



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

**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIRTUAL DEL CURSO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS,
BAJO EL MODELO CONSTRUCTIVISTA DE EDUCACIÓN, EN LA ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Alvino Rosendo Jichá Ajbal
Asesorado por el ing. Gustavo Benigno Orozco

Guatemala, septiembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIRTUAL DEL CURSO DE INSTALACIONES
ELÉCTRICAS, BAJO EL MODELO CONSTRUCTIVISTA DE EDUCACIÓN,
EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALVINO ROSENDO JICHÁ AJBAL
ASESORADO POR EL ING. GUSTAVO BENIGNO OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Bayron Armando Cuyán Culajay
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIRTUAL DEL CURSO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, BAJO EL MODELO CONTRUCTIVISTA DE EDUCACIÓN, EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA 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 de marzo de 2016.

Alvino Rosendo Jichá Ajbal

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por concederme la vida.
Mi madre	Rosaura Ajbal, por ser el regalo que Dios me dio y por enseñarme que los mejores hombres se forman en las peores adversidades.
Mi padre	Baldomero Jichá, por ser el mejor ejemplo en sus incesantes luchas de trabajo.
Mis hermanos	Rigoberto, Gabriel y Víctor, por enseñarme, a través de ejemplos, la perseverancia.
Mis hermanas	Adelina, Roslyn, Matilde, Fausta, Sofía, María Jova, Sandra, Ofelia y Dora Natalí, por su apoyo moral.
Mis amigos	Carlos Andrés Pérez, Paul Antonio Mejía, Manuel Gustavo Mejía y Julio Norberto Reyes, por apoyarme en mis esfuerzos.
Mis cuñados	Leónidas Camey, José Carlos, Adán Monzón, por estar siempre pendientes de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de formarme como profesional y ser mi <i>alma máter</i> .
Facultad de Ingeniería	Por ser el pilar de mis conocimientos y desarrollo académico.
DIOS	Por darme la oportunidad de vivir.
A mi madre	Por trabajar constante y arduamente para que esto fuese posible.
Mis asesores	Ingenieros Gustavo Benigno Orozco y Otto Fernando Andrino González.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. CONTENIDO A DIGITALIZAR DEL CURSO DE INSTALACIONES ELECTRICAS.....	1
1.1. Generalidades	1
1.1.1. Carga resistiva.....	1
1.1.2. Carga inductiva.....	2
1.1.3. Carga capacitiva	2
1.1.4. Definición de una instalación eléctrica.....	3
1.1.5. Clasificación de las instalaciones eléctricas	3
1.1.6. Componentes de una instalación eléctrica	3
1.1.6.1. Definición de voltaje.....	4
1.1.6.2. Definición de voltaje de fase	4
1.1.6.3. Definición de voltaje de línea	4
1.1.6.4. Definición del conductor neutro	5
1.1.6.5. Definición de la tierra física.....	5
1.1.6.6. Definición de carga lineal.....	7
1.1.6.7. Definición de carga no lineal.....	8
1.2. Selección de conductores.....	9
1.2.1. Selección por corriente	9
1.2.1.1. Ramales o circuitos	10

	1.2.1.1.1.	Ramales con carga puntual	10
	1.2.1.1.2.	Ramales con carga distribuida.....	11
	1.2.1.2.	Alimentadores	13
1.3.		Selección por caída de tensión	13
	1.3.1.	Ramales monofásicos	13
	1.3.2.	Ramales trifásicos	14
1.4.		Selección de tubería.....	14
	1.4.1.	Definición de canalización	15
	1.4.1.1.	Tipos de canalización	15
	1.4.1.2.	Dimensionamiento de tuberías.....	18
1.5.		Selección de protecciones eléctricas	19
	1.5.1.	Por qué el uso de protecciones eléctricas	20
	1.5.2.	Fallas más frecuentes en las instalaciones eléctricas	20
	1.5.3.	Dispositivos de protección en las instalaciones eléctricas	22
	1.5.4.	Curvas de protección	23
	1.5.5.	Tableros de distribución	26
1.6.		Elementos de diseño en instalaciones eléctricas	29
	1.6.1.	Procedimiento de diseño	29
	1.6.2.	Plano de iluminación	29
	1.6.3.	Plano de fuerza	30
	1.6.4.	Memoria de cálculo	30
	1.6.5.	Instalaciones domiciliarias.....	31
	1.6.6.	Instalaciones comerciales	32
1.7.		Iluminación de interiores	35
	1.7.1.	Dispositivos de iluminación	39

1.7.2.	Método de cálculo.....	40
1.7.2.1.	Diseño de un sistema lumínico	41
1.7.2.2.	Cálculo por el método de lúmenes	48
1.8.	Instalaciones especiales.....	51
1.8.1.1.	Instalación de motores.....	52
1.8.2.	Arranque de motores de inducción o asíncronos....	55
1.8.3.	Comportamiento de la corriente en el arranque de los motores asíncronos.....	55
1.8.4.	Factor de potencia	59
1.8.4.1.	Definición del factor de potencia.....	60
1.8.4.2.	Efectos del factor de potencia.....	60
1.8.4.3.	Cálculo de penalización del factor de potencia	61
1.8.4.4.	Corrección del factor de potencia	62
1.8.5.	Definición de armónicos	68
1.8.5.1.	Efectos y tipos de armónicos	69
1.8.5.2.	Corrección de armónicos	70
1.8.6.	Plantas de emergencias	72
1.9.	Elementos de diseño de una instalación industrial	72
1.9.1.	Dispositivos de protección para las instalaciones industriales.....	73
1.9.2.	Características de una instalación industrial.....	75
1.9.3.	Sistemas de distribución	83
1.9.4.	Cálculos elementales en una instalación industrial	85
1.9.4.1.	Ramales	85
1.9.4.2.	Sub alimentadores	86
1.9.4.3.	Alimentador principal	86
1.9.4.4.	Tablero principal	86

1.9.4.5.	Subestación.....	87
1.10.	Cálculo de una instalación eléctrica como proyecto.....	87
1.10.1.	Memoria de cálculo	88
1.10.2.	Cómo seleccionar conductores tomando en cuenta los factores de corrección por agrupamiento y temperatura	89
1.10.3.	Planos eléctricos	127
1.10.4.	Diagrama unifilar	132
2.	ASPECTOS GENERALES DEL USO DE LAS TICS COMO HERRAMIENTA VIRTUAL.....	133
2.1.	Marco teórico	133
2.2.	Tics en la educación.....	133
2.3.	Modelo constructivista.....	135
2.4.	Uso de videos	137
3.	EJERCICIOS VIRTUALES APLICADOS	139
3.1.	Simulación por <i>software</i> bajo condiciones de carga	139
3.2.	<i>Software</i> asistente para diseñar instalaciones eléctricas	141
3.3.	Ejercicios de aplicación	149
4.	EVALUACIÓN	153
4.1.	Evaluación de contenidos	153
4.2.	Evaluación de criterios	158
	CONCLUSIONES.....	161
	RECOMENDACIONES	163
	BIBLIOGRAFÍA.....	165
	ANEXOS.....	166

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Componentes de una instalación eléctrica.....	8
2.	Carga puntual.....	11
3.	Carga distribuida	12
4.	Circuito equivalente de cargas distribuidas	12
5.	Diagrama de fallas	22
6.	Gráfica, zona de trabajo y de accionamiento de protecciones termomagnéticas.....	26
7.	Acometidas en un inmueble, con servicio para diferentes usuarios	32
8.	Tablero múltiple de medición principal con demanda	34
9.	Acometida comercial individual	35
10.	Área y longitudes para diseñar sistemas lumínicos	42
11.	Dimensionamiento de conductores para motores	54
12.	Gráfica Par-Velocidad	57
13.	Diagrama vectorial del factor de potencia	65
14.	Corrección del factor de potencia.....	67
15.	Diagrama de conexión de banco de capacitores	68
16.	Comportamiento de la señal armónica en cargas lineales	71
17.	Comportamiento de una señal armónica en cargas no lineales	71
18.	Conexión estrella/estrella 4 hilos.....	78
19.	Conexión delta/estrella 4 hilos	79
20.	Conexión estrella/delta 4 hilos	81

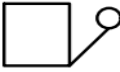
21.	Conexión estrella/delta 3 hilos	82
22.	Plano de amueblado	127
23.	Plano de iluminación.....	128
24.	Plano de fuerza.....	129
25.	Plano de fuerza de parqueo.....	130
26.	Plano de iluminación de parqueo.....	131
27.	Diagrama unifilar de potencia	132
28.	Efecto resistivo.....	139
29.	Efecto inductivo.....	140
30.	Efecto capacitivo	141
31.	Cálculo de conductores para cargas resistivas	142
32.	Cálculo No.1 del <i>software</i>	143
33.	Cálculo de conductores para cargas inductivas.....	143
34.	Cálculo No.2 del <i>software</i>	144
35.	Cálculo de conductores para cargas capacitivas	144
36.	Cálculo No.3 del <i>software</i>	145
37.	Planta de amueblado construido en el <i>software</i>	146
38.	Vista en tres dimensiones.....	147
39.	Vista en tres dimensiones con luminarias.....	147
40.	Vista en tres dimensiones con luminarias encendidas.....	148
41.	<i>Lux</i> en el plano de trabajo por áreas.....	148

TABLAS

Tabla I.	Valores de impedancias	7
Tabla II.	Dimensiones de tuberías metálicas	19
Tabla III.	Tipos y causas de fallas	21
Tabla IV.	Especificación de tableros.....	27

Tabla V.	Distribución de cargas en barras de tableros	28
Tabla VI.	NI. Nivel de iluminación o iluminancia	38
Tabla VII.	Características de luminarias	39
Tabla VIII.	Vida útil de luminarias.....	40
Tabla IX.	Valores de reflexión de superficies	42
Tabla X.	Valores de coeficientes de utilización	43
Tabla XI.	Luminarias incandescentes	44
Tabla XII.	Luminarias fluorescentes de espiral	45
Tabla XIII.	Luminarias fluorescentes para sobreponer.....	46
Tabla XIV.	Luminarias fluorescentes para empotrar	47
Tabla XV.	Fórmulas de luminarias de suspensión	51
Tabla XVI.	Valores de eficiencia de motores.....	58
Tabla XVII.	Valores de voltaje	76
Tabla XVIII.	Rangos de potencia.....	76
Tabla XIX.	Memoria de cálculo por cada apartamento.....	88
Tabla XX.	Memoria de cálculo de servicios generales	89
Tabla XXI.	Distancias del tablero múltiple al tablero de distribución	90
Tabla XXII.	Conductor alimentador de apartamentos.....	95
Tabla XXIII.	Lámparas por apartamento	123
Tabla XXIV.	Cantidad total de luminarias	124
Tabla XXV.	Conductores alimentadores.....	125
Tabla XXVI.	Características del tablero de medición múltiple	126
Tabla XXVII.	Tabla 310-16 conductores para instalar en canalización.....	166
Tabla XXVIII.	Tabla 310-17 conductores para instalar al aire libre.....	167
Tabla XXIX.	Tabla 310-15g para corrección por agrupamiento	168

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Campana de timbre
	Conductor neutro
	Conductor de línea viva
	Conductor conectado a una varilla de tierra física
	Interruptor sencillo
	Interruptor de tres vías
	Lámparas incandescentes
	Lámparas fluorescentes
	Puentes entre interruptores
	Pulsador de timbre
	Retorno
	Salida para calentador
	Tomacorriente de 120 voltios
	Tablero de distribución de circuitos
	Tomacorriente de 240 voltios

GLOSARIO

Acople	Operación mediante la cual se realizan uniones entre barras en las subestaciones.
Barra	Material de cobre que sirve para derivar corrientes a conductores por medio de bornes que sirven como punto común y alimentadores.
Deslumbramiento	Efecto que se da en los sistemas lumínicos que tiene consecuencias en la visualización de objetos.
Impedancia	Nombre que se le da a la oposición al paso de corriente cuando la señal es alterna o sinusoidal.
Rendimiento	Es la relación de potencia de salida y de entrada en máquinas eléctricas.
Software	Programa de computadora que sirve para simular circuitos con cargas eléctricas muy cercanas al comportamiento de la realidad física.
Transformador	Dispositivo eléctrico que sirve para reducir o elevar los niveles de voltaje o de tensión.

RESUMEN

La importancia de este trabajo de graduación radica en el apoyo al desarrollo del curso de Instalaciones Eléctricas, el cual se basa principalmente en el NEC (Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos). En el primer capítulo se hace énfasis del correcto dimensionamiento de conductores, canalizaciones y protecciones de los distintos circuitos eléctricos que se encargarán de distribuir la energía a todas las cargas de una instalación.

En el capítulo dos se considera la importancia de las TICS (Tecnologías de la Información por Computadora), con los beneficios que se obtienen en los diferentes ámbitos educativos haciendo uso de plataformas virtuales. Se presenta el modelo constructivista de la educación, con su importancia en la formación de estudiantes y docentes, acorde a los cambios y a las necesidades en los avances tecnológicos.

En el capítulo tres se desarrolla la aplicación de ejercicios virtuales por medio de *software*, que contiene componentes para simular efectos de cargas como: resistencias, inductores, capacitores, entre otros dispositivos. Esta herramienta se obtiene por medio de librerías del programa, fuentes de voltajes y conductores para interconectar dispositivos utilizados para ejercicios de aplicación.

En el capítulo cuatro se realizan evaluaciones con base en conceptos, fórmulas, videos e interpretación de tablas de manera objetiva, para obtener una ponderación del conocimiento que adquieren las personas que hacen uso de este material de apoyo, que tiene como fin adquirir conocimientos sobre

bases sólidas y científicas en instalaciones eléctricas, para su construcción en diversos ámbitos y aplicaciones de las necesidades y requerimientos actuales.

OBJETIVOS

General

Diseñar una estructura virtual del curso de Instalaciones Eléctricas, bajo el modelo constructivista de educación, en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos.

Específicos

1. Crear videos conceptuales vinculados al curso de Instalaciones Eléctricas.
2. Crear videos de aplicación de los conceptos.
3. Resolver problemas aplicando los conceptos mediante un asistente de *software* de computadora.
4. Diseñar métodos de evaluación basados en los conceptos del curso.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el curso de Instalaciones Eléctricas se imparte en forma magistral, con la presentación de distintos temas y la resolución de problemas en clase. Además, se complementa la adquisición de conocimientos, mediante prácticas de laboratorio, sin embargo, se considera que es posible la fijación de estos conocimientos por medio de videos, presentaciones y otras ayudas audiovisuales que permitan al estudiante tener un contacto y acercamiento con situaciones reales, que son difíciles de visualizar solo con los conocimientos teóricos de la clase.

Por esta razón, se desarrolla el presente trabajo de graduación, con el propósito de diseñar una estructura virtual del curso de Instalaciones Eléctricas, que apoyará al aprendizaje de sus contenidos, temas, interpretación y aplicación de fórmulas, así como los criterios para diseñar e incursionar en el uso de *software* como herramienta auxiliar y complemento en la parte de diseño que ayudará y aumentará el conocimiento del estudiante.

1. CONTENIDO A DIGITALIZAR DEL CURSO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

1.1. Generalidades

Las instalaciones eléctricas juegan un papel importante, debido a que con ellas se realiza la alimentación de distintas cargas eléctricas de una edificación por pequeña o grande que esta sea. Es decir, se alimentan los distintos dispositivos que utilizan electricidad para su respectivo funcionamiento, que tiene como propósito realizar una tarea.

Para el dimensionamiento de conductores en las instalaciones eléctricas interiores se utilizan cálculos matemáticos utilizando fórmulas y aplicando la ley de Ohm para corriente directa, aunque estas funcionan con corriente alterna, debido a que las distancias son cortas y las cargas son relativamente pequeñas, por lo cual se incurre en un error menor al 3 %, que es aceptable.

1.1.1. Carga resistiva

Es un tipo de carga en que no existe desfase entre corriente y voltaje. Expresado de forma matemática, el desfase es cero entre ambas señales, se mantiene el mismo patrón. Dentro de estas cargas están: lámparas incandescentes, hornos de resistencias, cuartos de calor, sistemas diversos de calefacción, etc. No altera el factor de potencia. Al aplicar una tensión alterna sinusoidal se tendrá una corriente en fase con la tensión (parten del mismo punto y llegan al mismo punto y al mismo tiempo).

1.1.2. Carga inductiva

Cuando se tiene una carga de este tipo, la corriente se retrasa 90° con respecto al voltaje. El consumo de corriente es mayor en el arranque y en operaciones normales, debido a que sus componentes son bobinas construidas de alambre de cobre o de aluminio. La potencia la toma la carga en el medio ciclo de la fuente de corriente alterna y la convierte en campo magnético variable que, de acuerdo con las leyes de inducción de Faraday y Lenz, produce una tensión en la bobina, que se opone a la fuente que la produce, de tal forma que en el siguiente medio ciclo lo regresa a la potencia de la fuente. La inductancia o bobina toma potencia de la fuente, la usa y posteriormente la regresa, no la consume. En este caso, en lugar de la resistencia se tiene una reactancia inductiva. En este tipo de carga se puede mencionar a los motores, transformadores, reactores, generadores, por sus características de construcción y de funcionamiento.

1.1.3. Carga capacitiva

Para este tipo de carga la corriente se adelanta 90° con respecto del voltaje. Dentro de estas se puede mencionar a los capacitores conocidos también como condensadores o filtros y los motores síncronos. En el caso del capacitor, la potencia la toma la carga en el primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna y la convierte en campo eléctrico, que en el siguiente medio ciclo regresa la potencia a la fuente. Es decir que el capacitor se carga y se descarga, toma la potencia de la fuente, la usa y la regresa, pero no la consume. En este caso no se habla de resistencia sino de una reactancia capacitiva. Tiene aplicaciones en las industrias metalúrgicas y sistemas diversos donde se utiliza campo eléctrico.

1.1.4. Definición de una instalación eléctrica

Es un conjunto de elementos, accesorios, materiales y equipos que se constituyen como uno solo, para proporcionar un servicio eléctrico para cargas eléctricas de edificios, fábricas, alumbrados públicos, industrias pequeñas o de gran magnitud, entre otras aplicaciones, trasladando la energía eléctrica que administran las empresas distribuidoras. En Guatemala estas empresas son: EGSSA (Empresa Eléctrica de Guatemala), Energuate y, en algunos casos particulares, empresas municipales.

1.1.5. Clasificación de las instalaciones eléctricas

Estas se clasifican según su potencia instalada, su voltaje de funcionamiento, su construcción y su ubicación, sin embargo, las más conocidas según su uso son: domiciliarias, comerciales, industriales y especiales, cada una de estas posee características diferentes en sus accesorios, por el servicio que administran. Para sus instalaciones se consideran reglamentos contenidos en las normas de regulación.

1.1.6. Componentes de una instalación eléctrica

Los principales componentes de una instalación eléctrica son: Acometida, medición, alimentación, centro de distribución o tableros, ramales o circuitos que sirven para el traslado de corriente hacia los emplazamientos de cargas eléctricas por medio de conductores dimensionados a un valor de capacidad nominal de operación. Los circuitos o ramales, así como los alimentadores, están constituidos por tres elementos principales: conductores, que son la infraestructura de transporte de corrientes; protección mecánica para

los conductores constituidos por tubos o canalización eléctrica, y protección eléctrica para resguardar los circuitos de la presencia de fallas.

1.1.6.1. Definición de voltaje

Se define como la fuerza que sirve para desplazar la corriente en los circuitos eléctricos. Es análogo a un sistema de agua donde la presión es el voltaje y la corriente la cantidad de agua que circula por la tubería. El voltaje es el encargado de desplazar la corriente por los conductores, estos, por no tener un comportamiento ideal, están relacionados con caídas de tensión a través de conductores afectando el transporte de corriente, cuando su trayecto es muy largo. El voltaje también se conoce como fuerza motriz, diferencia de potencial, fem inducida, entre otros.

1.1.6.2. Definición de voltaje de fase

El voltaje de fase también es conocido como tensión simple. Se determina midiendo con un voltímetro del conductor neutro que sirve de referencia con respecto a la línea viva o fase. Esta medición se puede realizar en todas las instalaciones eléctricas y en unidades receptoras como tomacorrientes, tableros de distribución, entre otros. Su valor debe ser de 120 voltios.

1.1.6.3. Definición de voltaje de línea

El voltaje de línea también se conoce como voltaje entre fase y fase, tensión compuesta o tensión de línea. Se obtiene su valor midiendo el diferencial de potencial entre dos líneas vivas o dos fases diferentes con un voltímetro. Existe un voltaje debido a que el desfase entre ambas líneas es de 120° de una con respecto de la otra, ambos no se pueden unir por el mismo

desfase que poseen, por lo que se produciría un corto circuito (impedancia cerca de cero).

1.1.6.4. Definición del conductor neutro

El neutro es utilizado para retornar corrientes de fase hacia la fuente en los circuitos de cargas monofásicas. Según el NEC debe tener un mismo valor con respecto a fase, medido desde cualquier punto en los circuitos, alimentando cargas que conforman la red de instalación, con excepción de cuando la conexión del secundario del banco de transformadores es una delta con derivación intermedia. Su dimensionamiento es de gran importancia, dependiendo del tipo de carga que va a suministrar puede llegar hasta el mismo valor de conductores de fase cuando las cargas son no lineales.

Las funciones del conductor neutro para cargas monofásicas de dos hilos sirven de retorno de corrientes pasando por la carga hacia la fuente, en dicho caso la corriente de fase es igual a la corriente que circula por el neutro. En estas condiciones el conductor neutro debe ser igual al conductor de fase. El conductor neutro se especifica con el 70% de los conductores activos en el caso de ramales trifásicos o monofásicos de tres hilos y con cargas lineales.

1.1.6.5. Definición de la tierra física

La tierra física sirve para limitar voltajes causados por descargas atmosféricas o contacto accidental de los conductores de suministro con conductores de mayor voltaje; también para estabilizar voltajes durante condiciones anormales, facilitar la operación de dispositivos de protección contra sobre-corrientes bajo condiciones de fallas, drenar corrientes de fuga o corrientes de descargas electrostáticas, atenuar los acoplamientos

electromagnéticos, poner a un mismo diferencial de potencial cero toda las partes tangibles como accesorios, carcasas y dispositivos que conforman una instalación eléctrica. Para su instalación se debe considerar la impedancia que el NEC recomienda según la magnitud y el tipo de instalación. Es indispensable, para que los interruptores automáticos de seguridad accionen de forma inmediata, mantener una potencia limpia de ruidos obtenidos por los generadores eléctricos, incluso los mismos equipos electrónicos pueden causar dichos ruidos causando daños, problemas y errores de datos en los equipos electrónicos sofisticados.

La función de la tierra física es drenar todo tipo de corriente generada de cualquier origen que afecta de manera directa las magnitudes (voltaje y corriente). Para que esto se cumpla se debe contar con una impedancia mínima al paso de corriente no deseada, que si esto se deja de manera arbitraria podría causar repercusiones como choques eléctricos, voltajes de contacto, voltajes de paso, voltajes con salto de arco, etc, poniendo la instalación en peligro, así como a las personas que operan con las instalaciones y los componentes que las constituyen.

La trayectoria de tierra física debe ser íntegra, como en el caso de los circuitos eléctricos de potencia. El conductor debe estar dimensionado para soportar, transportar, las corrientes de falla y de corto circuito, plenamente identificado, como lo indica la norma, de color verde o cable desnudo protegido de canalización. La importancia de la tierra física debe ser considerada como parte principal en los diseños de cualquier instalación, como soporte y seguridad de funcionamiento de dispositivos electrónicos de transmisión de datos en telecomunicaciones que son los más susceptibles como consecuencia de problemas de funcionamiento y rendimiento de funciones. En la tabla siguiente se consideran valores de impedancias que pueden ser utilizados en

los diseños de instalaciones de tierras físicas, para que estas funcionen adecuadamente sin repercusiones, como lo indica la norma NEC.

Tabla I. **Valores de impedancias**

IMPEDANCIAS RECOMENDADAS POR EL NEC		
1	Tierra física de seguridad como casas de habitación, comercios, oficinas o locales considerados como de concentración pública.	Impedancia no mayor a 25Ω
2	Tierra física para sistemas de protección de computadoras	Impedancia no mayor a 5Ω
3	Áreas de descargas atmosféricas con incidencias mayores a 30 descargas por milla cuadrada en un año.	Impedancia no mayor a 1Ω

Fuente de información: norma NEC.

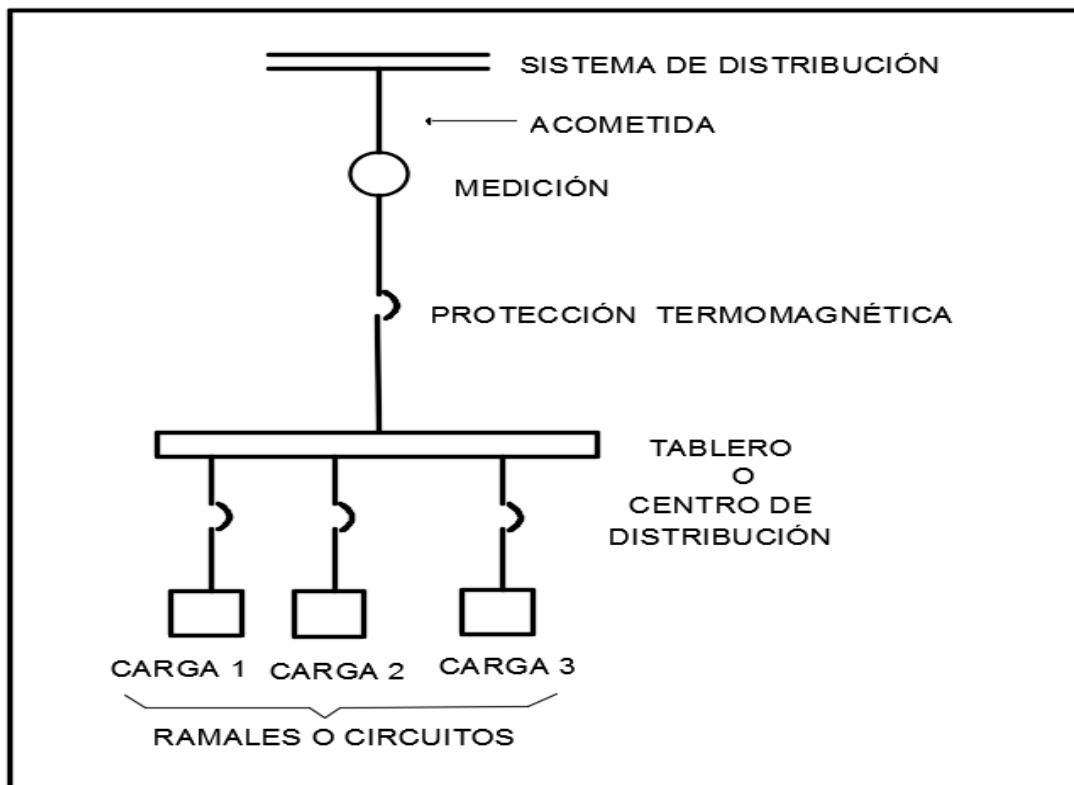
1.1.6.6. Definición de carga lineal

Tiene como característica que, al ser alimentada por una señal de corriente o voltaje alterno, esta señal no cambia de comportamiento, manteniendo un mismo patrón en toda su trayectoria, aunque existe desfase entre ambas señales. Es decir que la forma de señal no se distorsiona, sino que se mantiene dicho patrón al conectarse este tipo de cargas.

1.1.6.7. Definición de carga no lineal

Este tipo de carga, cuando se alimenta con señal de corriente y voltaje alterno, sufre una distorsión por completo de en la señal en toda su trayectoria. Esto se debe a que en este tipo de carga, para su respectivo funcionamiento, la señal alterna que lo alimenta debe ser rectificada por dispositivos electrónicos a corriente directa. Esto tiene efecto directo en la señal, generando aun otras señales adicionales que provocan disipación de energía en forma de calor o sobre-calentamiento joule I^2R .

Figura 1. Componentes de una instalación eléctrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.2. Selección de conductores

Los conductores utilizados en las instalaciones eléctricas están constituidos de dos partes: una conductiva, de cobre o aluminio, y otra de aislante, denominado forro. Los conductores de aluminio son utilizados en las instalaciones al aire libre por sus características livianas que poseen de bajo peso, pero con menos capacidad de conducción, mientras que el cobre es utilizado en instalaciones interiores, en canalizaciones como tuberías; poseen mejores características de conducción, pero con mayor peso que el aluminio.

El forro cumple las siguientes funciones: protección mecánica, dieléctrica, temperatura, protección contra los efectos químicos a los que va estar expuesto, de cualquier naturaleza, como el polvo y el agua, entre otras, identificados por el color que estos poseen: negro, rojo y azul o celeste como las líneas vivas, gris y/o blanco para líneas de neutro y verde para la tierra física.

Para seleccionar los conductores de un circuito se requiere de dos evaluaciones: por corriente y por caída de tensión. Ya realizada dicha evaluación se debe elegir el de mayor tamaño de sección transversal, ya que se cumple con estos dos requisitos. Según el resultado obtenido, se considera o se dice que es crítico, ya sea por corriente o por voltaje.

1.2.1. Selección por corriente

El parámetro de selección es la corriente nominal que consumen las cargas para operar correctamente. Dichos valores se obtienen de las placas de identificación técnica o manual de soporte técnico de los equipos. Con este valor se busca el calibre indicado de conductores en la tabla 310-16, para

conductores que van dentro de tuberías metálicas o la tabla 310-17, para instalaciones al aire libre. Dichas tablas contienen valores de selección para límite térmico del forro de 60°C. 75°C. 85°C. y 90°C. En caso que se necesite trasladar más de tres conductores por la misma tubería se debe utilizar la tabla 310-15 (g) para contemplar el factor de corrección por agrupamiento. La tabla está hecha para temperatura ambiente de 30°C. Para valores distintos a esta se deben aplicar los factores de corrección contenidos al pie de la tabla. Si el material del tubo no es de metal sino de plástico PVC, se recomienda aplicar un factor de corrección de 0,8 para el dimensionamiento correcto de su diámetro, para que exista un espacio de liberación del calor que se concentra por circulación de corrientes entre conductores en dichos tubos.

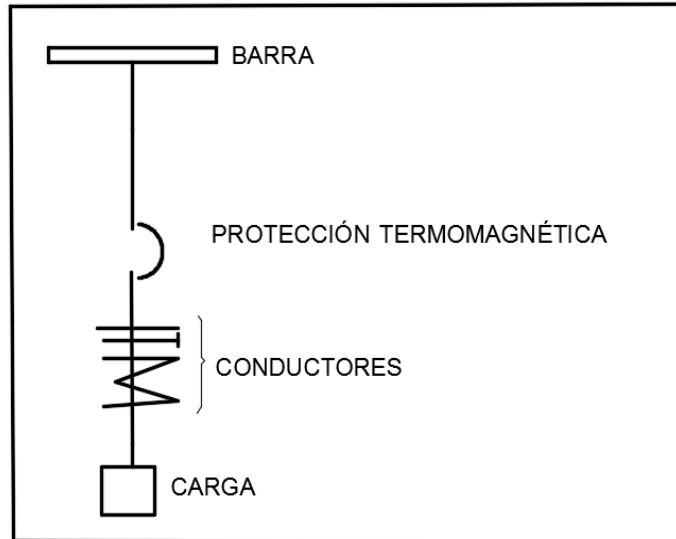
1.2.1.1. Ramales o circuitos

Son derivaciones de un centro de distribución y pueden alimentar una sola carga (carga puntual), o un conjunto de cargas en forma distribuida como tomacorrientes de servicio de 120 o 220 voltios, sistema de luminarias, circuitos de máquinas eléctricas con valores no muy altos en potencia, entre otros.

1.2.1.1.1. Ramales con carga puntual

Se encuentra la corriente nominal y con este valor se encuentra el conductor correspondiente en las tablas 310-16 o 310-17, si las condiciones son las de la tabla, si no se aplican los factores de corrección correspondientes, añadiendo el criterio de servicio continuo. En un servicio continuo la carga está conectada durante tres horas o más. Con este procedimiento se encuentran los conductores activos o fases.

