



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

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO  
UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD  
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Carlos Rolando Linares de León**

Asesorado por el Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, noviembre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO  
UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD  
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTACIÓN A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS ROLANDO LINARES DE LEÓN**  
ASESORADO POR EL ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2006

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos</b>
<b>VOCAL I</b>	<b>Inga. Glenda Patricia García Soria</b>
<b>VOCAL II</b>	<b>Lic. Amahán Sánchez Álvarez</b>
<b>VOCAL III</b>	<b>Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón</b>
<b>VOCAL IV</b>	<b>Br. Elisa Yazminda Vides Leiva</b>
<b>VOCAL V</b>	<b>Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz</b>
<b>SECRETARIA</b>	<b>Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas</b>

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Murphy Olympto Paíz Recinos</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Francisco Javier González López</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Julio César Solares Peñate</b>
<b>SECRETARIA</b>	<b>Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas</b>

## **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 CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE 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 6 de noviembre de 2006.

  
Carlos Rolando Linares de León

Guatemala 27 de Octubre de 2006

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

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor de la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **CARLOS ROLANDO LINARES DE LEÓN**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **"ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**

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

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Sá y Enseñad a Todos"*



Ing. Francisco González  
Jefe de laboratorio de metrología del  
Centro de investigaciones de Ingeniería  
Área de Ingeniería Mecánica - Eléctrica  
Asesor E.P.S.

Guatemala 27 de Octubre de 2006

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

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor de la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **CARLOS ROLANDO LINARES DE LEÓN**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **"ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**

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

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Sá y Enseñad a Todos"*



Ing. Francisco González  
Jefe de laboratorio de metrología del  
Centro de investigaciones de Ingeniería  
Área de Ingeniería Mecánica - Eléctrica  
Asesor E.P.S.



Guatemala 27 de Octubre de 2006  
Ref. EPS. C. 652.10.06

FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como supervisor de la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **CARLOS ROLANDO LINARES DE LEÓN**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **"ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**

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

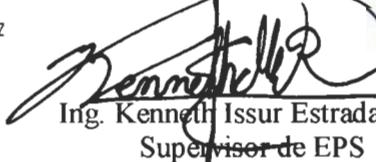
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Sa y Enseñad a Todos"

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
Colegiado 6271

  
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
Supervisor de EPS

Área de Ingeniería Mecánica - Eléctrica



KIER/jm



Guatemala 27 de Octubre de 2006  
Ref. EPS. C. 652.10.06

FACULTAD DE INGENIERIA

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

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) titulado **"ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **CARLOS ROLANDO LINARES DE LEÓN**, quien fue asesorado el Ing. Francisco González y supervisado por Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Director Unidad de EPS

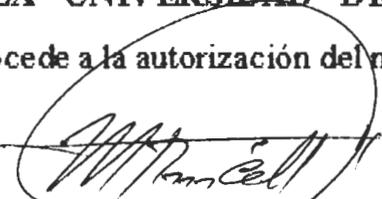


ARSG/jm



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; CARLOS ROLANDO LINARES DE LEÓN titulado: ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  
DIRECTOR



GUATEMALA, 10 DE NOVIEMBRE 2,006.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Carlos Rolando Linares de León, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, noviembre de 2006

/gdech

Todo por ti, Carolingia Mía  
Dr. Carlos Martínez Durán  
2006: Centenario de su Nacimiento

## **DEDICATORIA A**

<b>DIOS</b>	Por guiar mis caminos y por haber realizado un triunfo.
<b>MI MADRE</b>	Gladys Linares Mota, por su gran amor, apoyo y esfuerzo que me brindó en todo momento, pues sin ello no habría alcanzado esta meta.
<b>MI PADRE</b>	Gracias.
<b>MIS HERMANOS</b>	Pablo y José Gabriel con mucho cariño, que siempre compartamos en armonía.
<b>MIS ABUELITOS</b>	Pablo Linares y Estela de Linares, por sus sabios consejos y cariño especial.
<b>MI ESPOSA</b>	Wendy González, por su apoyo y confianza.
<b>MI HIJA</b>	Anna Pamela, es un ejemplo a seguir.
<b>MIS TÍOS Y PRIMOS</b>	Con mucho cariño.
<b>MIS AMIGOS</b>	Por compartir estos años una buena amistad.
<b>POR SU APOYO</b>	Gregorio Hernández, gracias.
<b>A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	Por su enseñanza.

## **AGRADECIMIENTO**

Al centro Universitario de Sur Occidente, por darme la oportunidad de hacer posible el desarrollo del presente trabajo de graduación.

Agradezco a los ingenieros: Murphy Paiz, Kennet Estrada Ruiz, Francisco González, y también al Lic. Amahán Sánchez Álvarez, por la confianza que me demostraron para hacer posible el desarrollo del presente trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	X
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII

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

#### ACTUALES

1.1 Instalaciones eléctricas.....	1
1.1.1 Estado actual y dimensionamiento de conductores.....	1
1.2 Tuberías.....	2
1.2.1 Tubo conduit galvanizado.....	3
1.2.2 Tubo flexible (BX).....	3
1.2.3 Tubo plástico (poliducto).....	3
1.2.4 Tubo PVC eléctrico.....	4
1.3 Protección.....	5
1.3.1 Corto Circuito.....	6
1.3.2 Sobrecargas.....	6
1.3.3 Elementos de protección.....	6
1.3.3.1 Fusibles.....	6
1.3.3.2 Interruptores termomagnéticos.....	8
1.4 Tableros.....	11
1.4.1 Tablero general.....	11
1.5 Iluminación.....	12

1.5.1	Sistemas de alumbrado.....	12
1.5.2	Factores de pérdida en el alumbrado.....	13
1.5.2.1	Pérdidas de las bombillas.....	13
1.5.2.2	Pérdida a consecuencia de polvo y suciedad.....	14
1.5.2.3	Apagones de las bombillas o elementos luminosos.....	14
1.5.2.4	Ineficiencia de las lámparas.....	15
1.5.2.5	Bajo voltaje.....	15
1.5.2.6	Superficies de baja reflexión.....	16
1.6	Descripción de componentes.....	16
1.6.1	Descripción de los componentes que forman los circuitos de iluminación.....	17
1.6.2	Descripción de los componentes que forman los circuitos de fuerza.....	17
1.6.3	Banco de Transformadores.....	17
1.6.4	Tablero principal.....	17
1.6.5	Tablero secundario edificio A,B,C.....	19
<b>2.</b>	<b>DIAGRAMAS UNIFILARES DE LOS TABLEROS DEL CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE</b>	
2.1	Diagrama unificar.....	20
2.2	Ubicación de los tableros.....	22
2.2.1	Tablero principal.....	22
2.2.1.1	carga conectada.....	22
2.2.2	Tablero edificio A.....	22
2.2.2.1	carga conectada.....	22
2.2.3	Tablero edificio B.....	22
2.2.3.1	carga conectada.....	22
2.2.4	Tablero edificio C.....	22
2.2.4.1	Carga conectada.....	22

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

3.1 Cálculo de conductores eléctricos.....	25
3.1.1 Cálculo por método por corrientes.....	25
3.1.2 Cálculo por caídas de tensión.....	28
3.2 Número de tubería.....	30
3.2.1 Número de conductores en tubería.....	31
3.3.1 Selección de la tubería cuando los conductores no son del mismo calibre.....	32
3.3 Conceptos de iluminación.....	34
3.3.1 Coeficiente de Utilización (CU).....	33
3.3.2 Curva de distribución.....	34
3.3.3 Luz.....	34
3.3.4 Flujo luminoso.....	34
3.3.5 Nivel de iluminación.....	35
3.3.6 Método de cálculos de iluminación.....	35
3.3.7 Pasos que deben seguir para calcular un sistema de iluminación.....	35
3.4 Diseño de red de tierra.....	37
3.4.1 Tipos de puesta a tierra.....	38
3.4.2 Estándares sobre tierra.....	38
3.4.3 Electrodo de tierra.....	39
3.4.3.1 Varillas de tierra.....	39
3.4.3.2 Tuberías metálicas.....	39
3.4.4 Resistencia a tierra.....	40
3.4.5 Conductividad del suelo.....	40
3.4.6 Resistencia física.....	42
3.4.7 Conductos de protección.....	42
3.4.8 Barras colectoras.....	43
3.5 Normas para la instalación básica del pararrayos.....	43

3.6	Coordinación de dispositivos de protección.....	45
3.7	Cálculos para luminarias.....	47
3.7.1	Cálculo para las aulas.....	47
3.7.2	Cálculo para las oficinas.....	49
3.7.3	Cálculo para las oficinas de los catedráticos.....	51
3.7.4	Cálculo para un banco de transformadores.....	52
3.7.5	Cálculo del banco de transformadores.....	53
3.8	Comparación de datos protecciones.....	53
3.8.1	Conductores.....	53
3.8.2	Banco de transformadores.....	53
3.8.3	Luxes.....	54
3.8.4	Luminarias.....	54
3.8.5	Protecciones.....	54
3.8.6	Incorporación al Mercado Mayorista.....	54
<b>4.</b>	<b>MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA DEL CENTRO</b>	
	<b>UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE</b>	
4.1	Analizadores de redes.....	55
4.1.1	Armónicos.....	55
4.2	Conclusiones.....	60
4.2.2	Conclusiones para el voltaje.....	60
4.2.3	Conclusiones para la potencia activa.....	65
4.2.4	Conclusiones para la potencia reactiva inductiva.....	67
4.2.5	Conclusiones para el factor de potencia fase 1.....	70
4.2.5	Conclusiones para el factor de potencia fase 2.....	71
4.2.6	Conclusiones para el factor de potencia fase 3.....	71
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS INSTALACIONES</b>	
	<b>ELÉCTRICAS</b>	
	Interruptores.....	76
	Conductores.....	77

Iluminación de interiores.....	77
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Interrupor termomagnético.....	10
2	Diagrama unifilar del tablero principal.....	23
3	Diagrama unifilar del tablero de distribución edificio A .....	26
4	Diagrama unifilar del tablero de distribución edificio B.....	23
5	Diagrama unifilar del tablero de distribución edificio C.....	24
6	Forma de colocar las lámparas.....	48
7	Forma de colocar las lámparas en las oficinas.....	49
8	Forma de colocar las lámparas .....	50
9	Equipo completo analizador de calidad de energía.....	58
10	Tensión fase 1.....	59
11	Tensión fase 2.....	59
12	Tensión fase 3.....	60
13	Intensidad de corriente fase 1.....	61
14	Intensidad de corriente fase 2.....	61
15	Intensidad de corriente fase 3.....	62
16	Intensidad d corriente neutral.....	62
17	Potencia activa fase 1.....	63
18	Potencia activa fase 2.....	64
19	Potencia activa fase 3.....	64
20	Potencia real fase 1.....	65
21	Potencia real fase 2.....	66
22	Potencia real fase 3.....	66
23	Potencia aparente fase 1.....	67

24	Potencia aparente fase 2.....	67
25	Potencia aparente fase 3.....	69
26	Factor de potencia fase 1.....	69
27	Factor de potencia fase 2.....	69
28	Factor de potencia fase 3.....	70
29	Diagrama básico de una lámpara fluorescente de precalentamiento.....	84
30	Forma de onda de la corriente en una lámpara con balastro magnético.....	85
31	Espectro de amplitud de la forma de onda .....	86
32	Forma de onda de la corriente de una lámpara Fluorescente compacta.....	88
33	Forma de onda de la corriente en el sistema de Alimentación de una computadora.....	90
34	Espectro de amplitud de la forma de onda.....	90

## TABLAS

I	Carga edificio A.....	18
II	Carga edificio B.....	18
III	Carga edificio C.....	18
IV	Cálculo de conductores edificio A.....	26
V	Cálculo de los conductores edificio B.....	26
VI	Cálculo de los conductores edificio C.....	27
VII	Cálculo teórico de conductores edificio A.....	29
VIII	Cálculo teórico de conductores edificio B.....	29
IX	Cálculo teórico de conductores edificio C.....	30
X	Cálculo teórico de edificios A, B y C por caída de tensión.....	30
XI	Datos de la oficinas.....	49

XII	Datos de oficinas de catedráticos.....	51
XIII	Comparación de la tubería calculada y utilizada.....	54
XIV	Datos armónicos.....	72
XV	Resistencia eléctrica.....	103
XVI	Capacidad de los conductores.....	104
XVII	Factores de corrección.....	104
XVIII	Factores de reducción de acuerdo al número de conductor.....	105
XIX	Capacidad de conductores en tuberías.....	105
XX	Área para conductores.....	106
XXI	Datos de la aulas.....	106
XXII	Comparación de los conductores calculados y utilizados.....	107
XXIII	Tabla de coeficiente de utilización K.....	108
XXIV	Coeficiente de reflexión.....	109
XXV	Nivel lumínico.....	109
XXVI	Lámparas fluorescentes.....	110

## GLOSARIO

- Acometida** es el conjunto de conductores y componentes que conectan los servicios de la empresa suministradora o los sistemas eléctricos de las diferentes propiedades públicas o privadas en un punto de entrega. Estas pueden ser áreas o subterráneas según se requiera.
- Canalización** se refiere a canales, canaletas, doctos o tubos por donde se hacen pasar los conductores, con el fin de protegerlos mecánicamente y evitar el contacto de personal no calificado con los mismos.
- Capacidad nominal** se entiende por capacidad nominal aquellos valores que indica que se está trabajando al cien por ciento de su valor indicado
- Carga instalada** es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conecta a la acometida de la empresa.
- Conductor neutro** cuando hay tres o más conductores de servicio, el conductor conectado a tierra es definitivamente un conductor neutro, pero si se trata de un circuito de dos conductores el conductor conectado a tierra se denomina conductor conectado a tierra.

<b>Conductores</b>	son los materiales en forma de alambre que conducen la corriente eléctrica bajo determinadas condiciones. Estos pueden ser desnudos o aislados dependiendo del uso que se les dé.
<b>Conectores</b>	son aquellos dispositivos que se utilizan para efectuar la conexión eléctrica entre dos o más conductores eléctricos.
<b>Conexión</b>	es el empalme entre dos o más conductores eléctricos.
<b>Contador</b>	es un aparato electromecánico, ya sea auto contenido o con equipo adicional de medición, que se usa para medir la energía eléctrica, utilizando por el usuario.
<b>Demanda estimada</b>	es un valor de potencia que determina la empresa, de Acuerdo con la carga instalada.
<b>Electrodos</b>	son las varillas especialmente diseñadas para hincarlas en el suelo y conectar en ellas un sistema eléctrico aterrizado.
<b>Energía eléctrica</b>	no es más que potencia integrada en el tiempo, se mide en kilovatio-hora (kwh).
<b>Factor de potencia</b>	es la relación entre la potencia eficaz (watt) y potencia aparente (VA).

- Fusible** son los dispositivos que por el paso de la corriente en exceso a su capacidad se funden, provocando con ello la apertura del circuito.
- Interruptor** es el aparato diseñado para cerrar o abrir un circuito por medio manual a una corriente eléctrica predeterminada sin dañarse cuando se usa dentro de los límites de su capacidad, la que se mide amperios a un voltaje determinado.
- Potencia Activa** el producto voltaje por corriente por el factor de  $\cos\phi$   $V * I * \cos\phi$  se llama Potencia Activa y se representa por la letra mayúscula P. La unidad de medida de la Potencia Activa es el vatio y su múltiplo mas empleado es el kilovatio (KW).
- Potencia Aparente** el producto voltaje por corriente  $V * I$  se llama Potencia Aparente y se representa por la letra mayúscula S. La unidad de la potencia aparente es el vatio amperio (KVA). La potencia Aparente es una medida de la carga del sistema de distribución.
- Potencia Reactiva** el producto entre voltaje por corriente por  $\sin\phi$   $V * I * \sin\phi$  se llama Potencia Reactiva y se representa por la letra mayúscula Q. La unidad de medida es el voltio amperio reactivo (VAR) y su múltiplo mas empleado es el Kilovoltio amperio (KVA). La Potencia Reactiva se utiliza para corregir el factor de potencia.

<b>Sobre corriente</b>	es la corriente en exceso a la requerida por cualquier equipo eléctrico para su funcionamiento.
<b>Sobre carga</b>	es el exceso de la carga normal que puede sobre llevar un equipo o el exceso de ampacidad de un conductor que al continuar por un período más o menos largo puede producir daños peligrosos al equipo o conductores por sobrecalentamiento.
<b>Tablero de distribución</b>	es un gabinete que contiene barras y dispositivos de sobre corriente, ya sea en forma de fusibles o interruptores automáticos, accesibles por su frente para la maniobra.
<b>Voltaje nominal</b>	es el valor asignado a la magnitud del voltaje del un sistema, con el fin de clasificarlo. Por ejemplo: 120-240, 240-480 voltios, etc. El voltaje medido podrá variar del valor nominal en un rango que permita la operación satisfactoria del equipo.
<b>Voltaje</b>	es la diferencia de potencial entre dos conductores de un circuito eléctrico.
<b>Estroboscopio</b>	instrumento que permite ver como lentos o inmóviles objetos que se mueven de forma rápida y periódica, mediante su observación intermitente.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación muestra los tipos de pérdida del sistema eléctrico de iluminación en el Centro universitario de Sur Occidente. Las principales fuentes de pérdida en el centro son: pérdida de bombillas, pérdida a consecuencia de polvo y suciedad, apagones de bombillas, ineficiencia de las lámparas, bajo voltio, superficie de baja reflexión. Las cargas conectadas al tablero principal, tablero de distribución por medio de diagramas unificares.

El monitoreo por medio del medidor de Analizador de calidad de energía. El analizador de la serie 3945 son instrumentos de medida programable que miden y registran en memoria todos los parámetros eléctricos de la red de alimentación. El aparato esta dotado de tres canales de tensión y tres de redes trifásicas equilibradas o no. Los programas básico que permite medir tensiones, corriente, potencias y energía en todas y red una de las fases y guardar estos datos a intervalos regulares de registro.

En el sistema eléctrico del Centro Universitario Sur-Occidente, equipo como computadoras, fax, UPS's han contribuido para la presencia de forma de onda no senoidales las cuales introducen componentes de pérdida y un mal funcionamiento del equipo, esto da origen a que surjan componentes armónicos, entre lo armónicos que se encuentran en el centro universitario sur occidente la que mas aparece es la tercera armónica.

## **OBJETIVOS**

### **GENERALES**

Analizar el sistema eléctrico del Centro universitario de Sur Occidente, para poder desarrollar en mejores condiciones las actividades, docentes y administrativas.

### **ESPECÍFICOS**

1. Describir las diversas cargas eléctricas que existen en el Centro Universitario Sur Occidente.
2. Investigar las causas de las pérdidas de energía eléctrica.
3. Analizar la calidad de Energía Eléctrica del Centro Universitario Sur Occidente.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la energía eléctrica juega un papel importante de suma importancia en todas las actividades que el hombre realiza, es por eso que se desea aprovechar al máximo todos los beneficios que proporciona para alcanzar el mejor rendimiento y seguridad para todo el que la utiliza.

Una instalación nueva o la modificación de una instalación existente, requiere un especial cuidado para que llene los requisitos para cada ambiente a efecto de que todo sea un conjunto de armonía, que preste un servicio eficiente para el desarrollo de las actividades que allí se realiza.

Es muy difícil complacer todas las exigencias de los usuarios del servicio eléctrico, sin embargo se debe buscar una solución a los problemas presentes que a la par debe satisfacer las necesidades máxima requerida con los recursos económicos disponibles y así llenar con satisfacción y eficiencia la función que se desea de la instalación eléctrica.

La idea del presente trabajo del Estudio Profesional Supervisado es lograr que se lleguen a desarrollar en mejores condiciones todas las actividades que se realizan en el Centro universitario de Sur Occidente, tanto docente, estudiantil como administrativas.

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

## **1.1 Instalaciones eléctricas**

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

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

### **1.1.1 Estado actual y dimensionamiento de conductores**

En las instalaciones eléctricas los elementos que proveen la trayectoria para la circulación de la corriente eléctrica son los conductores. Estos, generalmente, están constituidos por un elemento conductor y forro. Los materiales que mayormente se utilizan para la construcción de los conductores son cobre y aluminio, cada uno con sus características y sus aplicaciones especiales. Los conductores de cobre tienen una menor resistencia específica pero un mayor peso, mientras los de aluminio tienen una mayor resistencia específica y un menor peso por lo que son más utilizados en tendidos de línea aérea.

Los conductores se encuentran en diferentes secciones o calibres los cuales están estipulados por la American Wire Gauge (AWG). En las instalaciones eléctricas del Centro universitario de Sur Occidente se utiliza desde el calibre número 14 (delgado) hasta 2/0. Los conductores europeos tienen la sección definida en mm<sup>2</sup>.

## **1.2 Tuberías**

Las tuberías o canalizaciones eléctricas tienen como función principal proporcionar protección física a los conductores de cualquier instalación eléctrica. De acuerdo a la interacción con los circuitos eléctricos que contienen, se encuentran divididas en dos grandes grupos como lo son las tuberías magnéticas de construcción ferrosa y las no magnéticas como son las de aluminio y plásticos.

En el Centro universitario de Sur Occidente se utiliza tuberías para cada caso, según lo requiera la instalación. La longitud de los tramos de tubería metálica, así como los de PVC eléctrico son de 3.05 metros ya sean roscados para los tubos de pared gruesa y no enroscados para los tubos de pared delgada. Los tubos flexibles o de plásticos los venden por pies hasta rollos de 100 pies. Entre los diferentes tipos de tuberías que se utilizan en el Centro universitario de Sur Occidente se pueden mencionar:

- Tubo conduit galvanizado (pared gruesa)
- Tubo flexible (BX)
- Tubo plásticos (poliducto)
- Tubo PVC eléctrico (color naranja)

### **1.2.1 Tuvo conduit galvanizado**

En este tipo de tubo esta protegido interior y exterior por medio de acabado galvanizado, puede ser empleado en cualquier clase de trabajo dada su resistencia. En especial se recomienda en instalaciones industriales tipo sobrepuesta, en instalaciones a la intemperie o permanentemente húmedos. En Guatemala la EEGSA obliga que los ductos de acometida sean galvanizados.

### **1.2.2 Tubo flexible (BX)**

Se emplea en aplicaciones en las cuales no puede usarse tubería rígida, en donde se necesita realizar muchos ángulos o formas caprichosas, ya que se adapta fácilmente a las necesidades de espacio. Es ideal para las instalaciones de máquinas debido a que puede absorber sin problema vibraciones originadas por estos. También es utilizado en edificios o construcciones cuando se tiene juntas de dilatación. Este tipo de tubo debe ser alambrado antes de colocarlo.

### **1.2.3 Tubo plástico (poliducto)**

Tiene la característica o propiedad de ser ligero y resistente a la acción del agua, su aplicación se ha incrementado mucho en instalaciones empotradas en casa, edificios, comercio. Tiene la limitante que no puede ser utilizado en lugares con temperaturas superior a los 60° C.

