la resistencia de tierra con equipo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, se determinó que la resistencia de tierra al rededor del edificio S-6 es de 1.15 ohms, con una resistividad del terreno de 33.02 ohms\*metro. Dado que el valor de resistencia de tierra está muy por debajo del máximo recomendado, no se hace necesaria la instalación de una red de tierras compleja, por lo que son suficientes los electrodos de toma a tierra con los que cuenta actualmente.

## **1.4. Pararrayos**

Los pararrayos se utilizan como protección contra descargas atmosféricas provocadas por la presencia de nubes cargadas positiva o negativamente por efecto de la fricción entre el aire y gotas de agua.

Un sistema de pararrayos consiste en barras o electrodos metálicos puntiagudos colocados en las partes superiores de los objetos a proteger; deben interconectarse entre sí y al sistema de tierras.

#### **1.4.1. Condición actual**

Actualmente el edificio S-6 no cuenta con ningún sistema de pararrayos, sin embargo, aunque el área geográfica en la cual se encuentra se considera de bajo nivel isoceraunico (promedio de días con lluvia al año en que se forman tormentas con posibilidad de descargas atmosféricas), la colocación de pararrayos es recomendable para proteger el equipo de oficina y a las personas que puedan estar en contacto con la instalación eléctrica o partes metálicas del edificio.

### **1.5. Iluminación**

La característica principal que debe poseer todo sistema de iluminación artificial es la de ser capaz de producir luz de un modo eficaz, es decir, produciendo una aceptable cantidad de flujo luminoso (lúmenes) por cada vatio consumido. El estado actual del sistema de iluminación interior y exterior del edificio S-6 se determino realizando las actividades que se detallan a continuación.

### **1.5.1. Revisión visual**

Un recorrido por las instalaciones del edificio S-6 permitió determinar que el sistema de iluminación utilizado para todos los ambientes, es el de iluminación general el cual permite distribuir los puntos de luz de un modo regular sobre toda la superficie del techo para proporcionar una iluminancia horizontal con valores próximos al nivel medio preestablecido con un aceptable grado de uniformidad; el estado físico de las luminarias es bueno, con un 90% de las lámparas en funcionamiento. La distribución del número de luminarias por ambiente esta en función de las dimensiones del mismo, de esta manera se tienen salones de clase y oficinas con nueve, doce, quince o dieciséis luminarias; los pasillos interiores cuentan con un circuito de 66 lámparas a lo largo del mismo, todo el sistema de iluminación es sobrepuesto a excepción de las luminarias del pasillo exterior las cuales se encuentran empotradas en losa.

### **1.5.2. Características de las luminarias**

Las luminarias, propician la distribución del flujo luminoso emitido por las lámparas para dirigirlo hacia determinadas direcciones (reflectores) o para atenuar el deslumbramiento, ocultando parcial o totalmente la visión de la lámpara (difusores). Las luminarias instaladas en los ambientes interiores como salones, bibliotecas, servicios sanitarios y la mayoría de las oficinas son luminarias con dos lámparas fluorescentes de 40 watts cada una, sin pantalla difusora, solamente algunas oficinas del tercer nivel del edificio cuentan con luminarias de dos lámparas de 40 watts con pantalla difusora.

En los pasillos interiores se utilizan luminarias tipo listón con una lámpara fluorescente de 40 watts por luminaria, también sin difusor. El pasillo exterior esta iluminado con luminarias de cuatro lámparas fluorescentes de 20 watts cada una.

### **1.5.3. Iluminación en áreas de parqueo**

El edificio cuenta con un parqueo en el lado este del mismo, el cual se encuentra iluminado con un sistema de iluminación compuesto por dos proyectores halógenos de 800 watts cada uno de haz ancho (adecuados a las edificaciones bajas) ubicados en los extremos del techo del edificio. Los proyectores están compuestos por una carcasa de acero y sistemas ópticos (reflectores) de aluminio. Cuentan también con un cristal templado que se dispone con juntas de neopreno para favorecer la estanqueidad de aparato y la fijación de cierre de cristal plano. Para facilitar su ubicación a una altura determinada y su orientación, los proyectores se sustentan en soportes y están dotados de rótulas orientables.

### **1.5.4. Medición del nivel de iluminación**

Para determinar la condición actual del nivel de iluminación en los diferentes ambientes del edificio, se utilizo un luxometro con el cual se realizo un muestreo de la nivel de iluminación (luxes) en los mismos, cuyos resultados y características de los ambientes se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla XIII. Nivel de iluminación y características ambiente**

Ambiente	Iluminación lux	Colores ambiente			Dimensiones		
		Techo	Piso	Pared	Largo metros	Ancho metros	Altura metros
<b>Primer Nivel</b>							
Cafetería	210	Gris	Gris	Crema	8.80	8.80	3.00
Imprenta	123	Gris	Gris	Verde claro	8.80	5.20	3.00
Salón 105	231	Gris	Gris	Crema	18.00	8.80	3.00
Salón 104	240	Gris	Gris	Crema	14.20	8.80	3.00
Entrada oeste	85	Gris	Gris	Crema	9.00	5.20	3.00
Sanitarios	50	Blanco	Gris	Gris	4.30	2.50	3.00
Biblioteca	179	Gris	Gris	Crema	36.00	8.80	3.00
CEDOCCEE	126	Blanco	Gris	Rosado	8.80	5.20	3.00
Entrada este	132	Gris	Gris	Crema	9.00	3.40	3.00
Pasillo interior de norte a sur	86	Gris	Gris	Crema	12.50	2.50	3.00
Pasillo interior de este a oeste	86	Gris	Gris	Crema	27.00	2.50	3.00
Pasillo exterior de norte a sur	33	Gris	Gris	Crema	39.00	2.50	3.00
Pasillo exterior de este a oeste	30	Gris	Gris	Crema	48.20	2.50	3.00
Gradas oeste a segundo nivel	32	Gris	Gris	Crema	5.30	5.00	3.00
Gradas este a segundo nivel	30	Gris	Gris	Crema	5.00	4.30	3.00
<b>Parqueo</b>							
Parqueo este	41				40.00	30.00	
<b>Segundo Nivel</b>							
Salón 201, 207	221	Gris	Gris	Crema	10.70	8.70	3.00
Salón 202, 206, 208, 212	257	Gris	Gris	Crema	10.60	10.60	3.00
Salón 203, 204, 205, 209, 210, 211	219	Gris	Gris	Crema	8.80	7.80	3.00
Salón 212 <sup>a</sup>	213	Gris	Gris	Crema	8.80	3.40	3.00
Pasillo de norte a sur	86	Gris	Gris	Crema	18.00	2.50	3.00
Pasillo de este a oeste	86	Gris	Gris	Crema	27.00	2.50	3.00
Cubículos	184	Gris	Gris	Crema	2.50	2.50	3.00
Sanitarios	50	Blanco	Gris	Gris	4.30	3.30	3.00
Gradas oeste a tercer nivel	35	Gris	Gris	Crema	5.30	5.00	3.00
Gradas este a tercer nivel	33	Gris	Gris	Crema	5.00	4.30	3.00
<b>Tercer Nivel</b>							
Salón 309	223	Gris	Gris	Crema	10.60	8.80	3.00
Oficina 310	218	Gris	Gris	Celeste	10.60	10.60	3.00
Oficina 314, practicas estudiantiles	214	Gris	Gris	Crema	10.60	10.60	3.00
Oficinas 311, 312, 313	221	Gris	Gris	Crema	8.80	7.80	3.00
Problemas nacionales, auditorium	221	Gris	Gris	Crema	8.80	7.80	3.00
Sanitarios	50	Blanco	Gris	Gris	4.30	3.30	3.00
Biblioteca	192	Gris	Gris	Crema	8.80	7.80	3.00
IIES	238	Gris	Gris	Verde claro	21.40	19.30	3.00
EPS	215	Gris	Gris	Crema	8.80	3.40	3.00
Cubículos norte	186	Gris	Gris	Verde claro	2.50	2.50	3.00
Cubículos sur	192	Gris	Gris	Crema	2.50	2.50	4.00
Pasillo de norte a sur	86	Gris	Gris	Crema	18.00	2.50	3.00
Pasillo de este a oeste	86	Gris	Gris	Crema	27.00	2.50	3.00

## **1.6. Instalaciones especiales**

Se considera una instalación especial, aquella que necesita un tratamiento particular en cuanto al suministro de energía eléctrica que requiere para su operación, tal como, la instalación de reguladores de tensión y corriente, supresores de picos, fuentes continuas de energía (UPS), etc.

### **1.6.1. Equipo electrónico sensible y crítico**

Dentro de las instalaciones del edificio, el salón 105 (primer nivel ala sur), se encuentra equipado con un sistema de audiovisuales, el cual cuenta con el siguiente equipo:

- 4 televisores
- 2 cámaras de video
- 8 bocinas
- 2 receptores multicanal
- 1 regulador de sonido

Este equipo se encuentra alimentado a través dos flipones de 20 amperios cada uno desde un tablero 220 monofásico solidamente aterrizado ubicado en el mismo salón; sin embargo la alimentación del tablero, así como el control de las cámaras de video procede del edificio S-8, por lo que este sistema se considera ajeno a la instalación eléctrica propia del edificio S-6.



## **2. DIAGRAMAS UNIFILARES**

Un diagrama unifilar es un diagrama simplificado de un sistema eléctrico, el cual indica por medio de líneas y símbolos como están conectados los diferentes circuitos y elementos de la red eléctrica en estudio.

### **2.1. Diagrama unifilar de la red eléctrica general**

En las siguientes figuras se muestran los diagramas unilaterales correspondientes a los ramales del sistema eléctrico Nacional que alimenta los diferentes edificios del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Como puede observarse, la Universidad es alimentada por dos ramales, el primero ingresa por la entrada del anillo periférico, mientras que el segundo ingresa por la avenida Petapa; ambos ramales son líneas de distribución en alta tensión de 13.8 KV, estos ramales se interconectan dentro de la universidad a través de currillas seccionadoras.



Figura 25. Diagrama unifilar red general entrada USAC periférico

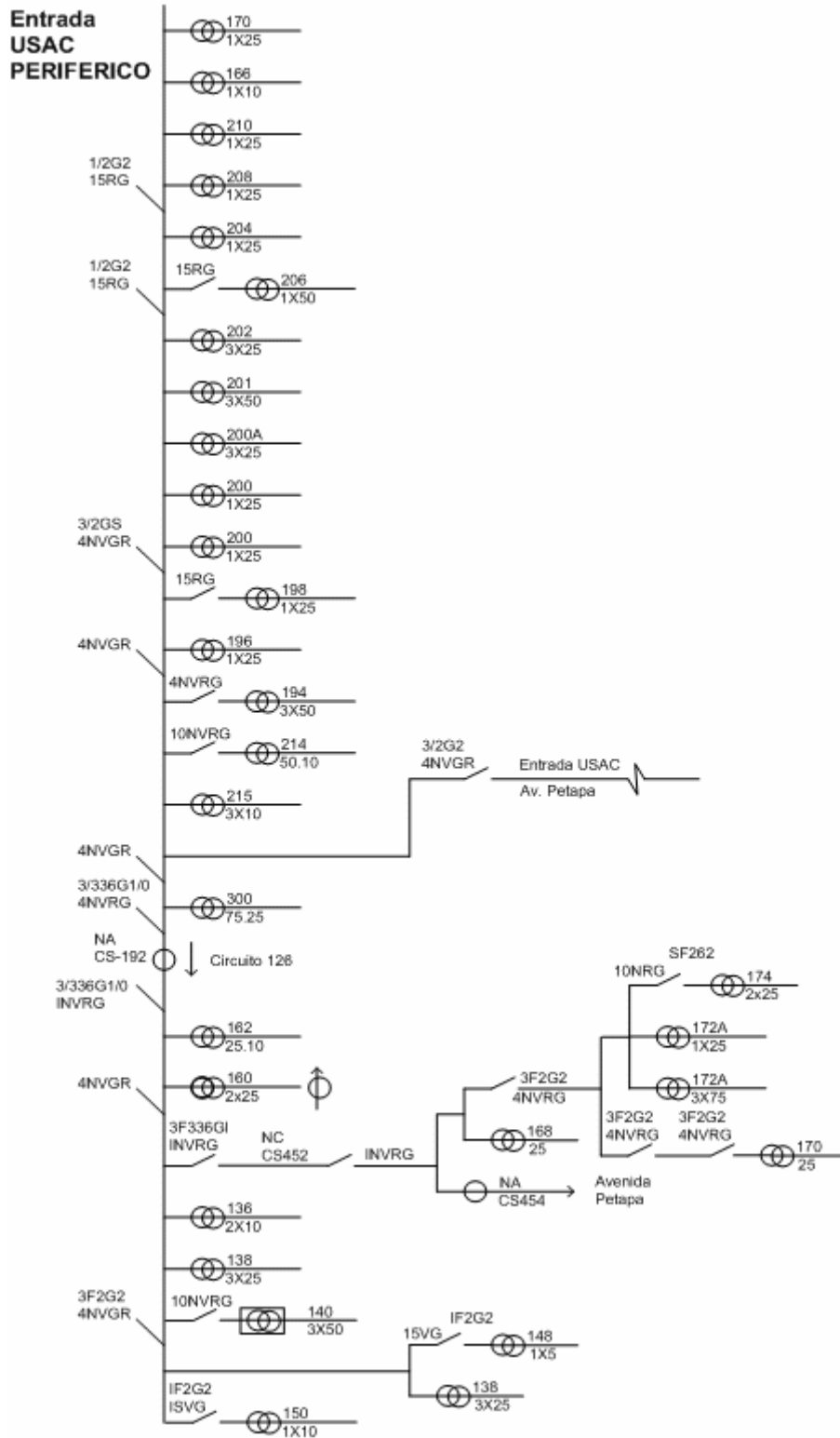
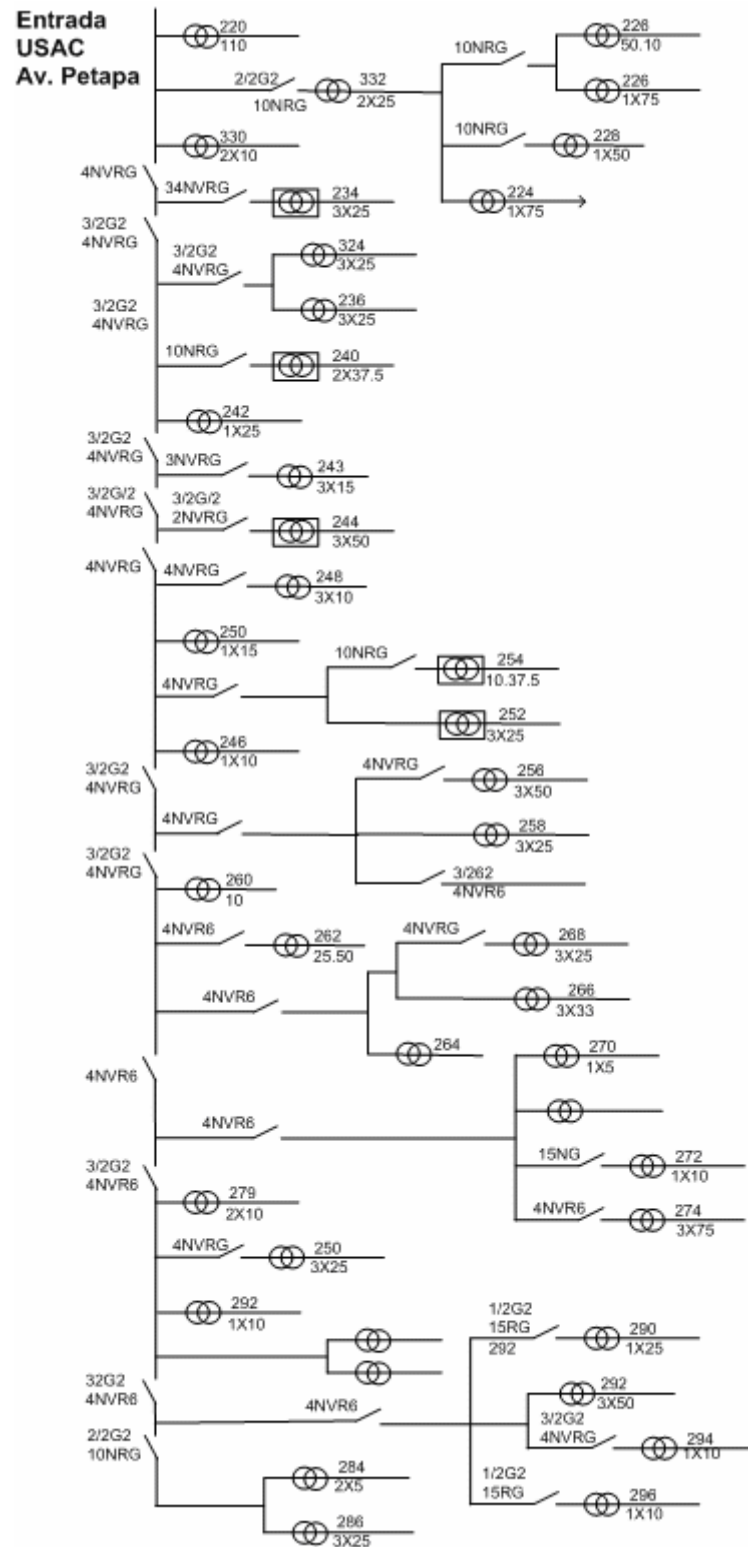


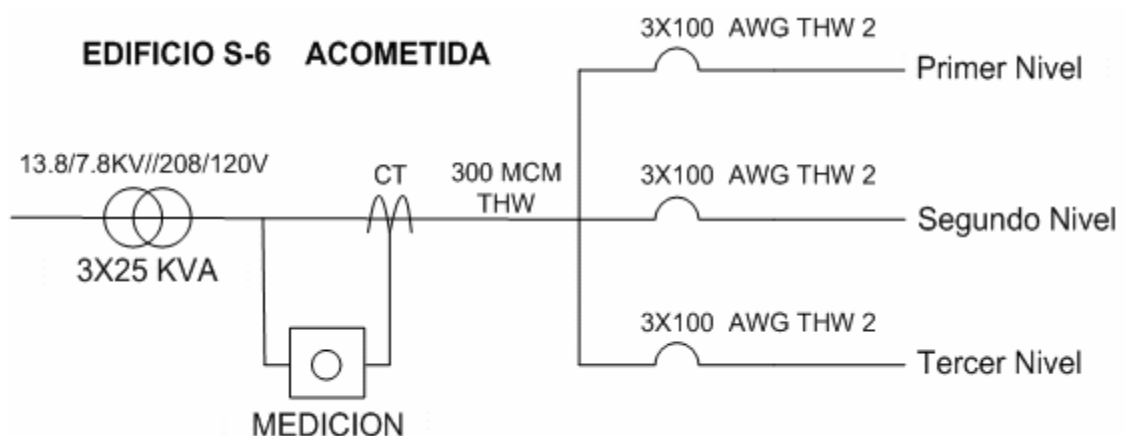
Figura 26. Diagrama unifilar red general entrada USAC Av. Petapa



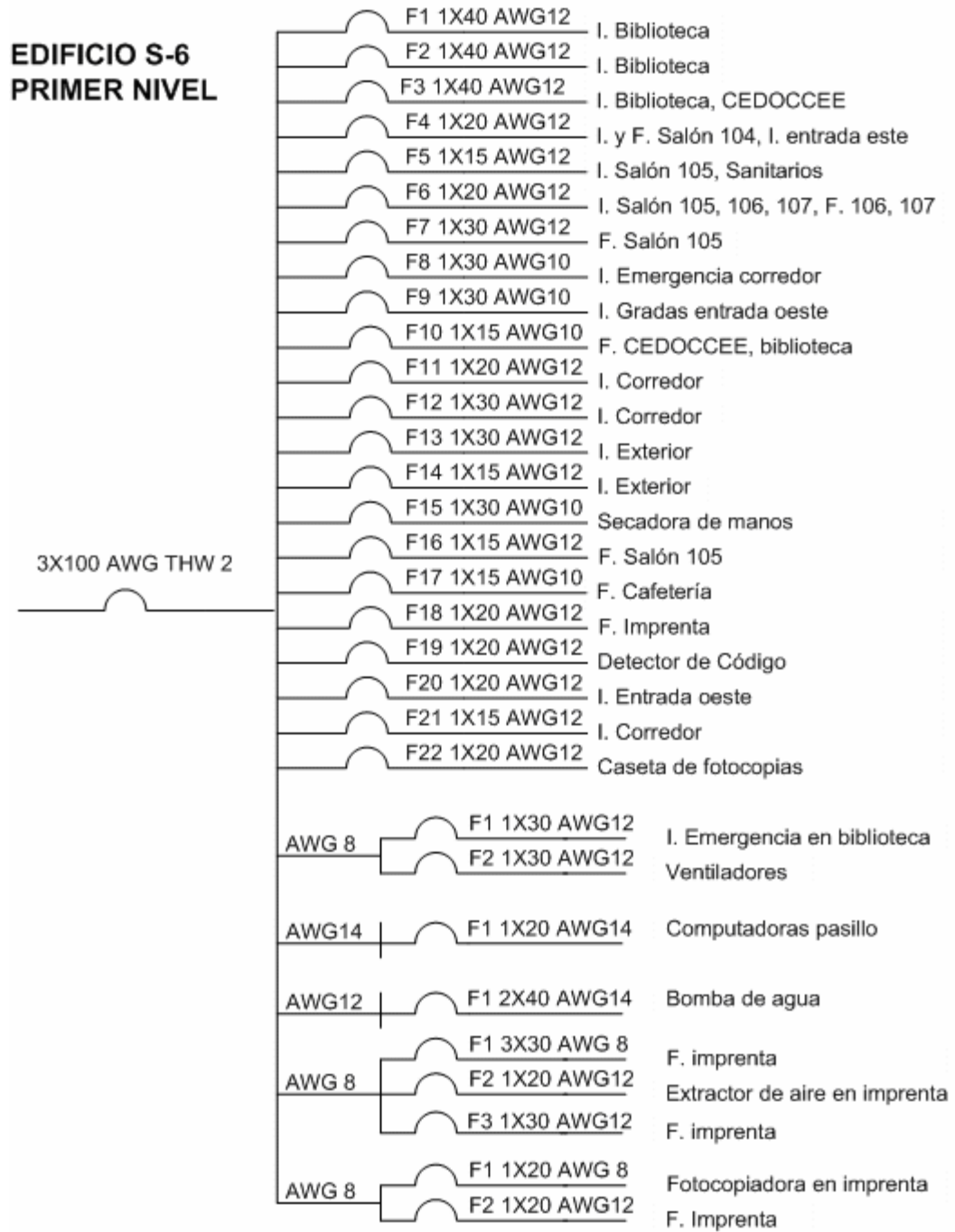
## 2.2. Diagrama unifilar de la sub-red eléctrica

Para una mejor descripción de los diferentes circuitos que componen la sub-red eléctrica del edificio S-6, esta fue dividida en cuatro diagramas unifilares que muestran: el primero la acometida y alimentación a los tableros principales; el segundo muestra los circuitos derivados del tablero principal del primer nivel; el tercero, los circuitos derivados del tablero principal del segundo nivel y el cuarto, muestra los circuitos derivados del tablero de distribución principal del tercer nivel, los tableros auxiliares que existen en los diferentes niveles del edificio se muestran también en los diagramas del nivel correspondiente. Las siguientes figuras muestran los diagramas unifilares antes mencionados; una descripción detallada de cada uno de los elementos que componen estos diagramas se hizo en el capítulo uno.