Figura 2. **Carga puntual**



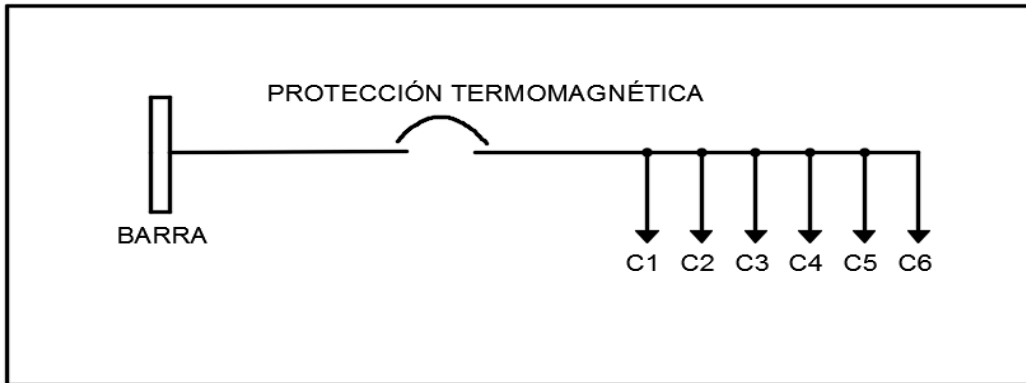
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.2.1.1.2. Ramales con carga distribuida

Es el ramal que alimenta varias cargas conectadas en paralelo. Para seleccionar sus conductores se debe encontrar un circuito equivalente con carga puntual, en que la carga equivalente es la suma de cargas con valores nominales. Con este se elige el conductor adecuado en las tablas 310-16 o 310-17, si las condiciones son similares a las de la tabla. Si no, se aplican factores de corrección excepto de servicio continuo. Para encontrar la carga equivalente se utiliza la siguiente expresión:

$$C_{Eq} = \sum C_i$$

Figura 3. **Carga distribuida**

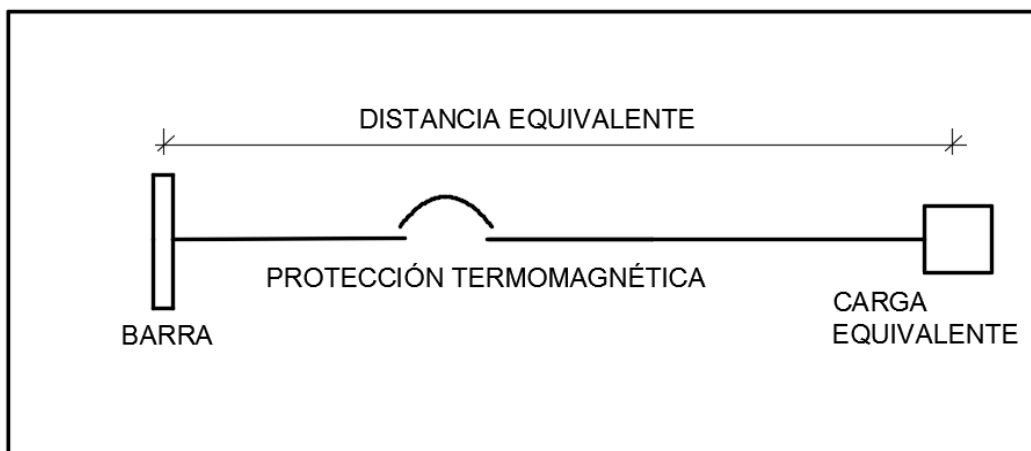


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

La distancia equivalente se sitúa en el punto donde se ubica el centro de cargas del circuito, el cual, se calcula con la siguiente expresión:

$$d_{eq} = \frac{\sum C_i * d_i}{\sum C_i}$$

Figura 4. **Circuito equivalente de cargas distribuidas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Cuando las cargas son del mismo tamaño en magnitudes, lo que se da en algunos casos en las instalaciones eléctricas, se dimensiona el conductor con la distancia equivalente, que es la distancia promedio de todas las cargas.

1.2.1.2. Alimentadores

Son los circuitos que alimentan a los centros de distribución, barras o tableros, según sea su magnitud de potencia a suministrar. Los conductores activos se encuentran con la corriente nominal aplicando los factores de corrección que corresponden, excepto el de servicio continuo.

1.3. Selección por caída de tensión

Caída de tensión se entiende como la diferencia existente entre el voltaje aplicado en un extremo del conductor y el obtenido en el otro extremo de este, cuando circula por él una corriente a plena carga. En la selección de conductores por caída de tensión es necesario recordar los valores de regulación de voltajes máximos permitidos: 2 % del contador al centro de carga (alimentador) y 3 % del tablero a la carga (ramal), para obtener un máximo de regulación desde el contador hasta la carga de 5 % que la norma recomienda. Lo que se busca es que la sección del conductor no exceda la regulación permitida.

1.3.1. Ramales monofásicos

Se aplica la fórmula:

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V}$$

En donde:

A= es la sección transversal de conductor en milímetros cuadrados

I= Corriente en amperios

d= Es la distancia en metros

K= Conductividad del cobre con un valor de $57 \text{ m}/\Omega.\text{mm}^2$

e= Regulación permitida en alimentador o ramal de circuitos

V= Voltaje de fase o de línea según sea su aplicación

1.3.2. Ramales trifásicos

Se aplica la fórmula:

$$A_{\text{mm}^2} = \frac{\sqrt{3} * I * d}{K * e * V}$$

En donde:

A= es la sección transversal del conductor en milímetros cuadrados

I= Corriente en amperios

d= Es la distancia en metros

K= Conductividad del cobre con un valor de $57 \text{ m}/\Omega.\text{mm}^2$

e = Regulación permitida en alimentador o ramal de circuitos

V= Voltaje de línea

1.4. Selección de tubería

Las tuberías en las instalaciones eléctricas son de metal de pared gruesa o delgada para aplicaciones distintas; por facilidad de operación, en algunos casos son PVC para instalaciones interiores. Toda tubería sirve como medio de soporte, protección mecánica o, transporte de conductores. Existen accesorios

para cada tipo de tubería de la misma línea, permitiendo la facilidad de la instalación para las diferentes aplicaciones.

1.4.1. Definición de canalización

La canalización es un conjunto de elementos mecánicos que brindan protección a los conductores para condiciones físicas, mecánicas, daños químicos, altas temperaturas, humedad. Las canalizaciones son fabricadas para la adaptación de cualquier ambiente, característica que permite instalarlas de forma empotrada (techos, suelos o paredes), en superficies al aire libre, zonas vibratorias, zonas húmedas o lugares subterráneos.

1.4.1.1. Tipos de canalización

Dentro de las canalizaciones están las tuberías más utilizadas en las instalaciones, son de tipo pesado, semipesado o liviano. Las tuberías pesadas de metal de pared gruesa son galvanizadas, de colores cromado o esmaltado negro, con diámetros que van de 0,5 hasta 6 pulgadas, con roscas en los extremos en segmentos de 3 metros de longitud. Los accesorios más comunes a utilizar son coplas con rosca para uniones entre tubos, abrazaderas para varias aplicaciones para sujetarse, vueltas de 90°, *condulet* tipo LB, LR, C y LL para los lugares donde existen esquinas de 90°, y utilizadas como registros para seccionamientos en lugares de tramos largos para realizar los cableados con facilidad. En la parte final de los tubos utilizan *niple bushing* roscado para no lastimar la salida o entrada de los conductores en tableros o cajas de registros. Se utilizan mayormente en alimentadores, transportando gruesos calibres como bajadas de conexiones de bancos de transformadores hacia las instalaciones interiores o industriales, sobrepuestas con todos sus componentes para intemperie, como las acometidas.

Las tuberías semipesadas o livianas son utilizadas en las instalaciones interiores donde la protección mecánica no es tan exigente, oscilan de 0,5 hasta 2 pulgadas, son de pared delgada, de materiales metálicos o de aluminio, de 3 metros de largo, como accesorios utilizan coplas de unión con tornillo para prensar entre tubos, conectores para la llegada a las cajas de registros y tableros, abrazaderas de diferentes formas para sujetarse, cajas cuadradas de diferentes tamaños como registro y seccionamiento en los tramos largos y tapaderas para caja de registro. Con estos tipos de tubos se pueden realizar dobleces de varios ángulos hasta 90° con dobladores de uso específico.

Las tuberías plásticas PVC son de materiales de poli-cloruro de vinilo, utilizado específicamente en las instalaciones ocultas o empotradas y subterráneas donde el esfuerzo mecánico es mínimo. También es permitido en lugares húmedos donde dicha humedad no penetre o dañe a los conductores. Sus diámetros oscilan de 0,5 a 6 pulgadas, de 3 metros de largo, de colores naranja, gris y blanco. Como accesorios utilizan coplas plásticas para unión entre tubos con pegamento PVC, cajas cuadradas de 4x4, 5x5 pulgadas o rectangular de 4x2 pulgadas, como registro o para instalar unidades receptoras como tomacorrientes, vueltas de 90°, abrazaderas. Las tuberías plásticas tienen la ventaja de facilidad de instalación en lugares estrechos como paredes de *blocks*, ladrillo y tabla yeso. No se debe instalar en lugares donde la temperatura del medio ambiente más la producida por los conductores, exceda los 70°C.

Las canaletas son de metal o plástico cuadrado o rectangular, consideradas como canalización, utilizadas para ayudar en las decoraciones de algunos lugares de instalaciones sobre-puestas interiormente, donde es

necesario llevar varios circuitos para iguales o diferentes servicios, existen tapaderas, cajas, esquinas de 45° y 90° de la misma línea.

Las charolas son conocidas como escalerillas y canaletas, son utilizadas cuando se necesita llevar varios conductores de grueso calibre a varios servicios de alimentación de cargas eléctricas a nivel industrial. Para su utilización se sujetan los conductores de forma ordenada con abrazaderas o cinchos, existen accesorios de 45° y 90° de la misma línea para los lugares donde sea necesario.

La diferencia que existe entre canalizaciones de metal con las de plástico es que el metal permite la disipación de calor por efecto Joule, mientras que el PVC concentran calor por sus propiedades de material aislante, disminuyendo la capacidad de conducción de corriente en los conductores por pérdidas en forma de calor, no importando si los conductores son de aluminio o de cobre.

Las cargas con movimiento, tales como motores, ventiladores, tornos, esmeriles, fresas, sopladores para extracción de humos en las chimeneas de tiro forzado, extracción de gases, bombas para expulsión de líquidos, etc, producen vibración, por lo cual se debe considerar tubería flexible para absorber el movimiento, bornes de alimentación para las cargas sujetos con tornillos de roldana plana y de presión, ductos flexibles de tipo resorte helicoidal para lugares secos, húmedos y a la intemperie. Existen accesorios de la misma línea como conectores, *nipples*, empaques, etc. Se recomienda utilizar cable en lugar de alambre para amortiguar todos los movimientos que podrían provocar falsos contactos o desconexión parcial o completa dejando sin alimentación o provocando alguna falla en las máquinas. El tubo *conduit* flexible es fabricado con cinta engargolada (forma helicoidal). Se utiliza en lugares con necesidad de

flexibilidad y se recomienda utilizar longitudes no mayores a 1,5 metros de intervalos.

1.4.1.2. Dimensionamiento de tuberías

Para calcular el valor del diámetro de tuberías se necesita como dato el número de conductores con sus respectivas áreas de sección transversal, incluyendo el forro. Al conjunto de conductores dentro del tubo se le denomina arreglo. El área del arreglo se calcula con la fórmula:

$$A_{Arreglo} = \frac{\sum \text{áreas de conductores}}{0.7}$$

El arreglo, según si está conformado de 1, 2, o 3 y más conductores debe ocupar el 53 %, 31 % ó 40 % del área del tubo, respectivamente. A esto se le denomina factor de relleno (FR). Entonces el área del tubo se encuentra:

$$A_{Tubo} = \frac{A_{Arreglo}}{FR}$$

O

$$\Phi A_{Tubo} = \frac{\sum \text{áreas de conductores}}{0.7 \times FR}$$

El área de sección transversal del tubo se puede especificar por su diámetro, con la expresión:

$$A = \pi \frac{d^2}{4}$$

Se deduce que:

$$d = \sqrt{\frac{A_{Tubo} \times 4}{\pi}}$$

Tabla II. **Dimensiones de tuberías metálicas**

TUBERÍA, CONDUIT					
Diámetros		Área en mm^2			
Pulgadas.	Milímetros.	100 %	40 %	31 %	53 %
1/2	13	195	78	60,45	103,35
3/4	19	340	136	105,4	180,2
1	25	555	222	172,05	294,15
1 1/4	32	975	390	302,25	516,75
1 1/2	38	1325	530	410,75	702,25
2	51	2175	870	674,25	1152,75
2 1/2	64	3100	1240	961,00	1643,00
3	75	4767	1907	1477,77	2526,25
3 1/2	88	6375	2550	1976,25	3378,75
4	102	8250	3300	2557,50	4372,50
5	127	12668	5067	3926,98	6713,87
6	152	18146	7258	5625,21	9617,29

Fuente: elaboración propia.

1.5. Selección de protecciones eléctricas

Las protecciones son indispensables en las instalaciones eléctricas, debido a que, en su operación, inherentemente se presentan fallas de cualquier naturaleza. La filosofía de la protección busca primero proteger a las personas que usan las instalaciones y luego a los equipos instalados, por medio de interrupción inmediata de disparo en tiempos bastante cortos.

La protección de los equipos es necesaria debido a que las instalaciones eléctricas están expuestas a la ocurrencia de anomalías, denominadas fallas. Cuando ocurren dichas fallas las instalaciones se exponen a esfuerzos en el dieléctrico, esfuerzos térmicos, esfuerzos electrodinámicos. De estos esfuerzos, los dos primeros causan agotamiento, el tercero, destrucción de los aislantes y conductores, repercutiendo en daños aun en los equipos que utilizan energía para su funcionamiento de operaciones.

1.5.1. Por qué el uso de protecciones eléctricas

La función de una protección es desconectar de manera inmediata los equipos cuando se presentan fallas, seccionando únicamente la parte afectada. Al conjunto de dispositivos de protección de una instalación se le denomina sistema de protección y debe cumplir con los siguientes requisitos: confiabilidad, selectividad y sensibilidad, que incluyen:

- Que actúe cuando se les requiere
- Que solo desconecten la parte afectada
- Que su valor nominal esté en el rango nominal adecuado

El segundo requisito lleva a la necesidad de efectuar la coordinación de todos los dispositivos del sistema de protección.

1.5.2. Fallas más frecuentes en las instalaciones eléctricas

Las fallas más frecuentes en instalaciones eléctricas son los cortos circuitos, que son el resultado de la unión directa entre líneas, línea con neutro, línea con tierra física. Esto provoca un gran valor de corriente por los

conductores, afectando los aislantes y pudiendo dañarlos, incluso hasta quemarlos por completo.

El corto-circuito es una conexión de resistencia o impedancia baja entre dos o más puntos de un circuito que están normalmente a tensiones diferentes. Se caracteriza por un incremento prácticamente instantáneo, varias veces el valor de la corriente nominal, en contraste con una sobre-carga, que se caracteriza por un incremento mantenido en un intervalo de tiempo y algo mayor a la corriente nominal.

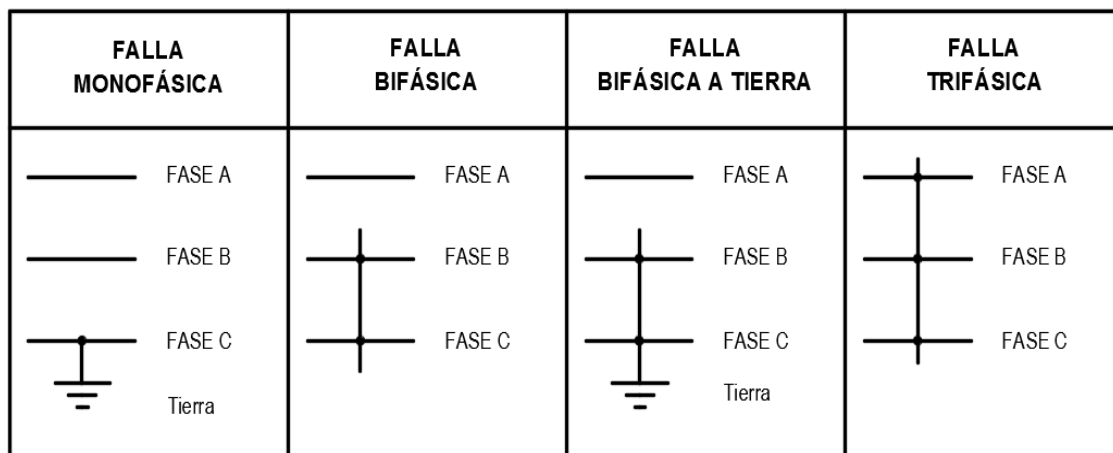
Un corto-circuito puede originarse de distintas maneras, por la vibración de los equipos, pérdidas de aislamientos de manera que los conductores queden expuestos a contactos entre sí o a tierra, aisladores que pueden estar excesivamente sucios por efecto de contaminación, presencia de lluvia o lloviznas ligeras, consiguiendo producir flameo del conductor a la estructura o a tierra. En la siguiente tabla se resumen los efectos de cortos circuitos que ocurren de manera periódica en las instalaciones eléctricas:

Tabla III. **Tipos y causas de fallas**

TIPO	CAUSA
Aislamiento	Defectos o errores de diseño, fabricación inadecuada, instalación sin especificaciones técnicas, aislamiento envejecido, contaminación.
Eléctrico	Descargas atmosféricas, sobre-tensiones transitorias por maniobra, sobretensiones dinámicas.
Térmica	Falla de sobre-corriente, sobre-tensión, temperaturas extremas.
Mecánica	Esfuerzos por sobre-corrientes, sismos, impacto por objetos ajenos, nieve o viento.

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Diagrama de fallas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.5.3. Dispositivos de protección en las instalaciones eléctricas

Los dispositivos más comunes en las instalaciones interiores son los fusibles y los interruptores termomagnéticos. Los fusibles protegen contra corto circuito y los interruptores termomagnéticos contra corto-circuito y sobrecarga. Los fusibles tienen la desventaja de que, cuando protegen en presencia de fallas, se destruyen por completo, por lo que para restablecer el servicio se debe sustituir por otro nuevo con las mismas características técnicas.

Los interruptores termomagnéticos son dispositivos compuestos de dos partes: una bobina magnética y un par bimetálico de actuación térmica. La bobina actúa en respuesta al corto-circuito, mientras que el bimetálico a la sobrecarga. Como ventaja se tiene que al reparar el daño, se puede restablecer el servicio con normalidad sin necesidad de cambiar el dispositivo.

1.5.4. Curvas de protección

Las curvas utilizadas para el estudio de coordinación y las que presentan los fabricantes son: curvas de tiempo-corriente, curvas de corriente de pico permisible y curvas de energía de fusión $t * I^2$. Son gráficas que representa el tiempo promedio de fusión de cada una de las calibraciones. Las curvas de calibración tiempo-corriente muestran el tiempo promedio requerido para fundirse o de actuar el elemento responsable de conducir la corriente. Las características de fusión del elemento se determinan por: correcta aleación de los materiales, pureza de un metal como la plata o el cobre, espesor y ancho del elemento. Cada propósito de coordinación de corriente tiene una variación, así que en lugar de una línea mostrada en el tiempo de fusión se deberá considerar una banda. Las curvas de tiempo-corriente de apertura total muestran el tiempo máximo requerido para cumplir esta función a tensión nominal.

Es cuanto a las curvas de corriente pico de permisible, la mayor parte de sistemas eléctricos de distribución actual son capaces de entregar corriente, de corto-circuito elevado a sus componentes; si estos no son capaces de manejar estas corrientes pueden ser dañados o destruidos fácilmente. Debido a la velocidad de respuesta de falla, se tiene la habilidad de cortar el suministro de corriente antes de que este alcance proporciones peligrosas.

Respecto a las curvas de energía de fusión $t * I^2$, durante la operación si se produce una sobrecarga, es necesaria una cierta cantidad de energía para fundir el elemento y otra parte de energía para extinguir el arco después que el elemento comienza a fundirse, esto aplica con la gama de fusibles de diferentes aplicaciones y fabricaciones.

Los criterios de aplicación para seleccionar protecciones toman en cuenta que: la lógica de un sistema de protecciones es dividir el sistema eléctrico en zonas, cada una de las cuales, requiere en particular de su propio esquema de protección. Es práctico satisfacer completamente la totalidad de estos criterios de manera simultánea, siendo necesario evaluar cada una de las características con base en la comparación de riesgos.

Las características de los dispositivos de protección incluyen: confiabilidad, que consiste en no tener operaciones incorrectas, es función de la dependabilidad de la seguridad. Dependabilidad es la certeza para la operación correcta de la protección en respuesta a un problema del sistema (probabilidad de no tener falla de operación cuando se le requiere), es decir que corresponde a la correcta operación de una protección para todas las fallas que ocurren dentro de una zona de protección en particular. Otras características son: Rapidez: el desarrollo de dispositivos de protección más rápido debe ser siempre evaluado, en comparación al incremento en la probabilidad de un mayor número de operaciones no deseadas o inexplicadas. El tiempo es un excelente criterio para descartar entre un problema real y uno falso. Aplicando esta característica en particular a un dispositivo de protección, la alta velocidad indica que el tiempo usual no debe exceder a 50 milisegundos (3 ciclos).

Economía: un dispositivo de protección que tiene una zona de influencia perfectamente definida, provee una mejor selectividad pero generalmente el costo es mayor. Los dispositivos de protección con velocidad alta ofrecen una mejor continuidad de servicio, al reducir los daños provocados por una falla y los riesgos al personal, por lo tanto, tiene un costo inicial mayor.

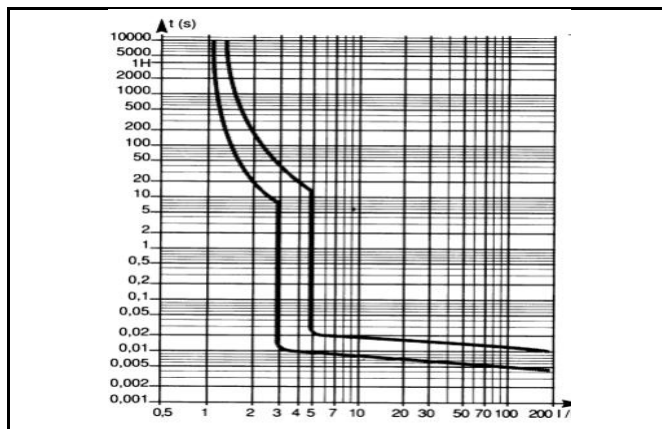
Simplicidad: en un sistema de protección se refleja un buen diseño. Sin embargo, un sistema de protección más simple no es siempre el más

económico. La economía puede ser posible con un sistema de protección complejo que usa un número mínimo de elementos. Otros factores tales como la simplicidad del diseño, mejoran la simplicidad del sistema, si únicamente hay pocos elementos que pueden representar una mala operación.

Selectividad: un sistema de protección es diseñado por zonas, las cuales deben cubrir completamente el sistema eléctrico sin dejar porciones desprotegidas. Cuando una falla ocurre, se requiere que la protección sea capaz de seleccionar y disparar únicamente los dispositivos adyacentes a la falla. Esta propiedad de acción selectiva es también llamada discriminación.

La interpretación de la gráfica de un dispositivo de protección consiste en la zona de posicionamiento de valores de trabajo. Cuando se encuentra dentro de sus valores nominales se posiciona en un área del lado derecho, de lo contrario cuando se encuentra fuera del rango de valores, se encuentra entre una zona entre gráficas resaltadas. Fuera de esta zona el dispositivo de protección debe cortar de inmediato el suministro de energía; haciendo la intersección entre abscisas y ordenadas se puede conocer el valor de la corriente y el tiempo de disparo. En la siguiente figura se muestra la gráfica de una protección termomagnética utilizada en tableros de distribución de carga para proteger circuitos eléctricos:

Figura 6. **Gráfica, zona de trabajo y de accionamiento de protecciones termomagnéticas**



Fuente: ciencia ingenieril: cienciaingenieril.blogspot.com. Consulta: 8 de febrero de 2010.

1.5.5. **Tableros de distribución**

Son dispositivos de alojamiento de protección con barras que contienen clavijas para engrapar y desengrapar interruptores termomagnéticos, los cuales pueden ser: unipolares, bipolares o tripolares. (Con salida de bornes de tornillo para conectar a los conductores que se encargan de trasladar la energía a las cargas). Los tableros son trifásicos (tres barras para fases, una barra de neutro y una de tierra física) o monofásicos (dos barras para fases, una barra de neutro y una de tierra física) respectivamente, y oscilan entre 2 y 42 polos (espacios). La parte física externa es de metal de lámina troquelada con tapadera y tornillos para sujetarse. Los fabrican para instalarse de forma empotrada o sobrepuesta, las barras son aisladas completamente de la parte de soporte. Son de uso exclusivo para distribución de energía y deben ser instalados en un lugar accesible, discreto y lo más cercano al centro de cargas.

Los interruptores termomagnéticos conectados a circuitos deben estar plenamente identificados para facilitar cualquier modificación futura o por seguridad en el caso que se quiera inhabilitar algún servicio interno. Para los casos específicos de las industrias donde se instalan varios tableros deben estar plenamente identificados con el valor de nivel de voltaje de suministro.

En todos los tableros se deben considerar espacios vacíos o de reserva y con una capacidad de potencia adicional, debido a que todas las instalaciones tienden a crecer por necesidades futuras. En la siguiente tabla se muestran especificaciones técnicas y datos más importantes que identifican un tablero de distribución de circuitos eléctricos de cargas.

Tabla IV. **Especificación de tableros**

Capacidad de barras	225 Amperios
No. De Polos	42
Tensión nominal	120/240
No. De fases	Trifásico
Con los siguientes Ramales	14 de 1*20 Amperios 2 de 3*20 Amperios 3 de 2*30 Amperios

Fuente: www.proelca.com.

Para realizar la tarea de distribución, los tableros poseen barras de alimentación de cobre electrolítico de pureza no inferior a 99,9 % y de alta conductividad, pintadas y plateadas en todas las superficies de contacto, las cuales soportarán la capacidad térmica y dinámica originada por las corrientes nominales y de cortocircuito. Dichas barras van instaladas sobre aisladores. Cuando se conectan circuitos en tableros para alimentar cargas se debe equilibrar cargas distribuyendo de forma equitativa entre barras para evitar sobrecarga alguna. En la siguiente tabla se muestra cómo distribuir circuitos en

tableros trifásicos, elaborado por medio de una memoria de cálculo, donde se considera el valor de la corriente que tendrá en cada barra:

Tabla V. **Distribución de cargas en barras de tableros**

TABLERO DE 12 POLOS 125 AMPERIOS DE DISTRIBUCIÓN DE SERVICIOS GENERALES, UPS, A/C										
CANT.	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	POTENCIA EN [W]	CORRIENTE EN [A]	PROTECCIÓN	FASE 1 (L1)	FASE 2 (L2)	FASE 3 (L3)	BARRA DE CONEXIÓN	CABLE [AWG]
1	A	Unidad de fuerza 120 voltios. S.G	1800	13.2	1*20			L3	L3-N-PN	12
2	B	Fuerza 208 A/C	2433.2	11.06	2*20	L1	L2		L1-L2-N-PN	12
3	C	Unidad de fuerza 208 voltios. A/C	2433.2	11.06	2*20		L2	L3	L2-L3-PN	12
4	D	UPS		5	3*15	L1	L2	L3	L1-L2-L3-N-PN	12
5	E	UPS		5		L1	L2	L3	L1-L2-L3-N-PN	12
6	F	UPS		5		L1	L2	L3	L1-L2-L3-N-PN	12
				45.32						

Fuente: elaboración propia.

Los tableros dependiendo de la función que realizan y la ubicación que tienen en una instalación, pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Tablero general
- Tablero general auxiliar
- Tablero de distribución
- Tablero de control o gabinete

1.6. Elementos de diseño en instalaciones eléctricas

Para realizar el diseño de una instalación eléctrica se debe evaluar la demanda máxima en potencia que se puede obtener del sistema y de lo que se va instalar. Se debe contar con el detalle de cargas a instalar con todas las especificaciones técnicas de: voltaje de operación, corriente nominal, potencia, factor de potencia, rendimiento, frecuencia, que sirven para realizar cálculos de carga equivalente; ubicación de cada equipo para su conexión, unidades de fuerza e iluminación, que conlleva a elaborar planos y diagramas unifilares.

1.6.1. Procedimiento de diseño

El proceso de diseño inicia con una planta amueblada. Se ubican las distintas cargas por instalar, dispositivos de control y el centro de distribución como tableros en las áreas no expuestas a contaminación de sustancias que corroen o destruyen el material que lo constituye. Se considera ambientes con ventilación limpia. Luego se trazarán rutas de alimentación para cada carga o conjunto de cargas (entubado). Cuando ya se logró definir las rutas de alimentación, se procede a definir el cableado que va en cada tramo de tuberías (alambrado). Finalmente se verifican el tamaño de conductores y el diámetro del tubo, por medio de un proceso de cálculo.

1.6.2. Plano de iluminación

Es la representación gráfica de todos los elementos del sistema de iluminación, con toda la información necesaria para ser construida. Contiene la representación de luminarias e interruptores en su ubicación exacta, los distintos segmentos de tuberías que alimentan al sistema, con los correspondientes conductores en cada segmento. Esto incluye conductores

activos, neutros, retornos y puentes para el sistema de tres o de cuatro vías, si fuera necesario.

Todos los circuitos se alimentan del tablero de distribución, dimensionado para la cantidad de circuitos que pueda soportar y que alimentan a las luminarias, cada circuito con su protección termomagnética que se alojará en el tablero engrapada en una de sus barras, que se dimensiona según la capacidad nominal que poseen las cargas por alimentar.

1.6.3. Plano de fuerza

Es la representación gráfica de todas las cargas distintas a las luminarias. En este caso específico son unidades receptoras de fuerza, con toda la información necesaria para ser construidas. Contiene la representación gráfica por medio de símbolos de tomacorrientes de 120 y 220 voltios, es necesario que los dispositivos de recepción cuenten con valor de potencia disponible considerado en el desarrollo de diseño, así como los distintos segmentos de tuberías que alimentarán al sistema, con los correspondientes conductores en cada segmento. Esto incluye conductores activos, neutros y tierra física. Todos los circuitos se alimentan del tablero de distribución por medio de sus barras, que sirven de alimentadores, cada circuito con su protección termomagnética.

1.6.4. Memoria de cálculo

Es el documento que contiene el detalle de las consideraciones tomadas en cuenta en las distintas decisiones del diseño, así como los cálculos que respaldan las determinaciones de la instalación, alimentador y elementos del tablero. Para su mejor comprensión se tabula detalladamente con el nombre de las cargas con los valores de cada una, que servirán para efecto de cálculo.

1.6.5. Instalaciones domiciliarias

Son las instalaciones eléctricas que suministran energía en el interior de los hogares o domicilios. Se caracterizan por un valor de hasta 11KW y de voltaje 120/240. Las cargas que se utilizan en estas instalaciones son de poca potencia, como: electrodomésticos, refrigeradoras, secadoras, estufas, lavadoras, luminarias, dispositivos utilizados para uso de viviendas. Para realizar la memoria de cálculo el dato a computar es la potencia activa con su dimensional en *watt* o *vatio*, por ser servicio de cargas en escalas menores.

En un inmueble se puede instalar hasta 5 unidades de servicios de acometidas para viviendas diferentes, plenamente identificadas con todos sus componentes. La instalación la decide el usuario (si es sobrepuesta o empotrada). Si es sobrepuesta en una pared, se debe contemplar la capacidad de soportar la tensión y peso de los conductores con sus accesorios de intemperie; si es empotrada debe edificarse una obra civil contemplando la capacidad de soporte y las medidas que recomienda la norma.

Para realizar instalaciones domiciliarias se debe considerar las distancias del poste hacia el suministro, si cruza calle o se ubica de forma adyacente para considerar la altura de los accesorios de entrada, tubería correspondiente al lugar (si fuera subterránea, que soporte la cantidad de peso). Los servicios son completamente individuales desde la empresa distribuidora hasta la entrada del contador (unidad de medida de energía). En la figura siguiente se pueden observar cinco unidades de servicios de acometidas para un mismo inmueble empotradas en una pared con sus respectivos accesorios, como lo indica la norma que son: tubería *conduit* galvanizada de pared gruesa, accesorio de entrada y pescante para sujetar el conductor neutro desnudo, ya que la alimentación de dicho servicio es con conductores de aluminio.

Figura 7. **Acometidas en un inmueble, con servicio para diferentes usuarios**



Fuente: Norma de EEGSA.