Se debe tener sumo cuidado cuando se utiliza, ya que muchas veces los albañiles o personal los aplastan cuando realizan sus labores y en el momento del alambrado los tubos se encuentran bloqueados, por lo que se recomienda que siempre se coloque un tramo de poliducto, este lleve un guía (pedazo de alambre de amarre o galvanizado). Otra recomendación, cuando el poliducto va subterráneo, se debe alambra antes de enterrarlo.

#### **1.2.4 Tubo PVC eléctrico**

Tiene la diferencia con el tubo PVC de agua en el grosor de sus paredes, ya que este no debe soportar presión interna como el PVC para agua. Su utilización se ha incrementado grandemente, tanto por la facilidad que da para trabajar, ya que es más estético y seguro que el poliducto, como por su precio, ya que es más económico que los tubos metálicos. Se está utilizando en instalaciones subterráneas y se pueda llegar a utilizar en acometidas primarias siempre y cuando los conductores se encuentran cubiertos por una capa de función como complemento de protección mecánica.

El Artículo 347 del NEC establece el uso de ductos no metálicos conocidos como ENT (en inglés, Electrical non Metallic Tubing) que tienen todos los accesorios necesarios para su uso. Su aplicación principal es para atmósferas húmedas y medios con vapores químicos.

Los ENT se pueden aplicar en usos generales pero, tienen una limitación muy importante, no pueden utilizarse en ninguna estructura, casa o edificios de más de tres niveles; debido a su alto grado de colaboración en caso de incendios ya que el tubo de PVC o poliducto es muy volátil.

También es importante tomar en cuenta que el código acepta que los conductores que se van a instalar en ducto no metálico tienen que tener aislamiento para 90° C pero, la capacidad de conducción de los mismos sea utilizada de acuerdo a los conductores para 60° C, o en su defecto aplicar los factores de corrección por temperatura en función de la capacidad cuando se utilizan conductores con aislamiento inferior a los 90° C.

Esta restricción del código toma en cuenta que la tubería no metálica como un plástico tiene mala transferencia de calor y llega a

funcionar como un aislante termino (propiedad adiabática del material), impidiendo que el calor que producen los conductores por efecto joule sean transmitido al medio ambiente.

El coeficiente de expansión del ducto no metálico es mayor que el del ducto metálico, y en tramos largos hay que tomarlo muy en cuenta porque mas o menos con un cambio de temperatura de 15 a 20 grados centígrados, la elongación puede superar 1.5 pulgadas.

### **1.3 Protección**

Se entiende por una instalación apropiadamente protegida a aquella en la cual se cuenta con un sistema coordinado de elementos que desempeñen las siguientes funciones: evitar situaciones peligrosas para las personas, minimizar daños por situaciones anormales de operación y aislar la zona específica donde aparece la falla de tal forma que el resto de la instalación que no se encuentra implicada siga funcionando en las mejores condiciones posibles.

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

Debemos saber que todas las que se dan en un sistema son limpiadas por las protecciones que se encuentran anterior al punto de falla (flujo arriba), es decir que la falla será limpiada por el dispositivo de protección que se encuentre antes que esta en dirección al alimentador principal o la fuente.

Las fallas que ocurren con mayor frecuencia en las instalaciones eléctricas del Centro universitario de Sur Occidente son las que se listaran a continuación:

### **1.3.1 Corto circuito**

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

### **1.3.2 Sobrecargas**

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

### **1.3.3 Elemento de protección**

Entre los elementos de protección que cuenta el Centro universitario de Sur Occidente para la protección de las instalaciones eléctricas están los siguientes:

- Fusibles
- Interruptores termo magnéticos (flip-on)

#### **1.3.3.1 Fusibles**

Los fusibles presentan las siguientes particularidades de operación:

- a. Son de una operación, ya que después de haber interrumpido la falla debe romperse el fusible completo o su elemento fusible.
- b. Son de operación individual ya que solo interrumpen la corriente en la fase donde sucedió el corto circuito o sobrecarga.
- c. Son más económicos comparados con otros elementos de protección

- d. Tienen una curva de operación muy inversa o tiempo de operación muy corto, lo cual hace que resulte difícil coordinarlo con otros tipos de protección que no sean fusibles.
- e. Tienen una potencia de corto circuito mayor o capacidad interrumpida mayor que otros dispositivos de protección.
- f. Si son de buena calidad, y preferentemente sellados, son seguros y difícilmente operan sin causa justificada, ahora si son de mala calidad y del tipo no-sellado pueden llegar a existir una falla y estos no accionar poniendo en peligro toda la instalación.

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

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

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

El tiempo de fusión se representa normalmente en el diagrama de tiempo-corriente, con abscisa y ordenada con divisiones logarítmicas y una curva de tiempo inverso, en dependencia de la corriente. El curso de la curva características de fusión principia en el menor valor de corriente, al cual el conductor fusible puede fundirse y se acerca asintóticamente a la recta oblicua con el valor calorífico de la fusión del fusible al exterior.

Las curvas características de fusión y de interrupción son aproximadamente iguales hasta 20 veces la corriente nominal. A mayor corriente de corto circuito las curvas divergen.

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

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

### **1.3.3.2 Interruptores termo magnéticos**

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

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

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

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

La protección contra sobrecarga esta constituida por una barra bimetalica que, dependiendo del valor que tenga la corriente así como el tiempo que se mantenga, provoca un disparo que abre los contactos de todos los polos a la vez por medio de un enclavamiento mecánico, constituido por una barra que entrelaza los polos.

La barra bimetalica esta colocada a una distancia especifica de una puyaza bimetalica y esta colocada a una distancia especifica de una pieza ferromagnética. Cuando la corriente llega a valores muy elevados (corto circuito) se crea fuerza electromagnéticas de atracción capaces de provocar que los contactos se abran en tiempos muy cortos.

Dichos dispositivos tienen una calibración que solamente el fabricante puede modificar, a menos que, como en interruptores termo magnéticos de gran capacidad nominal, se pueden cambiar las bobinas de disparo así poder darle una diferente rango de operación.

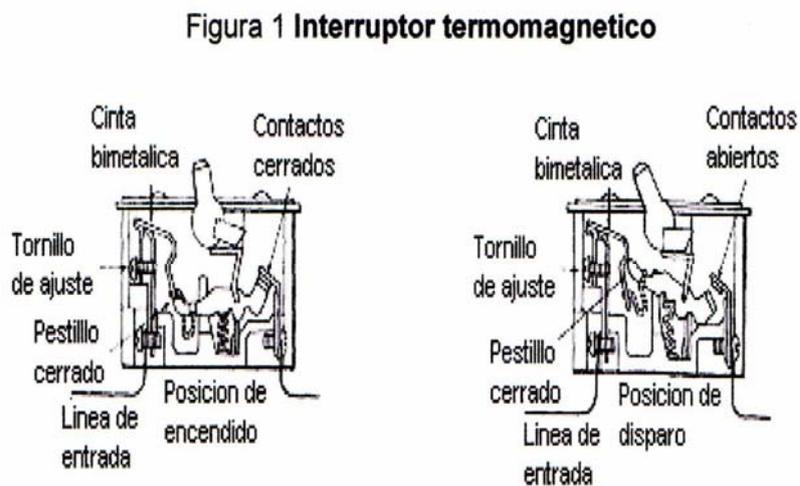
Cuando un interruptor termo magnético se dispara por sobre carga o corto circuito la manija queda en una posición intermedia entre encendido y apagado, para restaurarlo debemos primeramente llevar la manija a la posición de apagado y luego de reparada la falla, pasar la manija a la posición de encendido.

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

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

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

Figura 1 interruptor termomagnético



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

## **1.4 Tablero**

Como tablero eléctrico se conoce un gabinete metálico con un circuito de alimentación mediante barras que contiene los elementos necesario para la distribución de energía eléctrica a varios circuitos derivados.

El centro de carga compacto o tableros de marco metálicos se seleccionan tomando en cuenta las siguientes características:

- a. servicio monofásico o trifásico
- b. si se desea no interruptor principal
- c. capacidad de las barras
- d. capacidad de polos. Se tiene un máximo de 14 polos por fase o sea 42 polos por tableros (en tablero de tres fases)
- e. según la capacidad del ramal mayor, así deberá ser el tipo de interruptores que ira en el tablero
- f. si será alimentación superior o inferior, dependiendo del tipo de acometida que se tenga.

### **1.4.1 Tablero General**

Esta colocado en un cuarto destinado exclusivamente a la colocación de centros de carga y edición. Su alimentación se realiza directamente del secundario del transformador mediante barras o conductores, generalmente son auto soportados y para su operación y mantenimiento requieren de espacio para circulación del personal de mantenimiento por la parte posterior de el.

## **1.5 Iluminación**

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

En el Centro universitario de Sur Occidente se presenta un problema de iluminación a nivel general por el escaso mantenimiento existente, ya que al irse quemando las lámparas de los edificios, las mismas no son reemplazadas tan ágilmente como se quisiera. La limpieza de los aparatos de iluminación no se realiza a intervalos adecuados, los niveles de iluminación deseados y así, realizar las distintas actividades de una manera más eficiente y confortable.

### **1.5.1 Sistema de alumbrado**

Los sistemas de alumbrado se clasifican normalmente dentro de varios tipos, partiendo del alumbrado directo al indirecto de acuerdo con las características de la distribución de los rayos luminosos por los artefactos del alumbrado.

En los sistemas en los que se usa más de un tipo de sistemas de iluminación se determinan los niveles del alumbrado calculando la intensidad de la luz proyectada sobre el área correspondiente por cada uno de los artefactos luminosos y después se suman los valores obtenidos.

Existen tres tipos de fuentes de luz de uso general que son; las incandescentes, las de mercurio o sodio y las fluorescentes

## **1.5.2 Factores de pérdida en el alumbrado**

Seis factores de pérdidas básicos, son los causantes de cerca del 90% o más de las pérdidas de luz en el sistema de alumbrado.

### **1.5.2.1 Pérdida de las bombillas**

El rendimiento en lúmenes de las fuentes de luz decrece con la edad de los elementos luminosos o sea con el número de horas que se mantienen encendidos. A esta baja del rendimiento luminoso se le llama demerito de luminosidad y es una característica inherente de todos los elementos que producen luz artificial.

El usuario no puede hacer absolutamente nada para contrarrestar esta cualidad propia de todas las bombillas. Sin embargo, se puede lograr una reducción de la pérdida de luminosidad al mínimo, mantenimiento los voltajes en los porta bombillas dentro de los límites aproximadamente constante, que deben coincidir con los voltajes nominales de operación de dichas bombillas, con lo que se evita el ennegrecimiento prematuro indebido, el deterioro más rápido de los filamentos de lo que comúnmente debe ser.

En las bombillas o focos incandescentes el filamento "se evapora" gradualmente cuando está encendido, depositándose el tungsteno evaporando sobre las paredes del bulbo de vidrio, lo que causa su ennegrecimiento. Este efecto da origen a que el filamento se vaya adelgazando, con lo que su consumo de energía decrece y consecuentemente el rendimiento luminoso de la lámpara disminuye.

Las lámparas de luz fluorescente se ennegrecen con bastante uniformidad a todo lo largo del tubo. Este proceso no es en general muy notorio, pero causa en mayor proporción que cualquiera de los otros factores la depreciación del tubo con la disminución consiguiente de su luminosidad.

### **1.5.2.2 Pérdida a consecuencia de polvo y suciedad**

La disminución de la intensidad del alumbrado motivada por la acumulación de suciedad y de polvo en condiciones ordinarias de operación alcanza valores hasta del 30% lo que depende de la frecuencia con la que las unidades sean aseadas.

En la práctica real se ha visto que el promedio del demérito de la intensidad del alumbrado producido por las adherencias y acumulaciones de suciedad y polvo es más o menos como sigue: 10% si los intervalos de limpieza son de 1 mes: 15% para intervalos de limpieza de 3 meses; si la limpieza se ejecuta cada 6 meses, el demérito aumenta a 20%, si la limpieza se practica cada vez que se quema algún elemento luminoso, se tendrá un demérito del 30%.

Factores de importancia: (1) si se van a usar elementos luminosos abiertos, con ventilación, el mantenimiento será generalmente más fácil; (2) la pérdida de luz ocasionada por la suciedad y polvo depende de la clase y cantidad existente de estas materias, así como el ambiente en que se opera; (3) la proporción de materias extrañas que se adhieren dependen del diseño de la lámpara, del tipo del elemento luminosos y del acabado del artefacto.

### **1.5.2.3 Apagones de las bombillas o elementos luminosos**

Otro de los factores que contribuyen a la pérdida de luz y que puede convertirse en un problema o que en realidad lo es, consiste en las fallas o apagones de las bombillas.

Este factor causa disminuciones del alumbrado hasta del 10% lo que depende de la política de mantenimiento para el cambio individual de bombillas quemadas. En consecuencia, es preciso realizar frecuentes inspecciones, reponiendo inmediatamente las bombillas quemadas.

#### **1.5.2.4 Ineficiencia de las lámparas**

Las luminarias más eficientes emiten casi la totalidad de lúmenes producidos por las lámparas o focos en el área deseada.

Una vez que la instalación ha sido terminada resultará antieconómico retirar las unidades para instalar otras nuevas de diferente tipo, como por ejemplo para cambiar unas luminarias de tipo de iluminación indirecta por unas de tipo directo, Es por esto que hay que elegir las adecuadamente antes de realizar la instalación.

#### **1.5.2.5 Bajo voltaje**

Cualquier disminución del voltaje ocasionado por alumbrado defectuoso, sobrecarga de los circuitos o regulación defectuosa del voltaje, origina un descenso de la intensidad luminosa producida por las lámparas.

Es de mucha importancia que el voltaje de la red en los circuitos del alumbrado se mantenga a su valor nominal, por muchas razones.

El sobrevoltaje acortará la vida de las bombillas, en particular a las de filamentos incandescentes, ocasionando también el sobrecalentamiento de las resistencias del alumbrado por luz fluorescente o por elementos de vapor de mercurio.

En cambio, el voltaje bajo tiene como consecuencia la reducción del rendimiento luminoso para todos los tipos de lámparas, causando además la inestabilidad del funcionamiento de las lámparas fluorescente y de mercurio.

### **1.5.2.6 Superficie de baja reflexión**

Todas las superficies de una habitación, incluyendo el cielo raso, las paredes, columnas, pisos, maquinarias, etc. absorben luz. Sin embargo, la capacidad reflectiva de estas superficies tiene una decisiva influencia sobre el resultado definitivo y la eficiencia general del sistema de alumbrado.

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

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

## **1.6 Descripción de componentes**

### **1.6.1 Descripción de los componentes que forman los circuitos de iluminación:**

- Tubo poliducto de 3/4 tubo BX
- Vueltas PVC de 3/4
- Caja octogonal de metal
- Caja rectangular de metal
- Interruptor simple (dado)
- Interruptor de three way (dado)
- Placa simple

- Placa doble
- Conductor número 6 THHN
- Conductor número 8 THHN
- Conductor número 10 THHN
- Conductor número 12 THHN

#### **1.6.2 Descripción de los componentes que forman los circuitos de fuerza**

- Caja rectangular de metal
- Tubo poliducto de 3/4", tubo PVC, tubo BX
- Vuelta PVC de 3/4"
- Tomacorrientes polarizados (dado)
- Placa doble
- Conductor número 10THHN
- Conductor número 12 THHN

#### **1.6.3 Banco de transformadores**

##### Características

- Tres transformadores convencionales
- Capacidad de los transformadores 50 KVA por unidad
- Conexión delta/estrella

#### **1.6.4 Tablero principal**

- Tablero tipo industrial, trifásico, barras de 125 amperios
- Voltaje 120 / 240 voltios
- Tubo conduit
- 12 polos

**Tabla I Edificio A**  
**Carga y Distribución de Tablero Secundario**

Circuito	Unidades	Descripción	Protección	Voltaje	conductor	Vatios	Tubería
A	8	Iluminación	20 Amp	120	12	688	1"
B	13	Iluminación	20 Amp	120	12	1140	1"
C	12	Iluminación	20 Amp	120	12	960	1"
D	8	Iluminación	20 Amp	120	12	640	1"
E	9	Iluminación	20 Amp	120	12	720	1"
F	7	Iluminación	20 Amp	120	12	560	1"
G	10	Fuerza	20 Amp	120	12	1200	1"
H	8	Fuerza	20 Amp	120	12	1200	1"
I	8	Fuerza	20 Amp	120	12	1200	1"
J	2	Fuerza	20 Amp	120	12	1200	1"

**Tabla II Edificio B**  
**Carga y Distribución de Tablero Secundario**

Circuito	Unidades	Descripción	Protección	Voltaje	Conductor	Vatios	Tubería
A	8	Iluminación	20 Amp	120	12	640	1 "
B	11	Iluminación	20 Amp	120	12	880	1 "
C	13	Iluminación	20 Amp	120	12	1040	1"
D	9	Iluminación	20 Amp	120	12	800	1"
E	8	Iluminación	20 Amp	120	12	200	1 "
F	8	Fuerza	20 Amp	120	12	1200	1 "
G	9	Fuerza	20 Amp	120	12	1200	1 "

**Tabla III Edificio C**  
**Carga y distribución del tablero Secundario**

Circuito	Unidades	Descripción	Protección	Voltaje	conductor	Vatios	Tubería
A	12	Iluminación	20 Amp	120	12	960	1"
B	13	Iluminación	20 Amp	120	12	1040	1"
C	12	Iluminación	20 Amp	120	12	960	1"
D	12	Iluminación	20 Amp	120	12	960	1"
E	13	Iluminación	20 Amp	120	12	1040	1"
F	13	Iluminación	20 Amp	120	12	1040	1"
G	9	Fuerza	30 Amp	120	12	1200	1"
H	8	Fuerza	30 Amp	120	12	1200	1"
I	8	Fuerza	30 Amp	120	12	1200	1"
J	2	Fuerza	30 Amp	120	12	1200	1"

### **1.6.5 Tablero secundario Edificio A , B y C**

- Tablero tipo industrial, monofasico barras de 125 amperios
- Voltaje 120 / 240 voltios
- 12 Espacios
- Barras de 125 Amperios
- Tubo poliducto



## **2 DIAGRAMAS UNIFILARES DE LOS TABLEROS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR-OCCIDENTE**

### **2.1 Diagrama unifilar**

Un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito. Muchas veces el diagrama se simplifica aún más al omitir el neutro del circuito e indicar las partes que lo componen mediante símbolos estándar en lugar de sus circuitos equivalentes, no se muestran los parámetros del circuito y las líneas de transmisión se representa por una sola línea entre dos terminales. A este diagrama simplificado de un sistema eléctrico se le llama diagrama unifilar o de una línea. El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema. La importancia de las diferentes piezas de un sistema varia con el problema bajo consideración, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza. Por lo tanto, la información relacionada con los interruptores puede ser de extrema importancia. Algunas veces, los diagramas unifilares incluyen información acerca de los transformadores de corriente y de potencial que conectan los relevadores al sistema o que son instalados para medición. Se debe esperar que la información que se encuentra en un diagrama unifilar varíe de acuerdo con el problema a tratar, así como a la practica que realice la compañía particular que lo prepare.

El Instituto Nacional de Normas Americanas (ANSI por sus siglas en inglés) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electroncitos (IEEE por sus siglas en inglés) han publicado un conjunto de símbolos estándar para los diagramas eléctricos. No todos los autores siguen estos símbolos de manera consistente, especialmente al indicar los transformadores. El símbolo básico para una maquina o armadura rotatoria es un circulo, pero muchas adaptaciones al

símbolo básico se listan de tal forma que se puede indicar cada pieza de una maquina eléctrica rotatoria de uso común, Para quien no trabaja de forma constante con los diagramas unifilares, le resultaría sencillo indicar una maquina particular por su símbolo básico seguido de información que contenga su tipo y valores nominales.

Es. Si una resistencia o reactancia se inserta entre el neutro de la Y y la tierra, para limitar el flujo de corriente a tierra durante la falla, se le pueden adicionar al símbolo estándar de la Y aterrizada los apropiados para la resistencia o la inductancia. La mayoría de los neutros de transformadores de los sistemas de transmisión están solidamente aterrizados. Por lo general, los neutros de los generadores se aterrizan a través de resistencias razonablemente elevadas y algunas veces a través de bobinas.

## **2.2 Ubicación de los tableros**

### **2.2.1 Tablero principal**

- Ubicado en una bodega a un lado del parqueo

#### **2.2.1.1 Carga conectada**

- Alimenta los tableros de distribución de edificios A, B y C

### **2.2.2 Tablero Edificio A**

- Ubicado en las oficinas de información al estudiante.

#### **2.2.2.1 Carga conectada**

- Oficinas de Bienestar estudiantil

### **2.2.3 Tablero Edificio B**

- Ubicado en salón de clínica medica

#### **2.2.3.1 Carga conectada**

- Circuito de iluminación y de fuerza, salón de catedráticos de agronomía y clínica medica.

