



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLAS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

**"PROYECTO DE RECONSTRUCCION  
ELECTRICA DEL MERCADO  
MUNICIPAL SAN FRANCISCO DE  
URUAPAN MICH."**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTA:  
**MARTIN AGUILERA RIOS**

ASESOR:  
**ING. GUSTAVO SAUCEDO ZAVALA**

MORELIA, MICHOACAN. ENERO DE 2009



## AGRADECIMIENTOS

Con mi mayor agradecimiento a mis profesores a quienes recuerdo frecuentemente, pues fueron ellos quienes supieron inculcar en mi persona sus conocimientos tan valiosos en el transcurso de mi etapa estudiantil.

A mis compañeros con quien compartí el aula, con quienes compartimos experiencias cotidianas, propias de nuestra edad y con quien compartí la mayor parte del tiempo en la universidad.

A mis diversos jefes en mi carrera de Ingeniero Electricista pues gracias a la oportunidad que me brindaron de laborar con ellos me he superado en el transcurso de mi carrera, el compartir con ellos la experiencia laboral me ha hecho ser mejor como persona y como profesionalista, muchas gracias por haber depositado su confianza en mi persona.

En general a todas las personas con las que he tratado tanto académicamente como laboralmente, porque gracias a ellos hago posible la realización de este proyecto de tesis que pongo a su disposición.

## **DEDICATORIA**

### **A MI MADRE**

Dedico este trabajo con mucho cariño a mi madre quien desde mi infancia me motivó a estudiar, de quien siempre obtuve un estímulo para superarme, y en quien hallé siempre un apoyo moral de incalculable valor.

### **A MI PADRE**

De quien obtuve mis primeros conocimientos prácticos en electricidad y en quien me motive para estudiar la carrera de Ingeniero Electricista, por su paciencia y dedicación de instruirme y formarme en el trabajo y en la vida.

### **A ADRIANA**

Una gran amiga, una gran persona con la que siempre cuento, por esa incondicional amistad que nos une por muchos años y que estoy seguro continuará por mucho tiempo, y por tantas cosas que hemos compartido juntos, dedico especialmente este trabajo.

### **A WILBERT**

Mi sobrino, a quien vi crecer y formarse en la vida, en quien tengo una gran confianza, esperando tenga en esta tesis la motivación necesaria para seguir adelante en su proyecto académico como futuro Ingeniero, el cual estoy seguro culminará de manera exitosa en el corto plazo.

### **A KARLA LIZBETH**

Mi hija, esa pequeñita que le da alegría a mi vida, quien con una sonrisa me motiva a seguir adelante, en quien deposito toda mi confianza y espero tenga en esta tesis las buenas bases para un exitoso proyecto educativo como hasta hoy lo ha demostrado, con muy especial cariño dedico este trabajo.

## RESUMEN

Este proyecto esta enfocado a realizar la RECONSTRUCCIÓN ELÉCTRICA DEL MERCADO MUNICIPAL SAN FRANCISCO localizado entre las calles Álvaro Obregón, Francisco Villa, Guadalupe Victoria y Bellas Uruapenses de la ciudad de Uruapan, Michoacán.

El proyecto contempla el reemplazo total de las instalaciones eléctricas, ya que las actuales no cumplen con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana (NOM) vigente y de la norma CFE, Normatividades vigentes en la materia.

Se realizó el proyecto del alumbrado general con lámparas de aditivos metálicos y de igual manera con lámparas slim line en el área de locales, apegándose a los niveles de iluminación mínimos requeridos para las actividades propias del mercado según Normas.

Se incluyó en el proyecto del mercado un sistema de contactos y fuerza, colocando tomas de corriente en locales y góndolas de acuerdo a las necesidades de los locatarios, se van a controlar los motores con el dispositivo necesario de acuerdo a la capacidad de los mismos.

Fue necesario instalar una Subestación Eléctrica para proveer de energía Eléctrica al inmueble y garantizar la continuidad en el servicio.

Así mismo se hicieron los cálculos correspondientes de cortocircuito y sistema de tierras para garantizar la seguridad en las instalaciones e integridad física de los operarios y el público en general.

Finalmente se realizó un cálculo de los costos de los materiales y de la mano de obra correspondiente a los trabajos a ejecutar, para así estimar el costo de la inversión económica para la obra.

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN. ....	iii
LISTA DE FIGURAS. ....	ix
LISTA DE TABLAS. ....	x
LISTA DE ABREVIATURAS. ....	x

### **CAPÍTULO I            INTRODUCCIÓN.**

1.1	Introducción al proyecto eléctrico. ....	1
1.2	Objetivos del proyecto. ....	1
1.3	Antecedentes.....	1
1.4	Justificación del proyecto. ....	2
1.5	Descripción de capítulos. ....	3
1.6	Pasos en el proceso para el desarrollo del programa de obra eléctrica. ....	3
1.6.1	Datos de la carga. ....	4
1.6.2	Factibilidad del suministro de energía eléctrica.....	4
1.6.3	Proyección a futuro.....	4
1.6.4	Seguridad en las instalaciones.. ....	5
1.6.5	Mantenimiento en las instalaciones. ....	5
1.6.5.1	Economía. ....	6
1.6.5.2	Accesibilidad. ....	6
1.6.5.3	Flexibilidad. ....	6
1.6.5.4	Métodos adecuados de mantenimiento.....	6
1.6.6	Verificación del proyecto eléctrico. ....	6
1.6.7	Construcción y supervisión de la obra. ....	7
1.6.8	El programa de obra. ....	7

## **CAPÍTULO II ALUMBRADO, CONTACTOS Y FUERZA.**

2.1.	Introducción.....	9
2.2.	Cálculo del alumbrado general. ....	9
2.2.1	Elección de la lámpara. ....	11
2.2.2	Análisis comparativo de las luminarias. ....	11
2.2.3	Ventajas de la lámpara de aditivos metálicos. ....	11
2.2.4	Desventajas de la lámpara de aditivos metálicos.....	12
2.3	Cálculo del alumbrado general para el área 1 según planos.....	12
2.3.1	Determinación del coeficiente de utilización. ....	15
2.3.2	Factor de degradación luminosa por envejecimiento (LLD).....	16
2.3.3	Factor de disminución luminosa por suciedad. (LDD).....	16
2.3.4	Factor de mantenimiento (FM). ....	17
2.3.5	Cálculo del número de lámparas. ....	17
2.4	Cálculo del alumbrado general para el área 2 según planos.....	18
2.4.1	Cálculo del coeficiente de utilización. ....	20
2.4.2	Factor de degradación luminosa por envejecimiento (LLD) ....	20
2.4.3	Factor de disminución luminosa por suciedad. (LDD).....	20
2.4.4	Factor de mantenimiento (FM).....	20
2.4.5	Cálculo del número de lámparas.....	21
2.5	Alumbrado y contactos en góndolas y locales. ....	22
2.5.1.	Alumbrado y contactos en góndolas. ....	22
2.5.2.	Alumbrado y contactos en locales. ....	24
2.6	Alimentadores y distribución general de fuerza. ....	26
2.7	Tensión de suministro. ....	27
2.8	Definición de circuito derivado. ....	28
2.9	Conductores de los circuitos derivados. ....	28
2.9.1	Cálculo de conductores por capacidad de conducción (Ampacidad). ....	29
2.9.2	Cálculo del número de circuitos derivados. ....	31
2.9.3	Cálculo de los circuitos alimentadores. ....	32
2.10	Cálculo de conductores para motores. ....	33
2.11	Cálculo de los conductores por caída de tensión. ....	35
2.12	Canalización de los conductores. ....	38

2.13	Protección contra sobrecarga del circuito derivado para motores.....	39
2.14	Dispositivos de protección contra sobrecorriente.....	40
2.14.1	relevadores de sobrecarga con elementos térmicos.....	40
2.14.2	relevadores bimetálicos de ajuste.....	40
2.15	Opciones para el control de motores. ....	41
2.16	Medio de desconexión y protección contra cortocircuito y fallas a tierra del circuito derivado. ....	42
2.17	Características de los centros de carga. ....	46
2.18	Elección de los centros de carga. ....	46
2.19	Elección del interruptor termomagnético (ITM). ....	47
2.19.1	Capacidad de conducción de los ITM. ....	48
2.19.2	Ajuste de disparo instantáneo de los ITM.....	48

### **CAPÍTULO III SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.**

3.1	Introducción.....	49
3.2	Tipos de subestación y criterio de selección. ....	49
3.2.1	Subestación tipo poste. ....	49
3.2.2	Subestación tipo compacta interior.....	49
3.3	Ventajas que se obtienen al instalar una subestación. ....	50
3.3.1	Seguridad. ....	50
3.3.2	Servicio. ....	50
3.3.3	Operación. ....	50
3.3.4	Mantenimiento. ....	50
3.4	Características del local de la subestación.....	51
3.4.1	Salidas. ....	51
3.4.2	Advertencias. ....	52
3.4.3	Protección contra incendio. ....	52
3.5	Diseño de una subestación compacta.....	52
3.5.1	Celda de medición. ....	52
3.5.2	Celda de cuchillas de prueba.....	52
3.5.3	Celda del seccionador. ....	53
3.5.4	Celda de acoplamiento. ....	53

3.6	Elementos principales de la subestación. ....	54
3.6.1	Sección de transición.....	54
3.6.2	Cuchillas de paso. ....	54
3.6.3	Interruptor general. ....	55
3.6.4	Sección de acoplamiento. ....	55
3.6.5	Interruptores de los transformadores. ....	55
3.6.6	Apartarrayos. ....	56
3.6.7	Secciones de acoplamiento. ....	56
3.6.8	Gargantas. ....	56
3.6.9	Sección de transformación. ....	57
3.6.9.1	Indicador de nivel de aceite. ....	57
3.6.9.2	Indicador de temperatura. ....	57
3.6.9.3	Manómetro. ....	57
3.6.9.4	Cambiador de derivaciones. ....	57
3.7	Acometida principal de la subestación. ....	57
3.8	Terminales para cables de energía. ....	61
3.8.1	Terminal clase 2.....	61
3.8.1.1	Cono de alivio premoldeado. ....	61
3.8.1.2	Campanas premoldeadas. ....	62
3.8.1.3	Conector universal.....	62
3.8.1.4	Sello semiconductor.....	62
3.8.2	Terminal clase 3.....	62
3.8.2.1	Selección de las terminales. ....	63
3.8.3	Medición en alta tensión. ....	63

## **CAPÍTULO IV CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO Y SISTEMA DE TIERRAS.**

4.1	Introducción. ....	64
4.2	Definición de cortocircuito. ....	64
4.3	Equipos que aportan corriente durante el cortocircuito.....	65
4.3.1	La red de suministro. ....	65
4.3.2	Generadores. ....	65
4.3.3	Motores sincrónicos. ....	65
4.3.4	Motores de inducción. ....	65

4.4	Métodos para el cálculo de cortocircuito.....	66
4.5	Cálculo del cortocircuito. ....	66
4.6	Componentes del sistema de tierras.....	69
4.6.1	Conexión a tierra para protección. ....	70
4.6.2	Conexión a tierra para funcionamiento.....	70
4.6.2	Conexión a tierra para trabajo.....	70
4.7	Cálculo del sistema de tierras. ....	71

## **CAPÍTULO V ANÁLISIS ECONÓMICO.**

5.1	Introducción.....	76
5.2	Costo de los materiales. ....	76
5.3	Costo de la mano de obra.....	79
5.4	Análisis del precio unitario. ....	79
5.4.1	Materiales. ....	79
5.4.2	Mano de obra. ....	79
5.4.3	Rendimientos.....	81
5.4.4	Herramienta y equipo. ....	81
5.4.5	Costo indirecto.....	81
5.4.6	Utilidad. ....	81

## **CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO.**

6.1	Introducción. ....	84
6.2	Capacidad de reserva en las instalaciones.....	84
6.3	Trabajos a futuro. ....	84
6.4	Conclusiones. ....	85
	BIBLIOGRAFÍA. ....	119

### **PLANO ELÉCTRICO.**

## LISTA DE FIGURAS.

2.8.1	Diagrama básico de un circuito derivado.....	28
2.9.4.1	Diagrama de bloques de conductores alimentadores y conductores de circuitos derivados. ....	32
2.10.1	Circuito derivado de un motor. ....	34
2.11.1	Circuito elemental de la caída de por voltaje impedancia. ....	36
2.11.2	Diagrama vectorial de la caída de por voltaje impedancia. ....	36
2.15.1	Componentes del circuito derivado de un motor. ....	41
2.18.1	Diagrama básico de la preparación física para la concentración de medidores. ....	109
3.1	Especificación de CFE para una subestación tipo poste.....	110
3.2	Especificación de CFE para una subestación compacta.....	111
3.3	Diagrama unifilar típico de una subestación compacta.....	112
3.4	Arreglo físico de celdas que componen una subestación. ....	113
3.5	Diagrama unifilar de las celdas de una subestación compacta con varios interruptores generales.....	114
3.6	Vista isométrica de las celdas de una subestación compacta. ....	115
3.7	Arreglo físico de la sección cuchilla de paso.....	115
3.8	Sección de transición del interruptor general al bus del transformador.....	116
3.9	Gráfica de atenuación de sobretension por el apartarrayo.....	116
3.10	Sección de acoplamiento y sección de interruptor de una subestación compacta. ....	117
3.11	Diagrama esquemático de una terminal modular intemperie “TMI”.....	118
3.12	Diagrama esquemático de una terminal interior premoldeada “TIP”.....	118
4.1	Diagrama unifilar y de impedancias para el cálculo de cortocircuito.....	68

## LISTA DE TABLAS.

2.2.1 Factores a considerar para el proyecto de alumbrado.....	10
2.2.2.1 Análisis comparativo de las lámparas sugeridas.....	11
2.3.1 Tabla para la relación de Gaysunas. ....	13
2.6.1 Capacidad de conducción de corriente de conductores eléctricos y factores de caída de tensión unitaria. ....	86
2.6.2 Área de conductores eléctricos aislados tipo THW en cm <sup>2</sup> .....	87
2.9.4.1 Calculo de circuitos Alimentadores. ....	88
2.12.1 Área de sección transversal disponible en tubería conduit.....	87
2.12.2 Área de sección transversal disponible en ducto cuadrado. .... Embisagrado	87
2.17.1 Censo de cargas del proyecto. ....	91
2.17.2 Concentrado de conductores eléctricos. ....	101
2.18.1 Cuadro de cargas concentración de medidores #1. ....	102
2.18.2 Cuadro de cargas concentración de medidores #2. ....	103
2.18.3 Cuadro de cargas concentración de medidores #3. ....	104
2.18.4 Cuadro de cargas concentración de medidores #4. ....	105
2.18.5 Cuadro de cargas concentración de medidores tablero “A”. ....	106
2.18.6 Cuadro de cargas concentración de medidores tablero TGN. ....	107
2.19.1 Curvas de disparo características para interruptor termo magnético tipo KA-KH, KAL-KHL. ....	108
3.5.4.1 Ancho de las celdas que componen una subestación. ....	53
3.7.1 Constantes (C <sub>c</sub> ) para determinar el área del conductor en condiciones de cortocircuito.....	59
3.8.1.1 Tabla para determinar el valor de “x” en la selección de TMI.....	118

3.8.2.1	Tabla para determinar el valor de “TC” en la selección de TPI. ....	118
4.7.1	Tabla de valores de resistividad del terreno.....	72
4.7.2	Factores de decremento de la corriente de cortocircuito. ....	74
4.7.3	Calibre de conductores para la malla de tierras.....	75
5.1	Listado y costo de los materiales eléctricos. ....	77
5.2	Resumen del costo de los trabajos a ejecutar.....	80
5.3	Ejemplo de análisis de precio unitario para cable 10 awg. ....	82
5.4	Ejemplo de análisis de precio unitario para subestación compacta tipo interior.....	83

#### **LISTA DE ABREVIATURAS.**

NOM	Norma Oficial Mexicana 2005 Instalaciones Eléctricas.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
ANCE	Asociación Nacional de Certificación Eléctrica.
UVIE	Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO ELÉCTRICO

Parte de la responsabilidad del Ingeniero electricista es la de realizar un buen proyecto eléctrico que tenga como mínimo las siguientes características: Moderno, funcional, seguro y con capacidad de ampliación.

Para lograr las características anteriormente citadas, se debe tener en cuenta lo especificado en las Normas y aplicarlo para cada caso en las obras civil y eléctrica.

El presente proyecto se apega a las normas actuales de construcción y se rige por los diferentes reglamentos autorizados para tal fin, como lo son: NOM (Norma Oficial Mexicana) y NORMA CFE (Normas de Comisión Federal de Electricidad), por mencionar algunos.

Una instalación bien proyectada, requiere pocos cambios a futuro y ahí es donde se manifiesta el verdadero ahorro.

Las instalaciones eléctricas representan solo un pequeño porcentaje del monto total de un inmueble, la eficiencia de cualquier inmueble indistintamente del giro que se trate, depende del buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

El proyecto diseñado deberá responder a las necesidades propias en su tipo y se brinda un margen amplio de seguridad al inmueble por ser un lugar de concentración pública; todo ello para evitar situaciones que pudieran significar algún riesgo para la integridad tanto del inmueble como de las personas.

### 1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del presente trabajo es con la finalidad de aportar los cálculos e información técnica necesaria para la construcción de las obras eléctricas necesarias para la reconstrucción eléctrica general y particularmente del mercado municipal San Francisco en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

### 1.3 ANTECEDENTES

El mercado municipal San Francisco tiene una antigüedad aproximada de 40 años mismos que tienen sus instalaciones entre ellas la eléctrica, la cual se considera actualmente como deteriorada en virtud del tiempo que tiene funcionando; y si a ello se agrega que probablemente no existe proyecto eléctrico, esto nos brinda la oportunidad de abordar el tema.

Al no existir proyecto eléctrico alguno, seguramente las instalaciones eléctricas no atendieron a la normatividad correspondiente o bien es fácil deducir que en ese tiempo no estaban reglamentadas las instalaciones eléctricas.

En la visita realizada al inmueble se deduce que los cables instalados presentan riesgo por ser de tecnología anterior y con características tales como: forrado inflamable, baja temperatura de trabajo, calibres incorrectos, etc.

La tecnología actual brinda cables antillama, con temperatura de trabajo de 90 grados o más, cobre electrolítico y demás propiedades que aseguran el buen funcionamiento de estos.

El alumbrado tampoco responde a las necesidades propias de un lugar de concentración pública como lo es un mercado y más bien recae en lo informal, además el nivel de iluminación es malo y las lámparas no son las apropiadas por lo que hay que trabajar en ese aspecto.

A petición de CFE el inmueble se debe acondicionar con una sección para censar la medición, por lo que cada locatario deberá tener su propio equipo de medición y no de manera colectiva como existe actualmente, a esta acción se le denomina concentración de medidores y todos los locales deberán contar con su medidor independiente.

#### 1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Dadas las condiciones de deterioro en las instalaciones eléctricas en el Mercado Municipal San Francisco en la ciudad de Uruapan, Michoacán. Urge brindarle a este inmueble la seguridad y el buen funcionamiento en todas sus instalaciones.

El análisis y estudio al que se avoca el proyecto es con la finalidad de que el inmueble cuente con una instalación eléctrica segura para los locatarios y los concurrentes, la elaboración de un buen proyecto reduce al mínimo los riesgos de un incendio, de un accidente y muchas de las veces hasta de una muerte por electrocución, lo cual se debe evitar.

El proyecto tiene la finalidad principal de proveer de un sistema de alumbrado contactos y fuerza de acuerdo a las necesidades propias del inmueble, y garantice que se reduzca la posibilidad de siniestros, pues el proyecto estará sujeto a una minuciosa Verificación en sus Instalaciones Eléctricas.

Las situaciones anteriormente mencionadas son motivo para elaborar el proyecto eléctrico de este mercado, agregando que es responsabilidad del Ingeniero Electricista proyectar instalaciones eléctricas que brinden seguridad tanto al inmueble como al público en general.

## 1.5 DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS

El capítulo I de este proyecto de tesis se refiere a la introducción del mismo encontrando aquí los antecedentes del proyecto, los objetivos a cumplir en el proyecto, las causas que lo motivaron.

En el capítulo II se encuentra la información referente al sistema de Alumbrado, Contactos y Fuerza, Tableros y Centros de Carga. Se mencionan los tipos de lámparas utilizadas, el tipo de contactos eléctricos instalados, los motores y su dispositivo de protección correspondiente, el Tablero eléctrico sugerido y los centros de carga calculados.

También se cuenta con la información correspondiente al cálculo de los circuitos alimentadores y circuitos derivados, así como las canalizaciones y la forma en que se calcularon, el tipo de tubo, factores de relleno, cálculo de los conductores por corriente, por temperatura y agrupamiento.

En el capítulo III se hace referencia a la subestación eléctrica, el tipo de subestación sugerida, el transformador, las protecciones principales de la subestación, los equipos y accesorios que la componen así como los cálculos correspondientes a éstos.

El capítulo IV aporta la información del Cálculo de Cortocircuito y el Sistema de tierras, aquí se describen los elementos que intervienen en un cortocircuito, los daños que puede provocar una falla, y lo importante que es calcularlo correctamente.

En el sistema de tierras se mencionan los tipos de suelo y su diferente valor de resistividad del terreno, lo cual influye directamente en el valor de la resistencia de la malla de tierras, se proporciona la información correspondiente a los materiales y la forma en que se construye un sistema de tierras físicamente, y como calcular su valor final en ohms.

El capítulo V se refiere al análisis económico del proyecto eléctrico, en el se hace una estimación del costo de los materiales y de la mano de obra, mediante el análisis de precio unitario, el cual es el estandarizado por las compañías constructoras e involucra conceptos como rendimiento, utilidad, indirectos, mano de obra y herramientas por mencionar algunos.

En el capítulo VI se exponen las conclusiones del proyecto y se proporciona la información de los trabajos que se pueden realizar a futuro.

## 1.6 PASOS EN EL PROCESO PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE OBRA ELÉCTRICA

En este capítulo se mencionan los diferentes tipos de carga considerados para este proyecto, así como la importancia de tener información de los equipos instalados por parte del fabricante, se explica el procedimiento para contratar el servicio de energía eléctrica, de igual forma se explican los diferentes aspectos que se deben considerar en la elaboración del proyecto eléctrico.

### 1.6.1 DATOS DE LA CARGA

Para elaborar un proyecto eléctrico es necesario obtener datos precisos sobre la carga, en la realidad muchas de las veces es difícil conseguirlos, debido a que no siempre se cuenta con la información necesaria, cabe mencionar que la adquisición de los equipos se hace en la mayor de las veces con el paso del tiempo a medida que avanza la obra, pero en estos casos es muy útil recurrir a manuales que publican los fabricantes, para de ahí obtener datos de corriente, voltaje y potencia de los equipos que se vayan a instalar como pueden ser lámparas, motores, arrancadores, transformadores, etc.

Cuando no sea posible consultar algún manual, se debe considerar los datos de placa de algún equipo de las mismas características que se encuentre instalado.