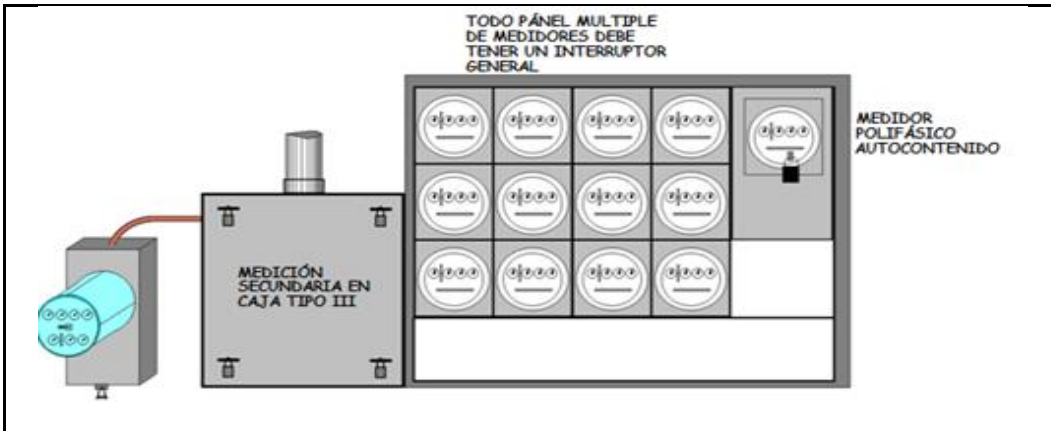
1.6.6. Instalaciones comerciales

Este tipo de instalación es de mayor potencia que una instalación domiciliar. Los voltajes de servicio son 120/240 voltios, de servicio monofásico o trifásico, según sea la necesidad de las cargas a instalar. Por ser de mayor potencia, los accesorios son diferentes en valores de capacidad, como los conductores. En esta instalación se utilizan algunas cargas como motores monofásicos o trifásicos de potencia no tan grandes de acuerdo a la capacidad de servicio. Con luminarias, tomacorrientes de 120 y 220 voltios, de acuerdo con la necesidad de los usuarios.

Cuando la instalación contiene más de 5 servicios individuales, sean trifásicos o monofásicos, se instalan tableros múltiples de contadores desde 6 hasta 60 unidades, interconectados internamente por medio de barras, con protección termomagnética individual y con la disposición de capacidad para cada usuario. La alimentación principal es función de la demanda. Puede ser de servicio general trifásica distribuida equitativamente entre las barras para servicios monofásicos. Dicho tablero múltiple contiene una protección general para el caso de que se requiera desenergizar el servicio por completo por mantenimiento o cualquier tipo de trabajo que se requiere realizar. Posee medidor general con demanda por medio de transformadores de potencia, conocidos como Cts y Pts, que miden corriente y voltaje respectivamente. Este tipo de servicio de acometida es de medición centralizada, debe estar protegido de obra civil o de estructura metálica exclusiva para este tipo de instalación, evitando que se filtre cualquier sustancia que ponga en riesgo la operación de funcionamiento y que destruyan los accesorios que lo constituyen.

También es utilizado en locales pequeños y grandes centros comerciales como: edificios, apartamentos para uso de viviendas, algunas colonias residenciales, entre otras. Su instalación debe contar con los accesorios adecuados y las medidas de regulación por las normas de las empresas distribuidoras, de acuerdo al emplazamiento y con el fin de una mejor calidad en el servicio. En la siguiente figura se muestra un tablero múltiple de contadores de servicios y de medición general con demanda y unidades de medición para cada usuario de forma individual, para que el costo de la factura de consumo mensual sea independiente.

Figura 8. **Tablero múltiple de medición principal con demanda**

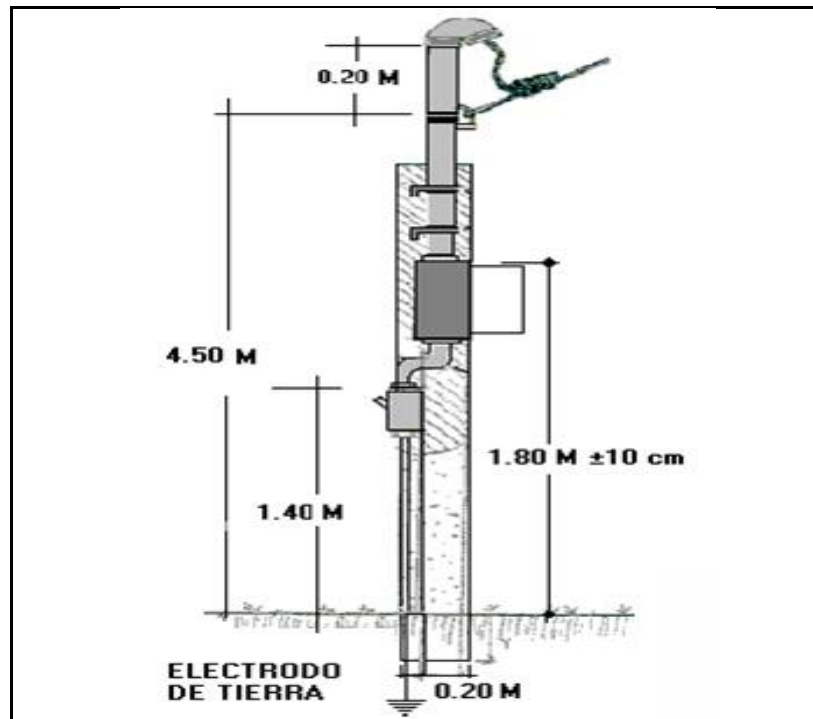


Fuente: Norma de EEGSA.

Para un servicio de instalación comercial individual se puede realizar la instalación sobrepuesta o empotrada, cada una con sus accesorios correspondientes. En el caso de instalación sobrepuesta, debe utilizar accesorios de intemperie; en la instalación empotrada, accesorios para obra civil en columna de concreto. La disposición de la instalación la decide el usuario con la convicción que todo costo lo debe cubrir por cuenta propia.

En todas las instalaciones interiores, partiendo desde la acometida, todos los accesorios, dispositivos como cargas eléctricas, instalación de unidades, diseño, planificación, plan de operación y de mantenimiento de la instalación, los debe cubrir el dueño o usuario del servicio eléctrico. Para adquirir el servicio de conexión eléctrica se deben realizar trámites correspondientes que las empresas distribuidoras tienen como requisito. En la siguiente figura se muestra una acometida de instalación comercial en columna de concreto, con sus accesorios y las alturas entre cada accesorio, que de manera conjunta se constituye como acometida con característica comercial.

Figura 9. **Acometida comercial individual**



Fuente: Norma de EEGSA.

1.7. Iluminación de interiores

La luz visible está ubicada en el espectro luminoso entre las radiaciones ultravioleta e infrarroja entre longitudes de onda de 380 y 780nm. Es una forma de energía que puede transmitirse desde un punto a otro sin necesidad de soporte material, similar a la radiación electromagnética. Todos los espacios o ambientes necesitan de iluminación, por lo cual está dispuesta por encima de los ojos, ubicada en el techo o en paredes, es importante que se pueda apagar/encender desde las entradas y salidas de las habitaciones, en algunos casos es necesario contar con un dispositivo para graduar la intensidad.

Al conjunto de luminarias que iluminan un área o local para realizar trabajos específicos para una aplicación se le denomina sistema lumínico. Este sistema, para que funcione con las mejores condiciones, debe cumplir con los requisitos siguientes:

- NI recomendado
- Homogeneidad del NI
- Comodidad
- Agradabilidad

NI recomendado: consiste en recurrir a valores contenidos en las tablas de nivel de iluminación recomendados por las normas para distintos lugares con necesidad de un sistema lumínico. Se busca el valor específico acorde a las tareas que se van a realizar en el lugar, y luego se procede a tabular datos con información de fabricantes de luminarias, realizando cálculos hasta llegar a la construcción de un diseño. Luego se procede a comparar si las condiciones cumplen con el valor establecido para el emplazamiento.

Homogeneidad del NI: esta es una de las características que se deben contemplar en la parte de diseño, criterio y de cálculo, para que no existan lugares donde el sistema tenga deficiencia. Por recomendaciones se permite que exista intercambio entre haz luminoso de parte de las luminarias a cambio de deficiencia de iluminación (áreas con escasa iluminación). Para esto se deben tomar en cuenta las características de luminarias, posicionamiento de ubicación y los ángulos de haz luminoso de cada luminaria.

Comodidad: está relacionada con el color de los sistemas lumínicos en los ambientes y lugares de trabajo, que pueden ser sistemas fríos para actividades que requieren alto nivel de atención, o cálidos, para usos más relajados o cómodos, con una luz blanca de tono cálido. Para que esta característica se cumpla se debe considerar, desde la parte de diseño, el tipo de lámpara que emana con su haz luminoso. Los colores tienen efecto en el estado anímico de las personas, el color blanco produce estado de ánimo diurno, mientras que el color amarillo produce pasividad.

Agradabilidad: se busca evitar que al ver las lámparas se produzca deslumbramiento, situación desagradable para los usuarios del sistema lumínico. Para mitigar este efecto se implementan dispositivos adicionales en luminarias como difusores, para que la radiación no sea tan directa. Los accesorios más utilizados en lámparas fluorescentes son difusores prismáticos, acrílico, rejilla parabólica, entre otros, que son de beneficio pero, al mismo tiempo, son afectados por el factor de mantenimiento y de envejecimiento; se debe considerar el tiempo de uso para obtener su mejor beneficio, así como el rendimiento en el sistema.

En cuanto a condiciones de un sistema de iluminación en general, los ambientes tienen como fin específico satisfacer las siguientes necesidades:

- Contribuir a crear un ambiente seguro
- Ayudar a realizar las tareas visuales
- Crear ambientes visuales adecuados

Hay consejos prácticos para uso de iluminaciones: si es posible utilizar la luz natural, posee mejores cualidades que la luz artificial y constituye un elemento de bienestar; si se utiliza luz natural, es necesario el

acondicionamiento correcto de las áreas de trabajo respecto a las ventanas y claraboyas, buscando los mecanismos de direccionamiento por medio de persianas, estores, cortinas, ventanales con paletas y toldos, destinados a controlar la luz solar directa, de manera que las personas no sufran de deslumbramiento de la luz solar, reduciendo los efectos secundarios a su mínima expresión de deslumbramiento.

Tabla VI. **NI. Nivel de iluminación o iluminancia**

NIVEL DE ILUMINACIÓN RECOMENDADA EN (LUX)		
LOCAL	TAREAS	NI
OFICINAS	Lectura y escritura intermitentes	300
	Lectura y escritura continuas	500
	Contabilidad, dactilografía	500
	Mecanografía	700
	Salas de dibujo	500
LABORATORIOS	Alumbrado general.	300
	En el plano de tableros de dibujos	500
	Archivos	100
	Baños, halls, escaleras, vestuarios	100
ESCUELAS	Salón de clases de profesores	300
	Salas de dibujo	500
	Salas de gimnasia	200
	Auditorio	300
	Salas de conferencias	150
TIENDAS	Escaparates	2000
	Interior de tiendas, circulación	300
	Zona de estanterías	1000
INDUSTRIAS	Cartón	500
	Caucho	300
	Harina	500
	Fundición de hierro	200
	Forjado de hierro	500
	Imprentas	1000
	Madera	500
	Papel	500
	Pinturas	300
	Textiles	1000

Continuación de la tabla VI.

BODEGAS	De poco movimiento	50
	Mucho movimiento, embalaje tosco	100
	Mucho movimiento, embalaje medio	200
	Mucho movimiento, embalaje fino	500

Fuente: Norma UNE-EN 12464-1:2003.

1.7.1. Dispositivos de iluminación

Los dispositivos de iluminación son conocidos como lámparas. Las más comunes en iluminaciones interiores son de línea incandescente y fluorescente. La incandescente funciona con una resistencia de cobalto o tungsteno en vacío dentro de un bulbo de cuarzo. Disipa gran cantidad de energía en forma de calor, por lo que es poco eficiente y además tiene una vida útil muy corta, de aproximadamente de 1,000 horas. Su uso es de mayor costo económico por mayor consumo de corriente. La fluorescente es conocida como lámpara de descarga, funciona con balastos que transforma el voltaje a un nivel más alto que el de suministro para producir arco. La forma es de tubos de color amarillo y blanco. Poseen mayor vida útil y con menos pérdidas en forma de calor. Actualmente, en algunos lugares se están reemplazando por lámparas LED que poseen mayor eficiencia. En la siguiente tabla se muestran características de las luminarias más utilizadas en los sistemas lumínicos:

Tabla VII. Características de luminarias

LUMINARIAS TÍPICAS MÁS UTILIZADAS						
Luminaria	LAMP.	ALUMB.	EM	FM		
				BUE.	INT.	MALO
Listón	F	Semidirecto	$1.4h_m$	0.75	0.65	0.55
Industrial	F	Semidirecto	$1.3h_m$	0.70	0.60	0.50

Continuación de la tabla VII.

Empotrable	F	Directo	$1.0h_m$	0.70	0.60	0.50
Comercial	F	Directo	$1.1h_m$	0.70	0.60	0.50
Empotrable	I	Directo	$1.5h_m$	0.70	0.60	0.50
Reflectores	I	Directo	$1.2h_m$	0.80	0.77	0.73
Reflectores	VM	Directo	$1.8h_m$	0.75	0.70	0.65

Fuente: Norma UNE-EN 12464-1:2003.

Para realizar un diseño con un sistema de luminarias para cualquier lugar, se debe contar con la información del tiempo de vida útil y el conjunto de características peculiares de fabricación, u otros datos para efecto de cálculo. La siguiente tabla contiene valores de lámparas de la línea *luxlite*, utilizadas en la actualidad en las distintas áreas de la luminotecnica:

Tabla VIII. **Vida útil de luminarias**

Lámparas	Rendimiento o eficacia luminosa	Vida útil promedio en horas
Incandescentes	17.5 lúmenes/vatio	1,000
Fluorescentes	30 lúmenes/vatio	10,000
LED	100 lúmenes/vatio	60,000

Fuente de información: www.ecoluxlite.com.gt.

1.7.2. Método de cálculo

Existen tres métodos de cálculo para diseñar un sistema lumínico: lúmenes, cavidad zonal y punto a punto. En el caso específico del curso de Instalaciones Eléctricas, se utiliza el método de lúmenes, también llamado

Harrison-Anderson, el cual se basa en la definición de nivel de iluminación y cálculo para interiores, considerando la siguiente ecuación:

$$NI = \frac{Flujo\ luminoso_{Neto}}{Area}$$

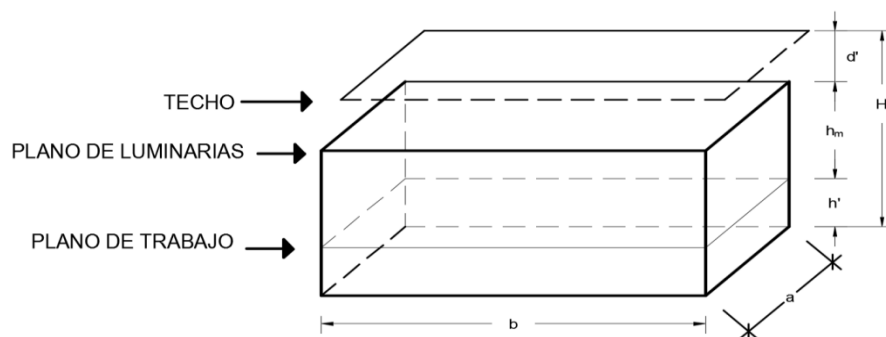
1.7.2.1. Diseño de un sistema lumínico

Para realizar un diseño acorde a las especificaciones técnicas contempladas en las normas, como proyecto con la necesidad de un sistema lumínico, que cumpla con las características necesarias, se debe tomar en cuenta cada uno de los siguientes pasos:

1. Analizar las necesidades de iluminación
2. Establecer el nivel de iluminación (NI) más aconsejable
3. Escoger el tipo de lámpara
4. Seleccionar el color de la luz emitida por la lámpara
5. Seleccionar el tipo adecuado de luminaria
6. Definir altura de montaje (h_m)
7. Estimar las condiciones de mantenimiento
8. Medir o estimar la reflexión de las superficies del local
9. Determinar el índice local (k)
10. Determinar el factor de mantenimiento (FM)
11. Determinar el coeficiente de utilización (CU)
12. Calcular el número de luminaria requerido
13. Establecer el espaciamiento máximo (EM) entre luminarias
14. Chequear uniformidad de iluminación
15. Hacer plano de distribución de luminarias

Al realizar diseños de sistemas lumínicos, se deben considerar factores como los coeficientes de reflexión. Estos aun dependen de los colores de piso, techo y paredes. También se deben considerar dimensiones de área: ancho, largo, altura del plano de trabajo, altura de plano de luminarias, distancia entre plano de luminarias y techo, y altura total del local. En la siguiente figura se puede observar estas magnitudes, en un local rectangular:

Figura 10. **Área y longitudes para diseñar sistemas lumínicos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Luego de realizar todo el proceso hasta llegar al diseño, a través de cálculo y de valores contenidos en las tablas recomendadas por la norma, se debe verificar si se cumple con los objetivos trazados desde el principio para un nivel de iluminación por medio de la expresión de comparación:

$$NI.Lumen_{calculado} \geq NI.Lumen_{Norma}$$

Tabla IX. **Valores de reflexión de superficies**

FACTORES DE REFLEXIÓN DE SUPERFICIE EN FUNCIÓN DEL COLOR		
Blanco	75-85%	CL
Marfil	70-75%	CL

Continuación de la tabla IX.

Colores pulidos	60-70%	CL
Amarillo	55-65%	SC
Café claro	45-55%	SC
Verde claro	40-50%	SC
Gris	30-50%	SC
Azul	25-35%	OS
Rojo	15-20%	OS
Café oscuro	10-15%	OS

Fuente: Norma UNE-EN 12464-1:2003.

El coeficiente de utilización indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano de trabajo. Este coeficiente será tanto más grande cuanto mayores sean los coeficientes de reflexión, mayor la altura y longitud y menor la altura del plano de trabajo. También influirá si el alumbrado es directo o no, pues una distribución concentrada dirige la luz hacia abajo y origina una menor proporción de luz en las paredes y techos, obteniendo así una considerable mejora en el rendimiento de las instalaciones. El índice del local (k) se calcula a partir de la geometría del espacio que se pretende iluminar. La siguiente tabla contiene valores de coeficiente de utilización que se pueden utilizar para diseños de sistemas de iluminación directos o semidirectos.

Tabla X. **Valores de coeficientes de utilización**

TIPO DE ALUMBRADO	ÍNDICE LOCAL	70%			50%		
	K	50%	30%	10%	50%	30%	10%

Continuación de la tabla X.

SEMIDIRECTO	0.6	0.33	0.28	0.24	0.31	0.26	0.24
	0.8	0.40	0.35	0.31	0.38	0.33	0.30
	1.0	0.47	0.41	0.37	0.44	0.39	0.36
	1.25	0.52	0.47	0.43	0.49	0.45	0.41
	1.5	0.56	0.51	0.47	0.53	0.49	0.45
	2.0	0.63	0.57	0.54	0.58	0.54	0.51
	2.5	0.65	0.61	0.58	0.60	0.57	0.54
	3.0	0.68	0.64	0.61	0.63	0.60	0.57
	4.0	0.70	0.67	0.65	0.66	0.63	0.61
	4.0	0.72	0.70	0.68	0.68	0.65	0.63
DIRECTO	0.6	0.34	0.28	0.23	0.33	0.27	0.24
	0.8	0.42	0.36	0.31	0.41	0.35	0.31
	1.0	0.48	0.42	0.38	0.47	0.42	0.37
	1.25	0.55	0.48	0.44	0.53	0.48	0.45
	1.5	0.59	0.53	0.49	0.57	0.52	0.48
	2.0	0.64	0.60	0.55	0.63	0.59	0.56
	2.5	0.68	0.64	0.60	0.66	0.63	0.59
	3.0	0.71	0.67	0.63	0.69	0.66	0.63
	4.0	0.75	0.71	0.69	0.73	0.70	0.68
	5.0	0.77	0.74	0.72	0.75	0.43	0.71

Fuente: Norma UNE-EN 12464-1:2003.

Tabla XI. **Luminarias incandescentes**

BOMBILLOS INCANDESCENTES						
Código	Potencia	Lúmenes	Rendimiento	V. útil	Color	Voltaje
BEMO180	60 Watt	710 Lm	12Lum/Watt	1,220 horas	Amarilla frost	120
BEMO178	60 Watt	710 Lm	12Lum/Watt	1,220 horas	Amarillo claro	120
BEMO166	75 Watt	810 Lm	12Lum/Watt	1,220 horas	Amarilla frost	120
BEMO164	60 Watt	710 Lm	12Lum/Watt	1,220 horas	Amarilla frost	120

Continuación de la tabla XI.

BEMO163	60 Watt	710 Lm	12Lum/Watt	1,220 horas	Amarillo claro	120
BEMO161	40 Watt	390 Lm	10Lum/Watt	1,220 horas	Amarilla frost	120
BEMO160	100 Watt	1390 Lm	15Lum/Watt	1,220 horas	Amarilla frost	120

Fuente: ecoluxlite.com.gt.

Tabla XII. **Luminarias fluorescentes de espiral**

LÁMPARAS DE ESPIRAL PARA INSTALAR EN PLAFONERAS						
Código	Potencia	Lúmenes	Rendimiento	V.útil	Color	Voltaje
BEMO211	105 Watt	7,000 Lm	67.7Lm/watt	8,000 horas	Blanca	120
BEMO210	20 Watt	1,100 Lm	55Lum/watt	8,000 horas	Blanca	120
BEMO209	20 Watt	1,100 Lm	55Lum/watt	8,000 horas	Amarilla	120
BEMO207	105 Watt	7,000 Lm	67.7Lm/watt	8,000 horas	Blanca	240
BEMO201	25 Watt	1,550 Lm	62Lm/watt	8,000 horas	Amarilla	120
BEMO108	9 Watt	410 Lm	45.56Lm/watt	8,000 horas	Amarilla	120
BEMO107	7 Watt	300 Lm	42.86Lm/watt	8,000 horas	Blanca	120
BEMO107	7 Watt	300 Lm	42.86Lm/watt	8,000 horas	Amarilla	120
BEMO105	25 Watt	1650 Lm	66Lm/watt	8,000 horas	Blanca	120
BEMO104	25 Watt	1650 Lm	62Lm/watt	8,000 horas	Blanca	120
BEMO103	25 Watt	1650 Lm	66Lm/watt	8,000 horas	Amarilla	120
BEMO101	15 Watt	720 Lm	48Lm/watt	8,000 horas	Blanca	120

Continuación de la tabla XII.

BEMO100	15 Watt	720 Lm	48Lm/watt	8,000 horas	Amarilla	120
BEMO088	65 Watt	4,000 Lm	61.58Lm/watt	8,000 horas	Blanca	120
BEMO069	105 Watt	7,000 Lm	66.7Lm/watt	8,000 horas	Blanca	120

Fuente: ecoluxlite.com.gt.

Tabla XIII. **Luminarias fluorescentes para sobreponer**

LÁMPARAS FLUORESCENTES DE SOBREPONER CON ÁNGULO DE 180°							
Código	Potencia	Lúmenes	Rendimiento	V.útil	Color	Voltaje	Cant. tubos
LUM 1423	36 Watt	3240 Lm	90 L/W	25,000 horas	Blanca	110/120	2*18
LUMO 877	64 Watt	5,520 Lm	86 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	2*32
LUM 1416	32 Watt	2880 LM	90 L/W	25,000 horas	Blanca	110/240	4*8
1353	42 Watt	3,900 Lm	92 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	3*14
LUMO 707	68 Watt	4,600 Lm	67 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	2*17
LUM 1418	72 Watt	6480 Lm	90 L/W	25,000 horas	Blanca	110/240	4*18
LUMO 878	128 Watt	11,040 Lm	86 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	4*32
LUM 1416	32Watt	2880 LM	2880 L/W	25,000 horas	Blanca	110/240	4*8

Fuente: ecoluxlite.com.gt.

Tabla XIV. **Luminarias fluorescentes para empotrar**

LÁMPARAS FLUORESCENTES PARA EMPOTRAR CON ÁNGULO DE 180°							
Código	Potencia	Lúmenes	Rendimiento	V.útil	Color	Voltaje	Cant. tubos
LUM 1415	32Watt	2880 Lm	90 L/W	25,000 horas	Blanca	110/240	4*8
LUM 1422	36Watt	3240 Lm	90 L/W	25,000 horas	Blanca	110/240	2*18
LUM 1421	36Watt	3,240 Lm	90 L/W	25,000 horas	Blanca	110/240	2*18
LUMO 705	64Watt	5,520 Lm	86 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	2*32
LUMO 704	64Watt	5,020 Lm	86 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	2*32
LUMO 1352	42Watt	3,900 Lm	92 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	3*14
LUMO 701	68Watt	4,600 Lm	92 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	2*17
LUMO 700	68Watt	4,600 Lm	67 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	2*17
LUM 1420	72Watt	6480 Lm	90 L/W	25,000 horas	Blanca	110/240	4*18
LUM 1417	72Watt	6480 Lm	90 L/W	25,000 horas	Blanca	110/120	4*18
LUM 1354	84Watt	7,500 Lm	89 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	3*28
LUMO 703	128Watt	11,040 Lm	86 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	4*32
LUMO 702	128Watt	11,040 Lm	86 L/W	13,000 horas	Blanca	110/120	4*32

Fuente: ecoluxlite.com.gt.

1.7.2.2. Cálculo por el método de lúmenes

Para realizar el cálculo del método de lúmenes se debe llevar a cabo cada uno de los pasos que anteriormente se establece, de la forma siguiente:

1. Consiste en determinar qué elementos van a ser instalados en el área, aplicaciones o tareas que se van a realizar internamente.
2. Ya definido el inciso uno, se recurre al valor (NI) de la tabla VI, definido por las normas de regulación para la cantidad de flujo luminoso necesario para el lugar.
3. Puede ser un sistema de iluminación con lámparas incandescentes o fluorescentes, cada una con características propias de instalación y de operación. Consultar la tabla VII.
4. Definir el tipo de lámpara si se requiere una cantidad de flujo luminoso, constante lámparas fluorescentes, si se requiere graduar, debe ser incandescente.
5. Con base en las características e información de fabricantes de luminarias, definir el color que emiten y cuántas unidades por lámpara.
6. La altura de montaje es la longitud de ubicación de instalación de lámparas y se dimensiona con la fórmula:

$$h_m = H - h'$$

H es la altura del local y h' la altura del plano de trabajo a donde el sistema lumínico debe proporcionar un *confort* visual para la realización de tareas.

7. Con las condiciones de mantenimiento, en la tabla (VII), se pueden obtener valores para las condiciones: bueno, regular o malo; es parte del criterio de los diseñadores.

8. Se calculan los factores de reflexión (F_R) por separado; si son de colores diferentes en las paredes, con la fórmula:

$$P = a_1 + a_2 + b_1 + b_2$$

Siendo P el perímetro, ancho (a), largo (b), luego:

$$x_1 = \frac{a_1 * F_r}{P}$$

$$x_2 = \frac{a_2 * F_r}{P}$$

$$x_2 = \frac{b_1 * F_r}{P}$$

$$x_2 = \frac{b_2 * F_r}{P}$$

Con estos valores se realiza una sumatoria y se toma el valor por exceso.

9. Se encuentra el índice local por medio de las longitudes del local con la fórmula:

$$k = \frac{Area_{local}}{h_m * \frac{P}{2}}$$

10. Se elige un valor en la tabla VII para el factor de mantenimiento según las condiciones ya definidas en el inciso 7.

11. Se calcula el coeficiente de utilización por medio del valor del índice local (K). Si los valores de este no son exactos a valores de tabla se debe interpolar por medio de la fórmula:

$$\begin{array}{l} a-----d \\ b-----e \\ c-----f \end{array} \quad e = d - \left(\frac{a - b}{a - c} \right) (d - f)$$

12. Se calcula el número de luminarias para ser distribuida en el área con la fórmula:

$$\#Lum = \frac{NI * A}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm}$$

13. Calcular el espaciamiento máximo EM de la tabla VII por medio de la fórmula:

$$EM = Valor \ de \ tabla \ VII * h_m$$

14. Se procede a evaluar la uniformidad para ser distribuida en el espacio en filas y columnas por medio de las fórmulas:

$$No. \ columnas = \frac{a_1}{EM}$$

$$No. filas = \frac{b_1}{EM}$$

15. Se realizan planos con distribuciones de luminarias en las áreas y se comparan con lo establecido de la cantidad de flujo luminoso necesario por medio de la fórmula:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam / \phi * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

Para el caso de áreas donde no existe techo, o las alturas están fuera de lo normal y las luminarias deben suspenderse por diferentes razones, la tabla que se muestra a continuación se puede utilizar para calcular las longitudes de aproximación de ubicación, considerando todos los factores y procedimientos de cálculos ya antes mencionados para lograr un nivel de iluminación necesario del lugar:

Tabla XV. **Fórmulas de luminarias de suspensión**

Locales con iluminación directa, Semidirecto y difusa	Mínimo: $h_m = \frac{2}{3}(H - h')$	Óptimo: $h_m = \frac{4}{5}(H - h')$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{5}(H - h')$	$d' \approx \frac{3}{4}(H - h')$

Fuente: Norma UNE-EN 12464-1:2003.

1.8. Instalaciones especiales

Pueden ser una sola unidad o un conjunto de equipos, como máquinas eléctricas destinadas a cierta tarea, gobernadas por medio de sistemas de control de forma manual, automática o a control remoto. Es uno de los casos

de aplicación para el sistema de bombeo de líquidos en gran cantidad, tal como el agua en que se realiza la extracción y expulsión con varias bombas que arrancan y paran con un intervalo de tiempo entre cada una, evitando el consumo exagerado de corriente. Al no ser considerada esta aplicación podría poner en desequilibrio la red de instalación. En algunos casos, para este tipo de instalación, en la parte de diseño se contemplan dispositivos electromagnéticos y electrónicos que regulan el comportamiento de la corriente en el inicio y al final de la operación.

1.8.1.1. Instalación de motores

Los motores son fabricados para trabajar a temperatura ambiente y altitud sobre el nivel del mar. Dicha información está especificada en la placa de identificación o en la hoja de datos técnicos del motor, junto a los parámetros eléctricos. Para el dimensionamiento de los conductores que se encargarán del traslado de energía, el NEC recomienda que para garantizar su funcionamiento no debe ser menor a 125 % de la corriente a plena carga del motor, cuando van a ser ubicados e instalados en circuitos de ramales. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_n = I_{pc_{motor}} * 1.25$$

Donde I_{pc} es el valor de la corriente nominal del motor. Luego se procede a calcular la corriente corregida I_c con la ecuación:

$$I_c = \frac{I_n}{FA * FT}$$

En donde:

FA = Factor de corrección por agrupamiento

FT = Factor de corrección por temperatura

Dichos valores se encuentran en la tabla 310-15g para factores de corrección por agrupamiento y los factores de corrección de temperatura a pie de la página de las tablas 310-16 o 310-17 del NEC.

Para el dimensionamiento de conductores de motores instalados en alimentadores se hace el mismo procedimiento que en el párrafo anterior, con la diferencia que si son un grupo de motores de distintos valores en potencia, se dimensiona con el 125 % de corriente nominal del motor de mayor potencia, más la sumatoria de corriente nominal de los demás motores de menor potencia:

$$I_{n_{total}} = \sum 1.25 I_{pc_{Motor\ de\ potencia\ mayor}} + \sum I_{pc_{Motores\ de\ menor\ potencia}}$$

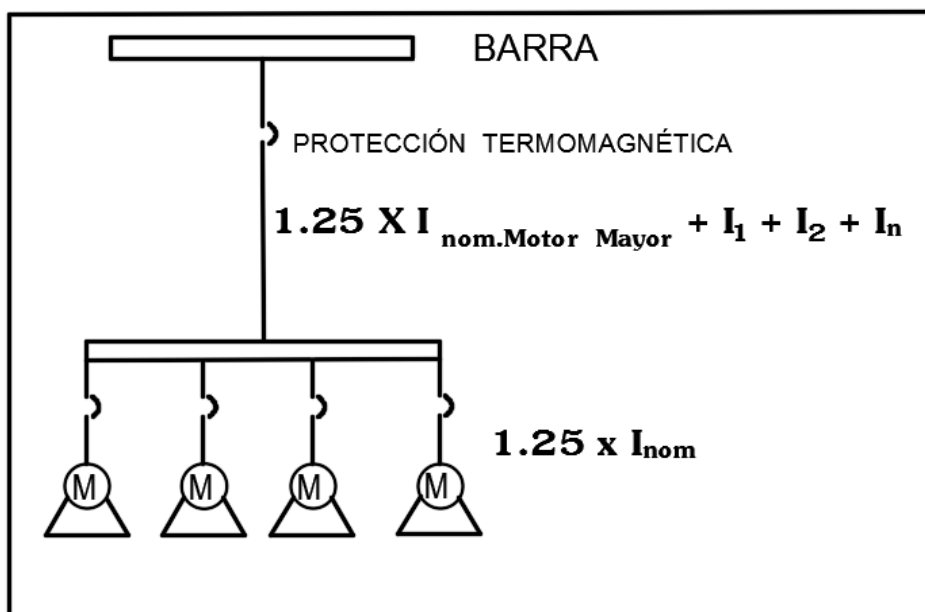
Los párrafos anteriores, en los cuales lo que se busca son los conductores adecuados para que se alimenten de energía los motores, se analiza según los criterios: por corriente y por caída de tensión. Se debe optar por el de mayor sección transversal, según análisis de ambos criterios. La protección se selecciona con base en valores nominales de corriente de arranque y de operación de los motores.