### **2.2.4 Tablero Edificio C**

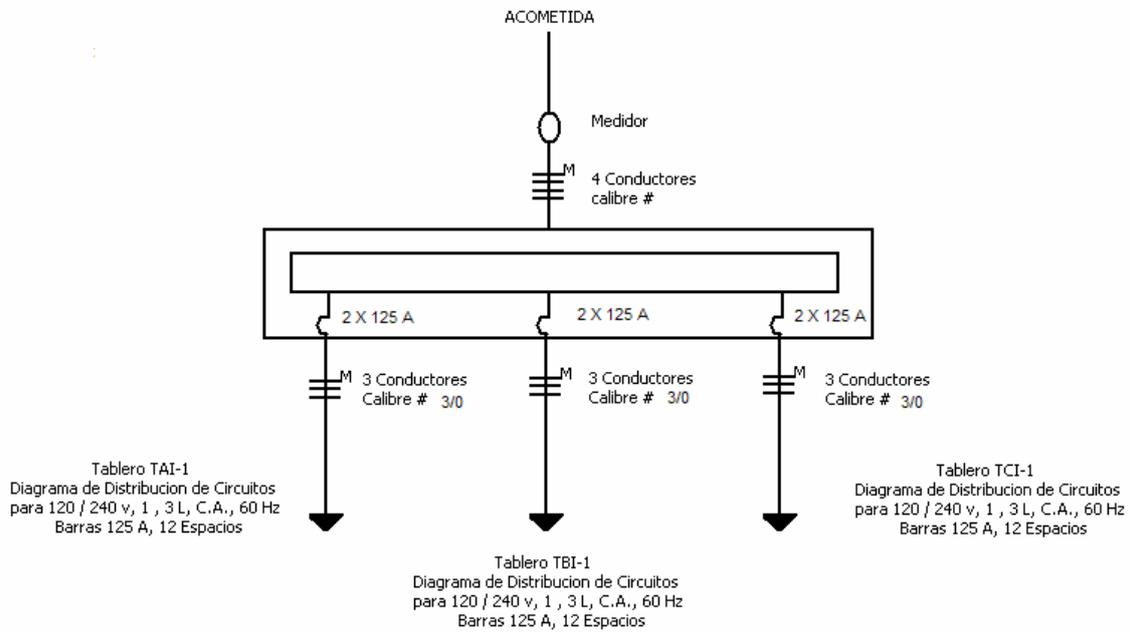
- Ubicado en pasillo principal

#### **2.2.4.1 Carga Conectada**

- Circuito de iluminación y de fuerza, salones de clases del estudiantado

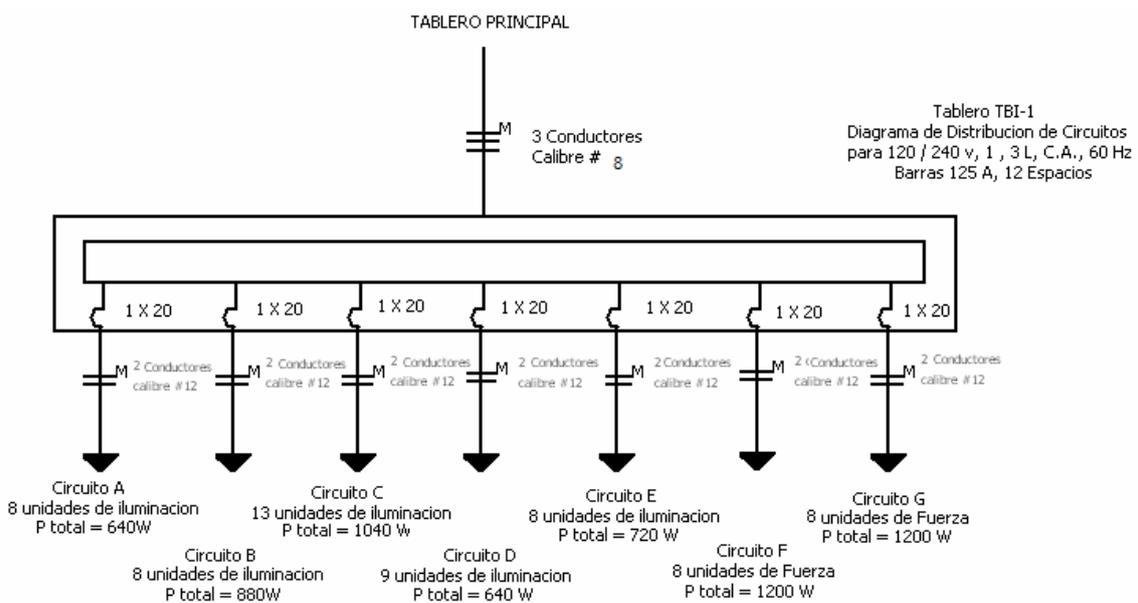
## 2.2 Diagramas unifilares

**Figura 2 Diagrama unificar del tablero principal**



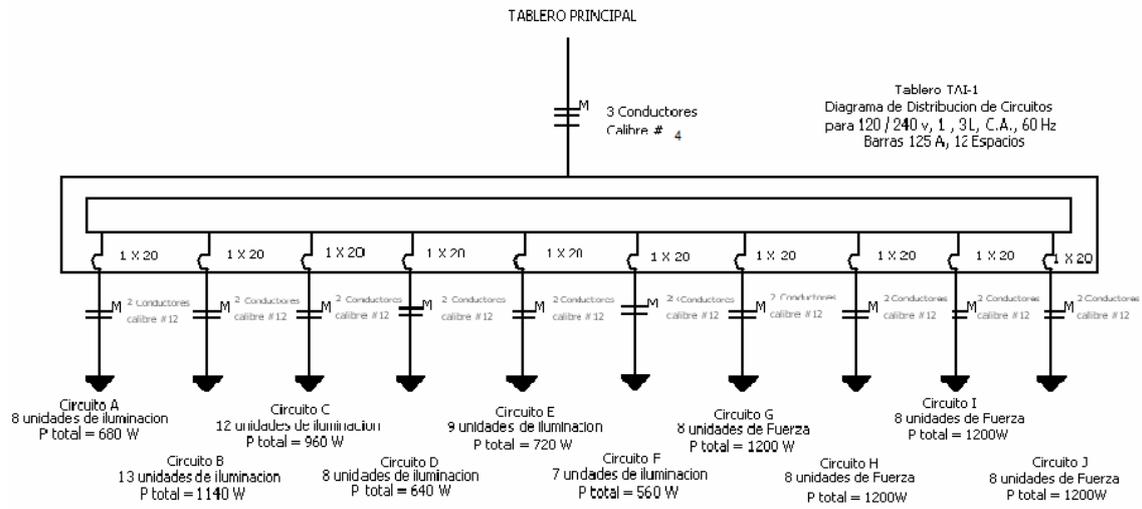
Fuente: Centro Universitario de Sur Occidente

**Figura 3 Diagrama unificar del tablero del edificio A**



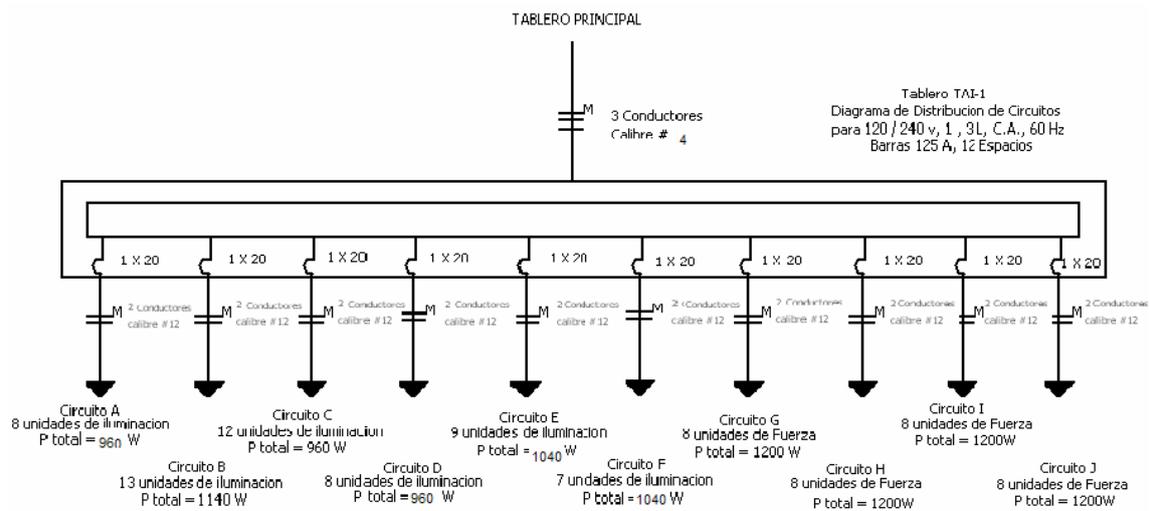
Fuente: Centro Universitario de Sur Occidente

**Figura 4 Diagrama unificar del tablero del edificio B**



Fuente: Centro Universitario de Sur Occidente

**Figura 5 Diagrama unificar del tablero del edificio C**



### 3 ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES DEL CENTRO UNIVERSITARIO CUNSUROC

#### 3.1 Cálculo de conductores eléctricos

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

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

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

##### 3.1.1 Método de cálculo por corrientes

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

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

Donde:

I= corriente total

S= potencia aparente

V<sub>n</sub>= Voltaje nominal de línea a neutro

Para realizar más rápidos los cálculos para cada una de las corrientes se realiza una tabla en Excel, los resultados son los siguientes:

**Tabla IV. Cálculo de los conductores Edificio A por método de corrientes**

circuito	descripción	Voltaje	P real	Corriente	Area	Calibre Cond.
		V	P	I	A	
		volts	watts	amperios	mm <sup>2</sup>	AWG
A	iluminación	120	688	5.73	3.31	12
B	iluminación	120	1140	9.50	3.31	12
C	iluminación	120	960	8.00	3.31	12
D	iluminación	120	640	5.33	3.31	12
E	iluminación	120	720	6.00	3.31	12
F	iluminación	120	560	4.67	3.31	12
G	iluminación	120	1200	10.00	3.31	12
H	fuerza	120	1200	10.00	3.31	12
I	fuerza	120	1200	10.00	3.31	12
J	fuerza	120	1200	10.00	3.31	12

**Tabla V. Cálculo de los conductores Edificio B por método de corrientes**

circuito	descripción	Voltaje	P real	Corriente	Area	Calibre Cond.
		V	P	I	A	
		volts	watts	amperios	mm <sup>2</sup>	AWG
A	iluminación	120	640	5.33	3.31	12
B	iluminación	120	880	7.33	3.31	12
C	iluminación	120	1040	8.67	3.31	12
D	iluminación	120	800	6.67	3.31	12
E	iluminación	120	200	1.67	3.31	12
F	Fuerza	120	1200	10.00	3.31	12
G	Fuerza	120	1200	10.00	3.31	12

**Tabla VI. Cálculo de los conductores Edificio C por método de corrientes**

circuito	descripción	Voltaje	P real	Corriente	Area	Calibre Cond.
		V	P	I	A	
		volts	watts	amperios	mm <sup>2</sup>	AWG
A	iluminación	120	960	8.00	3.31	12
B	iluminación	120	1040	8.67	3.31	12
C	iluminación	120	960	8.00	3.31	12
D	iluminación	120	960	8.00	3.31	12
E	iluminación	120	1040	8.67	3.31	12
F	iluminación	120	1040	8.67	3.31	12
G	iluminación	120	1200	10.00	3.31	12
H	fuerza	120	1200	10.00	3.31	12
I	fuerza	120	1200	10.00	3.31	12
J	fuerza	120	1200	10.00	3.31	12

Como se observa en las tablas anteriores en el calculo de conductores por el método de corrientes todos los conductores dan como resultado un calibre de 12 AWG debido a que ningún conductor excede de los 30 amperios que es el máximo que este soporta de corriente a temperatura ambiente.

### 3.1.2 Método de cálculo por caídas de tensión

Al circular una corriente eléctrica a través de los conductores de una instalación se produce en ellas una caída de tensión que corresponde a la siguiente:

$$V_p = I \times R_c \text{ (V)}$$

Donde:

$V_p$  = voltaje de pérdida (V)

$I$  = corriente de carga (A)

$R_c$  = resistencia de los conductores

La resistencia de un conductor eléctrico, corresponde a la siguiente expresión, que relaciona sus parámetros físicos y la naturaleza del material conductor.

$$R_c = \frac{2 \times \rho \times L}{A}$$

Donde:

$\rho$  = resistencia específica del conductor (Ohm mm<sup>2</sup> / m)

$\rho_{cu}$  =  $\rho$  para cobre = 0.018 Ohm mm<sup>2</sup> / m

$L$  = longitud del conductor (m)

$A$  = sección de conductores ( mm<sup>2</sup> )

La expresión para determinar la sección del conductor en función del  $V_p$  queda finalmente del siguiente modo:

$$A = \frac{2 \times \rho \times L}{V_p} \times I \text{ (mm}^2\text{)}$$

La exigencia con respecto al  $V_p$ , establece que la pérdida de tensión en la línea no debe exceder a un 3% de la tensión nominal de fase.

Tomando como ejemplo, calculemos el calibre del conductor para la iluminación del circuito A del edificio A:

Para este circuito tenemos:

- Una carga instalada de iluminación de 680 watts
- Voltaje de fase a neutro de 120 voltios
- Distancia del interruptor a la luminaria más lejana en este circuito de 40 metros
- Se quiere una caída de tensión de 3% (3.6 voltios)

Luego se procede a aplicar las ecuaciones planteadas anteriormente para este método:

$$I = \frac{680}{120} = 5.66 \text{ Amperios}$$

$$A = \frac{2 \times 0.018 \times 40}{3.6} \times 5.66 = 2.26 \text{ mm}^2$$

El calibre recomendado es el 12 AWG.

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

**Tabla VII. Cálculo teórico de conductores por el método de caída de tensión del Edificio A**

circuito	descripción	Voltaje	P real	Corriente	Distancia	Longitud	Caída de T	Conductividad	Area	Calibre Cond.
		V	P	I	d	L	Vp	K	A	
		volts	watts	amperios	metros	metros	Volts	(mm <sup>2</sup> )/(Ω-m)	mm <sup>2</sup>	AWG
A	iluminación	120	688	5.73	40.00	80.00	3.60	57.00	2.29	12
B	iluminación	120	1140	9.50	33.00	66.00	3.60	57.00	3.13	12
C	iluminación	120	960	8.00	30.00	60.00	3.60	57.00	2.40	12
D	iluminación	120	640	5.33	41.00	82.00	3.60	57.00	2.18	12
E	iluminación	120	720	6.00	48.00	96.00	3.60	57.00	2.88	12
F	iluminación	120	560	4.67	56.00	112.00	3.60	57.00	2.61	12
G	iluminación	120	1200	10.00	28.00	56.00	3.60	57.00	2.80	12
H	fuerza	120	1200	10.00	28.00	56.00	3.60	57.00	2.80	12
I	fuerza	120	1200	10.00	30.00	60.00	3.60	57.00	3.00	12
J	fuerza	120	1200	10.00	26.00	52.00	3.60	57.00	2.60	12

**Tabla VIII. Cálculo teórico de conductores por el método de caída de tensión del edificio B**

circuito	descripción	Voltaje	P real	Corriente	Distancia	Longitud	Caída de T	Conductividad	Area	Calibre Cond.
		V	P	I	d	L	Vp	K	A	
		volts	watts	amperios	metros	metros	Volts	(mm <sup>2</sup> )/(Ω-m)	mm <sup>2</sup>	AWG
A	iluminación	120	640	5.33	40.00	80.00	3.60	57.00	2.29	12
B	iluminación	120	880	7.33	35.00	70.00	3.60	57.00	2.56	12
C	iluminación	120	1040	8.67	30.00	60.00	3.60	57.00	2.60	12
D	iluminación	120	800	6.67	34.00	68.00	3.60	57.00	2.26	12
E	iluminación	120	200	1.67	36.00	72.00	3.60	57.00	0.62	12
F	Fuerza	120	1200	10.00	25.00	50.00	3.60	57.00	2.50	12
G	Fuerza	120	1200	10.00	21.00	42.00	3.60	57.00	2.10	12

**Tabla IX. Cálculo teórico de conductores por el método de caída de tensión del edificio C**

circuito	descripción	Voltaje	P real	Corriente	Distancia	Longitud	Caída de T	Conductividad	Area	Calibre Cond.
		V	P	I	d	L	Vp	K	A	
		volts	watts	amperios	metros	metros	Volts	(mm <sup>2</sup> )/(Ω-m)	mm <sup>2</sup>	AWG
A	iluminación	120	960	8.00	40.00	80.00	3.60	57.00	2.29	12
B	iluminación	120	1040	8.67	33.00	66.00	3.60	57.00	3.13	12
C	iluminación	120	960	8.00	30.00	60.00	3.60	57.00	2.40	12
D	iluminación	120	960	8.00	41.00	82.00	3.60	57.00	2.18	12
E	iluminación	120	1040	8.67	48.00	96.00	3.60	57.00	2.88	12
F	fuerza	120	1040	8.67	56.00	112.00	3.60	57.00	2.61	12
G	fuerza	120	1200	10.00	28.00	56.00	3.60	57.00	2.80	12
H	fuerza	120	1200	10.00	28.00	56.00	3.60	57.00	2.80	12
I	fuerza	120	1200	10.00	30.00	60.00	3.60	57.00	3.00	12
J	iluminación	120	1200	10.00	26.00	52.00	3.60	57.00	2.60	12

**Tabla X. Cálculo teórico de conductores por el método de caída de tensión del edificio A,B y C**

Descripción	Voltaje	Corriente	Distancia	Longitud	Caída de T	Conductividad	Calibre Cond.
	V	I	d	L	Vp	K	
	Volts	Amperios	metros	metros	Volts	(mm <sup>2</sup> )/(Ω-m)	AWG
Acometida	240	218.91	941	1882	4.4	57.00	3/0
Edificio A	240	79.23	360	720	4.4	57.00	4
Edificio B	240	49.67	221	442	4.4	57.00	4
Edificio C	240	90.01	360	720	4.4	57.00	6

### 3.2 Cálculo de tuberías

Para los edificios se determino en los ductos se alojaban cuatro conductores de calibre No 12, es importante hacer notar que los conductores mencionados son conductores activos (conductores calientes). Ello nos condujo a efectuar el siguiente cálculo para hallar el diámetro de la tubería adecuada. Primero seleccionamos el factor de relleno que es del 40% ya que es mayor de 3 conductores.

$$F = a / A$$

F = es el factor de relleno

a = la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la tubería

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

$$a = 0.0251+0.0251+0.0251+0.0251 +0.0251+0.0251+0.0251= 0.1757 \text{ pulg}^2$$

Despejando la ecuación de factor de relleno se tiene:

$$F = \frac{0.1757}{0.4} = 0.43925 \text{ Pulg}^2$$

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

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

Sustituyendo los valores de la ecuación anterior se tiene

$$d = \sqrt{((0.0251x7)/ \Pi)} = 0.6256 \text{ pulg}^2$$
$$d \approx \frac{3}{4}$$

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

El NEC recomienda no cargar un conductor sobre el 80% de su capacidad nominal, cuando lo seleccionamos por corriente, ya que como toda instalación eléctrica es un sistema dinámico, pueden existir sobrecargas o desbalances lo que hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor. La capacidad de los conductores de acuerdo al tipo y calibre del conductor viene dado en la tabla XIII de anexos :

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

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

### **3.3 Número de conductores en tubería**

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

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

Por esta razón, el número de conductores dentro de un tubo o cualquier sistema de canalización debe encontrarse limitado de manera que se logre un arreglo físico de acuerdo con la forma y el área transversal de la canalización

de forma tal que se facilite el alojamiento y la manipulación de los conductores durante la instalación.

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

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

Estas condiciones se da cuando existe diferentes calibres de los conductores y se trata de que exista una relación adecuada entre la sección transversal de

los conductores con la sección de canalización, a esta relación se le conoce como factor de relleno y se encuentra definido por la siguiente ecuación.

$$F = a / A \qquad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

F = es la factor de relleno

a = la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la canalización

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

53% para un conductor

31% para dos conductor

40% para tres o más conductores.

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

### **3.3 Conceptos de iluminación**

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

#### **3.3.1 Coeficiente de utilización (CU)**

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

#### **3.3.2 Curva de distribución**

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

#### **3.3.3 Luz**

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

#### **3.3.4 Flujo luminoso**

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

### 3.3.5 Nivel de iluminación

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

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

Donde:

E = es el nivel de iluminación en lux

$\varphi$  = Flujo luminoso en lumen.

A = área de iluminada en m<sup>2</sup>

Siendo 1 pie-candela = 0.76 luxes

### 3.3.6 Métodos de cálculos de iluminación

Existen varios métodos de cálculos: el método que se va a usar se escoge en función de las características del lugar que se iluminara, de las luminarias que se tenga para el proyecto y de la calidad de iluminación.

### 3.3.7 Pasos que se deben seguir para calcular un sistema de iluminación

1. Determinar el tipo de trabajo que se desarrollara en el local. Con esta información, se determinara la calidad de luz que se necesita. *El illuminating Engineering Society of North American* indica los niveles de iluminación recomendados para todos trabajos específicos.
2. Determinar las características física y operacionales del área y como se usa. Estos incluyen dimensiones del local, valores de reflectancia, localización de plano de trabajo etc.

3. Se seccionar la luminaria que se usara. Algunos de los factores que ayudan a determinar la luminaria que deberá usarse son:
  - a. Altura de montaje
  - b. Tipo de lámpara seleccionada
  - c. Características de depreciación de la luminaria
  - d. Restricciones físicas del montaje (colgante, empotrada, abierta, cerrada, etc.
  - e. Mantenimiento requerido (limpieza de reflector y el reemplazo de las lámparas)
  - f. Costo, tamaño y peso.
  
4. Determinar los factores de depreciación de luz para el área. Los factores de perdida de luz se pueden dividir en dos categorías:
  - a. No recuperable
  - b. Recuperable

Con el fin de simplificar los cálculos se usan solamente los factores que afectan en mayor proporción la pérdida de luz a saber:

L.L.D.: Depreciación de lúmenes de la lámpara

L.D.D.: Depreciación de la luminaria.

Multiplicando estos dos factores se obtendrá el factor de mantenimiento (F.M.)

Los factores de depreciación de los lúmenes de la lámpara y de la luminaria, debido al polvo, se pueden determinar ya sea por los datos proporcionados por los fabricantes.

5. Determinar el coeficiente de utilización (C.U)

Relación del ambiente

$$RR = \frac{\text{Área}}{h_{cc} (\text{largo} + \text{ancho})}$$

Ecuación 8

Donde:

RR = relación ambiente

$h_{cc}$  = altura a la que va estar colocada la lámpara

Conociendo el RR y las reflectancia de las superficies del local se encuentra CU en los datos técnicos proporcionados por el fabricante para la luminaria que se usara. (Ver anexo A).

6. Cálculo del número de luminarias requeridas: con los datos anteriores se debe aplicar la formula siguiente:

$$\text{No de luminarias} = \frac{\text{Área} * \text{nivel de iluminación}}{(\text{Numero de lámparas/luminarias}) * (\text{lúmenes/lámparas}) * (\text{C.U}) * (\text{F.M})} \quad \text{Ecuación 9}$$

### 3.4 Diseño de la red de tierra

Existen tres razones básicas para una conexión a tierra:

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

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

### **3.4.1 Tipos de puesta a tierra**

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

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

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

### **3.4.2 Estándares sobre tierra**

A través de los años se han desarrollado técnicas efectivas de tierra. Tan bien se han encontrado problemas comunes que deben evitarse. Estas técnicas han sido compiladas en códigos de seguridad y publicaciones adoptados como estándares.

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

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

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

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

### **3.4.3 Electrodo de tierra**

#### **3.4.3.1 Varillas de Tierra**

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

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

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

#### **3.4.3.2 Tuberías metálicas**

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

- De 3/4" de diámetro mayores.
- Galvanizadas o revestidas para la protección contra la corrosión.

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

#### **3.4.4 Resistencia a tierra**

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

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

Este nivel de 5 ohmios de resistencia de contacto no está especificado por el código. Los requerimientos del código son los requerimientos mínimos para seguridad. El código no fue preparado como guía de diseño para la operación de equipo. Los requerimientos de la industria electrónica, industria de telecomunicaciones y computadoras exigen resistencia a tierra de 5 ohmios o menor y en áreas de alta incidencia de rayos una resistencia a tierra de 1 ohmio o menor.

#### **3.4.5 Conductividad del suelo**

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

1. Diámetro de la varilla de tierra
  - a. Un diámetro mayor aumenta el área de superficie y la resistencia

- b. Doblando el diámetro produce 10% de reducción en resistencia.
2. Longitud de la varilla de tierra
- a. Mayor longitud aumenta la superficie y reduce la resistencia
  
  - b. Doblando la longitud producen un 40% de reducción en resistencia
3. Humedad del terreno
- a. El contenido de humedad baja la resistencia del suelo
  - b. Durante el año la humedad varia y Ali mismo la resistencia a tierra.
4. Temperatura
- a. Altas temperaturas bajan la resistencia a tierra
  - b. Durante el año la temperatura varia y así mismo la resistencia de la tierra
  - c. Tierra congelada conduce pobremente.
5. Minerales
- a. Un contenido alto de minerales proporciona mas iones libres, reduciendo la resistencia
  - b. La mayoría de suelo contienen sales y otros minerales, aun en cantidades pequeñas
  - c. El agua de mar contienen sales lo que lo convierte en un buen conductor
6. Composición del suelo
- a. Terrenos arenosos son malos conductores, ya que la arena no es conductiva
  - b. Los terrenos con materiales orgánicos son buenos conductores
  - c. Los suelos rocosos no son conductivos y presentan un problema.