Al elaborar el censo de las cargas, se deben de manejar por separado las instalaciones de alumbrado de las de fuerza y al final considerar ambas para calcular la demanda total.

### 1.6.2 FACTIBILIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Al término del proyecto y antes de iniciar la construcción de la obra se debe acudir a las oficinas de CFE para llenar la solicitud de energía eléctrica y enterar a CFE del inicio de la obra.

Una vez llenada la solicitud se dá tramite, CFE notifica si es posible en ese momento dar factibilidad a la solicitud con la red actual, de no ser así indicará que obra de ampliación se debe ejecutar por parte de CFE y el monto de la misma, gastos que serán cubiertos por el solicitante.

La solicitud se debe hacer en media tensión, toda vez que se tiene la intención de instalar una subestación propia para el inmueble, la tarifa que se aplicara será la OM que corresponde a energía eléctrica en media tensión para 13200 volts.

Deben acompañar a la solicitud los siguientes documentos:

- Memoria técnica descriptiva
- Planos del proyecto
- Diagrama unifilar

### 1.6.3 PROYECCIÓN A FUTURO

Al elaborar un proyecto, es muy importante considerar la expansión del mismo, ya sea por ampliación del inmueble o por aumento de la carga eléctrica, esto se refleja en la capacidad del transformador, en el número de seccionadores de la subestación compacta o en la misma área física de la subestación.

El tomar las precauciones necesarias en el proyecto va a permitir tomar decisiones acertadas y fáciles en el momento que se presente la expansión mencionada y esto se verá reflejado en un menor costo de las instalaciones adicionales lo cual es el objetivo que se pretende en cualquier empresa.

#### 1.6.4 SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES

Seguridad es el primer punto a considerar en toda obra o proyecto, el no atender este concepto puede provocar desde lesiones menores, hasta lesiones de gravedad y en muchas de las veces hasta la muerte de las personas.

En el proceso de la obra, se deben respetar los requisitos de seguridad mínimos, como son el uso de casco de seguridad, uso de chalecos en colores anaranjado o rojo fosforescente, no invadir zona de grúas en operación, no trabajar con conductores eléctricos energizados en estructuras metálicas o andamios, no encender fuego cerca de materiales peligrosos, usar andamios apropiados cuando se trabaje en alturas considerables, por mencionar algunos.

Al instalar equipos que formen parte de las instalaciones, se deben instalar aquellos que estén diseñados para tal fin y nunca improvisar o modificar sus características para las que fueron hechos.

Deben ser equipos que cumplan con pruebas de laboratorio y certificado de la Norma Oficial Mexicana NOM se debe cuidar la calidad de los materiales y dar preferencia a equipos de marca reconocida, para así garantizar un buen mantenimiento ya que éstos tienen una buena distribución en el mercado.

Dentro de las instalaciones eléctricas se sugieren las siguientes bases:

- Usar protecciones adecuadas para garantizar el buen uso de los equipos eléctricos.
- Elaborar un cuadro de protecciones adecuado, para que nunca sea necesario trabajar con conductores de un circuito energizado.
- Todas las canalizaciones que contengan conductores de corriente, así como las carcasas de equipos eléctricos deben estar conectadas a tierra.

#### 1.6.5 MANTENIMIENTO EN LAS INSTALACIONES

El mantenimiento en las instalaciones eléctricas es de vital importancia en éstas, el no atender una falla, no reparar un equipo o hacer caso omiso de algún siniestro, puede llevar a graves daños en el corto plazo, a entorpecer la producción y por consecuencia el rendimiento en cualquier proceso productivo, ya sea empresa, industria o inmueble de servicio al público, lo cual repercute en pérdidas económicas.

Para este proyecto se trata de un inmueble público en el cual se expenden todo tipo de alimentos como son carnes, lácteos, pescados y mariscos por mencionar algunos, los cuales requieren refrigeración, si algún siniestro se presentara y no se cuenta con un mantenimiento preventivo adecuado se pueden tener pérdidas considerables.

El mantenimiento preventivo debe tener como mínimo las siguientes características:

#### 1.6.5.1 Economía

La intención de proyectar una instalación eléctrica es que ésta se mantenga en buenas condiciones por el máximo de tiempo y al menor costo posible.

#### 1.6.5.2 Accesibilidad

Al realizar el proyecto se debe tener cuidado de que los equipos se localicen en áreas donde no se dificulte su mantenimiento, y tampoco se obstruyan áreas destinadas a la venta para no entorpecer las actividades de las propias del inmueble, el equipo eléctrico que no se encuentre en la subestación, debe tener acceso inmediato solo por personal calificado en todo momento y sin poner en riesgo a los clientes ni a los locatarios.

#### 1.6.5.3 Flexibilidad

Este concepto se complementa con el anterior, aquí se hace la observación que al llevar a cabo un mantenimiento en un lugar específico, no se afecte o se interrumpa la energía eléctrica de otro lugar ajeno al de donde se realiza el mantenimiento.

En términos de Ingeniería Eléctrica se explica de la siguiente manera:  
Que sea posible trabajar en parte del circuito sin interrumpir el resto.

#### 1.6.5.4 Métodos adecuados de mantenimiento

Al realizar el mantenimiento se deben usar las herramientas y métodos adecuados para no dañar los equipos, así mismo usar repuestos de la misma calidad del que se pretende remplazar, aquí es importante mencionar que en el proyecto original se deben seleccionar equipos y materiales que además de contar con la aceptación de la Norma Oficial Mexicana también tengan cubiertas adecuadas para el fin que se pretende y sean fácilmente removibles.

### 1.6.6 VERIFICACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO

Terminado el proyecto eléctrico en alta y baja tensión, se solicitan los servicios de alguna Unidad de Verificación de Instalaciones eléctricas (UVIE) debidamente acreditada por la Secretaría de Energía, y que se encuentre vigente al momento de la solicitud, para que lleve a cabo la verificación del proyecto en primera instancia, y posteriormente verifique la obra a medida que ésta avance, para finalmente emitir por escrito la verificación total de la instalación eléctrica.

Recordemos que por disposiciones oficiales todos los inmuebles de concentración pública requieren la verificación de sus instalaciones eléctricas, el perito verificador requiere para tal efecto que se le entreguen copias de los planos antes de iniciarse los trabajos referentes a las instalaciones eléctricas, si durante la revisión encuentra anomalías éstas se comunicarán al responsable del proyecto y se harán las modificaciones al plano correspondiente y así sucesivamente hasta que el proyecto cumpla cabalmente con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana vigente.

### 1.6.7 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE LA OBRA

Cuando el proyecto es autorizado para su construcción, se procede a iniciar los trabajos de las instalaciones eléctricas, es de vital importancia que se respeten los planos y la información que estos proporcionen sobre los materiales, en la mayoría de las obras importantes la compañía que elabora el proyecto incluye una tabla lateral que se ubica en el margen superior derecho los equipos eléctricos y marcas de fabricantes que ellos recomiendan para el buen funcionamiento de la instalación eléctrica.

Ejemplo: para los cables se menciona usar cable condumex o similar, para las tuberías usar tubo galvanizado pared gruesa marca Júpiter o similar.

Al mencionar la palabra similar se refiere a usar un material o equipo que tenga las mismas características en cuanto a calidad se refiere.

El no observar estas indicaciones puede hacer fracasar todo el proyecto eléctrico y hacer nulo todo el trabajo de ingeniería eléctrica aplicada en el. En consecuencia el perito verificador (UVIE) tampoco extenderá el certificado de aprobación para la obra, basándose en que los materiales usados no cumplen con las especificaciones de calidad a que se refiere la Norma Oficial Mexicana.

Como información adicional se menciona que existen publicaciones oficiales en donde se pueden consultar los materiales y equipos aprobados por la NOM para tal fin.

El propietario del inmueble puede contratar un supervisor para que verifique que el constructor realice las obras con apego al plano, el supervisor tiene la autoridad para reportar por escrito las observaciones a la obra, mismas que serán atendidas y ejecutadas por la empresa constructora, en muchas de las veces el perito verificador puede hacer las funciones de supervisor previo arreglo económico con el propietario, donde ambos elaboran un programa de visitas a la obra para supervisar la misma.

### 1.6.8 EL PROGRAMA DE OBRA

Concluido el proyecto se concursa la obra para que las compañías interesadas presenten sus propuestas técnico-económicas, estas se analizan y se asigna a la que haya presentado la mejor opción, en dicha propuesta se incluye un programa de obra el cual contempla un inicio y una conclusión de la misma.

El tiempo en que se miden los programas de obra generalmente es en semanas y se estipula en el contrato que firmarán tanto el propietario de la obra como de la empresa constructora.

El no cumplir con el programa de obra en tiempo y forma lleva a retrasos no deseados en el avance de la misma, mismos que pueden alargar el programa de obra y por lo tanto la empresa constructora puede caer en el riesgo de no entregar los trabajos en el plazo acordado, motivo que puede dar lugar a que el propietario del inmueble lo sancione económicamente en primera instancia sobre el finiquito y en el mayor de los casos le interponga demanda por incumplimiento de contrato, ya que la compañía constructora se comprometió a entregar la obra en un plazo acordado y no lo hizo, el propietario puede argumentar pérdidas en mercancías ya compradas y no exhibidas, pérdidas en salarios debido a empleados contratados, rentas no pagadas, y demás pérdidas que se originen de esta acción.

Todo lo anterior aporta una idea de la importancia de lo que es un programa de obra y todo lo que se involucra en el, se debe conocer ampliamente la rama de la construcción para así mismo elaborarlo con la experiencia adquirida en el campo de trabajo, las extensiones del mismo pueden ser conciliadas previa reunión de trabajo, ya que siempre existe la posibilidad de realizar obra adicional a la ya convenida, o también se puede ampliar el programa de obra debido a causas imputables al propietario del inmueble como puede ser el incumplimiento en los pagos de las obras realizadas, retraso en el suministro de materiales, causas imprevistas, o bien por causas tales que así lo justifiquen.

## CAPÍTULO II.

### ALUMBRADO, CONTACTOS Y FUERZA.

#### 2.1 INTRODUCCIÓN.

En cualquier proyecto eléctrico el cálculo del alumbrado es importante, ya que la iluminación es primordial para cualquier actividad económica, una mala proyección puede afectar el desarrollo de cualquier empresa.

Contar con un nivel adecuado de iluminación siempre será objetivo primordial de cualquier proyecto eléctrico, en todos los aspectos es importante ya que un lugar adecuadamente iluminado siempre tendrá ventajas como lo son una buena circulación peatonal, desarrollo de cualquier tipo de actividad económica con buen rendimiento y una mayor efectividad en los resultados del trabajo que ahí se desarrolle, proporcionando seguridad a los concurrentes.

Este proyecto es un inmueble destinado a la compra venta de distintas mercancías como son frutas, legumbres, carnes, especias, mariscos, ropa, consumibles, plásticos, lácteos y perecederos en general.

En combinación con el sistema de alumbrado, también se requiere una buena distribución de contactos en locales y góndolas, y de un adecuado sistema de fuerza que garantice el buen funcionamiento de los equipos impulsados por energía eléctrica como son motores, compresores y herramientas diversas, que correctamente instaladas y debidamente protegidas redundará en un buen desempeño de la actividad comercial de los locatarios y a su vez en un recorrido seguro por parte de los concurrentes al inmueble.

#### 2.2 CÁLCULO DEL ALUMBRADO GENERAL

El método que se utilizará para el cálculo del alumbrado, es el de los lúmenes, en el se considera la emisión luminosa de una lámpara expresada en lúmenes, y tiene como base la definición del lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado y se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Número de Luxes} = \frac{\text{Lúmenes incidentes sobre una superficie}}{\text{Área en metros cuadrados}} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Conociendo la emisión luminosa inicial de cada lámpara proporcionada por el fabricante, el número de lámparas instalado en la zona y el área iluminada por ésta en metros cuadrados, pueden calcularse los lúmenes por metro cuadrado generados inicialmente en una determinada área.

Este valor, sin embargo, difiere del número de Luxes en dicha área, ya que algunos lúmenes

son absorbidos por la luminaria, y también debido a otros factores tales como la suciedad de la luminaria, la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas, etc. Estos factores, entre otros, se toman en consideración en la fórmula del método de los lúmenes:

$$\text{Nivel en Luxes} = \frac{\text{Lámparas/luminaria} \times \text{lúmenes/lámpara} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}{\text{Área/luminaria}} \quad \text{Ec.2.2}$$

Donde: C.U. = coeficiente de utilización.  
F.M. = factor de mantenimiento.

Se tiene una superficie a iluminar formada por dos áreas, la primera de ellas en forma de rectángulo 30.0 x 18.60 = 558 mt<sup>2</sup> y la segunda en forma rectangular 22.20 x 26.90 = 597 mt<sup>2</sup>.

Dichas áreas corresponden al área de góndolas en forma mayoritaria las cuales se ubican en el área central del mercado y al no tener techo individual forman parte del alumbrado general el cual se procede a calcular.

El resto del alumbrado del mercado, específicamente los locales no presentan mayor problema ya que su altura no supera los 3.0 mt de altura y su alumbrado se realizará con luminarias tipo slim line por ser áreas individuales pequeñas.

Así pues se enfoca al área de alumbrado general (área de góndolas) donde se tiene una altura de 5.50 mts con una estructura metálica tipo diente de sierra.

Por experiencia personal en proyectos eléctricos de locales destinados a la venta de mercancías, el nivel de iluminación recomendado para un inmueble de este tipo es de 700 luxes en cualquier momento y se recomienda tomar en cuenta los factores sugeridos por la tabla 2.2.1 para la selección de la luminaria:

A continuación la tabla 2.2.1 muestra las situaciones que se deben evitar en un proyecto de alumbrado, de igual manera aporta algunas recomendaciones para la elección de la luminaria.

Calidad de luz	Se deben evitar detalles del alumbrado como pueden ser: Deslumbramiento. Relaciones de brillo. Difusión. Color.
Clasificación de luminarias	Se seleccionará la lámpara, adecuada para tal propósito en función de las necesidades y características del local, así como de las condiciones de mantenimiento.
Elección de la luminaria	La elección dependerá del aspecto de eficiencia y de economía.

**Tabla 2.2.1 Factores a considerar para el proyecto de alumbrado.**

### 2.2.1. ELECCIÓN DE LA LAMPARA.

En este tipo de instalaciones se recomienda utilizar lámparas adecuadas para el propósito de iluminar áreas consideradas mayores como por ejemplo: fluorescentes, vapor de sodio, vapor de mercurio ó aditivos metálicos, estas lámparas son óptimas debido al flujo luminoso alto con que cuentan, el cual es muy superior comparado con las lámparas fluorescentes y aun más notorio si se les compara con las lámparas incandescentes, es importante mencionar que en locales de gran altura el proyecto debe realizarse con lámparas adecuadas para tal fin y precisamente son las lámparas de descarga aquí mencionadas las que cumplen con los requisitos para instalarse en este tipo de locales, púes su haz luminoso alcanza perfectamente la superficie de trabajo sin distorsionar el color de los objetos.

### 2.2.2 ANALISIS COMPARATIVO DE LAS LUMINARIAS.

A continuación la tabla 2.2.2.1 muestra algunas características de las lámparas que podrían utilizarse para este proyecto.

Tipo	capacidad	vida promedio	Flujo luminoso
Fluorescente	39 w	12000h	2900 lúmenes
Fluorescente	55 w	12000 h	4400 lúmenes
Fluorescente	75 w	12000 h	6300 lúmenes
Vapor de mercurio	250 w	28000h	12700 lúmenes
Vapor de mercurio	400 w	28000 h	22000 lúmenes
Aditivos metálicos	250 w	10000h	20500 lúmenes
Aditivos metálicos	400 w	20000 h	36000 lúmenes

**Tabla 2.2.2.1 Análisis comparativo de las lámparas sugeridas.**

De la información obtenida se deduce que la lámpara más conveniente es la tipo VERSALITE con lámpara de ADITIVOS METALICOS DE 400 W fabricada por Lumisistemas S.A. que es la división de alumbrado del grupo conductores Monterrey, por tener mejores características que las otras lámparas en el aspecto vida promedio-flujo luminoso.

### 2.2.3 VENTAJAS DE LA LÁMPARA DE ADITIVOS METÁLICOS.

- Mayor cantidad de lúmenes comparado con las otras lámparas sugeridas.
- Requiere menor mantenimiento.
- Mayor economía en el dimensionamiento de sus alimentadores por operar a 220 volts.
- Buen rango en vida promedio

## 2.2.4 DESVENTAJAS DE LA LÁMPARA DE ADITIVOS METÁLICOS

- Menor vida promedio que la lámpara de vapor de mercurio.

## 2.3. CÁLCULOS DEL ALUMBRADO GENERAL PARA EL ÁREA 1 SEGÚN PLANOS.

Las siguientes ecuaciones son con el propósito de realizar los cálculos de alumbrado general y parámetros a considerar para el presente diseño.

Se define la relación de cavidad del local como el coeficiente resultante de la relación entre las medidas físicas del local como son el largo, ancho, la altura del plano de trabajo, la altura de montaje de la luminaria y la relación de Gaysunas.

Donde la relación de Gaysunas refleja la influencia de la longitud del local y varía con la relación entre la longitud y la anchura.

Relación de cavidad del local (RCL)

$$RCL = \frac{5H(L+A)}{L \times A} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

RCL = Relación de cavidad del local  
H = Altura de la cavidad del local (mts)  
L = Largo del local (mts)  
A = Ancho del local (mts)  
H = h lámpara - h plano de trabajo  
h lámpara = altura de montaje de la lámpara.  
h plano de trabajo = Altura del plano de trabajo.

Otra ecuación más conveniente para expresar la relación de cavidad del local (RCL) es:

$$RCL = \frac{10H}{ANCHO} \times \text{relación de Gaysunas} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Donde:

H = Altura de la cavidad del local  
H = h lámpara - h plano de trabajo  
ANCHO = Ancho del local  
h lámpara = altura de montaje de la lámpara.  
h plano de trabajo = Altura del plano de trabajo.

La relación de gaysunas se obtiene de la tabla 2.3.1 mostrada a continuación:

<u>LONGITUD DEL LOCAL</u> <u>ANCHURA DEL LOCAL</u>	<u>RELACION</u> <u>GAYSUNAS</u>
1.0	1.0
1.25	9/10
1.5	5/6
2.0	3/4
2.5	7/10
3.0	2/3
4.0	5/8
5.0	6/10
∞	1/2

**Tabla 2.3.1 tabla para la relación de gaysunas**

Mientras la relación de cavidad del techo (RCT) se obtiene de la siguiente manera:

$$RCT = \frac{10Ht}{ANCHO} \times \text{relación de Gaysunas} \quad \text{Ec.2.5}$$

Donde: Ht = Altura de la cavidad del techo (mts)

Por lo tanto el número de lámparas es:

$$\text{Número de lámparas} = \frac{\text{Nivel luminoso en luxes} \times \text{superficie}}{\text{Lumenes/lámpara} \times C.U. \times F.M.} \quad \text{Ec.2.6}$$

El factor de mantenimiento se calcula de la siguiente manera:

$$F.M. = LLD \times LDD \quad \text{Ec.2.7}$$

Donde: F.M. = factor de mantenimiento.  
LLD = factor de degradación luminosa por envejecimiento.  
LDD = factor de disminución luminosa por suciedad.

Donde: C.U. = coeficiente de utilización.  
F.M. = factor de mantenimiento.

$$\text{Área promedio} = \frac{\text{Área total}}{\text{Número de luminarias}} \quad \text{Ec.2.8}$$

$$\text{Espaciamiento promedio } Ep = \sqrt{Ap} \quad \text{Ec.2.9}$$

Donde:  $Ap = \text{Área promedio}$

$$\text{Luminarias a lo largo} = \frac{\text{Largo del local}}{\text{Espaciamiento promedio}} \quad \text{Ec.2.10}$$

$$\text{Luminarias a lo ancho} = \frac{\text{Ancho del local}}{\text{Espaciamiento promedio}} \quad \text{Ec.2.11}$$

Los siguientes cálculos se realizan para el área 1 según planos.

Datos:

Largo = 30.00 mt

Ancho = 18.60 mt

H = 4.50

Área 1 = 30 x 18.60 = 558 mts

Cálculo de la relación de cavidad del local (RCL).

Se procede a calcular la relación de cavidad del local (RCL) por medio de la ecuación 2.3.

$$RCL = \frac{5H(L+A)}{L \times A} = \frac{(5)(4.50)(30.00+18.60)}{(30.00)(18.60)} = 1.96$$

Para verificar se sustituyen valores en la ecuación 2.4 con el valor correspondiente de la relación de Gaysunas mostrada en la tabla 2.3.1

Para una relación de  $L/A = 30.00/18.60 = 1.61$

Se realiza la siguiente interpolación.

L / A	Relación de Gaysunas	
1.5 -----	5/6	
1.61 -----	x	X = 163 / 200 = 0.815
2.0 -----	3/4	

$$RCL = \frac{10(4.50)}{18.60} \times \frac{163}{200}$$

Donde la relación de Gaysunas = 163/200 Para relación  $L/A = 1.61$  realizando la interpolación con los valores de la tabla 2.3.1 ó bien de [1] pagina 110.

RCL = 1.97 relación de cavidad del local

Ahora se tiene que para la relación de cavidad del techo (RCT):

$$RCT = \frac{10 Ht}{ANCHO} \text{ x relación de cavidad de las paredes} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Donde: Ht = Altura de la cavidad del techo  
ANCHO = Ancho del local

Sustituyendo valores en la ecuación 2.5 para la relación de cavidad del techo:

$$RCT = \frac{10(1)}{18.60} \times \frac{163}{200} = 0.438 \text{ Relación de cavidad del techo}$$

Por tratarse de un mercado se consideran reflectancias de 50 % en techo y 30 % en paredes tomando en consideración los terminados arquitectónicos referentes a pintura y acabados en techo y paredes, considérese adicionalmente que estos valores son típicos en proyectos de alumbrado.

Como modo de comprobación y haciendo uso de tablas de [1] (Pág. 117) se tienen las siguientes relaciones de cavidad del techo con su respectivo valor de reflectancia:

RCT

0.4 ----- 45 %	
0.438 ----- x	X = 44.62 %      valor cercano a 50 %
0.6 ----- 43	

### 2.3.1. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

El coeficiente de utilización es la relación entre los lúmenes que alcanzan el plano de trabajo (ordinariamente se toma como tal un plano horizontal a 75 centímetros sobre el suelo) para este proyecto el plano de trabajo se considera de 1 metro sobre el nivel de piso terminado, y los lúmenes totales generados por la lámpara. Es un factor que tiene en cuenta la eficacia y la distribución, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y suelo. A causa de las múltiples reflexiones que tienen lugar dentro de un local, una parte de lux pasa hacia abajo a través del plano imaginario de trabajo más de una vez, por lo que en algunas circunstancias el coeficiente de utilización puede sobrepasar la unidad.

Tomando como referencia [1] página 121 se tienen los siguientes valores para calcular el coeficiente de utilización tomando como dato la RCL = 1.97 para luminaria categoría III con reflectancia de 50 % en techo y 30 % en paredes.