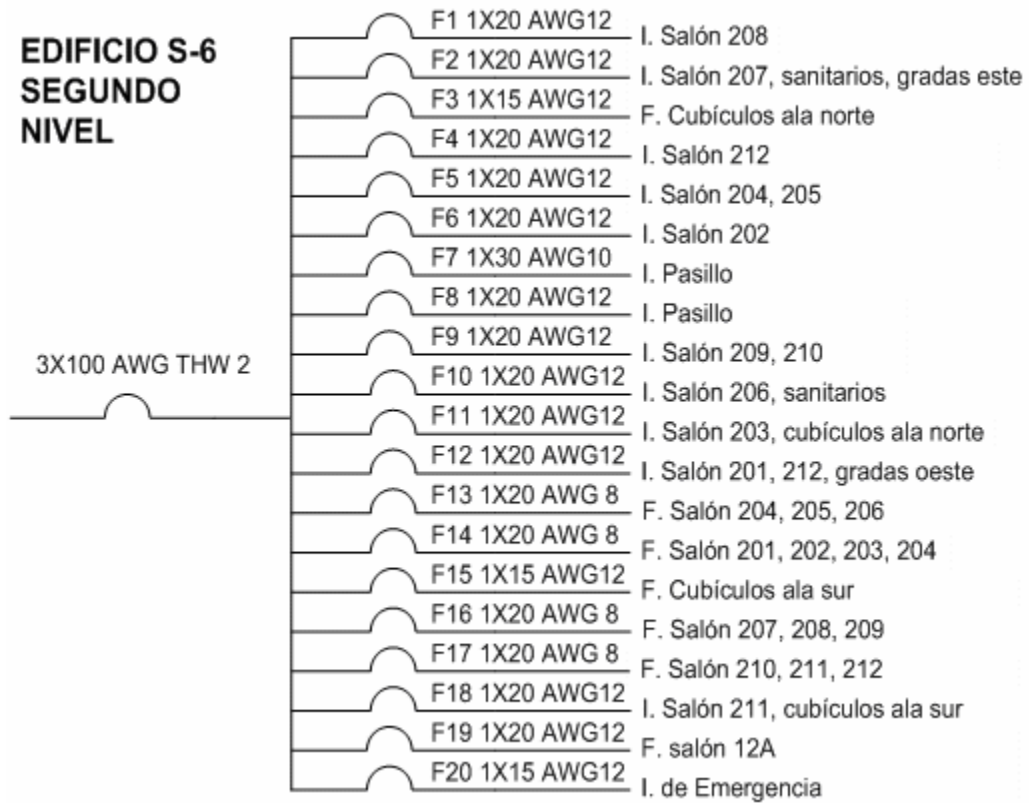
**Figura 27. Diagrama unifilar acometida**



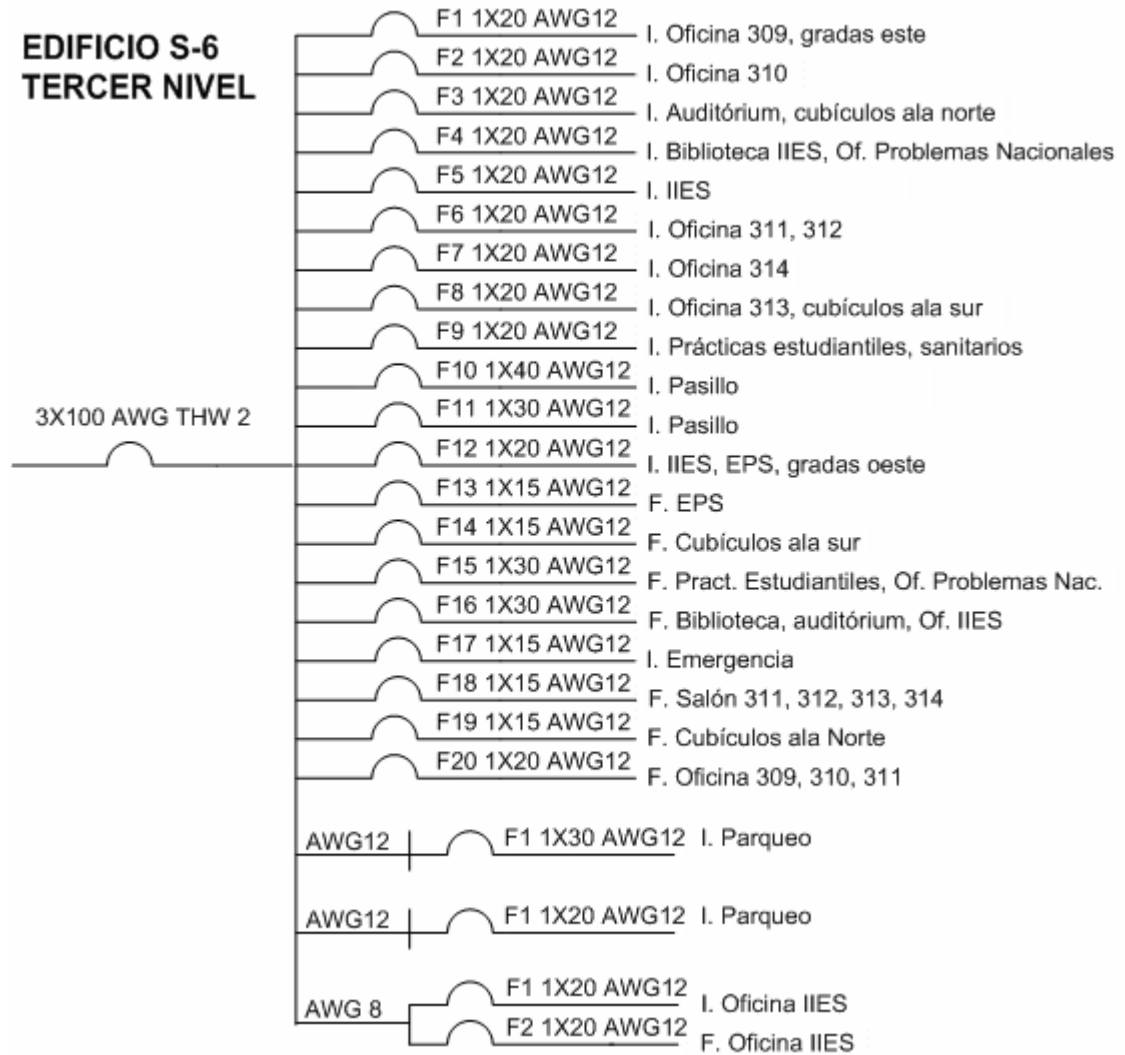
**Figura 28. Diagrama unifilar distribución primer nivel**



**Figura 29. Diagrama unifilar distribución segundo nivel**



**Figura 30. Diagrama unifilar distribución tercer nivel**





### **3. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES**

#### **3.1. Cálculo de conductores**

Los conductores eléctricos constituyen un elemento fundamental en toda instalación eléctrica, razón por la cual, de su correcto dimensionamiento depende la efectividad en el funcionamiento de la red eléctrica y la duración de su vida útil. Para el cálculo de conductores eléctricos se emplearán los métodos de caída de tensión y por capacidad de corriente, con el fin de determinar los calibres AWG (American Wire Gauge) o MCM (miles de circular mils) que permitan obtener el diseño de un sistema seguro, confiable y económico. El resultado del cálculo que arroje el conductor de mayor sección transversal será el que se seleccione.

##### **3.1.1. Cálculo de conductores por caída de tensión**

Se conoce como caída de tensión a la diferencia que existe entre el voltaje aplicado al extremo alimentador de una instalación y el obtenido en cualquier otro punto de la misma. La caída de voltaje máxima permitida por la NTIE es del 3% para el circuito alimentador o principal y 3% para circuitos derivados, sin que los dos circuitos juntos sobrepasen el 5%; en los cálculos siguientes se emplearán el 3% y el 2% para los circuitos alimentador y derivado respectivamente.



Para determinar el calibre de los conductores, se emplearán las siguientes ecuaciones:

$$V = I * R \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$P = V * I * \text{COS}\theta \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$P = \sqrt{3} * V * I * \text{COS}\theta \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$R = \frac{d}{A * K} \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde:

V = tensión nominal en volts

I = corriente nominal en amperios

P = potencia en watts

Cos $\theta$  = factor de potencia

R = resistencia del conductor en ohms

d = longitud del conductor en metros

A = sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup>

K = conductividad del conductor (k= 57 mm<sup>2</sup>/Ω\*m para el cobre)

Combinando las ecuaciones anteriores, obtenemos la expresión que nos permite determinar la sección del conductor:

$$A = \frac{I * L}{e * k} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

$e$  = porcentaje de caída de tensión

$L = (\sqrt{3}) \cdot d$  para circuitos trifásicos y  $2 \cdot d$  para circuitos monofásicos

A continuación se muestra el procedimiento de cálculo para determinar el calibre del conductor necesario para alimentar la carga del circuito número uno del tablero de distribución secundario del primer nivel del edificio, cuyos datos son los siguientes: alimentación 120 V; carga instalada 1440 watts; la distancia de la carga al tablero es de 50 metros; factor de potencia de 0.95; se empleara un conductor de cobre ( $k=57 \text{ mm}^2/\Omega \cdot \text{m}$ ) tipo AWG TW por ser un conductor económico cuyas propiedades (ver tabla B-6 del anexo B) se ajustan a las necesidades de la instalación en estudio.

Paso 1: como es un circuito derivado, se permite una caída de tensión máxima del 3%:

$$e = 0.003 \cdot 120 = 3.6 \text{ vols}$$

Paso 2: como es un circuito monofásico se tiene que:

$$L = 2 \cdot 50 = 100 \text{ metros}$$

Paso 3: la corriente a conducir se calcula en función de la potencia de la carga instalada:

$$I = \frac{1440}{120 * 0.95} = 13\_amperios$$

Paso 4: aplicando la ecuación 3.5 obtenemos el área necesaria del conductor:

$$A = \frac{13 * 100}{3.6 * 57} = 6.2\_mm^2$$

Paso 5: Elección del conductor que posea un área transversal igual o mayor al área encontrada en el paso cuatro; de la tabla B-1 del anexo B se obtiene que el conductor que cumple este requerimiento de sección transversal es el conductor AWG TW calibre No. 8.

En las siguientes tablas se muestra el resumen de cálculos para la determinación del calibre de los conductores de la acometida, circuitos alimentadores de los tableros de distribución secundarios de los tres niveles del edificio, circuitos derivados de cada uno de los tableros de distribución secundario y de los circuitos derivados de los tableros auxiliares del primero y tercer nivel. Para el caso de los conductores de acometida se aplicó un factor de demanda global del 60%.

**Tabla XIV. Cálculo de conductores, circuitos derivados primer nivel**

Circuito	Voltaje	Potencia	Potencia	Corriente	Distancia	Área	Calibre del conductor
	V	P	S	I	d	A	
	volts	watts	va	amperios	metros	mm <sup>2</sup>	AWG TW
<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL</b>							
Circuito 1	120	1440		13	50	6.2	8
Circuito 2	120	1440		13	32	3.9	10
Circuito 3	120	1200		11	27	2.8	12
Circuito 4	120		1665	14	37	5.0	10
Circuito 5	120	1080		9	36	3.3	12
Circuito 6	120		1965	16	20	3.2	12
Circuito 7	120		450	4	22	0.8	14
Circuito 8	120	400		4	13	0.4	14
Circuito 9	120	80		1	5	0.0	14
Circuito 10	120		1800	15	22	3.2	12
Circuito 11	120	360		3	24	0.7	14
Circuito 12	120	1040		9	24	2.1	14
Circuito 13	120	1520		13	86	11.2	6
Circuito 14	120	1520		13	56	7.3	8
Circuito 15	120	1800		15	50	7.3	8
Circuito 16	120		450	4	31	1.1	14
Circuito 17	120		600	5	13	0.6	14
Circuito 18	120		300	3	13	0.3	14
Circuito 19	120	200		2	24	0.4	14
Circuito 20	120	660		6	5	0.3	14
Circuito 21	120	880		8	25	1.9	14
Circuito 22	120		1500	13	30	3.7	10
<b>TABLERO AUXILIAR No. 1</b>							
Circuito 1	120	2400		21	25	5.1	10
Circuito 2	120	400		4	38	1.3	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 2</b>							
Circuito 1	120	1750		15	24	3.6	10
<b>TABLERO AUXILIAR No. 3</b>							
Circuito 1	208	2984		15	3	0.3	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 4</b>							
Circuito 1	208		3000	8	5	0.2	14
Circuito 2	120	375		3	6	0.2	14
Circuito 3	120		150	1	5	0.1	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 5</b>							
Circuito 1	120	1430		13	6	0.7	14
Circuito 2	120		150	1	38	0.5	14

**Tabla XV. Cálculo de conductores, circuitos derivados segundo nivel**

Circuito	Voltaje	Potencia	Potencia	Corriente	Distancia	Área	Calibre del conductor
	V	P	S	I	d	A	
	Volts	watts	va	amperios	metros	mm <sup>2</sup>	AWG TW
<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL</b>							
Circuito 1	120	1200		11	45	4.6	10
Circuito 2	120	1400		12	45	5.4	10
Circuito 3	120		2400	20	36	7.0	8
Circuito 4	120	1280		11	26	2.8	12
Circuito 5	120	1440		13	55	6.8	8
Circuito 6	120	1200		11	32	3.3	12
Circuito 7	120	1560		14	26	3.5	10
Circuito 8	120	1560		14	26	3.5	10
Circuito 9	120	1440		13	39	4.8	10
Circuito 10	120	1680		15	55	7.9	8
Circuito 11	120	1360		12	37	4.3	10
Circuito 12	120	1520		13	29	3.8	10
Circuito 13	120		1500	13	43	5.2	10
Circuito 14	120		2100	18	35	6.0	8
Circuito 15	120		2400	20	21	4.1	10
Circuito 16	120		1500	13	34	4.1	10
Circuito 17	120		2100	18	17	2.9	12
Circuito 18	120	1360		12	21	2.4	12
Circuito 19	120		450	4	14	0.5	14
Circuito 20	120	920		8	26	2.0	14

**Tabla XVI. Cálculo de conductores, acometida y alimentadores**

Circuito	Voltaje	Potencia	Corriente	Distancia	ÁREA	Calibre del conductor
	V	S	I	d	A	
	volts	va	amperios	metros	mm <sup>2</sup>	AWG THW
Acometida	208	64754	180	80	210.1	2 x 4/0
1er. Nivel	208	36197	100	4	5.9	8
2do. Nivel	208	31313	87	8	10.2	6
3er. Nivel	208	40413	112	12	19.7	4

**Tabla XVII. Cálculo de conductores, circuitos derivados tercer nivel**

Circuito	Voltaje	Potencia	Potencia	Corriente	Distancia	Área	Calibre del conductor
	V	P	S	I	d	A	
	volts	watts	va	amperios	metros	mm <sup>2</sup>	AWG TW
<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL</b>							
Circuito 1	120	1400		12	45	5.4	10
Circuito 2	120	1200		11	45	4.6	10
Circuito 3	120	1360		12	37	4.3	10
Circuito 4	120	1440		13	55	6.8	8
Circuito 5	120	1200		11	32	3.3	12
Circuito 6	120	1440		13	39	4.8	10
Circuito 7	120	1280		11	26	2.8	12
Circuito 8	120	1360		12	21	2.4	12
Circuito 9	120	1680		15	55	7.9	8
Circuito 10	120	1560		14	26	3.5	10
Circuito 11	120	1560		14	26	3.5	10
Circuito 12	120	1520		13	29	3.8	10
Circuito 13	120		450	4	14	0.5	14
Circuito 14	120		2400	20	21	4.1	10
Circuito 15	120		1200	10	46	4.5	10
Circuito 16	120		2100	18	35	6.0	8
Circuito 17	120	920		8	26	2.0	14
Circuito 18	120		2100	18	17	2.9	12
Circuito 19	120		4300	36	30	10.5	6
Circuito 20	120		1500	13	34	4.1	10
<b>TABLERO AUXILIAR No. 1</b>							
Circuito 1	120	1600		14	58	7.9	8
<b>TABLERO AUXILIAR No. 2</b>							
Circuito 1	120	800		7	20	1.4	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 3</b>							
Circuito 1	120	2160		19	16	3.0	12
Circuito 2	120		2700	23	16	3.5	10

### 3.1.2. Cálculo de conductores por capacidad de corriente

La capacidad de conducción de corriente de los conductores eléctricos se ve afectada por factores como la temperatura de operación y la cantidad de conductores que van en la tubería. Cuando se realiza el cálculo de conductores por capacidad de corriente deben tomarse en cuenta estos factores y considerarse también la probabilidad de sobrecargas o desbalances por lo que el NEC recomienda no cargar un conductor sobre el 80% de su capacidad nominal para contar con un margen de seguridad en el dimensionamiento de los conductores. El procedimiento de cálculo consiste en determinar el valor real de la capacidad de conducción de corriente de un conductor aplicando los diferentes factores mediante la siguiente ecuación:

$$I_{real} = I_n * f_t * f_r * f_u \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

$I_{real}$ : capacidad de conducción real en amperios

$I_n$ : capacidad de conducción nominal en amperios

$f_t$ : factor de temperatura

$f_u$ : factor de utilización (0.8 de acuerdo a NEC)

Deberá seleccionarse el calibre de conductor cuya capacidad de conducción real de corriente sea igual o mayor a la corriente nominal que se supone circulará por el circuito.

A continuación se muestra el procedimiento de cálculo para determinar el calibre del conductor necesario para alimentar la carga del circuito número uno del tablero de distribución secundario del primer nivel del edificio; se determino en la sección anterior que la corriente nominal que circulará por este circuito es de 13 amperios.

Paso 1: se eligen los factores que se aplicarán para determinar la capacidad real de conducción del conductor. Se considera que la temperatura de operación de circuito será de 21° a 25° centígrados y que por la tubería pasarán entre 4 y 6 conductores, por lo que de acuerdo a la tabla B-7 del anexo B, los valores correspondientes a los factores de corrección por temperatura y cantidad de conductores serán de 1.08 y 0.8 respectivamente.

Paso 2: se elige un conductor (cobre tipo AWG TW para este caso) que se considere tendrá, después de aplicados los factores, una capacidad de conducción real igual o superior a la corriente nominal que circulará por el circuito y se procede a realizar el cálculo. Se elige un conductor calibre 14 que tiene una capacidad de conducción nominal de 20 amperios, por lo que su capacidad de conducción real será:

$$I_{real} = 20 * 1.08 * 0.8 * 0.8 = 14 \text{ _amperios}$$

La capacidad de conducción real de este conductor es de 14 amperios, por lo tanto, es adecuado para este circuito cuya corriente nominal es de 13 amperios.



En las siguientes tablas se muestra el resumen de cálculos para la determinación del calibre de los conductores de la acometida, circuitos alimentadores de los tableros de distribución principal de los tres niveles del edificio, circuitos derivados de cada uno de los tableros de distribución principal y de los circuitos derivados de los tableros auxiliares del primero y tercer nivel.

**Tabla XVIII. Cálculo de conductores por corriente, circuitos derivados tercer nivel**

Circuito	Corriente ramal	Calibre del conductor	Corriente nominal	Corriente real
	I		I	I
	amperios		amperios	amperios
AWG TW				
<b>TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL</b>				
Circuito 1	12	14	20	14
Circuito 2	11	14	20	14
Circuito 3	12	14	20	14
Circuito 4	13	14	20	14
Circuito 5	11	14	20	14
Circuito 6	13	14	20	14
Circuito 7	11	14	20	14
Circuito 8	12	14	20	14
Circuito 9	15	12	25	17
Circuito 10	14	14	20	14
Circuito 11	14	14	20	14
Circuito 12	13	14	20	14
Circuito 13	4	14	20	14
Circuito 14	20	10	30	21
Circuito 15	10	14	20	14
Circuito 16	18	10	30	21
Circuito 17	8	14	20	14
Circuito 18	18	10	30	21
Circuito 19	36	6	55	38
Circuito 20	13	14	20	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 1</b>				
Circuito 1	14	14	20	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 2</b>				
Circuito 1	7	14	20	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 3</b>				
Circuito 1	19	10	30	21
Circuito 2	23	8	40	28

**Tabla XIX. Cálculo de conductores por corriente, circuitos derivados  
segundo nivel**

Circuito	Corriente ramal	Calibre del conductor	Corriente nominal	Corriente real
	I		I	I
	amperios		AWG TW	amperios
Circuito 1	11	14	20	14
Circuito 2	12	14	20	14
Circuito 3	20	10	30	21
Circuito 4	11	14	20	14
Circuito 5	13	14	20	14
Circuito 6	11	14	20	14
Circuito 7	14	14	20	14
Circuito 8	14	14	20	14
Circuito 9	13	14	20	14
Circuito 10	15	12	25	17
Circuito 11	12	14	20	14
Circuito 12	13	14	20	14
Circuito 13	13	14	20	14
Circuito 14	18	10	30	21
Circuito 15	20	10	30	21
Circuito 16	13	14	20	14
Circuito 17	18	10	30	21
Circuito 18	12	14	20	14
Circuito 19	4	14	20	14
Circuito 20	8	14	20	14

**Tabla XX. Cálculo de conductores por corriente, acometida y  
alimentadores**

Circuito	Corriente alimentador	Calibre del conductor	Corriente nominal	Corriente real
	I		I	I
	amperios		AWG THW	amperios
Acometida	180	300 MCM	285	197
1er. Nivel	100	1/0	150	104
2do. Nivel	87	1/0	150	104
3er. Nivel	112	2/0	175	121

**Tabla XXI. Cálculo de conductores por corriente, circuitos derivados  
primer nivel**

Circuito	Corriente ramal	Calibre del conductor	Corriente nominal	Corriente real
	I		I	I
	amperios		amperios	amperios
<b>TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL</b>				
Circuito 1	13	14	20	14
Circuito 2	13	14	20	14
Circuito 3	11	14	20	14
Circuito 4	14	14	20	14
Circuito 5	9	14	20	14
Circuito 6	16	12	25	17
Circuito 7	4	14	20	14
Circuito 8	4	14	20	14
Circuito 9	1	14	20	14
Circuito 10	15	12	25	17
Circuito 11	3	14	20	14
Circuito 12	9	14	20	14
Circuito 13	13	14	20	14
Circuito 14	13	14	20	14
Circuito 15	15	12	25	17
Circuito 16	4	14	20	14
Circuito 17	5	14	20	14
Circuito 18	3	14	20	14
Circuito 19	2	14	20	14
Circuito 20	6	14	20	14
Circuito 21	8	14	20	14
Circuito 22	13	14	20	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 1</b>				
Circuito 1	21	10	30	21
Circuito 2	4	14	20	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 2</b>				
Circuito 1	15	12	25	17
<b>TABLERO AUXILIAR No. 3</b>				
Circuito 1	15	12	25	17
<b>TABLERO AUXILIAR No. 4</b>				
Circuito 1	8	14	20	14
Circuito 2	3	14	20	14
Circuito 3	1	14	20	14
<b>TABLERO AUXILIAR No. 5</b>				
Circuito 1	13	14	20	14
Circuito 2	1	14	20	14

### 3.1.3. Elección del conductor y protecciones

En las siguientes tablas se muestra el calibre del conductor elegido para los diferentes circuitos luego de comparar los resultados obtenidos por los métodos de caída de tensión y capacidad de corriente, y elegir el de mayor sección transversal, así como la protección correspondiente.