En cuanto a las características de la instalación, en ninguna circunstancia los motores podrán ser cubiertos por cajas u otras cubiertas que pueden impedir o disminuir el sistema de ventilación, poniendo en riesgo la destrucción del aislante, ya que en este está la vida útil y la garantía de funcionamiento. Cuando el aislante empieza a perder sus propiedades comienzan a circular corrientes por la carcasa, generando un mayor consumo de forma paulatina

hasta ponerse en corto-circuito. Si la atmósfera o ambiente fueran húmedos, corrosivos o contuvieran sustancias o partículas inflamables, es importante asegurar el correcto grado de protección. En la instalación de motores se deben considerar locales de fácil acceso para su inspección, mantenimiento y ventilación natural adecuada.

Es indispensable la implementación de un sistema de red de tierra física con todos los componentes para este tipo de instalación, para tener una misma referencia de voltaje en todas las partes tangibles como: carcasas, partes metálicas, soportes mecánicos, canalización. El valor de impedancia debe cumplir los requerimientos de instalación, para facilitar el accionamiento inmediato de las protecciones, garantizando seguridad. En la siguiente figura se muestra un diagrama unifilar para conexión de motores de inducción.

Figura 11. **Dimensionamiento de conductores para motores**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.8.2. Arranque de motores de inducción o asíncronos

Los motores de inducción son los más utilizados en todas las áreas de las instalaciones, por su manera fácil de operar y de mantenimiento. En su arranque oscilan entre 7 y 10 veces su corriente nominal (es decir la corriente se eleva varias veces su valor de operación constante). Esto representa mayor costo de operación. Los tipos de arranque van en función de las aplicaciones y el tipo de motor para el cual fueron fabricados. Se hará mención de algunas configuraciones más comunes en las industrias como: arranque directo, arranque con autotransformador, arranque en estrella triángulo, arranque con resistencias (solo se aplica en el caso de rotores devanados) y arranque electrónico por medio arrancadores suaves y variadores de velocidad. Los dispositivos electrónicos son de gran beneficio en el arranque de motores acelerando paulatinamente, evitando desgaste en las partes mecánicas, alargando los períodos de mantenimiento, pues evitando que la corriente sea de mayor magnitud en el arranque no hay necesidad de corregir el factor de potencia. Se debe considerar los efectos secundarios como armónicos de diferentes valores, que provocan disipación de energía en forma de calor, afectando al mismo motor, instalaciones y equipos adyacentes, protecciones, etc. Para mitigar este fenómeno se deben instalar filtros que eliminan cada tipo de señal.

1.8.3. Comportamiento de la corriente en el arranque de los motores asíncronos

Las consideraciones sobre las aplicaciones de motores asíncronos, de acuerdo por la terminología establecida por NEMA consistente en que existen varios tipos normalizados para satisfacer distintas necesidades de arranque y de marcha. Están representadas las curvas características de par-velocidad a

los cuatro tipos más comunes, que son de motores comprendidos entre 7,5 y 200 C.V. Se debe tomar en cuenta la individualidad, ya que pueden diferir de estas curvas promedias.

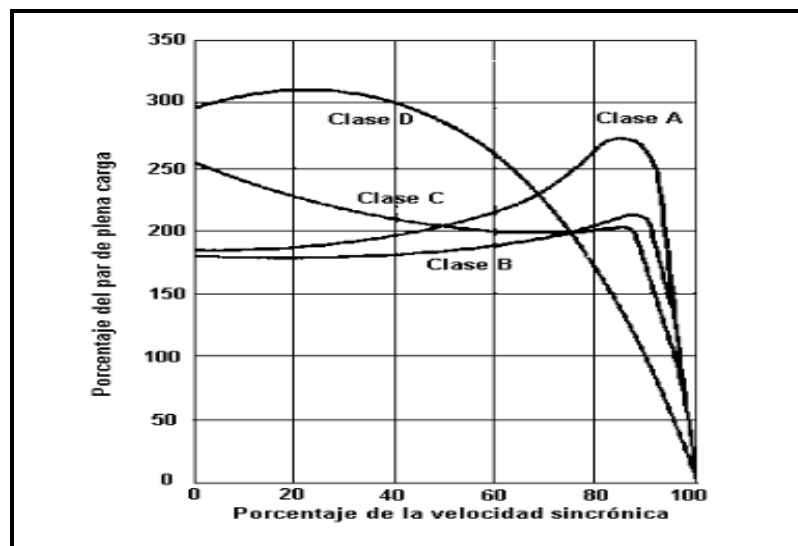
Clase A: par y corriente normales, bajo deslizamiento, tiene en general un rotor de jaula de ardilla simple de baja resistencia, posee buenas características en marcha a expensas de arranque, a plena carga el deslizamiento es poco y el rendimiento alto, el par máximo está en general por encima del 200 % del par a plena carga. El principal inconveniente de este tipo es su elevada intensidad de arranque que oscila entre 500 y 800 % a plena carga cuando se pone en marcha con su tensión nominal.

Clase B: par de arranque normal, intensidad de arranque y deslizamiento bajo, tiene aproximadamente el mismo par que la clase A, pero con el 75 % de la intensidad; por lo tanto, se podrá emplear en arranques directos en una gama más amplia que con la clase A. La reducción de la intensidad de arranque se consigue mediante una reactancia de dispersión relativamente alta, manteniendo el par con el empleo de rotores de barras altas o de doble jaula. El deslizamiento y el rendimiento a plena carga son buenos, del mismo orden que en la clase A, sin embargo, la alta reactancia baja un poco el factor de potencia y apreciablemente el par máximo, consiguiendo a penas superar el 200 % de plena carga.

Clase C: par de arranque fuerte, intensidad de arranque baja, en este tipo se emplea el rotor de doble jaula de mayor resistencia que en la clase B, de lo que resulta un par de arranque fuerte con poca intensidad, pero tiene menos rendimiento y más deslizamiento en marcha normal que los de la clase A y B. Su aplicación típica es el accionamiento de compresores y de transformadores.

Clase D: par de arranque fuerte, mucho deslizamiento. Este tipo tiene un rotor de jaula sencilla de gran resistencia, siendo las barras fuertemente de bronce. Tiene un gran par de arranque con poca intensidad y par máximo elevado con 50 % de deslizamiento, pero a plena carga con mucho deslizamiento, del 7 a 11 %, lo que supone un bajo rendimiento. Sus aplicaciones principales son en accionamientos de cargas intermitentes que representan fuertes aceleraciones o choques tales como las prensas de punzonar y cizallas. Cuando accionan cargas con impactos fuertes, en general el motor esta auxiliado por un volante de inercia que reduce las pulsaciones de potencia que repercuten sobre la red de suministro. En el siguiente dibujo se puede observar el comportamiento de la corriente según la clase de motor:

Figura 12. **Gráfica Par-Velocidad**



Fuente: A. E. Fitzgerald.

Los motores son considerados como máquinas eléctricas rotativas que convierten la energía que se les suministra en trabajo, por medio de interacción de campos. Poseen características de fabricación que son de importancia para

diseño y cálculo; se puede mencionar: corriente, voltaje, frecuencia, frecuencia angular (medidos en revoluciones por minuto), rendimiento o eficacia y potencia. Para realizar la memoria de cálculo se considera todo con valores de potencia aparente. El siguiente cuadro contiene valores de eficiencia de motores:

Tabla XVI. **Valores de eficiencia de motores**

Motores trifásicos valores en HP	Eficiencia en porcentaje	Motores monofásicos valores en HP	Eficiencia en porcentaje
0.5	58.8%	1/6	30.7%
0.75	62.7%	1/5	41.4%
1	65%	1/4	35.7%
1.5	67.5%	1/3	37.5%
2	68%	3/4	41.8%
3	73.1%	1	50.7%
5	77%	1.5	68.8%
7.5	79.8%	2	66.7%
10	83.4%	3	71.5%
15	86.7%	5	72.4%
20	86.7%		
25	87.1%		
30	87.8%		
40	90.0%		
50	90.0%		
60	91.2%		
75	91.4%		
100	94.4%		
125	95.8%		
150	97.5%		
200	97.5%		

Fuente: Norma NEMA para motores verticales de inducción.

1.8.4. Factor de potencia

Las cargas conectadas en una red de instalación eléctrica disipan potencia activa, efectiva o real. Su dimensional es el watt. Por su parte, la potencia reactiva la dimensional es VARS (volt-amperios-reactivos) y para la potencia aparente VA (volt-amperios). La potencia activa es la que se convierte en trabajo. La potencia reactiva es la que se disipa en los núcleos de transformadores, motores, generadores y todos los dispositivos que poseen núcleos ferromagnéticos. La ley de inducción de Faraday (teoría de relación y comportamiento de campos) no funciona sin que se disipe potencia reactiva. La potencia aparente es la sumatoria vectorial de las dos potencias. La potencia activa (P) se puede expresar de forma matemática para sistemas monofásicos como:

$$P = V * I * \cos\phi,$$

Sistemas trifásicos:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\phi$$

Potencia reactiva para sistemas monofásicos:

$$Q = V * I * \sin\phi$$

Potencia reactiva para sistemas trifásicos:

$$Q = \sqrt{3} * V * I * \sin\phi$$

Potencia aparente para sistemas monofásicos:

$$S = V * I$$

Potencia aparente para sistemas trifásicos:

$$S = \sqrt{3} * V * I$$

1.8.4.1. Definición del factor de potencia

Se define de forma matemática como la relación de la potencia activa entre la potencia aparente, por la ecuación:

$$F.d.p = \frac{P}{S}$$

El factor de potencia se interpreta como la cantidad de energía que se convierte en trabajo. El valor deseado es la unidad o el 100 %, pero esto no se logra alcanzar en una instalación debido a que existen cargas como máquinas eléctricas rotativas y estáticas, que están contruidos con núcleos ferromagnéticos donde se disipa potencia reactiva para la generación de campos para su funcionamiento. Se representa vectorialmente por un triángulo rectángulo con un ángulo entre la hipotenusa y el cateto adyacente, por el cual se pueden utilizar todas las relaciones trigonométricas para su dimensionamiento. El factor de potencia también es conocido como $\cos\phi$.

1.8.4.2. Efectos del factor de potencia

Desventajas por bajo factor de potencia: mayor consumo de corriente en los equipos conforman la red de instalación, aumento de pérdidas e incremento de caída de tensión en los conductores eléctricos, sobrecarga en

transformadores, generadores y líneas de transmisión, incremento de la factura eléctrica por mayor consumo de corriente.

Beneficios por corrección de factor de potencia: disminución de pérdidas en forma de calor en los conductores eléctricos, reducción de caídas de tensión, aumento y disponibilidad de potencia en los transformadores, líneas y generadores, incremento de vida útil de las instalaciones, reducción de los costos por facturación eléctrica.

En Guatemala la Comisión Nacional de Energía es el ente regulador de normas. Vela para que se respeten sus normativas emitidas. En el caso del factor de potencia (Norma 03NTSD, capítulo III, artículo 49), el valor mínimo de usuarios con potencias de hasta 11 KW es de 0,85 y de usuarios superiores a 11 KW es de 0,90. Son los valores aceptados, de lo contrario los usuarios están afectos a penalización por medio de sanción económica.

1.8.4.3. Cálculo de penalización del factor de potencia

La ecuación matemática que se utiliza para calcular la penalización del factor de potencia es:

$$\%Penalización = \left(\frac{3}{5}\right) \left(\frac{90}{F.d.p} - 1\right) (100)$$

Por medio de esta expresión se puede verificar si se encuentra la red de instalación eléctrica monofásica o trifásica en valores de rangos aceptados.

1.8.4.4. Corrección del factor de potencia

Cuando una instalación eléctrica se encuentra con factor de potencia por debajo de los valores establecidos en la norma, las empresas distribuidoras de energía aplican una penalización económica a los usuarios. Para corregir este fenómeno se recurre a fórmulas para realizar cálculos y determinar el valor de los dispositivos de corrección. En Guatemala la mayoría de industrias tienden a ser cargas inductivas, por lo tanto, la corriente se retrasa con respecto del voltaje. En este caso se instalan bancos de capacitores o motores síncronos conectado en paralelo con la carga.

El otro caso es cuando la carga es capacitiva, es decir que la corriente se adelanta con respecto del voltaje, entonces se deben instalar reactores o bobinas conectadas en paralelo con la carga. Cuando se corrige el factor de potencia los valores que cambian únicamente son la potencia reactiva, el ángulo y la potencia aparente, por lo tanto, la potencia activa se mantiene sin alterarse debido a que es la energía que se convierte en trabajo. Los dispositivos complementarios de corrección actúan como fuente de potencia reactiva, por lo tanto, la carga ya no necesita absorber potencia reactiva del sistema interconectado. Su dimensionamiento se efectúa con las ecuaciones y con los pasos siguientes:

$$f.d.p = \frac{P}{S}$$

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

$$\cos\phi = f.d.p$$

Es importante tener como dato el ángulo inicial (ϕ_i), la potencia aparente (S), frecuencia y voltaje. Luego, el valor de ángulo al que se pretende corregir (ϕ_f). Despejando la potencia P que es potencia activa se obtiene:

$$P = S * \cos\phi$$

Como ya se tiene la potencia activa se utiliza el teorema de Pitágoras:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Se despeja Q de la fórmula y raíz cuadrada:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Se reemplaza con valores reales:

$$S^2 = P^2 + Q_i^2$$

Se despeja Q_i que es potencia reactiva de la ecuación anterior y se aplica raíz cuadrada:

$$Q_i = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Como siguiente paso se busca S_f potencia aparente:

$$S_f = \frac{P}{\cos\phi_f}$$

Con el valor del ángulo a corregir ϕ_f y con el teorema de Pitágoras, se realiza de la forma siguiente:

$$S_f^2 = P^2 + Q_f^2$$

Se despeja Q_f y se aplica raíz cuadrada:

$$Q_f = \sqrt{S_f^2 - P^2}$$

La diferencia entre estos dos valores es la potencia reactiva total con valor corregido:

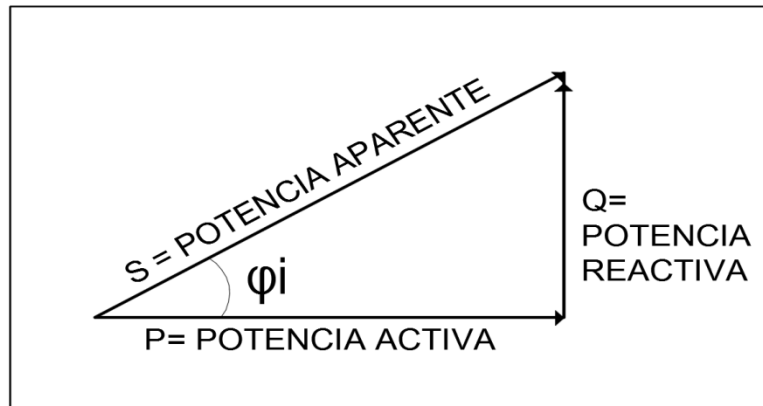
$$Q_t = Q_i - Q_f$$

Para encontrar el valor de los capacitores se utilizan las relaciones trigonométricas, que se pueden poner en función de senos, cosenos o tangente, en este caso se hará en función de tangentes y se llega a la fórmula final:

$$C = \frac{P(tang_{\phi_i} - tang_{\phi_f})}{2\pi f V^2}$$

Esta fórmula se aplica para instalaciones monofásicas o trifásicas. Se deben tomar en consideración los voltajes de línea o voltajes de fase según sea la aplicación. En caso de los sistemas trifásicos, se debe multiplicar la ecuación anterior por $\frac{1}{3}$. El resultado es en faradios como dimensional; muchas veces en escalas menores como milifaradio, microfaradio o nano faradio.

Figura 13. **Diagrama vectorial del factor de potencia**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Ejemplo de aplicación: datos del motor trifásico de 500 KVA, factor de potencia de 0,6, corregirlo a factor de potencia de 0,98, frecuencia de 60 HZ y voltaje de 240 VAC.

Procedimiento:

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

Se despeja P y se colocan valores reales:

$$P = S * \cos\phi, \quad 500\text{KVA} * 0.6 = 300\text{KW}$$

Ahora:

$$S^2 = P^2 + Q_i^2$$

Despejando Q_i nos queda:

$$Q_i = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_i = \sqrt{500^2 KVA - 300^2 KW} = 400 KVAR$$

Luego con estos valores se puede encontrar la potencia aparente para el valor corregido:

$$S_f = \frac{P}{\cos \phi_f}$$

Esto es igual:

$$\frac{300 KW}{0.98} = 306.122 KVA$$

Luego:

$$306.122^2 KVA = 300^2 KW + Q_f^2$$

Despejando Q_f nos queda:

$$Q_f = \sqrt{306.122^2 KVA - 300^2 KW} = 60.917 KVAR$$

Entonces:

$$Q_T = Q_i - Q_f$$

Esto es un valor de: $400 KVAR - 60.917 KVAR = 339.083 KVAR$.

Luego de utilizar funciones trigonométricas se hace una resta de longitud del cateto opuesto utilizando la función tangente:

$$Longitud_{Inicial} = \tan \phi_i$$

$$Longitud_{Final} = \tan \phi_f$$

Haciendo una resta de longitud de catetos opuestos en el triángulo rectángulo con las relaciones trigonométricas se llega a la ecuación:

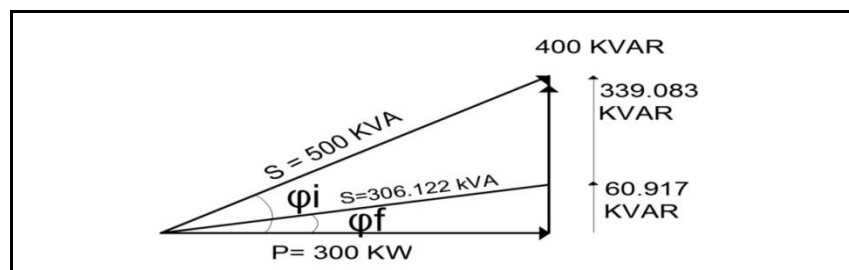
$$C = \frac{P(\tan \phi_i - \tan \phi_f)}{V^2 * 3 * 2\pi * f}$$

Sustituyendo valores:

$$C = \frac{300KW(\tan 53.13^\circ - \tan 11.47^\circ)}{240^2 * 2\pi * 3 * 60} = 5.20579095446^{-3}$$

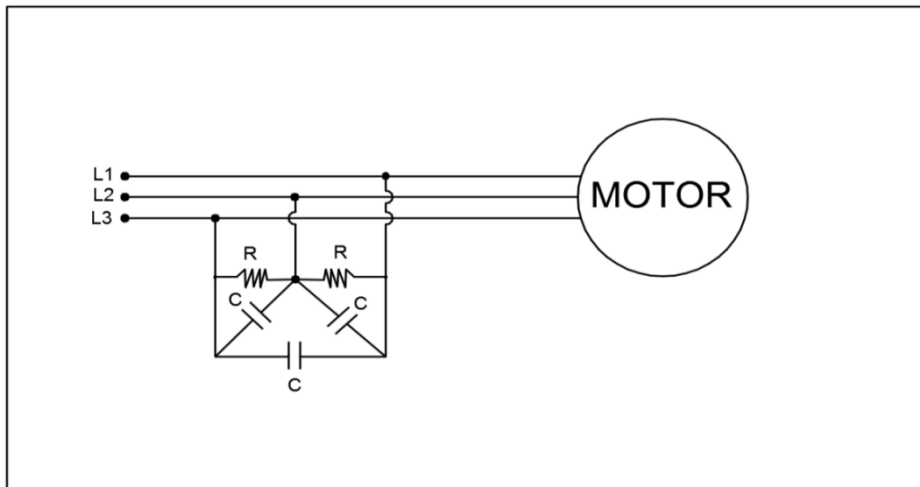
El valor de los capacitores es de 5,205 milifaradio. La ecuación se multiplicó por un tercio debido a que el motor es trifásico.

Figura 14. **Corrección del factor de potencia**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 15. **Diagrama de conexión de banco de capacitores**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.8.5. Definición de armónicos

Se define como la distorsión de señal de corriente y de voltaje respecto a una fundamental. El matemático Joseph Fourier demuestra que al tener una señal sinusoidal se puede descomponer en otras ondas sinusoidales con frecuencia a más "n" formas de ondas sinusoidales con frecuencias múltiplos de la fundamental llamada armónica. El uso de equipos electrónicos modernos ha cambiado la vida proporcionándonos mayor comodidad y dependencia eléctrica, pero este hecho ha cambiado las características de las cargas en las instalaciones modernas. Los equipos electrónicos han ganado el nombre de cargas no lineales debido a su particular característica de consumir corriente no sinusoidal al aplicarse alimentación sinusoidal, por lo cual se produce una distorsión de señales de tensión y de corriente en múltiplos de la misma en el sistema eléctrico. Los armónicos son provocados por las cargas no lineales como: motores controlados por dispositivo electrónico con aplicación de

velocidad variable, lámparas fluorescentes, lámparas de descarga, máquinas de soldar de arco, dispositivos con núcleo magnético cuando se saturan, toda la gama de dispositivos electrónicos contruidos con dispositivos de electrónica de potencia, inversores, UPS, hornos de arco, entre otros, afectando principalmente a las instalaciones, a las mismas cargas y a las que se encuentran cerca de ellas.

1.8.5.1. Efectos y tipos de armónicos

Una señal armónica tiene efecto, como la pérdida de energía en forma de calor o sobrecalentamiento Joule en las cargas, poniendo en riesgo la vida de sus aislantes y de instalaciones aledañas, causando sobrecalentamiento en los conductores, especialmente en el neutro, debido al efecto pelicular, generando disminución del factor de potencia y envejecimiento, e incluso la destrucción de baterías de condensadores utilizadas para su corrección debido a fenómenos de resonancia y amplificación.

Los indicios de armónicos en una instalación eléctrica son el disparo en falso inexplicable de dispositivos de protecciones termomagnéticas y fusibles, la corriente excedente por el neutro, el alto nivel de voltaje entre el neutro y la tierra física, el recalentamiento en transformadores o la reducción en la capacidad de distribución. Los sistemas eléctricos de edificios están compuestos en gran parte de cargas monofásicas que son alimentadas con una fuente de 4 hilos en estrella aterrizada. Con la llegada de la computadora personal y la fuente de alimentación conmutada a principios de los años 80, un porcentaje cada vez mayor de estos dispositivos de cargas son no lineales por naturaleza, es decir, producen armónicas. Los dispositivos monofásicos generalmente exhiben las siguientes armónicas de la fundamental en forma de onda de corriente: 3, 5, 7, 9, 11, 13, incluyendo todas las armónicas impares,

etc. Cuando esto ocurre se debe tomar en cuenta lo siguiente: aun en condiciones balanceadas, las armónicas múltiplos de tres se sumarán en el conductor neutro; la tercera armónica es mucho mayor que el resto y habitualmente la más significativa. Los transformadores alimentadores conectados en delta estrella aterrizada bloquearán la mayoría de las corrientes de tercera armónica y sus múltiplos, evitando que fluyan hacia el sistema de alta tensión. Debido a las corrientes de neutro potencialmente altas en esa aplicación, el conductor neutro debe dimensionar hasta el mismo valor que los conductores de fases. Los transformadores necesitan ser dimensionados o corregidos para manejar las altas corrientes armónicas. Esta es la aplicación principal de los transformadores clasificados con factor K.

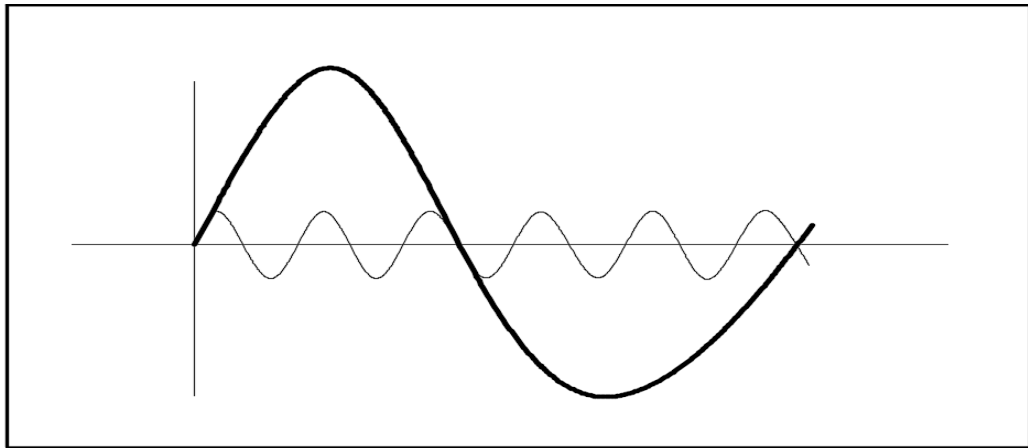
Los sistemas comerciales e industriales grandes están compuestos por cargas trifásicas, en su mayoría por impulsores de corriente alterna, directa, dispositivos rectificadores y circuitos de calentamiento controlados eléctricamente. Las armónicas de corriente que son características de las cargas trifásicas más continuas son las armónicas impares, excepto para múltiplos de tres, 5, 7, 11, 13, etc. En los dispositivos trifásicos pequeños, estos ocasionalmente se instalan y surgen armónicos pares como parte de sus características, es decir, 2, 4, 5, 8, 10, 11, 13, etc.

1.8.5.2. Corrección de armónicos

Para mitigar el fenómeno provocado por armónicos es recomendable utilizar transformadores de aislamiento conectados a una configuración de estrella-triángulo, con secundario en zig-zag o con doble secundario, filtros pasivos anti-armónicas o los llamados *shunt* resonantes, formados por elementos pasivos como inductancias y condensadores, filtros activos y convertidores limpios. Se realiza con un estudio de calidad de energía con el

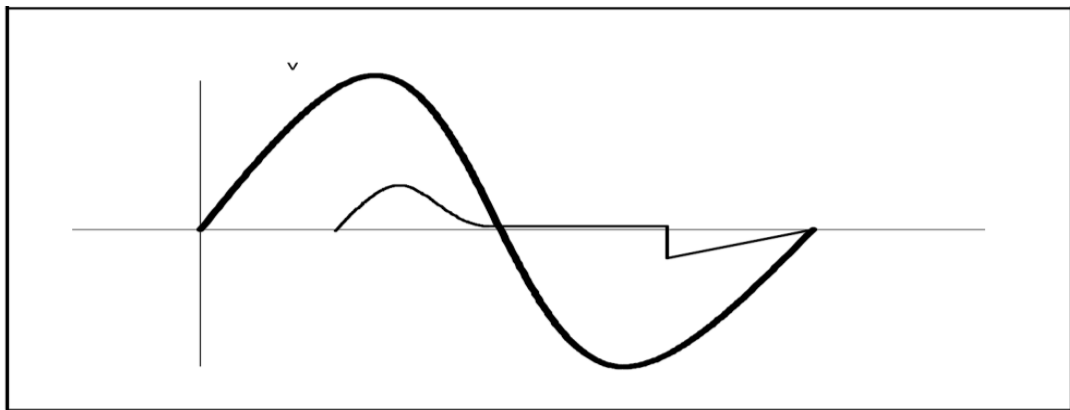
equipo indicado para detección de armónicos y su naturaleza de origen. Con base en este estudio se instalan filtros adecuados para su eliminación.

Figura 16. **Comportamiento de la señal armónica en cargas lineales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 17. **Comportamiento de una señal armónica en cargas no lineales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.8.6. Plantas de emergencias

Sirven para suplir la demanda de potencia en ausencia del servicio de las empresas distribuidoras por motivos diversos en su sistema. Son maniobradas de manera manual (intervención humana) o por medio de transferencias automáticas, beneficio que proporciona la electrónica de potencia. Suministran a los servicios que no pueden tener interrupciones en períodos largos. En algunos lugares donde no es suficiente para cubrir toda la potencia instalada, se realizan seccionamientos para equipos importantes como donde se procesan datos. Los inversores y UPS funcionan como pequeñas plantas de emergencia, supliendo de energía a los sistemas de computadoras de centros de datos de gran importancia. Funcionan por medio de bancos de batería de corriente directa que pasan por períodos de transformación de rectificación a corriente alterna, por medio de dispositivos electrónicos, suministrando de energía a los circuitos de mayor importancia. Dicha operación la realizan en tiempos extremadamente cortos para no perder la información.

1.9. Elementos de diseño de una instalación industrial

El elemento indispensable para realizar un diseño de una instalación industrial es analizar las posibilidades y requisitos de centros de abastecimiento, es decir si la empresa distribuidora tiene la capacidad en sus líneas de distribución o se deben reforzar según sea la necesidad con bancos de transformadores. Primero es necesario calcular la acomoda con todos sus accesorios, misma que suministrará todo el servicio en función de todas las cargas con un margen de crecimiento futuro, diseño de planos de fuerza para máquinas de operaciones especiales, motores, bombas, iluminaciones y plano de fuerza para uso general o de oficinas con tomacorrientes. Se debe basar en lo siguiente:

- Pensar en flexibilidad de operación, por ejemplo, poder dar servicio a una parte sin tener que dejar fuera a otra.
- Dejar espacio suficiente alrededor de los equipos para mantener la facilidad de acceso.
- Usar los materiales más comunes, fáciles de cambiar y de mayor facilidad de adquisición en el mercado local.

Es de suma importancia saber la dimensión del emplazamiento y de las distancias entre cada salida de los servicios, la ubicación de las unidades, identificar los tableros de distribución con sus elementos de protección y capacidad, así como la obra civil adecuada de soporte y recubrimiento, evitando cualquier tipo de filtraciones en las canalizaciones que trasladan a los conductores, tanto de potencia como de control; también es importante cuidar la protección mecánica y eléctrica de los equipos y realizar la supervisión de la parte técnica para dar seguridad acorde a los requerimientos de normas de instalaciones.

1.9.1. Dispositivos de protección para las instalaciones industriales

Dentro de los dispositivos de protección más comunes en las instalaciones industriales puede mencionarse: protectores de fase, relé térmico, guarda motor, supresor de picos, ecualizador de potencial, entre otros. Su tarea específica es actuar de manera inmediata al presentarse cualquier tipo de fallas, protegiendo a las personas y a los equipos industriales.

Los protectores de fases son utilizados en los circuitos trifásicos para un constante monitoreo del comportamiento de niveles de voltaje, presencia de las fases o intercambio entre fases. Si esto ocurre, se desconecta el servicio de

suministro hasta que sea corregido. Esta operación se realiza por medio de contactos de control normalmente abiertos y cerrados que gobiernan el sistema de mando. Son para aplicaciones exclusivas de controles trifásicos. Se utilizan en equipos de máquinas eléctricas como: control de motores, compresores, molinos y sistemas de bombeo en que el sentido de giro es primordial en sus operaciones.

El relé térmico es utilizado como protección de sobrecarga en las máquinas eléctricas u otros dispositivos como complemento a los contactores conectados por medio de pines a bornes. Poseen contactos normalmente abiertos y cerrados para utilizarlos en el sistema de control. Su funcionamiento básicamente es electromagnético, existen desde valores pequeños hasta muy grandes. Su funcionamiento consiste en que, al sobrepasarse, los valores de corriente se provocan calentamiento; como está construido a base de bimetálicos susceptibles a temperaturas, esto hace que se disparen. Por lo regular poseen configuración de manual y automático, opción que puede elegir el usuario según sea su necesidad, con valores ajustables en un cierto rango de corrientes.

El guarda motor se utiliza para reemplazar al interruptor termomagnético y el relé térmico, haciendo ambas funciones al mismo tiempo. Es de forma compacta, acomodándose a lugares reducidos, muy utilizado en los lugares donde se tiene varios servicios seccionados para aplicaciones diferentes con la necesidad de encender y apagar de forma individual.

El supresor de picos de voltajes transitorios tiene como objetivo principal estabilizar los niveles de voltaje y de corriente en los lugares donde la señal es inestable, desviando el exceso de energía para no dañar las cargas sensibles.

Debe contar con un sistema eficiente de tierra física y con una baja impedancia, para drenar cualquier pico de señal en el servicio eléctrico.

El ecualizador de potencial sirve para unir dos sistemas de tierra física diferentes, poniendo a un mismo potencial de referencia ambos sistemas, pero sin dejar circular corrientes en ambas direcciones. Este dispositivo es de gran beneficio por parte de la electrónica de potencia, es básicamente como el diodo en la electrónica analógica, en que la corriente circula en una sola dirección, de lo contrario se comporta como un interruptor normalmente abierto.