RCL                      C.U.

1.00----- 0.830

1.97----- x

2.00----- 0.770

Se tiene lo siguiente:

1.0----- 0.060

0.03----- x

X = 0.0018

valor poco significativo.

C.U. = 0.770 + 0.0018 = 0.7718

### 2.3.2. FACTOR DE DEGRADACIÓN LUMINOSA POR ENVEJECIMIENTO (LLD).

Se define como degradación luminosa a la gradual reducción de la emisión luminosa de la lámpara a medida que transcurre su vida útil, y es más rápida en unas lámparas que en otras. Este factor viene dado generalmente indicando el tanto por ciento de la emisión inicial cuando ha transcurrido el 70 % de la vida media de la lámpara.

Ahora se tiene que calcular el factor de degradación luminosa

De [1] Página 129:

Factor de degradación luminosa (LLD) = 0.74

### 2.3.3. FACTOR DE DISMINUCIÓN LUMINOSA POR SUCIEDAD (LDD).

Este factor varía con el tipo de luminaria y el ambiente en que se trabaja. Las luminarias se dividen en seis categorías: categoría I, II, III, IV, V y VI como se indica en [1] páginas 120 a 127 la categoría esta indicada por un croquis de la misma. Una vez determinada la categoría, el factor de degradación por suciedad de la luminaria se puede leer en una de las 5 curvas de grado de suciedad que se muestran para cada categoría en la página 115 de [1] y que son: muy limpio, limpio, medio, sucio y muy sucio, respectivamente.

El punto de la curva ha de elegirse de acuerdo con el número de meses transcurridos entre dos limpiezas consecutivas de luminarias. La curva particular elegida será la correspondiente al contenido de suciedad en el ambiente.

De [1]Página 115 se toma la curva de “MEDIO” para una luminaria categoría III, considerando el nivel de limpieza de tipo medio, por la actividad propia del inmueble recordemos que se trata de un mercado y además consideramos que la limpieza de las lámparas será anual (cada 12 meses).

Factor de disminución luminosa (LDD) = 0.86.

### 2.3.4. FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM)

También llamado factor de conservación ó de pérdidas de luz. A partir del día en que una instalación nueva se pone en funcionamiento, la iluminación va sufriendo cambios constantes a medida que las lámparas envejecen, las luminarias acumulan suciedad y se hace sentir el efecto de otros factores que contribuyen a las pérdidas de luz. Algunos factores de pérdida pueden en ciertos casos tender a producir un incremento en la iluminación, pero su efecto neto es casi siempre el de causar un descenso en el nivel de iluminación. El factor final de pérdidas de luz es el producto de todos los factores parciales, y se define como: la relación entre la iluminación existente cuando ésta alcanza su nivel más bajo en el plano de trabajo, inmediatamente antes de efectuar una acción correctora, y el nivel inicial de iluminación si no se considera ninguno de los factores parciales de pérdidas, para este ejemplo únicamente se consideran 2 y son: los factores de degradación luminosa (LLD) y disminución luminosa (LDD).

Recuérdese que los factores parciales de pérdidas de luz son 8, de los 6 restantes 4 de ellos son evitables (tensión de alimentación de las luminarias, fallo de lámparas, temperatura ambiente de la luminaria, luminarias con intercambio de calor). De los 2 factores de pérdidas de luz restantes (características de funcionamiento de la reactancia y variaciones de la reflectancia y transmitancia de la luminaria) no se dispone de datos amplios.

Por lo tanto:

$$F.M. = LLD \times LDD \quad \text{Ec. 2.7}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 2.7

$$F.M. = LLD \times LDD = 0.74 \times 0.86 = 0.6364$$

Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.6364

Sin embargo también se cuenta con el dato directo por parte del fabricante para el factor de mantenimiento y el cual se va a considerar en virtud de que el luminario esta fabricado en México, considérese [1] solo como una referencia.

Del manual Lumisistemas S.A. para el luminario versalite A.M. 400 watts.

Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.74

### 2.3.5 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LÁMPARAS

Para realizar el cálculo del número de lámparas se sustituyen valores en la ecuación 2.6

$$\text{Número de lámparas} = \frac{(700)(558)}{(36000)(0.7718)(0.74)} = 18.99 = 19 \text{ lámparas}$$

Ahora se calcula área promedio de cada luminaria sustituyendo valores en la ecuación 2.8

$$Ap = \frac{558}{19} = 29.36 \text{ mts}^2$$

Por lo tanto el espaciamiento promedio se calcula por medio de la ecuación 2.9

Sustituyendo valores.

$$Ep = \sqrt{2936} \quad Ep = 5.4 \text{ mts}$$

Considerando que las luminarias se acomodaran en hileras a lo largo y a lo ancho se elabora el siguiente cálculo:

Sustituyendo valores en la ecuación 2.10:

$$\text{Luminarias a lo largo} = \frac{30.0 \text{ mts}}{5.41} = 5.54 = 6$$

Para completar el cálculo se realiza el acomodo de lámparas a lo ancho.

Sustituyendo valores en la ecuación 2.11:

$$\text{Luminarias a lo ancho} = \frac{18.60 \text{ mts}}{5.41} = 3.43 = 4$$

Posiblemente no se realice el acomodo físico de acuerdo al cálculo ya que la distribución final de las luminarias se va a realizar en los pasillos ya establecidos en el plano civil actual, de cualquier manera el área de góndolas es simétrica en sus pasillos y se garantiza que el nivel de iluminación se mantendrá en el nivel requerido en todo momento de acuerdo a los cálculos realizados en el presente proyecto.

#### 2.4. CÁLCULO DEL ALUMBRADO GENERAL PARA EL ÁREA 2 SEGÚN PLANOS.

Los siguientes cálculos se realizan para el área 2 según planos.

Datos:

Largo = 26.90 mt

Ancho = 22.20 mt

H = 4.50 mt

Área 2 = 26.90 x 22.20 = 597 mts<sup>2</sup>

Se procede a calcular la relación de cavidad del local (RCL) sustituyendo valores en la ecuación 2.3:

$$RCL = \frac{5H(L+A)}{L \times A} = \frac{(5)(4.50)(26.90+22.20)}{(26.90)(22.20)} = 1.8.$$

Para verificar se sustituyen valores en la ecuación 2.4 con el valor correspondiente de la relación de Gaysunas mostrada en la tabla 2.3.1

Para una relación de  $L/A = 26.90/22.20 = 1.21$

Se realiza la siguiente interpolación.

L / A	Relación de Gaysunas	
1.00	-----	1
1.21	-----	x
1.25	-----	9/10

$X = 229/250 = 0.916$

$$RCL = \frac{10(4.50)}{22.20} \times \frac{229}{250}$$

Donde la relación de Gaysunas = 229/250 Para relación L/A = 1.21 realizando la interpolación con los valores de la tabla 2.3.1 ó bien de [1] pagina 110.

$$RCL = \frac{10(4.50)}{22.20} \times \frac{229}{250}$$

Donde la relación de Gaysunas = 229/250

$RCL = 1.85$  relación de cavidad del local

Sustituyendo valores en la ecuación 2.5 para la relación de cavidad del techo:

$$RCT = \frac{10(1)}{22.20} \times \frac{229}{250} = 0.412 \text{ Relación de cavidad del techo}$$

Se consideran reflectancias de 50 % techo y 30 % paredes (valores típicos relacionados con los acabados del inmueble)

Como modo de comprobación y haciendo uso de tablas de [1] Página 117 se tienen las siguientes relaciones de cavidad del techo con su respectivo valor de reflectancia:

0.4 -----	45 %		
0.412 -----	x	X = 44.88 %	valor cercano a 50 %
0.6 -----	43 %		

#### 2.4.1. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

Tomando como referencia [1] se tienen los siguientes valores para calcular el coeficiente de utilización tomando como dato la RCL = 1.85.

RCL	C.U.
1.00-----	0.830
1.85-----	x
2.00-----	0.770

Se tiene lo siguiente:

1.0-----	0.060	
0.15-----	x	X = 0.009

$$C.U. = 0.770 + 0.009 = 0.779$$

#### 2.4.2. FACTOR DE DEGRADACIÓN LUMINOSA (LLD)

Ahora se procede a calcular el factor de degradación luminosa

De [1] Página 129:

$$\text{Factor de degradación luminosa (LLD)} = 0.74$$

#### 2.4.3. FACTOR DE DISMINUCIÓN LUMINOSA (LDD)

De la Página 115 de [1] consideramos la curva de “MEDIO” para luminaria de aditivos metálicos categoría III, por la actividad propia del inmueble recuérdese que se trata de un mercado y además se considera que la limpieza de las lámparas será anual (cada 12 meses).

$$LDD = 0.86.$$

#### 2.4.4. FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM)

Del cálculo para el alumbrado general en el área 2 se tiene de la ecuación 2.7

$$FM = LLD \times LDD = 0.74 \times 0.86 = 0.6364$$

Sin embargo también se cuenta con el dato directo por parte del fabricante para el factor de mantenimiento y el cual se va a considerar en virtud de que el luminario esta fabricado en México, considérese [1] solo como una referencia.

Del manual Lumisistemas S.A. para el luminario versalite A.M. 400 watts.

Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.74

#### 2.4.5. CÁLCULO DEL NÚMERO DE LÁMPARAS

Para realizar el cálculo del número de lámparas se sustituyen valores en La ecuación 2.6

$$\text{Número de lámparas} = \frac{(700)(597)}{(36000)(0.779)(0.74)} = 20.13 = 20 \text{ lámparas}$$

Ahora se calcula área promedio de cada luminaria sustituyendo valores en la ecuación 2.8:

$$A_p = \frac{597}{20.13} = 29.65 \text{ ms}^2$$

Por lo tanto el espaciamiento promedio se calcula por medio de la ecuación 2.9:

Sustituyendo valores.

$$E_p = \sqrt{29.65} \quad E_p = 5.44 \text{ ms}$$

Considerando que las luminarias se acomodaran en hileras a lo largo y a lo ancho se elabora el siguiente cálculo:

Sustituyendo valores en la ecuación 2.10

$$\text{Luminarias a lo largo} = \frac{26.9 \text{ ms}}{5.44} = 4.94 = 5$$

Para el acomodo de luminarias a lo ancho:

Sustituyendo valores en la ecuación 2.11

$$\text{Luminarias a lo ancho} = \frac{22.20}{5.44} = 4.08 = 4$$

Posiblemente no se realice el acomodo físico de acuerdo al cálculo ya que la distribución final de las luminarias se va a realizar en los pasillos ya establecidos en el plano civil actual, de cualquier manera el área de góndolas es simétrica en sus pasillos y se garantiza que el nivel de iluminación se mantendrá en el nivel requerido en todo momento.

## 2.5 ALUMBRADO Y CONTACTOS EN GONDOLAS Y LOCALES.

En este capítulo se hace mención de los luminarias y los contactos de uso general que van a colocar, se hace descripción de sus características, y los valores a los que van a operar.

### 2.5.1. ALUMBRADO Y CONTACTOS EN GONDOLAS.

Como parte del proyecto de alumbrado y contactos en los locales se menciona que en lo referente al alumbrado y debido a las dimensiones de las góndolas las cuales son: 2 mt de frente y 2 mt de largo se instalará únicamente una lámpara de 55 watts tipo slim line para el alumbrado, considerando que las medidas de la góndola limitan el espaciamiento físico de una luminaria de mayor tamaño, además como es un área pequeña para iluminar (solo son 4 mts cuadrados) una lámpara fluorescente tipo slim line de 55 W cumple cabalmente con el nivel requerido, como parte del sistema de fuerza se instalará un contacto duplex aterrizado considerando con carga sin definir igual a 180 VA por contacto, ello en base al acuerdo que esta establecido en la NOM (con fecha 22 de abril de 1985, para cargas sin definir se consideran 180 VA anteriormente se consideraban 180 W) como lo indica el censo de cargas del proyecto.

**Ejemplo:** Calcular el número de lámparas tipo slim line de 55 watts necesarias para mantener un nivel luminoso de 300 luxes en todo momento en la góndola L-33 del Mercado Municipal San Francisco con actividad propia de venta de varios, el cual tiene las siguientes medidas 2 mts de largo x 2 mts de ancho y se considera una altura de 2.50 mts del nivel de piso terminado a la luminaria. Considérense reflectancias de 80% en techo y de 50% en paredes y el plano de trabajo a 1mt de elevación del piso.

Datos:

Largo = 2.00 mts.

Ancho = 2.00 mts

Área = (2.0) (2.0) = 4.0 mts<sup>2</sup>

H = 1.50

Se procede a calcular la relación de cavidad del local (RCL) sustituyendo valores en la ecuación 2.3:

$$RCL = \frac{5H(L+A)}{L \times A} = \frac{(5)(1.50)(2.00+2.00)}{(2.00)(2.00)} = 7.5$$

Donde: H = Altura de la cavidad del local

H = h lámpara – h plano de trabajo

H = 2.5 mt – 1.0 mt = 1.5 mt.

Para verificar se sustituyen valores en la ecuación 2.4 con el valor correspondiente de la relación de Gaysunas mostrada en la tabla 2.3.1

$$RCL = \frac{10(1.50)}{2.0} \times 1$$

Donde la relación de Gaysunas = 1

Para un local de Largo/Ancho = 1 (Tabla 2.3.1)

RCL = 7.5 relación de cavidad del local

### CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN.

De [1] página 126 para luminaria CATEGORÍA I denominada “2 lámparas desnudas cualquier carga” para una relación de cavidad de 7.5, se tienen los siguientes valores para relación de cavidad de local tomando en cuenta reflectancias de 80% en paredes y de 50% en techos.

RCL	C.U.
7.0-----	0.38
7.5-----	x
8.0-----	0.34

Se realiza la siguiente interpolación.

L / A	Relación de Gaysunas
1.0-----	0.04
0.5-----	x
	X = 0.02

$$C.U. = 0.34 + 0.02 = 0.36$$

### FACTOR DE DEGRADACIÓN LUMINOSA (LLD)

Ahora se procede a calcular el factor de degradación luminosa

De [1] Página 128 para slim line F72T12/CW 56 VA (55 watts).

Factor de degradación luminosa (LLD) = 0.87

Luciendo 12 horas por encendido.

### FACTOR DE DISMINUCIÓN LUMINOSA (LDD)

De [1] Página 115 consideramos la curva de “LIMPIO” para luminaria categoría I, por la actividad propia del local recuérdese que se trata de un lugar que debe permanecer limpio por disposiciones oficiales y además se considera que la limpieza de las lámparas será cada 12 meses.

$$LDD = 0.93.$$

## FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM)

Del cálculo para el alumbrado del local 1 se tiene de la ecuación 2.7

$$F.M. = LLD \times LDD = 0.87 \times 0.93 = 0.81$$

## CÁLCULO DEL NÚMERO DE LÁMPARAS

Para realizar el cálculo del número de lámparas se sustituyen valores en La ecuación 2.6

$$\text{Número de lámparas} = \frac{(300)(4.0)}{(440)(0.36)(0.81)} = 0.93 = 1 \text{ lámpara}$$

Por lo tanto el cálculo es correcto y se garantiza el nivel de iluminación requerido en góndolas.

### 2.5.2. ALUMBRADO Y CONTACTOS EN LOCALES.

Se menciona que el alumbrado en locales se llevara a cabo con lámparas de 75 watts tipo slim line, la cantidad de estas variara de acuerdo a las dimensiones del local y también la actividad que se desarrolle en éste.

Como parte del sistema de fuerza se instalaran contactos duplex aterrizados de 15, 20 o 30 amperes según su uso y de acuerdo a las especificaciones de los equipos habilitados en el local, haciendo hincapié en que los motores instalados equipos tales como sierra para corte, molinos de carne, molinos de masa y máquina tortilladora y en general todos los motores mayores a 1 caballo de potencia, deberán contar con arrancador magnético a tensión plena, y si son mayores de 10 caballos se arrancarán con arrancador a tensión reducida.

**Ejemplo:** Calcular el número de lámparas tipo slim line de 75 watts necesarias para mantener un nivel luminoso de 500 luxes en todo momento en el local 1 del Mercado Municipal San Francisco con actividad propia de carnicería, el cual tiene las siguientes medidas 9.0 mts x 4.50 mts y se considera una altura de 2.50 mts del nivel de piso terminado al plafond donde se van a instalar las luminarias. Considérense reflectancias de 80% en paredes y de 50% en paredes y el plano de trabajo a 1mt de elevación del piso.

Datos:

Largo = 9.00 mts.

Ancho = 4.50 mts

Área = (9.0) (4.50) = 40.5 mts<sup>2</sup>

H = 2.5 mt – 1.0 mt = 1.5 mt.

Se procede a calcular la relación de cavidad del local (RCL) sustituyendo valores en la ecuación 2.3:

$$RCL = \frac{5H(L+A)}{L \times A} = \frac{(5)(1.50)(9.00+4.50)}{(9.00)(4.50)} = 2.5$$

Donde: H = Altura de la cavidad del local

H = h lámpara – h plano de trabajo

H = 2.5 mt – 1.0 mt = 1.5 mt.

Para verificar se sustituyen valores en la ecuación 2.4 con el valor correspondiente de la relación de Gaysunas mostrada en la tabla 2.3.1

$$RCL = \frac{10(1.50)}{4.50} \times \frac{3}{4}$$

Donde la relación de Gaysunas = 3/4

Para un local de Largo/Ancho = 2 (Tabla 2.3.1)

RCL = 2.5 relación de cavidad del local

#### CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN.

De [1] página 126 para luminaria CATEGORÍA I denominada “2 lámparas desnudas cualquier carga” para una relación de cavidad de 2.5, se tienen los siguientes valores para relación de cavidad de local tomando en cuenta reflectancias de 80% en paredes y de 50% en paredes.

2.0-----	0.71
2.5-----	x
3.0-----	0.62

Realizando la interpolación se tiene lo siguiente:

1.0-----	0.09	
0.5-----	x	X = 0.045

$$C.U. = 0.62 + 0.045 = 0.665$$

#### FACTOR DE DEGRADACIÓN LUMINOSA (LLD)

Ahora se procede a calcular el factor de degradación luminosa

De [1] Página 128 para slim line F96T12/CW 73.5 VA (75 watts).

Factor de degradación luminosa (LLD) = 0.87

Luciendo 12 horas por encendido.

## FACTOR DE DISMINUCIÓN LUMINOSA (LDD)

De [1] Página 115 consideramos la curva de “LIMPIO” para luminaria categoría I, por la actividad propia del local recuérdese que se trata de un lugar que debe permanecer limpio por disposiciones oficiales y además se considera que la limpieza de las lámparas será cada 12 meses.

$$LDD = 0.93.$$

## FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM)

Del cálculo para el alumbrado del local 1 se tiene de la ecuación 2.7

$$F.M. = LLD \times LDD = 0.87 \times 0.93 = 0.81$$

## CÁLCULO DEL NÚMERO DE LÁMPARAS

Para realizar el cálculo del número de lámparas se sustituyen valores en la ecuación 2.6

$$\text{Número de lámparas} = \frac{(500)(40.5)}{(6300)(0.665)(0.81)} = 5.96 = 6 \text{ lámparas}$$

Por lo tanto el cálculo es correcto y toda vez que se realizó para el local que tiene mayores dimensiones, se deduce que cumple para el resto de los locales, ya que estos tienen menores dimensiones y se garantiza el nivel de iluminación requerido en locales.

## 2.6 ALIMENTADORES Y DISTRIBUCIÓN GENERAL DE FUERZA.

El buen cálculo y diseño de una red general de baja tensión es quizá, la parte de mayor importancia en la planeación de un proyecto eléctrico, que aunado con una buena instalación, constituyen un considerable ahorro a futuro, puesto que son las instalaciones en baja tensión las que requieren más atención tanto en los inmuebles como en las empresas o plantas de producción según sea el caso, además de un servicio permanente del personal de mantenimiento, de aquí que mientras mejor sea el diseño y la instalación de las redes generales en baja tensión, menor y más económico será el mantenimiento requerido por partes o accesorios que no tienen una vida útil determinada.

En esta sección se analizará el proceso de diseño de lo que generalmente se hace en esta parte del proyecto, que es la ingeniería de detalle, que básicamente consiste en calcular todas las partes constituidas de una red de fuerza y expresarlas en forma de planos.

Inicialmente se requiere un plano de alzado de planta del inmueble, fábrica ó planta de producción, para nuestro caso es un mercado, para iniciar con el diseño de la colocación de los equipos de fuerza, tableros y subestación por mencionar algunos.

Realizar la ingeniería de detalle en este proyecto lleva a extenderse tal vez demasiado en el mismo, ya que el método de cálculo para alguna de las partes de esta red de fuerza puede ser repetitivo en varios casos ó bien variar muy poco, ya que en muchas de las ocasiones se habla de dos equipos idénticos instalados en diferentes partes con similitud en los cálculos como pueden ser calibres de los alimentadores, controles para motores, tuberías, etc.

En este proyecto se va a contemplar la Ingeniería de detalle con un desglosado interesante que se mostrará en la sección de costo de los materiales.

El sistema de distribución general en baja tensión que se utilizará será el del tipo radial, basado en centros de carga ó tableros de distribución en puntos estratégicos bien definidos, con el fin de optimizar la eficiencia de los alimentadores y reducir al mínimo la caída de tensión en el sistema.

## 2.7 TENSIÓN DE SUMINISTRO.

En este proyecto es importante seleccionar una tensión de suministro adecuada para que los equipos funcionen adecuadamente y el personal que opere las instalaciones eléctricas no sufra accidentes ó ponga en riesgo su integridad física.

De igual manera se debe de buscar que las instalaciones eléctricas del mercado sean seguras para los concurrentes al inmueble, recuérdese que el Mercado tiene gran afluencia en su horario de labores y por lo tanto la seguridad debe ser primordial como lo indican las instancias encargadas de la Verificación de Instalaciones eléctricas (UVIE).

Aunque dentro de los sistemas eléctricos de distribución existen diversas opciones, pero solo uno es el que reúne las condiciones adecuadas para el buen funcionamiento del inmueble, se deben de considerar las restricciones que existan para no poner en riesgo a las personas y al mismo inmueble.

En base a estos criterios la tensión de suministro en el mercado es la siguiente:

Circuito primario.

13200 V, 3F-3H con acometida subterránea.

Transformador de 300 KVA conexión delta en el devanado primario y estrella con neutro aterrizado en el devanado secundario, el cálculo del transformador se llevó a cabo mediante el censo de cargas ilustrado en tablas adjuntas (páginas 91-100) a este proyecto.

Circuito secundario.