**Tabla XXII. Calibre de conductor, circuitos derivados segundo nivel**

Circuito	Corriente ramal	Calibre del conductor (capacidad de corriente) AWG TW	Calibre del conductor (caída de tensión) AWG TW	Calibre del conductor elegido AWG TW	Protección
	I				
	amperios				
Circuito 1	11	14	10	10	1 x 15
Circuito 2	12	14	10	10	1 x 15
Circuito 3	20	10	8	8	1 x 30
Circuito 4	11	14	12	12	1 x 15
Circuito 5	13	14	8	8	1 x 20
Circuito 6	11	14	12	12	1 x 15
Circuito 7	14	14	10	10	1 x 20
Circuito 8	14	14	10	10	1 x 20
Circuito 9	13	14	10	10	1 x 20
Circuito 10	15	12	8	8	1 x 20
Circuito 11	12	14	10	10	1 x 15
Circuito 12	13	14	10	10	1 x 20
Circuito 13	13	14	10	10	1 x 20
Circuito 14	18	10	8	8	1 x 30
Circuito 15	20	10	10	10	1 x 30
Circuito 16	13	14	10	10	1 x 20
Circuito 17	18	10	12	10	1 x 30
Circuito 18	12	14	12	12	1 x 15
Circuito 19	4	14	14	14	1 x 15
Circuito 20	8	14	14	14	1 x 15

**Tabla XXIII. Calibre de conductor, circuitos derivados tercer nivel**

Circuito	Corriente ramal	Calibre del conductor (capacidad de corriente) AWG TW	Calibre del conductor (caída de tensión) AWG TW	Calibre del conductor elegido AWG TW	Protección
	I				
	amperios				
<b>TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL</b>					
Circuito 1	12	14	10	10	1 x 15
Circuito 2	11	14	10	10	1 x 15
Circuito 3	12	14	10	10	1 x 15
Circuito 4	13	14	8	8	1 x 20
Circuito 5	11	14	12	12	1 x 15
Circuito 6	13	14	10	10	1 x 20
Circuito 7	11	14	12	12	1 x 15
Circuito 8	12	14	12	12	1 x 15
Circuito 9	15	12	8	8	1 x 20
Circuito 10	14	14	10	10	1 x 20
Circuito 11	14	14	10	10	1 x 20
Circuito 12	13	14	10	10	1 x 20
Circuito 13	4	14	14	14	1 x 15
Circuito 14	20	10	10	10	1 x 30
Circuito 15	10	14	10	10	1 x 15
Circuito 16	18	10	8	8	1 x 30
Circuito 17	8	14	14	14	1 x 15
Circuito 18	18	10	12	10	1 x 30
Circuito 19	36	6	6	6	1 x 50
Circuito 20	13	14	10	10	1 x 20
<b>TABLERO AUXILIAR No. 1</b>					
Circuito 1	14	14	8	8	1 x 20
<b>TABLERO AUXILIAR No. 2</b>					
Circuito 1	7	14	14	14	1 x 15
<b>TABLERO AUXILIAR No. 3</b>					
Circuito 1	19	10	12	10	1 x 15
Circuito 2	23	8	10	8	1 x 15

**Tabla XXIV. Calibre de conductor, circuitos derivados primer nivel**

Circuito	Corriente ramal	Calibre del conductor (capacidad de corriente)	Calibre del conductor (caída de tensión)	Calibre del conductor elegido	Protección
	I				
	amperios	AWG TW	AWG TW	AWG TW	
<b>TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL</b>					
Circuito 1	13	14	8	8	1 x 20
Circuito 2	13	14	10	10	1 x 20
Circuito 3	11	14	12	12	1 x 15
Circuito 4	14	14	10	10	1 x 20
Circuito 5	9	14	12	12	1 x 15
Circuito 6	16	12	12	12	1 x 20
Circuito 7	4	14	14	14	1 x 15
Circuito 8	4	14	14	14	1 x 15
Circuito 9	1	14	14	14	1 x 15
Circuito 10	15	12	12	12	1 x 20
Circuito 11	3	14	14	14	1 x 15
Circuito 12	9	14	14	14	1 x 15
Circuito 13	13	14	6	6	1 x 20
Circuito 14	13	14	8	8	1 x 20
Circuito 15	15	12	8	8	1 x 20
Circuito 16	4	14	14	14	1 x 15
Circuito 17	5	14	14	14	1 x 15
Circuito 18	3	14	14	14	1 x 15
Circuito 19	2	14	14	14	1 x 15
Circuito 20	6	14	14	14	1 x 15
Circuito 21	8	14	14	14	1 x 15
Circuito 22	13	14	10	10	1 x 20
<b>TABLERO AUXILIAR No. 1</b>					
Circuito 1	21	10	10	10	1 x 30
Circuito 2	4	14	14	14	1 x 15
<b>TABLERO AUXILIAR No. 2</b>					
Circuito 1	15	12	10	10	1 x 20
<b>TABLERO AUXILIAR No. 3</b>					
Circuito 1	15	12	14	12	2 x 40
<b>TABLERO AUXILIAR No. 4</b>					
Circuito 1	8	14	14	14	3 x 30
Circuito 2	3	14	14	14	1 x 15
Circuito 3	1	14	14	14	1 x 15
<b>TABLERO AUXILIAR No. 5</b>					
Circuito 1	13	14	14	14	1 x 20
Circuito 2	1	14	14	14	1 x 15

**Tabla XXV. Calibre de conductor, acometida y alimentadores**

Circuito	Corriente alimentador	Calibre del conductor (capacidad de corriente)	Calibre del conductor (caída de tensión)	Calibre del conductor elegido	Protección
	I				
	amperios	AWG THW	AWG THW	AWG THW	
Acometida	180	300 MCM	2 x 4/0	2 x 350 MCM	3 x 200
1er. Nivel	100	1/0	8	1/0	3 x 150
2do. Nivel	87	1/0	6	1/0	3 x 100
3er. Nivel	112	2/0	4	2/0	3 x 150

### 3.2. Cálculo de tuberías

El número de conductores que pueden conducirse por un sistema de canalización debe limitarse de manera tal que permita facilitar el alojamiento y manipulación de los conductores durante la instalación, y que una vez instalados cuenten con una adecuada ventilación que permita disipar el calor generado por los conductores en operación.

La tubería para la acometida debe cumplir los requisitos establecidos en las normas para acometidas de servicio eléctrico de la empresa eléctrica de Guatemala.

Conservando el sistema actual de canalizaciones se procede primero a realizar el cálculo de las dimensiones de la canaleta. Atendiendo a la recomendación de no llenar una canaleta sobre el 55% de su área total, se calcula primero la suma total del área de todos los conductores que se transportarán en ella, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla XXVI. Área de conductores conducidos en canaleta**

Cantidad	Calibre AWG TW	Área por conductor (pulgadas <sup>2</sup> )	Área total (pulgadas <sup>2</sup> )
<b>Primer nivel</b>			
2	8	0.0526	0.1052
6	10	0.0311	0.1866
6	12	0.0251	0.1506
14	14	0.0206	0.2884
Suma total del área			<b>0.7308</b>
<b>Segundo Nivel</b>			
4	8	0.0526	0.2104
14	10	0.0311	0.4354
6	12	0.0251	0.1506
2	14	0.0206	0.0412
Suma total del área			<b>0.8376</b>
<b>Tercer Nivel</b>			
4	8	0.0526	0.2104
14	10	0.0311	0.4354
6	12	0.0251	0.1506
2	14	0.0206	0.0412
Suma total del área			<b>0.8376</b>

Tomando como referencia el área total de los conductores en el segundo o tercer nivel (por ser mayor); consideramos que las 0.8376 pulgadas cuadradas constituyen el 55% del área total de la canaleta, por lo tanto, aplicando una regla de tres, obtenemos que el área necesaria de la canaleta será de 1.3228 pulgadas cuadradas, por lo que se necesita una canaleta cuadrada de 2 pulgadas de lado que es la que ofrece el área superior mas próxima a la que se necesita.

Para determinar el diámetro de tubería se debe emplear la siguiente ecuación que establece una relación entre la suma del área de los conductores dentro de ella y el área de la tubería, conocida como factor de relleno.



$$F = \frac{a}{A} \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

F: factor de relleno (0.53 para un conductor, 0.31 para dos conductores y 0.40 para tres o más conductores)

a: área de la sección transversal del conjunto de conductores

A: área de la sección transversal de la canalización

Procedimiento de calculo: si se necesita conducir 2 conductores calibre 12 y 2 conductores calibre 10, para determinar el diámetro de la tubería primero se selecciona el factor de relleno, que en este caso será de 0.4, luego se determina la suma total de las áreas de los conductores para poder determinar el área necesaria de la tubería y finalmente determinar el diámetro correspondiente de la misma, mediante la siguiente ecuación.

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Donde:

d: diámetro de la tubería en pulgadas

A: área de la tubería a utilizar

Entonces, realizando el procedimiento antes descrito se tiene:

$$a = (2 * 0.0251) + (2 * 0.0311) = 0.1124 \text{ _ pulgadas}^2$$

$$A = \frac{0.1124}{0.4} = 0.281 \text{ _pulgadas}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0.281}{\pi}} = 0.60 \text{ _pulgadas}$$

Dado que se requiere una tubería de diámetro igual a 0.60 pulgadas, se elige utilizar un tubería de ¾ pulgadas de diámetro, que es la que se encuentra comercialmente en el mercado. Sin embargo este procedimiento se utiliza cuando por la tubería pasarán conductores de diferente calibre; cuando los conductores a utilizar son del mismo calibre se puede utilizar la siguiente tabla para determinar el diámetro necesario de la tubería.

**Tabla XXVII. Cantidad de conductores por tubería**

Calibre AWG o MCM	Tipo de aislante TW o THW	Diámetro de tubería en pulgadas					
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
	Área aproximada pulgadas^2	Cantidad de conductores					
14	0.0206	4	6	10	18	25	41
12	0.0251	3	5	8	15	21	34
10	0.0311	1	4	7	13	17	29
8	0.0526	1	3	4	7	10	17
6	0.0819	1	1	3	4	6	10
4	0.1087	1	1	1	3	5	8
2	0.1473		1	1	3	3	6
1/0	0.2367			1	1	2	4
2/0	0.2781			1	1	1	3
3/0	0.3288			1	1	1	3
4/0	0.3904				1	1	2

### **3.3. Diseño del sistema de iluminación**

#### **3.3.1. Iluminación de Interiores**

Para el diseño del sistema de iluminación de los diferentes ambientes interiores del edificio, se empleara un nivel de iluminación general. El método utilizado para diseñar el sistema de iluminación será el de cavidad zonal, cuyo procedimiento se detalla a continuación, mediante la aplicación del mismo en el diseño del sistema de iluminación de uno de los ambientes del edificio.

El método se aplicara para diseñar el sistema de iluminación del salón de clases 203 el cual tiene dimensiones de 8.80 metros de largo por 7.80 metros de ancho y una altura de 3.00 metros; los colores del techo, pared y piso son blanco, crema y gris respectivamente; el grado de contaminación y suciedad del local se considera como medio; la altura del plano de trabajo es de 0.75 metros sobre el nivel de piso.

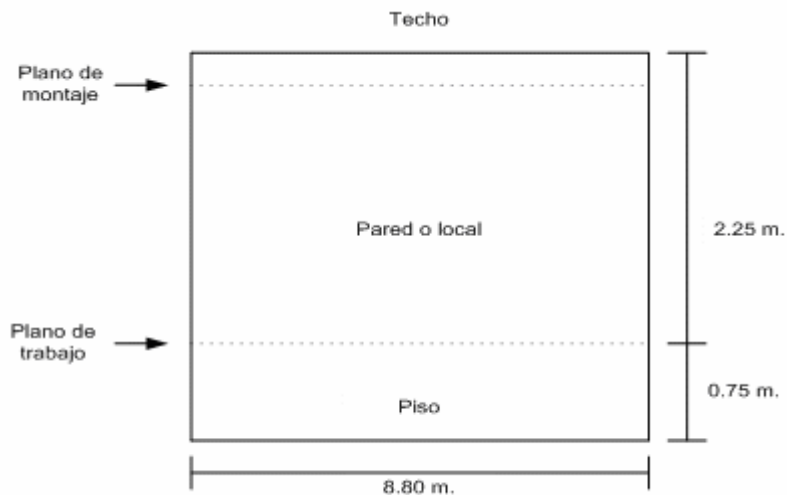
**Paso1:** El nivel de iluminación adecuado para el local es de 500 lux, según tabla de niveles de iluminación en México publicado en el boletín, Principios de Iluminación y niveles de iluminación en México.

**Paso 2:** Se utilizarán luminarias con reflector de doble lámparas fluorescentes tubulares tipo luz de día marca Sylvania.

Las especificaciones para este tipo de luminarias son las siguientes: lámparas tipo tubular con acabado tipo luz de día y encendido rápido de 40 watts cada una, 120 V, 1.22 m de longitud, 2600 lúmenes iniciales, 65 lúmenes/metro de eficiencia y 0.83 de factor de depreciación.

**Paso 3:** Características físicas y reflectancias del local: de la tabla de reflectancias del boletín de ingeniería comercial 2-80 de Sylvania se obtiene que los valores para las reflectancias del techo, pared y piso son de 88%, 81% y 40% respectivamente

**Figura 31. Características físicas del local**



Para determinar las relaciones de cavidad se emplea la siguiente ecuación:

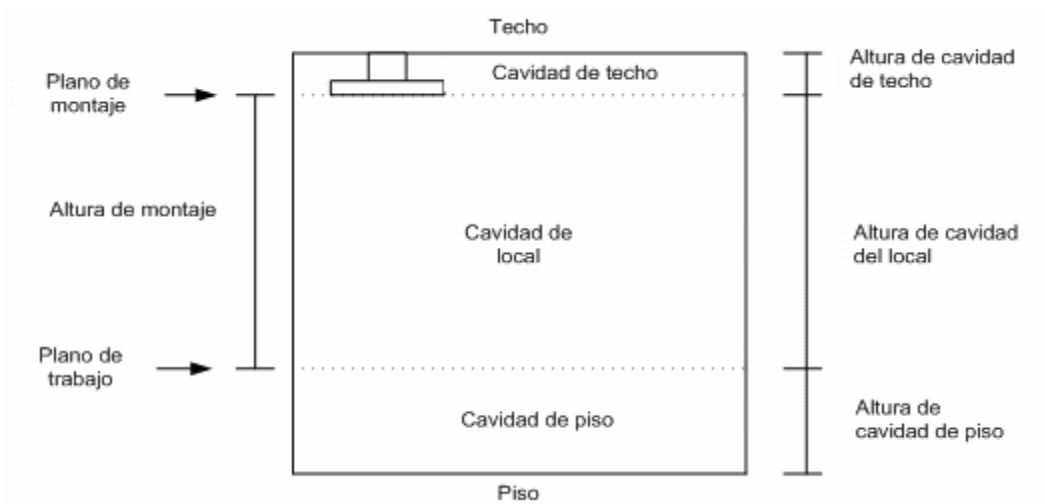
$$RCR = \frac{5 * h * (largo + ancho)}{largo * ancho} \quad \text{Ec.3.9}$$

Donde:

RCR = relación de cavidad

h = altura de cavidad de pared, piso o techo que se este trabajando

**Figura 32. Relación de cavidades**



Aplicando la ecuación 3.9 se obtienen los valores para las relaciones de cavidad de techo, pared y piso de la siguiente manera:

$$RCR_{(techo)} = \frac{5 * 0.0 * (8.8 + 7.8)}{8.8 * 7.8} = 0.0$$

$$RCR_{(pared)} = \frac{5 * 2.25 * (8.8 + 7.8)}{8.8 * 7.8} = 3.0$$

$$RCR_{(piso)} = \frac{5 * 0.75 * (8.8 + 7.8)}{8.8 * 7.8} = 0.9$$

**Tabla XXVIII. Relaciones de cavidad y porcentaje de reflectancia**

<b>Cavidad</b>	<b>% reflectancia</b>	<b>% reflectancia aproximado</b>	<b>RCR</b>
Techo	88	90	0.0
Pared	81	80	3.0
Piso	40	40	0.9

La tabla anterior muestra un resumen de los datos obtenidos hasta este momento; para el cálculo de reflectancias efectivas de techo, pared y piso, de no existir el valor exacto en las tablas del boletín Sylvania, se procede a realizar la interpolación o extrapolación utilizando el siguiente esquema y formula:

**A ----- D**

**B ----- E**

**C ----- F**

$$\frac{A - B}{A - C} = \frac{D - E}{D - F} \quad \text{Ec. 3.10}$$

Donde: Las variables A, B, y C corresponden a los valores conocidos de las relaciones de cavidad; y dos de las variables D, E y F corresponden a los valores conocidos de reflectancia efectiva, siendo la tercera variable la incógnita del valor de reflectancia efectiva buscado.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la extrapolación para determinar el porcentaje de reflectancia efectiva para techo y piso; para la pared se obtiene de las tablas un valor de reflectancia efectiva del 65%.

**Tabla XXIX. Porcentaje de reflectancia efectiva para piso y techo**

% reflectancia individual pared	% reflectancia individual	RCR	% reflectancia efectiva
<b>Techo</b>			
80	90	0.0	Y = 90
80	90	0.2	88
80	90	0.4	87
<b>Piso</b>			
80	40	0.6	40
80	40	0.8	40
80	40	0.9	Y = 40

**Paso 4:** Cálculo de los factores de depreciación y de mantenimiento: Según tabla del fabricante el factor de depreciación de la lámpara (LLD) es de 0.83. Tomando una categoría de mantenimiento de luminaria No. III (ver figura C-1 del anexo C), considerando el grado de contaminación por suciedad y polvo en el local como medio, para un tiempo de uso de 36 meses se obtiene que el grado de degradación por suciedad en la luminaria (LDD) es del 73%.

Para determinar el factor de mantenimiento se emplea la siguiente ecuación:

$$FM = LDD * LLD \quad \text{Ec.3.11}$$

Donde:

FM: factor de mantenimiento

LDD: factor de degradación de la luminaria

LLD: factor de depreciación de la lámpara

Aplicando la ecuación anterior, para un factor de degradación de 0.73 y un factor de depreciación de 0.83; se obtiene un factor de mantenimiento de 0.61.

**Paso 5:** Cálculo del coeficiente de utilización (CU) de la luminaria: del catalogo del fabricante (ver figura C-2 del anexo C), para la luminaria elegida se tiene una relación de espaciamiento máximo de la luminaria a la altura de montaje (S/MH) de 1.3. Para obtener el valor del CU se extrapola e interpola entre los valores obtenidos del Boletín de ingeniería comercial 2-80 Sylvania "Cálculos de proyectos de iluminación" se obtiene para un 20% de reflexión del piso, un coeficiente de utilización de 0.992. El procedimiento de calculo se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla XXX. Determinación del coeficiente de utilización**

Primera extrapolación				Segunda extrapolación			Interpolación
% reflectancia efectiva Techo	70	80	90	70	80	90	90
% reflectancia efectiva Pared	30	30	30	50	50	50	65
RCR(local)	1	1	1	1	1	1	1
C.U.	0.82	0.85	Y = <b>0.91</b>	0.85	0.88	Y = <b>0.94</b>	Y = <b>0.992</b>



El coeficiente de utilización calculado, considera una reflectancia efectiva de piso del 20%, sin embargo, el valor real de reflectancia efectiva de piso es de 40%, por lo tanto debe hacerse una corrección. El coeficiente de utilización se corregido se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$CU_C = CU_D * FC \quad \text{Ec. 3.12}$$

Donde:

CU<sub>C</sub>: coeficiente de utilización corregido

CU<sub>D</sub>: coeficiente de utilización dado

FC: factor de corrección

El factor de corrección se obtiene interpolando y extrapolando los entre los valores dados en el Boletín de ingeniería comercial Sylvania. La siguiente tabla muestra el procedimiento de cálculo para obtener dicho factor.

**Tabla XXXI. Determinación del factor de corrección para el coeficiente de utilización**

Primera interpolación				Segunda interpolación			Extrapolando		
Reflectancia efectiva techo (%)	70	70	70	80	80	80	90	90	90
Reflectancia efectiva pared (%)	50	65	70	50	65	70	65	65	65
RCR (local)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F.C.	1.1	<b>1.08</b>	1.08	1.085	<b>1.089</b>	1.092	<b>1.12</b>	1	<b>1.351</b>
Reflectancia efectiva piso (%)	30	30	30	30	30	30	30	20	40

De la tabla anterior se observa que el factor de corrección a aplicar para determinar el coeficiente de utilización corregido es de 1.351; por lo que dicho coeficiente será:

$$CU_{C(40\% \text{ piso})} = 0.992 * 1.351 = 1.342$$

**Paso 6.** Cálculo de número de luminarias a instalar en el local. Para determinar el número de luminarias a colocar en el local, se utiliza la siguiente ecuación:

$$No.de.luminarias = \frac{NI * area}{NL * lumenesporlampara * CU * FM} \quad Ec.3.13$$

Donde:

NI: nivel de iluminación

CU: coeficiente de utilización

FM: factor de mantenimiento

NL: numero de lámparas por luminaria

$$No.de.luminarias = \frac{500 * (8.8 * 7.8)}{2 * 2600 * 1.342 * 0.61} \cong 8\_luminarias$$

Para determinar la máxima separación entre luminarias se emplea la siguiente ecuación:

$$S_{mas} = REM * h_{cl} \quad \text{Ec. 3.14}$$

Donde:

$S_{max}$ : espaciamiento máximo entre luminarias

REM: relación de espaciamiento máximo (S/MH)

$h_{cl}$ : altura de la cavidad local

Aplicando la ecuación anterior obtenemos para el espaciamiento máximo:

$$S_{mas} = 1.3 * 2.25 = 2.93 \text{ _metros}$$

Dado que se deben utilizar 8 luminarias; se hace una distribución inicial de 4 luminarias a lo largo y 2 luminarias a lo ancho del local y se procede a verificar la homogeneidad de la iluminación mediante la siguiente ecuación.

$$S = \frac{\text{distancia}}{\text{numero.de.luminarias}} \quad \text{Ec. 3.15}$$

Donde:

S: separación entre luminarias

Para que la iluminación sea homogénea, el valor obtenido de la separación entre luminarias debe ser igual o menor al valor de separación máxima permitida. Verificando los valores de separación entre luminarias obtenemos:

A lo largo:

$$S = \frac{8.80}{4} = 2.2\_metros$$

A lo ancho:

$$S = \frac{7.80}{2} = 3.9\_metros$$

Como puede observarse, la separación de luminarias a lo ancho (3.9 m.) excede el valor máximo permitido (2.93 m.); por lo cual se debe hacer una nueva distribución. Se empleara ahora una distribución de 3 luminarias a lo largo y 3 luminarias a lo ancho; y se procede a hacer la verificación de homogeneidad de iluminación:

A lo largo:

$$S = \frac{8.80}{3} = 2.93\_metros$$

A lo ancho:

$$S = \frac{7.80}{3} = 2.6\_metros$$

En este caso la separación tanto a lo largo, como a lo ancho cumplen la condición de ser igual o menor a 2.93 metros; por lo que esta será la distribución de luminarias a utilizar. Para determinar la separación de las luminarias de la pared se utilizan la siguiente ecuación.

$$S_p = \frac{S}{2} \quad \text{Ec. 3.16}$$

Donde:

$S_p$ : separación de pared a luminaria

$S$ : separación entre luminarias

Aplicando la ecuación anterior se obtienen las separaciones de pared a luminaria a lo largo y ancho del salón, de la siguiente manera:

A lo largo:

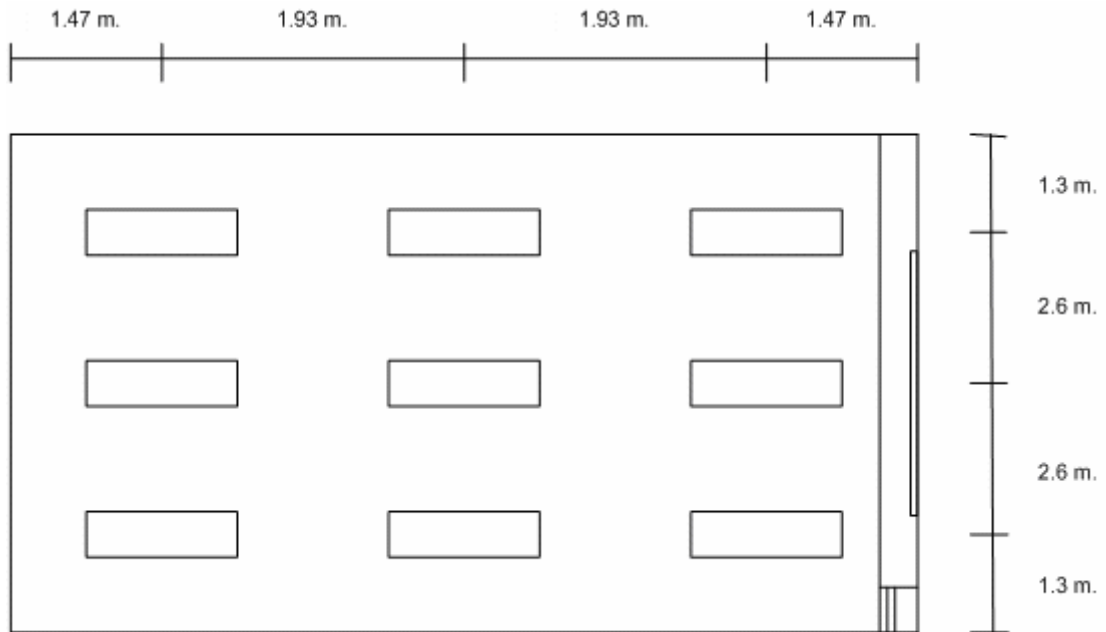
$$S = \frac{2.93}{2} = 1.47 \text{ _metros}$$

A lo ancho:

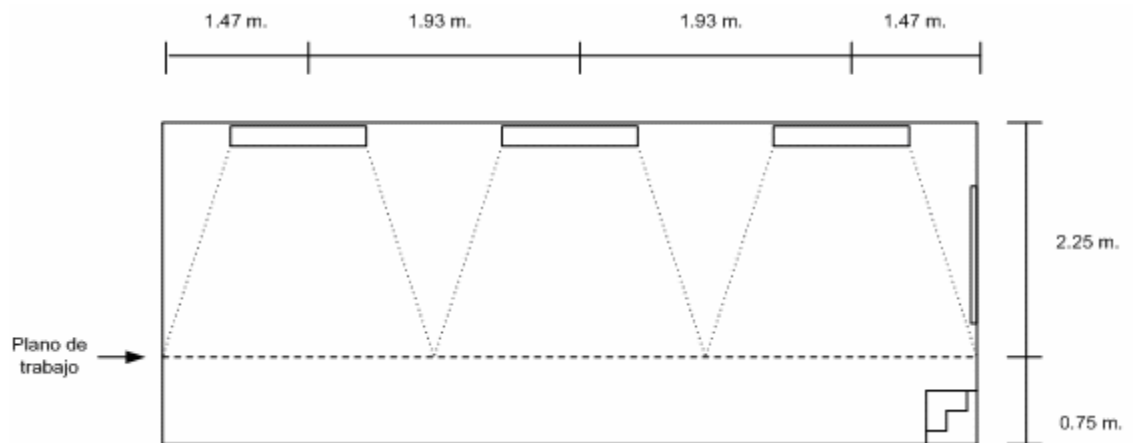
$$S = \frac{2.6}{2} = 1.3 \text{ _metros}$$

Por lo tanto el sistema de iluminación del salón 203, estará compuesto por 9 luminarias con dos lámparas fluorescentes de 40 watts por luminaria, distribuidas 3 luminarias a lo largo y 3 luminarias a lo ancho, con una separación entre luminarias de 2.93 metros a lo largo y 2.6 metros a lo ancho; separadas de la pared 1.47 metros a lo largo y 1.3 metros a lo ancho; las luminarias deben colocarse de forma que las lámparas queden perpendiculares a la pared en la cual se ubica la pizarra; las vistas de planta y elevación de esta distribución muestran en las siguientes figuras.

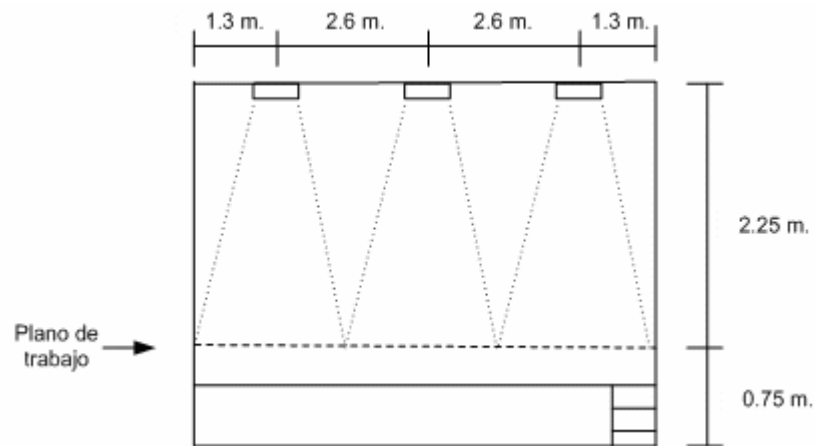
**Figura 33. Distribución de luminarias salón 203 (Planta)**



**Figura 34. Distribución de luminarias salón 203 (Elevación, largo)**



**Figura 35. Distribución de luminarias salón 203 (Elevación, ancho)**



Los cálculos correspondientes a todos los ambientes del edificio se muestran en la tabla en la sección de anexos.

### **3.3.2. Iluminación de parquesos**

El objetivo de contar con iluminación en el área de parqueo es brindar a los usuarios una segura, rápida y cómoda visibilidad por la noche, además de brindar seguridad contra la delincuencia y crear un ambiente agradable. Para diseñar un sistema de iluminación de exteriores, existen varios métodos aplicables, entre ellos de método punto por punto o el método de curvas isolux; para la aplicación de estos métodos se requiere conocer los datos de las luminarias que son proporcionados por el fabricante, tales como las curvas fotométricas, ancho del haz, vida útil y depreciación de la lámpara entre otras.

La utilización de los métodos antes mencionados se justifica cuando las áreas a iluminar son grandes, y la iluminación es un factor crítico del proyecto; sin embargo, en el caso del edificio el área de parqueo a iluminar es relativamente pequeña, por lo que para diseñar el sistema de iluminación recurriremos a distribuciones típicas de luminarias que garantizan niveles de iluminación aceptables de acuerdo a las necesidades planteadas.

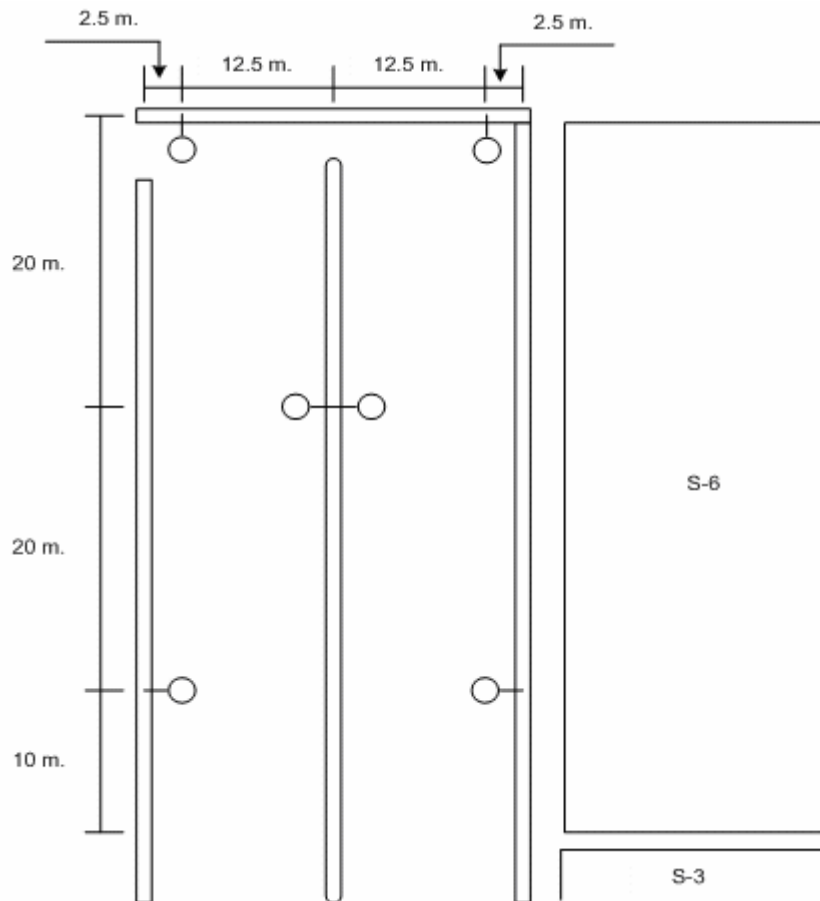
El emplazamiento, separación y altura de montaje apropiados de las luminarias implican factores de iluminación tales como la relación de uniformidad entre el nivel luminoso más bajo y el medio y el deslumbramiento mínimo. Para determinar el número de luminarias, altura de montaje, distribución y demás características del sistema de iluminación, recurriremos a la tabla de valores para niveles de iluminación recomendados y tabla de configuraciones típicas aceptables de alumbrado (ver tabla B-9 del anexo B) del manual de alumbrado Westinghouse.

El parqueo del edificio S-6 tiene un área de 50 metros de largo por 30 metros de ancho, dividida en dos sectores rectangulares de 50 m. de largo por 15 m. de ancho. El manual de alumbrado recomienda un nivel de iluminación de 20 lux para zonas de aparcamiento cuando este es atendido; entonces, atendiendo esta recomendación, observamos de la tabla de configuraciones típicas de alumbrado, diseñada para áreas de 7.2 metros de ancho, que el sistema adecuado para el parqueo esta compuesto por lámparas de mercurio tipo H33-1CD de 400 watts clara, con una emisión luminosa de 21,000 lúmenes.



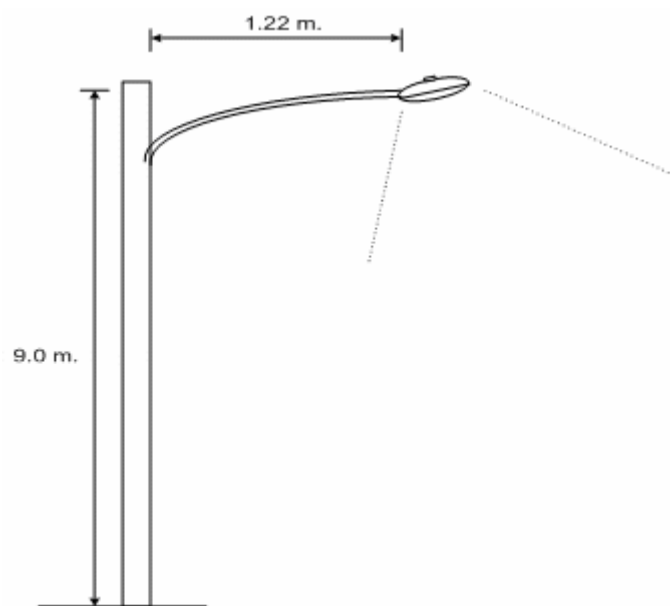
La separación entre postes recomendada es de 30 metros, sin embargo, dado que el ancho de cada sector del parqueo es mayor que el valor establecido en el manual; los postes se colocarán con una separación de 20 metros, para obtener un nivel de iluminación medio de 22 lux. La distribución de las luminarias recomendada es colocarlas en un solo lado de cada sector del parqueo, sin embargo, por las razones antes mencionadas, se empleara una distribución tipo “Al tresbolillo”, que consiste en colocar las lámparas alternadas en ambos lados para cada sector del parqueo. La siguiente figura muestra la distribución final de las lámparas.

**Figura 36. Distribución de luminarias en área de parqueo**



La siguiente figura muestra las dimensiones del poste a utilizar y sus accesorios; la altura de montaje de la lámpara es de 9 metros y la longitud del brazo que la sostiene es de 1.22 metros.

**Figura 37. Dimensiones del poste y accesorios**



### **3.4. Diseño de red de tierras**

Como se menciona en el capítulo uno, no se hace necesario diseñar un sistema de red de tierras complejo, sino, es suficiente aplicar lo recomendado al respecto por las normas para acometidas de servicio eléctrico, de la Empresa Eléctrica de Guatemala.

Estas normas establecen que el neutro de la instalación debe estar conectado sólidamente a tierra, mediante un conductor cuyo calibre no será menor que el calibre No. 8 AWG cobre; y los electrodos de tierra podrán ser varillas de cobre con una longitud mínima de 2.5 metros y 5/8" de diámetro o bien varillas de acero galvanizado de 6 pies de largo y diámetro de 5/8". Cabe mencionar que el edificio cuenta actualmente con estos requerimientos.

### **3.5. Cálculo de pararrayos**

Los como se dijo antes los pararrayos se utilizan como protección contra descargas atmosféricas, dado que la concentración de campos eléctricos es mayor en objetos puntiagudos, las descargas escogen su trayectoria a través de torres o esquinas de estructuras o edificios. Según el "Lightning Protection Code" (NFPA), un objeto está razonablemente protegido cuando queda bajo un cono cuyo vértice superior es la punta de la barra, y que tiene una base de radio igual a dos veces la altura de la punta.

La NFPA establece un método de construcción de sistemas de pararrayos en edificios, consistente en lo siguiente:

- Las barras puntiagudas deben estar conectadas, al menos, a dos conductores que vayan a la tierra en direcciones opuestas y con las trayectorias más cortas posibles.

- Las curvaturas de los conductores deben ser lo más amplias posibles y nunca formar ángulos menores a  $90^{\circ}$ . Deben estar colocados en el lado exterior de los muros y protegidos contra daños metálicos (entubados) en zonas de tránsito.
- Los cables conductores y de interconexión no deben ser menores al calibre número 2 AWG.
- Las varillas que sirven como terminal puntiaguda deben tener una altura mínima de 0.6 metros y la misma sección neta especificada para los cables.
- En edificios con azoteas planas las terminales puntiagudas deben colocarse en todas las esquinas y sobre las orillas con una separación máxima de 7.5 metros. En el interior de la azotea la separación puede ser hasta de 15 metros.
- El material de las varillas y de todos los elementos del sistema debe estar protegido contra la oxidación y el envejecimiento.

El método descrito, es una buena opción para el edificio ya que las características de este se ajustan a las indicadas (posee azotea plana), por lo tanto, considerando lo expuesto en el capítulo uno, bastará colocar un sistema de pararrayos consistente en cuatro captadores (varillas), como la que se muestra en la siguiente figura, de 0.6 metros de longitud mínima y 33.6 mm<sup>2</sup> de sección transversal, ubicados uno en cada esquina del edificio e interconectados entre sí y a tierra mediante un conductor tipo AWG TW calibre No. 2, la conexión a tierra de los pararrayos deberá hacerse desde dos puntos, ubicados en esquinas opuestas del edificio; se precisa que la tierra a la que se conectará el sistema de pararrayos tenga un valor de resistencia final inferior a los 10 ohms; como se ha mencionado anteriormente, la resistencia del terreno es de 1.15 ohms, por lo que no se requiere una red de tierras ni tratamiento especial del terreno, sino, basta colocar un electrodo de toma a tierra, dicho electrodo puede ser de las mismas características del utilizado para la conexión a tierra de la instalación.

**Figura 38. Varilla captadora**



## **4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

### **4.1. Conductores**

Las siguientes tablas muestran la comparación entre los calibres de los conductores existentes en los diferentes circuitos del edificio y los calibres de conductores que según diseño deben emplearse en cada circuito. Como puede observarse, el 50.65% de los conductores de los circuitos derivados existentes son de un calibre inferior al que según el diseño es necesario para soportar la corriente a plena carga sin calentarse y operar de forma segura. En el caso de los alimentadores, el calibre de los conductores también se encuentra inferior al recomendado. Se hace notar que los conductores se diseñan para soportar el 100% de la carga instalada, sin embargo, solamente un 25% del total de los tomacorrientes ubicados en los salones de clases opera simultáneamente en los casos de mayor demanda, por lo cual, los conductores existentes actualmente funcionan adecuadamente si se mantiene esta forma de uso.

**Tabla XXXII. Comparación de conductores primer nivel**

Circuito	Calibre del conductor (diseño)	Protección	Calibre del conductor (existente)	Protección
	AWG TW		AWG TW	
<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL</b>				
Circuito 1	8	1 x 20	12	1 x 40
Circuito 2	10	1 x 20	12	1 x 40
Circuito 3	12	1 x 15	12	1 x 40
Circuito 4	10	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 5	12	1 x 15	12	1 x 15
Circuito 6	12	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 7	14	1 x 15	12	1 x 30
Circuito 8	14	1 x 15	10	1 x 30
Circuito 9	14	1 x 15	10	1 x 30
Circuito 10	12	1 x 20	10	1 x 15
Circuito 11	14	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 12	14	1 x 15	12	1 x 30
Circuito 13	6	1 x 20	12	1 x 30
Circuito 14	8	1 x 20	12	1 x 15
Circuito 15	8	1 x 20	10	1 x 30
Circuito 16	14	1 x 15	12	1 x 15
Circuito 17	14	1 x 15	10	1 x 15
Circuito 18	14	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 19	14	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 20	14	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 21	14	1 x 15	12	1 x 15
Circuito 22	10	1 x 20	12	1 x 20
<b>TABLERO AUXILIAR No. 1</b>				
Circuito 1	10	1 x 30	12	1 x 30
Circuito 2	14	1 x 15	12	1 x 30
<b>TABLERO AUXILIAR No. 2</b>				
Circuito 1	10	1 x 20	14	1 x 20
<b>TABLERO AUXILIAR No. 3</b>				
Circuito 1	12	2 x 40	14	2 x 40
<b>TABLERO AUXILIAR No. 4</b>				
Circuito 1	14	3 x 30	8	3 x 30
Circuito 2	14	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 3	14	1 x 15	12	1 x 30
<b>TABLERO AUXILIAR No. 5</b>				
Circuito 1	14	1 x 20	8	1 x 20
Circuito 2	14	1 x 15	12	1 x 20

**Tabla XXXIII. Comparación de conductores segundo nivel**

Circuito	Calibre del conductor (diseño)	Protección	Calibre del conductor (existente)	Protección
	AWG TW		AWG TW	
Circuito 1	10	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 2	10	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 3	8	1 x 30	12	1 x 15
Circuito 4	12	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 5	8	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 6	12	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 7	10	1 x 20	12	1 x 30
Circuito 8	10	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 9	10	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 10	8	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 11	10	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 12	10	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 13	10	1 x 20	8	1 x 20
Circuito 14	8	1 x 30	8	1 x 20
Circuito 15	10	1 x 30	12	1 x 15
Circuito 16	10	1 x 20	8	1 x 20
Circuito 17	10	1 x 30	8	1 x 20
Circuito 18	12	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 19	14	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 20	14	1 x 15	12	1 x 15



**Tabla XXXIV. Comparación de conductores tercer nivel**

Circuito	Calibre del conductor (diseño)	Protección	Calibre del conductor (existente)	Protección
	AWG TW		AWG TW	
<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL</b>				
Circuito 1	10	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 2	10	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 3	10	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 4	8	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 5	12	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 6	10	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 7	12	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 8	12	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 9	8	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 10	10	1 x 20	12	1 x 40
Circuito 11	10	1 x 20	12	1 x 30
Circuito 12	10	1 x 20	12	1 x 20
Circuito 13	14	1 x 15	12	1 x 15
Circuito 14	10	1 x 30	12	1 x 15
Circuito 15	10	1 x 15	12	1 x 30
Circuito 16	8	1 x 30	12	1 x 30
Circuito 17	14	1 x 15	12	1 x 15
Circuito 18	10	1 x 30	12	1 x 15
Circuito 19	6	1 x 50	12	1 x 15
Circuito 20	10	1 x 20	12	1 x 20
<b>TABLERO AUXILIAR No. 1</b>				
Circuito 1	8	1 x 20	12	1 x 30
<b>TABLERO AUXILIAR No. 2</b>				
Circuito 1	14	1 x 15	12	1 x 20
<b>TABLERO AUXILIAR No. 3</b>				
Circuito 1	10	1 x 15	12	1 x 20
Circuito 2	8	1 x 15	12	1 x 20

**Figura XXXV. Comparación de conductores alimentadores**

Circuito	Calibre del conductor (diseño)	Protección	Calibre del conductor (existente)	Protección
	AWG THW		AWG THW	
Acometida	2 x 350 MCM	3 x 200	300 MCM	No existe
1er. Nivel	1/0	3 x 150	2	3 x 100
2do. Nivel	1/0	3 x 100	2	3 x 100
3er. Nivel	2/0	3 x 150	2	3 x 100

## 4.2. Canalizaciones

El sistema de canalizaciones existente en el edificio es el adecuado para la cantidad de conductores que se conducen por el mismo, como puede comprobarse al comparar las dimensiones de la tubería diseñada con la existente. En el caso de la canaleta existente utilizada como distribuidor, esta sobre dimensionada, ya que la existente es cuadrada de 4 pulgadas de lado, mientras, la necesaria según diseño es cuadrada de 2 pulgadas de lado.

## 4.3. Sistema de iluminación

En la siguiente tabla se muestra una comparación entre los niveles de iluminación existente en los diferentes ambientes del edificio y los niveles de iluminación recomendados por la Comisión Internacional de Iluminación.

**Tabla XXXVI. Comparación de niveles de iluminación**

Ambiente	N.I. medido (luxes)	N.I. recomendado (luxes)
<b>Primer Nivel</b>		
Cafetería	210	200
Imprenta	123	500
Salón 105	231	500
Salón 104	240	500
Entrada oeste	85	100
Sanitarios	50	100
Biblioteca	179	500
CEDOCCEE	126	500
Entrada este	132	100
Pasillo interior de norte a sur	86	100
Pasillo interior de este a oeste	86	100
Pasillo exterior de norte a sur	33	100
Pasillo exterior de este a oeste	30	100
Gradas oeste a segundo nivel	32	150
Gradas este a segundo nivel	30	150
<b>Parqueo</b>		
Parqueo este	41	20
<b>Segundo Nivel</b>		
Salón 201, 207	221	500
Salón 202, 206, 208, 212	257	500
Salón 203, 204, 205, 209, 210, 211	219	500
Salón 212 <sup>a</sup>	213	500
Pasillo de norte a sur	86	100
Pasillo de este a oeste	86	100
Cubículos	184	300
Sanitarios	50	100
Gradas oeste a tercer nivel	35	150
Gradas este a tercer nivel	33	150
<b>Tercer Nivel</b>		
Salón 309	223	500
Oficina 310	218	500
Oficina 314, practicas estudiantiles	214	500
Oficinas 311, 312, 313	221	500
Problemas nacionales, auditorium	221	500
Sanitarios	50	100
Biblioteca	192	500
IIES	238	500
EPS	215	500
Cubículos norte	186	300
Cubículos sur	192	300
Pasillo de norte a sur	86	100
Pasillo de este a oeste	86	100

Se observa que en todos los ambientes a excepción del área de parqueo, existe una deficiencia de nivel de iluminación. Los sistemas de iluminación de los diferentes ambientes se diseñaron de acuerdo a los niveles de iluminación recomendados, prestando atención especial a la iluminación de los salones de clase, en donde, una iluminación adecuada es muy importante para lograr un ambiente confortable, evitando la fatiga visual con el objetivo de aumentar la productividad de las actividades que allí se realizan.