### **3.4.6 Resistencia física**

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

### **3.4.7 Conductos de protección**

La sección 250-64 del Código Eléctrico Nacional cubre lo relacionado en como proteger los conductores del electrodo de tierra entre el electrodo de tierra y la edificación. Si este conductor es lo suficientemente largo y se encuentra en un área donde no existen posibilidades de daño.

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

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

### **3.4.8 Barras colectoras**

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

### **3.5 Normas para instalación básica del pararrayos**

- a. El pararrayo deberá quedar instalado como mínimo a una altura superior a 1 metro del punto mas elevado de la superficie a proteger.
- b. Irá siempre sustentado por una antena o una columna, de la longitud necesaria para cumplir con el inciso anterior.
- c. Será fijado solidamente a la antena sustentador, con el fin de poder resistir las vibraciones y los esfuerzos mecánicos.
- d. El cable o cables de trabajo del pararrayos deberán ser de cobre desnudo, de una sección no inferior a 50mm. En determinadas circunstancias pueden emplearse cables de aluminio homogéneo de sección equivalente.
- e. El cable o cables de bajada, una vez fijados a la abrazadera del pararrayos y con el fin de evitar deterioros por dilatación o frotamientos, serán guiados por guías-cables, (aisladores montados obre soporte metálicos incrustados en el mástil o estructura del pararrayos).
- f. Las bajadas del cable del pararrayos deberán descender en una línea tan recta como sea posible.
- g. A su entrada en el suelo, el cable se introducirá perpendicularmente hasta una profundidad no inferior a 80 centímetros. A partir de ahí, podrá realizarse el ángulo necesario para dirigirse a la toma de tierra.
- h. Para asegurar la protección del cable en la base de la instalación, este deberá ser protegido por un tubo o canal debiendo evitarse, en caso de ser material magnético, que ese cierre alrededor del mismo.

- i. El cable descendiente deberá ser fijado soldado a la toma de tierra, de manera que la unión presente mínima resistencia eléctrica y máxima resistencia mecánica.
- j. La toma de tierra del pararrayos se realizara preferentemente mediante picas de cobre con alma de acero o placas de cobre.
- k. Las picas, de longitud no inferior a dos metros y diámetros mínimo de 14 milímetros, serán instaladas a una profundidad no menor de 1 metro y separadas entre si no menos de 4 metros, siendo conectadas por cables de cobre de la misma sección que la bajada del pararrayos, teniendo en la zanja de profundidad no inferior a 80 centímetros. En caso de emplearse cable de bajada de aluminio, deberá utilizarse un empalme bimetalico para su conexión con el cable toma de tierra, que será siempre de cobre.
- l. El tapado de los pozos y zanja se realizara preferentemente con la misma tierra extraída, limpia de piedras y cascotes. En casos particulares de terrenos de baja conductividad eléctrica, el relleno se puede complementar con tierra vegetal sales minerales, carbón vegetal, etc.
- m. Es aconsejable tomar todas las tomas de tierra existente en la zona a proteger, con el fin de tener un dispersor único, tanto para las altas como
- n. las bajas tensiones. La toma de tierra del pararrayos será conectada a este dispersor. Deberá tenerse en cuenta la siguiente regla importante: el valor de resistencia ohmica de la toma de tierra del pararrayos debe ser igual o inferior, nunca superior a cualquier toma de tierra existente en la zona protegida. En todo caso, no deberá tener un valor superior a 10 ohmios.
- o. En el caso de que con la instalación proyectada originalmente para la toma de tierra no se alcancen las condiciones indicadas en el apartado m, la citada toma de tierra deberá ser ampliada hasta cumplir los mencionados requisitos. Para ello debela hacerse las correspondientes medidas de resistividad del terreno y estudiar la conveniencia de la utilización de productos químicos de mejora de toma de tierra.

### 3.6 Coordinación de dispositivos de protección

Para lograr que los sistemas sean selectivos, es necesario elaborar el estudio de coordinación de las protecciones, el cual definirá la magnitud y el tiempo al que deben calibrarse los equipos.

Los pasos a seguir para lograr una adecuada coordinación de protecciones son los siguientes:

- a. Hacer el diagrama unifilar, indicando en el datos del equipo principal como son las maquinas sincronías, transformadores, conductores, reactores, motores;
- b. Hacer un diagrama de impedancias y elementos que contribuyen con la corriente de corto circuito;
- c. Realizar un calculo de las diferentes corrientes de corto circuito por rama en los puntos críticos del sistema;
- d. Calcular las corrientes nominales de los alimentadores ramales y del alimentador principal tomando en cuenta los factores de demanda de cada una de las cargas que se encuentran alimentadas;
- e. Trazar curvas tiempo-corriente para el arranque de los motores grandes y corriente nominal de los mismo, o bien, grupos de motores pequeños, en papel log-log;
- f. Sobreponer en las curvas anteriormente trazadas las curvas de los elementos de protección. Las curvas de los elementos de protección cuando son de acción directa como los fusibles o elementos térmicos, incluyen tolerancias que cubren errores de manufacturas y operación. En el tiempo de los relevadores las curvas no permiten tolerancia alguna y su representación queda definida por un alineamiento;
- g. Anotar sobre el eje de corriente en la grafica los puntos donde se encuentren las corrientes de corto circuito máxima y mínima por bus o alimentador ramal. El desarrollo de la coordinación se consigue por el método de ensayos progresivo a partir de las curvas tiempo-corriente de los distintos dispositivos de protección colocados en serie. Para

- h. compararse fácilmente se aconseja tener las curvas de las protecciones en transparencias.

Las comparaciones deben tomar en cuenta solamente las limitaciones impuestas por la corriente máxima de carga, la corriente de corto circuito, las corrientes máxima de cargas, la corriente de corto circuito, las corrientes de arranque de motores, y al mismo tiempo, proporcionar coordinación selectiva con otros dispositivos de protección anterior y posterior en el ramal.

La selección de los dispositivos de protección debe hacerse con una gama apropiada de ajuste para poder adaptarse a futuras ampliaciones.

Dependiendo del tipo de coordinación que se utilice, se tendrán diferentes combinaciones de interruptores termomagnéticos de diferente capacidad nominal e interruptiva o bien, fusibles con interruptores termo magnéticos, esto dependiendo de la capacidad interruptiva del interruptor.

Si se tiene en un ramal que la corriente de corto circuito sobrepasa la capacidad interruptivas del interruptor se debe colocar un fusible en serie a este. En este caso, el fusible debe de tomar a su cargo que la interrupción a partir de una corriente de corto circuito menor que la capacidad interruptiva de interruptor; cuando coordinamos varios dispositivos le damos a cada uno de ellos una determinada zona de protección; el interruptor protegerá cualquier sobrecarga hasta corrientes de corto circuito menores a las de su capacidad nominal y el fusible desde esta corriente de corto circuito y mayores.

### 3.7. Cálculo de luminarias

#### 3.7.1 Cálculo para las aulas

##### Datos

- Dimensiones 9 metros de largo y 8 metros de ancho.
- Nivel lumínico, el trabajo de que se realiza esta clasificado como categoría D, el nivel lumínico es de 400 lux.
- Factor de mantenimiento, supondremos un buen mantenimiento y adoptamos un factor de mantenimiento de 0.65 (F. M. = 0.65).
- Altura de suspensión, como las lámparas están pegadas al techo  $h = 2.5$  metros.
- Características de las lámparas fluorescentes, 2 tubos de 40 watts, el número de lúmenes según la tabla XVII del anexo A es de 3100 lúmenes por tubo.

##### Solución

Calculando la relación de ambiente

$$RR = \frac{W * L}{h * (W + L)} \quad W = 9 \quad L = 8$$
$$h = 2.5 \text{ metros}$$

$$RR = 9 * 8 / 2.5 * (9 + 8) = 1.69$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un  $RR = 1.00$ ,  $K = 0.51$  y que para  $RR = 2$ ,  $K = 0.17$ , hay que interpolar.

RR	K
1	0.51
1.69	X
2	0.17

$$\frac{(1 - 1.69)}{(1 - 2)} = \frac{(0.51 - X)}{(0.51 - 0.71)}$$

$$X = 0.51 + 0.69 * 0.2$$

$$X = 0.648$$

$$K = 0.468$$

Con los datos y aplicando la ecuación numero 9 para calcular el numero de luminarias.

$$\text{Número de luminarias} = \frac{8 * 9 * 400}{3110 * 2 * 0.648 * 0.65} = 11.02 \text{ lámparas}$$

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

**Figura 6 Forma de colocar las lámparas**

0.75 m	1.5 m	0.75 m					
							2 m
							4 m
							2 m

### 3.7.2 Cálculo para las oficinas

#### Datos

- Dimensiones 5 metros de largo y 3 metros de ancho.
- Nivel lumínico, el trabajo de que se realiza esta clasificado como categoría D, el nivel lumínico es de 400 lux.
- Factor de mantenimiento, supondremos un buen mantenimiento y adoptamos un factor de mantenimiento de 0.65 (F. M. = 0.65).
- Altura de suspensión, como las lámparas están pegadas al techo  $h = 2.5$  metros.
- Características de las lámparas fluorescentes, 2 tubos de 40 Watts, el número de lúmenes según la tabla de anexo A es de 3100 lúmenes por tubo.

Tabla XI Datos de las oficinas

	color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Marfil	0.7	Claro
Piso	Gris	0.7	Semiclaro

Fuente: Centro universitario de Sur Occidente

#### Solución

Calculo de relación de ambiente RR

$$RR = \frac{W * L}{h * (w + L)} \quad \begin{array}{l} w = 5 \quad L = 3 \\ h = 2.5 \text{ metros} \end{array}$$

$$RR = 5 * 3 / 2.5 * (5 + 3) = 0.75$$

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

RR	K
0.6	0.35
0.75	X
1	0.51

$$\frac{(0.6 - 0.75)}{(0.6 - 1)} = \frac{(0.35 - X)}{(0.35 - 0.51)}$$

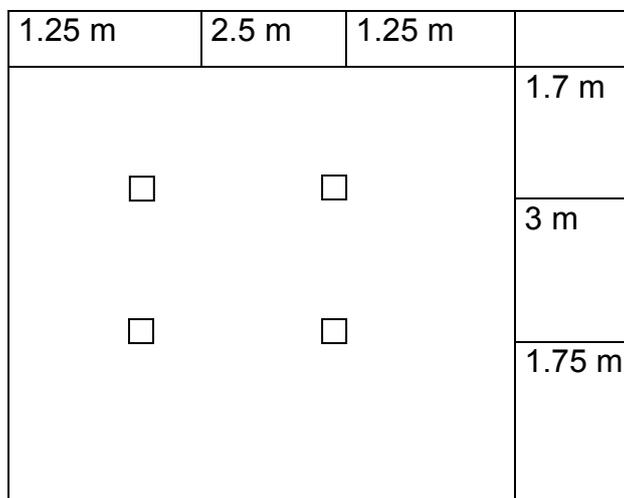
$$X = 0.35 + 0.375 * 0.16 \qquad X = 0.41 \qquad K = 0.41$$

Con los datos y aplicando la ecuación numero 9 para calcular el numero de luminarias.

$$\text{Numero de luminaria} = \frac{5 * 3 * 400}{3100 * 2 * 0.41 * 0.65} = 3.63 \text{ lámparas}$$

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

**Figura 7 Forma de colocar las lámparas**



### 3.7.3 Cálculo para las oficinas de los Catedráticos

Datos

- Dimensiones 5 metros de largo y 2 metros de ancho.
- Nivel lumínico, el trabajo que se realiza está clasificado como categoría D, el nivel lumínico es de 400 lux.
- Factor de mantenimiento, supondremos un buen mantenimiento y adoptamos un factor de mantenimiento de 0.65 (F.M. = 0.65).
- Altura de suspensión, como las lámparas están pegadas al techo  $h = 2.5$  metros.
- Características de las lámparas fluorescentes, 2 tubos de 40 watts, el número de lúmenes según la tabla del anexo A es de 3100 lúmenes por tubo.

Tabla XII Datos de las oficinas de los Catedráticos

	color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Marfil	0.7	Claro
Piso	Gris	0.7	Semiclaro

Fuente: Centro universitario de Sur Occidente

Solución

Calculando la relación de ambiente RR

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

$w = 5$        $L = 2$   
 $h = 2.5$  metros

$$RR = 5 * 3 / 2.5 * (5 + 2) = 0.57$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D

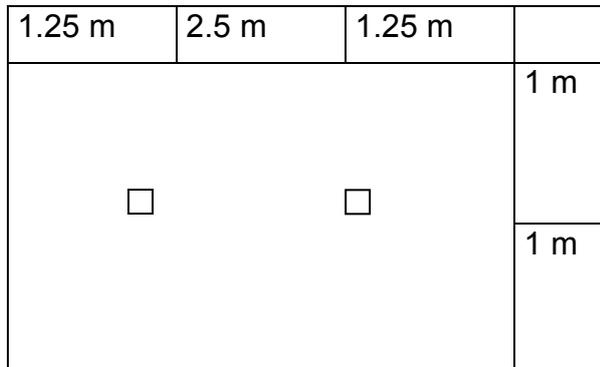
(alumbrado directo), como RR es menor que 0.6 entonces utilizamos RR = 0.6, K = 0.35

Con los datos y aplicando la ecuación numero 9 para calcular el numero de luminarias.

$$\text{Número de luminaria} = \frac{5 * 3 * 400}{3100 * 2 * 0.35 * 0.65} = 2.83 \text{ lámparas}$$

Por presentación y simetría utilizaremos 2 lámparas, de dobles tubo de 40 watts.

Figura 8 **Forma de colocar las lámparas**



### 3.7.4 Cálculos para un banco de transformadores

Para determinar la capacidad de los transformadores a instalar, se debe considerara la demanda estimada por la división comercial para evaluar la capacidad del transformador por usarse. Para ellos se debe usar muchos sentido común, ya que es necesario considerar el crecimiento a corto y largo plazo, pues esto indicara si se instala un transformador con capacidad mayor o igual a la demandad que es:

$$\text{KVA (demanda)} = \frac{\text{KW}}{\text{Factor de potencia}} \quad \text{Ecuación 15}$$

La carga actual se conoce por medio de lecturas recientes anotadas en las tarjetas de transformadores, o se estima usando datos aproximados sobre la carga conectada.

Factor de potencia para cargas monofasicas: 0.95

Factor de potencia para cargas trifásicas: 0.8

### **3.7.5 Cálculo del banco de transformadores**

$$\text{KVA (demanda)} = \frac{\text{KW}}{\text{Factor de potencia}} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$\text{KW}_{\text{total}} = 10 + 6 + 11 = 27 \text{ KW}$$

$$\text{KVA} = 27 \text{ KW} / 0.95 = 28.43 \text{ KVA}$$

## **3.8 Comparación de datos**

### **3.8.1 Conductores**

Al comparar los datos teóricos con los tomados, El 80% de los conductores están correctos excepto algunos circuitos como se puede comprobar en la siguiente tabla número XVII.

### **3.8.2 Banco de transformadores**

La capacidad del banco es de 150KVA y la demanda del CUNSUROC es de 28.43 KVA, el banco de transformadores también alimenta a algunos vecinos por lo que la elección del banco de transformación es correcta.

### 3.8.3 Luxes

El numero de luxes calculado con el teórico difiere mucho, esto se debe a que hay poco mantenimiento en el Centro universitario de Sur Occidente ya que existen muchas lámparas que están quemadas y que aun no han sido reemplazadas.

### 3.8.4. Luminarias

el numero de luminarias coincide los calculados con los observados en el CUNSUROC, como se puede observar en la tabla numero XVIII.

Tabla XVIII **Comparación del número de lámparas calculadas y utilizadas**

Numero de lámparas			
	Luminarias teóricamente	Luminarias utilizado en el CUNSUROC	Observaciones
Aulas	8	8	No todas las lámparas están funcionando, algunas están quemadas otras están funcionando intermitentemente, y en algunas lámparas no están funcionando los dos tubos
Oficinas de profesores	4	4	
Oficinas	2	1 o 2	

Fuente: Centro universitario de Sur Occidente

### 3.8.5 Protecciones

Las lámparas calculadas teóricamente algunas son menores a las utilizadas y esto se debe a que comercialmente no existe con esta cantidad de amperios, el 85% de las protecciones son las correctas, como se puede ver en la siguiente tabla numero XIX.

### 3.7.7 Incorporación al Mercado de Mayoristas

La incorporación al mercado de mayoreo no es posible debido a que no cumple con el consumo mínimo de consumo que se requiere es de 100KW.

## **4. MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGIA DEL CENTRO UNIVERSITARIO SUR-OCCIDENTE**

Para la medición continua de todos los parámetros para evaluar la calidad de energía se utilizó el analizador de energía PowerPad modelo 3945.

### **4.1 Analizadores de redes**

Para realizar un análisis de la red eléctrica del Centro Universitario de Sur Occidente se utilizó un analizador de calidad de energía PowerPad modelo 3945 el cual es un analizador para una, dos y tres fases para bajos voltajes.

Entre sus características principales se encuentran:

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

#### **4.1.1 Armónicos**

Los receptores, tanto residencial como tipo industrial incorporan cada vez más convertidores electrónicos (rectificadores, ondulatorios, etc.). Estos toman energía de la red en forma de corriente alterna pero para su uso la convierten en corriente continua.

En este proceso, la forma de onda de la corriente que consume resulta alterada, de forma que ya no es una onda senoidal, si no una superposición de ondas senoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red.

Este tipo de consumos son los más abundantes en las redes y en ellos, tanto la corriente como la tensión están formadas por una componente de 60 Hz. (Frecuencia fundamental de la red) y una serie de componentes de frecuencias múltiplos en distintos porcentajes. Estos porcentajes pueden medirse mediante un analizador de armónicos, así como la tasa de distorsión total, DAT, que da la relación entre el valor eficaz del rizado y el eficaz de la componente fundamental.

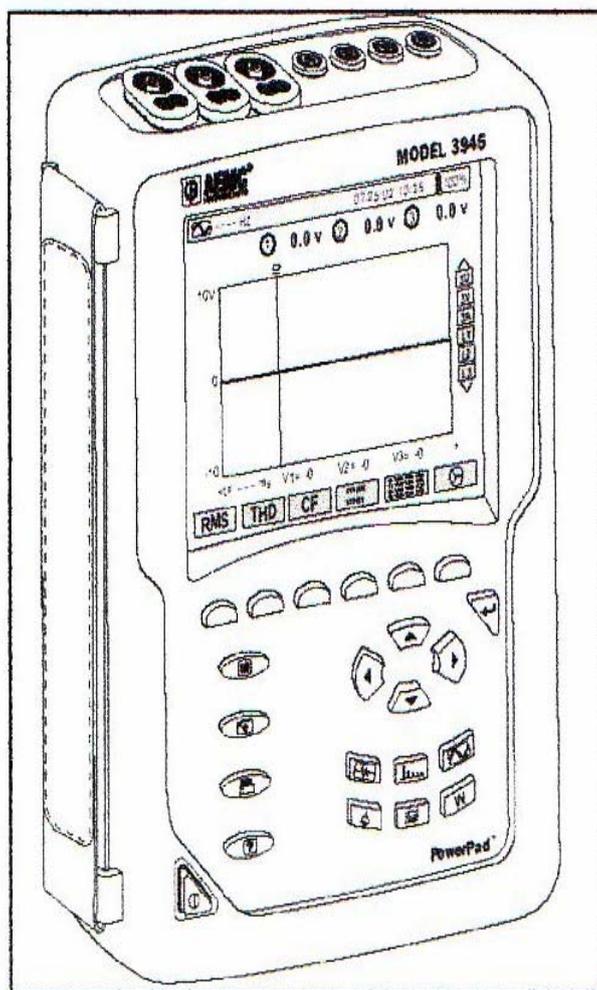
En los registros puede observarse que la tensión tiende a ser senoidal, con DAT bajos, mientras que la corriente tiene formas más distintas de la senoidal y por tanto tiene DAT más altos.

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

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

- a. Deterioro de la calidad de la onda de tensión, afectando a algunos receptores sensibles.
- b. Empeora el factor de potencia. La capacidad de la red para suministrar potencia se ve limitada por lo mismo.
- c. Sobre carga de cables y sobre too de transformadores  
(aumento muy significativo de las pérdidas entre el hierro).