220 V, 3F-4H, 220V medidos entre fases y 127 V de fase a tierra.

Las aplicaciones del voltaje secundario a 220 V son las siguientes:

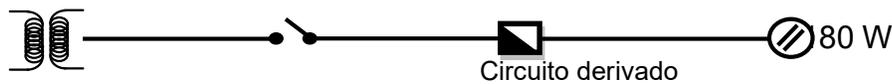
Este voltaje se utiliza para conectar motores de inducción de potencias que van desde 0.5 HP hasta 3 HP, con aplicación en las cámaras de refrigeración de las carnicerías, pescaderías, equipos de corte y molido de carne por mencionar algunos, en este proyecto también aplica para el alumbrado de aditivos metálicos 400 W (el balastro de esta lámpara se conecta a 220 V), etc

Las aplicaciones del voltaje secundario a 127 V son las siguientes:

Este voltaje se utiliza para alimentar las lámparas de alumbrado en locales que no forman parte del alumbrado general del Mercado, de igual manera se utiliza para alimentar las tomas de corriente de uso general en el cual se conectan aparatos electrodomésticos, y herramientas eléctricas portátiles de uso general.

## 2.8 DEFINICIÓN DE CIRCUITO DERIVADO.

Se entiende por circuito derivado a la parte de la canalización que se extiende después del último dispositivo de protección contra sobrecorriente en el lado de la carga que proteja a esa parte, en otras palabras se entiende por circuito derivado la parte final de la instalación eléctrica destinada a alimentar un conjunto de lámparas ó bien para alimentar un motor como se muestra en la figura 2.8.1.



**Fig. 2.8.1 diagrama básico de un circuito derivado**

El objetivo principal de los circuitos derivados es dividir la carga total conectada en diferentes partes para que cuando ocurra un cortocircuito en un circuito derivado no se interrumpa el servicio en los circuitos restantes ya que tienen protección individual.

## 2.9 CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS

En cualquier instalación eléctrica la selección adecuada del calibre de un conductor que llevará corriente a una carga específica se hace tomando en consideración dos factores:

- a).- Ampacidad del cable.
- b).- Caída de voltaje.

Estos dos factores se calculan por separado, pero se deben de tomar simultáneamente en cuenta para la selección de un conductor.

Es posible que los resultados en la selección del calibre del conductor difieran considerando estos factores, entonces se debe tomar como bueno el que resulte de mayor sección (mayor calibre de cable) ya que de esta manera el cable estará cubriendo con los dos factores antes mencionados.

## 2.9.1 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN (AMPACIDAD).

En base a estudios realizados se determina que la capacidad de conducción de un conductor se encuentra limitada por los siguientes factores:

- Conductividad del metal conductor.
- Capacidad térmica del aislamiento.

Además de algunos otros factores que se aplican al momento del diseño de la instalación, como son:

- Factor de corrección por temperatura
- Factor de corrección por agrupamiento

Para el presente proyecto se enuncian las principales fórmulas aplicables para el cálculo de la corriente en los circuitos derivados, mencionadas en [2].

La potencia monofásica para un circuito se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$P_{1\phi} = V_{\phi} I_{\phi} f_p \quad \text{Ec 2.12}$$

Mientras que la potencia trifásica se calcula como:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L f_p \quad \text{Ec 2.13}$$

Por otro lado tenemos que la caída de tensión en un circuito monofásico se calcula de la siguiente manera:

$$E\% = \frac{4LI_{\phi}}{V_{\phi} S} \quad \text{Ec 2.14}$$

Y la caída de tensión para un circuito trifásico es:  $E\% = \frac{2\sqrt{3} L I_L}{V_L S} \quad \text{Ec 2.15}$

Donde:	P	=	Potencia eléctrica en Watts
	V	=	Voltaje entre fases
	$V_{\phi}$	=	Voltaje de fase a neutro
	$I_{\phi}$	=	Corriente de fase
	Fp	=	Factor de potencia del circuito
	L	=	Longitud del conductor en mts.
	S	=	Sección del conductor en mm <sup>2</sup>
	E%	=	Caída de voltaje en por ciento
	$V_L$	=	Voltaje de línea
	$I_L$	=	Corriente de línea

**Ejemplo:** Calcular para el local 3 del Mercado Municipal San Francisco el conductor de calibre necesario para alimentar una carga monofasica de 2.056 Kw. que opera a 127 volts, considérese una temperatura de operación de 30°C, factor de potencia de 0.9 atrasado, longitud del alimentador 45 metros, caída máxima permisible de 2 % y un solo conductor por fase.

Solución:

De la ecuación 2.12

$$P_{1\phi} = V_{\phi} I_{\phi} f_p \quad \text{Despejando } I_{\phi} = \frac{P_{1\phi}}{V_{\phi} f_p}$$

Sustituyendo valores

$$I = \frac{2056}{127 \cdot 0.9} \quad I = 17.98 \text{ Amperes}$$

De la tabla 2.6.1 (ver página 86) de capacidad de conducción de corriente de conductores eléctricos condumex se tiene que el calibre necesario es el tipo THW-LS calibre 12 awg con temperatura máxima en el aislamiento de 90°C el cual conduce 30 amperes a temperatura ambiente de 30°C instalado en tubo conduit, pero no es permitido porque el mínimo permitido en alimentadores es el calibre 10 awg, no es necesario corregir por agrupamiento ya que solo se trata de un conductor por fase.

Por otro lado tenemos que la caída de tensión en un circuito monofásico se calcula de la siguiente manera:

$$E\% = \frac{4LI_{\phi}}{V_{\phi} S} \quad \text{Ec 2.14}$$

Despejando el valor de "S" se conoce el valor de la sección de cable necesario en mm<sup>2</sup>.

$$S = \frac{4LI_{\phi}}{V_{\phi} E\%} \quad S = \frac{4(45m)(17.98A)}{(127V)(2)} = 12.74 \text{ mm}^2$$

En conclusión el **calibre necesario para el presente ejemplo** que satisface las condiciones de conducción de corriente es:

**Calibre 6 awg del tipo THW-LS con temperatura de aislamiento 90°C.**

La capacidad del conductor es siempre limitada principalmente por la capacidad térmica del aislamiento, ya que al estar el cable en operación experimenta un aumento de temperatura (producida por el efecto Joule) acorde con la corriente que circula por el, al haber un aumento en la corriente habrá un aumento en la temperatura hasta llegar a un punto en donde el cable estará al límite de la capacidad térmica del aislamiento.

Para efectos de cálculo se tomarán en cuenta las tablas de capacidades de conducción de los fabricantes de cables debidamente certificados por ANCE (Asociación Nacional de Certificación Eléctrica) como son las marcas Condumex, Monterrey y Latincasa; tomando como referencia una temperatura máxima de operación de 90°C, temperatura que nunca se alcanza en forma real, ya que en condiciones normales de operación la temperatura del cable es mucho menor.

Ahora bien para cargas de alumbrado los conductores se calculan para conducir la corriente eléctrica al 100 %.

### 2.9.2. CÁLCULO DEL NÚMERO DE CIRCUITOS DERIVADOS.

El circuito derivado se calcula en base a la carga instalada en watts, y en él influyen varios parámetros como lo son el voltaje de suministro, la longitud total del circuito, la corriente generada por la carga, y la caída de tensión permisible.

Al elaborar un proyecto se pueden generar problemas relacionados con la alimentación de las distintas cargas que ahí existen, debido a esto es necesario calcular el número de circuitos derivados, para así dar certeza al problema de la distribución de la carga.

El número de circuitos derivados esta determinado por la carga y se calcula por la siguiente fórmula:

$$\text{No de circuitos} = \frac{\text{Carga en watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}} \quad \text{Ec 2.16}$$

A manera de razonamiento se tiene que un circuito de 15 amperes a 127 volts y con un factor de potencia de 0.9 atrasado tiene una capacidad de  $15 \cdot 127 \cdot 0.9 = 1714.5$  watts, realizando un calculo similar se tiene que un circuito de 20 amperes a 127 volts y con un factor de potencia de 0.9 atrasado tiene una capacidad de  $20 \cdot 127 \cdot 0.9 = 2286$  watts.

**Ejemplo:** Calcular el número de circuitos derivados de 20 amperes a 127 volts para alimentar una carga total de alumbrado de 20 Kw. si las luminarias son de 150 W calcular el número de luminarias por circuito, considérese que las luminarias son del tipo 2 X 75 watts tipo slim line con factor de potencia 0.9 atrasado.

Solución:

Se tiene que para un circuito de 20 Amperes a 127 Voltsy con un factor de potencia de 0.9 atrasado la capacidad en watts es de  $20 \cdot 127 \cdot 0.9 = 2286$  W.

El número de circuitos derivados se calcula con la ecuación 2.16

$$\text{No. de circuitos} = \frac{\text{Carga en watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}} = \frac{20000}{2286} = 8.74$$

Se requieren un total de 9 circuitos derivados.

El número de luminarias por circuito es:

$$\text{No. de luminarias por circuito} = \frac{\text{Capacidad del circuito en watt}}{\text{Watts/luminaria}} \quad \text{Ec 2.17}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 2.17:

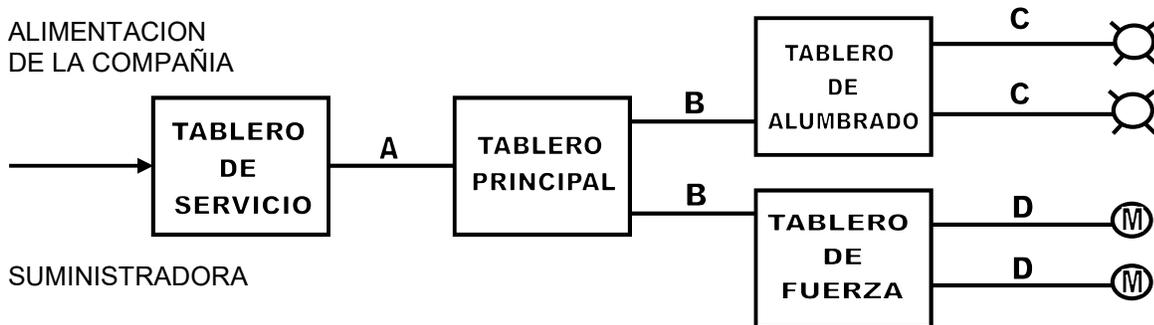
$$\text{No. de luminarias por circuito} = \frac{\text{Capacidad del circuito en watts}}{\text{Watts/luminaria}} = \frac{2286}{150} = 15.24$$

No. luminarias por circuito = 15.24 = 15 luminarias 2 X 75 W.

### 2.9.3. CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS ALIMENTADORES.

Los alimentadores en baja tensión deben ser del calibre necesario para conducir el 100 % de la corriente generada por la carga instalada para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

En la figura 2.9.3.1 se muestra un diagrama de bloques de las diferentes trayectorias de los conductores de los circuitos alimentadores y de los conductores de los circuitos derivados.



- A = ALIMENTADORES QUE LLEVAN LA POTENCIA DEL TABLERO DEL SERVICIO AL TABLERO PRINCIPAL.
- B = CONDUCTORES ALIMENTADORES DEL TABLERO DE ALUMBRADO Y DEL TABLERO DE FUERZA
- C = CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS DEL TABLERO DE ALUMBRADO
- D = CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS DEL TABLERO DE FUERZA

**Fig. 2.9.3.1** diagrama de bloques de conductores alimentadores y conductores de circuitos derivados.

**Ejemplo:** Calcular para el local 11 del Mercado Municipal San Francisco, el calibre del alimentador trifásico para un tablero que tiene una carga instalada a 127 volts consistente en alumbrado y contactos, además de 3 circuitos para motores eléctricos que operan a 220 V con  $\text{fp} = 0.9$  atrasado distribuidos de la siguiente manera:

- Circuito 1: 6 lámparas slim line de 75 w c/u a 127 volts
- Circuito 2: 10 contactos con carga indefinida de 162w c/u a 127 volts
- Circuito 3: 1 motor de inducción de 1 HP a 220 volts.
- Circuito 4: 1 motor de inducción de 1.5 HP a 220 volts.
- Circuito 5: 1 motor de inducción de 3 HP a 220 volts.

Solución:

Se calcula la carga total que aportan los circuitos derivados 1 y 2, se calculan las corrientes parciales y se suman con las corrientes de los motores del circuito 3, 4 y 5 respectivamente, las cuales se calculan por separado por tratarse de un motor.

Circuito 1.- 6*75	= 450 watts.	$I=450 / 127*0.9$	= 3.93 Amperes
Circuito 2.-10*162	= 1620 watts	$I=1620 / 127*0.9$	= 14.17 Amperes
Circuito 3.- 1 HP	= 746 watts.	** $I=1.25 I_{pc} = 1.25*4.2*1.1$	= 5.775 Amperes
Circuito 4.-1.5 HP	= 1119	** $I=1.25 I_{pc} = 1.25*6.0*1.1$	= 8.25 Amperes
Circuito 5.- 3 HP	= 2238	** $I=1.25 I_{pc} = 1.25*9.6*1.1$	= 13.2 Amperes

De tabla NOM 430-150 para motor de 1 HP a 220 volts  $I_{pc} = 4.2$  Amperes

De tabla NOM 430-150 para motor de 1.5 HP a 220 volts  $I_{pc} = 6.0$  Amperes

De tabla NOM 430-150 para motor de 3 HP a 220 volts  $I_{pc} = 9.6$  Amperes

\*\*Nota: Los valores de la tabla 430-150 se deben multiplicar por 1.1 para  $\text{fp} = 0.9$

$$I \text{ total} = 3.93 + 14.17 + 5.775 + 8.25 + 13.2$$

$$I \text{ total} = 45.32 \text{ Amperes.}$$

De tabla de conductores eléctricos condumex, el calibre es el 8 awg que cumple para la carga instalada pero considerando la caída de tensión en el alimentador y el posible aumento de la carga se instalará **el calibre 4 awg tipo THW-LS.**

Para referencia de los cálculos de los alimentadores de este proyecto ver apéndice “tabla de circuitos Alimentadores” pagina 88.

## 2.10 CÁLCULO DE CONDUCTORES PARA MOTORES.

Para el caso de los motores los conductores que alimentan a cada motor de la instalación ya sea individual ó en circuito derivado se calculan para una sobrecarga del 25% de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana de manera que el calibre del circuito derivado se calcula con una corriente igual al 125% de la corriente a plena carga del motor:

En la fig. 2.10.1 se muestra el diagrama unifilar de un circuito derivado que alimenta a un motor de 2 HP a 127 volts.



**Fig. 2.10.1** circuito derivado de un motor

Para un solo motor expresado en forma de ecuación de la siguiente manera:

$$I = 1.25 I_{pc} \quad (NOM 430-22) \quad Ec. 2.$$

Donde:

$I$  = corriente del circuito derivado.  
 $I_{pc}$  = corriente a plena carga del motor.

**Ejemplo:** Calcular el conductor que se requiere para alimentar un motor de inducción trifásico de 3 HP instalado en el local 18 del Mercado Municipal San Francisco que opera a 220 Volts y  $f_p = 0.9$  atrasado, a temperatura ambiente de 30°C.

Solución:

De tabla NOM 430-150 para motor de 3 HP  $I_{pc} = 9.6$  Amperes.

Sustituyendo valores en la ec. 2.18

$$I = 1.25 I_{pc} \quad I = 1.25 * 9.6 * 1.1 = 13.2 \text{ Amperes **}$$

\*\*Nota: Los valores de la tabla 430-150 se deben multiplicar por 1.1 para  $f_p = 0.9$

De tabla de conductores eléctricos el calibre indicado es el **12 awg.**

Por ampacidad el calibre 14 cumple, pero por disposiciones de [5] el mínimo permitido es el 12 awg.

En el caso de que el circuito derivado este compuesto de mas de un motor, el conductor debe de tener una corriente igual a la suma del valor de la corriente a plena carga de todos los motores, mas el 25 % de la corriente a plena carga del motor mayor como lo marca [5] (NOM 430-24).

Expresado en forma de ecuación de la siguiente manera:

$$I_{total} = I_{m1} + I_{m2} + I_{m3} + I_{mn} + \dots + 1.25 I_{m \text{ mayor}}. \quad \text{Ec219}$$

**Ejemplo:** Calcular el conductor que se requiere para alimentar un circuito derivado compuesto de los siguientes motores de inducción trifásicos que operan a temperatura ambiente de 30°C.

- 2 motores de inducción de 3 HP 220 Volts
- 1 motor de inducción de 5 HP 220 Volts
- 1 motor de inducción de 10 HP 220 Volts.

Solución:

De tabla NOM 430-150                      \*\*para motor de 3 HP  $I_{pc} = 9.6$  Amperes  
   \*\*para motor de 5 HP  $I_{pc} = 15.2$  Amperes  
   \*\*para motor de 10 HP  $I_{pc} = 28$  Amperes

Sustituyendo valores en la ec. 2.19     $I = I_{m1} + I_{m2} + I_{m3} + I_{mn} \dots + 1.25 I_{pc \text{ mayor}}$

$$I = [2(9.6) + 15.2 + 1.25(28)] * 1.1 = 76.34 \text{ Amperes}$$

\*\*Nota: Los valores de la tabla 430-150 se deben multiplicar por 1.1 para  $fp = 0.9$

De tabla de conductores eléctricos el calibre indicado es el **4 awg**.

## 2.11 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAÍDA DE TENSIÓN.

No basta calcular los conductores por su capacidad para conducir corriente (ampacidad) únicamente. También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos por [5], la cual indica que el calibre de los conductores debe ser tal que la caída de tensión en los alimentadores no debe ser mayor al 2 %, y en los circuitos derivados no debe exceder del 3 %.

Considerando que la caída de voltaje total incluyendo el circuito alimentador y el circuito derivado, en ningún caso debe ser mayor del 5 %.

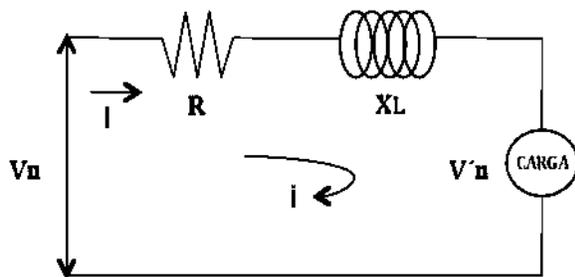
Es muy importante reducir al mínimo en lo posible la caída de tensión en los conductores ya que esto representa pérdidas tanto en los circuitos como en los equipos receptores, ya que un motor operando a una tensión por debajo de la nominal puede estar trabajando de una manera no conveniente para la producción, además de que reduce su vida útil.

Básicamente la caída de tensión es debido a que los conductores eléctricos no son 100 % eficientes, dicho de otra forma tienen resistencia y reactancia y estas representan un consumo de energía por mínima que esta sea.

La resistencia es una característica implícita al material conductor, mientras que la reactancia depende de varios factores como: sección del conductor, frecuencia de operación, longitud, características geométricas, material, etc.

La caída total de voltaje en los conductores es debida a la resistencia y reactancia de los mismos, recuérdese que la caída de voltaje es una suma vectorial donde el voltaje nominal tiene una caída  $RI$  con el ángulo del factor de potencia respectivo debido a la resistencia y posteriormente una caída  $XLI$  con un ángulo de  $90^\circ$  debido a la reactancia, en el diagrama vectorial la resultante es el vector que representa el voltaje nominal.

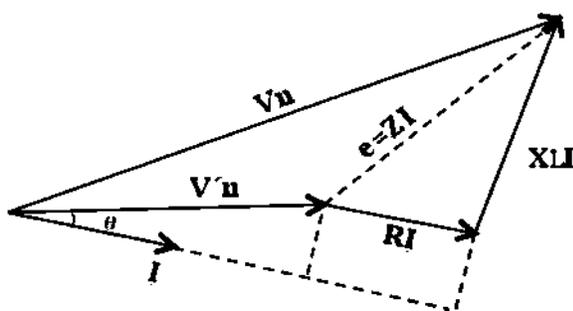
Para una mejor comprensión en lo referente a la caída de voltaje en los conductores debido a la resistencia y la reactancia, ver como referencia la figura 2.11.1 circuito elemental de caída de voltaje por impedancia y la figura 2.11.2 diagrama vectorial de la caída de voltaje por impedancia.



**DONDE:**  
 $V_n$  = VOLTAJE AL PRINCIPIO DEL CONDUCTOR  
 $V'_n$  = VOLTAJE AL FINAL DEL CONDUCTOR  
 $R$  = RESISTENCIA DEL CONDUCTOR  
 $X_L$  = REACTANCIA INDUCTIVA DEL CONDUCTOR  
 $I$  = CORRIENTE DEL CIRCUITO

**Fig. 2.11.1** circuito elemental de caída de voltaje por impedancia

Mientras que su diagrama vectorial de la caída de voltaje por impedancia se ilustra en la siguiente figura.



**DONDE:**  
 $V_n$  = VOLTAJE AL PRINCIPIO DEL CONDUCTOR  
 $V'_n$  = VOLTAJE AL FINAL DEL CONDUCTOR  
 $R$  = RESISTENCIA DEL CONDUCTOR  
 $X_L$  = REACTANCIA INDUCTIVA DEL CONDUCTOR  
 $I$  = CORRIENTE DEL CIRCUITO  
 $e$  = CAIDA DE VOLTAJE EN EL CONDUCTOR POR RESISTENCIA Y POR REACTANCIA  
 $RI$  = CAIDA DE VOLTAJE POR RESISTENCIA  
 $X_L I$  = CAIDA DE VOLTAJE POR REACTANCIA  
 $\theta$  = ANGULO DEL FACTOR DE POTENCIA

**Fig. 2.11.2** diagrama vectorial de la caída de voltaje por impedancia

Para realizar el cálculo de la caída de voltaje en los conductores por este método se necesitarán los valores de resistencia y reactancia unitarios de los cables necesarios, cosa que los fabricantes no proporcionan, en su defecto proporcionan factores de caída de tensión unitaria en  $mV/\text{Amper-Metro}$ , mostrados en la tabla 2.6.1 (página 86) y para encontrar la caída de tensión en Volts, se aplica la siguiente formula:

$$e = \frac{(Fce)(L)(Ict)}{1000} \quad \text{Ec 2.20}$$

Donde:

e = caída de tensión en volts.

Fce = Factor de caída de tensión unitaria  
en mV/Amp-Mt.(proporcionada por el fabricante)

L = Longitud del circuito en metros.

Icto = Corriente del circuito en Amperes.

Y a partir de la ecuación 2.20 se puede encontrar la caída de tensión en % mediante la siguiente ecuación.

$$e\% = \left[ I - \frac{V-e}{V} \right] \times 100 \quad \text{Ec 2.21}$$

Donde:

e% = caída de tensión en %.

V= Voltaje de operación en Volts.

e = Caída de tensión en Volts.

Sustituyendo el valor de “e” de la ecuación 2.20 en la ecuación 2.21.

En forma simplificada la caída de tensión en por ciento es:

$$e\% = \left[ I - \frac{V - \frac{(Fce)(L)(Icto)}{1000}}{V} \right] \times 100 \quad \text{Ec. 2.}$$

**Ejemplo:** Para el local 15 del Mercado Municipal San Francisco calcular la caída de voltaje en el circuito derivado de un motor inducción de 3 HP trifásico, a 220 Volts y fp = 0.9 atrasado, la longitud del circuito es de 11.5 mts.