1.9.2. Características de una instalación industrial

Son instalaciones que consumen arriba de 11 KW de potencia, monofásicas o trifásicas, que se alimentan de acometidas que tienen como accesorios principales caja *socket* clase 200, protección principal termomagnética dentro de una caja tipo IV o V NEMA 3R, sistema de medición por contador demandómetro en la parte secundaria o en la parte primaria, por medio de transformadores de potencia conocido, como Cts y Pts, varilla para aterrizar el conductor neutro en la caja principal no menor al calibre número 4, accesorios como canalizaciones, que deben ser dimensionado respecto al valor nominal de carga demandada. La función de la protección principal es evitar que cualquier falla interna afecte las instalaciones exteriores, adicionalmente sirve de protección principal y como medio de desconexión general para necesidades diversas o para el personal que realiza mantenimiento. El costo de la acometida lo debe cubrir el usuario, si es aérea o subterránea, con todos los requerimientos contenidos por la norma de cada lugar de ubicación. En las siguientes tablas se encuentran valores de voltajes y potencias que EEGSA puede suministrar y en los que debe haber mutuos acuerdos con el usuario según el servicio de potencia que requiera.

Tabla XVII. **Valores de voltaje**

Rangos de voltaje de operación de EEGSA	
Descripción	Rangos
Alta tensión	Arriba de 60KV
Media tensión	1KV A 60KV
Baja tensión	0 A 1KV

Fuente: Norma de EEGSA.

Tabla XVIII. **Rangos de potencia**

POTENCIA NORMALIZADOS POR EEGSA		
Descripción	Rangos	Obligaciones
Alta tensión	Cargas puntuales arriba 1000 KVA	La subestación la debe costear el usuario.
Media tensión	Cargas entre 225 y 1000 KVA	La subestación la debe costear el usuario.
Media tensión	Cargas entre 75 y 225 KVA	Tener espacio para el poste para instalar el banco de transformadores.
Media tensión	Cargas entre 25 y 75 KVA	Tener espacio para el poste para instalar el banco de transformadores.
Media tensión	Cargas entre 11 y 75 KVA	Se debe consultar si se conecta en media o baja tensión.

Fuente: Norma de EEGSA.

Para las instalaciones trifásicas con valores de potencia como los del cuadro anterior existen varias configuraciones de conexiones en bancos de transformadores para obtener valores de voltajes nominales que las cargas necesitan para funcionar, de acuerdo a las diferentes necesidades. Se deben considerar las configuraciones más adecuadas al tipo de cargas. En los

siguientes apartados se hará mención de las conexiones más comunes y utilizadas según su importancia y aplicación.

Servicio trifásico de 4 hilos conexión estrella/estrella (Y/Y): surge de la conexión del banco de transformador en estrella en el primario y estrella en lado del secundario. Es utilizado donde las cargas son mayormente monofásicas como en el caso de edificios, centros comerciales, edificios para uso de viviendas como apartamentos, entre otros, con servicios de aplicación y recepción de 120 voltios. Los valores de voltaje que proporcionan son de: 120/208Y. La medición de voltaje entre fases con referencia al neutro siempre debe ser de valores iguales en toda la red de instalación, permitiendo conectar los servicios monofásicos sin ningún inconveniente para poder balancearlos entre sus tres barras de líneas vivas de conexión.

Las ecuaciones que relacionan los voltajes son las siguientes y sirven para realizar mediciones y analizar su correcto funcionamiento a valores estándar del NEC:

- U=Tensión de línea
- u= Tensión de fase
- Relación de voltaje de línea y voltaje de fase

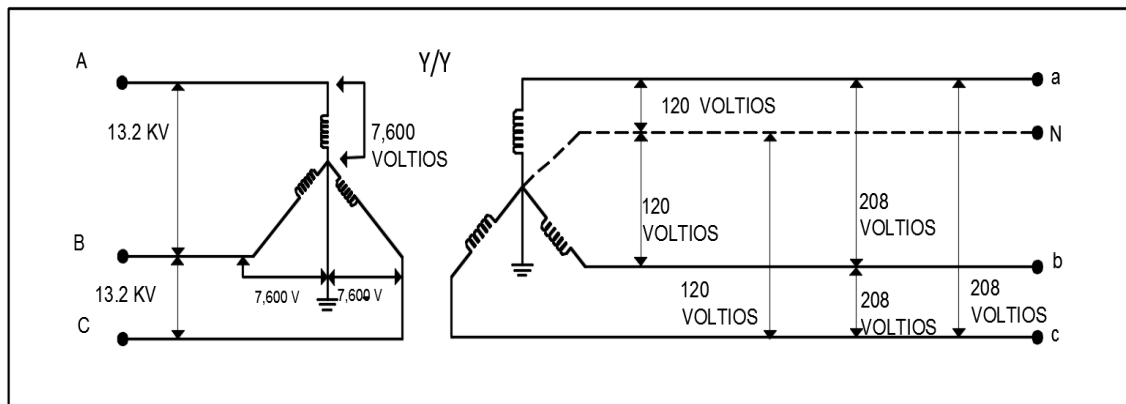
$$U = \sqrt{3} * u$$

- Relación de voltaje de fase y voltaje de línea

$$u = 0.58 * U$$

En la siguiente figura se muestra este tipo de conexión en un banco de transformadores para obtener los valores de voltajes de fase referida al neutro y voltajes de líneas, para ser considerados y comparados con los valores nominales que necesitan las cargas para operar eficientemente sin que tengan inconvenientes en sus operaciones.

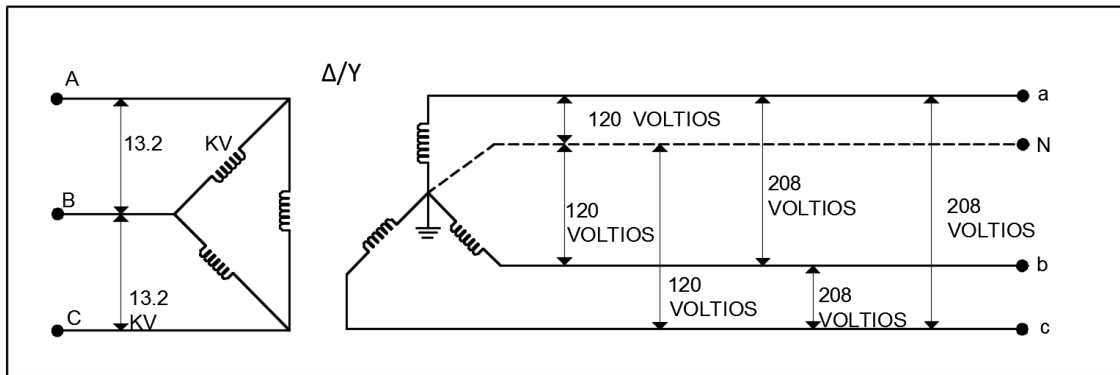
Figura 18. **Conexión estrella/estrella 4 hilos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Servicio trifásico de 4 hilos con conexión delta estrella (Δ/Y): surge de la conexión de banco de transformador en delta, en el primario estrella en lado del secundario. Es utilizado para balancear cargas y eliminar armónicas de terceras cancelándose en la delta del primario, es utilizado también donde las cargas son mayormente monofásicas como en el caso ya mencionado en la conexión estrella/estrella. Los valores de voltaje que proporcionan son de: 120/208V. La medición de voltaje entre fases con referencia al neutro debe ser igual, permitiendo conectar las cargas de servicios monofásicos. En la figura siguiente se puede observar este tipo de conexión:

Figura 19. **Conexión delta/estrella 4 hilos**



Fuente: Elaboración propia, empleando AutoCAD.

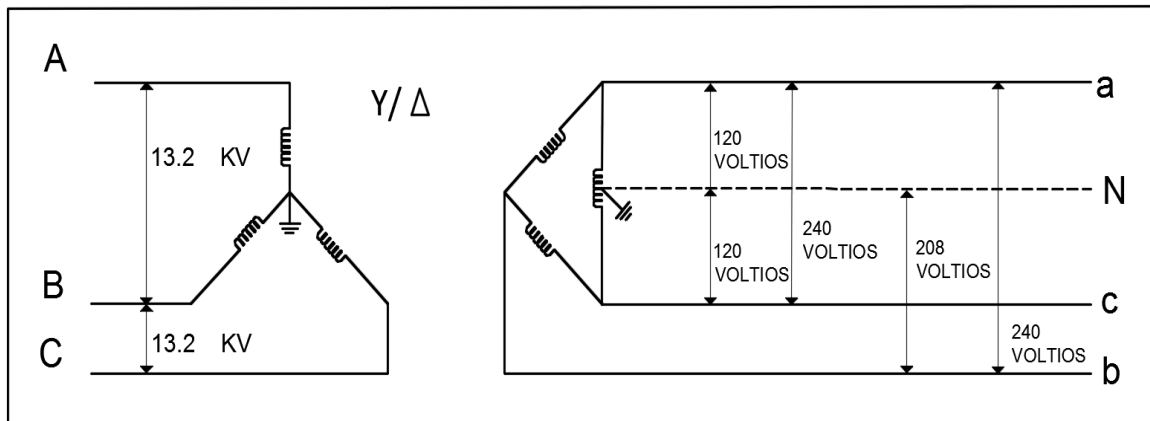
Servicio trifásico de 4 hilos con conexión estrella delta (Y/Δ): surge de la conexión del banco de transformadores en estrella en lado primario y delta en lado del secundario. Los valores de voltajes entre líneas más utilizados son: 240, 440, 480. Los voltajes referidos a neutro son diferentes debido a que se derivan precisamente en la mitad del devanado de uno de los tres transformadores. Para obtener una referencia se conecta la derivación intermedia a una varilla de tierra física. Una fase medirá 208 voltios cuando la carga esta balanceada de lo contrario varía entre 180 y 208 voltios. También es conocido como fase motriz, cuando se instala en la caja *socket* del contador. En la caja principal se debe poner en el lado izquierdo mientras que en los tableros de distribución deben ir en la barra del centro como fase b. Las otras dos fases referidas a la varilla tienen un valor de 120 voltios, poniendo en desventaja el balance de cargas monofásicas. Es utilizado en talleres industriales o en el interior de las fábricas donde prevalecen cargas trifásicas.

La conexión estrella delta con derivación intermedia tiene la ventaja de que los voltajes de línea son de mayor valor que los voltajes de línea de una

delta estrella, disminuyendo el valor de consumo de corriente en los motores que son fabricados con especificaciones técnicas 208/240. Por la relación que existe entre voltaje y corriente, que se conoce como inversamente proporcional, cuando el voltaje es elevado disminuye el valor de la corriente. Este tipo de servicio no es tan adecuado para alimentar dispositivos electrónicos por la susceptibilidad de sus valores de voltaje. Si tal fuera el caso, se deben considerar las medidas técnicas para su respectiva alimentación como transformadores de aislamiento y reguladores de voltaje, para mantener los valores de voltaje en rangos aceptados y recomendados por los fabricantes de dichos dispositivos. Este sistema de conexión no tiene grandes efectos en los dispositivos monofásicos robustos, tal es el caso de talleres industriales donde se utilizan herramientas eléctricas que soportan un rango de variación de voltaje mayor, como taladros, pulidoras, máquinas de soldadura de arco, entre otras.

Esta conexión tiene la ventaja de eliminar armónicas terceras que se generan en las instalaciones internas quedando eliminadas en la delta del secundario. Su utilidad específica es para cargas mayormente trifásicas, con algunas cargas de poca utilidad monofásica de poca potencia, con rango de voltaje amplio y robusto. Es de uso muy común en nuestro medio para suministrar servicios a nivel industrial. En el siguiente dibujo se puede observar este tipo conexión en un banco de transformadores con sus respectivos valores de voltaje entre fase y voltaje de línea.

Figura 20. **Conexión estrella/delta 4 hilos**

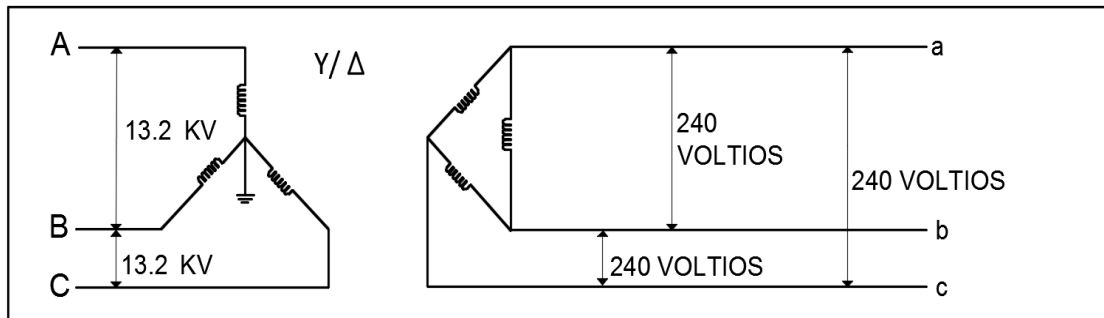


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Servicio trifásico de 3 Hilos conexión estrella delta (Y/Δ): es utilizado en aquellos lugares donde únicamente existen cargas trifásicas y donde no es necesario el conductor neutro. Los voltajes más comunes adquiridos en esta conexión son: 440, 480 entre líneas o tensiones compuestas. No existe voltaje de fase. Es utilizado en el interior de las grandes fábricas o industrias donde se realizan procesos de diversas aplicaciones con motores de inducción trifásicos de alta potencia, entre otros.

Para este tipo de instalación se debe considerar una eficiente tierra física con impedancias normalizadas, para tener una misma referencia de cero voltios en toda la instalación y para proteger de cualquier siniestro que puede ocurrir y al mismo tiempo lograr una eficiencia en los tiempos de disparos en los dispositivos de protección, logrando seccionar únicamente la parte afectada de la instalación. Tiene la característica de que elimina armónicas de terceras en la parte secundaria de conexión, provocadas por las cargas. En la siguiente figura se puede observar este tipo de conexión en transformadores de potencia:

Figura 21. **Conexión estrella/delta 3 hilos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Instalaciones especiales: una instalación especial se considera también como un servicio casi constante debido a que es conectada a un sistema de distribución de alta tensión y a que es un sistema más robusto, por lo mismo más estable. Este servicio se traslada siempre en alta tensión hacia subestaciones instaladas en el interior, muy cercano a los servicios con un sistema de medición en lado de alta, considerando que las pérdidas de transformación sea compensadas vía pliego tarifario. En Guatemala se considera instalación especial a los: hospitales, debido a que en el caso de algún siniestro provocado por algún fenómeno natural, el servicio de energía tiene que mantenerse.

Para las instalaciones industriales, por el valor de potencia que deben suministrar los centros de carga o tableros, las protecciones termomagnéticas de tipo industrial tienen características específicas que son: de tiempo diferido largo, de tiempo diferido corto, de disparo instantáneo, contra fallas. Dichas características son importantes para la configuración del tipo de instalación y cargas a proteger.

1.9.3. Sistemas de distribución

La red de distribución de energía eléctrica o sistema de distribución es la parte del sistema de suministro cuya función es administrar de energía a los usuarios. Para que esta energía llegue hasta un usuario debe comenzar desde las plantas de generación, transmisión y distribución, utilizando subestaciones y bancos de transformadores con todos sus componentes. El sistema de distribución debe proveer servicios con un mínimo de variaciones de tensión y un mínimo de interrupciones. Debe ser flexible para permitir expansiones en pequeños incrementos, así como para reconocer cambios en las condiciones de carga con un mínimo de modificaciones y gastos. Esta flexibilidad permite guardar la capacidad del sistema cercana a los requerimientos de carga, por lo tanto, permite que el sistema use de manera más efectiva la estructura. Los sistemas de distribución más conocidos son:

- Sistema radial
- Sistema en anillo
- Sistema de red o malla

El sistema radial es aquel que cuenta con un solo camino entre la fuente y la carga, proporcionando el servicio de energía eléctrica. Tiene un simple camino sin regreso sobre el cual pasa la corriente, parte desde una subestación y se distribuye en forma de rama. Este sistema de distribución tiene como característica básica que está conectado a un solo juego de barras. Existen diferentes tipos de arreglos sobre este sistema, la elección del arreglo está sujeta a las condiciones de la zona, demanda, confiabilidad de continuidad en el suministro de energía, costo económico y perspectiva a largo plazo.

Es un sistema que resalta su simplicidad y facilidad, es el más económico debido a que es el arreglo que utiliza menos cantidad de equipo, sin embargo, tiene varias desventajas en su forma de operar:

- El mantenimiento de los interruptores se complica debido a que hay que dejar fuera parte de la red.
- Son menos confiables, ya que, una falla sobre el alimentador primario principal afecta a la carga.

El sistema en anillo es aquel sistema que cuenta con más de una trayectoria entre la fuente o fuentes y la carga para proporcionar un servicio de energía eléctrica. Comienza en la estación central, realiza un ciclo completo por el área a abastecer y regresa al punto de donde partió. Este sistema permite que el área de carga sea abastecida de ambos extremos, permitiendo aislar ciertas secciones en el caso de alguna falla. Es utilizado para abastecer grandes masas de carga, desde pequeñas plantas industriales hasta medianas o grandes construcciones comerciales, donde es de gran importancia la continuidad de servicio. Como ventajas de operación en este sistema pueden mencionarse:

- Más confiables, ya que cada carga se puede alimentar en teoría por dos trayectorias.
- Permite continuidad de servicio, aunque no exista el servicio en algún transformador de línea.
- Por motivo de falla un circuito sale de servicio, se abren los dos interruptores adyacentes, se cierran los interruptores de enlace y queda restablecido el servicio instantáneamente. Si falla un transformador o una línea de carga se pasa al otro transformador o línea y se reparte entre los dos adyacentes.

- Si el mantenimiento se efectúa en uno de los interruptores normalmente cerrados, al dejarlo des-energizado el alimentador respectivo se transfiere al circuito vecino, previo cierre automático del interruptor de amarre.

El sistema de red o malla provee una mayor confiabilidad en el servicio que las formas de distribución radial o en anillo, ya que se alimenta de dos plantas y le permite a las cargas alimentarse de cualquier planta de poder o cualquier subestación de distribución. Este sistema se utiliza donde la energía eléctrica tiene que estar presente sin interrupciones. Este sistema es el más caro en costos de instalación.

1.9.4. Cálculos elementales en una instalación industrial

Para realizar el cálculo de una instalación industrial se debe contar con el plano de ubicaciones del conjunto de cargas por instalar, luego tabularlas con todas sus magnitudes eléctricas en una memoria de cálculo en potencia aparente. Conociendo la sumatoria de cargas y consumos de corrientes se distribuyen equitativamente en el circuito alimentador trifásico. Ya realizada esta operación ocurre la elaboración de planos de fuerza e iluminación, diagramas unifilares con sus componentes básicos que son: tableros de distribución, conductores eléctricos, protecciones con una coordinación en los tiempos de disparo. Todo esto con el fin de ejecutarse como proyecto considerando un margen de crecimiento para instalaciones futuras.

1.9.4.1. Ramales

Por el valor de la potencia, los conductores son de gruesos calibres y las derivaciones de un mismo circuito para varios servicios se realizan por medio

de borneras, barras, tableros, evitando falsos contactos y las pérdidas de energía en forma de calor. Se debe considerar la distancia contemplando la caída de tensión que no sobre pase un 3 %. Se deben realizar dichas derivaciones con los accesorios más indicados y versátiles evitando cualquier riesgo en el sistema de servicio.

1.9.4.2. Sub alimentadores

Son tableros o barras de menor capacidad que el alimentador principal, para distribuirse en ramales hacia las cargas finales, con protecciones que deben tener un tiempo menor de respuesta que las protecciones de los tableros principales, para garantizar una coordinación de seccionamiento, en el caso que se presente alguna falla, desconectando únicamente la parte afectada.

1.9.4.3. Alimentador principal

Es la parte de mutuo acuerdo entre la empresa distribuidora o comercializadora y el usuario, con valores de potencia necesaria a suministrar. Deben verificar si las líneas de distribución o bancos de transformadores tienen la capacidad de soportar la demanda, definir el sistema de medición en baja tensión o en alta tensión, considerando las pérdidas bajo un régimen tarifario y el tipo de instalación de acometida (aérea o subterránea), con todo sus elementos como indica la norma.

1.9.4.4. Tablero principal

El tablero principal debe tener las características de un tablero tipo industrial con su interruptor termomagnético principal integrado, barras para bornes para derivar neutros y tierras físicas, barras de potencia para líneas

activas del grosor para soportar altos valores de corriente, protecciones termomagnéticas de las mismas características para poder distribuir a otros sub tableros y estos a su vez trasladar la energía por medio de conductores en canalizaciones adecuadas hasta llegar a las cargas. Debe contar con los accesorios indicados y adecuados correspondientes a la operación que realiza.

1.9.4.5. Subestación

Una subestación eléctrica es un conjunto de dispositivos que forma parte de un sistema de potencia. Sus principales funciones son transformar tensiones y derivar circuitos de potencia. Se clasifican por su función y por su nivel de tensión: variadores de tensión, de maniobra y mixtas. También por el nivel de tensión y potencia de transmisión arriba de 230 KV, sub-transmisión entre 115 y 230 KV, distribución primaria entre 23 y 215 KV, distribución secundaria debajo de 23 KV, tensiones normalizadas en baja tensión 440, 220, 120, entre otros, así como por las aplicaciones y necesidades del lugar, y por el tipo de aislamiento que poseen: aislados en aire (AIS) o aislados en gas (GIS), que es hexafluoruro de azufre (SF₆).

1.10. Cálculo de una instalación eléctrica como proyecto

Este apartado tiene como fin aplicar criterios, fórmulas, contenidos en apartados anteriores. Se realiza el diseño de una instalación para un edificio de vivienda, de cuatro niveles con cuatro apartamentos en cada nivel, con las mismas dimensiones, similares en el uso de cargas eléctricas, por lo cual son las mismas condiciones para la elaboración de planos de unidades de fuerza e iluminación. Debe haber servicio eléctrico de medición individual y protección termomagnética para cada apartamento, unidades de servicios generales,

sistema de bombeo hacia la azotea del edificio a un tanque de depósito y alumbrado de parqueo exterior.

Servicio monofásico de 240 voltios individuales, alimentados desde un tablero múltiple de contadores y a la vez, desde un servicio trifásico. La conexión del banco de transformadores de la red de distribución es de conexión delta estrella (Δ/Y), para obtener voltajes que se podrán distribuir equitativamente en las cargas monofásicas utilizadas en el interior. En la memoria de cálculo se podrá ver de forma detallada cada una de las cargas con sus respectivos parámetros eléctricos.

1.10.1. Memoria de cálculo

Tabla XIX. Memoria de cálculo por cada apartamento

MEMORIA DE CÁLCULO DE UNIDADES DE FUERZA E ILUMINACIÓN DE CADA APARTAMENTO.											
Cant.	Circuito	Descripción	Potencia máxima [W]	Factor de demanda	Potencia máxima demandada [W]	Corriente en [A]	Protección	FASE 1 [L1]	FASE 2 [L2]	Barra de conexión	NO. De calibre AWG THHN
1	A	Refrigerador 120 voltios	368	0.5	184	3.07	1X20			L1-N-PE	12
1		Tostador 120 voltios	1500	0.6	900	12.5					
1		Licuada 120 voltios	300	0.6	180	2.5					
1	B	Microonda 120 voltios	800	0.6	480	6.67	1X20			L2-N-PE	12
1		Secador de cabello 120 voltios	1000	0.6	600	8.33					
1	C	Estufa eléctrica 220 voltios	2000	0.8	1600	9.09	2X20			L1-L2-PE	12
1	D	Calentador de agua 220 voltios	4000	0.4	1600	18.18	2X20			L1-L2-PE	12
1	E	Secadora de ropa 220 voltios	4000	0.6	2400	18.18	2x20			L1-L2-PE	12
1	F	Equipo de sonido 120 voltios	70	0.6	42	0.58	1X20			L1-N-PE	12
3		Televisor 120 voltios	150	0.6	90	3.75					
3		DVD 120 voltios	35	0.6	21	0.87					
3		Cargador para teléfono	1	0.6	0.6	0.025					
3		Radio despertador	1	0.6	0.6	0.025					
1		Computadora de escritorio 120 voltios	150	0.6	90	1.25					
1		Laptop 120 voltios	60	0.6	36	0.5					
1		Impresora	495	0.6	297	4.12					
1	G	Máquina de afeitar 120 voltios	15	0.6	9	0.12	1X20			L2-N-PE	12
1		Lavadora 120 voltios	500	0.6	300	4.17					
1		Plancha eléctrica 120 voltios	1000	0.6	600	8.33					
1	H	Aspiradora de alta potencia 120 VAC	2000	0.6	1200	16.67	1X20			L1-N-PE	12
1	I	Horno eléctrico	2500	0.6	1500	20.83	1X30			L2-N-PE	10
1	J	Unidades de iluminaciones 120 voltios	1729	0.95	1642.55	13.8	1x15			L1-N	12
		Sumatoria de valores de potencia			13772.75						
		Consideraciones de crecimiento en los conductores			68.86						
		Potencia en cada barra de las dos fases			6886.375						
		Corriente en cada fase del circuito alimentador trifásico			318.4450867						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Memoria de cálculo de servicios generales**

MEMORIA DE CÁLCULO DE SERVICIOS GENERALES											
Cant.	Circuito	Descripción	Potencia [W]	Factor de demanda	Potencia máxima demandada [W]	Corriente en [A]	Protección	FASE 1 [L1]	FASE 2 [L2]	Barra de conexión	NO. De calibre AWG
1	A	Bomba de agua	2238	0.6	1342.8	11.66	2*15			L1-L2-PE	14
2	B	Iluminación de parqueo	1600	0.6	960	13.33	1*15			L1-N	14
3	C	Tomacorrientes	900	0.6	540	7.5	1*15			L2-N	12
			SUMATORIA		2842.8						

Fuente: elaboración propia.

1.10.2. **Cómo seleccionar conductores tomando en cuenta los factores de corrección por agrupamiento y temperatura**

Es necesario elegir el grosor de conductores por selección de corriente como alimentador del tablero múltiple al tablero de distribución que suministrará energía a las cargas eléctricas interiores. Cumpliendo con uno de los criterios de selección por corriente, se hace uso de la tabla 310-16 para conductores instalados en tubería empotrada, así como de la corrección por factor de temperatura contenida al pie de tabla y del factor corrección por agrupamiento de la tabla 310-15g.

Luego de realizar el análisis por selección por corriente se verifica por el criterio de caída de tensión. El dato obtenido de consumo para balancear cargas entre fases es de 68,86 amperios para la fase 1 y 68,86 amperios para la fase 2. Recurriendo a valores de tabla 310-16 para una temperatura de 90° con cable THHN, el calibre recomendado es el número 6 con una capacidad máxima de 75 amperios. La temperatura del valor estándar de la tabla de 30° y el factor de corrección por agrupamiento es una unidad, debido a que únicamente existen dos fases vivas, un neutro y una tierra física.

La tubería a utilizar por cada salida del tablero múltiple de contadores hacia el tablero de distribución ubicado en el interior de cada apartamento es de metal de pared liviana (MT), esmaltado de color negro, dimensionado para que tenga la capacidad según la sección transversal de los conductores, empotrados en la pared de *block* con todos sus accesorios correspondientes para proteger mecánicamente a los conductores alimentadores. La siguiente tabla contiene valores de distancias por cada apartamento:

Tabla XXI. **Distancias del tablero múltiple al tablero de distribución**

Longitudes para efecto de cálculo de conductores por cada apartamento					
Nivel 1	Nombre	Distancia	Nivel 2	Nombre	Distancia
	Nivel 1A	13 m.		Nivel 2A	17 m.
	Nivel 1B	22 m.		Nivel 2B	26 m.
	Nivel 1C	27 m.		Nivel 2C	31 m.
	Nivel 1D	27 m.		Nivel 2D	31 m.
Nivel 3	Nivel 3A	21 m.	Nivel 4	Nivel 4A	25 m.
	Nivel 3B	30 m.		Nivel 4B	34 m.
	Nivel 3C	35 m.		Nivel 4C	45 m.
	Nivel 3A	35 m.		Nivel 4D	45 m.
Servicios generales			Distancia		
Bomba de agua de 3 HP			49 m.		
Iluminación de parqueo			26 m.		

Fuente: elaboración propia.

Verificación por el criterio de caída de tensión para la selección de conductores de alimentador por cada nivel:

Nivel 1A.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 13}{57 * 0.02 * 240} = 6.54 mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6:

Nivel 1B.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 22}{57 * 0.02 * 240} = 11.07mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6:

Nivel 1C.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 27}{57 * 0.02 * 240} 13.59mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6:

Nivel 1D.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 27}{57 * 0.02 * 240} = 13.59mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6:

Nivel 2A.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 17}{57 * 0.02 * 240} = 8.56mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6:

Nivel 2B.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 26}{57 * 0.02 * 240} = 13.09mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente es número 6:

Nivel 2C.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 31}{57 * 0.02 * 240} = 15.60mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente es número 6:

Nivel 2D.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 31}{57 * 0.02 * 240} = 15.60mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente es número 6:

Nivel 3A.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 21}{57 * 0.02 * 240} = 10.57mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6:

Nivel 3B.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 30}{57 * 0.02 * 240} = 15.10mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6:

Nivel 3C.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 35}{57 * 0.02 * 240} = 17.61mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente es número 6:

Nivel 3D.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 66.35 * 35}{57 * 0.02 * 240} = 17.62mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6.

Nivel 4A.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 25}{57 * 0.02 * 240} = 12.58mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6:

Nivel 4B.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 34}{57 * 0.02 * 240} = 17.11mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por corriente el calibre correspondiente número 6:

Nivel 4C.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 45}{57 * 0.02 * 240} = 22.65mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por caída de tensión el calibre recomendado número 4:

Nivel 4D.

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 68.86 * 45}{57 * 0.02 * 240} = 22.63mm^2$$

Debido al resultado numérico obtenido, es crítico por caída de tensión el calibre recomendado es número 4.

Con los valores obtenidos en el proceso de cálculo de conductores para alimentar a los tableros de distribución de cargas interiores de los apartamentos, contemplando ambos criterios para la selección del conductor adecuado, se puede realizar el siguiente cuadro de valores:

Tabla XXII. **Conductor alimentador de apartamentos**

NIVEL	CRÍTICO POR CORRIENTE	CRÍTICO POR VOLTAJE	CALIBRE	SERVICIO MONFÁSICO
APAR. 1A			6 THHN	240
APAR. 1B			6 THHN	240
APAR. 1C			6 THHN	240
APAR. 1D			6 THHN	240
APAR. 2A			6 THHN	240
APAR. 2B			6 THHN	240
APAR. 2C			6 THHN	240
APAR. 2D			6 THHN	240
APAR. 3A			6 THHN	240
APAR. 3B			6 THHN	240
APAR. 3C			6 THHN	240
APAR. 3D			6 THHN	240
APAR. 4A			6 THHN	240
APAR. 4B			6 THHN	240
APAR. 4C			4 THHN	240
APAR. 4D			4 THHN	240

Fuente: elaboración propia.

Servicios generales: bomba de agua.

Por el criterio de selección por corriente, según el valor de la corriente nominal, el consumo es de 11,65, los conductores según la tabla son de calibre número 14.

Por caída de tensión:

$$A_{mm^2} = \frac{2 * I * d}{K * e * V} = \frac{2 * 11.65 * 49}{57 * 0.03 * 240} = 2.78mm^2$$

Al hacer análisis por caída de tensión, se mantiene el rango crítico por corriente. Luego se realiza el cálculo del sistema lumínico de habitaciones por apartamentos, para la ubicación de lámparas en los planos de iluminación. Según lo consultado en la tabla VI, para un sistema de uso residencial el nivel de iluminación recomendado es de 100 lux, lámparas de tipo empotrable directa, incandescente y fluorescente, apantalladas con difusores.

Dormitorio A:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial (salones).

PASO No. 2. $NI = 100 \text{ Lux}$.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámpara incandescente color amarillo *frost* para regular su intensidad con *dimer*.

PASO No. 5. Una luminaria de 100 watt DEMO160 Tabla XII.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.6 - 1.0 = 1.6 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 4 + 4 + 4.5 + 4.5 = 17.0$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{4 * 0.7}{17.0} = 0.1647$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{4 * 0.7}{17.0} = 0.1647$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{4.5 * 0.7}{17.0} = 0.1853$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{4.5 * 0.7}{17.0} = 0.1853$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{4.0 * 4.5}{1.6 * \frac{17.0}{2}} = 1.32$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11.

$$1.25 \text{-----} 0.55$$

$$1.32 \text{-----} x$$

$$1.5 \text{-----} 0.59$$

$$x = 0.55 - \left(\frac{1.25 - 1.32}{1.25 - 1.5} \right) (0.55 - 0.59) = 0.5612$$

$$Cu = 0.5612$$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{100(4 * 4.5)}{1390 * 1 * 0.5612 * 0.7} = 3.3 \approx 4$$

Se aproxima por exceso a 4 lámparas.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.6 = 2.4$$

PASO No. 14.

$$No. Columnas = \frac{a}{EM} = \frac{4.0}{2.4} = 1.67$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{4.5}{2.4} = 1.875$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam / \phi * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{4 * 1390 * 0.5612 * 0.7}{4.0 * 4.5} \geq 100$$

$$NI = 121.34 \geq 100$$

Dormitorio B:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial (salones).