#### **4.4. Red de tierras y pararrayos**

El sistema de puesta a tierra de la instalación eléctrica existente es funcional y no se requiere el diseño de un sistema de red de tierras complejo, ni tratamiento especial del terreno, ya que la resistencia de tierra alrededor del edificio es bastante menor a la recomendada.

El edificio no cuenta actualmente con sistema de pararrayos, por lo que se realizó un diseño acorde a las características del edificio que permite proteger la instalación eléctrica, equipo de oficina y a la estructura del edificio en general contra descargas electro atmosféricas.



## **5. IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO S-6 Y LA RED DE DISTRIBUCIÓN**

Las normas técnicas del servicio de distribución establecen como una obligación del distribuidor, prestar a sus usuarios, un servicio de energía eléctrica que cumpla con los índices o indicadores de calidad exigidos por la norma como lo son el desbalance de tensión y la distribución armónica. De igual forma establece como obligaciones de los usuarios poseer las instalaciones eléctricas internas, que eviten introducir perturbaciones en la red del distribuidor que afecte la calidad del servicio eléctrico de distribución. En caso de que el distribuidor o el consumidor incurrieran en alguna falta a lo normado respecto a los índices o indicadores de calidad, el infractor deberá pagar al afectado una indemnización, cuyo costo se calcula de la manera explicada en el capítulo uno.

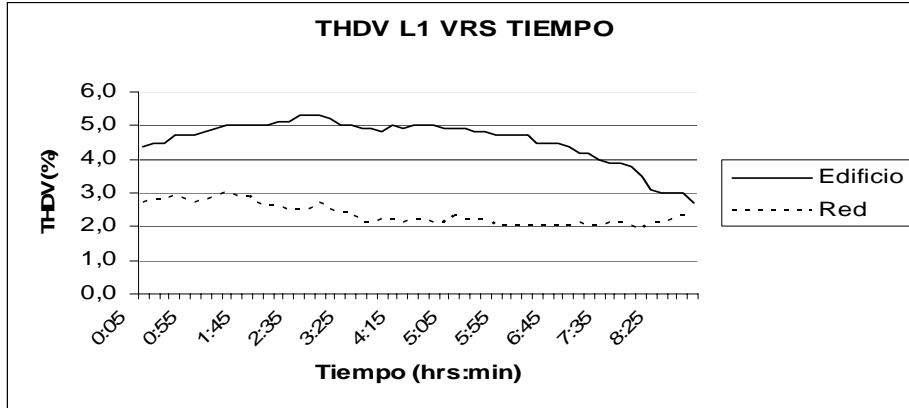
Para determinar el impacto técnico recíproco en los índices de calidad entre el edificio y la red eléctrica de distribución, se requería realizar la medición de calidad de energía en la entrada de la acometida, considerando al edificio como una carga puntual, y permaneciendo este fuera de servicio durante el período de medición. Este período de medición debía ser por lo menos igual al período de medición utilizado con el edificio en funcionamiento (24 horas en este caso); sin embargo, dada las funciones administrativas y docentes que se realizan en el edificio, no era posible dejarlo fuera de servicio, por lo que para realizar la comparación, se dividió el periodo de medición realizado con el edificio conectado, en dos intervalos de ocho horas cada uno que simulan, uno la medición con el edificio conectado, y el otro la medición con el edificio desconectado.

El período que se utilizará para simular la medición con el edificio conectado es el comprendido entre la 13:00 hrs. y las 22:00 hrs. que corresponden al período de mayor consumo de energía eléctrica por parte del edificio; para simular la medición de los parámetros de calidad de energía con el edificio desconectado se empleará el período comprendido entre las 22:00 hrs. y las 07:00 hrs. que corresponden al período en el cual el edificio tiene mínimo consumo de energía; por esta razón es importante hacer notar que los resultados obtenidos son una aproximación a los valores reales, por lo tanto los no son concluyentes de que el edificio como usuario o la red del distribuidor estén incumpliendo con los parámetros de calidad que se establecen en las normas.

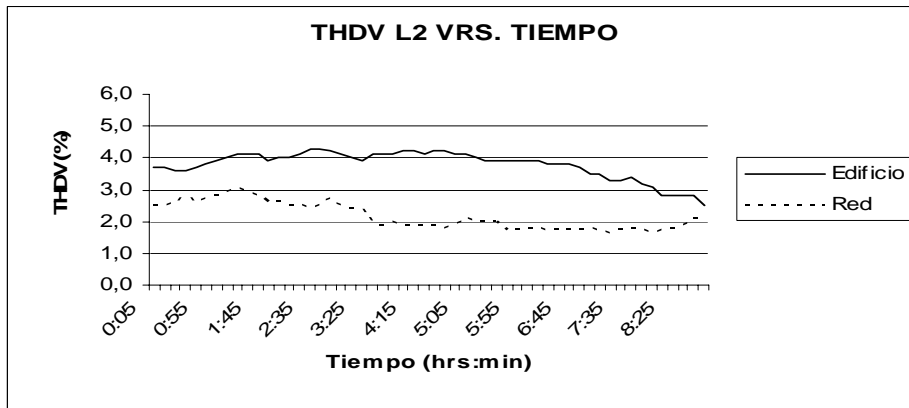
## **5.1. Distorsión armónica**

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se muestra en las siguientes figuras el comportamiento de la distorsión armónica total de voltaje (THDV) de cada una de las líneas, representando la línea punteada la medición con el edificio fuera de servicio y la línea continua la medición con el edificio en servicio, como puede observarse, en los tres casos la distorsión armónica aumenta cuando la carga del edificio esta en funcionamiento, por lo que se considera que durante este período el edificio genera armónicos que se suman al sistema, esto puede deberse a la gran cantidad de equipo eléctrico de oficina que se encuentra en el edificio. Es importante hacer notar que la distorsión armónica total se encuentra en todo momento muy por debajo del límite establecido por la norma, el cual es del 8%, por lo que es aceptable.

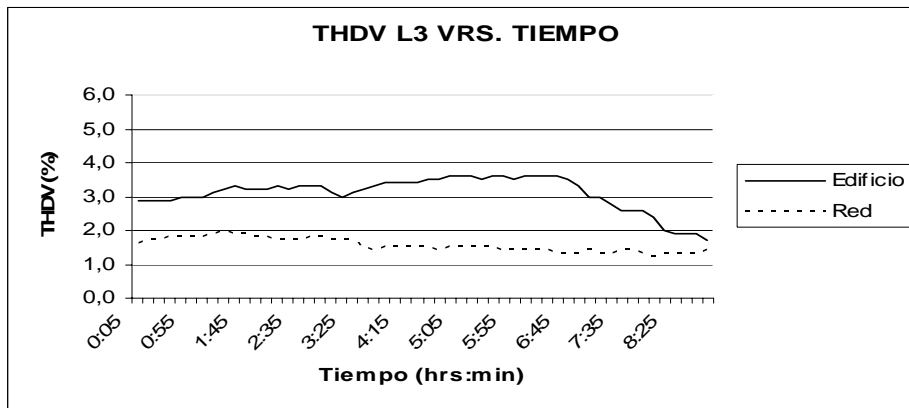
**Figura 39. Gráfica THDV L1 contra tiempo**



**Figura 40. Gráfica THDV L2 contra tiempo**



**Figura 41. Gráfica THDV L3 contra tiempo**

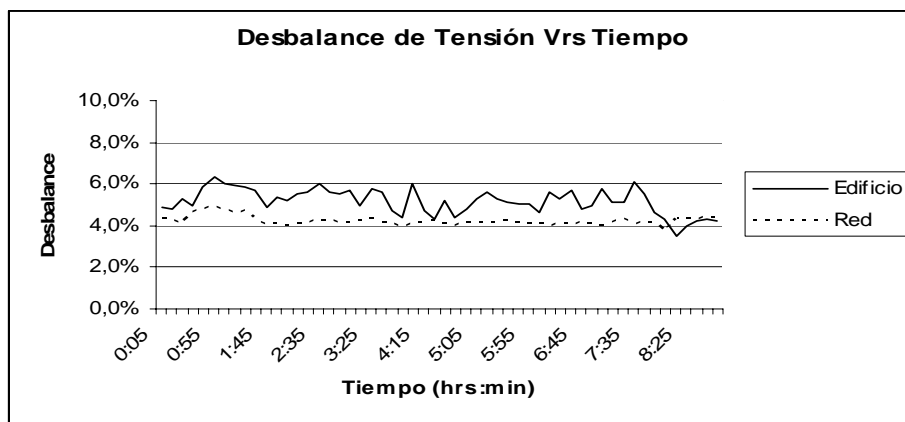




## 5.2. Desbalance de tensión

La siguiente figura muestra el comportamiento del desbalance de tensión en servicios trifásicos que se tiene con el edificio conectado (línea continua) y el de la red (línea punteada), como puede observarse el desbalance de tensión se incrementa de un promedio de 4.2% a un promedio de 5.2% (un incremento del 1%). Aunque las normas establecen como límite para el desbalance de tensión un 3%, este se establece para una etapa de régimen de servicio a partir del mes 13, sin embargo, todas las mediciones realizadas se enmarcan dentro de lo que la norma establece como período de transición, por lo que porcentaje de desbalance existente puede considerarse aceptable dado que no está lejano del límite establecido.

**Figura 42. Gráfica desbalance de tensión contra tiempo**



## **6. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL EDIFICIO S-6 AL MERCADO MAYORISTA COMO GRAN USUARIO**

En 1996, el Gobierno de la República de Guatemala puso en marcha el ordenamiento de la industria eléctrica del país, emitiendo la Ley General de Electricidad; en el artículo 44 de esta Ley se crea el Administrador del Mercado Mayorista (AMM), una entidad privada, sin fines de lucro, cuyas funciones son:

- La coordinación de la operación de centrales generadoras, interconexiones internacionales y líneas de transporte al mínimo costo para el conjunto de operaciones del mercado mayorista, en un marco de libre contratación de energía eléctrica entre agentes del mercado mayorista.
- Establecer precios de mercado de corto plazo para las transferencias de potencia y energía entre generadores, comercializadores, distribuidores, importadores y exportadores; específicamente cuando no correspondan a contratos libremente pactados.
- Garantizar la seguridad y el abastecimiento de energía eléctrica en el país.

## **6.1. Requisitos para la incorporación al Mercado Mayorista**

El instructivo que determina los requisitos, derechos y obligaciones para participar en el Mercado Mayorista y verificación del cumplimiento de requisitos para la participación en la operación y las transacciones, establece que un “Gran Usuario” es aquel que tenga una demanda máxima de al menos 100 KW y determina que para participar en el mercado mayorista, los Grandes Usuarios deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Presentar ante el AMM cuando se realicen transacciones en el Mercado a término, de conformidad con la Norma de Coordinación Comercial No. 13, la siguiente información:
  - i) Una solicitud indicando que se desea incorporar al mercado a término, un contrato o modificación a un contrato vigente.
  - ii) Declaración Jurada con el resumen de las condiciones contractuales más importantes, tales como: tipo de contrato, precio, plazo, punto de entrega, fórmulas de ajuste, penalizaciones, acuerdos de programas de mantenimiento, acuerdos sobre el pago de peajes y cualquier otra información que las partes consideren conveniente con el objetivo de facilitar la administración del contrato al AMM, de conformidad con la NCC-13.

- iii) Presentar la planilla correspondiente firmada por la parte compradora y vendedora.
- 
- 2) Presentar la información correspondiente a la Norma de Coordinación Operativa No. 1 (NCO-1), Base de Datos, Norma de Coordinación Comercial No. 1 (NCC-1), Coordinación del Despacho de Carga, que le permitan al AMM incluir su operación en los modelos de programación y análisis de sistemas eléctricos de potencia, debiendo incluir la información correspondiente a la programación de largo plazo, programación semanal y despacho diario.
  - 3) Presentar certificación de inscripción en el Registro del Ministerio de Energía y Minas, haciendo constar en la misma el requisito señalado en el artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, de que tienen una demanda de potencia, entendida como Demanda Máxima, que exceda 100 kW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro, en cada punto de medición.
  - 4) Contar con la habilitación por parte del AMM de los equipos de medición, de conformidad con lo establecido en la NCC14, Sistema de Medición Comercial.
  - 5) La información anterior debe ser presentada al AMM a más tardar dos días hábiles antes de la presentación de la información para la programación

semanal, si se trata de contratos nuevos o los ya administrados por el AMM si presentan algún cambio en las condiciones del mismo.

- 6) Presentar cada año al AMM a partir de la fecha de inicio de operaciones en el Mercado Mayorista, una declaración jurada de que su demanda excede 100 kW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro.

## **6.2. Factibilidad de incorporar el edificio al Mercado Mayorista**

Actualmente, el edificio S-6 tiene una demanda máxima de aproximadamente 42.7 KW, por lo tanto no cumple con el requisito de tener una demanda máxima de al menos 100 KW para considerarse un Gran Usuario y poder ser participante del mercado mayorista, por lo tanto, no es posible que en este momento el edificio se incorpore como miembro del mercado mayorista.

## 7. COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS CAMBIOS SUGERIDOS A LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En las siguientes tablas se muestra el detalle de la cantidad de materiales a utilizar para llevar a cabo la implementación de las modificaciones del sistema eléctrico planteadas en los diferentes ambientes del edificio S-6; de igual forma se muestra el costo unitario de cada uno de los materiales, así como el total parcial por cada nivel.

**Tabla XXXVII. Costo de materiales parqueo**

Cantidad	Descripción	Precio por unidad	Subtotal
6	LÁMPARA DE MERCURIO	Q 332,70	Q 1.996,20
5	POSTE DE CONCRETO 30 PIES	Q 1.600,00	Q 8.000,00
5	RACK PARA UN AISLADOR 53-2	Q 14,84	Q 74,20
5	AISLADOR DE CARRETE 3" PORCELANA GRIS 53-2	Q 5,19	Q 25,95
125	CABLE TRIPLE # 2	Q 18,83	Q 2.353,75
<b>TOTAL</b>			Q 12.450,10

**Tabla XXXVIII. Costo de materiales varios**

Cantidad	Descripción	Precio por unidad	Subtotal
3	BARRA DE COBRE 5/8"X8	Q 50,40	Q 151,20
3	MORDAZA DE 5/8"	Q 3,96	Q 11,88
200	CABLE DESNUDO # 2	Q 19,31	Q 3.862,00
4	PARARRAYOS	Q 1.350,00	Q 5.400,00
8	TUBO PVC ELÉCTRICO DE ½ PULG.	Q 8,00	Q 64,00
<b>TOTAL</b>			Q 9.489,08

**Tabla XXXIX. Costo de materiales primer nivel**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Subtotal</b>
1	TABLEROS DE 30 POLOS TRIFÁSICO	Q 815,06	Q 815,06
9,5	ROLLOS DE ALAMBRE TW #14	Q 124,00	Q 1.178,00
16	ROLLOS DE ALAMBRE TW # 12	Q 184,00	Q 2.944,00
3,5	ROLLOS DE ALAMBRE TW # 10	Q 291,00	Q 1.018,50
3,5	ROLLOS DE CABLE TW # 8	Q 521,60	Q 1.825,60
2	ROLLOS DE CABLE TW # 6	Q 749,00	Q 1.498,00
700	METROS DE CABLE 4/0	Q 58,40	Q 40.880,00
117	CANAL ELÉCTRICA 4"X4"	Q 124,00	Q 14.508,00
505	LÁMPARAS 2X40 RS LISTON	Q 101,24	Q 51.126,20
3	TABLEROS 102 G,E	Q 53,54	Q 160,62
1	TABLERO 104 G,E	Q 150,00	Q 150,00
5	TABLEROS 101	Q 25,00	Q 125,00
3	FLIPONES G,E, 1X40 A,	Q 21,04	Q 63,12
1	FLIPON G,E, 2X40 A,	Q 190,73	Q 190,73
8	FLIPONES G,E, 1X30 A,	Q 21,04	Q 168,32
1	FLIPON G,E, 3X30 A,	Q 265,73	Q 265,73
6	FLIPONES G,E, 1X15 A,	Q 21,04	Q 126,24
140	TOMACORRIENTES POLARIZADO	Q 11,70	Q 1.638,00
70	PLACAS DE DOS AGUJEROS C/U	Q 8,60	Q 602,00
20	SWITCH SIMPLES TICINO	Q 10,10	Q 202,00
12	SWITCH 3W TICINO	Q 11,91	Q 142,92
26	PLACAS DE UN AGUJERO C/U	Q 8,60	Q 223,60
500	CAJAS OCTAGONALES ½ & ¾ T,M	Q 2,43	Q 1.215,00
80	CAJAS RECTANGULARES ½ & ¾ T,M	Q 2,10	Q 168,00
276	TUBOS DUCTO DE ½ PULG,	Q 11,60	Q 3.201,60
150	COPLAS DUCTO DE ½ PULG,	Q 1,06	Q 159,00
17	CINTAS DE AISLAR SCOTCH 33	Q 17,61	Q 299,37
<b>TOTAL</b>			Q 124.079,55

**Tabla XL. Costo de materiales segundo nivel**

Cantidad	Descripción	Precio por unidad	Subtotal
1	TABLEROS DE 30 POLOS TRIFÁSICO	Q 815,06	Q 815,06
1	ROLLO DE ALAMBRE TW # 14	Q 124,00	Q 124,00
28	ROLLOS DE ALAMBRE TW # 12	Q 184,80	Q 5.174,40
7	ROLLOS DE ALAMBRE TW # 10	Q 291,20	Q 2.038,40
4	ROLLOS DE CABLE TW # 8	Q 521,60	Q 2.086,40
3	FLIPONES G.E DE 1 X 15 A.	Q 21,04	Q 63,12
16	FLIPONES G.E DE 1 X 20 A.	Q 21,04	Q 336,64
1	FLIPON G.E DE 1 X 30 A.	Q 21,04	Q 21,04
117	CAJAS RECTANGULARES ½ & ¾ T.M	Q 2,10	Q 245,70
170	TOMACORRIENTES POLARIZADO	Q 11,70	Q 1.989,00
32	SWITCH SIMPLE TICINO	Q 10,10	Q 323,20
32	PLACAS DE UN AGUJERO C/U	Q 8,60	Q 275,20
85	PLACAS DE DOS AGUJEROS C/U	Q 8,60	Q 731,00
2	LÁMPARAS DE EMERGENCIA LT	Q 496,00	Q 992,00
38	LÁMPARAS FLUOR. 2X40 U C/DIF	Q 349,50	Q 13.281,00
280	TUBO DUCTO DE ½ PULG.	Q 11,06	Q 3.096,80
1500	CONECTORES DUCTO ½ PULG.	Q 1,05	Q 1.575,00
200	COPLAS DUCTO ½ PULG.	Q 1,06	Q 212,00
<b>TOTAL</b>			Q 33.379,96

**Tabla XLI. Costo de materiales tercer nivel**

Cantidad	Descripción	Precio por unidad	Subtotal
1	TABLEROS DE 30 POLOS TRIFÁSICO	Q 815,06	Q 815,06
1	ROLLO DE ALAMBRE TW # 14	Q 124,00	Q 124,00
26	ROLLOS DE ALAMBRE TW # 12	Q 184,80	Q 4.804,80
6,5	ROLLOS DE ALAMBRE TW # 10	Q 291,20	Q 1.892,80
3	ROLLOS DE CABLE TW # 8	Q 521,60	Q 1.564,80
14	FLIPONES G.E DE 1 X 20 A.	Q 21,04	Q 294,56
1	FLIPONES G.E DE 1 X 40 A.	Q 21,04	Q 21,04
4	FLIPONES G.E DE 1 X 30 A.	Q 21,04	Q 84,16
5	FLIPONES G.E DE 1 X 15 A.	Q 21,04	Q 105,20
117	CAJAS RECTANGULARES ½ & ¾	Q 2,10	Q 245,70
170	TOMACORRIENTES POLARIZADO	Q 11,70	Q 1.989,00
32	SWITCH SIMPLE TICINO	Q 10,10	Q 323,20
32	PLACAS DE UN AGUJERO C/U	Q 8,60	Q 275,20
85	PLACAS DE DOS AGUJEROS C/U	Q 8,60	Q 731,00
280	TUBO DUCTO DE ½ PULG.	Q 11,06	Q 3.096,80
280	COPLAS DUCTO ½ PULG.	Q 1,06	Q 296,80
<b>TOTAL</b>			Q 16.664,12



El costo total de los materiales a utilizar haciende a la cantidad de Q196,062.81 .

Para determinar el costo de mano de obra, se calculará dicho costo como el 40% del costo total de los materiales. De esta forma tendremos que el costo total de mano de obra será de Q78,425.12

Por lo tanto el costo total de la implementación de las modificaciones haciende a la cantidad de Q 274,487.93

Es importante señalar que la implementación del proyecto será de beneficio para la facultad de Ciencias Económicas, ya que aumentará la vida útil del edificio, el cual contará con un sistema eléctrico seguro y eficiente; beneficiándose igualmente todo el personal administrativo que labora en el edificio así como los estudiantes que lo utilizan.

## CONCLUSIONES

1. Las modificaciones realizadas a la instalación eléctrica del edificio según se observó, se implementaron sin realizarse estudios previos de ingeniería, lo que ha provocado entre otras cosas, desbalance de carga en las líneas y disminución del factor de potencia.
2. El rediseño de las instalaciones demostró que, a excepción del sistema de canalizaciones, los demás elementos de red eléctrica deben ser modificados para garantizar la continuidad del servicio, prolongación de la vida útil de la instalación y brindar seguridad y protección al equipo conectado a la instalación y personal que lo opera. Se determinó además, que el nivel de iluminación en los diferentes ambientes del edificio es deficiente, por lo que el diseño propuesto toma en cuenta niveles recomendados de iluminación que garantizan un ambiente cómodo que evitan fatiga visual y deslumbramiento.
3. Actualmente la demanda de potencia máxima del edificio no cumple con el valor establecido como requisito por la AMM, para poder formar parte del Mercado Mayorista como Gran Usuario.
4. La distorsión armónica en el edificio se encuentra dentro del límite de tolerancia establecido por las NTSD, por lo que no afecta la calidad de energía con que se cuenta.



## RECOMENDACIONES

1. Implementar los cambios sugeridos de acuerdo al rediseño del sistema eléctrico planteado, dando prioridad al dimensionamiento de los conductores, ya que una falla de los mismos puede provocar accidentes lamentables y daño a los equipos conectados a ellos. En el caso de los circuitos derivados que requieran una calibre de conductor superior al 10 AWG, lo ideal es dividir la carga conectada a este circuito en dos partes iguales para poderlas alimentar con conductores calibre 12 AWG.
2. La remodelación del sistema de iluminación de los salones de clase y oficinas, debe tener prioridad sobre la de los demás ambientes, ya que esta áreas es donde las personas permanecen la mayor parte del tiempo, por lo que debe garantizárseles niveles adecuados de iluminación que le permitan realizar sus actividades de manera eficiente.
3. Estar atento a lo que determine en el futuro el Ministerio de Energía y Minas respecto al valor de demanda de potencia máxima que se establezca como requisito para poder ingresar al Mercado Mayorista como Gran Usuario, y evaluar la incorporación del edificio S-6 al mismo.
4. Mientras no se forme parte del Mercado Mayorista como gran usuario, debe realizarse una evaluación de la calidad de energía por lo menos cada seis meses para garantizar que se cuenta con un servicio de calidad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Bratu Serbán, Neagu y Eduardo Campero Littlewood. **Instalaciones eléctricas. Conceptos básicos y diseño.** 2<sup>a</sup> ed. México: Alfaomega, 1994. 240 pp.
2. **Manual del alumbrado.** Westinghouse. 3<sup>a</sup> ed. México: Dossat. S.A., 1985.
3. **Manual eléctrico.** Phelps dodge de Centro America S.A. 2<sup>a</sup>. ed. México: Proyección Publicitaria S.A., 1974.
4. Mendez Celiz, Luis Alfonso. Guía para el diseño de instalaciones eléctricas. Tesis Ing. Mecánico Electricista. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1992. 92 pp.
5. **Normas para acometidas de servicio eléctrico.** 11<sup>va</sup> ed. Guatemala: Empresa eléctrica de Guatemala S.A., 1994. 122 pp.