Solución:

Para un motor de 3 HP de la tabla NOM 430-150 se tiene I<sub>pc</sub> = 9.6 Amperes

\*\*Nota: Los valores de la tabla 430-150 se deben multiplicar por 1.1 para fp= 0.9

El conductor se calcula para I = 1.25 I<sub>pc</sub>    I = 1.25\*9.6\*1.1    I = 13.2 Amperes.

De la tabla 2.6.2 pagina 87 de conductores eléctricos el calibre requerido es el 10 awg.

De la tabla 2.6.1 (página 86) se tiene que para un cable 10 awg:

$$S \text{ (sección)} = 5.26 \text{ mm}^2 \quad \text{y}$$

$$\text{fce (factor de caída de tensión unitaria)} = 7.38 \text{ mV / A - mt} \quad **$$

\*\* para un circuito trifásico instalado en tubería conduit metálica.

Sustituyendo valores en la ec. 2.22:

$$e\% = \left[ I - \frac{V - \frac{(Fce)(L)(Ict)}{1000}}{V} \right] \times 100$$

Sustituyendo valores en la ecuación 2.22:

$$e\% = \left[ I - \frac{220 - \frac{(7.38)(11.5)(13.2)}{1000}}{220} \right] \times 100$$

$$e\% = 0.51 \%$$

Valor bastante aceptable considerando que se permite una caída de voltaje de hasta 3 % en los circuitos derivados.

## 2.12 CANALIZACIÓN DE LOS CONDUCTORES

Las canalizaciones eléctricas son los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que estos queden protegidos en lo posible contra deterioro mecánico, contaminación, y a su vez protejan a la instalación contra incendios por los arcos que se puedan presentar durante un cortocircuito.

Los medios de canalización que más comúnmente son usados en las instalaciones eléctricas son los siguientes:

- Tubería conduit.
- Ductos cuadrados embisagrados.
- Charolas.

En términos generales los tubos conduit se utilizan cuando el número de cables conductores que se deban de llevar en la canalización sea tal que no representen problemas de mantenimiento. En cuyos casos se utilizan como canalizaciones los ductos ó las charolas, estas últimas cuando se tienen limitaciones mecánicas de los ductos.

Para el diseño y la instalación de todas las canalizaciones de los cables conductores, tanto de los circuitos derivados como de los alimentadores se deben de aplicar los requisitos estipulados para tal caso en [5].

Para la selección de la tubería y de los ductos referirse a las tablas que se anexan en esta sección, recordando que [5] en las secciones correspondientes a canalizaciones antes mencionadas recomiendan que un tubo conduit deberá ocupar como máximo un 40 % de su sección transversal y un ducto cuadrado embisagrado deberá ocupar como máximo un 30 % de su sección transversal y alojar como máximo a 30 conductores de corriente en una misma canalización.

### 2.13 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA DEL CIRCUITO DERIVADO PARA MOTORES.

En términos generales la red general de fuerza del Mercado Municipal San Francisco esta compuesta por motores de inducción jaula de ardilla, que en general son los más usados en la industria, debido a su bajo costo y buena operación.

El consumo de corriente de estos motores depende en forma directa de la carga a la cual esta operando el motor.

Cuando el motor opera mas allá de su capacidad nominal, demanda una corriente que puede llegar a ser perjudicial a los devanados del mismo, ya que sobrepasa los límites de diseño de estos, cuando el motor trabaja en estas condiciones se dice que esta sobrecargado.

[5] especifica una sobrecarga de la siguiente manera:

“Una sobrecorriente de operación que cuando dura un tiempo suficientemente prolongado, puede dañar ó sobrecalentar peligrosamente el aparato sin incluir cortos circuitos ó fallas a tierra”.

De aquí se concluye que todos los motores deben de tener un dispositivo de protección contra sobrecarga.

El criterio para la protección de éstos se lleva a cabo de acuerdo a [5] en la sección para motores de servicio continuo en los cuales están considerados los que componen toda la red de fuerza y establecen lo siguiente:

Cada motor de servicio continuo con capacidad mayor de 1 H.P. debe protegerse contra sobrecorriente por alguno de los dos medios siguientes:

\* Un dispositivo de sobrecorriente separado que actúe por efecto de la corriente del motor, la capacidad ó ajuste de este dispositivo no debe ser mayor del 125 % de la corriente a plena carga del motor.

\* Un protector térmico integrado al motor, aprobado para usarse con éste, que lo proteja contra sobrecalentamientos peligrosos ocasionados por sobrecargas.

Cada motor de servicio continuo de 1 HP de potencia ó menos, puede considerarse protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortos circuitos ó fallas a tierra del circuito derivado según las disposiciones de [5].

## 2.14 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE

Los dispositivos de protección mas comúnmente utilizados son los relevadores de sobrecarga y los hay en 2 tipos:

Relevador de sobrecarga con elementos térmicos (ET's).  
Relevador bimetalico de ajuste.

### 2.14.1 Relevadores de sobrecarga con elementos térmicos.

Los relevadores térmicos para sobrecarga actúan por la acción de elementos bimetalicos, el elemento bimetalico es calentado eléctricamente por una serie de elementos térmicos intercambiables conectados directamente en el circuito a proteger.

### 2.14.2 Relevadores bimetalicos de ajuste.

Son dispositivos de protección contra sobrecarga en las tres vías de corriente ajustables en un determinado rango de regulación de corriente para el disparo.

Estos relevadores bimetalicos con elementos térmicos de retardo se instalan en combinación con el arrancador de los motores, además de proteger contra sobrecarga, ofrece las siguientes ventajas respecto a los relevadores con elementos térmicos (ET's):

- Protección contra sobrecarga sin necesidad de cambiar ó reponer los ET's.
- Ajuste de la corriente de disparo (dentro del rango adecuado).
- Protección contra falla de fase (anti - operación bifásica).
- Autobloqueo (manual ó automático).
- Compensación de temperatura.

Estos dispositivos de protección y el controlador se incluyen en los arrancadores de los motores, y ante las consideraciones anteriores se deduce que la mejor opción para los equipos de corte de carne que llevan motor generalmente de 3.0 y 7.5 H.P. son los arrancadores con relevadores

del tipo bimetálico con ajuste de disparo.

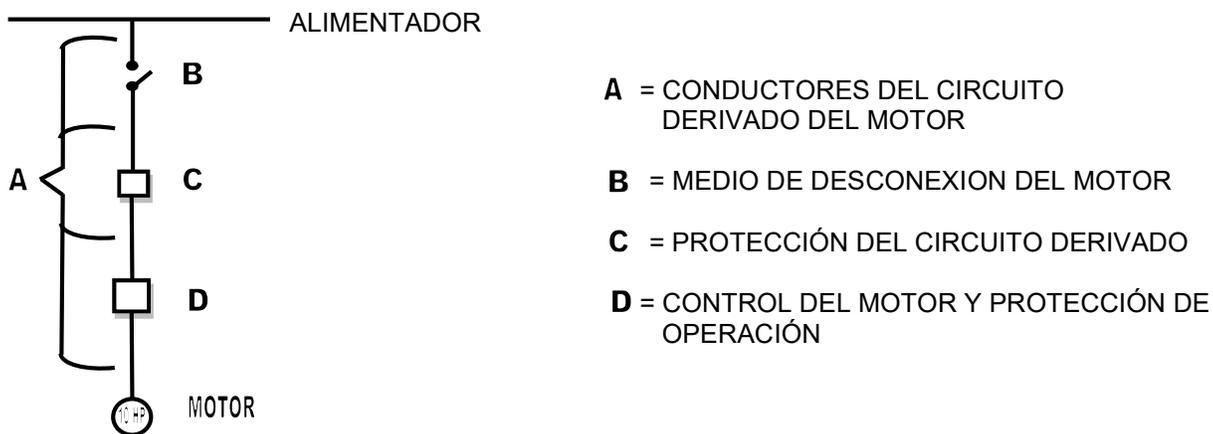
## 2.15 OPCIONES PARA EL CONTROL DE MOTORES

El contactor es el equipo eléctrico que sirve para operar un motor, comúnmente viene integrado con el dispositivo de protección contra sobrecarga, llamándosele a esta combinación, arrancador.

Existen varios tipos de arrancadores, algunos de ellos son:

- ❖ un interruptor como arrancador.
- ❖ Arrancadores a tensión plena.
- ❖ Arrancadores a tensión reducida tipo autotransformador.
- ❖ Arrancadores a tensión reducida con resistencia primaria.

En la figura 2.15.1 se muestran las diferentes componentes que puede tener el control de un motor, y dependiendo de la capacidad del motor así será de sofisticada su protección, recuérdese que motores de 2 HP ó menores se consideran protegidos por su interruptor termomagnético, y de 10 HP ó mayores requieren autotransformador ó resistencia primaria.



**Fig. 2.15.1 componentes del circuito derivado de un motor**

La elección depende de la capacidad del motor que se vaya a controlar, según [5] que nos indica en términos generales que:

- Motores de hasta 2 HP, 220 Volts pueden ser operados por medio de interruptores siempre y cuando sea del doble de capacidad de la  $I_{pc}$  (corriente a plena carga) del motor.
- Motores de más de 2 HP requieren de un arrancador magnético a tensión plena.
- Motores de más de 10 HP requieren de un arrancador a tensión reducida.

El tercer argumento es aplicado cuando la empresa tiene contratado con Comisión Federal de Electricidad (CFE) el servicio en baja tensión, ya que por ejemplo un motor jaula de ardilla al arrancar consume de 4 a 5 veces de su corriente a plena carga, creando con esto perturbaciones en la línea a la que este conectado, por tal motivo [5] limita el uso de los arrancadores a tensión plena hasta 10 HP a excepción de un acuerdo con CFE.

## 2.16 MEDIO DE DESCONEXIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA CORTO CIRCUITO Y FALLAS A TIERRA DEL CIRCUITO DERIVADO.

Una falla puede ocurrir en cualquier parte de la instalación eléctrica del Mercado, bien puede ser un cortocircuito entre fases ó de falla a tierra, dependiendo de donde se presente la falla, puede llegar a ser perjudicial en el aspecto económico de los locatarios ya que se pueden presentar pérdidas en las mercancías refrigeradas ó perecederas, por ello es importante seleccionar un medio adecuado de desconexión y protección eléctrica

Existen diferentes tipos de interruptores, algunos de ellos son:

- ❖ Interruptores de seguridad.
- ❖ Interruptores termomagnéticos.
- ❖ Interruptores electromagnéticos.

Cada uno de ellos tiene sus aplicaciones en base a sus características y a las ventajas ó desventajas de cada uno.

Como medio de desconexión y protección de los circuitos derivados los interruptores adecuados pueden ser de seguridad o termomagnéticos, no se considera el electromagnético porque este es un interruptor de capacidad mayor y aplicación distinta.

A continuación se realiza un ejemplo en el cual intervienen los diversos parámetros que se han mencionado, se incluyen los aspectos de conductores, ductos y protecciones para hacerlo más representativo.

**Ejemplo:** Calcular el conductor requerido, la tubería necesaria y la protección general para un tablero que alimenta un conjunto de motores distribuidos de la siguiente manera: 1 de 7.5 HP, 3 de 10 HP y 2 de 15 HP de potencia respectivamente alimentados a 220 V en tres fases, los cuales operan en un ambiente cuya temperatura es de 40°, la longitud del alimentador es de 35 mts, considérese un  $\text{fp} = 0.9$  atrasado.

Solución:

La carga total en el alimentador es:

Se tiene que  $1 \text{ HP} = 746\text{W}$                       carga total = 67.5 HP.

Despejando el valor de la corriente (I) en la ecuación 2.13 para un circuito trifásico se tiene

que la corriente total en el circuito es la suma de las corrientes parciales de cada motor:

$$I_{\text{circuito (motor 7.5 HP)}} = \frac{(7.5 \text{ HP})(746 \text{ W})}{(\sqrt{3})(220)(0.9)(0.8)} = 20.39 \text{ Amperes}$$

$$I_{\text{circuito (motor 10 HP)}} = \frac{(10 \text{ HP})(746 \text{ W})}{(\sqrt{3})(220)(0.9)(0.8)} = 27.19 \text{ Amperes}$$

$$I_{\text{circuito (motor 15 HP)}} = \frac{(15 \text{ HP})(746 \text{ W})}{(\sqrt{3})(220)(0.9)(0.8)} = 40.78 \text{ Amperes}$$

Sin embargo, para realizar un cálculo más exacto se van a considerar los valores de corriente a plena carga para motores trifásicos que operan a 220 V de corriente alterna, de la tabla 430-150 de [5] y que a continuación se describen.

$$I_{pc} (\text{motor 7.5 HP}) = 22 \text{ Amperes}^{**}$$

$$I_{pc} (\text{motor 10 HP}) = 28 \text{ Amperes}^{**}$$

$$I_{pc} (\text{motor 15 HP}) = 42 \text{ Amperes}^{**}$$

\*\*Nota: Los valores de la tabla 430-150 se deben multiplicar por 1.1 para  $\text{fp} = 0.9$

De normas se tiene que para motores la corriente total a plena carga del circuito es la I nominal del motor mayor multiplicada por 1.25 mas la suma de las corrientes a plena carga parciales del resto de los motores

Sustituyendo valores en la ecuación 2.19.

$$I_{pc \text{ circuito}} = [22 + 3(28) + (42) + 1.25(42)] * 1.1 = 220.55 \text{ Amperes}$$

A continuación se calcula el interruptor termomagnético principal del tablero:

Se tiene una corriente a plena carga  $I_{pc} = 220.55$  Amperes.

De normas se tiene que la capacidad de conducción del termomagnético debe de ser cuando menos del 115% de la corriente a plena carga ( $I_{pc}$ ).

Por lo tanto se tiene:

$$I_{pc} = 220.55 \text{ A}$$

$$I_{itm} = I_{pc} \times 1.15.$$

$$I_{itm} = 220.55 \times 1.15 = 253.6 \text{ A} = 300 \text{ A}$$

Por lo que se instalará un interruptor Termomagnético de 3 X 300 Amperes tipo KA el cual es 100% comercial (3 polos 300 Amperes).

Una vez calculada la corriente a plena carga del alimentador y la protección principal del tablero se procede a calcular por ampacidad el calibre del conductor necesario.

De la tabla 2.6.1 se tiene que el conductor indicado para una corriente de 300 A es el calibre 300 KCM del tipo vinanel antillama con temperatura máxima de operación de 90°.

Este conductor conduce 300 amperes instalado en tubo conduit a 30°C pero se debe corregir por temperatura, ya que el conductor va a operar a 40°C.

De la tabla 2.6.1 de conductores del Manual Condumex específicamente en “factores de corrección por temperatura ambiente” se tiene que para temperatura ambiente de 31°C a 40°C en cable del tipo vinanel antillama 90 el factor de corrección es de 0.9.

La tabla 2.6.1 (pagina 86) de conductores del Manual Condumex contiene en una misma página la información referente a los siguientes parámetros: capacidad de conducción de corriente, numero máximo de conductores admisibles en tubería, factor de caída de tensión unitaria, factor de corrección por agrupamiento y factor de corrección por temperatura.

Se tiene que el cable 300 KCM a 40°C conduce la corriente:

$(300 \text{ A}) (0.9) = 270 \text{ A}$  lo cual cumple satisfactoriamente para  $I_{pc}$  del alimentador pero NO CUMPLE para el interruptor principal del tablero el cual requiere un conductor con ampacidad no menor de 300 Amperes.

Por lo tanto **el conductor indicado** para el alimentador de este grupo de motores que cumple por ampacidad y corrección por temperatura **es el calibre 400 KCM** el cual conduce  $(360 \text{ A}) (0.9) = 324$  amperes a una temperatura ambiente de 40°C.

En el factor de agrupamiento no es necesario corregir, ya que se va a instalar un conductor por fase, el ajuste solo se hace cuando se instalan 4 ó más conductores por fase de acuerdo a tablas según información proporcionada por la sección de conductores del Manual Condumex.

Se procede a verificar si el conductor calculado cumple cabalmente con la tolerancia permitida en caída de tensión (2% en alimentadores y 3% en circuitos derivado) y aplicando la ecuación 2.22 se tiene:

$$e\% = \left[ I - \frac{V - \frac{(Fce)(L)(Ic10)}{1000}}{V} \right] \times 100$$

Sustituyendo valores en la ecuación 2.22:

$$e\% = \left[ I = \frac{220V - \frac{(0.21)(35m)(220.55A)}{1000}}{220V} \right] \times 100$$

$$e\% = 0.73\%$$

Valor bastante aceptable considerando que [5] permite hasta un 2% de caída de voltaje en el alimentador.

Se procede a calcular la tubería que alimentará el tablero:

De la tabla 2.6.2 se tienen las áreas de los conductores aislados tipo THW en cm<sup>2</sup>

Área de 3 conductores 400 KCM para las fases = 4.3cm<sup>2</sup> x 3 conductores = 12.9 cm<sup>2</sup>

Área de 1 conductor 400 KCM para el neutro = 4.3 cm<sup>2</sup>

Área de 1 conductor tierra física 350 awg (\*\*NOM) = 3.87 cm<sup>2</sup>

Área del circuito formado por 5 conductores :3 fases, 1 neutro y 1 tierra física.

$$A_t = (3)(4.3) + 4.3 + 3.87 = 21.07\text{cm}^2$$

\*\*La tabla NOM 250-95 establece que para un circuito con protección mayor a 200 A y sin exceder de 300 A el calibre del conductor de puesta a tierra del circuito es el calibre 4 awg como mínimo.

Se busca en la tabla 2.16.3 el tubo que permita alojar los conductores que ocupan el área calculada y se obtiene que el tubo indicado es:

Tubo conduit galvanizado pared gruesa de 103 mm (4" de diámetro)

el cual tiene un área disponible de 33.32923 cm<sup>2</sup> considerando ya el factor de relleno de un 40 % en el tubo.

Recuérdese que el factor de relleno es el espacio máximo permisible que pueden ocupar los conductores en cualquier tubería ó ducto cuadrado, para tubos conduit es del 40% y para ductos cuadrados es del 30% limitándose a 30 conductores de corriente como máximo en el caso de los ductos cuadrados.

## 2.17 CARACTERÍSTICAS DE LOS CENTROS DE CARGA.

El elegir un tablero ó centro de carga depende entre otras cosas de la carga por servir, un tablero ó centro de carga se clasifica de acuerdo al amperaje ó capacidad en amperes máximos para el cual fue diseñado a lo cual se le denomina “amperaje de marco”, existen varias marcas en el mercado nacional de reconocido prestigio como son Square-D, General Electric, Federal Pacific, y Cutler Hammer entre otras.

Se debe de considerar para este proyecto un tablero ó centro de carga que se pueda adquirir sin mayor problema, de la misma manera que los interruptores termomagnéticos deben ser completamente comerciales en la plaza, también se debe tener cuidado de utilizar solo equipo original al momento de cualquier reemplazo, ya que la colocación de equipos no originales pueden provocar mal funcionamiento en las instalaciones y en su defecto que los fabricantes hagan nula la garantía en los equipos.

Si se requiere algún equipo como son: Zapatas eléctricas, conectores, adaptadores, terminales ó algún otro equipo que se instale en conjunto con el tablero, también debe ser fácilmente adquirible en la plaza ó en su defecto en una ciudad próxima al punto en que se instale el equipo.

Para este proyecto no existe impedimento para la adquisición de los equipos ya que en Uruapan, Mich. Hay una buena distribución de estos y la cercanía con Morelia, capital del estado es garantía de contar con equipos de repuesto sin mayor problema.

## 2.18 ELECCIÓN DE LOS CENTROS DE CARGA

Haciendo una estimación de la carga y tomando como referencia las necesidades propias del inmueble, así como las recomendaciones por parte del suministrador de energía en este caso la CFE se tiene como prioridad la **CONCENTRACIÓN DE MEDIDORES** en un solo lugar en este caso situado por el área de recibo y acceso de vehículos ubicado sobre la entrada de la calle Francisco Villa y mas específicamente en el pasillo que conduce a los sanitarios.

Así pues la concentración tendrá una longitud lineal aproximada de 40 mts y una altura de 2 mts y debe cumplir con la especificación propia de CFE para una concentración de mas de 8 servicios, la cual tiene como característica 3 ductos cuadrados, el ducto de alimentación principal se encuentra al centro y sobre los otros dos se derivan los servicios o medidores hacia arriba y hacia abajo respectivamente.

Se menciona que en las instalaciones existen únicamente dos tipos de servicios:

1. - Servicio trifásico 3F – 4H.
2. - Servicio monofásico 1F – 2H.
3. - Servicios bifásicos 2F – 3H no se observan.

Las protecciones a utilizar serán las recomendadas por la CFE y que a continuación se mencionan, así mismo el conductor de alimentación a las cargas no deberá ser de menor ampacidad que el valor de la protección correspondiente.

Tipo de servicio	protección mínima
Trifásico	60, 100 y 200 Amperes
Monofásico	30 Amperes

## 2.19 ELECCIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO (ITM).

Los interruptores mas adecuados para los circuitos derivados son los termomagnéticos, y aunque su costo es mayor que los interruptores de seguridad (interruptor de navajas), ofrece ventajas que justifican su aplicación, como son las siguientes:

- ❖ Apertura de las tres fases al momento de la falla.
- ❖ Su capacidad interruptiva nominal.
- ❖ La fabricación apropiada para instalarlos en tableros.
- ❖ Disponibilidad inmediata de restablecimiento en caso de falla.

El último punto es algo muy importante en lo que a servicio se requiere, ya que, considerando que un interruptor de seguridad operado con fusibles se elige para proteger un circuito derivado, por lógica al presentarse una falla los fusibles la liberan, pero existe el riesgo de que no se pueda restablecer el servicio inmediatamente, ya que es necesario tener los fusibles de repuesto al alcance y reemplazar el fusible que este dañado ó en su defecto reemplazar el cartucho completo.

En cualquiera de las situaciones mencionadas se considera un tiempo necesario para realizar el mantenimiento y en el peor de los casos existe la posibilidad de no contar con los repuestos en el momento de la falla y esto es completamente perjudicial a la economía de cualquier empresa en nuestro caso un Mercado Municipal.

En base a lo anterior y tomando en cuenta que en el proyecto se van a instalar tableros para los circuitos derivados, tanto el interruptor general trifásico del tablero como los interruptores individuales de los circuitos derivados se justifica enteramente el uso de los interruptores termomagnéticos.

Los interruptores termomagnéticos en caja moldeada son elementos protectores de circuitos cuyo elemento sensible es un dispositivo termomagnético (ó magnético solamente), los cuales están armados dentro de una caja aislante, la cual también sirve como bastidor, y esta hecha de material fenólico moldeado.

La curva de operación típica de los interruptores termomagnéticos se muestra en la tabla 2.19.1 (página 108).

La selección de los interruptores termomagnéticos se hace de acuerdo con los siguientes dos aspectos:

- a) .- Capacidad de conducción.
- b) .- Ajuste de disparo del interruptor.

#### 2.19.1 CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE LOS ITM.

La capacidad de conducción de los ITM debe ser por lo menos del 115 % de la corriente a plena carga del motor de acuerdo con [5].