PASO No. 2 $NI = 100$ Lux.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámpara incandescente color amarillo *frost* para regular su intensidad con *dimer*.

PASO No. 5. Una luminaria de 100 watt DEMO160 Tabla XII.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.6 - 1.0 = 1.6 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 3.3 + 3.3 + 4.0 + 4.0 = 14.6$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{3.3 * 0.7}{14.6} = 0.1582$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{3.3 * 0.7}{14.6} = 0.1582$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{14.6} = 0.1918$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{14.6} = 0.1918$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{3.3 * 4.0}{1.6 * \frac{14.6}{2}} = 1.13$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11.

$$\begin{array}{r} 1.0 \text{-----} 0.48 \\ 1.13 \text{-----} x \\ 1.25 \text{-----} 0.55 \end{array}$$

$$x = 0.48 - \left(\frac{1.0 - 1.13}{1.0 - 1.25} \right) (0.48 - 0.55) = 0.5164$$

$$Cu = 0.5164$$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{100(3.3 * 4.0)}{1390 * 1 * 0.5164 * 0.7} = 2.6 \approx 3$$

Se aproxima por exceso a 3 lámparas.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.6 = 2.4$$

PASO No. 14.

$$No. Columnas = \frac{a}{EM} = \frac{3.3}{2.4} = 1.375$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{4.0}{2.4} = 1.67$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam / \emptyset * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{3 * 1390 * 0.5164 * 0.7}{3.3 * 4.0} \geq 100$$

$$NI = 114.19 \geq 100$$

Dormitorio C:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial (salones).

PASO No. 2 $NI = 100$ Lux.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámpara incandescente color amarillo *frost* para regular su intensidad con *dimer*.

PASO No. 5. Una luminaria de 100 watt DEMO160 Tabla XII.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.6 - 1.0 = 1.6 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 4.0 + 4.0 + 4.0 + 4.0 = 16.0$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{16.0} = 0.175$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{16.0} = 0.175$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{16.0} = 0.175$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{16.0} = 0.175$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{4.0 * 4.0}{1.6 * \frac{16.0}{2}} = 1.25$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11. $Cu = 0.55$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No.lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{100(4.0 * 4.0)}{1390 * 1 * 0.55 * 0.7} = 2.98 \approx 3$$

Se aproxima por exceso a 3 lámparas.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.6 = 2.4$$

PASO No. 14.

$$No. Columns = \frac{a}{EM} = \frac{4.0}{2.4} = 1.67$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{4.0}{2.4} = 1.67$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam / \phi * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{3 * 1390 * 0.55 * 0.7}{4.0 * 4.0} \geq 100$$

$$NI = 100.34 \geq 100$$

Comedor:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial (comedores).

PASO No. 2 $NI = 120$ Lux.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámparas fluorescentes color blanco.

PASO No. 5. Una luminaria de 64 watt LUM877 Tabla XV.

PASO No. 6

$$h_m = H - h' = 2.6 - 0.85 = 1.75 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 3.9 + 3.9 + 4.0 + 4.0 = 15.8$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{3.9 * 0.7}{15.8} = 0.1728$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{3.9 * 0.7}{15.8} = 0.1728$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{15.8} = 0.1772$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{15.8} = 0.1772$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{3.9 * 4.0}{1.75 * \frac{15.8}{2}} = 1.13$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11.

$$1.0-----0.48$$

$$1.13-----x$$

$$1.25-----0.55$$

$$x = 0.48 - \left(\frac{1.0 - 1.13}{1.0 - 1.25} \right) (0.48 - 0.55) = 0.5136$$

$$Cu = 0.5164$$

PASO No.12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{120(3.9 * 4.0)}{5520 * 1 * 0.5164 * 0.7} = .94 \approx 1$$

Se aproxima por exceso a 1 lámpara.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.75 = 2.625$$

PASO No. 14.

$$No. Columnas = \frac{a}{EM} = \frac{3.9}{2.625} = 1.4857$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{4.0}{2.625} = 1.5238$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam/\emptyset * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{1 * 5520 * 0.5164 * 0.7}{3.9 * 4.0} \geq 120$$

$$NI = 127.91 \geq 120$$

Cocina:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial (cocina).

PASO No. 2 $NI = 150$ Lux.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámparas fluorescentes color blanco.

PASO No. 5. Una luminaria de 64 watt LUM877 Tabla XV.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.6 - 1.0 = 1.6 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 2.0 + 2.0 + 4.0 + 4.0 = 12$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{2.0 * 0.7}{12} = 0.1167$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{2.0 * 0.7}{12} = 0.1167$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{12} = 0.2333$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{4.0 * 0.7}{12} = 0.2333$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{2.0 * 4.0}{1.6 * \frac{12}{2}} = 0.83$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11.

$$0.8 \text{-----} 0.42$$

$$0.83 \text{-----} x$$

$$1.0 \text{-----} 0.48$$

$$x = 0.42 - \left(\frac{0.8 - 0.83}{0.8 - 1.0} \right) (0.42 - 0.48) = 0.429$$

$$Cu = 0.429$$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{150(2.0 * 4.0)}{5520 * 1 * 0.429 * 0.7} = 0.72 \approx 1$$

Se aproxima por exceso a 1 lámpara.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.6 = 2.4$$

PASO No. 14.

$$No. Columnas = \frac{a}{EM} = \frac{2.0}{2.4} = 0.83$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{4.0}{2.4} = 1.67$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam / \phi * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{5520 * 1 * 0.429 * 0.7}{2.0 * 4.0} \geq 150$$

$$NI = 207.21 \geq 150$$

Sala:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial (salones).

PASO No. 2 $NI = 100$ Lux.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámpara incandescente color amarillo *frost* para regular su intensidad con *dimer*.

PASO No. 5. Una luminaria de 100 watt DEMO160 Tabla XII.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.6 - 1.0 = 1.6 \text{ mts.}$$

PASO No.7. Condiciones de mantenimiento: buena.

PASO No.8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 3 + 3 + 3.3 + 3.3 = 12.6$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{3 * 0.7}{12.6} = 0.1667$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{3 * 0.7}{12.6} = 0.1667$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{3.3 * 0.7}{12.6} = 0.1833$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{3.3 * 0.7}{12.6} = 0.1833$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{3 * 3.3}{1.6 * \frac{12.6}{2}} = 0.98$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11.

$$0.8 \text{-----} 0.42$$

$$0.98 \text{-----} x$$

$$1.0 \text{-----} 0.48$$

$$x = 0.42 - \left(\frac{0.8 - 0.98}{0.8 - 1.0} \right) (0.42 - 0.48) = 0.474$$

$$Cu = 0.474$$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\emptyset / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{100(3 * 3.3)}{1390 * 1 * 0.474 * 0.7} = 2.1 \approx 3$$

Se aproxima por exceso a 3 lámparas.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.75 = 2.625$$

PASO No. 14.

$$No. Columnas = \frac{a}{EM} = \frac{3.0}{2.625} = 1.375$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{3.3}{2.625} = 1.67$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam/\emptyset * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{3 * 1390 * 0.474 * 0.7}{3.3 * 4} \geq 100$$

$$NI = 104.82 \geq 100$$

Gradas y entrada de apartamentos:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial (salones).

PASO No. 2 $NI = 200$ Lux.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámparas fluorescentes color blanco.

PASO No. 5. Una luminaria de 64 watt LUM877 Tabla XV.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.6 - 1.0 = 1.6 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 3.0 + 3.0 + 5.9 + 5.9 = 17.8$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{3.0 * 0.7}{17.8} = 0.1179$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{3.0 * 0.7}{17.8} = 0.1179$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{5.9 * 0.7}{17.8} = 0.232$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{5.9 * 0.7}{17.8} = 0.232$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{3.0 * 5.9}{1.6 * \frac{17.8}{2}} = 1.2429$$

PASO No.10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No.11.

$$1.0-----0.48$$

$$1.24-----x$$

$$1.25-----0.55$$

$$x = 0.48 - \left(\frac{1.0 - 1.24}{1.0 - 1.25} \right) (0.48 - 0.55) = 0.5472$$

$$Cu = 0.5472$$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{200(3.0 * 5.9)}{5520 * 1 * 0.5472 * 0.7} = 1.7 \approx 2$$

Se aproxima por exceso a 2 lámparas.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.6 = 2.4$$

PASO No. 14.

$$No. Columnas = \frac{a}{EM} = \frac{3.0}{2.4} = 1.25$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{5.9}{2.4} = 2.45$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam / \phi * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{2 * 5520 * 0.5472 * 0.7}{3.0 * 5.9} \geq 200$$

$$NI = 238.91 \geq 200$$

Pasillos entre apartamentos:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial (salones).

PASO No. 2 $NI = 200$ Lux.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámparas fluorescentes color blanco.

PASO No. 5. Una luminaria de 64 watt LUM877 Tabla XV.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.6 - 1.0 = 1.6 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 2.0 + 2.0 + 6.6 + 6.6 = 17.2$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{2.0 * 0.7}{17.2} = 0.0813$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{2.0 * 0.7}{17.2} = 0.0813$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{6.6 * 0.7}{17.2} = 0.2686$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{6.6 * 0.7}{17.2} = 0.2686$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{2.0 * 6.6}{1.6 * \frac{17.2}{2}} = 0.959 \approx 1.0$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11. $Cu = 0.48$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{200(2.0 * 6.6)}{5520 * 1 * 0.48 * 0.7} = 1.42 \approx 2$$

Se aproxima por exceso a 2 lámparas.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.6 = 2.4$$

PASO No. 14.

$$No. Columnas = \frac{a}{EM} = \frac{2.0}{2.4} = 0.83$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{6.6}{2.4} = 2.75$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam / \phi * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{2 * 5520 * 0.48 * 0.7}{2.0 * 6.6} \geq 200$$

$$NI = 281.01 \geq 200$$

Baño:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial (vestíbulos).

PASO No. 2 $NI = 50$ Lux.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámparas fluorescentes color amarillo de espiral.

PASO No. 5. Una luminaria de 20 *watt* DEMO209 Tabla XIII.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.6 - 1.0 = 1.6 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 1.5 + 1.5 + 2.5 + 2.5 = 8.0$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{1.5 * 0.7}{8.0} = 0.1312$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{1.5 * 0.7}{8.0} = 0.1312$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{2.5 * 0.7}{8.0} = 0.2187$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{2.5 * 0.7}{8.0} = 0.2187$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{1.5 * 2.5}{1.6 * \frac{8.0}{2}} = 0.5859 \approx 0.6$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11. $Cu = 0.34$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{50(1.5 * 2.5)}{1100 * 1 * 0.34 * 0.7} = 0.72 \approx 1$$

Se aproxima por exceso a 1 lámpara.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.6 = 2.4$$

PASO No. 14.

$$No. Columnas = \frac{a}{EM} = \frac{1.5}{2.4} = 0.625$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{2.5}{2.4} = 1.042$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam/\emptyset * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{1 * 1100 * 0.34 * 0.7}{1.5 * 2.5} \geq 50$$

$$NI = 69.81 \geq 50$$

Lavandería:

PASO No. 1. Sistema lumínico residencial.

PASO No. 2 $NI = 100$ Lux.

PASO No. 3. Característica empotrable directa.

PASO No. 4. Lámparas fluorescentes color amarillo de espiral.

PASO No. 5. Una luminaria de 25 watt DEMO209 Tabla XIII.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.6 - 1.0 = 1.6 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8. Paredes de color marfil.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 1.5 + 1.5 + 2.0 + 2.0 = 7.0$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{1.5 * 0.7}{7.0} = 0.15$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{1.5 * 0.7}{7.0} = 0.15$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{2.0 * 0.7}{7.0} = 0.2$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{2.0 * 0.7}{7.0} = 0.2$$

$$\sum total = 0.7$$

$$FR_{PAREDES} = 0.7$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{1.5 * 2.0}{1.6 * \frac{7.0}{2}} = 0.54 \approx 0.6$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11. $Cu = 0.34$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{100(1.5 * 2.0)}{1550 * 1 * 0.34 * 0.7} = 0.81 \approx 1$$

Se aproxima por exceso a 1 lámpara.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.6 = 2.4$$

PASO No. 14.

$$No. Columns = \frac{a}{EM} = \frac{1.5}{2.4} = 0.625$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{2.5}{2.4} = 0.83$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam/\phi * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{1 * 1550 * 0.34 * 0.7}{1.5 * 2.0} \geq 100$$

$$NI = 122.97 \geq 100$$

Para el dimensionamiento del sistema lumínico del parqueo con lámparas de tipo espiral fluorescente, se secciona el cálculo para dos vehículos sin paredes y con techo de lámina con base de estructura metálica. Se tiene considerado para una cantidad de 20 vehículos, para uso de las personas que utilizarán los apartamentos como viviendas. En cada lámpara se integrará adicionalmente sensor de movimiento y medidor de tiempo para que el sistema se encienda y apague únicamente cuando de noche.

Parqueo:

PASO No. 1. Sistema lumínico (bodegas).

PASO No. 2 $NI = 200$ Lux.

PASO No. 3. Característica comercial directa.

PASO No. 4. Lámparas fluorescentes color blanco tipo espiral.

PASO No. 5. Una luminaria de 84 watt LUM1354 Tabla XIII.

PASO No. 6.

$$h_m = H - h' = 2.9 - 1.0 = 1.9 \text{ mts.}$$

PASO No. 7. Condiciones de mantenimiento: buenas.

PASO No. 8.

$$p = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 = 5 + 5 + 6 + 6 = 22$$

$$x_1 = \frac{a_1 * fr_1}{p} = \frac{5 * 0.1}{22} = 0.0227$$

$$x_2 = \frac{a_2 * fr_2}{p} = \frac{5 * 0.1}{22} = 0.0227$$

$$x_3 = \frac{b_1 * fr_3}{p} = \frac{6 * 0.1}{22} = 0.0273$$

$$x_3 = \frac{b_2 * fr_3}{p} = \frac{6 * 0.7}{18.36} = 0.0273$$

$$\sum total = 0.1$$

PASO No. 9.

$$K = \frac{a * b}{h_m * \frac{p}{2}} = \frac{5 * 6}{1.9 * \frac{22}{2}} = 1.43$$

PASO No. 10. Factor de mantenimiento, bueno=0.7

PASO No. 11.

$$1.25 \text{-----} 0.55$$

$$1.41 \text{-----} x$$

$$1.5 \text{-----} 0.59$$

$$x = 0.55 - \left(\frac{1.25 - 1.43}{1.25 - 1.5} \right) (0.55 - 0.59) = 0.5788$$

$$Cu = 0.5588$$

PASO No. 12.

$$\#Lum = \frac{NI * a * b}{\phi / Lum * No. lamp / Lumen * Cu * Fm} = \frac{200(5 * 6)}{7500 * 1 * 0.5788 * 0.7} = 1.97$$
$$\approx 2$$

Se aproxima por exceso a 2 lámparas.

PASO No. 13. Espaciamiento máximo.

$$EM = 1.5 * h_m = 1.5 * 1.9 = 2.85$$

PASO No. 14.

$$No. Columnas = \frac{a}{EM} = \frac{5}{2.85} = 1.75$$

$$No. Filas = \frac{b}{EM} = \frac{6}{2.85} = 2.10$$

PASO No. 15. Se realiza la distribución en el área y se comprueba con la ecuación:

$$NI = \frac{No. Total de Lamp * No. Lam/\emptyset * Cu * Fm}{S} \geq Tablas$$

$$NI = \frac{7500 * 2 * 0.5788 * 0.7}{5 * 6} \geq 200$$

$$NI = 202.58 \geq 200$$

Tabla XXIII. Lámparas por apartamento

CUANTIFICACIÓN DE LUMINARIAS POR APARTAMENTO RESULTADO DEL CÁLCULO POR EL MÉTODO DE LÚMENES				
Descripción	Código	unidad	Potencia	Subtotal
Dormitorio A	DEMO160	4	100	400
Dormitorio B	DEMO160	3	100	300
Dormitorio C	DEMO160	3	100	300
Sala	DEMO160	3	100	300
Comedor	LUM877	1	64	64
Cocina	LUM877	1	64	64
Gradas y entrada	LUM877	2	64	128
Pasillo	LUM877	2	64	128
Baño	BEMO209	1	20	20
Lavandería	BEMO201	1	25	25
SUMATORIA TOTAL DE POTENCIA				1729

Fuente: elaboración propia.

El tablero de distribución de circuitos interiores de servicio de cargas eléctricas se ubicará en la cocina debido a que es el lugar donde se encuentra la mayor concentración de cargas. Las especificaciones técnicas son: TL 1612 E.S*, 125 Amperios, 120/240 voltios, tres líneas, 16 polos, tablero con características para ser empotrado en pared.

Como parte de las instrucciones técnicas de instalación, se requiere que no se realicen empalmes en los alimentadores, que sean ubicados los conductores en las tuberías y cajas de registro sin ninguna elongación. En ramales donde se requiera hacer derivaciones con empalmes, que sean con las características de aplicación bajo la supervisión de personas expertas que conozcan los requerimientos para evitar falsos contactos.

Tabla XXIV. **Cantidad total de luminarias**

CUANTIFICACIÓN DE LUMINARIAS PARA TODOS LOS APARTAMENTOS						
Descripción	Código	unidad	Cantidad	Subtotal		Potencia
Dormitorio A	DEMO160	4	16	64		6400
Dormitorio B	DEMO160	3	16	48		4800
Dormitorio C	DEMO160	3	16	48		4800
Sala	DEMO160	3	16	48		4800
Comedor	LUM877	3	16	48		3072
Cocina	LUM877	2	16	32		2048
Gradas y entrada	LUM877	3	16	48		3072
Pasillo	LUM877	3	16	48		3072
Baño	DEMO209	1	16	16		320
Lavandería	DEMO201	1	16	16		400
SUMATORIA TOTAL DE UNIDADES				416	SUMA TOTAL DE POTENCIA	32784

Continuación de la tabla XXIV.

Total de luminarias DEMO160	208		
Total de luminarias LUM877	144		
Total de luminarias DEMO209	16		
Total de luminarias DEMO201	16		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Conductores alimentadores**

DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES DEL ALIMENTADOR GENERAL							
Potencia de los apartamentos	13528.6						
potencia de los servicios generales	3862.8						
		312.8					
		5.582081					
		318.3821	CORRIENTE POR FASE				
SEGÚN LA TABLA 310-16 CONDUCTOR DE COBRE PARA 90 GRADOS							
THHN DEBE SER 300 MCM PARA UNA CAPACIDAD DE 220 AMPERIOS							

Fuente: elaboración propia.

Para las características del tablero múltiple (centro de distribución para todas las cargas del edificio), se contempla la cantidad de servicios y la demanda de energía. En la siguiente tabla se pueden observar dichas características técnicas, así como sus dimensiones para considerar la protección mecánica o civil correspondiente:

Tabla XXVI. **Características del tablero de medición múltiple**

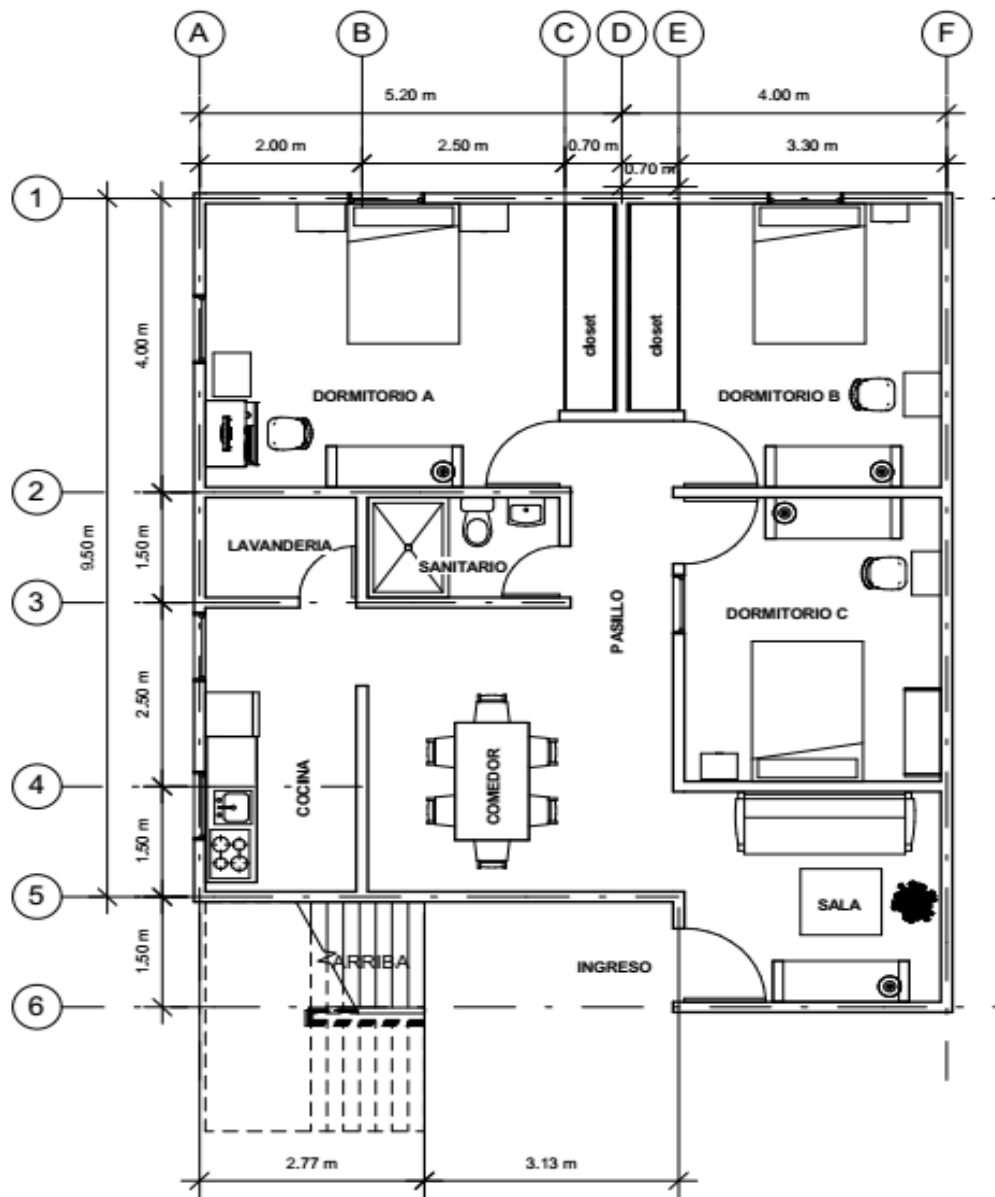
Monofásico clase 100					
Código	Socket	Secciones	Ancho	Alto	Profundidad
TAMED201F	20	5	50"	70 1/2"	6"

Fuente: www.proelca.com.

Para la instalación de la acometida principal bajada con tubería de pared gruesa *conduit* galvanizado de cuatro pulgadas de diámetro, se utilizan conductores 350 MCM para la conexión del banco de transformadores, hasta el tablero múltiple de contadores conectados a bornes sujetos en barras, que se encargarán de distribuir a los medidores, luego a los interruptores termomagnéticos y estos a su vez a los conductores, que se encargarán de transportar la corriente a tableros de distribución ubicados en el interior de las viviendas. Todos los componentes deberán ser herméticos a cualquier situación que ponga en riesgo la integridad de los conductores, barras de tableros, protecciones, entre otros. Al pie del poste se debe construir una caja de registro de concreto con tapadera impermeable, como mínimo de un metro de longitud y sus dimensiones correspondientes, para facilitar la instalación del cableado en la tubería *conduit* de cuatro pulgadas de diámetro. Además, debe dejarse una tubería de salida adicional de reserva, como lo indica la norma para instalaciones futuras.

1.10.3. Planos eléctricos

Figura 22. Plano de amueblado

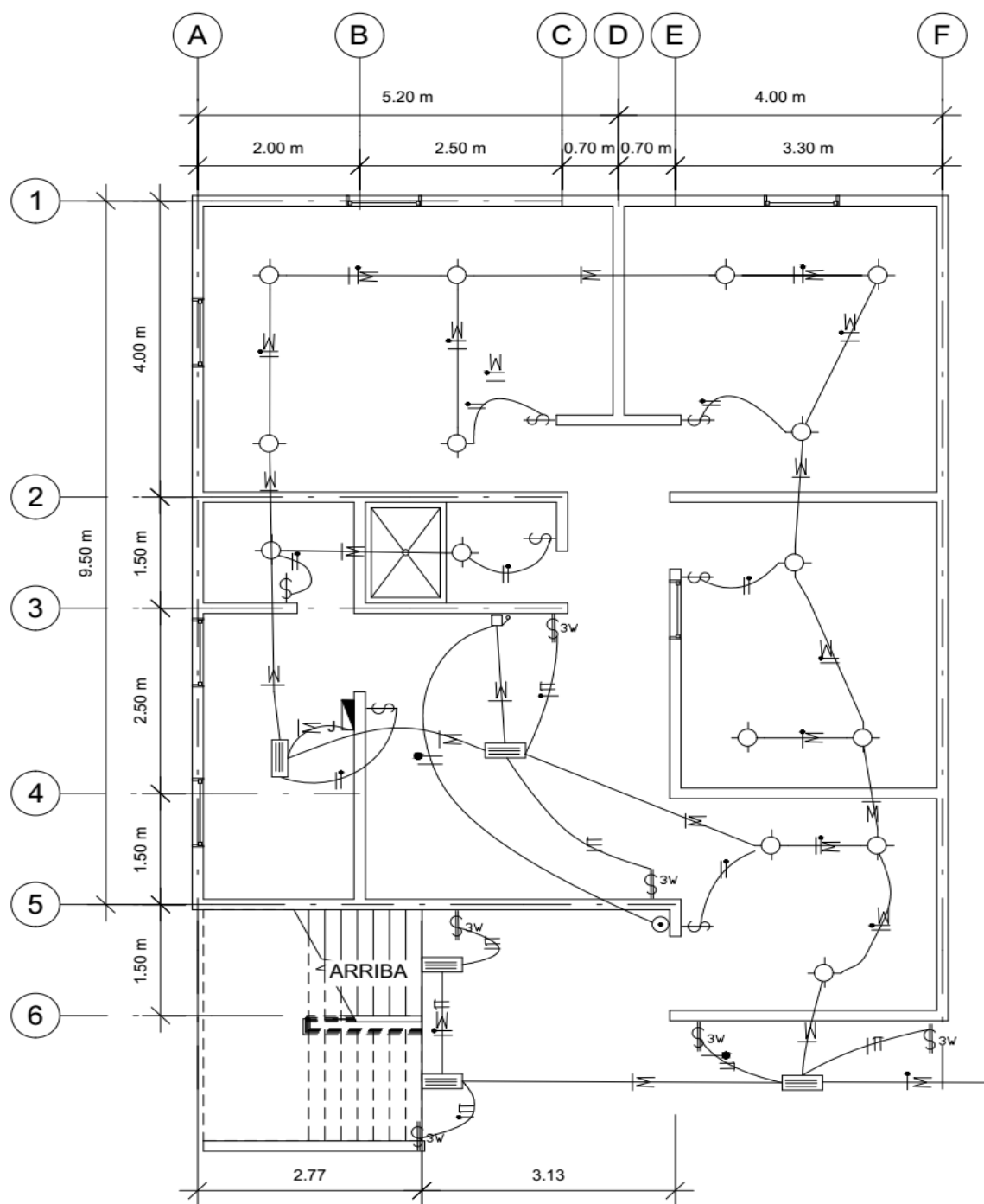


1 PLANTA DE DISTRIBUCIÓN

1 : 75

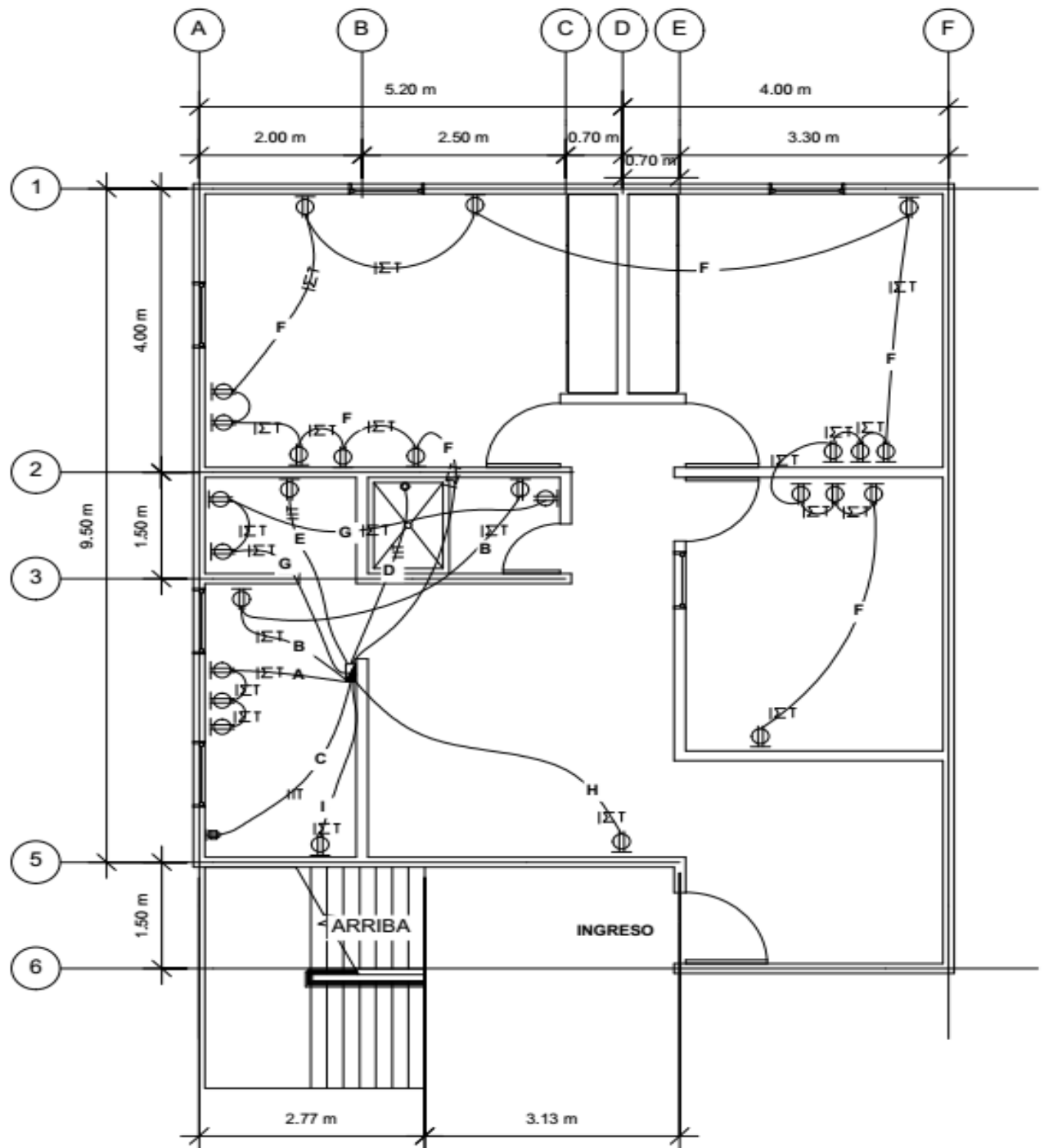
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 23. **Plano de iluminación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