## **ANEXO A**



Tabla A-1. Corriente que circula en cada una de las líneas del edificio

Hora de Medición	Corriente (amperios)				Hora de Medición	Corriente (amperios)			
	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutral		Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutral
11:15 AM	48,7	43,1	44,5	25,2	9:45 PM	16,3	0,0	18,9	15,9
11:25 AM	45,5	43,3	45,4	25,9	9:55 PM	14,9	0,0	19,4	15,3
11:35 AM	47,4	43,2	47,3	25,3	10:05 PM	14,6	2,2	17,5	14,5
11:45 AM	41,9	41,8	43,9	26,6	10:15 PM	14,8	0,0	17,5	15,4
11:55 AM	44,5	44,1	42,8	26,0	10:25 PM	14,3	0,0	19,1	16,1
12:05 PM	40,5	45,1	43,7	26,7	10:35 PM	14,5	0,0	17,3	15,8
12:15 PM	39,9	51,3	49,6	32,1	10:45 PM	14,9	0,0	16,7	15,9
12:25 PM	42,1	40,0	46,7	22,9	10:55 PM	17,0	0,0	16,5	15,6
12:35 PM	39,7	41,4	48,5	23,8	11:05 PM	15,7	0,0	16,7	16,6
12:45 PM	40,9	40,2	42,3	23,8	11:15 PM	15,3	0,0	18,6	15,9
12:55 PM	42,4	43,4	43,6	26,7	11:25 PM	14,9	0,0	16,8	15,4
1:05 PM	53,2	66,1	58,5	35,7	11:35 PM	13,8	0,0	17,2	14,7
1:15 PM	64,1	70,3	57,0	40,0	11:45 PM	13,5	0,0	16,6	15,4
1:25 PM	71,5	72,4	53,7	45,5	11:55 PM	14,8	0,0	16,7	15,1
1:35 PM	78,3	70,9	59,4	43,6	12:05 AM	15,4	0,0	18,3	16,3
1:45 PM	85,3	70,9	53,7	53,1	12:15 AM	14,8	0,0	17,4	15,6
1:55 PM	77,6	76,2	52,5	50,6	12:25 AM	14,4	0,0	16,7	15,5
2:05 PM	76,6	80,7	60,9	48,9	12:35 AM	14,8	1,2	16,5	14,0
2:15 PM	81,1	97,0	60,0	61,2	12:45 AM	14,6	0,0	16,6	15,1
2:25 PM	88,0	94,4	66,0	58,9	12:55 AM	15,0	0,0	18,1	15,7
2:35 PM	85,8	94,6	71,4	55,5	1:05 AM	15,7	0,0	17,7	16,4
2:45 PM	92,0	98,7	80,9	52,9	1:15 AM	16,9	0,0	16,6	16,0
2:55 PM	101,7	94,1	74,7	56,2	1:25 AM	15,9	0,0	16,8	16,6
3:05 PM	101,7	93,3	79,3	53,0	1:35 AM	14,9	0,0	16,7	15,6
3:15 PM	97,8	91,9	73,2	56,2	1:45 AM	14,7	0,0	17,1	15,4
3:25 PM	100,4	97,3	78,3	57,0	1:55 AM	13,3	0,0	18,2	15,2
3:35 PM	105,1	100,6	75,7	62,8	2:05 AM	13,3	0,0	16,7	15,4
3:45 PM	107,3	103,6	75,7	62,7	2:15 AM	14,7	0,0	16,7	14,8
3:55 PM	115,4	97,9	73,4	65,4	2:25 AM	15,5	0,0	16,7	16,1
4:05 PM	110,8	99,6	75,7	62,7	2:35 AM	14,6	0,0	17,3	15,4
4:15 PM	104,0	91,2	72,6	57,3	2:45 AM	14,1	0,0	17,8	16,0
4:25 PM	95,0	88,3	68,1	56,8	2:55 AM	15,3	0,0	17,1	15,0
4:35 PM	88,6	99,8	73,7	57,4	3:05 AM	14,7	0,0	16,7	16,0
4:45 PM	87,6	91,9	72,4	54,1	3:15 AM	14,6	0,6	17,0	15,0
4:55 PM	85,5	93,3	86,7	43,8	3:25 AM	15,7	0,0	17,1	15,4
5:05 PM	94,0	96,0	91,5	46,9	3:35 AM	17,0	0,0	16,9	15,9
5:15 PM	92,7	118,9	112,8	65,9	3:45 AM	15,8	0,0	18,0	16,5
5:25 PM	99,7	118,3	115,2	62,3	3:55 AM	14,3	0,0	16,6	15,5
5:35 PM	95,3	123,3	120,4	67,6	4:05 AM	14,8	0,0	16,6	15,1
5:45 PM	102,5	122,7	123,5	61,5	4:15 AM	13,3	0,0	17,1	15,2
5:55 PM	120,5	127,2	115,8	64,3	4:25 AM	13,3	0,0	16,8	15,1
6:05 PM	135,0	121,1	118,3	60,0	4:35 AM	14,8	0,0	17,8	15,6
6:15 PM	138,4	123,5	119,6	60,3	4:45 AM	15,3	0,0	16,8	15,3
6:25 PM	136,0	122,2	117,0	61,0	4:55 AM	14,3	0,0	16,4	15,5
6:35 PM	134,3	121,0	119,1	59,6	5:05 AM	13,4	0,0	16,6	14,8
6:45 PM	132,2	116,9	116,5	58,0	5:15 AM	15,4	0,0	16,6	15,5
6:55 PM	134,6	117,0	121,4	57,6	5:25 AM	14,1	0,0	16,5	15,2
7:05 PM	126,7	114,7	115,0	57,0	5:35 AM	14,1	0,0	17,5	15,4
7:15 PM	131,9	116,2	114,5	58,4	5:45 AM	15,8	0,0	17,8	16,1
7:25 PM	131,1	114,0	108,6	61,9	5:55 AM	16,0	0,0	17,3	16,2
7:35 PM	124,4	115,3	107,8	60,0	6:05 AM	3,6	0,0	16,4	14,3
7:45 PM	121,5	115,4	109,3	59,2	6:15 AM	0,0	1,8	0,3	3,1
7:55 PM	116,0	111,6	107,5	58,5	6:25 AM	3,8	1,9	5,1	13,5
8:05 PM	100,5	102,3	93,4	60,4	6:35 AM	0,0	0,0	0,9	1,2
8:15 PM	99,2	96,2	80,1	63,1	6:45 AM	0,0	0,0	4,1	5,3
8:25 PM	93,6	94,8	83,1	57,8	6:55 AM	4,2	0,0	11,4	13,8
8:35 PM	80,6	93,3	71,9	62,0	7:05 AM	18,7	16,3	20,8	16,8
8:45 PM	72,8	93,9	67,2	64,6	7:15 AM	25,7	23,2	21,5	19,0
8:55 PM	64,6	78,5	59,1	59,0	7:25 AM	23,9	29,7	27,7	20,9
9:05 PM	54,2	46,5	51,6	42,0	7:35 AM	23,7	23,2	22,6	18,0
9:15 PM	26,2	0,0	40,3	21,9	7:45 AM	21,3	22,2	21,3	17,3
9:25 PM	15,1	0,0	22,2	16,8	7:55 AM	21,9	24,1	20,0	17,7
9:35 PM	15,2	0,0	18,2	16,3	8:05 AM	24,3	21,8	23,4	16,6

Tabla A-2. Voltaje línea a línea y línea a neutro

Hora	Voltaje (volts)					
	L1-L2	L2-L3	L1-L3	L1	L2	L3
11:15 AM	214,3	219,2	216,8	123,2	123,8	128,6
11:25 AM	214,5	219,3	217,0	123,5	123,8	128,5
11:35 AM	214,5	219,2	216,9	123,5	123,8	128,4
11:45 AM	214,6	219,4	217,1	123,7	124,4	128,5
11:55 AM	215,6	220,6	218,3	124,3	125,4	129,3
12:05 PM	217,2	222,1	219,9	125,2	124,3	130,1
12:15 PM	215,6	220,4	218,4	124,6	124,7	128,9
12:25 PM	215,9	220,4	218,6	124,3	124,9	129,3
12:35 PM	216,3	220,8	219,1	124,6	125,4	129,4
12:45 PM	216,9	221,6	219,6	124,9	125,2	129,8
12:55 PM	216,8	221,5	219,8	124,9	123,7	129,9
1:05 PM	215,2	219,6	218,5	124,5	123,0	129,1
1:15 PM	214,2	218,9	217,4	123,7	123,0	129,0
1:25 PM	214,2	219,0	217,4	123,5	122,7	129,3
1:35 PM	213,8	218,5	216,6	123,1	122,8	129,0
1:45 PM	214,2	219,2	217,0	122,8	122,6	129,9
1:55 PM	213,9	219,0	217,2	123,2	121,8	129,7
2:05 PM	212,9	217,8	216,0	123,0	121,2	128,7
2:15 PM	212,3	217,7	216,0	123,2	121,3	128,7
2:25 PM	212,2	217,4	215,5	122,9	121,2	128,5
2:35 PM	212,2	217,1	215,3	122,9	121,1	128,2
2:45 PM	211,6	216,5	214,6	122,6	121,5	127,5
2:55 PM	212,2	217,2	214,9	122,2	121,7	128,4
3:05 PM	212,4	217,1	214,8	122,4	121,7	128,2
3:15 PM	212,6	217,6	215,3	122,6	121,7	128,6
3:25 PM	212,6	217,6	215,2	122,8	121,4	128,4
3:35 PM	212,3	217,4	215,0	122,5	121,1	128,6
3:45 PM	211,8	217,2	214,9	122,3	121,6	128,6
3:55 PM	212,4	217,8	214,9	122,1	122,2	129,0
4:05 PM	213,5	218,9	216,1	123,1	122,2	129,3
4:15 PM	213,3	218,5	215,7	122,8	122,8	129,0
4:25 PM	214,5	219,8	217,2	123,8	122,5	129,7
4:35 PM	214,2	219,6	217,4	124,2	122,5	129,5
4:45 PM	214,1	219,2	217,1	123,8	123,4	129,3
4:55 PM	214,9	219,6	218,0	124,4	123,5	129,0
5:05 PM	215,3	219,8	218,2	124,6	121,8	129,3
5:15 PM	213,9	217,6	217,0	125,0	121,9	127,8
5:25 PM	213,8	217,3	216,6	124,5	122,3	127,7
5:35 PM	214,7	218,1	217,8	125,5	121,5	128,0
5:45 PM	212,8	216,5	215,8	124,1	121,5	127,0
5:55 PM	212,9	217,4	215,7	123,5	122,2	128,2
6:05 PM	213,5	218,0	215,8	123,1	122,0	128,6
6:15 PM	213,1	217,8	215,5	122,8	121,6	128,6
6:25 PM	212,4	217,2	215,2	122,6	121,7	128,3
6:35 PM	212,7	217,3	215,5	122,8	121,9	128,3
6:45 PM	212,9	217,5	215,7	122,8	122,2	128,5
6:55 PM	213,3	217,8	216,0	123,1	122,3	128,6
7:05 PM	213,5	218,2	216,7	123,2	123,6	129,0
7:15 PM	215,5	220,3	218,8	124,1	123,4	130,5
7:25 PM	214,9	219,8	217,7	123,4	123,6	130,0
7:35 PM	215,4	220,4	218,5	124,0	123,1	130,3
7:45 PM	214,8	219,5	217,8	123,9	123,7	129,7
7:55 PM	215,9	220,5	218,8	124,7	123,8	130,1
8:05 PM	216,3	221,0	219,5	125,2	123,1	130,4
8:15 PM	215,2	220,1	218,5	124,1	123,8	130,3
8:25 PM	216,3	221,1	219,6	125,0	124,1	130,6
8:35 PM	217,2	222,2	220,9	125,9	123,7	131,4
8:45 PM	217,0	222,0	220,9	126,0	124,3	131,3
8:55 PM	217,8	222,3	221,3	126,0	125,8	131,7
9:05 PM	219,1	223,5	221,9	126,2	127,3	131,7
9:15 PM	219,4	223,7	222,0	126,1	127,7	130,6
9:25 PM	220,2	224,9	223,7	126,7	128,1	131,8
9:35 PM	221,0	225,9	224,5	127,0	128,3	132,5

Hora	Voltaje (volts)					
	L1-L2	L2-L3	L1-L3	L1	L2	L3
9:45 PM	220,8	226,1	224,2	126,8	127,4	132,3
9:55 PM	219,3	224,5	222,6	126,0	127,6	131,4
10:05 PM	219,8	225,0	223,2	126,3	128,0	131,8
10:15 PM	220,4	225,6	223,7	126,6	128,5	132,1
10:25 PM	221,3	226,4	224,7	127,2	128,3	132,5
10:35 PM	220,5	226,0	223,9	126,4	127,4	132,4
10:45 PM	218,9	224,6	222,4	125,4	127,8	131,6
10:55 PM	219,6	225,3	223,0	125,7	128,2	132,0
11:05 PM	220,2	225,8	223,6	126,1	127,7	132,3
11:15 PM	219,4	225,0	222,9	125,8	128,7	131,7
11:25 PM	221,3	226,9	224,8	126,8	128,9	132,9
11:35 PM	221,7	227,0	225,1	127,3	128,5	132,9
11:45 PM	221,1	226,0	224,1	126,9	128,3	132,1
11:55 PM	220,8	225,7	223,7	126,7	128,8	131,9
12:05 AM	221,5	226,5	224,4	127,1	129,0	132,3
12:15 AM	221,9	226,9	224,9	127,3	128,7	132,6
12:25 AM	221,5	226,5	224,4	127,0	128,1	132,4
12:35 AM	220,6	225,7	223,6	126,6	128,2	132,0
12:45 AM	220,5	225,6	223,6	126,5	128,4	131,9
12:55 AM	220,8	225,9	223,8	126,7	128,4	132,0
1:05 AM	220,9	225,9	223,9	126,7	128,5	132,0
1:15 AM	221,1	226,3	224,1	126,8	128,5	132,3
1:25 AM	220,9	226,0	224,0	126,7	127,6	132,2
1:35 AM	219,6	224,6	222,6	126,0	127,5	131,3
1:45 AM	219,4	224,2	222,3	125,8	127,5	131,1
1:55 AM	219,5	224,4	222,5	126,1	127,7	131,1
2:05 AM	219,9	224,7	222,9	126,2	127,6	131,4
2:15 AM	219,7	224,7	222,8	126,1	127,7	131,4
2:25 AM	219,7	224,6	222,7	126,0	127,7	131,4
2:35 AM	219,8	224,7	222,9	126,2	127,9	131,4
2:45 AM	220,1	224,9	223,0	126,3	127,8	131,4
2:55 AM	220,1	224,9	223,0	126,3	128,0	131,6
3:05 AM	220,3	225,2	223,3	126,4	127,7	131,7
3:15 AM	219,9	224,8	223,0	126,2	127,6	131,5
3:25 AM	219,7	224,6	222,8	126,1	127,5	131,4
3:35 AM	219,5	224,5	222,7	126,0	127,6	131,4
3:45 AM	219,5	224,4	222,6	125,9	127,5	131,2
3:55 AM	219,4	224,3	222,5	126,0	127,4	131,2
4:05 AM	219,3	224,2	222,3	125,9	127,2	131,1
4:15 AM	219,1	223,9	222,1	125,8	127,1	130,9
4:25 AM	219,0	223,8	221,9	125,7	127,3	130,9
4:35 AM	219,1	223,9	222,0	125,7	126,8	130,9
4:45 AM	218,2	223,0	221,2	125,2	126,8	130,5
4:55 AM	218,3	222,9	221,2	125,2	126,0	130,4
5:05 AM	216,9	221,6	219,9	124,5	126,1	129,6
5:15 AM	217,0	221,8	220,0	124,5	125,6	129,8
5:25 AM	216,2	221,1	219,3	124,0	125,8	129,4
5:35 AM	216,4	221,2	219,5	124,2	125,8	129,3
5:45 AM	216,3	221,0	219,3	124,0	126,1	129,2
5:55 AM	216,8	221,6	220,2	124,4	125,9	129,7
6:05 AM	216,8	221,2	220,2	124,7	125,3	129,4
6:15 AM	216,3	221,2	220,0	124,4	126,9	129,9
6:25 AM	218,9	223,6	222,5	125,8	127,5	131,3
6:35 AM	219,9	224,8	223,5	126,4	127,1	131,9
6:45 AM	219,2	224,0	222,8	125,9	126,8	131,5
6:55 AM	218,3	222,9	221,7	125,2	126,6	130,8
7:05 AM	216,4	221,0	219,6	124,1	124,7	129,5
7:15 AM	215,1	219,9	217,9	123,3	125,1	128,9
7:25 AM	215,7	220,7	218,7	124,0	124,6	129,1
7:35 AM	214,8	219,8	217,5	123,2	124,4	128,7
7:45 AM	214,5	219,4	217,1	123,0	124,9	128,4
7:55 AM	215,4	220,5	217,9	123,4	124,7	129,1
8:05 AM	214,7	219,7	216,7	122,9	123,7	128,3

Tabla A-3. Índices de regulación de tensión y desbalance de voltaje

Hora	Índices de regulación de tensión (%)						Desbal. (%)	Hora	Índices de regulación de tensión (%)						Desbal. (%)
	L1-L2	L2-L3	L1-L3	L1	L2	L3			L1-L2	L2-L3	L1-L3	L1	L2	L3	
11:15 AM	3,03	5,38	4,23	2,67	3,17	7,17	4,31	9:55 PM	5,43	7,93	7,02	5,00	6,33	9,50	4,21
11:25 AM	3,13	5,43	4,33	2,92	3,17	7,08	3,99	10:05 PM	5,67	8,17	7,31	5,25	6,67	9,83	4,27
11:35 AM	3,13	5,38	4,28	2,92	3,17	7,00	3,91	10:15 PM	5,96	8,46	7,55	5,50	7,08	10,08	4,26
11:45 AM	3,17	5,48	4,38	3,08	3,67	7,08	3,82	10:25 PM	6,39	8,85	8,03	6,00	6,92	10,42	4,10
11:55 AM	3,65	6,06	4,95	3,58	4,50	7,75	3,96	10:35 PM	6,01	8,65	7,64	5,33	6,17	10,33	4,66
12:15 PM	3,65	5,96	5,00	3,83	3,92	7,42	3,41	10:45 PM	5,24	7,98	6,92	4,50	6,50	9,67	4,83
12:25 PM	3,80	5,96	5,10	3,58	4,08	7,75	3,96	10:55 PM	5,58	8,32	7,21	4,75	6,83	10,00	4,90
12:35 PM	3,99	6,15	5,34	3,83	4,50	7,83	3,80	11:05 PM	5,87	8,56	7,50	5,08	6,42	10,25	4,82
12:45 PM	4,28	6,54	5,58	4,08	4,33	8,17	3,87	11:15 PM	5,48	8,17	7,16	4,83	7,25	9,75	4,58
12:55 PM	4,23	6,49	5,67	4,08	3,08	8,25	4,91	11:25 PM	6,39	9,09	8,08	5,67	7,42	10,75	4,71
1:05 PM	3,46	5,58	5,05	3,75	2,50	7,58	4,86	11:35 PM	6,59	9,13	8,22	6,08	7,08	10,75	4,32
1:15 PM	2,98	5,24	4,52	3,08	2,50	7,50	4,79	11:45 PM	6,30	8,65	7,74	5,75	6,92	10,08	4,03
1:25 PM	2,98	5,29	4,52	2,92	2,25	7,75	5,27	11:55 PM	6,15	8,51	7,55	5,58	7,33	9,92	4,03
1:35 PM	2,79	5,05	4,13	2,58	2,33	7,50	4,96	12:05 AM	6,49	8,89	7,88	5,92	7,50	10,25	4,02
1:45 PM	2,98	5,38	4,33	2,33	2,17	8,25	5,84	12:15 AM	6,68	9,09	8,13	6,08	7,25	10,50	4,09
1:55 PM	2,84	5,29	4,42	2,67	1,50	8,08	6,33	12:25 AM	6,49	8,89	7,88	5,83	6,75	10,33	4,18
2:05 PM	2,36	4,71	3,85	2,50	1,00	7,25	6,03	12:35 AM	6,06	8,51	7,50	5,50	6,83	10,00	4,19
2:15 PM	2,07	4,66	3,85	2,67	1,08	7,25	5,95	12:45 AM	6,01	8,46	7,50	5,42	7,00	9,92	4,19
2:25 PM	2,02	4,52	3,61	2,42	1,00	7,08	5,88	12:55 AM	6,15	8,61	7,60	5,58	7,00	10,00	4,11
2:35 PM	2,02	4,38	3,51	2,42	0,92	6,83	5,72	1:05 AM	6,20	8,61	7,64	5,58	7,08	10,00	4,11
2:45 PM	1,73	4,09	3,17	2,17	1,25	6,25	4,84	1:15 AM	6,30	8,80	7,74	5,67	7,08	10,25	4,26
2:55 PM	2,02	4,42	3,32	1,83	1,42	7,00	5,40	1:25 AM	6,20	8,65	7,69	5,58	6,33	10,17	4,27
3:05 PM	2,12	4,38	3,27	2,00	1,42	6,83	5,24	1:35 AM	5,58	7,98	7,02	5,00	6,25	9,42	4,13
3:15 PM	2,21	4,62	3,51	2,17	1,42	7,17	5,55	1:45 AM	5,48	7,79	6,88	4,83	6,25	9,25	4,14
3:25 PM	2,21	4,62	3,46	2,33	1,17	7,00	5,64	1:55 AM	5,53	7,88	6,97	5,08	6,42	9,25	3,90
3:35 PM	2,07	4,52	3,37	2,08	0,92	7,17	6,05	2:05 AM	5,72	8,03	7,16	5,17	6,33	9,50	4,05
3:45 PM	1,83	4,42	3,32	1,92	1,33	7,17	5,64	2:15 AM	5,62	8,03	7,12	5,08	6,42	9,50	4,13
3:55 PM	2,12	4,71	3,32	1,75	1,83	7,50	5,55	2:25 AM	5,62	7,98	7,07	5,00	6,42	9,50	4,21
4:05 PM	2,64	5,24	3,89	2,58	1,83	7,75	5,69	2:35 AM	5,67	8,03	7,16	5,17	6,58	9,50	4,05
4:15 PM	2,55	5,05	3,70	2,33	2,33	7,50	4,97	2:45 AM	5,82	8,13	7,21	5,25	6,50	9,50	3,97
4:25 PM	3,13	5,67	4,42	3,17	2,08	8,08	5,74	2:55 AM	5,82	8,13	7,21	5,25	6,67	9,67	4,12
4:35 PM	2,98	5,58	4,52	3,50	2,08	7,92	5,58	3:05 AM	5,91	8,27	7,36	5,33	6,42	9,75	4,12
4:45 PM	2,93	5,38	4,38	3,17	2,83	7,75	4,70	3:15 AM	5,72	8,08	7,21	5,17	6,33	9,58	4,13
4:55 PM	3,32	5,58	4,81	3,67	2,92	7,50	4,38	3:25 AM	5,62	7,98	7,12	5,08	6,25	9,50	4,13
5:05 PM	3,51	5,67	4,90	3,83	1,50	7,75	5,99	3:35 AM	5,53	7,93	7,07	5,00	6,33	9,50	4,21
5:15 PM	2,84	4,62	4,33	4,17	1,58	6,50	4,72	3:45 AM	5,53	7,88	7,02	4,92	6,25	9,33	4,13
5:25 PM	2,79	4,47	4,13	3,75	1,92	6,42	4,33	3:55 AM	5,48	7,84	6,97	5,00	6,17	9,33	4,06
5:35 PM	3,22	4,86	4,71	4,58	1,25	6,67	5,20	4:05 AM	5,43	7,79	6,88	4,92	6,00	9,25	4,06
5:45 PM	2,31	4,09	3,75	3,42	1,25	5,83	4,43	4:15 AM	5,34	7,64	6,78	4,83	5,92	9,08	3,99
5:55 PM	2,36	4,52	3,70	2,92	1,83	6,83	4,81	4:25 AM	5,29	7,60	6,68	4,75	6,08	9,08	4,06
6:05 PM	2,64	4,81	3,75	2,58	1,67	7,17	5,30	4:35 AM	5,34	7,64	6,73	4,75	5,67	9,08	4,07
6:15 PM	2,45	4,71	3,61	2,33	1,33	7,17	5,63	4:45 AM	4,90	7,21	6,35	4,33	5,67	8,75	4,16
6:25 PM	2,12	4,42	3,46	2,17	1,42	6,92	5,31	4:55 AM	4,95	7,16	6,35	4,33	5,00	8,67	4,09
6:35 PM	2,26	4,47	3,61	2,33	1,58	6,92	5,15	5:05 AM	4,28	6,54	5,72	3,75	5,08	8,00	4,02
6:45 PM	2,36	4,57	3,70	2,33	1,83	7,08	5,06	5:15 AM	4,33	6,63	5,77	3,75	4,67	8,17	4,19
6:55 PM	2,55	4,71	3,85	2,58	1,92	7,17	5,05	5:25 AM	3,94	6,30	5,43	3,33	4,83	7,83	4,27
7:05 PM	2,64	4,90	4,18	2,67	3,00	7,50	4,63	5:35 AM	4,04	6,35	5,53	3,50	4,83	7,75	4,03
7:15 PM	3,61	5,91	5,19	3,42	2,83	8,75	5,63	5:45 AM	3,99	6,25	5,43	3,33	5,08	7,67	4,11
7:25 PM	3,32	5,67	4,66	2,83	3,00	8,33	5,25	5:55 AM	4,23	6,54	5,87	3,67	4,92	8,08	4,18
7:35 PM	3,56	5,96	5,05	3,33	2,58	8,58	5,72	6:05 AM	4,23	6,35	5,87	3,92	4,42	7,83	3,72
7:45 PM	3,27	5,53	4,71	3,25	3,08	8,08	4,77	6:15 AM	3,99	6,35	5,77	3,67	5,75	8,25	4,33
7:55 PM	3,80	6,01	5,19	3,92	3,17	8,42	4,99	6:25 AM	5,24	7,50	6,97	4,83	6,25	9,42	4,29
8:05 PM	3,99	6,25	5,53	4,33	2,58	8,67	5,78	6:35 AM	5,72	8,08	7,45	5,33	5,92	9,92	4,28
8:15 PM	3,46	5,82	5,05	3,42	3,17	8,58	5,16	6:45 AM	5,38	7,69	7,12	4,92	5,67	9,58	4,37
8:25 PM	3,99	6,30	5,58	4,17	3,42	8,83	5,14	6:55 AM	4,95	7,16	6,59	4,33	4,67	9,00	4,40
8:35 PM	4,42	6,83	6,20	4,92	3,08	9,50	6,06	7:05 AM	4,04	6,25	5,58	3,42	3,92	7,92	4,28
8:45 PM	4,33	6,73	6,20	5,00	3,58	9,42	5,50	7:15 AM	3,41	5,72	4,76	2,75	4,25	7,42	4,45
8:55 PM	4,71	6,88	6,39	5,00	4,83	9,75	4,62	7:25 AM	3,70	6,11	5,14	3,33	3,83	7,58	4,05
9:05 PM	5,34	7,45	6,68	5,17	6,08	9,75	4,28	7:35 AM	3,27	5,67	4,57	2,67	3,67	7,25	4,38
9:15 PM	5,48	7,55	6,73	5,08	6,42	8,83	3,51	7:45 AM	3,13	5,48	4,38	2,50	4,08	7,00	4,31
9:25 PM	5,87	8,13	7,55	5,58	6,75	9,83	3,96	7:55 AM	3,56	6,01	4,76	2,83	3,92	7,58	4,53
9:35 PM	6,25	8,61	7,93	5,83	6,92	10,42	4,25	8:05 AM	3,22	5,62	4,18	2,42	3,08	6,92	4,32
9:45 PM	6,15	8,70	7,79	5,67	6,17	10,25	4,27	8:15 AM	2,55	4,95	3,41	1,75	3,33	6,25	4,34