#### 2.19.2 AJUSTE DE DISPARO INSTANTÁNEO DE LOS ITM.

El ajuste del disparo instantáneo se hace al 400 % de la corriente a plena carga del motor de acuerdo con [5].

La función del circuito derivado es la de proveer la potencia necesaria para el buen funcionamiento de las cargas instaladas mismas que se utilizarán para alumbrado o fuerza según sea el caso.

La tabla 2.19.1 muestra la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos tipo KA-KH, KAL-KHL que son los seleccionados para este proyecto y cuya ubicación se localiza en el tablero principal de la subestación.

# CAPÍTULO III

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Se define la subestación como el conjunto de equipos que transforman la energía eléctrica de un nivel de voltaje generalmente alto a otro en el que se pueda aprovechar adecuadamente para el funcionamiento de los equipos a instalar, que en su mayoría funcionan a voltajes menores.

El objetivo de la subestación es el de suministrar la energía eléctrica para el funcionamiento del sistema de alumbrado general, alumbrado en locales, contactos monofásicos, y el sistema de fuerza como pueden ser los equipos que tengan integrado motores y compresores como pueden ser frigoríficos, refrigeradores, molinos de carne, sierras de corte, etc.

La necesidad de instalar una subestación se hace inobjetable debido a la magnitud de la carga, pero el contar con una subestación propia es una ventaja en casi todos los aspectos como pueden ser: el económico, evitar la caída de voltaje en los alimentadores, la continuidad del servicio, etc.

Se puede mencionar que en lo referente a fallas, se tiene la ventaja de no sufrir apagones causados por usuarios ajenos al inmueble, económicamente son grandes los ahorros tanto para los usuarios del inmueble como para el suministrador CFE, además de resultar más seguro para los usuarios pues se reducen los riesgos de incendio y electrocución.

Con el objeto de simplificar el proyecto se consideran 2 opciones para la subestación:

### 3.2 TIPOS DE SUBESTACION Y CRITERIO DE SELECCIÓN.

Existen dos tipos de subestaciones para el proyecto que se pretende realizar:

#### 3.2.1 Subestación tipo poste

Dejando a consideración de CFE la instalación del transformador ya previamente calculado en el proyecto y haciendo estos la conexión de acometida en el punto de suministro convenido.

Ver figura ilustrativa en página 110.

#### 3.2.2 Subestación tipo compacta interior.

Para lo cual se tendría que hacer la obra civil necesaria como son: trincheras, registros, bóvedas así como local propio para la subestación y tableros generales, la ventaja de la subestación

compacta es que permite una mayor seguridad física de los usuarios, así como también cumple en lo sucesivo con las normas de distribución subterráneas, punto bastante conveniente tanto para el usuario como para el suministrador ya que como se recordará el inmueble esta muy próximo al centro histórico de Uruapan, y es factible que al corto plazo se amplíe la red subterránea hasta las instalaciones del mercado, recordemos que el primer cuadro de la ciudad de Uruapan ya cuenta con sistema de distribución subterránea y la tendencia de CFE es en lo sucesivo la observación de esta norma.

Ver figura ilustrativa en página 111.

### 3.3 VENTAJAS QUE SE OBTIENEN AL INSTALAR UNA SUBESTACIÓN

Las ventajas que se tienen al instalar una subestación son muchas, estas repercuten en ahorro económico, se mejora el servicio en las instalaciones, se reducen los accidentes, los equipos funcionan mejor ya que se reduce la caída de tensión, etc.

A continuación se describen las ventajas más importantes de contar con una subestación propia en el inmueble.

#### 3.3.1 SEGURIDAD

La subestación compacta es un equipo de excelente seguridad para el personal de operación y mantenimiento ya que todos los equipos y accesorios de la misma se encuentran perfectamente alojados en gabinetes metálicos autosoportados y perfectamente aislados.

Por lo arriba mencionado es casi nula la posibilidad de tener contacto con las partes energizadas, a no ser que el operario tenga la firme intención de hacerlo.

#### 3.3.2 SERVICIO

El servicio que proporciona una subestación compacta es muy eficiente ya que puede ser instalada en un lugar muy cercano a los interruptores generales de baja tensión, así como a los tableros de distribución, lo cual beneficia en una caída de voltaje pequeña, a esto se agrega el pequeño espacio que ocupan, lo cual habla de la gran ventaja que representa usar una subestación compacta.

#### 3.3.3 OPERACIÓN

La operación es óptima ya que todos los equipos de medición, de prueba, de paso y seccionadores están en un mismo gabinete, acoplados solamente como secciones.

#### 3.3.4 MANTENIMIENTO

Debido a que son equipos removibles, es posible realizar cambio de partes y equipos sin mucho problema, o llevar a cabo la calibración de los equipos de medición sin necesidad de

desenergizar el sistema.

Se concluye que es más conveniente instalar una subestación compacta, ahora es necesario determinar donde se va a instalar y hay que definir las características que debe tener el local en cuanto a su construcción.

Se debe ubicar la subestación en el lugar más próximo posible al punto de acometida en media tensión, en este caso será en la calle Francisco Villa entre las calles de Francisco Sarabia y California ya que aquí se localiza el poste en donde se realizará la transición en media tensión (acción de convertir un circuito aéreo a circuito subterráneo).

En dicho poste existe una estructura RD (remate doble) en línea aérea el cual esta construido de acuerdo a normas CFE. También la subestación se deberá localizar idóneamente en un punto cercano al punto donde se lleve a cabo la transición con la finalidad de reducir al mínimo la longitud de la trayectoria del circuito de media tensión y la caída de tensión en los tableros generales de distribución en baja tensión.

### 3.4 CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL DE LA SUBESTACIÓN

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana el local que alojará la subestación, debe de reunir las siguientes características como son:

- ❖ El local debe estar construido de materiales no combustibles.
- ❖ No debe emplearse este local como almacén, taller o para alguna otra actividad que no este relacionada con el funcionamiento y operación del equipo.
- ❖ No debe de haber polvo ni pelusas combustibles en cantidades peligrosas, ni gases inflamables o corrosivos.
- ❖ Debe de tener una ventilación adecuada.
- ❖ El local debe mantenerse seco.

El local que se asigne para ubicar la subestación debe estar resguardado con respecto a su acceso, es decir se debe evitar la entrada de personas no idóneas y cumplir con los aspectos de seguridad mínimos a observar como lo estipula [5].

Además de los puntos anteriores el local donde se ubica la subestación debe de cumplir con los siguientes requisitos como son:

#### 3.4.1 SALIDAS

El local debe de contar con una salida que este libre de obstáculos, además de una segunda salida para el caso de que un posible accidente obstruya la primera salida, estas puertas deben abrir

hacia fuera.

### 3.4.2 ADVERTENCIAS

En ambas puertas, en la parte exterior y en forma completamente visible debe existir un rótulo con la leyenda “PELIGRO ALTA TENSIÓN”.

### 3.4.3 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

Deben colocarse dentro del local y fácilmente accesibles extinguidores contra incendio portátiles en el lugar mas conveniente y claramente marcado, situando dos cuando menos a la entrada de la subestación.

## 3.5 DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN COMPACTA

Las subestaciones del tipo compacta son gabinetes metálicos que alojan equipos para operación en alta tensión y en voltajes de esta categoría que van desde los 6 a los 34 KV.

Una subestación compacta debe cumplir como primer punto de seguridad, el presentar en toda su totalidad perimetral, esto es en el frente, laterales, anterior, superior y posterior superficies exentas de riesgos para el personal que opere éstas por contactos involuntarios con partes vivas portadoras de energía de alta tensión, es por ello que estas subestaciones están construidas de gabinetes de lámina de acero rolada en frío del calibre numero 12 (2.78 mm de espesor) y perfiles tubulares de lámina calibre numero 10 (3.57 mm de espesor).

Estos gabinetes son fabricados en secciones de fácil acoplamiento atornillable, que representa por este hecho una flexibilidad para futuras ampliaciones.

Una subestación del tipo compacta completa presenta el diagrama unifilar típico de la figura 3.3 y consta esencialmente de 4 celdas: medición, cuchillas de prueba, seccionador y de acoplamiento, estas tienen las siguientes características (mostradas en la figura 3.4).

Ver apéndice de figuras con título subestación compacta (fig. 3.3 - fig. 3.10)

### 3.5.1 CELDA DE MEDICIÓN

Este es el cubículo o gabinete necesario destinado a alojar el equipo necesario para la medición como son TP's y TC's para la medición, esta tiene el espacio y dimensiones adecuadas según normas de CFE.(Ver figura 3.4 página 113).

### 3.5.2 CELDA DE CUCHILLAS DE PRUEBA

Se hallan en el interior de esta celda las cuchillas de comprobación o prueba en grupo de 3 juegos tripolares de operación en grupo y desconexión sin carga.(Ver figura 3.4 página 113).

### 3.5.3 CELDA DEL SECCIONADOR

En esta sección se halla alojado el seccionador (ó interruptor) para operación y desconexión con carga. La finalidad principal de protección contra cortocircuito se logra a través de fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva. Estos se hallan instalados en la parte inferior del seccionador y al fundirse alguno de ellos acciona un mecanismo que desconecta automáticamente las 3 fases. La conexión y desconexión a voluntad para el seccionador se realiza manualmente por medio de una palanca y desde el exterior frontal del tablero. En la parte posterior del seccionador se hallan instalados 3 apartarrayos tipo autovalvulares de oxido de zinc, para redes con neutro conectado rígidamente a tierra ó aislado.(Ver figura 3.4 página 113).

### 3.5.4 CELDA DE ACOPLAMIENTO

Esta es una celda de transición entre la subestación y el transformador, conteniendo en su interior las soleras de cobre necesarias para la conexión apoyadas en aisladores de resina epoxica.

Este tipo de subestaciones se adquieren directamente con el fabricante de estos equipos y es quien generalmente fabrica la subestación, para esto es necesario hacerle saber a quien la fabrica como requeriremos la subestación ya que es el ingeniero proyectista quien realiza el diseño del arreglo de la subestación, puesto que quien la fabrica no conoce nuestras instalaciones, orientación de la acometida, posibilidades de orientación de los transformadores así como su acoplamiento, etc.

Es por esto que se necesita proporcionar al fabricante el arreglo, es decir como se requiere el arreglo físico de la subestación.

Observando de frente la subestación se tiene que el arreglo y la secuencia de equipo, sería de derecha a izquierda como se observa en la figura anexa.(Ver figura 3.4 página 113).

Las medidas de estos gabinetes, son de acuerdo al fabricante, medidas estandarizadas como son:

Altura ----- 210 cms.  
Fondo----- 120 cms.

El ancho de los gabinetes es de acuerdo a la sección de que se trate, a continuación se muestran los anchos correspondientes a cada sección como lo muestra la figura 3.5.4.1.

Sección	Ancho en cms
Transición	45
Cuchillas de paso	70
Interruptor general	100
Acoplamiento	45
Interruptor de cada transformador	100

### **Tabla 3.5.4.1. Ancho de las celdas que componen una subestación**

#### **3.6 ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA SUBESTACIÓN**

En esta sección se describen a detalle todos los componentes eléctricos y accesorios necesarios que componen la subestación tipo compacta para servicio interior.(Ver figura 3.5 página 114).

##### **3.6.1 SECCION DE TRANSICIÓN**

Esta sección consta esencialmente de 3 barras de cobre en forma vertical fijadas al gabinete a través de unos aisladores de soporte, es aquí donde se conecta el cable de energía proveniente de la estructura de transición y viene siendo la acometida propia de la subestación, estos aisladores son especiales para soportar barras sólidas de cobre, se fabrican para uso interior e intemperie, estos aisladores se usan para instalaciones de alta tensión y por la alta resistencia de la resina sintética contra influencias climatológicas y la forma acanalada se pueden usar en ambientes muy húmedos, climas tropicales y de temperatura ambiente de hasta 90° C.

Para la selección de las dimensiones de estos aisladores se considera la tensión nominal del sistema, los fabricantes recomiendan en sus catálogos los adecuados basados en pruebas de laboratorio que cumplan con las normas establecidas.

Las barras de la sección se atornillan a los aisladores de soporte y estos a su vez a unos canales montados en el mismo gabinete.

Las barras del bus deben de ser de cobre desnudo electrolítico con los perfiles de sección circular, ya que de esta manera se reducen las pérdidas en el bus.

Por lo tanto para la subestación de este proyecto se sugiere que las barras del bus tengan un área de conducción no menor a 760 mm<sup>2</sup> o en su defecto una sección transversal equivalente a un conductor 1500 KCM como mínimo.

##### **3.6.2 CUCHILLAS DE PASO**

Estas cuchillas se conectan al bus de la sección de transición, contiene un juego de cuchillas para operación sin carga tiro sencillo con dispositivo de apertura y cierre rápido, con accionamiento por medio de volante, dispositivo de señalamiento (abierto /cerrado) y con un seguro mecánico con porta candado

La instalación de esta sección se lleva a cabo para poder realizar mantenimiento a la subestación.

Estas cuchillas deben de ser instaladas en la parte superior en forma horizontal con apertura hacia abajo ya que el bus va por la parte superior de los equipos, como lo muestra la figura 3.7 (página 115)

### 3.6.3 INTERRUPTOR GENERAL

En una subestación compacta las cuchillas tradicionales para alta tensión (las de simple expulsión) no pueden cerrarse en un circuito eléctrico sin el peligro para el operador, ni mucho menos abrirse con carga.

Al separarse sus contactos no se interrumpe la corriente de inmediato, esto representa un problema y una inseguridad en el punto de seccionamiento, ya que el arco eléctrico puede llegar a saltar a tierra o a una fase adyacente originando un corto circuito en el sistema, esto en el caso más grave; el arco eléctrico (en proceso de extinguirse) se restablece repetitivamente dando origen a voltajes transitorios de recuperación que son perjudiciales a los demás equipos instalados en el sistema.

Por estas razones las cuchillas tradicionales tienen limitaciones de operación y de montaje, aun las que van provistas con cuernos de arqueo ya que solo pueden interrumpir corrientes muy reducidas.

En las subestaciones compactas se utilizan algunos interruptores para abrir con carga, uno de ellos es el interruptor en aire WICKMAN de S&C SELMEC, de operación en grupo bajo carga tripolar de accionamiento vertical.

Este interruptor es el adecuado para las subestaciones compactas, para capacidades hasta de 3000 KVA y voltajes que pueden variar desde 2400 hasta 24000 volts.

En estos el desplazamiento de sus contactos se realiza en forma vertical por medio de un sencillo mecanismo de energía almacenada que provee el cierre y apertura de los mismos en forma rápida y positiva independientemente de la velocidad de quien lo opere, para su selección solamente se requiere especificar el voltaje de la línea (5, 13.2, ó 23 KV).

### 3.6.4 SECCIÓN DE ACOPLAMIENTO

La conexión del interruptor en aire WICKMAN al bus fuente es por la parte superior mientras que el lado de la carga es por la parte inferior; de aquí que se requiere otra sección de acoplamiento a barras de transición como la sección 1, ya que después del interruptor general es necesario llevar el bus nuevamente hacia la parte superior de los gabinetes como se muestra en la figura 3.8 (página 116).

### 3.6.5 INTERRUPTORES DE LOS TRANSFORMADORES

Las secciones 5, 6 y 7 de la figura 3.5 y 3.6 (páginas 114 y 115) correspondientes a los interruptores de los transformadores también contienen interruptores en aire del tipo WICKMAN de S&C SELMEC en donde la única diferencia con la sección del interruptor general es el fusible.

Para la selección de la capacidad de los fusibles se eligen estos como máximo al 300% de la

corriente a plena carga en el primario del transformador, aunque a un 200% se considera ya una buena protección.

### 3.6.6 APARTARRAYOS

Los apartarrayos se instalan dentro de la misma sección del interruptor general de alta tensión, su función básica es proteger las instalaciones eléctricas y equipo de subestaciones, principalmente los transformadores eléctricos; cuando en una línea se produce una sobretensión que puede ser debida a la caída de rayos (descargas atmosféricas) en puntos cercanos, esta sobretensión se deriva a tierra en forma de corrientes transitorias muy elevadas que pasan a través de las distancias de arqueo o de los cilindros autovalvulares hasta la terminal de tierra.

El apartarrayo debe ser capaz de descargar las sobretensiones y de interrumpir la corriente permanente cuando termine el primer medio ciclo de la frecuencia normal de la línea donde se presenta la sobretensión, esto significa la extinción completa del fenómeno en 1/120 de segundo a 60 Hz.

Las sobretensiones viajan por medio de ondas a través de las líneas desde su punto de origen, y básicamente la función del apartarrayo es conectar a tierra la línea cuando exista una sobretensión igual ó mayor a 12 KV (para sistemas de 13.2 KV), como se indica en la figura 3.9 (página 116).

Debido a las características de estas ondas de sobretensión es necesario instalar los apartarrayos lo más cerca posible a los transformadores y es suficiente con instalar un solo juego de apartarrayos para la protección de uno ó varios transformadores, estos deben de estar colocados antes de los transformadores, por lo que el lugar más adecuado es en la sección del interruptor general.

Los apartarrayos generalmente se instalan en la parte posterior del interruptor de tal manera que no estorben para la operación del mismo.

### 3.6.7 SECCIONES DE ACOPLAMIENTO

Estas se instalan entre cada interruptor y su transformador correspondiente, es exactamente igual a la fig. 3.10 (página 117) y su función es también llevar el bus desde el interruptor hasta el frente de las boquillas de alta tensión del transformador, de tal manera que facilite la conexión del mismo, dando una instalación mucho más segura.

### 3.6.8 GARGANTAS

Estas secciones deben de tener una perforación en la parte posterior en donde se instalará lo que comúnmente se le llama “garganta”, que no es sino un pequeño ducto por donde pasan las barras que van del bus de la sección de acoplamiento hasta las bornes de alta tensión del transformador.

Las medidas de esta garganta son medidas estandarizadas, en donde lo único que es necesario especificar es la altura “H” a la cual se debe instalar, ver figura 3.10 (página 117).

Es importante que antes de comprar la subestación compacta se tenga cuidado de verificar

que los bornes del transformador estén a la misma altura “H” de la garganta y así no tener contratiempos en la instalación del transformador y la garganta.

Por ello es importante adquirir todos los equipos con el mismo proveedor para así tener la seguridad de que todos los equipos se podrán instalar correctamente, y sería mejor si se adquiere la subestación y sus componentes en la misma marca lo cual será garantía de una rápida y correcta instalación.

### 3.6.9 SECCION DE TRANSFORMACIÓN

La sección de transformación de una subestación eléctrica es la más importante, por que es en ella donde se transfiere la energía eléctrica, cambiando el valor de alta tensión a los valores de utilización.

Las subestaciones compactas utilizan en su sección de transformación, transformadores trifásicos que pueden ser del tipo sumergido en aceite o tipo seco (transformadores en resina epoxica) aunque los del tipo seco se utilizan generalmente en control.

Los transformadores sumergidos en aceite como el que se va a instalar en el proyecto deben de tener accesorios de control y protección además de sus componentes principales como son:

#### 3.6.9.1 Indicador de nivel de aceite

Como su nombre lo indica es un aparato que indica cual es el nivel de aceite en el interior del transformador.

#### 3.6.9.2 Indicador de temperatura

Este aparato indica la temperatura que hay en la parte superior del interior del transformador, que es donde el aceite se encuentra más caliente.

#### 3.6.9.3 Manómetro

Sirve para medir el vacío ó la presión que hay en el interior del tanque del transformador.

#### 3.6.9.4 Cambiador de derivaciones

También llamados TAP'S, en los transformadores, la regulación del voltaje se logra cambiando el número de vueltas de cada una de las bobinas de alta tensión mediante derivaciones.

### 3.7 ACOMETIDA PRINCIPAL DE LA SUBESTACIÓN.

La acometida principal en una subestación es el punto de conexión que la compañía realiza para conectar a la red el transformador.

Existen 2 tipos de acometidas en alta tensión:

- Aéreas
- Subterráneas.

Las acometidas aéreas se utilizan generalmente para las subestaciones convencionales que están al aire libre como son por ejemplo las subestaciones tipo azotea o tipo poste en propiedades privadas.

En las subestaciones del tipo compacto la acometida subterránea es la que generalmente se instala debido a que una de las características principales de estas subestaciones es que no hay partes vivas al posible alcance del personal

De aquí que se hace necesario llevar la línea en alta tensión desde el poste hasta la conexión del bus de la subestación en la sección de transición.

Para ello es necesario instalar una estructura de transición en el poste donde se va a derivar la acometida en alta tensión.

Se denomina transición al cambio de conductor aéreo desnudo a conductor aislado para interconectar un sistema de distribución ó servicio subterráneo.

En la transición se debe de instalar un equipo de protección y cortacircuitos fusible para seccionalización, además de los apartarrayos para la protección del cable de energía contra sobre tensiones.

Al cable necesario para la transición se le denomina cable de energía, el uso de estos cables es en la acometida subterránea y en general para sistemas de distribución subterránea.

La función primordial de un cable de energía aislado es la de transmitir energía eléctrica a una corriente y tensión preestablecidas. Es por ello que sus elementos constitutivos primordiales deben estar diseñados para soportar el efecto combinado producido por estos parámetros.

Los elementos constitutivos para cumplir con estas 3 funciones son:}}

- ❖ el conductor, por el cual fluye la corriente eléctrica.
- ❖ el aislamiento que soporta la tensión aplicada.
- ❖ la cubierta, que proporciona la protección contra el ataque del tiempo y los agentes externos

Un cuarto elemento fundamental en la operación correcta de un cable de energía aislado lo constituyen las pantallas, que como función principal permiten una distribución de los esfuerzos eléctricos en el aislamiento en forma radial y simétrica.

Se utiliza principalmente el vulcanel XLP que es un conductor compacto de cobre suave, pantalla semiconductor extruida sobre el conductor, aislamiento de polietileno vulcanizado (XLP), pantalla semiconductor extruida ó concentrada sobre el aislamiento, pantalla electrostática a base

de cintas de cobre dispuestas en hélice y traslapadas, y cubierta exterior de PVC color rojo.

Este cable es el más adecuado debido a que cuenta con propiedades óptimas para el uso que se le da, como son:

- Alta resistencia de aislamiento.
- La cubierta exterior de PVC es resistente a la abrasión, ozono, humedad y al desgaste.
- Facilidad de instalación debido a su bajo peso.
- Terminales muy sencillas de realizar.

La capacidad de conducción (ampacidad) del cable XLP no debe por ningún motivo ser menor al siguiente cálculo:

$$P_{3\phi} \text{ (KVA)} = \sqrt{3} V_L I_L \quad \text{Ec 3.1}$$

$$I_{\text{transformador 300 KVA}} = \frac{300 \text{ KVA}}{(\sqrt{3})(13.2 \text{ Kv})} = 13.2 \text{ Amperes}$$

Una vez determinado el calibre del conductor en media tensión por los criterios de capacidad de conducción de corriente y de regulación de tensión, es necesario verificar dicho calibre en base a las condiciones de cortocircuito del sistema (magnitud y tiempo). El área  $A_c$  del conductor requerida en estas condiciones se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$A_c = C_c I \sqrt{t} \quad \text{Ec 3.2}$$

En donde:

$A_c$  = área efectiva de la sección transversal del conductor en Kcmil.