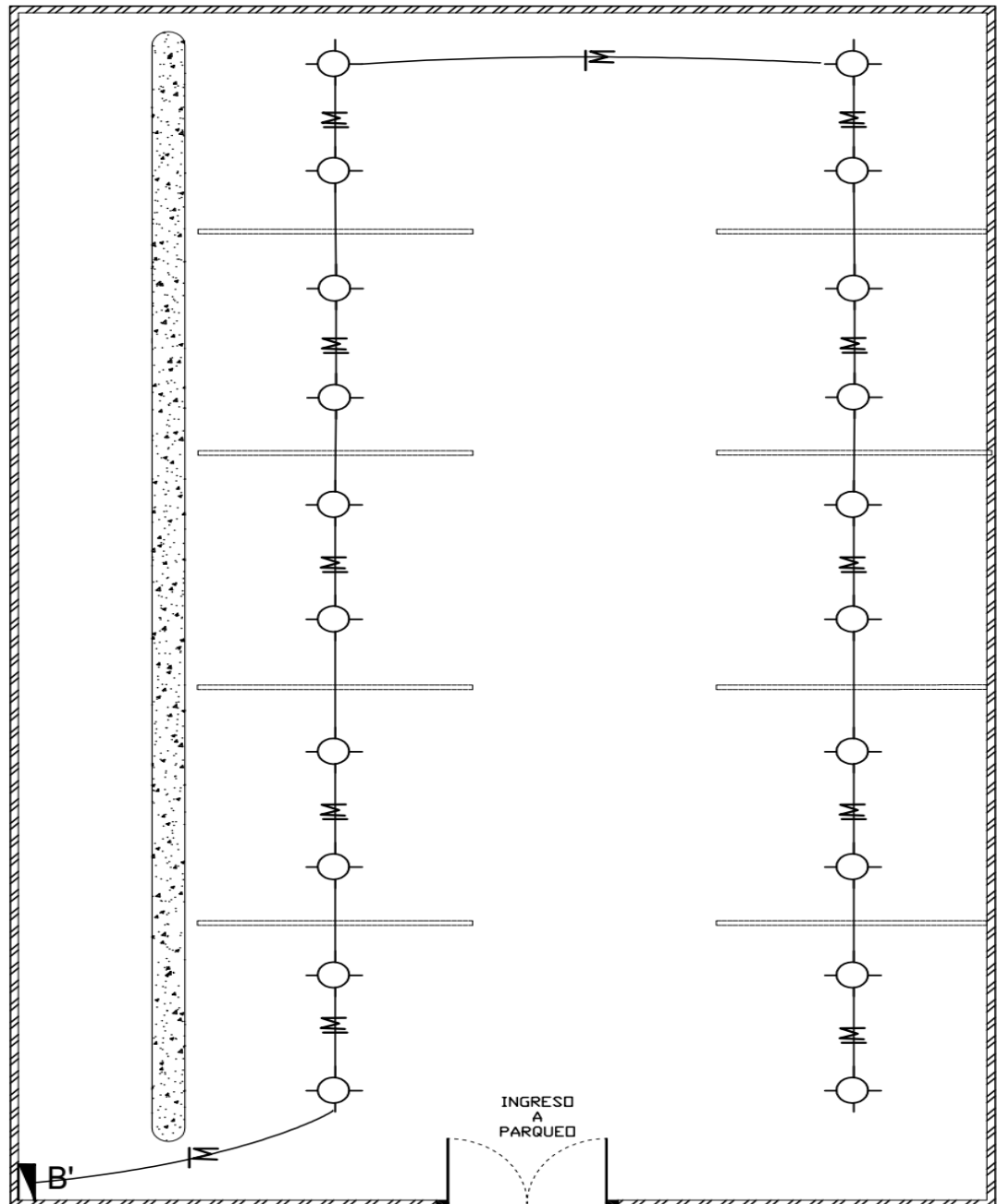
Figura 24. **Plano de fuerza**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 26. **Plano de iluminación de parqueo**

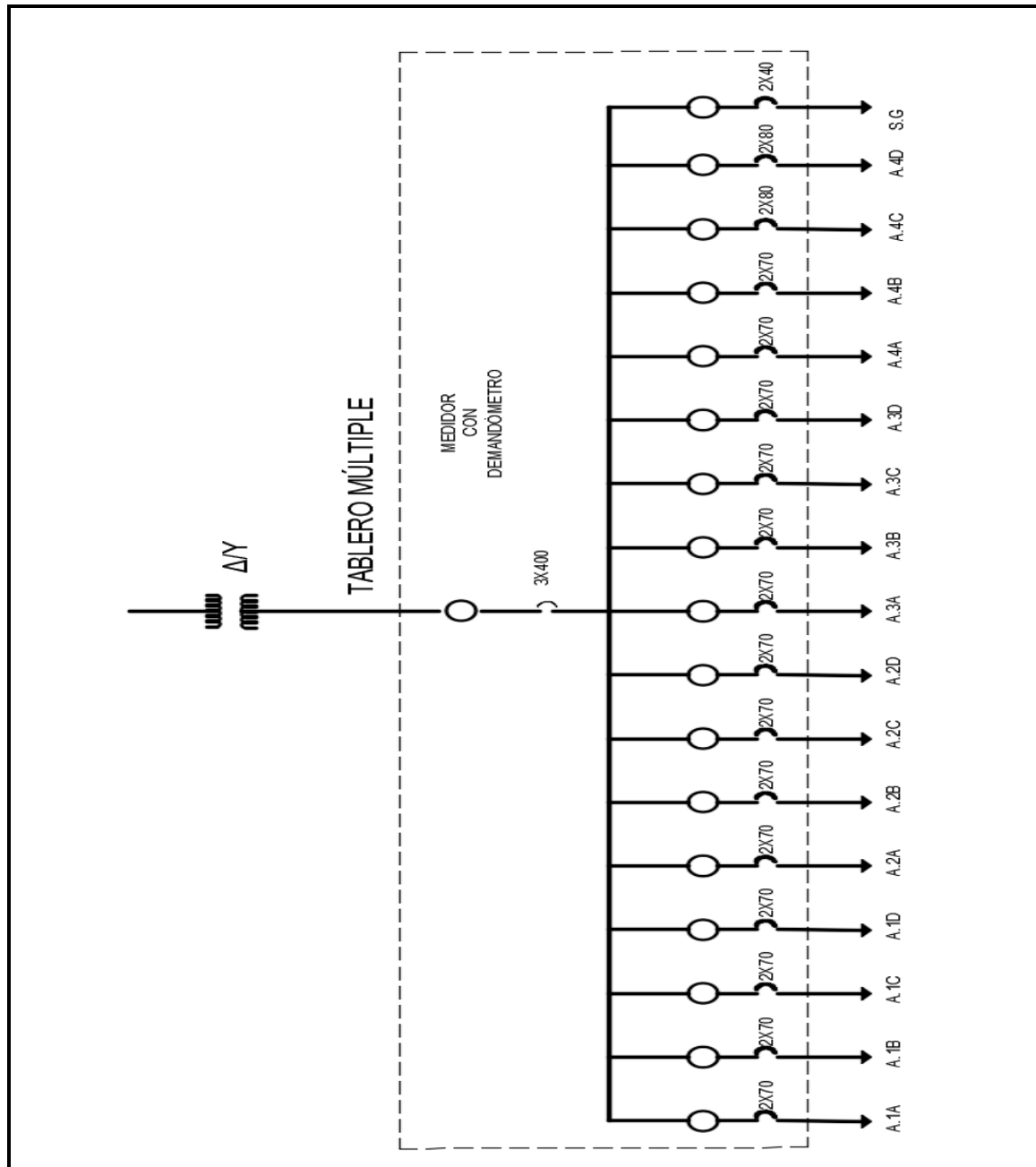


 **PLANO DE LUMINARIA DE PARQUEOS**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.10.4. Diagrama unifilar

Figura 27. Diagrama unifilar de potencia



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2. ASPECTOS GENERALES DEL USO DE LAS TICS COMO HERRAMIENTA VIRTUAL

2.1. Marco teórico

TICS es el acrónimo de Tecnología de la Información por Computadora, también se identifica con otros nombres, como: educación en línea, aula virtual, universidad global, educación mediante tecnologías de la información, videoconferencias, educación en el ciberespacio, etc. Esto nace con el advenimiento de la tecnología de redes y su interconexión de distintas formas; históricamente es implementado en su inicio en Australia y los Estados Unidos, en algunas de sus universidades, para mitigar el hacinamiento en aulas, acortando distancia para recibir clases presenciales y magistrales, únicamente el usuario debe contar con computadora y un servicio de conexión de red con un ancho de banda recomendada para no tener inconvenientes en su servicio. Por este medio podrá obtener información de todas las actividades que se llevan a cabo interactuando con sus profesores y compañeros de clase. El uso de las TICS es una nueva forma de estudio que contribuye en los procesos de formación académica que se ha empleado en diversas instituciones educativas a nivel mundial.

2.2. TICS en la educación

El uso de las TICS ha servido para acceso universal en la educación, con el fin de contribuir al conocimiento y el desarrollo profesional de docentes, así como a la gestión de dirección y administración del sistema educacional. En los diferentes niveles y sistemas educativos, tiene un impacto por competencias

para la vida de trabajo que favorece la inserción en la sociedad del conocimiento. En el área educativa, las TICS han demostrado que pueden ser de gran apoyo a estudiantes y docentes. No viene a sustituir al maestro, su objetivo es ayudarlo en diversas tareas de transmisión inmediata de información de cualquier materia, para que el estudiante tenga los elementos visuales y auditivos útiles al proceso de enseñanza y aprendizaje.

Con el uso de las TICS la facilidad de crear, procesar, difundir información ha roto todas las barreras que limitan la adquisición del conocimiento, contribuyendo al desarrollo de habilidades y destrezas comunicativas, también transformando la educación notoriamente. La forma de enseñar y aprender posiciona en un nuevo rol al maestro y al alumno, quienes tendrán que cambiar sus estrategias de comunicación para planificar y alcanzar sus objetivos. Las TICS ofrecen diversidad de recursos de apoyo a la enseñanza como: material didáctico, entornos virtuales, *blogs*, *wikis*, *webquest*, *foros*, *chat*, mensajerías, videoconferencias y otros canales de comunicación y manejo de información.

Las TICS son una innovación que permite al docente y al alumno cambios determinantes en el quehacer diario y favorece a los lugares donde no se cuenta con biblioteca. Lleva a una nueva didáctica de elaborar una unidad pedagógica y, por ende, a nuevas formas de evaluar la enseñanza y el aprendizaje. El profesor ya no es gestor de conocimiento. En este caso el papel que juega el maestro no es el de un expositor sino el de tutor que guía y aconseja con base en sus conocimientos sólidos y bien fundamentados. También se actualiza con estándares a nivel global, de alguna manera resulta aprendiz de contenidos y de tecnología.

Es de beneficio en el aprovechamiento del tiempo para las personas que tienen que realizar tareas adicionales a la formación académica, permite no

tener la necesidad de trasladarse a centros educativos con el peligro de transportarse, llegar a tiempo y al lugar indicado, las personas podrán formarse e informarse de los contenidos únicamente con acceso a la red y contar con los elementos adicionales que sirven como medio facilitador a dicha tarea.

Históricamente el uso de las TICS nace con el advenimiento de las computadoras y las interconexiones de redes de distinta naturaleza. En Guatemala el más conocido es la Internet, trasladando la señal por medio de cable de red, *wi-fi* o fibra óptica. Este medio da cobertura para aplicaciones de información a nivel mundial, para la comunicación de contenidos educativos, y los estudiantes y profesores pueden mantenerse al tanto de las actividades realizadas y por realizar, por medio de una plataforma virtual.

2.3. Modelo constructivista

El constructivismo es una corriente pedagógica basada en la teoría del conocimiento, que postula la necesidad de entregar al alumno herramientas, que le permitan construir su propio procedimiento para resolver una situación problemática, lo que implica que sus ideas se modifiquen y siga aprendiendo. El constructivismo educativo propone un esquema donde el proceso de conocimiento se percibe y se lleva a cabo como un proceso dinámico, participativo e interactivo, de modo que el aprendizaje sea una auténtica construcción operada por la persona que aprende. El constructivismo en pedagogía se aplica como concepto didáctico en la enseñanza orientada a la acción.

Teniendo en consideración que el constructivismo es fundamento teórico vital en la formación académica, una estrategia fundamental en los procesos de enseñanza, caracterizada por ser una forma de trabajo en grupos pequeños, en

que los estudiantes trabajan para obtener los mejores resultados tanto en lo individual como en lo colectivo. Esta forma de trabajo representa una oportunidad para que los docentes, a través de diseños de actividades, promuevan en los estudiantes el desarrollo de habilidades, actitudes y valores, capacidad de análisis y síntesis, habilidades de comunicación, actitud colaborativa, disposición a escuchar, tolerancia, respeto y orden, entre otros. En la actualidad el uso de actividades colaborativas es una práctica muy difundida en todos los niveles educativos.

Para el constructivismo la enseñanza no es una simple transmisión de conocimientos, sino de organización y de métodos de apoyo que permiten a los alumnos construir su propio saber. No aprende solo registrando contenidos en el cerebro, sino construyendo estructura cognitiva.

El conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una reconstrucción del individuo. Se considera poseedor de conocimientos sobre los cuales, tendrá que construir nuevos saberes. Solo habrá aprendizaje significativo cuando lo que se trata de aprender se logra relacionar de forma sustantiva y no arbitraria con lo que ya conoce quien aprende, es decir, con aspectos relevantes y preexistentes de su estructura cognitiva. El concepto constructivista se funda en tres nociones fundamentales:

1. El alumno es el responsable de su propio proceso de aprendizaje. Es él quien construye el conocimiento, quien aprende. La enseñanza se centra en la actividad mental constructiva, el individuo no es solo activo cuando manipula, explora, descubre o inventa, sino también cuando lee o escucha.
2. La actividad mental constructiva se aplica a los contenidos que ya poseen un grado considerable de elaboración.

3. Reconstruye objetos de conocimiento que ya están contruidos. Por lo tanto, los estudiantes construyen su proceso de aprendizaje partir del sistema de la lengua escrita, pero este sistema ya está elaborado. Lo mismo sucede con las operaciones algebraicas, con el concepto del tiempo histórico y con las normas de relación social en que, por necesidades propias y por el transcurrir de los tiempos, dichas normas ya no tienen las consideraciones pertinentes.

En síntesis, el modelo constructivista propicia que los estudiantes piensen de manera autónoma, entiendan y comprendan significativamente su entorno. En cuanto a la institución educativa, su tarea es la de promover el desarrollo cognoscitivo de acuerdo a las necesidades. El maestro debe estructurar experiencias interesantes, significativas y de mucho valor, que promuevan un desarrollo integral en la educación. Lo importante no es el aprendizaje de los contenidos sino el afianzamiento de las estructuras mentales del conocer y el aprender. No se trata memorizar contenidos sino de involucrarse en procesos dinámicos de conocimientos y destrezas cognoscitivas mediante descubrimiento y solución de problemas. El fin de este modelo pedagógico es generar comprensión, autonomía de pensamiento y personas creativas.

2.4. Uso de videos

El video es una herramienta audiovisual que tiene utilidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje, delimitado por objetivos curriculares. La ventaja que tienen los videos es que son versátiles, motivadores y permiten comprender contenidos en corto tiempo, así como informar. Deben fundamentarse en conocimientos sólidos, normativos y científicos que beneficien a una comunidad estudiantil.

Para el uso de video se necesitan materiales utilizados en las instalaciones eléctricas, accesorios, criterios, aplicación de normas como medio de regulación. También es posible usar e implementar como herramienta auxiliar de diseño, *software* simulador con dispositivos eléctricos que posean librerías en el programa y que permitan de una forma interactiva ver el comportamiento de las cargas eléctricas cuando son energizadas bajo diversas condiciones de nivel de voltaje.

Es importante conocer dispositivos, como canalizaciones y protección en su amplia gama, de aplicaciones utilizadas en las distintas áreas de las instalaciones eléctricas. Su característica de diseño y funcionamiento es que al presentarse alguna falla deben interactuar. Tal es el caso de las protecciones termomagnéticas que son fabricadas en diferentes valores, debido a los valores diferentes de cargas eléctricas y de comportamiento de operación.

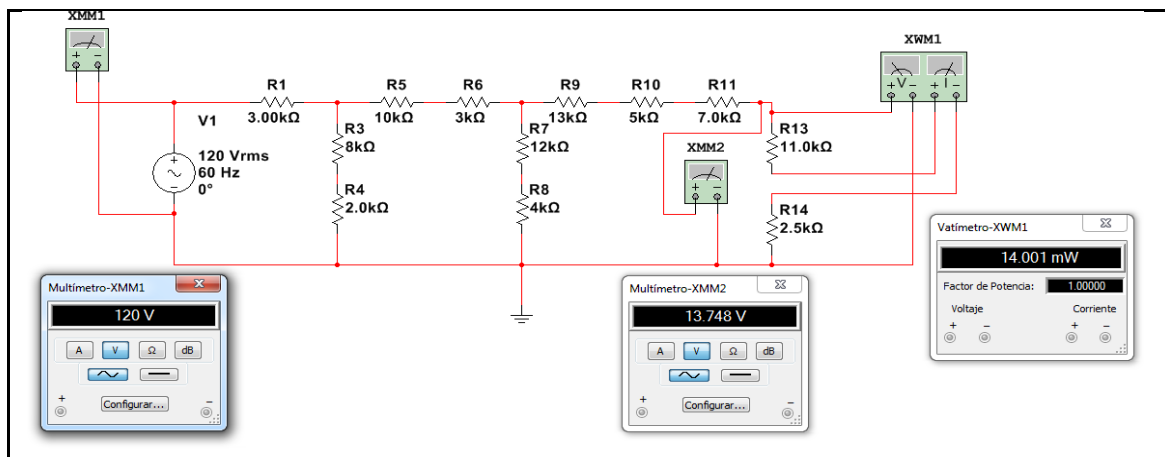
También será de beneficio para la comprensión y funcionamiento de una instalación eléctrica en sus distintas formas de operación y tamaño, el conocimiento de instalaciones para diferentes aplicaciones, así como los diseñadores de proyectos, instalación y mantenimiento. Este material didáctico hace uso de recursos multimedia: imágenes, audio animaciones, etc. Un video educativo puede facilitar el descubrimiento y el conocimiento de contenidos relacionados con los contenidos que se pretenden alcanzar con el proceso de formación educativa. A dichos videos tendrán acceso las autoridades pertinentes de este trabajo de graduación.

3. EJERCICIOS VIRTUALES APLICADOS

3.1. Simulación por *software* bajo condiciones de carga

Dentro de las instalaciones eléctricas se puede dar que el conjunto de cargas conectadas sean resistivas. Para esta aplicación todas las cargas deben ser resistencias del mismo valor, o diferentes, como se puede observar en el circuito que a continuación se presenta, obteniendo de beneficio el calor que este emana. Para diferentes aplicaciones en este tipo de cargas el factor de potencia es la unidad. En el siguiente dibujo se puede observar un circuito armado únicamente con resistencias, pudiendo observarse su respectivo valor en cada una de ellas. Estos valores son adquiridos por medio de la librería que contiene el *software* simulador virtual del programa, con instrumentos de medición para observar las magnitudes que son: voltímetros y vatímetros.

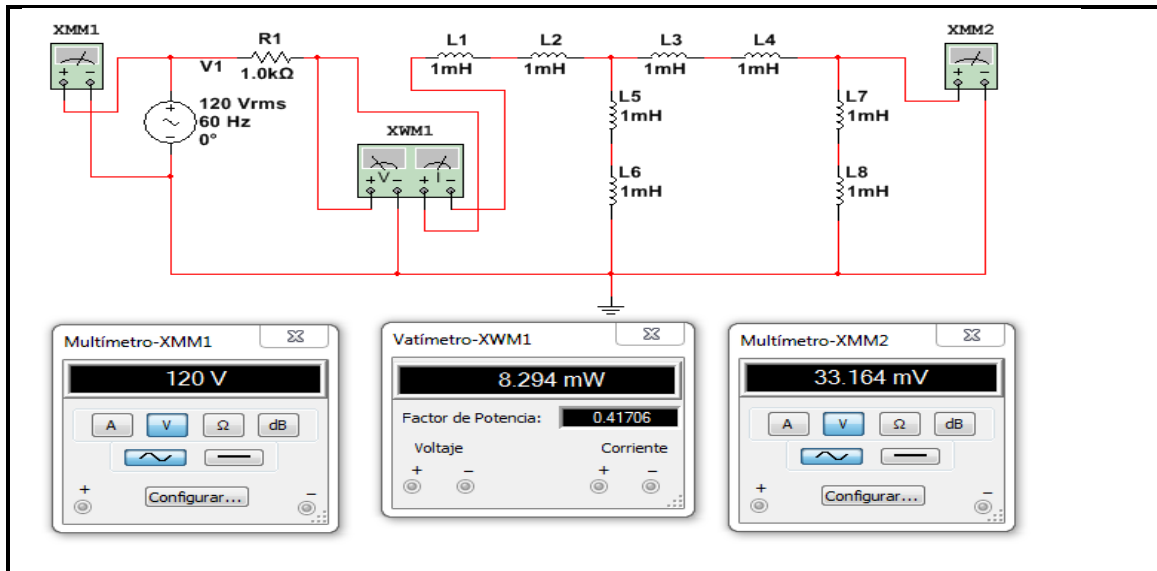
Figura 28. Efecto resistivo



Fuente: fuente de aplicación, simulador multisim versión 12.

La siguiente simulación se mostrará cuando las cargas son inductivas, tomando mediciones en el circuito donde se podrá ver una diferencia de valor en el factor de potencia. Es una de las características que se debe considerar cuando se diseña, se instala o se opera con este tipo de cargas eléctricas para tomar las consideraciones pertinentes del caso.

Figura 29. **Efecto inductivo**

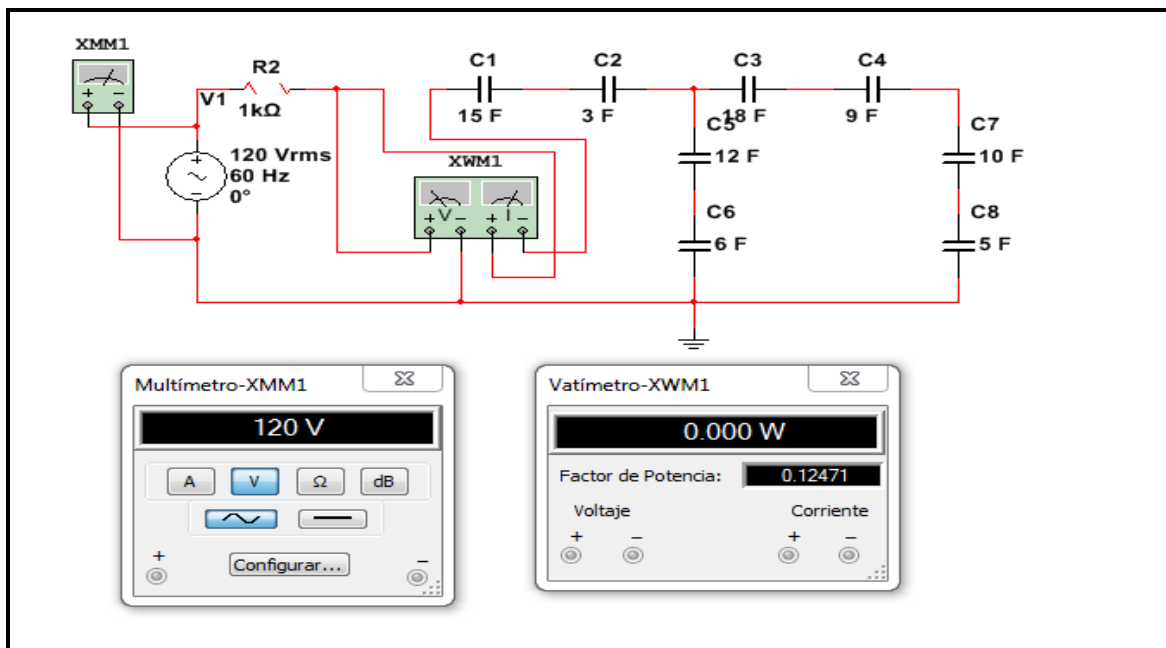


Fuente: fuente de aplicación, simulador multisim versión 12.

En conclusión, el factor de potencia cambia únicamente cuando las cargas tienden a ser muy inductivas o capacitivas, debido a la construcción y componentes que integran los equipos conectados a la red de instalación. Dichos efectos se pueden corregir realizando dimensionamiento por métodos de cálculo, equipos de medición o *software* que puede realizar mediciones para su respectiva corrección.

Cuando un conjunto de cargas son capacitivas también existe un cambio en el factor de potencia debido al desfase angular entre voltaje y corriente, provocado por estas mismas cargas. En el siguiente dibujo se puede observar dicho fenómeno simulado con valores de capacitores virtuales que posee la librería del programa. Para efectos de uso, se deben tomar en cuenta las características de aplicación.

Figura 30. **Efecto capacitivo**



Fuente: fuente de aplicación, simulador multisim versión 12.

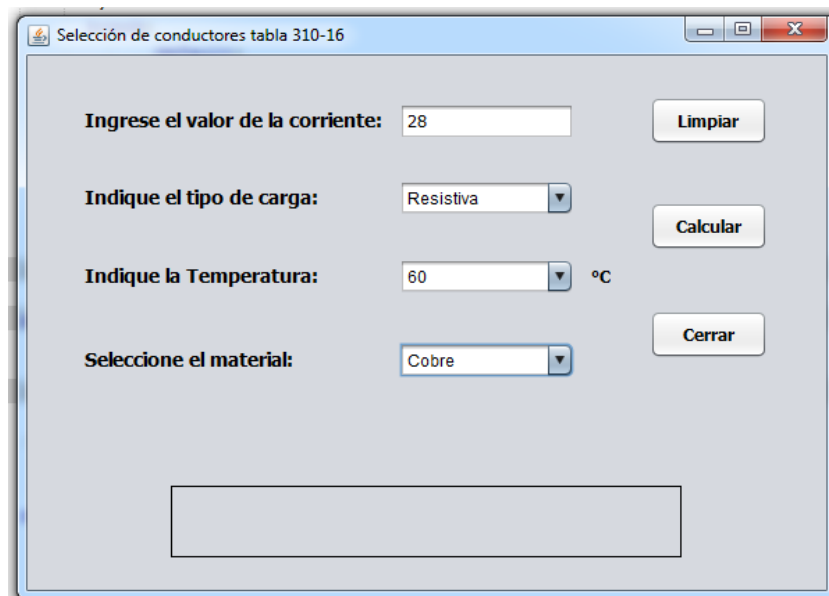
3.2. **Software asistente para diseñar instalaciones eléctricas**

En esta sección se hace uso del *software* de programación java NetBeans IDE versión 8.2, para la selección correcta de conductores para el criterio de selección por corriente. Se debe ingresar valor de corriente nominal, temperatura contenida en tabla, tipo de carga y conductor de cobre o aluminio,

en el interfaz gráfico, para que el *software* realice el cálculo. El *software* tiene la capacidad de realizar cálculos únicamente de valores en rangos contenidos en la tabla 310-16 para conductores, para ser instalados en tubería de metal, temperatura ambiente de 30°C y 3 conductores activos.

La tabla 310-16 está considerada para conductores de cobre o aluminio alojados en canalizaciones instalaciones interiores. Son los más utilizados en Guatemala, con la salvedad que algunos calibres no se encuentran en los distribuidores de productos eléctricos locales, tales como: calibres número 1 y número 3, para tomar las consideraciones pertinentes del caso. En las siguientes imágenes se podrá observar su funcionamiento.

Figura 31. **Cálculo de conductores para cargas resistivas**



Fuente: ingreso de valores *software* NetBeans IDE versión 8.2.

Figura 32. **Cálculo No.1 del software**

The screenshot shows a software window titled "Selección de conductores tabla 310-16". It contains four input fields and three buttons. The inputs are: "Ingrese el valor de la corriente:" with the value 28; "Indique el tipo de carga:" with a dropdown menu set to "Resistiva"; "Indique la Temperatura:" with a dropdown menu set to 60 and a unit label °C; and "Seleccione el material:" with a dropdown menu set to "Cobre". The buttons are "Limpiar", "Calcular", and "Cerrar". Below the inputs, the text "Carga Resistiva= 28.0" is displayed. At the bottom, a box contains the text "Calibre Recomendado: 10 AWG".

Fuente: ingreso de valores *software* NetBeans IDE versión 8.2.

Figura 33. **Cálculo de conductores para cargas inductivas**

The screenshot shows the same software window "Selección de conductores tabla 310-16". The inputs are: "Ingrese el valor de la corriente:" with the value 115; "Indique el tipo de carga:" with a dropdown menu set to "Inductiva"; "Indique la Temperatura:" with a dropdown menu set to 75 and a unit label °C; and "Seleccione el material:" with a dropdown menu set to "Cobre". The buttons "Limpiar", "Calcular", and "Cerrar" are present. The box at the bottom, which previously showed the recommended gauge, is now empty.

Fuente: ingreso de valores al *software* NetBeans IDE versión 8.2.

Figura 34. **Cálculo No.2 del software**

The screenshot shows a software window titled "Selección de conductores tabla 310-16". It contains four input fields with labels: "Ingrese el valor de la corriente:" (115), "Indique el tipo de carga:" (Inductiva), "Indique la Temperatura:" (75 °C), and "Seleccione el material:" (Cobre). To the right of these fields are three buttons: "Limpiar", "Calcular", and "Cerrar". Below the input fields, the text "Carga Inductiva= 143.75" is displayed. At the bottom, a box contains the text "Calibre Recomendado: 1/0 AWG".

Fuente: ingreso de valores *software* NetBeans IDE versión 8.2.

Figura 35. **Cálculo de conductores para cargas capacitivas**

The screenshot shows the same software window "Selección de conductores tabla 310-16". The input fields now contain: "Ingrese el valor de la corriente:" (125), "Indique el tipo de carga:" (Capacitiva), "Indique la Temperatura:" (90 °C), and "Seleccione el material:" (Cobre). The buttons "Limpiar", "Calcular", and "Cerrar" remain. The box at the bottom, which previously showed the recommended gauge, is now empty.

Fuente: ingreso de valores al *software* NetBeans IDE versión 8.2.

Figura 36. Cálculo No.3 del software

Selección de conductores tabla 310-16

Ingrese el valor de la corriente: 125

Indique el tipo de carga: Capacitiva

Indique la Temperatura: 90 °C

Seleccione el material: Cobre

Limpiar

Calcular

Cerrar

Carga Capacitiva= 168.75

Calibre Recomendado: 1/0 AWG

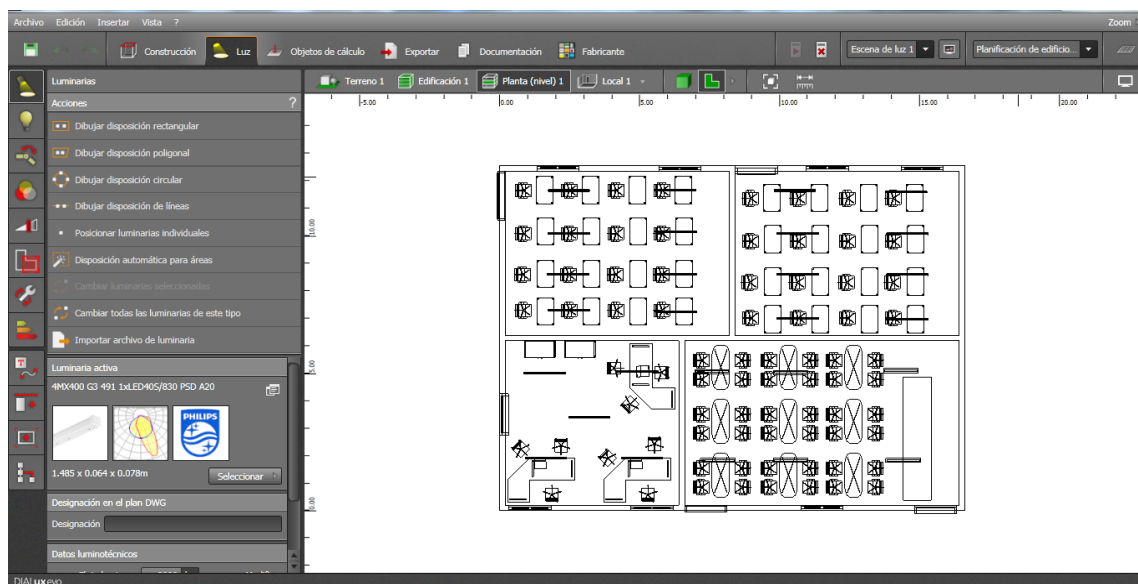
Fuente: fuente ingreso de valores software NetBeans IDE versión 8.2.

La siguiente aplicación hace uso de DIALux evo, software para calcular sistemas de iluminación en distintas áreas, en este caso para diseños de interiores. Dicho programa contempla todos los factores que se encuentran en las áreas por medio de las librerías que posee, considera también los enlaces de librerías que poseen los distintos fabricantes de luminarias y que son compatibles. También permite enlazar programas para extraer archivos que contienen objetos para la construcción de plantas de amueblados para cualquier aplicación de diseño, considerando las necesidades de aplicación. Existen varias versiones de este software, las versiones más recientes facilitan el uso de las herramientas que tienen integradas adicionalmente.

Para esta aplicación se hará uso de la librería de Philips, extrayendo luminarias de tipo LED que tiene como característica mayor rendimiento y, por ende, bajo consumo de energía. Se ingresan valores y parámetros en el *software* para que realice el cálculo de todo el sistema. El código de lámparas en todas las áreas es BCS460 W16 L124 1xLED24/830 LIN-PC flujo luminoso de 2100 lúmenes y una potencia de 21.5 *watt*.