Tabla A-4. Factor de potencia para cada una de las fases

Hora	Fp L1	Fp L2	Fp L3	Hora	Fp L1	Fp L2	Fp L3	Hora	Fp L1	Fp L2	Fp L3
11:15 AM	0,97	0,96	0,91	7:05 PM	0,98	0,85	0,84	2:55 AM	0,84	0,00	0,67
11:25 AM	0,97	0,96	0,90	7:15 PM	0,98	0,85	0,87	3:05 AM	0,80	0,00	0,67
11:35 AM	0,97	0,97	0,90	7:25 PM	0,98	0,85	0,86	3:15 AM	0,80	0,06	0,67
11:45 AM	0,97	0,96	0,90	7:35 PM	0,98	0,85	0,85	3:25 AM	0,80	0,01	0,68
11:55 AM	0,97	0,97	0,91	7:45 PM	0,98	0,85	0,85	3:35 AM	0,82	0,00	0,67
12:05 PM	0,97	0,97	0,91	7:55 PM	0,98	0,84	0,82	3:45 AM	0,79	0,00	0,67
12:15 PM	0,96	0,97	0,89	8:05 PM	0,98	0,82	0,78	3:55 AM	0,81	0,00	0,67
12:25 PM	0,97	0,95	0,93	8:15 PM	0,97	0,80	0,79	4:05 AM	0,85	0,00	0,67
12:35 PM	0,97	0,96	0,94	8:25 PM	0,97	0,80	0,75	4:15 AM	0,82	0,00	0,67
12:45 PM	0,97	0,96	0,92	8:35 PM	0,96	0,80	0,71	4:25 AM	0,82	0,00	0,67
12:55 PM	0,97	0,94	0,94	8:45 PM	0,97	0,80	0,71	4:35 AM	0,82	0,00	0,67
1:05 PM	0,98	0,90	0,92	8:55 PM	0,98	0,73	0,70	4:45 AM	0,83	0,00	0,67
1:15 PM	0,98	0,91	0,91	9:05 PM	0,97	0,65	0,64	4:55 AM	0,81	0,00	0,68
1:25 PM	0,98	0,91	0,91	9:15 PM	0,92	0,00	0,63	5:05 AM	0,82	0,00	0,68
1:35 PM	0,98	0,91	0,91	9:25 PM	0,85	0,01	0,70	5:15 AM	0,84	0,00	0,68
1:45 PM	0,98	0,91	0,94	9:35 PM	0,83	0,00	0,69	5:25 AM	0,81	0,00	0,68
1:55 PM	0,98	0,92	0,94	9:45 PM	0,83	0,00	0,68	5:35 AM	0,81	0,00	0,67
2:05 PM	0,98	0,93	0,92	9:55 PM	0,81	0,00	0,67	5:45 AM	0,82	0,00	0,69
2:15 PM	0,98	0,95	0,92	10:05 PM	0,81	0,19	0,68	5:55 AM	0,81	0,00	0,69
2:25 PM	0,98	0,94	0,92	10:15 PM	0,85	0,00	0,68	6:05 AM	0,19	0,01	0,65
2:35 PM	0,98	0,94	0,91	10:25 PM	0,80	0,00	0,68	6:15 AM	0,00	0,15	0,01
2:45 PM	0,98	0,94	0,91	10:35 PM	0,80	0,00	0,69	6:25 AM	0,39	0,18	0,26
2:55 PM	0,98	0,93	0,92	10:45 PM	0,80	0,00	0,68	6:35 AM	0,00	0,00	0,05
3:05 PM	0,98	0,94	0,91	10:55 PM	0,82	0,00	0,67	6:45 AM	0,00	0,00	0,25
3:15 PM	0,98	0,94	0,92	11:05 PM	0,79	0,00	0,67	6:55 AM	0,39	0,00	0,67
3:25 PM	0,98	0,94	0,90	11:15 PM	0,80	0,00	0,67	7:05 AM	0,83	0,73	0,86
3:35 PM	0,98	0,94	0,92	11:25 PM	0,85	0,00	0,67	7:15 AM	0,97	0,95	0,90
3:45 PM	0,98	0,95	0,93	11:35 PM	0,82	0,00	0,66	7:25 AM	0,97	0,97	0,92
3:55 PM	0,99	0,94	0,92	11:45 PM	0,82	0,00	0,67	7:35 AM	0,97	0,95	0,90
4:05 PM	0,98	0,94	0,89	11:55 PM	0,83	0,00	0,67	7:45 AM	0,97	0,96	0,89
4:15 PM	0,98	0,94	0,89	12:05 AM	0,81	0,00	0,67	7:55 AM	0,97	0,96	0,88
4:25 PM	0,98	0,93	0,89	12:15 AM	0,80	0,00	0,67	8:05 AM	0,97	0,95	0,87
4:35 PM	0,98	0,94	0,90	12:25 AM	0,81	0,00	0,67	8:15 AM	0,97	0,96	0,87
4:45 PM	0,98	0,93	0,90	12:35 AM	0,85	0,12	0,66	8:25 AM	0,97	0,95	0,95
4:55 PM	0,98	0,93	0,91	12:45 AM	0,80	0,00	0,67	8:35 AM	0,97	0,96	0,94
5:05 PM	0,98	0,92	0,90	12:55 AM	0,81	0,00	0,67	8:45 AM	0,98	0,95	0,94
5:15 PM	0,98	0,87	0,84	1:05 AM	0,80	0,00	0,67	8:55 AM	0,98	0,96	0,91
5:25 PM	0,98	0,86	0,84	1:15 AM	0,81	0,00	0,67	9:05 AM	0,98	0,96	0,85
5:35 PM	0,98	0,88	0,83	1:25 AM	0,79	0,00	0,67	9:15 AM	0,98	0,97	0,82
5:45 PM	0,98	0,87	0,84	1:35 AM	0,80	0,00	0,67	9:25 AM	0,97	0,95	0,83
5:55 PM	0,98	0,88	0,84	1:45 AM	0,85	0,00	0,68	9:35 AM	0,98	0,95	0,87
6:05 PM	0,98	0,87	0,83	1:55 AM	0,82	0,00	0,67	9:45 AM	0,97	0,96	0,94
6:15 PM	0,98	0,87	0,84	2:05 AM	0,82	0,00	0,67	9:55 AM	0,98	0,96	0,93
6:25 PM	0,98	0,88	0,84	2:15 AM	0,82	0,00	0,67	10:05 AM	0,98	0,95	0,88
6:35 PM	0,98	0,87	0,84	2:25 AM	0,82	0,00	0,67	10:15 AM	0,98	0,95	0,90
6:45 PM	0,98	0,86	0,84	2:35 AM	0,80	0,00	0,68	10:25 AM	0,98	0,95	0,88
6:55 PM	0,98	0,86	0,83	2:45 AM	0,81	0,00	0,67	10:35 AM	0,97	0,96	0,88

Tabla A-5. Potencia activa por fase y total

Hora	P-L1 (W)	P-L2 (W)	P-L3 (W)	Ptotal (W)	Hora	P-L1 (W)	P-L2 (W)	P-L3 (W)	Ptotal (W)
11:15 AM	5832	5136	5186	16154	9:45 PM	1733	2	1695	3429
11:25 AM	5451	5162	5270	15882	9:55 PM	1544	5	1714	3263
11:35 AM	5708	5172	5499	16378	10:05 PM	1515	228	1577	3321
11:45 AM	5038	4993	5101	15131	10:15 PM	1596	2	1588	3186
11:55 AM	5399	5320	5014	15734	10:25 PM	1461	0	1725	3186
12:05 PM	4940	5496	5201	15637	10:35 PM	1481	2	1570	3053
12:15 PM	4812	6226	5708	16746	10:45 PM	1511	0	1490	3001
12:25 PM	5107	4751	5597	15455	10:55 PM	1775	2	1467	3244
12:35 PM	4818	4955	5897	15671	11:05 PM	1572	0	1490	3062
12:45 PM	4976	4869	5044	14889	11:15 PM	1541	4	1648	3193
12:55 PM	5139	5098	5328	15564	11:25 PM	1617	2	1495	3115
1:05 PM	6483	7375	6994	20852	11:35 PM	1459	0	1527	2986
1:15 PM	7778	7865	6707	22350	11:45 PM	1402	2	1474	2877
1:25 PM	8658	8137	6314	23110	11:55 PM	1559	0	1472	3031
1:35 PM	9472	7928	6947	24345	12:05 AM	1609	2	1634	3245
1:45 PM	10331	7922	6566	24819	12:15 AM	1508	0	1542	3049
1:55 PM	9401	8616	6434	24451	12:25 AM	1476	3	1481	2961
2:05 PM	9264	9111	7234	25608	12:35 AM	1614	137	1447	3198
2:15 PM	9836	11139	7105	28079	12:45 AM	1484	2	1466	2952
2:25 PM	10656	10773	7781	29211	12:55 AM	1544	0	1613	3157
2:35 PM	10373	10798	8369	29540	1:05 AM	1610	2	1572	3185
2:45 PM	11100	11305	9363	31767	1:15 AM	1753	4	1480	3237
2:55 PM	12247	10675	8786	31710	1:25 AM	1594	0	1502	3097
3:05 PM	12266	10626	9249	32141	1:35 AM	1503	4	1478	2985
3:15 PM	11791	10488	8655	30934	1:45 AM	1590	0	1524	3115
3:25 PM	12137	11170	9090	32397	1:55 AM	1379	2	1598	2980
3:35 PM	12675	11509	8916	33100	2:05 AM	1384	0	1476	2860
3:45 PM	12920	11881	9009	33810	2:15 AM	1533	1	1469	3003
3:55 PM	13902	11216	8673	33790	2:25 AM	1612	0	1485	3097
4:05 PM	13432	11452	8754	33638	2:35 AM	1481	2	1537	3020
4:15 PM	12587	10431	8350	31368	2:45 AM	1442	0	1577	3019
4:25 PM	11569	10138	7833	29540	2:55 AM	1642	1	1511	3154
4:35 PM	10831	11553	8612	30996	3:05 AM	1486	2	1490	2978
4:45 PM	10687	10482	8404	29572	3:15 AM	1483	69	1496	3048
4:55 PM	10438	10773	10153	31364	3:25 AM	1586	7	1529	3122
5:05 PM	11511	10885	10618	33013	3:35 AM	1763	0	1502	3265
5:15 PM	11402	12631	12094	36128	3:45 AM	1573	1	1595	3169
5:25 PM	12223	12483	12407	37113	3:55 AM	1456	0	1471	2927
5:35 PM	11763	13249	12864	37876	4:05 AM	1596	0	1468	3064
5:45 PM	12455	13058	13114	38628	4:15 AM	1376	0	1512	2889
5:55 PM	14631	13635	12465	40731	4:25 AM	1378	2	1485	2865
6:05 PM	16300	12880	12708	41889	4:35 AM	1542	0	1568	3111
6:15 PM	16652	13197	12889	42738	4:45 AM	1597	2	1476	3074
6:25 PM	16342	13029	12645	42017	4:55 AM	1457	0	1454	2910
6:35 PM	16164	12827	12788	41777	5:05 AM	1382	4	1459	2844
6:45 PM	15904	12265	12552	40721	5:15 AM	1627	3	1463	3093
6:55 PM	16230	12274	12945	41450	5:25 AM	1427	0	1448	2876
7:05 PM	15261	11943	12480	39684	5:35 AM	1428	2	1527	2956
7:15 PM	16025	12291	13004	41320	5:45 AM	1622	0	1588	3210
7:25 PM	15833	11965	12160	39958	5:55 AM	1632	2	1562	3196
7:35 PM	15080	12104	12020	39204	6:05 AM	361	8	1463	1832
7:45 PM	14732	12086	11992	38810	6:15 AM	0	190	17	206
7:55 PM	14161	11638	11468	37267	6:25 AM	466	211	334	1011
8:05 PM	12295	10388	9448	32131	6:35 AM	0	2	56	58
8:15 PM	12013	9515	8215	29742	6:45 AM	4	0	340	344
8:25 PM	11349	9433	8162	28944	6:55 AM	502	2	1033	1536
8:35 PM	9799	9246	6669	25714	7:05 AM	2241	1928	2386	6555
8:45 PM	8884	9357	6273	24514	7:15 AM	3088	2767	2503	8357
8:55 PM	7950	7128	5447	20526	7:25 AM	2877	3621	3313	9811
9:05 PM	6682	4013	4391	15086	7:35 AM	2844	2773	2641	8258
9:15 PM	3074	0	3321	6394	7:45 AM	2544	2649	2458	7652
9:25 PM	1632	7	2045	3685	7:55 AM	2625	2905	2285	7815
9:35 PM	1605	0	1667	3271	8:05 AM	2903	2606	2619	8128

Tabla A-6. Potencia reactiva por fase y total

Hora	Q-L1 VAR	Q-L2 VAR	Q-L3 VAR	Qtot VAR	Hora	Q-L1 VAR	Q-L2 VAR	Q-L3 VAR	Qtot VAR
11:15 AM	1439	1475	2413	5327	9:45 PM	1105	2	1845	2952
11:25 AM	1413	1456	2521	5390	9:55 PM	1068	5	1887	2960
11:35 AM	1286	1391	2586	5263	10:05 PM	1047	171	1684	2902
11:45 AM	1000	1376	2437	4813	10:15 PM	975	2	1689	2666
11:55 AM	1193	1349	2354	4896	10:25 PM	1085	0	1852	2938
12:05 PM	1177	1335	2285	4798	10:35 PM	1102	2	1670	2774
12:15 PM	1253	1433	2876	5562	10:45 PM	1121	0	1624	2745
12:25 PM	1194	1543	2247	4983	10:55 PM	1200	1	1625	2827
12:35 PM	1174	1509	2155	4838	11:05 PM	1218	0	1635	2853
12:45 PM	1208	1332	2188	4728	11:15 PM	1172	3	1823	2998
12:55 PM	1302	1800	1951	5053	11:25 PM	981	2	1664	2647
1:05 PM	1392	3539	2866	7797	11:35 PM	979	0	1712	2690
1:15 PM	1596	3609	3011	8216	11:45 PM	988	1	1641	2630
1:25 PM	1703	3629	2890	8222	11:55 PM	1047	0	1645	2692
1:35 PM	1802	3597	3237	8635	12:05 AM	1130	1	1792	2924
1:45 PM	1822	3627	2358	7806	12:15 AM	1132	0	1726	2859
1:55 PM	1789	3624	2260	7673	12:25 AM	1087	3	1645	2736
2:05 PM	1611	3721	3032	8364	12:35 AM	967	94	1637	2697
2:15 PM	1827	3790	3051	8667	12:45 AM	1103	2	1629	2734
2:25 PM	1239	3913	3389	8541	12:55 AM	1102	0	1763	2864
2:35 PM	1374	3906	3710	8990	1:05 AM	1186	1	1742	2929
2:45 PM	1672	3922	4321	9916	1:15 AM	1248	3	1638	2888
2:55 PM	1870	4111	3853	9833	1:25 AM	1249	0	1646	2895
3:05 PM	1791	4007	4224	10022	1:35 AM	1134	3	1631	2768
3:15 PM	1630	3891	3706	9228	1:45 AM	960	0	1655	2615
3:25 PM	1953	3954	4292	10198	1:55 AM	962	1	1784	2748
3:35 PM	884	4103	3904	8892	2:05 AM	970	0	1628	2598
3:45 PM	1704	4052	3673	9429	2:15 AM	1044	1	1633	2679
3:55 PM	1995	4006	3826	9828	2:25 AM	1107	0	1624	2731
4:05 PM	2052	4141	4389	10581	2:35 AM	1100	2	1677	2779
4:15 PM	1805	3932	4231	9967	2:45 AM	1053	0	1734	2787
4:25 PM	1768	3877	4088	9734	2:55 AM	1030	1	1682	2713
4:35 PM	1340	4054	4087	9481	3:05 AM	1119	1	1636	2757
4:45 PM	1090	4125	4128	9344	3:15 AM	1108	48	1668	2825
4:55 PM	2053	4099	4704	10856	3:25 AM	1193	5	1663	2861
5:05 PM	2160	4651	5201	12013	3:35 AM	1228	0	1639	2867
5:15 PM	1877	7110	7851	16838	3:45 AM	1232	1	1752	2986
5:25 PM	2105	7243	7912	17260	3:55 AM	1069	0	1624	2693
5:35 PM	2194	7219	8502	17914	4:05 AM	965	0	1619	2583
5:45 PM	2583	7223	8627	18433	4:15 AM	964	0	1657	2621
5:55 PM	2662	7282	8071	18014	4:25 AM	966	1	1637	2604
6:05 PM	3278	7292	8393	18963	4:35 AM	1058	0	1730	2788
6:15 PM	3453	7297	8394	19144	4:45 AM	1068	1	1622	2691
6:25 PM	3317	7151	8122	18590	4:55 AM	1052	0	1585	2637
6:35 PM	3295	7236	8381	18912	5:05 AM	955	2	1589	2547
6:45 PM	3303	7278	8173	18754	5:15 AM	1010	1	1584	2595
6:55 PM	3299	7347	8730	19376	5:25 AM	1020	0	1577	2598
7:05 PM	3361	7375	8027	18764	5:35 AM	1021	1	1675	2698
7:15 PM	3386	7453	7365	18204	5:45 AM	1115	0	1680	2795
7:25 PM	3355	7430	7204	17989	5:55 AM	1154	1	1621	2777
7:35 PM	3316	7555	7290	18161	6:05 AM	273	9	1544	1826
7:45 PM	3114	7495	7566	18175	6:15 AM	0	135	45	180
7:55 PM	2954	7437	7998	18389	6:25 AM	134	133	591	858
8:05 PM	2687	7230	7703	17620	6:35 AM	0	1	106	108
8:15 PM	2739	7074	6451	16263	6:45 AM	2	0	421	424
8:25 PM	2851	6991	7149	16991	6:55 AM	159	1	1063	1223
8:35 PM	2647	6983	6697	16327	7:05 AM	616	695	1155	2466
8:45 PM	2300	6898	6212	15410	7:15 AM	762	864	1206	2832
8:55 PM	1758	6639	5567	13964	7:25 AM	755	853	1358	2966
9:05 PM	1462	4168	5180	10810	7:35 AM	703	842	1226	2772
9:15 PM	1183	0	4096	5279	7:45 AM	652	810	1196	2658
9:25 PM	1000	6	2095	3101	7:55 AM	675	829	1208	2712
9:35 PM	1076	0	1760	2835	8:05 AM	713	804	1482	2999