$I$  = corriente de cortocircuito, en miles de amperes (kA).

$t$  = duración del cortocircuito, en segundos.= Número de ciclos/60

$C_c$  = constante que depende del tipo de material empleado en el conductor y en el aislamiento del cable.

Aislamiento	Conductor	Temperatura máxima del conductor		$C_c$
		Operación normal	Conductor	
PE o PVC	Cobre	75	150	18,89
PE o PVC	Aluminio	75	150	28,86
XLPE o EPR	Cobre	90	250	13,90
XLPE o EPR	Aluminio	90	250	21,26
XLPE o EPR	Cobre	105	250	14,76
XLPE o EPR	Aluminio	105	250	22,57

### **Tabla 3.7.1 Constantes ( $C_c$ ) para determinar el área del conductor en condiciones de cortocircuito.**

Considerando que el conductor es de cobre con aislamiento XLPE, y la duración de cortocircuito ( $t$ ) es de  $3/60=0.05$  segundos (3 ciclos) antes de la apertura del interruptor termomagnético.

Sustituyendo valores en la ecuación 3.2

$$A_c = 13.9 * 15.457 * \sqrt{0.05} \quad A_c = 48.040 \text{ Kcmil.}$$

De tablas de conductores eléctricos, se deduce que el calibre necesario es el 2 awg, el cual tiene una sección transversal de 66.36 Kcmil.

El calibre requerido de este cable es el #2 AWG como mínimo de acuerdo a Normas de CFE, la capacidad de conducción de este calibre es mucho mayor que la requerida por la subestación cuyo transformador será de 300 KVA, pero este es el calibre menor que se autoriza en subestaciones, en el presente proyecto se instalará calibre 1/0 AWG.

La canalización de estos cables se realiza a través de tubería conduit metálica pared gruesa, de 4" de diámetro, la cual se instala adherida al poste por medio de fleje metálico, junto al poste y en cada curva o deflexión de la acometida en alta tensión se deben instalar registros de concreto de 1.5 mt x 1.5 mt x 1.5 mt (largo/ancho/altura) los cuales se deben construir en el lugar ya indicado ó bien adquirir con los proveedores del ramo, ya que son comerciales tanto en alta y baja tensión lo cual ahorrará tiempo en la obra.

El registro se deberá construir ó habilitar en el piso, dejando en el interior del piso del registro un hueco de un área de 30 cms x 30 cms, La cual se rellenará de grava o en su defecto material absorbente (granzón), el cual realizará la función de mojonera, por la cual se drenará el agua debido a posibles inundaciones del registro.

Se considera una distancia de 30 mt del poste hasta la sección de transición de la subestación, razón por la cual se instalarán 2 registros de concreto, uno al pie del poste y el otro en el cambio de dirección del cableado de la subestación, dicho cambio de trayectoria generalmente es hacia arriba (en este proyecto la subestación se ubicará en el segundo nivel para aprovechar el primer nivel al máximo en lo referente a ventas y también para proporcionarle a la subestación un espacio mas seguro y aislado de personas), es importante mencionar que la acometida subterránea cruzará una avenida con mucho tráfico de vehículos pesados por lo cual se debe de considerar la profundidad del ducto de la acometida de acuerdo a las normas vigentes.

La avenida mencionada es Francisco Villa y el poste de donde se va a derivar la transición se encuentra entre las calles de California y Avenida Francisco Sarabia.

En cada registro se instalará una varilla copperweld de cobre de 3.05 mt de largo y 1/2" de diámetro mediante la cual se conectará a tierra en los 2 registros el cable desnudo que acompañará a los 3 conductores de fase en alta tensión, dicho cable desnudo deberá ser calibre # 4 AWG.

Para mayor información sobre la acometida en media tensión ver la fig. 3.2 (página 111)

### 3.8 TERMINALES PARA CABLES DE ENERGÍA

Como parte complementaria de los cables utilizados en la distribución de energía eléctrica se encuentran los accesorios, los cuales harán posible efectuar la transición entre la línea de distribución aérea a subterránea ó de cable a equipo.

Ya que los accesorios formarán parte de las mismas redes de distribución igual que los cables y dada la importancia que tiene la continuidad del servicio, los accesorios deben estar diseñados, fabricados e instalados haciendo uso de tecnología y calidad suficientes, para asegurar un largo periodo de vida con el mínimo de problemas.

La utilización de terminales en los sistemas de distribución subterránea tiene como objetivo primordial el reducir ó controlar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable al interrumpir y retirar la pantalla sobre el aislamiento y como objetivo secundario se encuentran el proporcionar al cable una distancia de fuga aislada adicional y además hermeticidad.

Existen tres tipos de terminales:

- Clase 1----- Terminal tipo bayoneta (TTB).
- Clase 2----- Terminal premoldeada para intemperie (TMI).
- Clase 3----- Terminal interior premoldeada (TPI).

La característica principal de estas terminales es proporcionar el control de los esfuerzos eléctricos al interrumpir y retirar la pantalla sobre el aislamiento del cable, todos por lo general por el método del cono de alivio.

Las terminales necesarias para el cable en el presente proyecto son 1 juego (tres terminales, una por cada fase) de terminales clase 2 (TMI) para transición exterior en el poste, y otro juego de tres terminales clase 3 (TIP) para la transición interior, ya que ambas cumplen con los requisitos necesarios.

#### 3.8.1 TERMINAL CLASE 2

En la fig. 3.11 (página 118) se muestran los detalles constructivos de la terminal TMI, la función de cada uno de estos elementos se define a continuación:

##### 3.8.1.1 Cono de alivio premoldeado

Consta de dos materiales elastoméricos, uno de características aislantes y el otro de semiconductores, unidos en el proceso de fabricación por medio de la aplicación de presión y temperatura con lo que se asegura una adhesión total y se elimina la posibilidad de burbujas de aire ocluidas en el cuerpo aislante y la unión entre dos piezas.

La función que desempeña este cono premoldeado es la de controlar los esfuerzos que se presentan sobre el aislamiento del cable al retirar el blindaje electrostático.

### 3.8.1.2 Campanas premoldeadas

Constan de módulos de material elastoméricos aislante el cual tiene entre sus propiedades más sobresalientes una alta resistencia a la formación de trayectorias carbonizadas (tracking), así mismo una alta resistencia a las diferentes radiaciones solares a las que estará expuesto el material cuando se encuentre operando a la intemperie.

La función que tienen estas piezas modulares en la terminal es la de proporcionar una distancia de fuga adicional aislada, cuya magnitud estará basada en la clase de aislamiento del sistema en el que se instale y se logra colocando un número determinado de campanas para la clase de aislamiento en cuestión, para sistemas de 15 KV (13.2 KV), el número de campanas es de cuatro.

Con el propósito de evitar el ingreso de humedad a la interfase campana-cable cada uno de los módulos se ensambla y se traslapa con el complementario una distancia suficiente como para la posibilidad de deterioro del aislamiento del cable por la acción de agentes del medio ambiente.

Con los elementos antes descritos esta terminal queda clasificada como terminal clase 2, además de los referidos elementos cuenta también con dos partes que desempeñan un papel importante cuando las terminales se utilizan a la intemperie, estas son:

### 3.8.1.3 Conector universal

El cual se instala en el cable conductor y forma parte del enlace entre el cable aislado y la conexión al equipo ó línea aérea.

### 3.8.1.4 Sello semiconductor

Corresponde a una pieza elastomérica premoldeada cuyas funciones son eléctricas y mecánicas, la función eléctrica es la de homogeneizar el campo eléctrico presente en el extremo de conductor – conector y elimina la necesidad de dar la forma de punta de lápiz al aislamiento, la función mecánica corresponde a proporcionar un sello contra el ingreso de humedad a la región donde se retira el aislamiento impidiendo así que esta humedad pueda causar deterioro al aislamiento del cable y por lo tanto a la integridad del sistema de distribución.

## 3.8.2 TERMINAL CLASE 3

En la fig. 3.12 (página 118) se ilustra el detalle de construcción de una terminal interior premoldeada (TIP), el elemento funcional de esta terminal es básicamente el cono de alivio cuya función es la misma antes descrita, la distancia de fuga necesaria para la terminal se obtiene con el espacio libre del aislamiento entre el conductor y el corte de la pantalla, precisamente por esta razón

este tipo de terminales está limitada a usarse en interiores, esto es, que no este en contacto con las radiaciones solares directas ni en contacto directo con precipitaciones pluviales.

#### 3.8.2.1 Selección de las terminales:

Para seleccionar el estuche apropiado de la TMI con el fin de satisfacer las necesidades del sistema, en la expresión siguiente se sustituye la literal por el concepto que corresponda:

$$\text{TMI} = \text{"X"} - \text{"Y"} - \text{"C"} - \text{"M"}$$

En donde:

TMI - Prefijo que indica Terminal Modular Intemperie.

"X" - Tamaño básico determinado en función del diámetro sobre el aislamiento del cable.

"Y" - Clase de aislamiento del sistema cable – accesorio en KV.

"C" - Calibre del conductor indicando si es AWG ó KCM o en mm<sup>2</sup>.

"M" - Material del conductor, Cu para cobre ó Al para aluminio.

La tabla 3.8.1.1.(Página 118) muestra la designación que deberá indicarse en el lugar de la tabla de la letra "x".

Para la selección de la TPI únicamente es necesario conocer el diámetro real sobre el aislamiento del cable y de esta manera localizar en la tabla el tamaño de la TIP apropiada, seleccionando aquel intervalo en el que quede comprendido el diámetro sobre el aislamiento del cable en cuestión ver tabla 3.8.2.1 (página 118).

### 3.8.3 MEDICIÓN EN ALTA TENSIÓN

La instalación del equipo necesario para la medición por parte de la CFE se lleva a cabo de acuerdo a las Normas de Medición y Servicios de CFE correspondiente a la tensión de servicio y a la carga conectada.

Esta es la Norma MAT-08 definida como "Medición Alta Tensión para servicios suministrados hasta 33 KV, con carga conectada de 61 a 250 KW, subestación tipo compacta".

El equipo de medición esta básicamente constituido por dos transformadores de potencial (TP's) y dos transformadores de corriente (TC's) que reducen los valores de voltaje y corriente a valores accesibles para el equipo de medición en baja tensión, como lo es el medidor de consumo y demanda (Wattthorímetro) y el medidor de la potencia reactiva mejor conocido como Vármetro.

La ubicación de los transformadores de potencial y corriente es en la celda destinada a la medición en el interior de la subestación compacta, mientras que los medidores de potencia real y potencia aparente se colocarán en una preparación colocada en el exterior del inmueble y a una distancia no mayor de 15 mts. de la subestación para que el personal de CFE pueda tomar lecturas, es importante mencionar que todo lo referente al suministro y medición en alta tensión debe cumplir cabalmente con las normas vigentes de CFE.

## CAPITULO IV

# CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO Y SISTEMA DE TIERRAS

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En todos los proyectos para instalaciones eléctricas es muy importante calcular y determinar el tipo de protecciones que se van a utilizar para proteger los diversos equipos eléctricos, para ello se realizan los cálculos correspondientes al estudio de cortocircuito.

Para ello es necesario determinar los máximos valores de la corriente de falla que tendrán que soportar los interruptores generales en el lado de baja tensión, que es donde se presentan las máximas corrientes de cortocircuito.

Una instalación mal proyectada en su sistema de protecciones, siempre tendrá problemas que van desde los menores como pueden ser accidentes de trabajo, hasta los graves como son riesgo de electrocución, incendio en los equipos eléctricos y por supuesto situaciones irreversibles como lo es la pérdida de vidas humanas.

De igual manera se debe realizar un cálculo correcto en lo referente a los sistemas de tierra, recuérdese que el sistema de tierras viene siendo el lugar por donde se descargarán a tierra las corrientes producidas en el proceso del cortocircuito, aunque la falla solo se sostiene en un tiempo muy corto (fracción de segundos) es vital que la malla de tierras reduzca a cero el potencial generado por la falla, para así garantizar la integridad tanto de los equipos como de las personas.

### 4.2 DEFINICIÓN DE CORTOCIRCUITO

Se define como cortocircuito al circuito que se forma por el contacto accidental de dos o más conductores energizados, el cortocircuito se puede presentar como falla a tierra, entre dos fases o bien en su condición más crítica como falla trifásica (tres fases).

Las corrientes de cortocircuito pueden tener un efecto de deterioro sobre los cables aislados en la misma forma que puede haber sobre los demás componentes del sistema eléctrico, en la operación normal del circuito, el flujo de corriente esta limitado por la impedancia del sistema, así como por la impedancia de la propia carga.

Como parte de la conducción de la corriente por los conductores se generan las pérdidas por calor  $I^2R$  que se transforman en calor, y es precisamente durante el cortocircuito que los conductores experimentan esfuerzos térmicos producidos por las altas corrientes que se presentan durante el cortocircuito, durante las condiciones de cortocircuito la corriente puede alcanzar un valor de varias veces el valor de la corriente de carga, y esto es lo que puede dañar los aislamientos de los conductores y de no realizar un buen cálculo en las protecciones si la falla no es liberada por el equipo de protección, se pueden presentar incendio, equipos arruinados y en algunos casos posibles

explosiones.

#### 4.3 EQUIPOS QUE APORTAN CORRIENTE DURANTE EL CORTOCIRCUITO

Dentro del estudio de cortocircuito existen varios factores que influyen en el valor del cortocircuito como los que a continuación se mencionan: la red de suministro, motores, generadores.

La red de suministro.

El valor de la corriente de cortocircuito con que contribuye la red de alimentación a la instalación, depende de las características de la red misma, esta corriente de cortocircuito de alimentación se expresa en Kiloamperes (KA), o bien se expresa como un valor de capacidad interruptiva en MVA (Mega-volt-amperes). De cualquier manera es un valor importante para el ingeniero proyectista, informando este a la compañía suministradora (CFE) el lugar exacto de donde se alimentará la subestación eléctrica proyectada.

Generadores.

Los generadores aunque en forma limitada pero están permitidos en algunas industrias en México, el generador entregará una corriente limitada solo por su impedancia interna y que es decreciente del instante del cortocircuito por un tiempo corto (transitorio) hasta su estabilización a un valor que no varía más con el tiempo (impedancia sincrónica).

La corriente de cortocircuito será por lo tanto elevada en el primer instante y decrecerá hasta un valor que se mantendrá sin modificación (corriente de cortocircuito permanente) en el tiempo si no intervienen las protecciones.

Motores sincrónicos.

Un motor sincrónico se comportará en forma análoga a un generador sincrónico, en lugar de absorber energía de la línea, se convertirá en un generador y alimentará a la instalación con una corriente decreciente con el tiempo que dependerá de su impedancia interna.

Motores de inducción.

Los motores de inducción que están conectados en la instalación eléctrica alimentarán a esta con una corriente limitada por su impedancia interna, pero su contribución se reduce a cero en un tiempo muy breve.

**Como conclusión se deduce que el valor total de la corriente de cortocircuito en el punto de la instalación en el que se presenta la falla es la suma de las contribuciones de los elementos conectados a la misma, sumadas a la contribución de la red de suministro.**

#### 4.4 METODOS PARA EL CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

Existen varios métodos para el cálculo de los cortocircuitos en las instalaciones eléctricas, algunos se consideran exactos, y algunos se consideran aproximados, a continuación se enumeran algunos a manera de información.

- a).- Método de los MVA (aproximado).
- b).- Método de caída porcentual (aproximado).
- c).- Método en por unidad (p.u.) (aproximado).
- d).- Método de las componentes simétricas (exacto).

Para este proyecto resulta sencillo el estudio de cortocircuito pues únicamente existen motores, los cuales serán los únicos que aportarán corriente de cortocircuito en el sistema y en base a ello se realizará el cálculo por el método de los MVA por ser más práctico y simple de realizar.

#### 4.5 CÁLCULO DEL CORTOCIRCUITO.

Es importante en cualquier inmueble contar con una instalación adecuada a las necesidades propias del giro comercial que se vaya a desarrollar en dicho inmueble, pero es igualmente importante que las instalaciones eléctricas estén protegidas adecuadamente por interruptores correctamente calculados.

Para poder calcular correctamente las protecciones se deben conocer las corrientes máximas de falla que se presentarán en las instalaciones del inmueble, para ello se debe considerar lo siguiente:

- a).- determinar las máximas corrientes de falla que se presentarán durante el cortocircuito.
- b).- comprobar que el equipo que se va a instalar esté en el rango del calculo que arroje el estudio de cortocircuito.
- c).- reemplazar los equipos que no sean adecuados al valor resultante del estudio de cortocircuito.

El método que se empleará para realizar los cálculos del estudio de cortocircuito es el método de los MVA, que a continuación se muestra en la figura 4.1:

Se tienen instalados 13 grupos idénticos (locales de carnicerías) de 5.5 HP de potencia repartidos de la siguiente manera (sierra de corte = 1.5 HP, frigorífico = 3 HP, trituradora = 1 HP) y 3 motores de 3 HP instalados en las bodegas para carne, sumando en total el conjunto una potencia de 80.5 HP.

Se tiene la información de la corriente de cortocircuito en el punto de acometida en media tensión proporcionado por CFE el cual es de 4000 Amperes, con este dato se calcula la potencia de cortocircuito en el punto de acometida que a su vez es la aporta la red de suministro que es CFE.

Para la elaboración del diagrama de impedancias se deben conocer los valores de las potencias de los equipos considerados en el cálculo, para este proyecto son 3:

- a).-La red de suministro.
- b).-El transformador del proyecto.
- c).-La carga instalada (motores de inducción).

Para la red de suministro se calcula la potencia de cortocircuito en MVA.

$$S_{cc} = \sqrt{3} V_{cc} I_{cc} \quad \text{Ec. 4.1}$$

Sustituyendo valores en la ec. 4.1

$$S_{cc} = \sqrt{3} * 13.2KV * 4KA \quad S = 91.45 MVAcc$$

De igual manera se convierte la potencia del transformador a MVA.

$$300 KVA = 0.3 MVA$$

Finalmente se convierte la potencia de los motores en HP a potencia en MVA.

$$\text{Se tiene que: } 1HP = 746 W$$

Considerando un factor de potencia  $fp = 0.9$  atrasado

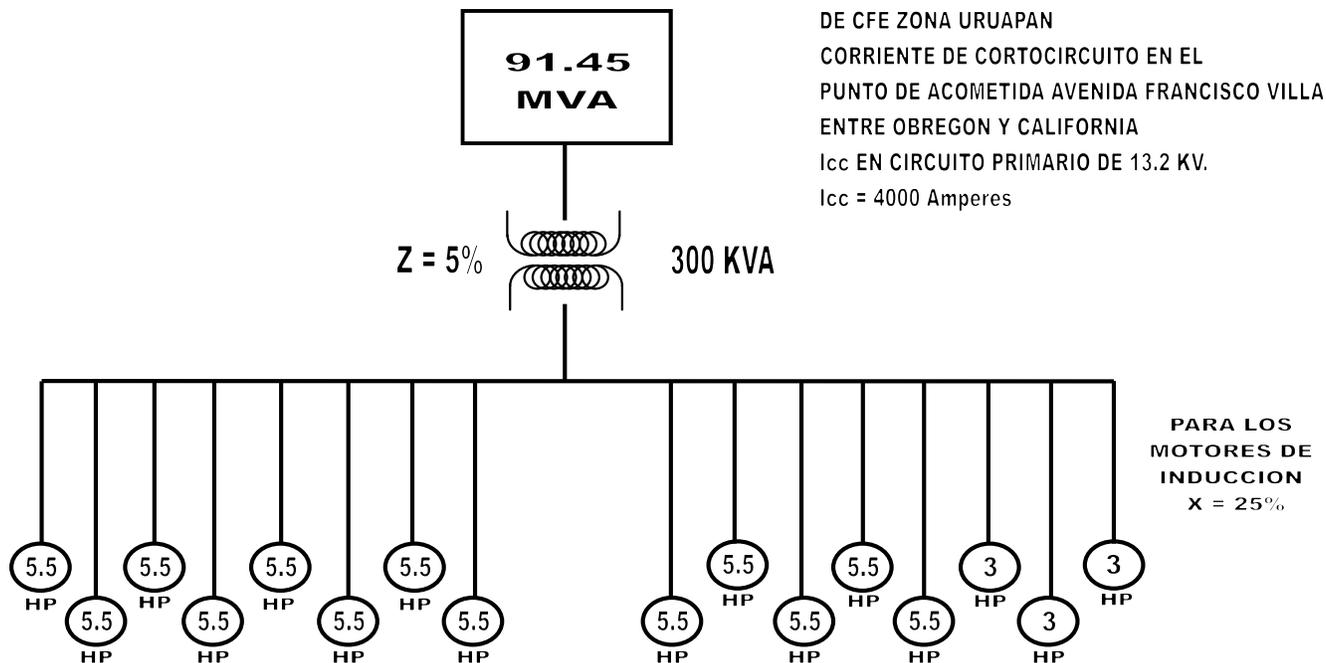
$$1HP = \frac{746}{0.9} = 828.88 VA = 0.00082888 MVA$$

$$\text{Por lo tanto: } 80.5 HP = 0.0667 MVA$$

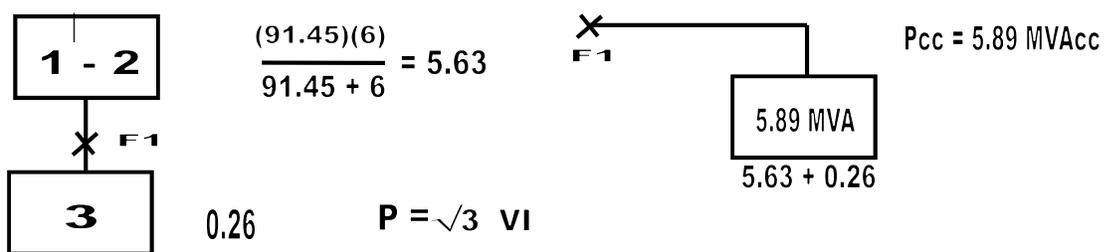
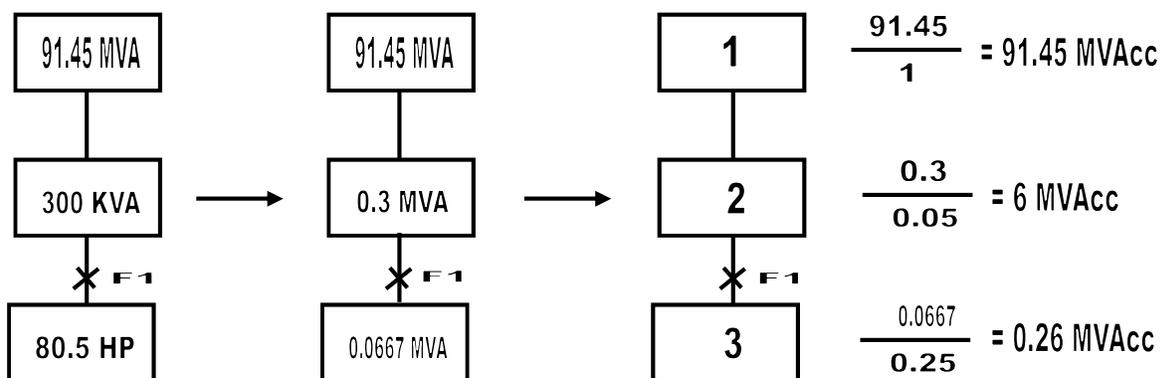
Considerese para los motores de inducción una reactancia  $x=25\%$  de acuerdo a información de [2].