**Figura 9 Analizador de calidad de energia power pad Modelo 3945**



**Fuente: Manual del Power Pad Modelo 3945**

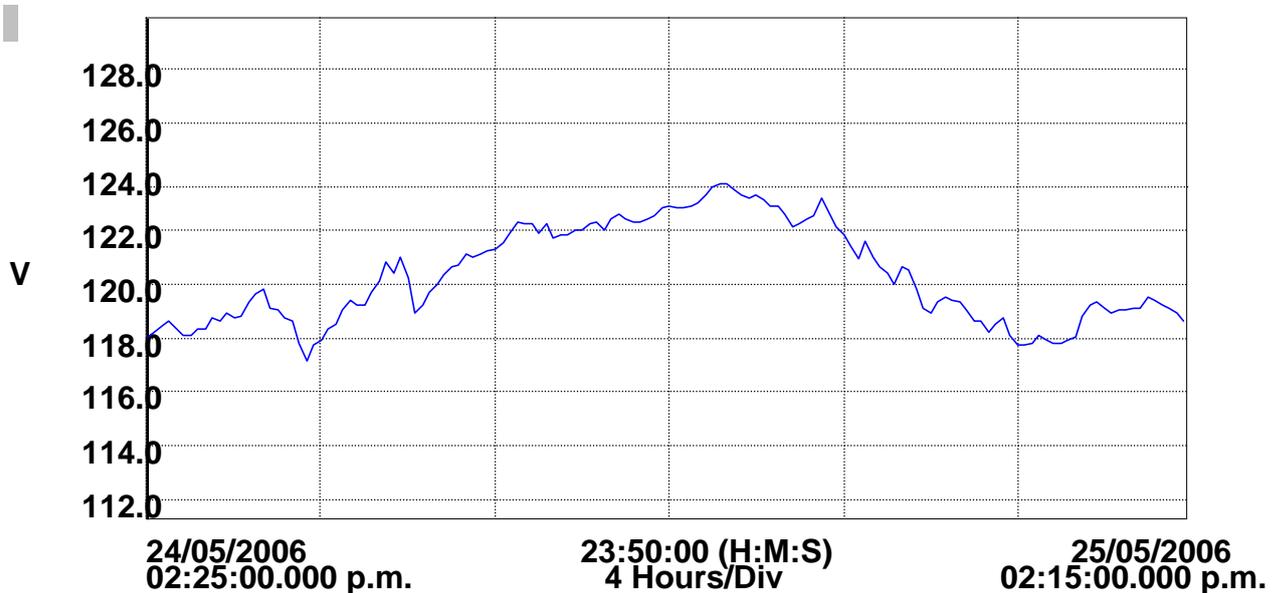
**Figura 10 Tensión Fase 1**



**Figura 11 Tensión Fase 2**



**Figura 12 Tensión Fase 3**



## 4.2 Conclusiones

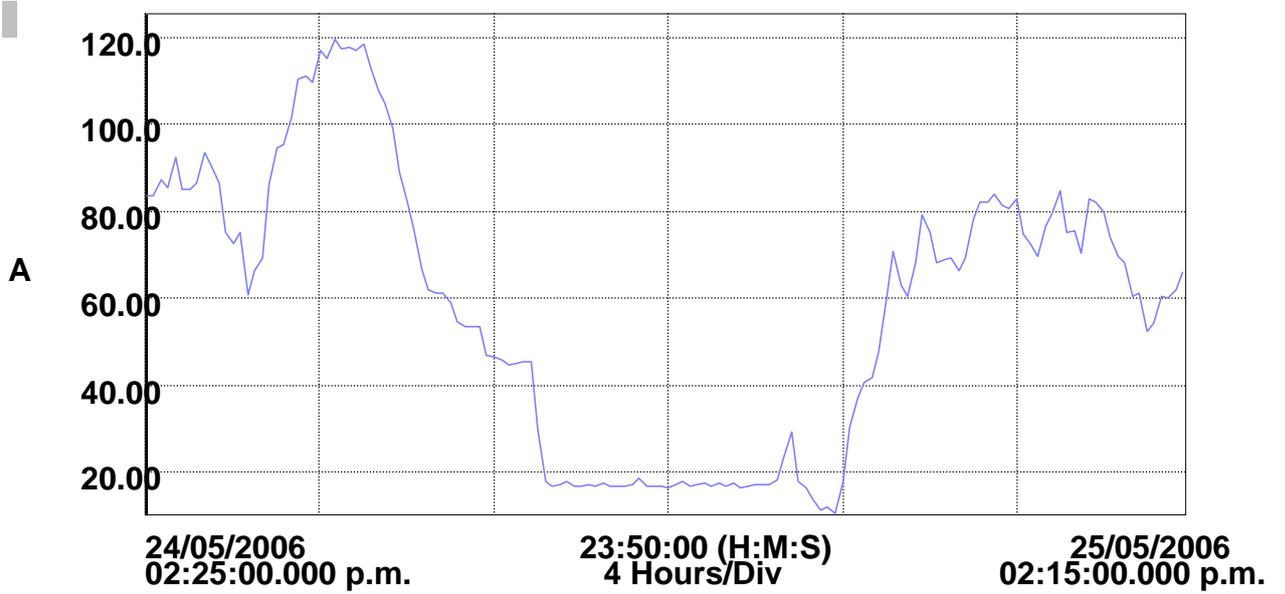
### 4.2.2 Conclusiones para el voltaje

#### *Voltajes.*

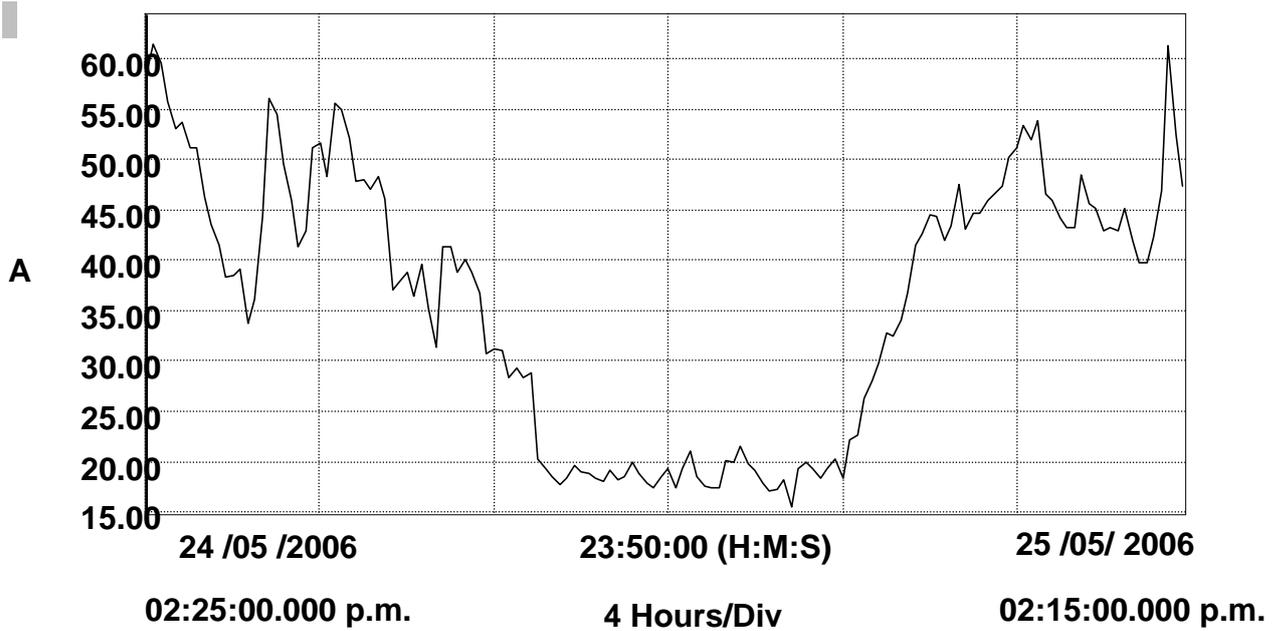
En las figuras 12, 13 y 14 muestran solamente, el comportamiento del voltaje en función del tiempo en un día normal de actividades. En cuanto a la tensión según las normas técnicas del servicio de distribución NTSD, para un período de medición de una instalación mayor de 13 meses se acepta un voltaje hasta del ocho Por ciento y Como podemos apreciar en las graficas la fase 1, la fase 2 y la fase 3 son bastante similares y su variación de voltaje oscila entre 118 voltios a 124 voltios lo cual equivale al 6 %. Y como conclusión podemos sacar que el centro universitario no tiene problemas en cuanto a la variación de voltaje.



**Figura 15 Intensidad de Corriente Fase 3**



**Figura 16 Intensidad de Corriente Neutral**

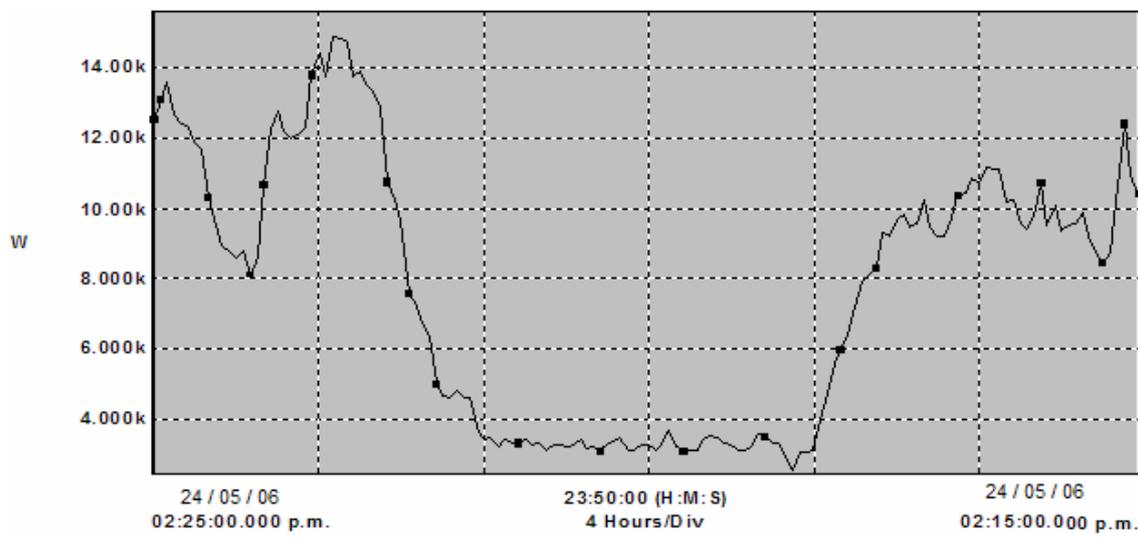


## 4.2.2 Conclusiones para las intensidades de corrientes

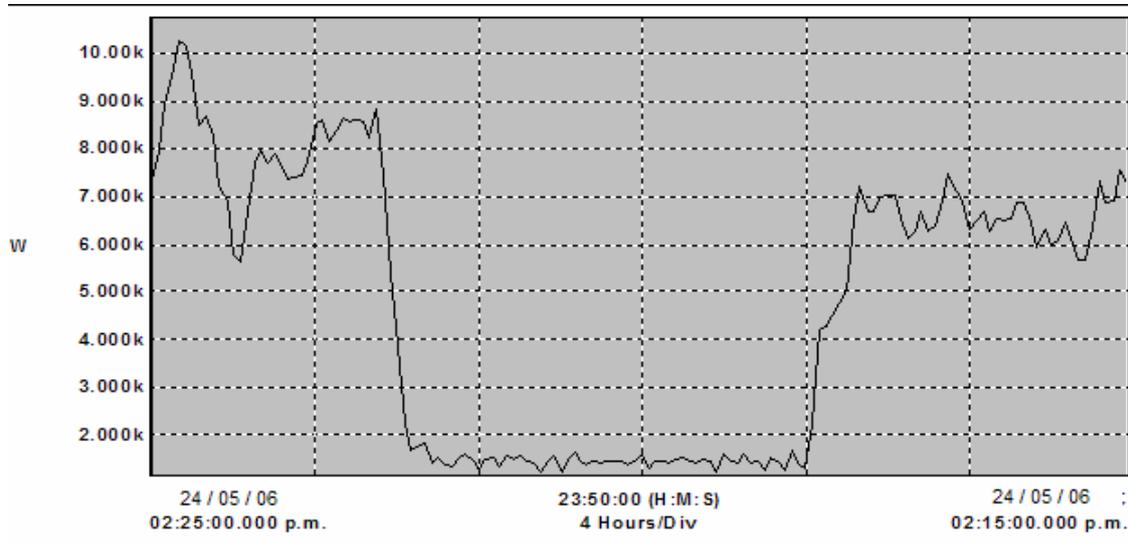
La corriente eléctrica se define como un flujo de carga positiva y se fija el sentido convencional de corriente como un flujo de carga desde el polo positivo al negativo. A pesar que se vio posteriormente en sólidos metálicos, como los conductores las cargas positivas no se mueven y solamente las hacen las negativas estos son los electrones, los cuales fluyen en sentido contrario al convencional, este es el caso de los conductores no metálicos.

Por lo tanto la corriente es el flujo de electrones en movimiento que pasa del cuerpo positivo al negativo, es el movimiento de la electricidad a lo largo de un conductor, y su unidad es el Amper (A).

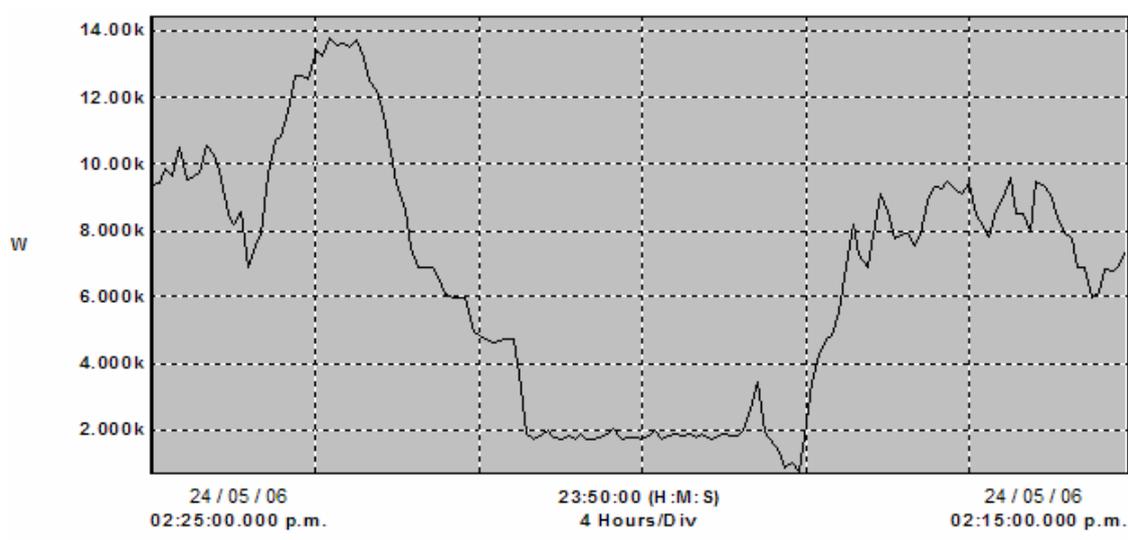
**Figura 17 Potencia activa de fase 1**



**Figura 18 Potencia activa de fase 2**



**Figura 19 Potencia activa de fase 3**

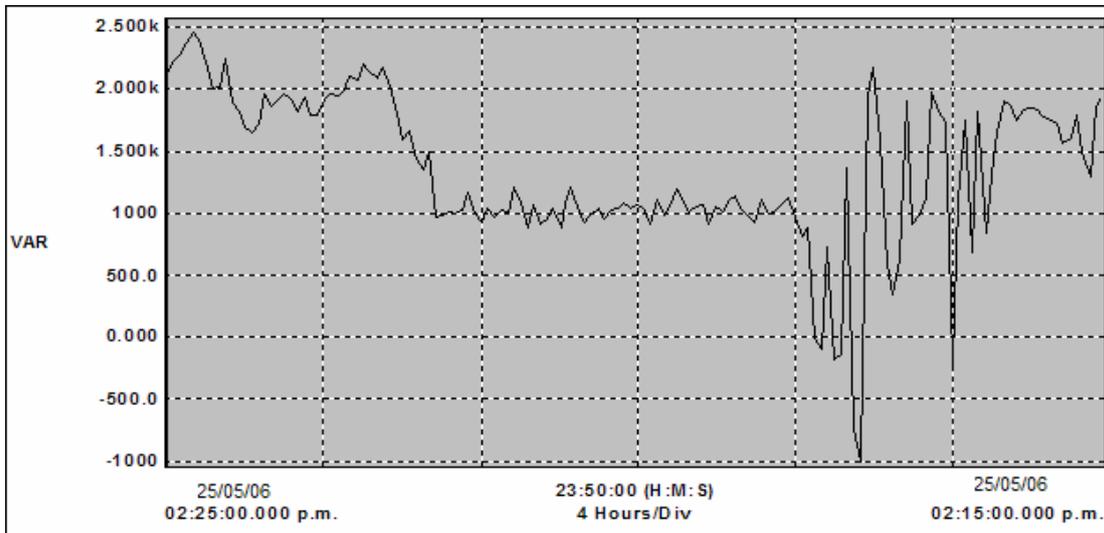


### 4.2.3 Conclusiones para la potencia activa

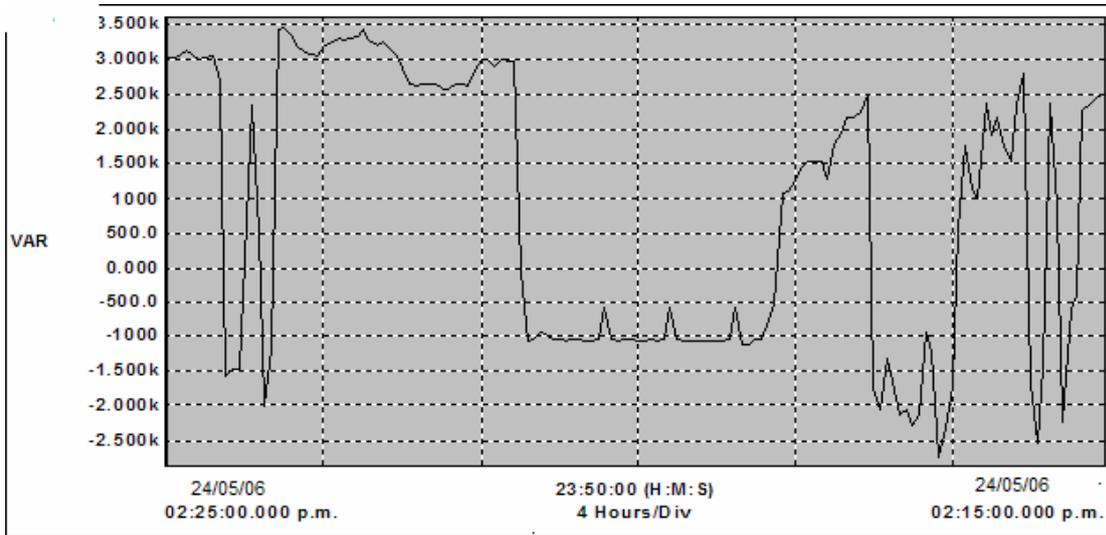
Con respecto a la potencia activa (kw) la siguiente grafica presenta el mismo problema de desequilibrio que posee la corriente y esto porque la formula de la potencia involucra la corriente por lo que el desbalance en corriente se presenta también en la potencia, aunque esto no siempre se cumple, ya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

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

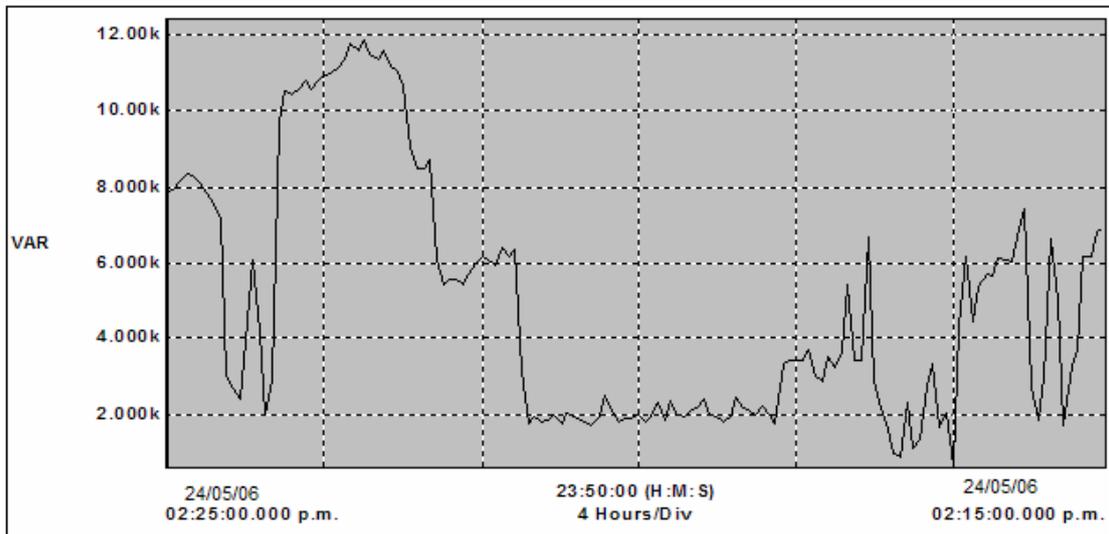
**Figura 20 Potencia real fase 1**



**Figura 21 Potencia real Fase 2**



**Figura 22 Potencia real Fase 3**



#### 4.2.4 Conclusiones para la potencia reactiva inductiva

### Gráficas de potencia aparente

Figura 23 Fase 1

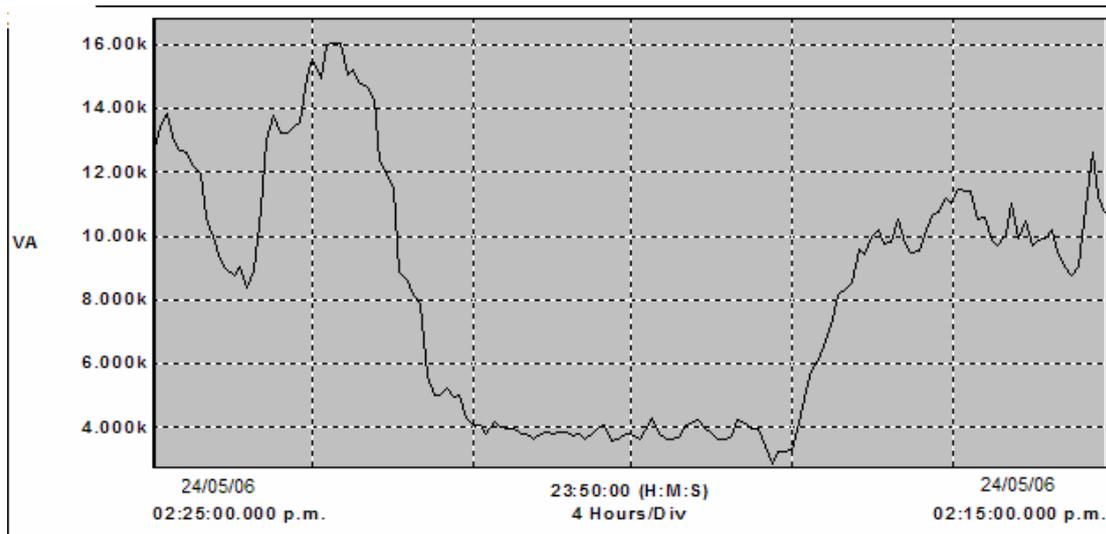
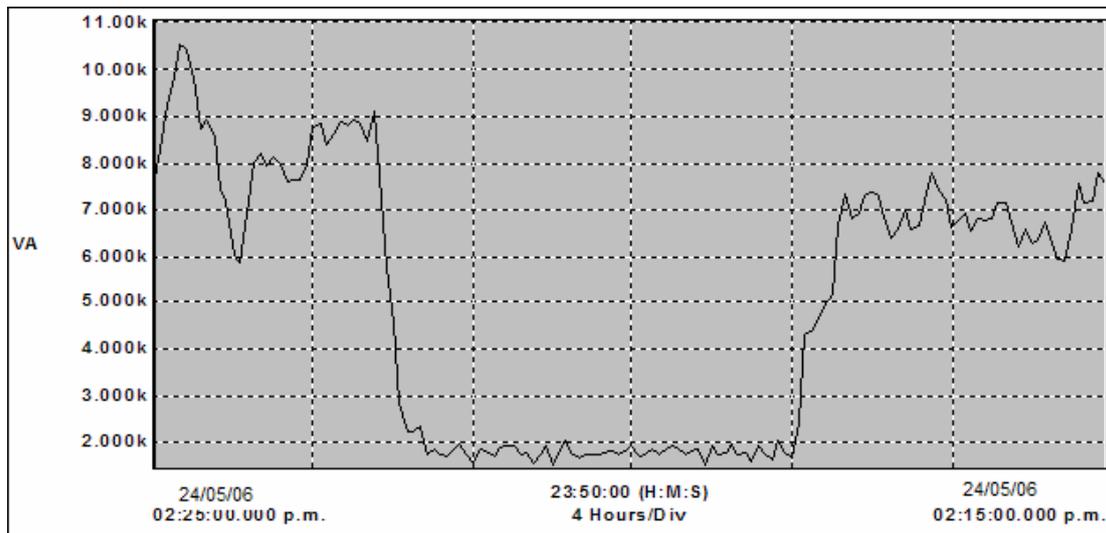
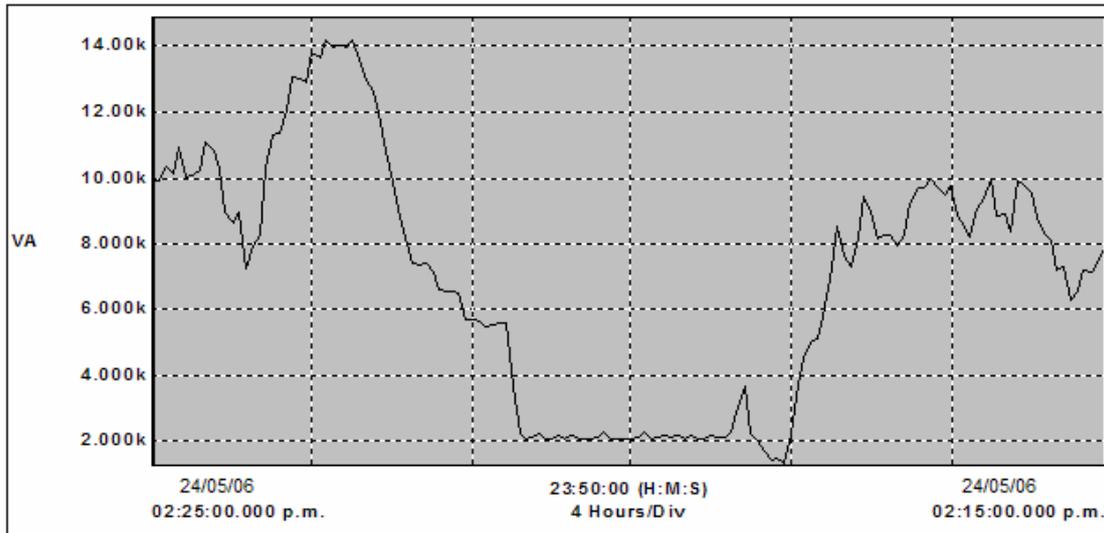