Tabla A-7. Potencia aparente por fase y total

Hora	S-L1 VA	S-L2 VA	S-L3 VA	Stotal VA	Hora	S-L1 VA	S-L2 VA	S-L3 VA	Stotal VA
11:15 AM	6008	5345	5725	17078	9:45 PM	2069	2	2507	4577
11:25 AM	5631	5364	5845	16841	9:55 PM	1889	7	2550	4446
11:35 AM	5856	5357	6083	17296	10:05 PM	1852	287	2309	4447
11:45 AM	5191	5179	5656	16026	10:15 PM	1875	2	2319	4196
11:55 AM	5539	5491	5542	16571	10:25 PM	1820	0	2532	4351
12:05 PM	5079	5657	5686	16421	10:35 PM	1846	2	2292	4141
12:15 PM	4985	6390	6395	17771	10:45 PM	1882	0	2204	4085
12:25 PM	5245	4996	6039	16280	10:55 PM	2148	2	2189	4339
12:35 PM	4960	5183	6280	16423	11:05 PM	1989	0	2213	4202
12:45 PM	5121	5049	5499	15670	11:15 PM	1936	5	2458	4399
12:55 PM	5302	5445	5678	16424	11:25 PM	1897	2	2237	4136
1:05 PM	6631	8185	7565	22381	11:35 PM	1767	0	2295	4062
1:15 PM	7941	8655	7355	23951	11:45 PM	1716	2	2206	3923
1:25 PM	8836	8915	6949	24699	11:55 PM	1881	0	2208	4088
1:35 PM	9642	8706	7667	26014	12:05 AM	1970	2	2425	4397
1:45 PM	10491	8714	6980	26185	12:15 AM	1885	0	2314	4200
1:55 PM	9570	9349	6820	25738	12:25 AM	1834	5	2214	4053
2:05 PM	9423	9842	7848	27113	12:35 AM	1886	166	2185	4237
2:15 PM	10004	11767	7735	29507	12:45 AM	1849	3	2192	4044
2:25 PM	10824	11463	8494	30782	12:55 AM	1907	0	2391	4298
2:35 PM	10551	11484	9158	31193	1:05 AM	2002	2	2346	4351
2:45 PM	11294	11970	10322	33586	1:15 AM	2155	5	2207	4368
2:55 PM	12442	11440	9600	33483	1:25 AM	2025	0	2228	4253
3:05 PM	12458	11358	10171	33986	1:35 AM	1883	5	2201	4090
3:15 PM	12001	11187	9419	32607	1:45 AM	1863	0	2250	4113
3:25 PM	12336	11850	10054	34241	1:55 AM	1682	2	2396	4079
3:35 PM	12879	12219	9738	34837	2:05 AM	1690	0	2197	3887
3:45 PM	13130	12554	9737	35420	2:15 AM	1857	2	2196	4056
3:55 PM	14104	11914	9483	35502	2:25 AM	1959	0	2201	4160
4:05 PM	13642	12179	9798	35619	2:35 AM	1845	2	2276	4123
4:15 PM	12781	11150	9370	33302	2:45 AM	1785	0	2345	4130
4:25 PM	11768	10856	8840	31463	2:55 AM	1944	2	2261	4208
4:35 PM	11018	12246	9543	32807	3:05 AM	1860	2	2213	4075
4:45 PM	10854	11265	9367	31487	3:15 AM	1851	84	2241	4176
4:55 PM	10643	11529	11194	33367	3:25 AM	1986	8	2259	4253
5:05 PM	11717	11854	11837	35407	3:35 AM	2153	0	2223	4376
5:15 PM	11597	14496	14421	40514	3:45 AM	1998	2	2370	4370
5:25 PM	12417	14436	14723	41576	3:55 AM	1807	0	2192	3998
5:35 PM	11975	15091	15421	42488	4:05 AM	1869	0	2185	4055
5:45 PM	12726	14924	15701	43351	4:15 AM	1680	0	2243	3923
5:55 PM	14894	15460	14851	45206	4:25 AM	1683	2	2211	3896
6:05 PM	16630	14803	15230	46663	4:35 AM	1873	0	2335	4209
6:15 PM	17012	15082	15384	47477	4:45 AM	1925	2	2193	4120
6:25 PM	16680	14866	15031	46576	4:55 AM	1798	0	2151	3948
6:35 PM	16500	14731	15291	46522	5:05 AM	1680	5	2157	3842
6:45 PM	16248	14262	14980	45490	5:15 AM	1919	3	2156	4079
6:55 PM	16567	14308	15615	46490	5:25 AM	1755	0	2142	3897
7:05 PM	15631	14037	14844	44513	5:35 AM	1756	2	2266	4024
7:15 PM	16382	14375	14946	45703	5:45 AM	1971	0	2312	4284
7:25 PM	16188	14084	14136	44409	5:55 AM	2002	2	2252	4256
7:35 PM	15443	14269	14060	43773	6:05 AM	452	12	2127	2591
7:45 PM	15060	14223	14181	43465	6:15 AM	0	235	47	283
7:55 PM	14469	13811	13987	42267	6:25 AM	485	249	682	1415
8:05 PM	12591	12668	12192	37451	6:35 AM	0	2	120	123
8:15 PM	12327	11856	10452	34634	6:45 AM	5	0	547	553
8:25 PM	11708	11742	10856	34307	6:55 AM	527	2	1501	2029
8:35 PM	10154	11589	9453	31195	7:05 AM	2324	2052	2697	7073
8:45 PM	9180	11630	8829	29640	7:15 AM	3180	2900	2781	8861
8:55 PM	8143	9757	7791	25690	7:25 AM	2974	3721	3590	10285
9:05 PM	6843	5820	6802	19465	7:35 AM	2930	2900	2919	8750
9:15 PM	3306	0	5275	8580	7:45 AM	2626	2771	2741	8138
9:25 PM	1923	10	2930	4863	7:55 AM	2710	3023	2585	8318
9:35 PM	1934	0	2424	4358	8:05 AM	2990	2728	3010	8728

Tabla A-8. Distorsión armónica total de voltaje Vthd en porcentaje

Hora	Vthd L1	Vthd L2	Vthd L3	Hora	Vthd L1	Vthd L2	Vthd L3	Hora	Vthd L1	Vthd L2	Vthd L3
11:15 AM	4,1	3,5	2,7	7:05 PM	4,7	3,9	3,6	2:55 AM	2,1	1,9	1,5
11:25 AM	4,1	3,5	2,7	7:15 PM	4,7	3,9	3,6	3:05 AM	2,3	2,1	1,5
11:35 AM	4,2	3,6	2,6	7:25 PM	4,5	3,8	3,6	3:15 AM	2,2	2,0	1,5
11:45 AM	4,2	3,5	2,6	7:35 PM	4,5	3,8	3,6	3:25 AM	2,2	2,0	1,5
11:55 AM	4,2	3,6	2,7	7:45 PM	4,5	3,8	3,5	3:35 AM	2,2	2,0	1,5
12:05 PM	4,0	3,4	2,6	7:55 PM	4,4	3,7	3,3	3:45 AM	2,0	1,7	1,4
12:15 PM	4,0	3,4	2,6	8:05 PM	4,2	3,5	3,0	3:55 AM	2,0	1,7	1,4
12:25 PM	4,0	3,4	2,6	8:15 PM	4,2	3,5	3,0	4:05 AM	2,0	1,8	1,4
12:35 PM	4,0	3,3	2,6	8:25 PM	4,0	3,3	2,8	4:15 AM	2,0	1,8	1,4
12:45 PM	4,0	3,4	2,6	8:35 PM	3,9	3,3	2,6	4:25 AM	2,0	1,7	1,4
12:55 PM	4,1	3,3	2,7	8:45 PM	3,9	3,4	2,6	4:35 AM	2,0	1,7	1,3
1:05 PM	4,4	3,7	2,9	8:55 PM	3,8	3,2	2,6	4:45 AM	2,0	1,7	1,3
1:15 PM	4,5	3,7	2,9	9:05 PM	3,5	3,1	2,4	4:55 AM	2,0	1,7	1,3
1:25 PM	4,5	3,6	2,9	9:15 PM	3,1	2,8	2,0	5:05 AM	2,1	1,8	1,4
1:35 PM	4,7	3,6	2,9	9:25 PM	3,0	2,8	1,9	5:15 AM	2,0	1,7	1,3
1:45 PM	4,7	3,7	3,0	9:35 PM	3,0	2,8	1,9	5:25 AM	2,0	1,6	1,3
1:55 PM	4,7	3,8	3,0	9:45 PM	3,0	2,8	1,9	5:35 AM	2,1	1,7	1,4
2:05 PM	4,8	3,9	3,0	9:55 PM	2,7	2,5	1,7	5:45 AM	2,1	1,8	1,4
2:15 PM	4,9	4,0	3,1	10:05 PM	2,7	2,5	1,6	5:55 AM	2,0	1,7	1,3
2:25 PM	5,0	4,1	3,2	10:15 PM	2,8	2,5	1,7	6:05 AM	1,9	1,6	1,2
2:35 PM	5,0	4,1	3,3	10:25 PM	2,8	2,6	1,7	6:15 AM	2,1	1,7	1,3
2:45 PM	5,0	4,1	3,2	10:35 PM	2,9	2,8	1,8	6:25 AM	2,1	1,8	1,3
2:55 PM	5,0	3,9	3,2	10:45 PM	2,8	2,6	1,8	6:35 AM	2,2	1,9	1,3
3:05 PM	5,0	4,0	3,2	10:55 PM	2,7	2,7	1,8	6:45 AM	2,3	2,1	1,3
3:15 PM	5,1	4,0	3,3	11:05 PM	2,8	2,8	1,8	6:55 AM	2,4	2,1	1,4
3:25 PM	5,1	4,1	3,2	11:15 PM	2,9	2,9	1,9	7:05 AM	2,7	2,3	1,7
3:35 PM	5,3	4,3	3,3	11:25 PM	3,0	3,1	2,0	7:15 AM	2,7	2,2	1,7
3:45 PM	5,3	4,3	3,3	11:35 PM	2,9	2,9	1,9	7:25 AM	2,8	2,3	1,9
3:55 PM	5,3	4,2	3,3	11:45 PM	2,9	2,8	1,9	7:35 AM	2,9	2,3	1,8
4:05 PM	5,2	4,1	3,1	11:55 PM	2,7	2,6	1,8	7:45 AM	2,9	2,3	1,8
4:15 PM	5,0	4,0	3,0	12:05 AM	2,6	2,6	1,8	7:55 AM	2,9	2,3	1,7
4:25 PM	5,0	3,9	3,1	12:15 AM	2,6	2,5	1,7	8:05 AM	3,0	2,3	1,8
4:35 PM	4,9	4,1	3,2	12:25 AM	2,5	2,5	1,7	8:15 AM	3,2	2,4	1,8
4:45 PM	4,9	4,1	3,3	12:35 AM	2,5	2,4	1,7	8:25 AM	3,3	2,3	1,9
4:55 PM	4,8	4,1	3,4	12:45 AM	2,5	2,5	1,8	8:35 AM	3,5	2,3	1,9
5:05 PM	5,0	4,2	3,4	12:55 AM	2,7	2,7	1,8	8:45 AM	3,6	2,3	1,9
5:15 PM	4,9	4,2	3,4	1:05 AM	2,5	2,5	1,7	8:55 AM	3,6	2,4	2,0
5:25 PM	5,0	4,1	3,4	1:15 AM	2,4	2,4	1,7	9:05 AM	3,7	2,4	1,9
5:35 PM	5,0	4,2	3,5	1:25 AM	2,4	2,4	1,7	9:15 AM	3,7	2,5	1,9
5:45 PM	5,0	4,2	3,5	1:35 AM	2,1	2,0	1,5	9:25 AM	3,7	2,4	1,9
5:55 PM	4,9	4,1	3,6	1:45 AM	2,1	1,9	1,4	9:35 AM	3,8	2,5	2,1
6:05 PM	4,9	4,1	3,6	1:55 AM	2,2	2,0	1,5	9:45 AM	3,8	2,5	2,3
6:15 PM	4,9	4,0	3,6	2:05 AM	2,2	1,9	1,5	9:55 AM	3,8	2,5	2,1
6:25 PM	4,8	3,9	3,5	2:15 AM	2,1	1,9	1,5	10:05 AM	4,0	2,6	2,1
6:35 PM	4,8	3,9	3,6	2:25 AM	2,2	1,9	1,5	10:15 AM	4,2	2,8	2,3
6:45 PM	4,7	3,9	3,6	2:35 AM	2,2	1,9	1,5	10:25 AM	4,2	2,8	2,2
6:55 PM	4,7	3,9	3,5	2:45 AM	2,1	1,8	1,4	10:35 AM	4,0	2,7	2,1



## ANEXO B

Tabla B-1. Área trasversal de conductores

Calibre conductor AWG o MCM	Área transversal		Calibre conductor AWG o MCM	Área transversal	
	CM	mm <sup>2</sup>		CM	mm <sup>2</sup>
14	4110	2,1	350		177,0
12	6530	3,3	400		203,0
10	10380	5,3	450		228,0
8	16510	8,4	500		253,0
6	26240	13,3	550		279,0
4	41740	21,2	600		304,0
2	66360	33,6	650		329,0
1/0	105600	53,5	700		355,0
2/0	133100	67,4	750		380,0
3/0	167800	85,0	800		405,0
4/0	211600	107,2	900		456,0
250		127,0	1000		507,0
300		152,0			

Fuente: Luis Alfonso Mendez, **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas**. Pág. 12.

Tabla B-2. Capacidad de conducción de conductores

Calibre AWG o MCM	Capacidad de conducción (amperios)		Calibre AWG o MCM	Capacidad de conducción (amperios)	
	60 °C	75 °C		60 °C	75 °C
	TW	THW		TW	THW
14	20	20	250	215	255
12	25	25	300	240	285
10	30	35	350	260	310
8	40	50	400	280	335
6	55	65	500	320	380
4	70	85	600	355	420
2	95	115	700	385	460
1/0	125	150	750	400	475
2/0	145	175	800	410	490
3/0	165	200	900	435	520
4/0	195	230	1000	455	545

Fuente: Phelps dodge, **Manual eléctrico**. Pág. 131.

Tabla B-3. Tolerancia Admisible respecto del valor nominal de tensión en porcentaje

Tensión	Etapa					
	Transición		Régimen A partir del mes 1 hasta el mes 12		Régimen A partir del mes 13	
	Servicio urbano	Servicio Rural	Servicio urbano	Servicio Rural	Servicio urbano	Servicio Rural
Baja	12	15	10	12	8	10
Media	10	13	8	10	6	7
Alta	7		6		5	

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, **NTSD**.

Tabla B-4. Tolerancia para la distorsión armónica de tensión

Orden de la armónica (n)	Distorsión armónica individual de tensión, DAIT (%)	
	Baja y media tensión $V \leq 60KV$	Alta tensión $60KV < V \leq 230KV$
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
5	6.0	2.0
7	5.0	2.0
11	3.5	1.5
13	3.0	1.5
17	2.0	1.0
19	1.5	1.0
23	1.5	0.7
25	1.5	0.7
>25	$0.2 + 1.3 \cdot 25/n$	$0.1 + 0.6 \cdot 25/n$
<b>Impares múltiplos de 3</b>		
3	5.0	2.0
9	1.5	1.0
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
>21	0.2	0.2
<b>Pares</b>		
2	2.0	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.5	0.4
10	0.5	0.4
12	0.2	0.2
>12	0.2	0.2
<b>DATT (%)</b>	8.0	3.0

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, **NTSD**.

Tabla B-5. Desbalance de tensión en porcentaje

Tensión	Desbalance de tensión, $\Delta$ DTD, en %
	Etapa de régimen, a partir del mes 13
Baja y media	3
Alta	1

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Normas Técnicas del servicio de distribución

Tabla B-6. Propiedades del material aislante en conductores

Material aislante	Tipo	Temperatura máxima °C	Cubierta	Utilización
Hule resist. al calor	RH	75	Resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales secos
Hule resist. al calor	RHH	90		Locales secos y húmedos
Hule resist. al calor y humedad	RHW	75		Locales secos
Termoplástico	T	60	Ninguna	Locales secos y húmedos
Termoplástico resist. humedad	TW	60		Locales secos y húmedos
Termoplástico resist. al calor y humedad	THW	75		

Fuente: Luis Alfonso Mendez, **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas**. Pág. 13.

Tabla B-7. Factores de corrección por temperatura y cantidad de conductores

Temperatura ambiente °C	Factor de corrección		Número de Conductores	Factor de reducción de capacidad de conducción
	TW	THW		
21 – 25	1.08	1.05	4 a 6	80%
26 – 30	1.00	1.00	7 a 24	70%
31 – 35	0.91	0.94	25 a 42	60%
36 – 40	0.82	0.88	arriba 43	50%
41 – 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 Alfonso Mendez, **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas**. Pág. 21.

Tabla B-8. Distribución de luminarias para los diferentes ambientes

Descripción	No. Luminarias (largo)	No. Luminarias (ancho)	Total de luminarias	Separación (largo) m.	Separación (ancho) m.
Primer nivel					
Cafetería	3	3	9	2,9	2,9
Imprenta	3	2	6	2,9	2,6
Salón 105	6	3	18	3,0	2,9
Salón 104	5	3	15	2,8	2,9
Entrada oeste	3	2	6	3,0	2,6
Sanitarios	2	1	2	2,2	2,5
Biblioteca	13	2	26	2,8	4,0
CEDOCCEE	3	2	6	2,9	2,6
Entrada este	3	1	3	3,0	3,4
Pasillo interior de norte a sur	14	1	14	0,9	2,5
Pasillo interior de este a oeste	21	1	21	1,3	2,5
Pasillo exterior de norte a sur	10	1	10	3,9	0,5
Pasillo exterior de este a oeste	13	1	13	3,7	2,5
Gradas oeste a segundo nivel	2	1	2	2,7	5,0
Gradas este a segundo nivel	2	1	2	2,5	4,3
Segundo Nivel					
Salón 201, 207	4	3	12	2,7	2,9
Salón 202, 206, 208, 212	4	4	16	2,7	2,7
Salón 203, 204, 205, 209, 210, 211	3	3	9	2,9	2,6
Salón 212 <sup>a</sup>	4	1	4	2,2	3,4
Pasillo de norte a sur	14	1	14	1,3	2,5
Pasillo de este a oeste	21	1	21	1,3	2,5
Cubículos	1	1	1	2,5	2,5
Sanitarios	2	1	2	2,2	3,3
Gradas oeste a tercer nivel	2	1	2	2,7	5,0
Gradas este a tercer nivel	2	1	2	2,5	4,3
Tercer nivel					
Salón 309	4	3	12	2,7	2,9
Oficina 310	4	4	16	2,7	2,7
Oficina 314, practicas estudiantiles	4	4	16	2,7	2,7
Oficinas 311, 312, 313	3	3	9	2,9	2,6
Problemas nacionales, auditorium	3	3	9	2,9	2,6
Sanitarios	2	1	2	2,2	3,3
Biblioteca	3	3	9	2,9	2,6
IIES	8	4	32	2,7	4,8
EPS	4	1	4	2,2	3,4
Cubículos norte	1	1	1	2,5	2,5
Cubículos sur	1	1	1	2,5	2,5
Pasillo de norte a sur	14	1	14	1,3	2,5
Pasillo de este a oeste	21	1	21	1,3	2,5

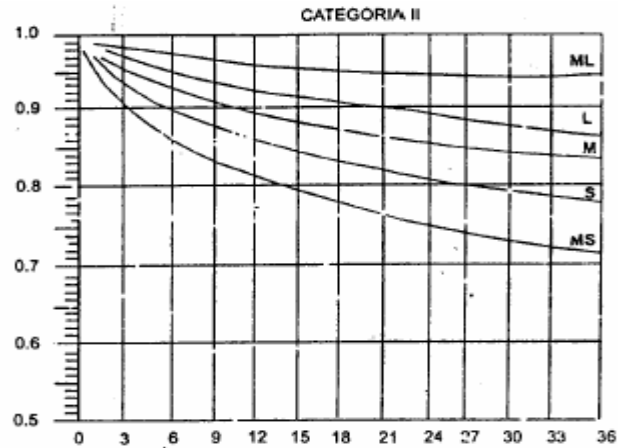
Tabla B-9. Distribución típica aceptable de alumbrado

Datos de las lámparas de mercurio		Datos del poste		Colocación	Separación (m)	Iluminación (lux)	
Designación	Emisión luminosa (lúmenes)	Altura de montaje (m)	Longitud del brazo (m)			Media	Mínima
H39-22KB 175 W Clara	7700	9	1,2	A un solo lado	28	9	3,6
H37-5KB 250 W Clara	12100	9	1,2	A un solo lado	41	9	4,9
H33-1CD 400 W Clara	21000	9	1,2	A un solo lado	30	22	7,1
H33-1CD 400 W Clara	21000	9	1,2	Al tresbolillo	45	14,1	4,7
H35-18NA 700 W Clara	39000	10,5	1,2	A un solo lado	60	15	5,1
H35-18NA 700 W Clara	39000	10,5	1,2	Al tresbolillo	63	14,7	4,9

Fuente: Westinghouse, **Manual de alumbrado**.

## ANEXO C

Figura C-1. Curvas de degradación por suciedad en el luminario



Fuente: Sylvania, **Calculo de Proyectos de Iluminación.**

Figura C-2. Coeficientes de utilización

Tipo de luminario	Distribución típica y % de luminaria de la lámpara		acc <sup>a</sup> →		80			70			50			30			10			
	Cat. de Mant.	Máximo espaciamento S/MH	acc <sup>b</sup> ↓		30			30			30			30			30			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
<p>Reflector acabado, pintura perpetuizada con lámpara fluorescente, reflector 14° C.W.</p>	130	1.3	0	1.00	1.00	1.00	.96	.96	.90	.89	.80	.80	.82	.82	.82	.78	.76	.76		
			1	.88	.85	.82	.84	.82	.75	.79	.77	.74	.73	.72	.70	.68	.67	.66	.66	
			2	.78	.72	.67	.73	.70	.65	.70	.66	.62	.65	.62	.59	.58	.58	.58	.58	.58
			3	.70	.62	.57	.66	.60	.56	.62	.57	.53	.58	.54	.51	.51	.51	.51	.51	.51
			4	.61	.54	.48	.57	.52	.47	.55	.50	.45	.50	.47	.43	.43	.43	.43	.43	.43
			5	.54	.46	.41	.52	.45	.41	.49	.43	.39	.46	.41	.37	.37	.37	.37	.37	.37
			6	.48	.41	.35	.47	.40	.35	.44	.38	.34	.41	.36	.32	.32	.32	.32	.32	.32
			7	.41	.34	.28	.42	.35	.30	.40	.34	.29	.37	.32	.28	.28	.28	.28	.28	.28
			8	.38	.32	.27	.38	.31	.26	.36	.30	.25	.34	.28	.24	.24	.24	.24	.24	.24
			9	.35	.28	.23	.34	.27	.22	.32	.26	.22	.30	.24	.20	.20	.20	.20	.20	.20
			10	.32	.25	.20	.31	.24	.19	.29	.23	.18	.26	.20	.16	.16	.16	.16	.16	.16

<sup>a</sup> acc = % de reflectancia efectiva de cavidad de techo.  
<sup>b</sup> acc = % de reflectancia de paredes.  
<sup>c</sup> RCR = Relación de cavidad de techo.  
<sup>d</sup> Máximo espaciamento S/MH = Relación de espaciamento máximo del luminario a altura de montaje.  
 Consulta IES Handbook.

Fuente: Sylvania, **Calculo de Proyectos de Iluminación**