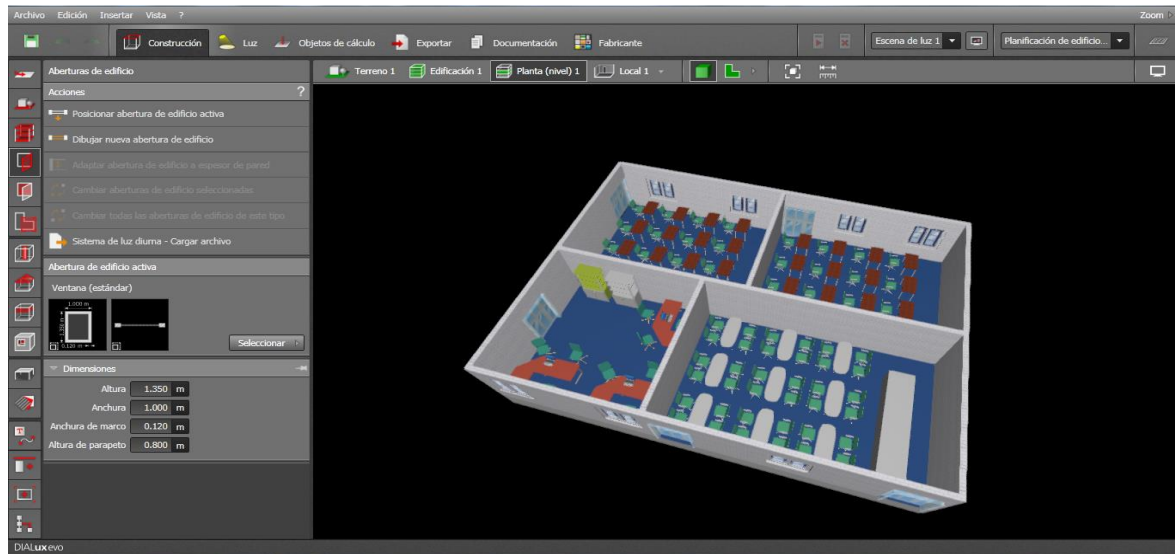
El área total de planta tiene una longitud de 12,60 metros de ancho por 16.60 metros de largo, donde se ubican dos salones para impartir clases con áreas 6 por 8 metros, una oficina administrativa de 6 por 6 metros y una cafetería de 6 por 10 metros. En las siguientes imágenes se podrá observar los procedimientos utilizados para llegar al cálculo, diseño y construcción del sistema lumínico en cada área, utilizando esta herramienta como *software* asistente y como medio facilitador para cálculos lumínicos.

Figura 37. **Planta de amueblado construido en el *software***



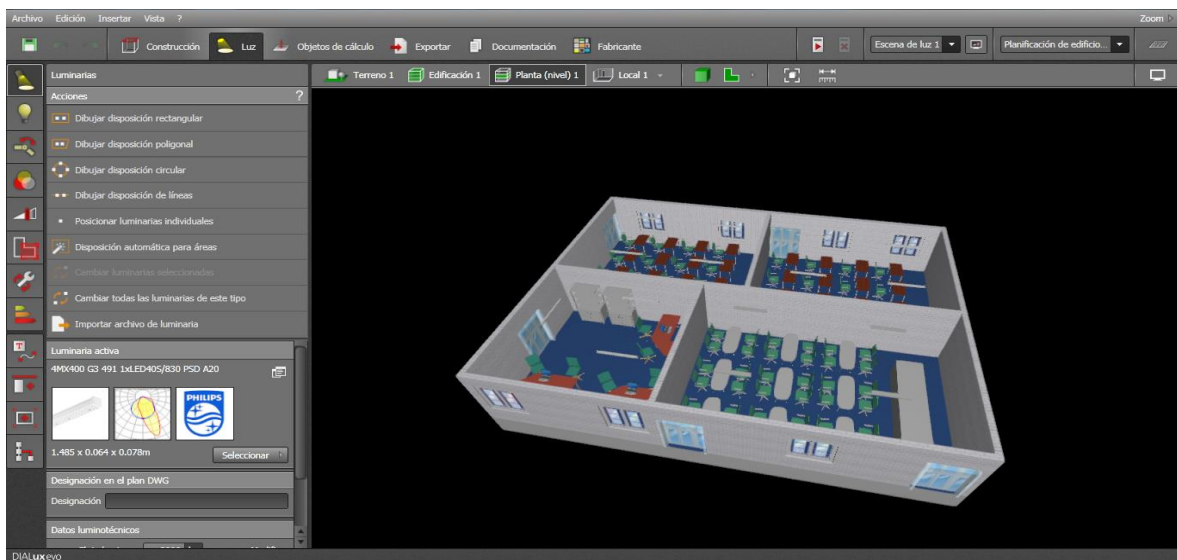
Fuente: *software* DIALux evo.

Figura 38. Vista en tres dimensiones



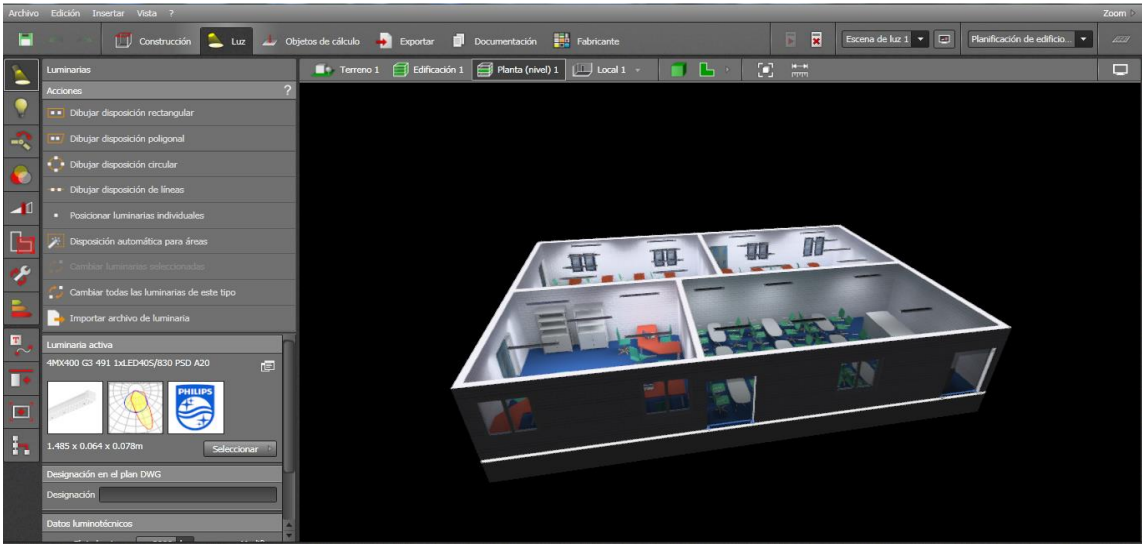
Fuente: *software* DIALux evo.

Figura 39. Vista en tres dimensiones con luminarias



Fuente: *software* DIALux evo.

Figura 40. Vista en tres dimensiones con luminarias encendidas



Fuente: *software* DIALux evo.

Figura 41. Lux en el plano de trabajo por áreas

The screenshot shows the 'Sumario de los resultados' (Summary of results) window in DIALux evo. It displays a table of lighting results for four different localities. The table has columns for the locality name, the number of luminaires, the lux value, and the illuminance value. The results are as follows:

Sumario de los resultados			
Resultados			
Buscar			
Local 1			
Plano útil 1	330 lx	0.00	
Local 2			
Plano útil 2	334 lx	0.00	
Local 3			
Plano útil 3	335 lx	0.00	
Local 4			
Plano útil 4	159 lx	0.06	

Fuente: *software* DIALux evo.

3.3. Ejercicios de aplicación

Calcule por el método de lúmenes el sistema lumínico para una tienda con longitud de 20 metros, 8 metros de ancho y altura de 3,3 metros. El techo es de color marfil, la pared del fondo es de color blanco hueso y el frente con pared y puerta de vidrio transparente. Las paredes de los lados son de color café claro. Es una tienda para la exposición y venta de pinturas.

Respuestas:

1. Exposición de pinturas (sala de dibujos)
2. Nivel de iluminación 500 lux
3. Lámparas incandescentes empotrables
4. Lámparas para graduarse con *dimer* (incandescente, 150 W)
5. Luminarias de dos lámparas de 150 watt
6. Altura de montaje: 1,8 metros
7. Factor de mantenimiento (bueno): 0,70
8. Reflexión del techo: 50 %
9. Índice de local (K): 3,2
10. Coeficiente de utilización (CU): 0,718
11. Número de luminarias por NI: 29 unidades.
12. Espaciamento máximo (EM): 2,7 m
13. Número mínimo de unidades a lo largo: 8
14. Número mínimo de unidades a lo ancho: 3
15. Número mínimo de luminarias para uniformidad: 24
16. Número de luminarias escogidas 24.
17. Espaciamento final a lo largo: 2,5 m
18. Espaciamento final a lo ancho: 2,5 m

Calcule los conductores, interruptores termomagnéticos, tablero de distribución y tubería metálica, de manera individual para cinco motores trifásicos de inducción instalados como ramales y alimentador, considerando que las distancias hacia el tablero y motores son bastante cortas, con los valores de potencia siguiente: un motor de 5 HP, uno de 10 HP, uno de 15 HP y dos de 20 HP.

Respuestas:

Motor de 5 HP:

1. Corriente nominal (I_{nom}): 14,57 amperios
2. Corriente corregida (I_c): 18,27 amperios
3. Cable calibre: 14 AWG THHN
4. Interruptor termomagnético: 3*30
5. Diámetro de tubería: $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Motor de 10 HP:

1. Corriente nominal (I_{nom}): 26,897 amperios
2. Corriente corregida (I_c): 33,62 amperios
3. Cable calibre: 10 AWG THHN
4. Interruptor termomagnético: 3*60
5. Diámetro de tubería $\frac{3}{4}$ de pulgada

Motor de 15 HP:

1. Corriente nominal (I_{nom}): 38,81 amperios
2. Corriente corregida (I_c): 48,54 amperios
3. Cable calibre: 8 AWG THHN
4. Interruptor termomagnético: 3*70
5. Diámetro de tubería: 1 pulgada

Motor de 20 HP:

1. Corriente nominal (I_{nom}): 51,75 amperios.
2. Corriente corregida (I_c): 64,68 amperios.
3. Cable calibre: 6 AWG THHN
4. Interruptor termomagnético: 3*100
5. Diámetro de tubería: 1 ¼ de pulgada

Alimentador principal:

1. Corriente nominal (I_{nom}): 196,71 amperios
2. Cable calibre: 3/0 AWG THHN
3. Tablero: 24 polos y 250 amperios
4. Interruptor termomagnético principal: 3*250 amperios
5. Diámetro de tubería: 2,5 pulgadas

4. EVALUACIÓN

4.1. Evaluación de contenidos

Con base en los conocimientos adquiridos en los capítulos anteriores, conteste las preguntas que se le presentan, subrayando la respuesta correcta:

1	Es la parte de mayor relevancia que conforma una instalación eléctrica, que permite trasladar corriente hacia las cargas para su funcionamiento. • Alambres • Cables • Conductores • Barra
2	Es el tipo de carga en que el desfase es cero entre la corriente y voltaje, su factor de potencia es la unidad o el 100 %. • Resistiva • Inductiva • Capacitiva • Impedancia
3	Es el tipo de carga en que la potencia la toma en el primer medio ciclo, pero no la consume sino la devuelve durante el siguiente medio ciclo. • Inductiva • Capacitiva • Las dos afirmaciones anteriores es correcta • Resistiva
4	En una instalación que se caracteriza por su construcción y ubicación, es de mayor potencia que las demás. • Industrial • Comercial • Domiciliar • Especial
5	Es uno de los tres elementos que constituye una instalación eléctrica protegiéndola contra fallas. • Fusible • Protección termomagnética • Los dos incisos anteriores son correctos • Ninguno de los incisos anteriores es correcto

6	Es el valor de una magnitud eléctrica que se mide entre dos bornes de líneas vivas, con un voltímetro. • Voltaje de fase • Corriente • Impedancia • Voltaje de línea
7	Es el conductor que sirve para retornar corriente hacia la fuente en cargas monofásicas de dos hilos • Conductor neutro • Conductor de tierra física • Conductor de línea viva • Conductor de fase
8	Es el conductor en que únicamente debe circular corriente de corto circuito y corrientes de fallas. • Conductor neutro • Conductor de tierra física • Conductor de línea viva • Conductor de fase
9	Su función principal es poner a una misma referencia toda la instalación eléctrica. • Tierra física • Neutro • Conductores • Líneas vivas
10	Surge de evaluaciones que se deben realizar como tareas indispensables para la selección de conductores. • Por corriente • Por caída de tensión • Los dos incisos anteriores son correctos • Ninguno de los incisos anteriores es correcto
11	Es la parte de la instalación eléctrica cuya función es proteger a los conductores que mantengan su integridad al traslado de corriente. • Canalización • Fusible • Interruptor termomagnético • Forro
12	Es la curva de protecciones termomagnéticas que muestra el tiempo promedio para fundirse. • Curva de tiempo-corriente • Curva de pico-permisible • Curvas de energía de fusión • Todos los incisos anteriores son correctos

13	Cuando ocurre una falla, las instalaciones están expuestas a esfuerzos, y un tipo de estos conlleva la destrucción. • Esfuerzos electrodinámicos • Esfuerzos térmicos • Esfuerzos en el dieléctrico • Todos los incisos anteriores son correctos
14	Es una característica que identifica a los tableros de distribución de circuitos. • Valor de capacidad de corriente en sus barras • Número de polos • Número de fases y tensión nominal • Todos los incisos anteriores son correctos
15	Es el documento que contiene el detalle de cargas con sus parámetros eléctricos para poder calcular sus conductores. • Plano de fuerza • Plano de iluminación • Memoria de cálculo • Todos los incisos anteriores son correctos
16	Son transformadores de potencia que se utilizan para medición de energía. • Cts. Miden corrientes • Pts. Miden voltajes • Los dos incisos anteriores son correctos • Ninguno de los incisos anteriores es correcto
17	Son características indispensables de un sistema de iluminación en general. • Crear ambientes visuales adecuados • Contribuir a crear ambientes seguros • Ayudar a realizar tareas visuales • Todos los incisos anteriores son correctos
18	Es la tabla que contiene valores para conductores para ser instalados en canalizaciones. • Tabla 310-17 • Tabla 310-15g • Tabla 310-16 • Todos los incisos anteriores son correctos
19	Es el tipo de carga que el NEC recomienda que se debe calcular su corriente nominal no menor a 125 % para sus conductores. • Carga inductiva como los motores • Carga resistiva como las resistencias • Carga capacitiva como los capacitores • Todos los incisos anteriores son correctos

20	Es un ente regulador de normas, como la norma 03NTSD para factor de potencia. • Empresa Eléctrica de Guatemala • Energuate • Comisión Nacional de Energía • Todos los incisos anteriores son correctos
21	Es el tipo de señal que produce disipación de energía en forma de calor en las instalaciones eléctricas • Señal de corriente directa • Señal de corriente alterna • Señales armónicas • Todos los incisos anteriores son correctos
22	Es la conexión de banco de transformadores para cargas mayormente monofásicas. • Conexión estrella-estrella (Y/Y) • Conexión delta-estrella (Δ/Y) • Los dos incisos anteriores son correctos • Ningunos de los incisos anteriores es correcto
23	Es la conexión de banco de transformadores en que no existe voltaje de fase. • Conexión estrella-delta (Y/Δ) de tres hilos • Conexión estrella-estrella (Y/Y) de cuatro hilos • Conexión delta-estrella (Δ/Y) de cuatro hilos • Conexión estrella-delta (Y/Δ) de cuatro hilos
24	Es la conexión de banco de transformadores para cargas mayormente trifásicas. • Conexión estrella-delta (Y/Δ) de tres hilos • Conexión estrella-delta (Y/Δ) de cuatro hilos • Los dos incisos anteriores son correctos • Ningunos de los incisos anteriores es correcto
25	Sirve para suplir la demanda de energía en caso de que el suministro de distribución dejara de existir por tiempos intermitentes. • Plantas generadoras de energía • Plantas de emergencia de combustión interna • Los dos incisos anteriores son correctos • Ningunos de los incisos anteriores es correcto
26	Las configuraciones de un interruptor termomagnético de tipo industrial son: • De tiempo diferido largo • De tiempo deferido corto • De disparo instantáneo y contra fallas • Todos los incisos anteriores son correctos

27	Para corregir el factor de potencia cuando las cargas tienden a ser inductivas se instalan: • Bancos de capacitores • Motores síncronos • Los dos incisos anteriores son correctos • Motores asíncronos o de inducción
28	Es la conexión de banco de transformadores que elimina armónicas de terceras en el secundario. • Conexión estrella-delta (Y/Δ) • Conexión estrella-estrella (Y/Y) • Conexión delta-estrella (Δ/Y) • Todos los incisos anteriores son correctos
29	Es la conexión de banco de transformadores que elimina armónicas de terceras en el primario. • Conexión estrella-delta (Y/Δ) • Conexión estrella-estrella (Y/Y) • Conexión delta-estrella (Δ/Y) • Todos los incisos anteriores son correctos
30	Una subestación se caracteriza por su función, que es: • Variadores de tensión • De maniobra y mixtas • Los dos incisos anteriores son correctos • Ningunos de los incisos anteriores son correctos
31	Es el valor recomendado por la norma UNE para diseñar sistemas lumínicos: • Valor del NI • Homogeneidad • Agradabilidad • <i>Confort visual</i>
32	Es un sistema en que el espectro luminoso emite radiaciones ultravioleta e infrarrojas entre longitudes de onda de 380 y 780nm, sin necesidad de materiales físicos. • Sistema lumínico • Conjunto de lámparas • Luz visible • Todos los incisos anteriores son correctos

4.2. Evaluación de criterios

Con base en los conocimientos adquiridos en los capítulos anteriores, conteste las preguntas que se le presentan, subrayando la respuesta correcta:

1	En las instalaciones eléctricas interiores, para proteger la integridad de los conductores se utilizan: • Tuberías de metal por sus propiedades de disipación de energía • Tuberías PVC por su facilidad de instalación • Los dos incisos anteriores son correctos • Se pueden utilizar ambos pero con un espacio para liberar calor
2	Cuando es una instalación industrial y las cargas son mayormente monofásicas, se utiliza la conexión: • Delta en el primario y estrella en el secundario • Estrella en el primario y estrella en el secundario • Ambas conexiones se pueden utilizar • Se utiliza la conexión que elimina armónicas de terceras y sus múltiplos de tres
3	Cuando las cargas interiores son mayormente trifásicas, se utiliza la conexión: • Estrella en el primario y delta en el secundario de 4 hilos • Delta en el primario y estrella en el secundario de 4 hilos • Ambas conexiones se pueden utilizar • Se utiliza la conexión que elimine armónicas de terceras y sus múltiplos de tres
4	Si una instalación se encuentra en un lugar lejano a un centro de abastecimientos de materiales eléctricos, y no es posible hacer interrupciones en períodos largos, al presentarse fallas se recomienda protecciones de: • Fusibles • Interruptores termomagnéticos • Supresor de picos • Ecualizador de potencial
5	Si en un sistema lumínico se necesita graduar en algunas ocasiones toda la intensidad de radiación, se recomienda instalar • Un conjunto de lámparas fluorescentes • Un conjunto de lámparas incandescentes • Puede ser un sistema mixto • Todos los incisos anteriores son correctos

6	Para una instalación de motores, sabiendo sus magnitudes nominales, como protección se puede instalar: • Un sistema de arranque con protección termomagnética, contactor y relé térmico • Un guarda motor • Se evaluaría los costos ya que realizan las mismas funciones • Todos los incisos anteriores son correctos
7	Cuando una instalación eléctrica es penalizada por bajo factor de potencia por ser carga inductiva, se recomendaría instalar: • Banco de capacitores • Motores síncronos • Evaluaría los costos de instalación • Todos los incisos anteriores son correctos
8	Para la elección de motores asíncronos o de inducción se recomendaría: • Con alto rendimiento como dato en sus placas de especificación • Con bajo rendimiento como dato en sus placas de especificación • El rendimiento no es un parámetro de relevancia • Todos los incisos anteriores son correctos
9	Si está en el alcance de utilizar la luz natural y artificial recomendaría: • Luz artificial con el número de lux recomendado por las normas • Luz natural con dispositivos de regulación evitando deslumbramiento • Sistema lumínico incandescente • Sistema lumínico fluorescente
10	Una acometida eléctrica residencial es conveniente: • La instalación sobrepuesta con accesorios de intemperie • Empotrada en una columna de concreto y subterránea • Se debe evaluar de modo que no afecte la integridad de los conductores • Todos los incisos anteriores son correctos
11	Para la instalación del sistema de medición de energía eléctrica: • Afecta que la instalación sea sobrepuesta • Afecta que la instalación sea empotrada • Los dos incisos anteriores se pueden utilizar siempre con el fin de mantener la integridad de los conductores, protección y medición • Todos los incisos anteriores son correctos

CONCLUSIONES

1. En las instalaciones eléctricas los componentes más importantes son los conductores que trasladan corriente hacia las cargas para su funcionamiento mismo que están mecánicamente resguardados por canalizaciones y protecciones termomagnéticas para prevenir la presencia de fallas eléctricas.
2. Para que las instalaciones eléctricas funcionen correctamente, se deben considerar todos los requerimientos del NEC, criterios, aplicación de fórmulas, que conllevan un estudio exhaustivo y minucioso para su realización, no importando su magnitud.
3. Para conectar una nueva carga en una instalación en funcionamiento se debe verificar que la red cuente con la capacidad de alimentar dicha carga, para evitar desequilibrios de corriente poniendo en riesgo el funcionamiento normal de todas las demás cargas en funcionamiento.
4. El tipo de canalización debe ser el más indicado para el lugar de instalación, con el único fin de mantener la integridad de los conductores, tableros de distribución, protecciones eléctricas, entre otros.
5. Se debe edificar toda instalación con base a conocimientos sólidos acordes a las necesidades pertinentes del caso, evitando riesgos para el personal de operaciones y de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Para el diseño de instalaciones eléctricas adecuadas, debe considerarse todo lo contenido en el NEC, como: criterios, recomendaciones, tablas de valores para diferentes aplicaciones, fórmulas, consideraciones técnicas, entre otros.
2. Para la construcción de una instalación eléctrica con todos sus componentes, se debe verificar el estado de cada accesorio, para que cumpla con las condiciones para las cuales fue construido y diseñado.
3. Se debe considerar, en la parte de diseño, toda la información disponible que permita escoger los accesorios más versátiles bajo un estándar de calidad y soporte de garantía de funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Nacional de Energía. *Norma 03NTSD. Capítulo III. Artículo 49.*
2. NOM-001-SEDE-2005 *Instalaciones eléctricas.*
3. Empresa Eléctrica de Guatemala (EGSSA).
4. FITZGERALD. A.E. *Máquinas eléctricas.* Segunda edición.
5. MEJÍA VILLEGAS, S.A *Subestaciones de alta y extra alta tensión.* Segunda edición
6. Norma NEC Edición 2008.

ANEXOS

Tabla XXVII. Tabla 310-16 conductores para instalar en canalización

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW- LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18			14			
1,31	16	20*	20*	18	---	---	---
2,08	14	25*	25*	25*			
3,31	12	30	35*	30*			
5,26	10	40	50	40*			
8,37	8			55			
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	520	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1010	2000	560	665	750	470	560	630

Continuación de la tabla XXVII.

FACTORES DE CORRECCIÓN						
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes					
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60	...	0,58	0,71	...	0,58	0,71
61-70	...	0,33	0,58	...	0,33	0,58
71-80	...	...	0,41	...	...	0,41

Tabla XXVIII. Tabla 310-17 conductores para instalar al aire libre

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (ver tabla 310-13)					
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW*	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS*, THWN*, XHHW*, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THW-LS*, THWN-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHH*, RHW-2, XHHW*, XHHW-2
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	....		18	....	....	....
1,31	16	....	30*	24	....	....	....
2,08	14	25*	35*	35*	....	....	....
3,31	12	30*	50*	40*	---	---	---
5,26	10	40	70	55*			
8,37	8	60		80			
13,3	6	80	95	105	60	75	80
21,2	4	105	125	140	80	100	110
26,7	3	120	145	165	95	115	130
33,6	2	140	170	190	110	135	150
42,4	1	165	195	220	130	155	175
53,5	1/0	195	230	260	150	180	205
67,4	2/0	225	265	300	175	210	235
85,0	3/0	260	310	350	200	240	275
107	4/0	300	360	405	235	280	315
127	250	340	405	455	265	315	355
152	300	375	445	505	290	350	395
177	350	420	505	570	330	395	445
203	400	455	545	615	355	425	480
253	500	515	620	700	405	485	545

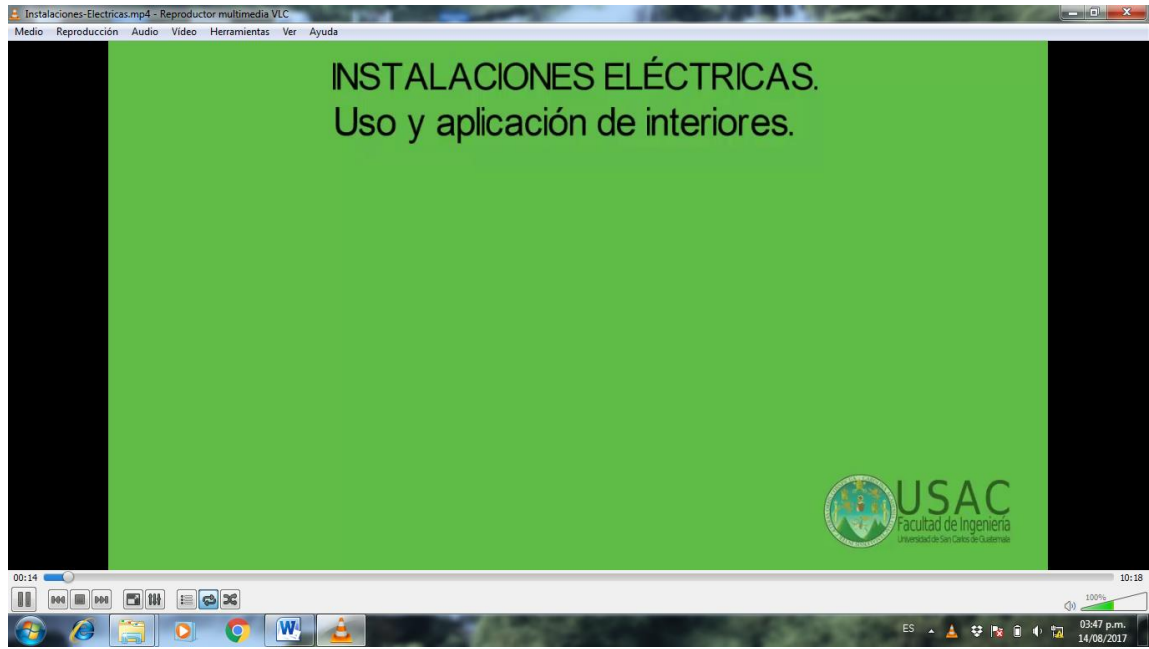
Continuación de la tabla XXVIII.

304	600	575	690	780	455	540	615
355	700	630	755	855	500	595	675
380	750	655	785	885	515	620	700
405	800	680	815	920	535	645	725
456	900	730	870	985	580	700	785
507	1 000	780	935	1 055	625	750	845
633	1 250	890	1 065	1 200	710	855	960
760	1 500	980	1 175	1 325	795	950	1 075
887	1 750	1 070	1 280	1 445	875	1 050	1 185
1 010	2 000	1 155	1 385	1 560	960	1 150	1 335
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes.						
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	
56-60	,,,,	0,58	0,71	,,,,	0,58	0,71	
61-70	,,,,	0,33	0,58	,,,,	0,33	0,58	
71-80	,,,,	,,,,	0,41	,,,,	,,,,	0,41	

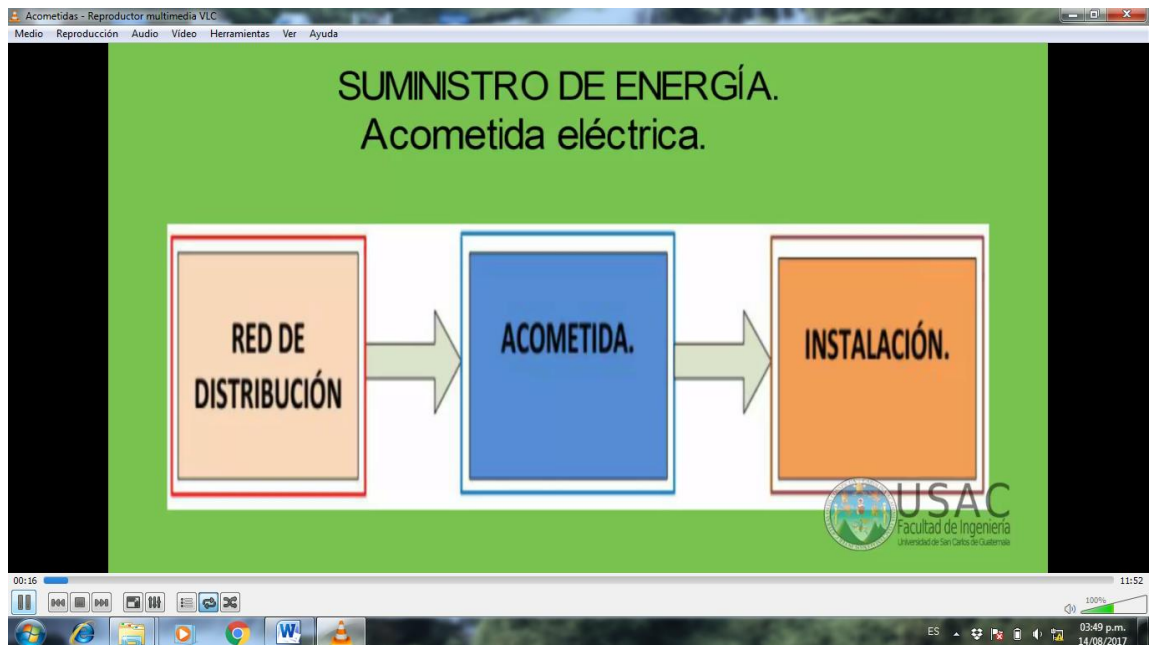
Tabla XXIX. **Tabla 310-15g para corrección por agrupamiento**

Número de conductores activos	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

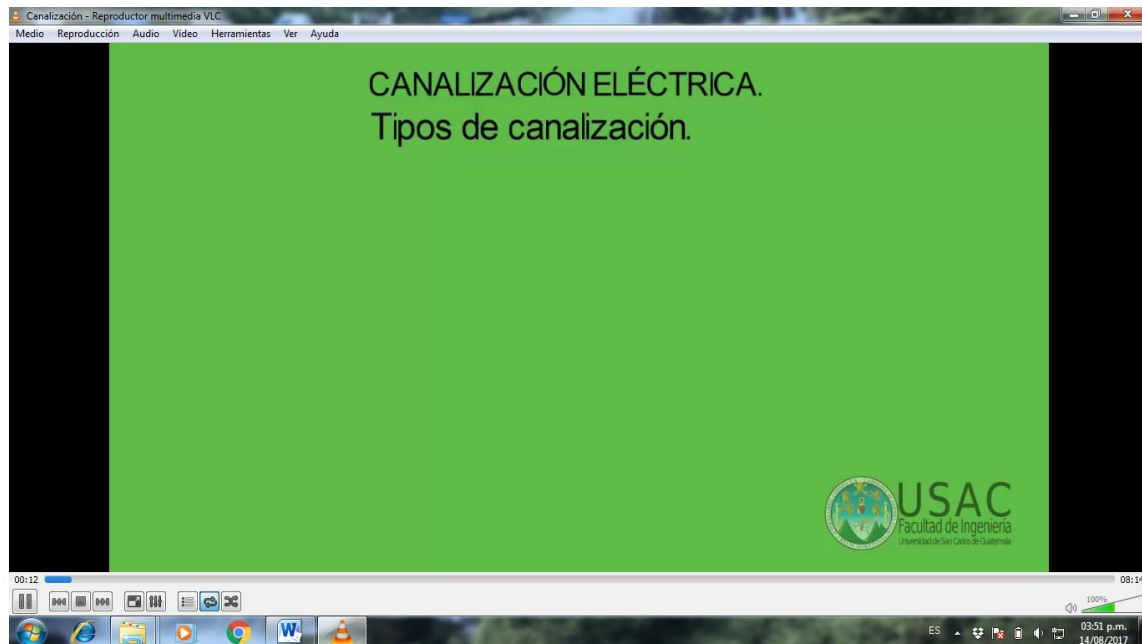
Introducción al video número 1



Introducción al video número 2



Introducción al video número 3



Introducción al video número 4



Introducción al video número 5