Figura 24 Fase 2



**Figura 25 Fase 3**

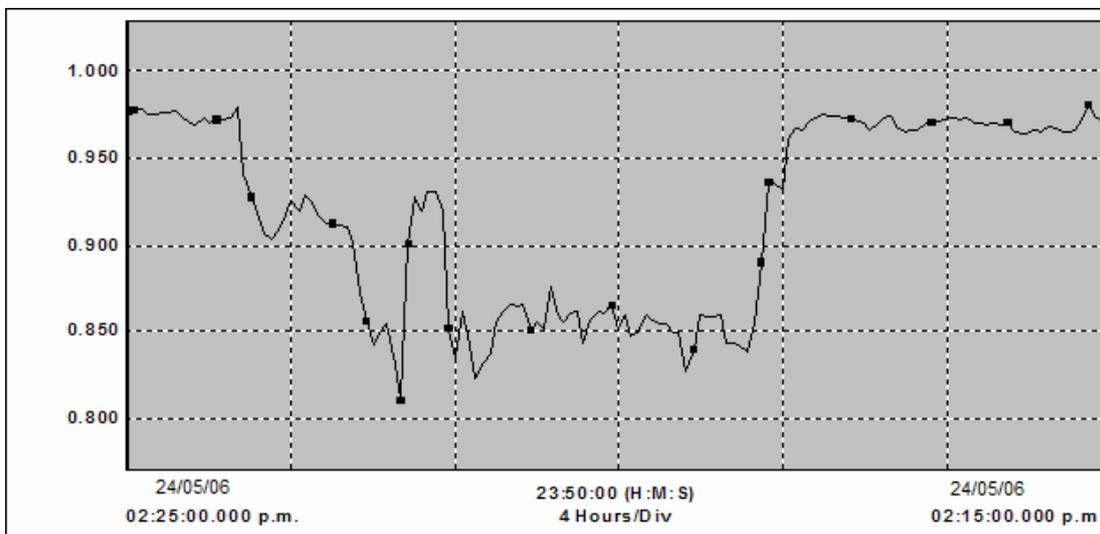


La siguiente gráfica es la de la potencia reactiva Inductiva, de la cual casi no se registro consumo de la misma y esto es debido al tipo de cargas que conforman el circuito, el tipo de cargas son resistivas las cuales no presentan desfase entre el voltaje y la corriente y por consiguiente tampoco padecen de bajo factor de potencia.

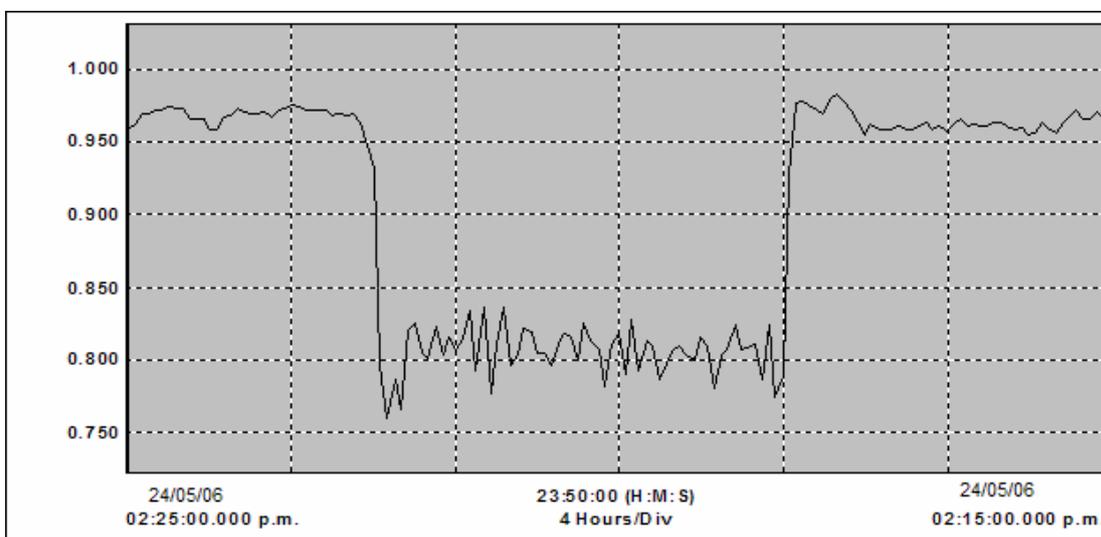
La potencia reactiva esta atada a lo que es el factor de potencia, esto quiere decir que al existir demanda de potencia reactiva en una cantidad considerable con respecto a la potencia activa, seguramente existirá problema con el factor de potencia, ya que a medida que se necesita o se demanda mas potencia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

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

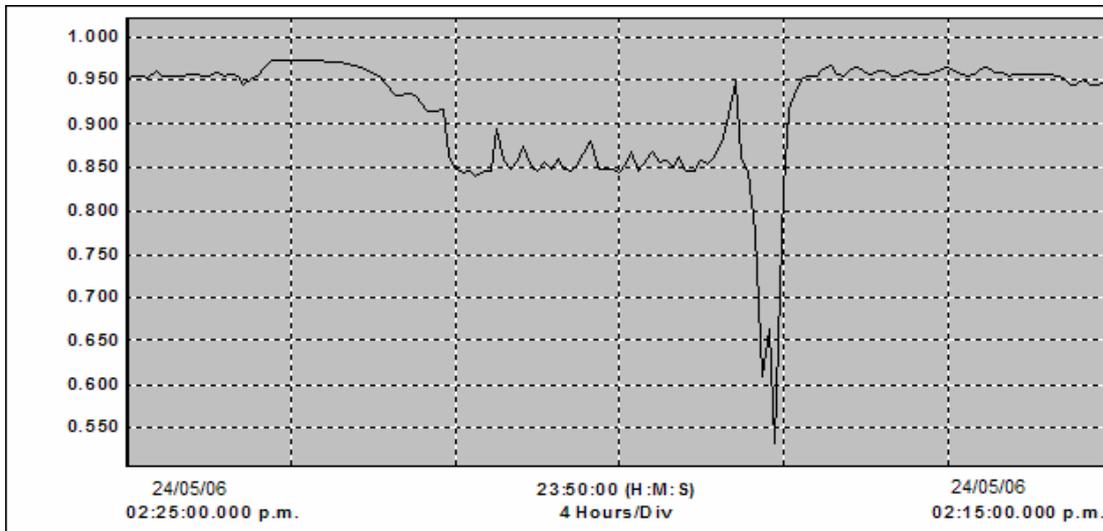
**Figura 26 Factor de potencias fase 1**



**Figura 27 Factor de potencias fase 2**



**Figura 28 Factor de potencia fase 3**



#### **4.2.5 Conclusiones para el factor de potencia**

La siguiente gráfica a continuación tiene mucho que ver con respecto a la anterior, la cual es la grafica del factor de potencia, la cual no presenta ningún problema y en base a las regulaciones de la CNEE, se encuentra entre los valores permitidos lo cual evita ser penalizados por el bajo factor de potencia, según la norma el factor de potencia mínimo para no ser penalizado es de 0.90.

Sobre lo que es el factor de potencia como se observa en la grafica, no presenta ningún tipo de inconveniente que puede poner en riesgo el funcionamiento de las diferentes cargas que conforman el circuito.

En base a la potencia reactiva, se puede observar al inicio y final de la grafica que el factor de potencia posee valores cercanos a uno, y únicamente se da un valor de factor de potencia de 0.80 cuando aparece consumo solo en la fase 1 y la demanda de reactiva en ese momento es de 1 kvar, que en este caso es representativo debido a la baja carga del lugar.

#### **4.2.6 Conclusiones para la frecuencia**

La frecuencia es de 60 Hz, y es constante.

**Tabla XIV Datos de armónicos**

**Datos de onda de los armónicos**

<b>Hora de la Medida</b>	<b>Vthd 1</b>	<b>Vthd 2</b>	<b>Vthd 3</b>	<b>Fuera de Norma</b>		
02:25:00 p.m.	6.4	5.2	5.7 %	0	0	0
02:35:00 p.m.	6.5	5.3	5.7 %	0	0	0
02:45:00 p.m.	6.6	5.3	5.8 %	0	0	0
02:55:00 p.m.	6.5	5.4	5.8 %	0	0	0
03:05:00 p.m.	6.5	5.4	5.7 %	0	0	0
03:15:00 p.m.	6.5	5.3	5.6 %	0	0	0
03:25:00 p.m.	6.3	5.2	5.6 %	0	0	0
03:35:00 p.m.	6.2	5	5.5 %	0	0	0
03:45:00 p.m.	6.1	5	5.6 %	0	0	0
03:55:00 p.m.	5.9	4.9	5.5 %	0	0	0
04:05:00 p.m.	5.8	4.8	5.3 %	0	0	0
04:15:00 p.m.	5.8	4.7	5.1 %	0	0	0
04:25:00 p.m.	5.8	4.5	5 %	0	0	0
04:35:00 p.m.	5.7	4.4	5 %	0	0	0
04:45:00 p.m.	5.7	4.6	4.7 %	0	0	0
04:55:00 p.m.	5.7	4.7	4.8 %	0	0	0
05:05:00 p.m.	5.8	4.8	4.8 %	0	0	0
05:15:00 p.m.	5.7	4.7	4.7 %	0	0	0
05:25:00 p.m.	5.7	4.7	4.8 %	0	0	0
05:35:00 p.m.	5.6	4.7	4.8 %	0	0	0
05:45:00 p.m.	5.6	4.7	4.8 %	0	0	0
05:55:00 p.m.	5.6	4.7	4.8 %	0	0	0
06:05:00 p.m.	5.6	4.7	4.9 %	0	0	0
06:15:00 p.m.	5.6	4.7	4.8 %	0	0	0
06:25:00 p.m.	5.7	4.8	4.8 %	0	0	0
06:35:00 p.m.	5.6	4.8	4.8 %	0	0	0
06:45:00 p.m.	5.6	4.8	4.9 %	0	0	0
06:55:00 p.m.	5.6	4.8	4.7 %	0	0	0
07:05:00 p.m.	5.5	4.7	4.8 %	0	0	0
07:15:00 p.m.	5.4	4.8	4.8 %	0	0	0
07:25:00 p.m.	5.4	4.8	4.7 %	0	0	0
07:35:00 p.m.	5.3	4.8	4.7 %	0	0	0
07:45:00 p.m.	5.3	4.7	4.6 %	0	0	0
07:55:00 p.m.	5.1	4.6	4.5 %	0	0	0
08:05:00 p.m.	5	4.4	4.4 %	0	0	0
08:15:00 p.m.	4.8	4.1	4.1 %	0	0	0
08:25:00 p.m.	4.7	4	3.9 %	0	0	0
08:35:00 p.m.	4.5	3.7	3.8 %	0	0	0
08:45:00 p.m.	4.5	3.6	3.6 %	0	0	0
08:55:00 p.m.	4.3	3.5	3.5 %	0	0	0
09:05:00 p.m.	4.3	3.5	3.5 %	0	0	0
09:15:00 p.m.	4.4	3.5	3.5 %	0	0	0
09:25:00 p.m.	4.4	3.5	3.5 %	0	0	0
09:35:00 p.m.	4.4	3.5	3.4 %	0	0	0
09:45:00 p.m.	4.4	3.4	3.4 %	0	0	0
09:55:00 p.m.	4.4	3.5	3.5 %	0	0	0
10:05:00 p.m.	4.3	3.4	3.5 %	0	0	0
10:15:00 p.m.	4.2	3.4	3.5 %	0	0	0
10:25:00 p.m.	4.2	3.4	3.5 %	0	0	0

## Continuación

10:35:00 p.m.	4.2	3.3	3.4 %	0	0	0
10:45:00 p.m.	4	3.3	3.3 %	0	0	0
10:55:00 p.m.	3.9	3.3	3.3 %	0	0	0
11:05:00 p.m.	3.7	3.2	3.2 %	0	0	0
11:15:00 p.m.	3.6	3	3.1 %	0	0	0
11:25:00 p.m.	3.4	2.9	2.9 %	0	0	0
11:35:00 p.m.	3.3	2.8	2.7 %	0	0	0
11:45:00 p.m.	3.2	2.7	2.6 %	0	0	0
11:55:00 p.m.	3.2	2.7	2.6 %	0	0	0
12:05:00 a.m.	3.1	2.6	2.5 %	0	0	0
12:15:00 a.m.	3	2.6	2.5 %	0	0	0
12:25:00 a.m.	3	2.6	2.4 %	0	0	0
12:35:00 a.m.	3	2.5	2.4 %	0	0	0
12:45:00 a.m.	3	2.5	2.4 %	0	0	0
12:55:00 a.m.	3	2.5	2.4 %	0	0	0
01:05:00 a.m.	3	2.5	2.4 %	0	0	0
01:15:00 a.m.	2.8	2.4	2.2 %	0	0	0
01:25:00 a.m.	2.8	2.4	2.3 %	0	0	0
01:35:00 a.m.	2.8	2.4	2.3 %	0	0	0
01:45:00 a.m.	2.8	2.4	2.3 %	0	0	0
01:55:00 a.m.	2.9	2.4	2.4 %	0	0	0
02:05:00 a.m.	2.9	2.4	2.3 %	0	0	0
02:15:00 a.m.	2.9	2.5	2.3 %	0	0	0
02:25:00 a.m.	2.9	2.5	2.3 %	0	0	0
02:35:00 a.m.	3	2.6	2.4 %	0	0	0
02:45:00 a.m.	3	2.5	2.4 %	0	0	0
02:55:00 a.m.	2.9	2.5	2.3 %	0	0	0
03:05:00 a.m.	3	2.5	2.3 %	0	0	0
03:15:00 a.m.	3	2.5	2.3 %	0	0	0
03:25:00 a.m.	3	2.6	2.5 %	0	0	0
03:35:00 a.m.	3	2.6	2.4 %	0	0	0
03:45:00 a.m.	3	2.6	2.4 %	0	0	0
03:55:00 a.m.	3	2.6	2.4 %	0	0	0
04:05:00 a.m.	2.9	2.5	2.4 %	0	0	0
04:15:00 a.m.	3	2.5	2.5 %	0	0	0
04:25:00 a.m.	3.1	2.6	2.6 %	0	0	0
04:35:00 a.m.	3.1	2.6	2.5 %	0	0	0
04:45:00 a.m.	3.1	2.6	2.5 %	0	0	0
04:55:00 a.m.	3.1	2.6	2.5 %	0	0	0
05:05:00 a.m.	3.1	2.6	2.6 %	0	0	0
05:15:00 a.m.	3.1	2.6	2.6 %	0	0	0
05:25:00 a.m.	3	2.5	2.5 %	0	0	0
05:35:00 a.m.	3	2.5	2.5 %	0	0	0
05:45:00 a.m.	3	2.6	2.6 %	0	0	0
05:55:00 a.m.	3	2.5	2.7 %	0	0	0
06:05:00 a.m.	3.1	2.5	2.7 %	0	0	0
06:15:00 a.m.	3.2	2.6	2.8 %	0	0	0
06:25:00 a.m.	3.3	2.7	2.9 %	0	0	0
06:35:00 a.m.	3.6	2.7	3.2 %	0	0	0
06:45:00 a.m.	3.7	2.9	3.2 %	0	0	0
06:55:00 a.m.	3.7	2.8	3.1 %	0	0	0
07:05:00 a.m.	3.8	3	3.1 %	0	0	0

## Continuación

07:15:00 a.m.	3.9	3	3.2 %	0	0	0
07:25:00 a.m.	4.2	3.2	3.6 %	0	0	0
07:35:00 a.m.	4.4	3.4	3.8 %	0	0	0
07:45:00 a.m.	4.6	3.5	3.9 %	0	0	0
07:55:00 a.m.	4.7	3.6	4 %	0	0	0
08:05:00 a.m.	5.1	3.9	4.3 %	0	0	0
08:15:00 a.m.	5.3	4.2	4.6 %	0	0	0
08:25:00 a.m.	5.4	4.3	4.8 %	0	0	0
08:35:00 a.m.	5.4	4.2	4.6 %	0	0	0
08:45:00 a.m.	5.4	4.3	4.6 %	0	0	0
08:55:00 a.m.	5.5	4.3	4.7 %	0	0	0
09:05:00 a.m.	5.6	4.4	4.7 %	0	0	0
09:15:00 a.m.	5.7	4.4	4.8 %	0	0	0
09:25:00 a.m.	5.8	4.6	5 %	0	0	0
09:35:00 a.m.	5.8	4.6	5.1 %	0	0	0
09:45:00 a.m.	5.9	4.7	5.1 %	0	0	0
09:55:00 a.m.	5.9	4.9	5.2 %	0	0	0
10:05:00 a.m.	6	4.9	5.2 %	0	0	0
10:15:00 a.m.	6.2	4.9	5.2 %	0	0	0
10:25:00 a.m.	6.1	4.8	5.2 %	0	0	0
10:35:00 a.m.	6.2	4.9	5.1 %	0	0	0
10:45:00 a.m.	6.2	4.8	5.1 %	0	0	0
10:55:00 a.m.	6.1	4.8	5.1 %	0	0	0
11:05:00 a.m.	6	4.8	5.2 %	0	0	0
11:15:00 a.m.	6	4.8	5.2 %	0	0	0
11:25:00 a.m.	5.9	4.8	5.2 %	0	0	0
11:35:00 a.m.	5.9	4.9	5.2 %	0	0	0
11:45:00 a.m.	6	5	5.2 %	0	0	0
11:55:00 a.m.	6	4.9	5.2 %	0	0	0
12:05:00 p.m.	5.9	4.8	5.3 %	0	0	0
12:15:00 p.m.	5.9	4.8	5.3 %	0	0	0
12:25:00 p.m.	5.8	4.9	5.2 %	0	0	0
12:35:00 p.m.	6	4.9	5.2 %	0	0	0
12:45:00 p.m.	6	4.9	5.1 %	0	0	0
12:55:00 p.m.	6.1	4.9	5.1 %	0	0	0
01:05:00 p.m.	6	4.9	5 %	0	0	0
01:15:00 p.m.	6	4.8	5.1 %	0	0	0
01:25:00 p.m.	5.8	4.8	4.9 %	0	0	0
01:35:00 p.m.	5.8	4.9	5 %	0	0	0
01:45:00 p.m.	5.9	4.9	5 %	0	0	0
01:55:00 p.m.	6.1	4.9	5.1 %	0	0	0
02:05:00 p.m.	6	5	5.2 %	0	0	0
02:15:00 p.m.	6.1	5.1	5.3 %	0	0	0

## **5 ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Para empezar se revisarán los tableros, los interruptores, las canaletas, conductores y por último la iluminación. El análisis de cada aspecto ha sido mencionado con anterioridad por lo que se hará referencia únicamente de los detalles económicos con respecto a las mejoras que se pudrían hacer para obtener una mejor calidad en el servicio fina.

El cálculo para cada aspecto se realizò para la cantidad necesaria para corregir los problemas, en el caso de la falta de los tomacorrientes de todos los salones del edificio se menciona en el cálculo que se deben incluir en su totalidad debido a la ausencia total de estos dispositivos, tomando en cuenta que en la actualidad la tecnología forma una gran parte en nuestras vidas y tanto los catedràticos como los estudiantes hacen uso de esta para desenvolverse mejor en los salones de clase.

En el caso de la iluminación se presenta igualmente el cálculo para los tubos dañados, así como los difusores que estén maltratados y para el caso de la iluminación exterior o del parqueo se presenta el cálculo completo debido a la ausencia total de los dispositivos.

Además del presupuesto de los materiales, se realizó un càculo substancial sobre el costo de la mano de obra que este proyecto llevaría si se subcontrata a una empresa para realizar esta tarea, esta lleva un margen de error dado la variabilidad de los precios de los instaladores de los dispositivos.

Hemos mencionado con anterioridad que los tableros se encuentra en buenas condiciones, según los grados IP mencionados anteriormente, sin

embargo, es necesario darle el mantenimiento contra polvo, humedad e identificar con plástico adhesivo a que pertenece cada flip-on.

En el caso de sustitución de tableros, por nivel, para el aseguramiento de las instalaciones se cuenta con los siguientes costos:

Un Tablero Industrial tipo NCB, monofásico, 120/240, de 36 polos, con barras de 400 Amperios, N/S, N/Am con terminales de alimentación:

**Q.8,640.00**

Teniendo un costo total por el centro de:  $Q.8,640.00 * 3 = Q.25,920.00$

Esto incluye los interruptores ramales de 2 \* 40 Amperios.

A esto se le agrega el costo por el montaje e instalación de Q.500.00 por tablero que es igual a  $Q.500.00 * 3 = Q.1,500.00$

Teniendo un total de:  **$Q.25,920.00 + Q.1,500.00 = Q.27,420.00$**

Que es un valor que puede variar según los precios del distribuidor de los productos eléctricos y la mano de obra del contratista.

## **Interruptores**

Para el caso de los interruptores, se necesitara cambiar por completo todos son 29 en el edificio A, 32 en el segundo edificio y 30 en el tercero edificio para hacer un total de 91 interruptores para los edificios.

El precio promedio de los interruptores de 2 polos para 120/240 VDC, es de  $Q.15.00 * 91 = Q.1,365.00$

El costo de instalación por unidad sin cambiar el conductor es de Q.30.00. Teniendo un total de  $Q.30.00 * 91 = Q.2,730.00$

Sumado el total es de Q.1,365.00 + Q.2,730.00 = **Q.4,095.00**

## **Conductores**

Los conductores son importantes para la seguridad de la instalación eléctrica, éstos han sido revisados y se han tomado muestras con las pruebas respectivas en su apartado.

El diagnóstico final para los forros o aislamientos de los conductores es bueno, por que su cambio no es necesario. Lo mínimo necesario para su uso confiable es el no exceder en cuanto a la carga instalada, evitar los sobreesfuerzos de los conductores y limpiar los tableros para que el polvo no haga daño en los forros.

En la actualidad cada edificio esta alambrado con centros de carga, es decir, parten desde el tablero de sub-distribución hasta el centro de cada salón sea el caso de iluminación o fuerza.

Se presenta únicamente el precio del conductor que en su mayoría es AWG 12 que en metros lineales se calculo que eran: 2500 metros.

El valor del metro en la actualidad es de Q.8.00

Teniendo un total de  $2500 * Q.8.00 = \mathbf{Q.20,000.00}$

Sumado a esto la mano de obra que por ser el recambio a todos los edificios se estima en: **Q.28,000.00**

## **Iluminación de interiores**

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

La cantidad de lámparas a adherir para corregir la ausencia de lúmenes es de 4 a 5 lámparas de 2\*40 Watts.

Las lámparas deben ser fluorescentes de cualquier marca (proelca), General electric, etc.) tipo industrial de 2 \* 40 RS que incluyendo los dos (2) tubos de 40 Watts tienen un precio de Q.215.00 cada una.

Los salones donde son necesarias 4 lámparas son 12, que es igual a:

$$12 * 4 = 36 \text{ y } Q.215.00 * 36 = \mathbf{Q.7,740.00}$$

Los salones donde son necesarias 5 lámparas son 15 que es igual a:

$$15 * 5 = 75 \text{ y } Q.215.00 * 75 = \mathbf{Q.16,125.00}$$

Teniendo un total de:  $\mathbf{Q.7,740.00 + Q.16,125.00 = Q.23,185.00}$

A esto se le suma el costo de instalación que es Q.100.00 quetzales por unidad  $120 * Q.100.00 = \mathbf{Q.12,000.00}$  Que es un total de  $\mathbf{Q.23,185.00 + Q.12,000.00 = \underline{\underline{Q.35,185.00}}$

## CONCLUSIONES

1. El voltaje se encuentra con una buena regulación, luego de las mediciones efectuadas por un intervalo de un día, en el cual se midió el edificio a plena carga.
2. Las fuentes productoras de armónicas en el Centro Universitario Sur-Occidente son: las computadoras, balastros magnéticos, UPS's, fax.
3. Las principales fuentes de pérdida en el sistema de iluminación en el Centro Universitario Sur-Occidente son: pérdida de bombillas, pérdida a consecuencia de polvo y suciedad, apagones de bombillas, ineficiencia de las lámparas, bajo voltaje, superficies de baja reflexión.
4. En el centro universitario Sur-Occidente se se presenta buena distribución de energía eléctrica, con las protecciones adecuadas para la carga instalada actualmente.
5. El beneficio que proporciona una buena instalación eléctrica es que con la misma depende el desarrollo de todas las actividades para que se realicen de una forma eficientes y confortable.
6. El banco de transformadores está diseñado para futuras ampliaciones, pero uno de los transformadores está sobrecargado, ya que la capacidad de los transformadores es menor a lo que esta consumiendo dicho banco.

## RECOMENDACIONES

1. Para controlar las armónicas en el Centro Universitario Sur-Occidente, una de las técnicas de control más utilizado y ofrecida en el mercado es la instalación de filtros paralelos, con ello se persigue proporcionar a las corrientes indeseadas un camino de retorno que las desvíe del sistema y de otras cargas conectadas en paralelo con el generador de armónicos, disminuyendo la distorsión de voltaje en el punto de interés.
2. Para mantener las instalaciones eléctricas tanto de fuerza como de iluminación en buen estado y que cumpla, con el fin para lo que fueron creados, será indispensable que tenga un programa de mantenimiento adecuado para la solución y prevención de problemas que surjan en las mismas.
3. Se sugiere que cuando se diseñen los edificios o cualquier tipo de proyectos arquitectónicos que se tome en consideración el aprovechamiento de la luz natural y así poder bajar los costos posteriores sobre la utilización de iluminación artificial.
4. Se aconseja utilizar colores claros de pintura en los distintos ambientes, para tener un mejor aprovechamiento de la iluminación.
5. Cuando se realicen ampliaciones o modificaciones a las instalaciones eléctricas se sugiere no realizar muchos empalmes, ya que esto ocasiona pérdida de energía.
6. Se sugiere un programa de mantenimiento preventivo al banco de transformadores, ya que desde que se instaló hace cinco años no se le ha dado ningún tipo de mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. González López, Francisco Javier. Fundamentos teóricos sobre armónicos, Facultad de Ingeniería, Primera Edición, 1999.
2. Harper, Enrique Gilberto. El ABC de las instalaciones eléctricas. Editorial Limusa. Tercera edición, 1994.
3. Koeningsberger, Rodolfo. Instalaciones eléctricas. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1982.
4. Lemus Gudiel, Elmer Estuardo. Actualización de métodos de evaluación, Facultad de Ingeniería. 2004.
5. Méndez, Luis. Guía para el manual de instalaciones, Facultad de Ingeniería, 2000.
6. Safford, Edgard. Instalaciones Eléctricas e Iluminación para hogares y oficinas. Editorial Limusa. Primera Edición, 1984.



## **ANEXOS**

### **A GENERADORES DE ARMÓNICOS EN EL CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE**

#### **A.1 Introducción**

En este capítulo se trata sobre los elementos más importantes de la generación de corriente y voltajes armónicos dentro del sistema eléctrico del Centro universitario de Sur Occidente. Entre los elementos más importantes en la generación de armónicos dentro del sistema tenemos: computadoras, impresoras, faxes, UPS. Todos se caracterizan por ser elementos no lineales: cargas no lineales.

Por otro lado, el elemento importante como generador de armónicos en la actualidad es el convertidor, debido a la magnitud de la potencia que maneja y a su uso que se está ampliando cada vez más conforme los años transcurre, en variadas aplicaciones tales como procesos electrónicos, computadoras, equipo de telecomunicaciones, cargadores de batería, conversiones de CA a CD y CD a CA en transmisión de energía eléctrica por CD, celdas combustibles, etc.

#### **A.1.1 Generalidades sobre lámparas fluorescentes**

Las lámparas fluorescentes no son generadores exclusivos de armónicos en los sistemas de iluminación, sino que todas aquellas lámparas de descarga que utilizan transformadores o balastos, tales como las lámparas de descarga de alta intensidad HID, de mercurio o de sodio a alta presión.

Sin embargo, con el fin de hacer un recordatorio del funcionamiento de una lámpara fluorescente tipo precalentamiento, ya que una revisión en detalle del funcionamiento de todos los tipos de lámparas de descarga resultaría largo e innecesario, puesto que el elemento más influyente en la generación de armónicos en tales artefactos es el balastro. Inicialmente se utilizaron balastros magnéticos y aun se usan; pero en la actualidad se están utilizando ampliamente los balastros electrónicos y su uso va en aumento, debido principalmente a su mayor eficiencia. Los balastros electrónicos drenan la corriente por pulsos de corto periodo de tiempo de duración, en lugar de hacerlo suavemente, resultando incluso en distorsión del voltaje.

Pues bien, el diagrama elemental de una lámpara fluorescente tipo precalentamiento se muestra en la figura 30. El funcionamiento básico de dicha lámpara fluorescente es el siguiente.

Cuando se interrumpe una corriente que circula en una bobina se induce en esta un voltaje transitorio mayor que el aplicado en régimen permanente, ya que al desaparecer la corriente lo hace de una manera muy rápida y el voltaje inducido depende de la variación de la corriente con respecto al tiempo. Cuando se energiza el circuito de alimentación de la lámpara, el interruptor bimetalico se encuentra cerrado, lo que provoca un aumento de la temperatura dentro del tubo y da lugar a la vaporización del mercurio. Al abrirse el interruptor bimetalico y desaparece rápidamente la corriente, un impulso adicional de voltaje debido al comportamiento inductivo del balastro se aplica a los cátodos de la lámpara que origina la formación de un arco entre ellos. El arco es un arco de vapor de mercurio, cuyos electrones al regresar a sus átomos liberan energía fotónica con longitud de onda de 254 nm, no visible.

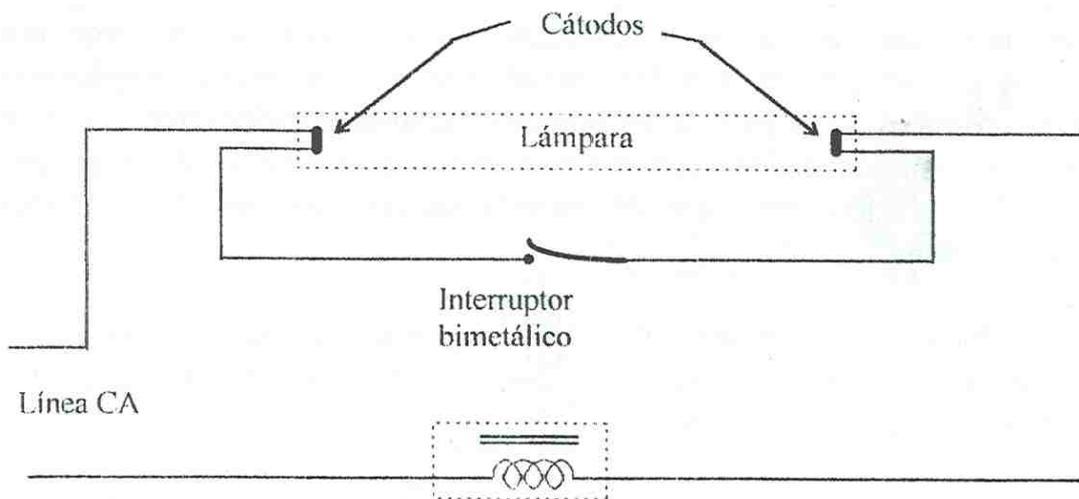
Esta luz incide sobre el recubrimiento de material fluorescente de la pared inferior de la lámpara, emitiendo luz visible.

La resistencia del arco disminuye con el calentamiento, por lo que el balastro cumple también la función de limitar la corriente en régimen permanente, además de producir el impulso adicional de voltaje. El balastro, produce dos efectos sobre el funcionamiento de las instalaciones eléctricas como lo son:

- a. Un bajo factor de potencia
- b. Distorsión de la forma de onda de la corriente y el voltaje.

Para mejorar el factor de potencia se hace uso de capacitores, los cuales son una fuente de potencia reactiva relativamente barata, que generalmente vienen incorporados a las luminarias desde la fábrica.

Figura 30 Diagrama básico de una lámpara fluorescente de precalentamiento



Fuente: Francisco González, Fundamentos teóricos sobre armónicas, Pag. 92

### A.1.2 Armónicos en los sistemas de iluminación fluorescente

Debido a las propiedades no lineales del balastro y de pequeños arcos que se producen internamente en la lámpara, la forma de onda de la corriente, esta

distorsionada. En la figura 30 se muestra, la forma de onda de la corriente en una lámpara fluorescente con balastro magnético y en la figura 31 su espectro discreto de amplitud. Como consecuencia de la distorsión aparecen corrientes armónicas en el sistema de alimentación de las lámparas. La forma exacta de la onda, para cada caso especial, dependerá de la calidad del balastro. Si es el balastro magnético trabaja arriba del codo de saturación de su curva de magnetización, la distorsión de la forma de onda será más pronunciada.

En todo caso, asumiendo que la forma de onda del voltaje o la corriente ha sido finalizada por series de fourier, en general podemos escribir:

$$f(t) = F_1 \text{ sen } (\omega t + \theta_1) + F_3 \text{ sen } (\omega t + \theta_3) + F_5 \text{ sen } (\omega t + \theta_5) + F_7 \text{ sen } (\omega t + \theta_7) + F_9 \text{ sen } (\omega t + \theta_9) \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 16}$$

donde:

- f(t) puede sustituirse por v(t) o por i(t), dependiendo de la variable de interés.
- $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$  (f = frecuencia)
- $\theta$  ángulo de desfase
- F amplitud de la onda

**Figura 29 Forma de onda de la corriente en una lámpara con balastro magnético**

Fuente: Francisco González, Fundamentos teóricos sobre armónicas, Pág. 93

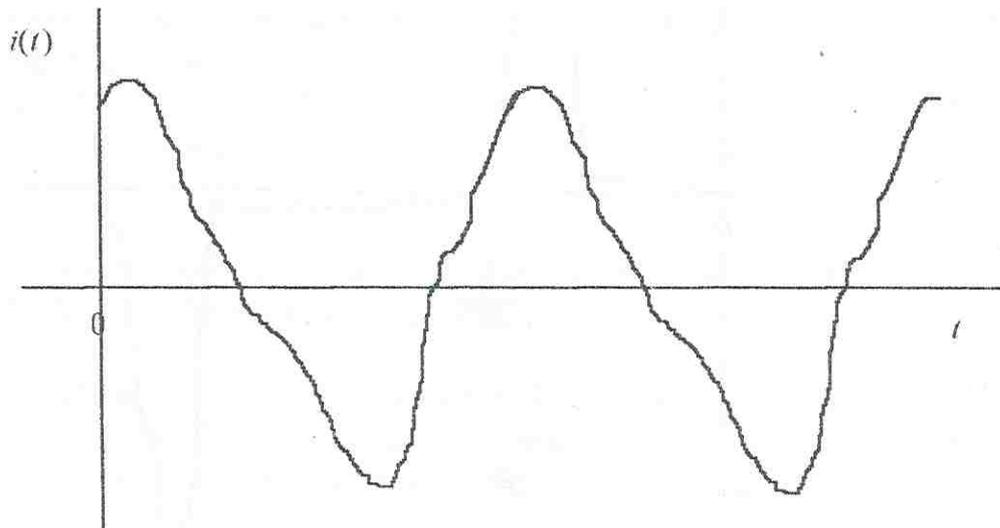
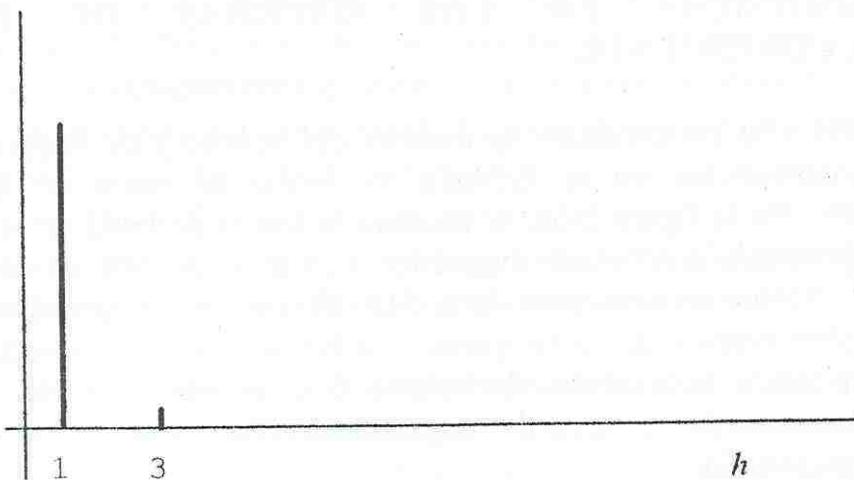


Figura 31 **Espectro de amplitud de la forma de onda**



Fuente: Francisco González, Fundamentos teóricos sobre armónicas, Pág. 94

Obsérvese que en la ecuación 16, las armónicas triples se están presentes, puesto que en este tipo de instalaciones la conexión mas utilizada es la estrella con neutro aterrizado.

En instalaciones trifásicas de iluminación fluorescente, la armónica de mayor interés es la tercera, que puede ser tan alta como el 30% de la fundamenta en

cada hilo vivo y en el neutral puede alcanzar un valor tan alto como el 90% de la corriente fundamental en cada hilo vivo. Debemos recordar que en el neutral las terceras armónicas de corriente de las tres fases se suman directamente, ya que ellas están en fase.

Lo indicado para el caso de las lámparas fluorescentes también tienen validez para las lámparas de descarga de alta intensidad (HID).

En la actualidad, se tiende al uso creciente de balastos electrónicos que, no obstante producir una distorsión menor que los balastos magnéticos, contribuyen grandemente a la distorsión de la corriente en los sistemas de iluminación.

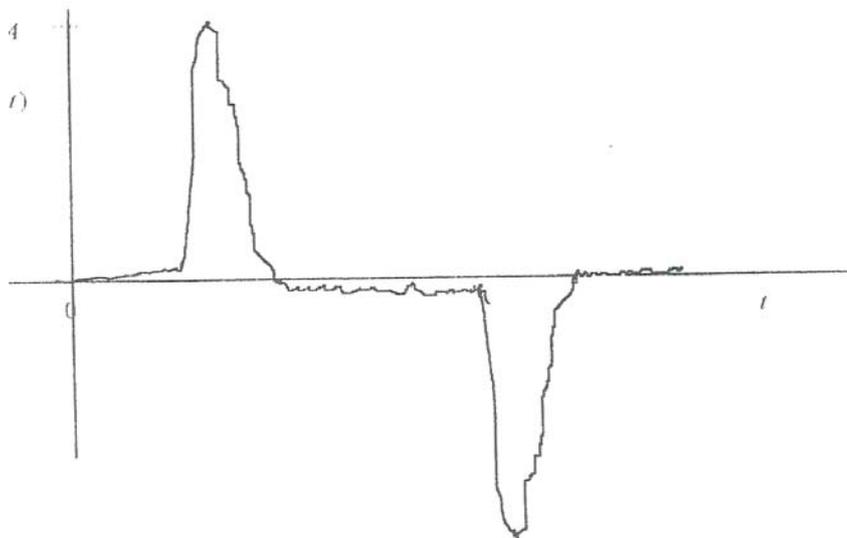
En la figura 32 se muestra la forma de onda de la corriente altamente distorsionada de una lámpara fluorescente compacta que funciona con balastro electrónico.

Un balastro electrónico puede producir una distorsión de la corriente mayor que 100% aunque la distorsión del voltaje puede ser insignificante debido a la baja potencia que necesita para funcionar. No obstante, un complejo sistema de alumbrado que emplea muchos balastos electrónicos puede provocar problemas armónicos en el sistema de distribución.

La lámpara fluorescente compacta de 13W, con balastro electrónico produce un IDF del 153% y un factor de potencia igual a 0.5, aunque la mayoría de lámparas fluorescentes con balastro electrónico ostentan un IDF que oscila en el rango del 5 al 20% y un factor de potencia mantenido entre el 98 y el 99%. Mientras que las lámparas fluorescentes con balastro magnético tiene un IDF entre el 13 y el 22% con factor de potencia mas bajos que las lámparas con balastos electrónicos. No obstante, es de esperar que los fabricantes de lámparas agreguen dispositivos auxiliares con fines de cancelación de armónicos para bajar ese alto nivel de distorsión.

En la actualidad se utilizan reductores de potencia con lámparas de balastro magnético, que no pueden usarse con balastros electrónicos, cuyo efecto neto es aumentar la eficacia de las luminarias. Sin embargo, la mayoría de ellos incrementan la distorsión armónica total en sistemas de arranque rápido hasta un 32%, considerando como inaceptable. Adicionalmente, los reductores de potencia pueden incrementar el factor cresta de la lámpara hasta 1.7 en sistemas de arranque rápido.

**Figura 32** Forma de la corriente de una lámpara fluorescente compacta, que utiliza balastro electrónico.



Fuente: Francisco González, Fundamentos teóricos sobre armónicas, Pág.94

Esa lámpara compacta tiene un factor de distorsión armónica total de la corriente, IDF del 153%. El máximo valor de distorsión armónica total de voltaje (VDF) recomendado en el punto donde se conecta una instalación eléctrica al sistema de distribución de potencia es de 5%, considerándose que dicho límite se ha excedido cuando aproximadamente el 47% de la carga de la instalación tiene un factor de distorsión de la corriente IDF de 55%, o cuando

aproximadamente un cuarto de la carga total tiene un IDF de 115%. E 1993 se estableció el máximo límite de distorsión de la corriente IDF en 32% para balastos electrónicos de lámparas fluorescentes. Sin embargo, otros organismos relacionados con normas colocan un 20% como límite de IDF para balastos electrónicos.

### **A.1.3 Computadoras, impresoras y faxes**

En edificios modernos, en centros educativos o de investigación, en oficinas gubernamentales, e incluso a nivel industrial donde la automatización se incrementa cada día más, las computadoras tienden a constituir una porción importante de la carga total instalada. Las computadoras personales PC's, los

faxes, las impresoras digitales de todo tipo, las fotocopiadoras, etc., son equipos que requieren normalmente que el secundario del transformador de alimentación del edificio se encuentre conectado en estrella con neutral conectado e incluso aterrizado. Esto significa que, además de considerar los equipos mencionados como generadores de altos valores de distorsión armónica de la corriente, son generadores de armónicos triples como la 3ª, la 9ª y la 15ª que han de circular por los hilos vivos y el neutral.

Las computadoras personales son directamente en el IDF del sistema de alimentación. De acuerdo a mediciones realizadas a la entrada del sistema de alimentación de una computadora personal típica de 33W, sin embargo el monitor el factor IDF alcanza el 139% con un factor de potencia de 0.56 en

retraso. Considerando la computadora mas un monitor de 12 pulgadas de alta resolución de 49W el IDF tiene un valor de 125% y solo el monitor 138%. La reducción del IDF cuando se combinan los dos equipos puede deberse a la cancelación de armónicas por desfases inherentes al circuito equivalente de cada equipo. Una impresora láser encendida pero sin imprimir consumiendo 29W, puede inyectar en el sistema un IDF del 224%, a un factor de potencia de 0.4 en retraso, estos valores se modifican drásticamente mientras la impresora imprime, puesto que en estas condiciones consume 799W, a un factor de potencia igual al 0.98 en retraso, para un IDF de solamente 15%. A la entrada de un fax/modem el IDF puede ser del 47%, con un consumo de 5W y factor de potencia de 0.73 en retraso.

Conforme a los datos anteriores, una computadora personal o un monitor de computadora generan un IDF casi 10 veces mayor que el IDF de un balastro electrónico.

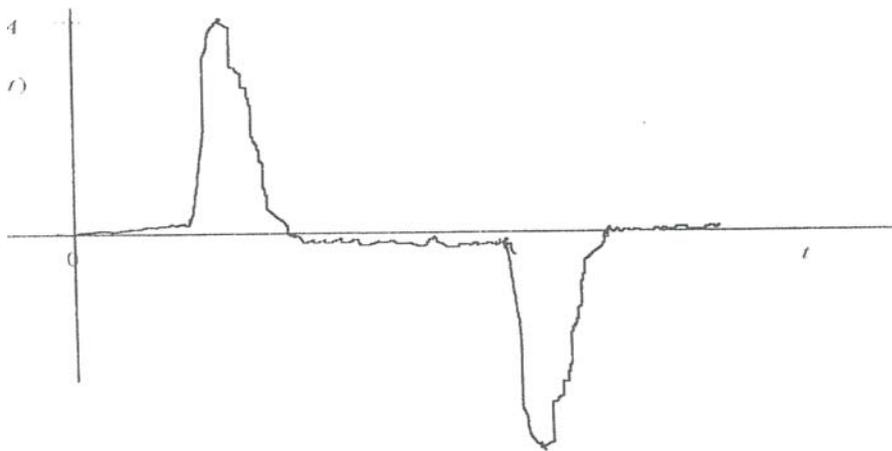
En la figura 33 se muestra la forma de onda de la corriente en el circuito de alimentación de una computadora. Las computadoras personales, como equipos electrónicos similares, que normalmente se alimentan desde una fuente de tensión de 120V. Como se ve en la figura 32, drenan una corriente pulsante rica en armónicas que posee un espectro de amplitud en el que predomina la tercera armónica; pero también muestra niveles significativos de la 5ª y 7ª armónica. Tal situación se aprecia en la figura 33. Las armónicas triples, obviamente, circulan por el conductor neutral de la instalación eléctrica tanto las computadoras como otras cargas.

**Figura 33      Forma de onda de la corriente en el sistema de alimentación de una computadora**



Fuente: Francisco González, Fundamentos teóricos sobre armónicas, Pág. 135

Figura 34 **Espectro de amplitud de la forma de onda**



Fuente: Francisco González, Fundamentos teóricos sobre armónicas, Pág.

El uso de computadora y estaciones de trabajo basadas en computadoras personales se están extendiendo rápidamente en centros comerciales, industriales, educativos, instituciones e incluso residenciales.

### **A.1.4 UPS's**

En UPS's se estima que puede haber una distorsión total del voltaje en el rango de 9 a 14.5% y una distorsión total de la corriente hasta del 26%. Además el factor de potencia de las cargas en el UPS se halla entre 0.65 y 0.75, cuyo bajo valor es debido principalmente al contenido armónico. Se tiene información también, de que ha habido casos en que solo el 18% de distorsión de la corriente ha causado un 16% de distorsión de voltaje.

## **A.2 Factores de distorsión**

El factor de distorsión es una medida del alejamiento de la forma de una función periódica cualquiera con respecto a otra con forma de onda senoidal pura. Este factor de distorsión, normalmente se expresa en porcentaje. Hay dos tipos de factores de distorsión:

- Factores de distorsión de voltaje (VDF)
- Factores de distorsión de corriente (IDF).

### **A.2.1 Factores de distorsión armónica total de voltaje**

El factor de distorsión armónica total de voltaje se define así:

$$VDF = \frac{1}{V_1} \left( \sum V_h^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

VDF Factor de distorsión armónica de voltaje.

V1 Es el valor eficaz de la componente fundamental de voltaje

Vh Es el valor de la componente armónica de orden h

El factor de distorsión armónica total de voltaje esta directamente relacionado con el aumento de calentamiento de una carga resistiva pura. Con voltajes armónicos aplicados a un resistor.

$$\frac{P_h}{P_f} = (\text{VDF})^2 \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

- $P_f$  Es la potencia disipada por la componente fundamental de voltaje
- $P_h$  Es la potencia disipada por todas las armónicas
- VDF Factor de distorsión armónica del voltaje.

En tal sentido, el valor eficaz del voltaje en función del valor eficaz de su componente fundamental y el VDF puede expresarse como:

$$V_{ef} = V_{fef1} \sqrt{1 + \text{VDF}^2} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

- $V_{ef}$  Valor eficaz del voltaje
- $V_{fef1}$  Componente fundamental del valor eficaz del voltaje
- VDF Factor de distorsión armónica del voltaje.

También se define el factor de distorsión armónica individual del voltaje como:

$$VD_h = \frac{V_h}{V_1} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

- $VD_h$  Factor de distorsión del voltaje individual
- $V_h$  Valor de la componente armónica de orden h
- $V_1$  Valor eficaz de la componente fundamental de voltaje.

Los factores de distorsión, tanto el total como el individual normalmente se expresan en tanto por ciento, en cuyo caso las expresiones respectivas deben multiplicarse por 100.

### **A.2.2 Factores de distorsión armónica total de corriente**

El factor de distorsión armónica total de corriente se define así:

$$IDF = \frac{1}{I_1} \left( \sum I_h^2 \right)^{1/2} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde

IDF factor de distorsión armónica de la corriente

$I_1$  es el valor eficaz de la componente fundamental de la corriente

$I_h$  es el valor eficaz de la componente armónica de orden h.

El factor de distorsión armónica total de corriente esta directamente relacionado con el aumento de calentamiento en una carga resistiva pura. La relación entre la potencia debida a la componente fundamental y la potencia debida a las armónicas en una resistencia es

$$\frac{P_h}{P_f} = (IDF)^2 \quad \text{Ecuación 22}$$

donde

IDF factor de distorsión armónica de la corriente

$P_f$  es la potencia disipada por la componente fundamental de voltaje.

$P_h$  es la potencia disipada por todas las componentes armónicas.

El valor eficaz de la corriente puede expresarse en términos del eficaz de sus componentes fundamentales y el IDF así:

$$I_{ef} = I_{ef1} \sqrt{1 + IDF^2} \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde:

$I_{ef}$  valor eficaz de la corriente

$I_{ef1}$  Componente fundamental del valor eficaz de la corriente

IDF Factor de distorsión armónica de la corriente.

También se define el factor de distorsión armónica individual de corriente así:

$$ID_h = \frac{I_h}{I_1} \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde:

$ID_h$  Factor de distorsión armónica de corriente individual.

$I_h$  Valor de la componente armónica de orden h

$I_1$  Valor eficaz de la componente fundamental de la corriente.

Los factores de distorsión, tanto el total como el individual normalmente se expresan en tanto por ciento, en cuyo caso las expresiones respectivas deben multiplicarse por 100. El factor de distorsión total puede ser superior al 100%

### **A.3 Efectos de los armónicos**

La presencia de la armónica en un sistema de distribución de potencia eléctrica puede traer serios problemas, tanto para el mismo equipo o sistema que las produce como para todos los equipos conectados en la misma red.

Las corrientes armónicas generadas interactúan con la impedancia del sistema y originan la distorsión del voltaje, elevan las pérdidas y producen

efectos de sobrecargas conectadas a la red. Así también, reducen el factor de potencia, dado su carácter reactivo.

Si se hacen mediciones de distorsión armónica en distintos puntos de la red, se encontrarán niveles altamente variables e impredecibles, en el espacio y en el tiempo, cuya caracterización requerirá de mediciones y observaciones durante un tiempo suficiente. La distorsión armónica será más apreciable en

unos puntos que en otros. No obstante podemos establecer, en general, los efectos de las armónicas depende de:

- a. Los elementos que generan armónicas su diversidad dentro del sistema, del contenido espectral que inyectan y de su régimen de funcionamiento en el tiempo.
- b. La cantidad configuración y valores de los elementos de la red, tanto en el dominio del tiempo como el dominio de la frecuencia.
- c. La sensibilidad de los equipos ante la presencia de corrientes o voltajes armónicos.
- d. El grado de interés mostrado por las empresas eléctricas comerciales e industriales por los problemas armónicos que puedan originarse.
- e. El establecimiento de parte de los sectores involucrados y la efectividad de las normas en el tiempo, en función de los cambios tecnológicos registrados en la fabricación de nuevos equipos.

Los efectos de las armónicas pueden dividirse en:

1. Sobre esfuerzo del aislamiento debido a efectos del voltaje, que pueden causar un daño acumulativo, en el tiempo, al aislamiento de equipo de potencia.
- 2.- Sobre esfuerzo térmico debido a la corriente eléctrica, que pueden causar el deterioro del aislamiento en cables, maquinas rotativas y transformadores.
- 3.- interferencia inductiva sobre circuito de comunicación.

### **A.3.1 Efecto sobre el factor de potencia.**

Uno de los efectos más interesantes producido por las armónicas en el sistema de potencia es la reducción que causan al factor de potencia. si suponemos que la distorsión del voltaje se mantendrá a un nivel aceptable, de

conformidad con las normas establecidas para el efecto mediante la aplicación de técnicas adecuadas de control de armónicos, podemos considerar que el voltaje es senoidal. La potencia  $S$  está dada por la siguiente ecuación.

$$S = V_{ef1} I_{ef} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde

- $S$       Potencia aparente
- $V_{ef1}$    componente fundamental del voltaje
- $I_{ef}$       componente fundamental de la corriente

Relacionando la ecuación 25 con la definición de valor eficaz de la corriente conteniendo armónica, la potencia aparente puede expresarse como:

$$S = V_{ef1} I_{ef} \sqrt{1 + IDF^2} \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde

- $S$                       potencia aparente
- $V_{ef1}$                 componentes de frecuencia fundamental del voltaje.
- $I_{ef}$                     componentes de frecuencia fundamental de corriente.
- $IDF$                   es el valor de distorsión armónica de la corriente. Este es una medida del valor efectivo de las componentes armónicas de una onda distorsionada que representa el valor de exceso de calentamiento con respecto a la componente fundamental.

Cuando la corriente fluye en una resistencia, el IDF nos da una idea de su sobrecalentamiento.

Cuando la forma de onda de la corriente o del voltaje se encuentra distorsionada aparece que esta desplazada 90 grados con respecto tanto a la potencia activa  $P$  como a la potencia reactiva  $Q$ , sobre un eje perpendicular al plano que contiene las potencias activas y reactiva, entre si también son perpendiculares.

Este incremento de la potencia aparente, si la potencia activa o de conversión se mantiene constante, definitivamente representa una disminución del factor de la potencia y un incremento de la corriente en cables, tableros, devanados, transformadores, etc. limitando la capacidad termina de los deferentes componentes del sistema.

### **A.3.2 Efectos en sistemas de iluminación fluorescentes.**

Entre estos efectos también validos para otras lámparas de descarga tenemos.

- a. Aumento del efecto en lámparas fluorescentes debido a la armónicas presentes (efectos sobre el órgano de la visión que afectan la buena apreciación de objetos en movimiento)
- b. Por efectos de resonancia trifásica de iluminación fluorescente en edificios grandes se presenta una tercera armónica de la corriente de línea que puede tener un valor aproximado del 30% de la fundamental. La mayoría de conexiones trifásicas de este tipo de instalaciones en el secundario del transformador de alimentación son estrella con neutral. con el neutral presente, la experiencia demuestra que en un sistema trifásico balanceado existirá una corriente originada por las 3<sup>a</sup> . Armónica

de cada hilo vivo con el valor arriba del 90% de la fundamental de la corriente de línea. si no se toman las precauciones pertinentes, pueden producirse calentamientos excesivos en el neutral.

### **A.3.3 Efectos en sistemas de control, medición y protección.**

La operación anormal o falla del equipo debidos a voltajes o corrientes armónicas. Los efectos pueden clasificarse como resultantes de la operación de equipos bajo condiciones de distorsión cuando ellos han sido diseñados para operar con una forma de onda senoidal pura.

#### **A.3.3.1 Dispositivos de control o comunicación.**

Los dispositivos receptores de señales electromagnéticas para operaciones de sistemas de control, así como los sistemas carrier de potencia en algunos casos operan en un rango de frecuencia tal que puede ser objeto de interferencia por corriente armónicas originales por los equipos de potencia como convertidores u hornos de arco eléctrico.

Estas corrientes armónicas, aunque sean relativamente pequeñas de amplitud, pueden producir interferencia o ruidos aleatorios e impredecibles sobre el sistema electrónico. Al sumarse las componentes armónicas pueden producirse picos de la forma de onda, los cuales son ricos en componentes de alta frecuencia. Estas componentes de alta frecuencia pueden actuar por inducción y además, pueden propagarse por radiaciones a través del sistema de distribución causando la interferencia ya referida.

#### **A.3.3.2Reveladores de protección.**

De estudios realizados de los efectos armónicos sobre relevadores, se presentan las siguientes conclusiones:

- Los relevadores pueden sufrir cambios sustanciales en sus características, mostrando una tendencia a operar en condiciones no oportunas.
- Los relevadores de sobre corriente y de sobrevoltaje pueden sufrir cambios en sus características de operación, pudiéndose producir la inversión de los pares de operación a algunas frecuencias.
- La alta velocidad de operación de los relevadores diferenciales pueden ser alterada.
- Relevadores que operan observando valores cresta de voltaje o de corriente, o el cruce por cero de las señales pueden ser obviamente degradados por el excesivo contenido armónico en el sistema.
- Corriente armónico triples o de secuencia cero pueden hacer que los relevadores de tierra realicen un falso disparo.

Sin embargo, los relevadores son relativamente insensibles a la distorsión armónica y los niveles armónicos de 10 a 20% requeridos para causar problemas en relevadores son mayores que los límites superiores impuestos para el correcto funcionamiento de otros equipos.

#### **A.3.3.3 Fusibles e interruptores (breakers)**

Las corrientes armónicas, mediante la potencia de distorsión, pueden originar el quemado de fusibles, debido al incremento de la temperatura, aunque la carga total funcionando simultáneamente no llegue al 100% de la capacidad de la instalación eléctrica.

Por otro lado, los interruptores automáticos estarán sujetos a un sobrecalentamiento que los hará por motivos diferentes para los que originalmente se han diseñado. Es decir que no se dispararán por sobrecorriente o por sobrecarga, sino por una elevada temperatura.

### **A3.3.4 Medición**

Los dispositivos de medición de potencia, especialmente algunos transductores electrónicos de potencia activa, son afectados por la presencia de armónicos. Para un contenido del 20% de la 5ta armónica se han

establecido errores del 10% al 15% en un transductor de potencia electrónico, trifásico de dos elementos.

Además, se han encontrado magnitudes de error considerablemente mas bajas por medidores de potencia activa de inducción que los dados para los medidores electrónicos.

Cuando un instrumento de medición esta diseñado para onda senoidal pura y no es de respuesta rms verdadera, por ejemplo los voltímetros de corriente alterna que funcionan con rectificadores, el error debido a las armónicas puede ser de valor considerable, en algunos casos superior al 100%. Un instrumento de este tipo tiene escala graduada en valores eficaces, basándose en el factor de forma.

### **A.4 Efectos en los conductores**

Debido al comportamiento ya conocido de las corrientes armónicas triples en sistemas trifásicos, en el sentido de que las tres corrientes de línea de secuencia cero están en fase, al llegar al centro de una conexión estrella, retornarán por el neutral o por la tierra. Este hecho, aunque el sistema trifásico este perfectamente balanceado, puede provocar el calentamiento de cables y conectores al excederse su ampacidad, a lo que habría que agregar que en el neutral se producirá una diferencia de potencial armónica triple inesperada es lo que se supone es la no presencia de armónicas.

Y esto sucederá aunque el neutral se encuentre aterrizado en uno de sus extremos; de tal manera que en equipo ubicado en ciertos puntos o a cierta

distancia de los puntos donde el neutral se aterriza, la diferencia de potencial con respecto a tierra no será a cero.

En equipo electrónico en el cual la exigencia de voltaje cero o próximo a cero, con respecto a tierra es drástica, la existencia de la diferencia de potencial armónico triple puede ser un serio inconveniente.

El producto del cuadrado de la corriente armónica triple por la resistencia del neutral determinará el valor de la potencia activa disipada, proporcional al calor liberado por el cable. Un incremento de la temperatura influirá en la degradación del aislante del conductor y en su tiempo de vida útil. Por otro lado, el producto de la corriente armónica triple por la diferencia de potencial en el neutral por el seno del ángulo de desfase entre ellos determinará el valor de potencia reactiva presente. Esta potencia reactiva adicional, para la cual generalmente el sistema no se dimensiona, presupone una reducción del factor de potencia visto desde el generador de potencia eléctrica que alimenta al sistema. La combinación de ambas potencias, representa una cantidad de potencia aparente que el generador ya no podrá entregar a otras cargas para la conversión de la energía

**Tabla XV Resistencia eléctrica del conductor**

Calibre AWG o MCM	Conductor de cobre						Conductor de aluminio					
	Tubería magnética			Tubería no magnética			Tubería magnética			Tubería no magnética		
	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z
14	.131	.070	.313	.313	.006	.131	--	--	--	--	--	--
12	.196	.069	.196	.196	.005	.196	--	--	--	--	--	--
10	.123	.067	.123	.123	.005	.123	--	--	--	--	--	--
8	.078	.066	.079	.079	.005	.079	--	--	--	--	--	--
6	.049	.065	.049	.049	.005	.049	.083	.005	.063	.063	.004	.063
4	.031	.005	.032	.031	.004	.032	.053	.005	.053	.053	.004	.053

2	.020	.005	.021	.020	.004	.029	.033	.004	.031	.033	.004	.034
1	.016	.005	.017	.016	.004	.016	.027	.004	.027	.027	.003	.027
1/0	.013	.005	.013	.012	.004	.013	.021	.004	.021	.027	.003	.021
2/0	.010	.005	.011	.010	.004	.011	.017	.004	.021	.017	.003	.017
3/0	.008	.005	.009	.009	.004	.009	.014	.004	.011	.014	.003	.014
4/0	.007	.004	.008	.007	.003	.007	.011	.004	.011	.011	.003	.011
250	.005	.004	.007	.005	.003	.007	.009	.004	.009	.009	.003	.010
300	.005	.004	.007	.005	.003	.006	.009	.004	.008	.008	.003	.009
350	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.006	.004	.007	.007	.003	.007
400	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.005	.003	.006	.006	.003	.007
450	.003	.004	.006	.003	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.006
500	.003	.004	.005	.002	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.005
600	.002	.004	.005	.002	.003	.003	.003	.003	.004	.004	.003	.005

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

**Tabla XVI Capacidad de los conductores de acuerdo al tipo y calibre**

Calibre	Rango de temperatura del aislante	
	60 °C	75 °C
AWG O MCM	TW	THW
14	20	20
12	52	25
10	30	35
8	40	50
6	55	65
4	70	85
2	95	115
1/0	125	150
2/0	145	175
3/0	165	200
4/0	195	230
250	215	255

300	240	285
350	260	310
400	280	335
500	320	380
600	355	420
700	385	460
750	400	475
800	410	490

Fuente: Luis Méndez, **Guía para el diseño de instalación**, Pág. 2

### **Factores corrección de capacidad de corriente por temperatura.**

**Tabla XVII Factores de corrección**

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

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

**Tabla XVIII Factores de reducción de acuerdo al número de conductores**

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

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

**Tabla XIX Capacidad de conductores en tuberías**

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

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

**Tabla XX Área para conductores THHN**

Calibre	Área Sección Transversal mm <sup>2</sup>	No de Hilos	Diámetro Externo Total mm <sup>2</sup>	Capacidad de corriente maxima
14	2.08	7	2.81	25
12	3.31	7	3.29	30
10	5.26	7	4.15	40
8	8.37	7	5.48	55
6	13.3	7	6.44	75
4	21.15	19	8.09	95
2	33.63	19	9.59	130
1/0	53.51	19	12.05	170
2/0	67.44	19	13.17	195
3/0	85.03	19	14.43	225
4/0	107.22	19	15.85	260

Fuente: Servicios Técnicos Weidmann, marzo 1999

**Tabal XXI Datos de las aulas**

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

Fuente: Centro universitario de Sur Occidente.

**Tabla XXII Comparación de los conductores calculados y utilizados**

Conductores			
Circuito de los edificios A, B y C	Calibre	Calibre utilizado en el CUNSUROC	Correcto o Incorrecto
A-A	12	12	√
A-B	12	12	√
A-C	12	12	√
A-D	12	12	√
A-E	12	12	√
A-F	12	12	√
A-G	12	12	√
A-H	12	12	√
A-I	12	12	√
A-J	12	12	√
B-A	12	12	√

B-B	12	12	√
B-C	12	12	√
B-D	12	12	√
B-E	12	12	√
B-F	12	12	√
B-G	12	12	√
C-A	12	12	√
C-B	12	12	√
C-C	12	12	√
C-D	12	12	√
C-E	12	12	√
C-F	12	12	√
C-G	12	12	√
C-H	12	12	√
C-I	12	12	√
C-J	12	12	√

Fuente: Centro universitario de Sur Occidente

**Tabla XXIII de coeficientes de utilización K**

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

	3.0	0.55	0.50	0.40	0.34	0.61	0.55
	5.0	0.60	0.57	0.45	0.39	0.68	0.63
Luz Semi-Directa SD	0.6	0.34	0.28	0.31	0.24	0.35	0.29
	1.0	0.48	0.42	0.44	0.36	0.50	0.43
	2.0	0.64	0.59	0.58	0.51	0.69	0.62
	3.0	0.70	0.66	0.63	0.57	0.78	0.72
	5.0	0.75	0.72	0.68	0.63	0.86	0.81
Luz Difusión General G	0.6	0.26	0.21	0.23	0.16	0.27	0.22
	1.0	0.38	0.33	0.33	0.26	0.40	0.34
	2.0	0.53	0.48	0.44	0.38	0.57	0.51
	3.0	0.59	0.55	0.49	0.44	0.65	0.59
	5.0	0.64	0.61	0.54	0.49	0.73	0.68
Luz Directa D	0.6	0.34	0.28	0.33	0.24	0.35	0.28
	1.0	0.49	0.42	0.47	0.37	0.51	0.43
	2.0	0.65	0.60	0.63	0.55	0.71	0.64
	3.0	0.72	0.67	0.69	0.63	0.80	0.74
	5.0	0.78	0.75	0.75	0.71	0.89	0.85

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

**Tabla XXIV Coeficiente de reflexión**

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

	Café oscuro	10 – 15
--	-------------	---------

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

**Tabla XXV Nivel Lumínico**

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

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

**Tabla XXVI Lámparas fluorescentes**

Tabla de Lámparas Fluorescentes				
Producto	Largo		Watts	Lúmenes
F20T12/CW	24"	609.6mm	20	1240
F20T112/WW	24"	609.6mm	20	1260
F20T12/D	24"	609.6mm	20	1075
F30T12/D	24"	609.6mm	20	1900
F40CW	48"	1219.2mm	40	3100
F40D	48"	1219.2mm	40	2700

F40CW/RS/SS	48"	1219.2mm	34	2775
F40WW/RS/SS	48"	1219.2mm	34	2825
F40D/RS/DD	48"	1219.2mm	34	2350
F48T12/CW	48"	1219.2mm	39	2940
F48T12/D	48"	1219.2mm	39	2500
F48T12/CW/SS	48"	1219.2mm	32	2550
F72T12/CW	72"	1828.8mm	55	4500
F72T12/D	72"	1828.8mm	55	3900
F96T12/CW	96"	2438.4mm	75	6300
F96T12/WW	96"	2438.4mm	75	6400
F96T12/D	96"	2438.4mm	75	5400
F96T12/CW/SS	96"	2438.4mm	60	5400
F96T12/WW/SS	96"	2438.4mm	60	5500
F96T12/D/SS	96"	2438.4mm	60	4700

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