Se realiza el diagrama unifilar del sistema y posteriormente el diagrama de impedancias como lo indica la fig. 4.1

Posteriormente se reduce el diagrama de impedancias hasta llegar a una impedancia equivalente y así realizar el cálculo final de la corriente de cortocircuito que es:



DE CFE ZONA URUAPAN  
 CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL  
 PUNTO DE ACOMETIDA AVENIDA FRANCISCO VILLA  
 ENTRE OBREGON Y CALIFORNIA  
 Icc EN CIRCUITO PRIMARIO DE 13.2 KV.  
 Icc = 4000 Amperes



$P = \sqrt{3} VI$   
 $I_{cc} = \frac{P}{\sqrt{3} V}$   
 $I_{cc} = \frac{5.89 \times 10^3 \text{ KVA}}{\sqrt{3} (0.22 \text{ KV})} = 15 457.24 \text{ Acc}$

FIG. 4.1 DIAGRAMA UNIFILAR Y DE IMPEDANCIAS PARA EL CALCULO DE CORTOCUIRCUITO.

Con el valor de la impedancia equivalente se calcula el valor de la corriente de cortocircuito del sistema, valor que determina la capacidad interruptiva que debe tener el interruptor principal de la subestación.

$$I_{cc} = \frac{5.89 \text{ MVAcc}}{\sqrt{3} \times 0.22 \text{ KV}} = 15457.24 \text{ Amperes de cortocircuito.}$$

$$I_{cc} = 15458 \text{ Amperes de cortocircuito.}$$

#### 4.6 COMPONENTES DEL SISTEMA DE TIERRAS

El objetivo del sistema de tierras en una instalación eléctrica, es proporcionar una superficie debajo del suelo y alrededor de la instalación, que tenga un potencial tan uniforme como sea posible, y lo más próximo posible a cero, o al potencial absoluto de tierra, con vistas a asegurar lo siguiente:

- a).- todas las partes de los aparatos distintas a las partes vivas, que se conecten al sistema de tierras (a través de conductores de puesta a tierra) estén al potencial de tierra.
- b).- los operadores y personal de la instalación, estén siempre al potencial de tierra.

En la actualidad los sistemas de tierra, especialmente en las subestaciones eléctricas, adoptan la forma de malla que contiene un número determinado de pequeñas mallas rectangulares ó cuadradas, de conductores de tierra instalados en forma horizontal, y conductores a electrodos (varillas de tierra), localizados a ciertos intervalos.

Todas las estructuras metálicas y carcazas de equipo, incluyendo las rejillas metálicas en las áreas de trabajo, se deben conectar por seguridad a la malla de tierra.

Es de suma importancia el cálculo de la red de tierras, debido a que es aquí donde se reducirá a cero la tensión excesiva provocada por el cortocircuito generado por las fallas posibles en las instalaciones.

El buen funcionamiento de la red de tierras dará un margen de seguridad tanto a las instalaciones como al inmueble y principalmente a los usuarios.

La finalidad de la conexión a tierra o puesta a tierra tiene varias aplicaciones como pueden ser las siguientes:

- a).- conexión a tierra para protección.
- b).- conexión a tierra para funcionamiento.
- c).- conexión a tierra para trabajo.

a).- CONEXIÓN A TIERRA PARA PROTECCIÓN.

Es necesario conectar eléctricamente a tierra aquellas partes de las instalaciones y equipos eléctricos que no se encuentren energizados, pero que pudieran en situaciones de falla o accidentalmente llegar a tener una diferencia de potencial como los que a continuación se describen:

- Tableros eléctricos.
- Tanques de transformadores.
- Carcasas de motores.
- Gabinetes de subestaciones compactas.
- Soportes metálicos de equipos, aparatos y máquinas eléctricas
- Ductos, tuberías y charolas para cables.
- Las plantas de emergencia.
- Y en general todos los equipos que así lo ameriten.

b).- CONEXIÓN A TIERRA PARA FUNCIONAMIENTO.

Algunos equipos requieren de conexión a tierra, por que esta forma parte de su conexión eléctrica, ya sea para balancear desequilibrios de fases o bien para mejorar su funcionamiento o simplemente para dar una referencia de potencial a tierra, como son los elementos de los siguientes equipos:

- El neutro de transformadores conectados en estrella.
- La conexión a tierra de los apartarrayos.
- Los transformadores de potencial.

c).- CONEXIÓN A TIERRA PARA TRABAJO.

Estas conexiones se habilitan con frecuencia dentro de las instalaciones eléctricas construidas ó en proceso para alguna de las siguientes actividades:

- Mantenimiento.
- Pruebas eléctricas.
- Ampliación de instalaciones eléctricas.
- Reparaciones.

Generalmente este tipo de conexión se usa con los circuitos fuera de servicio, con lo cual se asegura la integridad física de los trabajadores.

Para la selección de los materiales de la malla de tierras se selecciona un material que tenga las siguientes propiedades:

- Estabilidad térmica en las condiciones de falla a tierra.
- Mecánicamente resistente.
- Duración de al menos 50 años sin rupturas.
- Con alta conductividad.

Todas las condiciones anteriores las reúne el cobre que es el material generalmente usado para los sistemas de tierras.

Por disposiciones generales y de acuerdo a normas el calibre mínimo a usar como conductor del electrodo de tierra es el calibre 4/0 awg (107.2 mm<sup>2</sup>).

#### 4.7 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS.

El arreglo preliminar de los conductores de tierra, se decide sobre las siguientes bases:

Un conductor de tierra continuo, debe rodear el área de la instalación, particularmente de la subestación eléctrica, para encerrar la mayor cantidad posible de terreno. Conductores de tierra adicionales, se colocan en líneas paralelas distribuidos uniformemente en forma de cuadrícula, con separaciones razonables.

Las varillas o electrodos se consideran como un complemento de la malla de tierras; y se deben distribuir de manera uniforme, y cercanos a puntos donde se encuentra el equipo instalado. Una regla práctica para determinar el número mínimo de electrodos (varillas de tierra), indica que se debe dividir la corriente de falla entre 500; es decir:

$$\text{Número mínimo de varillas (3.05 mts x 3/8")} = \frac{I_{\text{falla}}}{500} \quad \text{Ec .4.2}$$

Se tiene una corriente de falla de 15457.24 Amperes

Sustituyendo valores en Ec.4.2

$$\text{Número mínimo de varillas (3.05 mts x 3/8")} = \frac{15457.24}{500} = 30.91 = 31 \text{ varillas}$$

Las dimensiones de la malla del sistema de tierras por lo general se ajustan a las dimensiones físicas del local de la subestación (se ubicará en la segunda planta) en este caso la malla se ubicará en la zona de acceso al tiradero sanitario del mercado localizado en la planta baja y las medidas son 8 mt x 8 mt

$$L = 8 \text{ mt}$$

$$A = 8 \text{ mt} \quad \text{área} = 64 \text{ mts}^2.$$

Se van a formar cuadrados de 2 x 2 teniendo la malla una profundidad de 0.5 metros\* por debajo del firme de concreto. El calibre del conductor de las retículas de la malla será de alambre del calibre 4 awg (21.14 mm<sup>2</sup> ). El calibre del conductor del perímetro de la malla será del 4/0 awg y se

unirá al conductor de la malla por medio de soldadura utilizando termomolde, fulminante y fundente en todas las uniones formadas por ambos conductores y en las uniones con las varillas de tierra.

\*para sistemas de tierras se consideran profundidades que van de los 0.25 mt. hasta los 2.5 mts.de acuerdo a[7]

Además todo el perímetro de la malla debe ser de un conductor continuo es decir un solo tramo para asegurar un buen aterrizado.

En cada vértice (4 esquinas del perímetro) se deberá dejar un registro, tal registro es un tubo de albañal de 8 pulgadas de diámetro.

Se calcula la resistencia total de la malla por medio de la fórmula de LAURENT.

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad \text{Ec.43}$$

- Donde R = resistencia en ohms
- L = longitud total del conductor de la malla
- $\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega$  - mt
- r = radio equivalente de la subestación

Se procede a calcular el valor de “L”

$$P = 2L + 2A = 2 \times 8 + 2 \times 8 = 32 \text{ mt}$$

$$L \text{ malla} = 6 \text{ líneas de } 8 \text{ mt c/u} = 48 \text{ mt}$$

$$L \text{ electrodos} = 31 \text{ electrodos de } 3 \text{ mts c/u} = 93 \text{ mts.}$$

$$L_{\text{total}} = P + L_{\text{malla}} + L \text{ electrodos} = 32 + 48 + 93 = 173 \text{ mts}$$

Se tiene que para la tierra (suelo) existen diferentes valores de resistividad, según el tipo de suelo si es húmedo o seco, y aun el valor puede variar de acuerdo a periodos o estaciones del año, como son época de lluvias o estiaje (secas).

A continuación se presenta una lista de valores de resistividad de acuerdo al tipo de suelo:

Tipo de suelo	Resistividad en $\Omega$ -mt
Suelo pantanoso o húmedo -----	(50)
Tierra de labor -----	(100)
Tierra de arcilla-----	(100)
Tierra arenosa-----	(600)
Suelo guijarroso-----	(1000)
Suelo rocoso-----	(3000)

### Tabla 4.7.1 diferentes valores de resistividad de terreno

Se considera que el terreno en que se construirá la subestación es del tipo suelo húmedo, por lo tanto se considera una resistividad de  $50 \Omega \cdot \text{mt}$  para efecto de cálculo del sistema de tierras

Cabe mencionar que el terreno por su forma tiene buena concentración de humedad ya que esta localizado en un lugar con pendiente ligeramente inclinada.

De la tabla 4.7.1 para suelo pantanoso o húmedo  $\rho = 50 \Omega \cdot \text{mt}$

Ahora se procede a calcular el valor de “r”

“r” es el valor del radio de una placa circular equivalente al radio de la malla y por consiguiente de la subestación, si se considera que la malla debe abarcar toda la subestación.

$$A = 8 \times 8 = 64 \text{ mt}^2$$

Se tiene que para un círculo  $A = \pi r^2$

$$\text{Igualando el área } 64 \text{ mt}^2 = \pi r^2$$

$$\text{Despejando } r = (64/\pi)^{1/2}$$

Se tiene que  $r = 4.51$ .

Finalmente substituyendo en la fórmula de Laurent:

$$L = 173 \text{ mt}$$

$$r = 4.51 \text{ mt}$$

$$\rho = 50 \Omega \cdot \text{mt}$$

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad \text{Ec .4.3}$$

$$R = \frac{50}{4(4.51)} + \frac{50}{173} = 3.05 \Omega \quad \text{Valor bastante aceptable.}$$

Considerando que CFE establece como aceptable un valor máximo de 10 ohms y como mínimo lo más próximo a cero ohms.

Una vez que se conoce el valor de resistencia se procede a verificar si el valor del calibre del conductor de tierra con valor de 4/0 awg cumple cabalmente para la corriente de falla calculada en el estudio de cortocircuito.

Se tienen los siguientes datos:

Resistividad del terreno-----50  $\Omega$  - mt.  
 Área del terreno disponible-----64 mt<sup>2</sup>  
 Tiempo de apertura de los interruptores-----0.25 seg.  
 Se considera t = 0.25 seg.  
 Tensión de operación (en el secundario) -----220 volts  
 Cortocircuito a tierra (en amperes) -----15458 A  
 Longitud de la red de tierras -----77 mts.

Con el valor de la corriente de cortocircuito se deben considerar los valores de decremento y de crecimiento para calcular la máxima corriente de falla con la cual se designará el calibre del conductor del electrodo de tierras por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{cc}(fd, fc) = I_{cc} * fd * fc \quad \text{Ec. 4.4}$$

El factor de decremento (fd) es un factor que toma en cuenta el efecto del desplazamiento de corriente continua y la atenuación de las componentes transitorias de corriente alterna y de directa de la corriente de falla. Ver tabla 4.7.2.

DURACION DE LA FALLA Y DEL CHOQUE ELECTRICO	FACTOR DE DECREMENTO
T seg	D
0.08	1.65
0.10	1.25
0.25	1.10
0.50 ó mas	1.00

**Tabla 4.7.2 factores de decremento de la corriente de cortocircuito**

De la tabla 4.7.2 para un tiempo de 0.25 seg. corresponde un factor de decremento D igual 1.10.

Por otra parte el factor de crecimiento (fc) es un factor que toma en cuenta aumentos de corriente de falla a tierra debidos al crecimiento del sistema eléctrico teniendo su origen en aumentos de la carga.

Y se considera que la carga crecerá un 30 por ciento considerando que las instalaciones eléctricas pueden crecer con una estimación del 30% en el futuro.

Por lo tanto factor de crecimiento Fc = 1.3

Se realiza el cálculo de la corriente tomando en cuenta los factores de decremento y de crecimiento, y se tiene lo siguiente:

$$I_{cc}(fd, fc) = I_{cc} * fd * fc \quad \text{Ec. 4.4}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 4.4.

$$I_{cc}(fd, fc) = 15458 A * 1.1 * 1.3 = 22104.9 \text{ Amperes}$$

Con este valor de corriente se calcula el calibre del conductor del electrodo de tierras y se debe de tener en cuenta que el diseño de la red de tierras en conjunto como es la malla, los electrodos (varillas), y el cable del electrodo de tierras que se acaba de calcular, debe cumplir como mínimo con lo siguiente:

- no se deben fundir ó deteriorar en condiciones críticas
- deben tener suficiente conductividad

Para el cálculo del conductor se debe hacer referencia a la siguiente tabla:

Tiempo de Duración de La falla (seg.)	Tamaño mínimo de conductor en circular Mil por ampere					
	Uniones soldadas			Uniones atornilladas		
	Cobre	acero	aluminio	Cobre	Acero	aluminio
30	50	120	91	64	143	123
3	16	38	29	21	46	39
1	9.5	22	17	12	27	23
0.5	6.5	16	12	8.5	19	16

**Tabla 4.7.3 calibre de conductores para la malla de tierras**

En base a la tabla 4.6.3 y tomando en cuenta que las uniones en el cable se van a realizar con soldadura en cobre, y para un tiempo de duración de falla de 0.5 seg. se requieren de 6.5 circular mil por ampere.

Con el dato se realiza el cálculo:

$$\text{Área del conductor de tierra} = 6.5 \times 22179.3 = 143681.85 \text{ CM (circular mils)}$$

De tablas se tiene que un conductor 3/0 tiene una sección de 167800 CM. Y es el adecuado para conducir la corriente de falla a tierra.

Por lo tanto se deduce que el cable propuesto calibre 4/0 cumple satisfactoriamente pues esta una escala arriba del permitido, según los cálculos realizados.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN.**

Es importante en todo tipo de obra realizar una estimación del costo total de la obra, pues de ello depende que la obra se ejecute cabalmente, un análisis económico erróneo lleva al traste con todo el proceso realizado, debido a esto se pueden ocasionar problemas tanto para el propietario como para la empresa constructora.

Si una empresa constructora elabora un proyecto acompañado de su respectivo presupuesto y ambas partes (el propietario de la obra y la empresa constructora) firman el contrato de la edificación del proyecto, sería muy poco ético que la constructora solicitara un ajuste económico como consecuencia de un error imputable al cálculo erróneo en la cantidad calculada en el presupuesto.

Es por ello que se recalca la importancia de elaborar un correcto análisis económico que será benéfico para todas las partes que conformen un proyecto de instalaciones eléctricas.

#### **5.2 COSTO DE LOS MATERIALES**

En este capítulo se hace mención al importe que se canaliza para la compra de los materiales como son: cable eléctrico, cajas de conexiones, tuberías, ductos cuadrados, charolas eléctricas, condulets, luminarias, contactos, apagadores, cajas chalupa, transformadores, tableros eléctricos, interruptores termomagnéticos, subestaciones compactas, así como los diferentes accesorios necesarios para la instalación correcta de los equipos mencionados.

Se recomienda elaborar una partida base de todos los materiales, para lograr un mejor precio con los proveedores, al comprar un volumen grande de materiales el costo se puede reducir en comparación con el precio de un volumen menor, así mismo se recomienda habilitar una bodega para el resguardo de los materiales, en la bodega se debe contar con personal encargado de llevar el control de ingreso de materiales, y de la misma forma llevar el control del material que sale, para obtener material de la bodega se debe elaborar un vale por parte del solicitante y éste debe llevar la firma del o de las personas que autoricen la salida de almacén del material solicitado.

Es importante llevar un buen control de la bodega esto con el fin de evitar extravíos o acciones delictivas como pueden ser el robo de material, no es extraño en el área de la construcción la presencia de situaciones de riesgo como las anteriormente mencionadas, que muchas veces llevan a la quiebra económica a las empresas constructoras.

Se anexan en este capítulo los formatos elaborados para el volumen concentrado de material, primero en totales parciales y después en un gran total como lo ilustra la tabla 5.1.

LISTADO DE MATERIALES ELÉCTRICOS				
OBRA: MERCADO MUNICIPAL SAN FRANCISCO				
CANTIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
1951	CABLE THW-LS CALIBRE 12 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$6,80	\$13.266,80
3009	CABLE THW-LS CALIBRE 10 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$10,12	\$30.451,08
21189	CABLE THW-LS CALIBRE 8 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$17,25	\$365.510,25
570	CABLE THW-LS CALIBRE 6 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$24,50	\$13.965,00
1452	CABLE THW-LS CALIBRE 4 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$38,06	\$55.263,12
112	CABLE THW-LS CALIBRE 2 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$66,24	\$7.418,88
108	CABLE THW-LS CALIBRE 1/0 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$103,27	\$11.153,16
200	CABLE THW-LS CALIBRE 2/0 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$127,88	\$25.576,00
56	CABLE THW-LS CALIBRE 3/0 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$161,23	\$9.028,88
100	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG	METRO	\$225,63	\$22.563,00
14	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG	METRO	\$148,75	\$2.082,50
50	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 1/0 AWG	METRO	\$103,78	\$5.189,00
27	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2 AWG	METRO	\$62,25	\$1.680,75
28	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4 AWG	METRO	\$30,47	\$853,16
757	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 6 AWG	METRO	\$22,50	\$17.032,50
501	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 8 AWG	METRO	\$12,07	\$6.047,07
4911	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 10 AWG	METRO	\$8,35	\$41.006,85
2248	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 14 AWG	METRO	\$4,37	\$9.823,76
10	VARILLA DE COBRE DE 3.05 MTS DE LARGO Y 3/4 " DIAMETRO	PIEZA	\$119,83	\$1.198,30
210	CABLE VULCANEL DE COBRE XLP 1/0 AWG MARCA CONDUMEX O SIMILAR	METRO	\$209,00	\$43.890,00
90	TUBO CONDUIT PARED GRUESA 1/2 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$58,07	\$5.226,30
5	TUBO CONDUIT PARED GRUESA 3/4 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$75,78	\$378,90
9	TUBO CONDUIT PARED GRUESA 1 1/4 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$142,05	\$1.278,45
1	TUBO CONDUIT PARED GRUESA 1 1/2 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$179,68	\$179,68
9	TUBO CONDUIT PARED GRUESA 2 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$265,53	\$2.389,77
22	TUBO CONDUIT PARED GRUESA 2 1/2 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$510,48	\$11.230,56
4	TUBO CONDUIT PARED GRUESA 3 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$646,01	\$2.584,04
6	TUBO CONDUIT PARED GRUESA 4 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$971,75	\$5.830,50
218	CONTRATUERCA Y MONITOR DE 1/2 "	JUEGO	\$2,09	\$455,62
18	CONTRATUERCA Y MONITOR DE 3/4 "	JUEGO	\$3,45	\$62,10
28	CONTRATUERCA Y MONITOR DE 1 1/4 "	JUEGO	\$5,75	\$161,00
4	CONTRATUERCA Y MONITOR DE 1 1/2 "	JUEGO	\$9,20	\$36,80
2	CONTRATUERCA Y MONITOR DE 2 "	JUEGO	\$13,22	\$26,44
6	CONTRATUERCA Y MONITOR DE 2 1/2 "	JUEGO	\$19,32	\$115,92
2	CONTRATUERCA Y MONITOR DE 3 "	JUEGO	\$27,60	\$55,20
418	TUBO CONDUIT PARED DELGADA 1/2 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$36,45	\$15.236,10
51	TUBO CONDUIT PARED DELGADA 3/4 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$49,33	\$2.515,83
9	TUBO CONDUIT PARED DELGADA 1 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$90,62	\$815,58
2	TUBO CONDUIT PARED DELGADA 1 1/4 " MARCA JUPITER O SIMILAR	TRAMO	\$134,32	\$268,64
60	TUBO CONDUIT DE PVC 4" DE DIAMETRO	TRAMO	\$238,00	\$14.280,00
1202	CONECTOR CONDUIT PARED DELGADA 1/2 "	PIEZA	\$2,18	\$2.620,36
108	CONECTOR CONDUIT PARED DELGADA 3/4 "	PIEZA	\$3,56	\$384,48
4	CONECTOR CONDUIT PARED DELGADA 1 "	PIEZA	\$4,60	\$18,40
2	CONECTOR CONDUIT PARED DELGADA 1 1/4 "	PIEZA	\$12,19	\$24,38
2	CONECTOR CONDUIT PARED DELGADA 1 1/2 "	PIEZA	\$17,25	\$34,50
100	COPEL CONDUIT PARED DELGADA 1/2 "	PIEZA	\$2,53	\$253,00
25	COPEL CONDUIT PARED DELGADA 3/4 "	PIEZA	\$3,45	\$86,25
3	COPEL CONDUIT PARED DELGADA 1 "	PIEZA	\$8,05	\$24,15
1	COPEL CONDUIT PARED DELGADA 1 1/4 "	PIEZA	\$12,19	\$12,19
33	CAJA CUADRADA GALVANIZADA DE 1/2 "	PIEZA	\$2,18	\$71,94

**Tabla 5.1 Listado y costo de los materiales eléctricos**



### 5.3 COSTO DE LA MANO DE OBRA.

En este tema se hace referencia al costo del trabajo realizado por el personal de la constructora en lo referente a las instalaciones eléctricas, el programa de obra va indicando el alcance que deben tener las instalaciones y de igual forma el tiempo en que se deben ejecutar éstas, el precio de la mano de obra puede variar de acuerdo a la zona geográfica, a las características particulares del lugar donde se va a realizar la obra, a la dificultad del trabajo a realizar, a la altura sobre el piso, especificando si es doble altura, triple altura, etc. y depende entre otras cosas si es zona urbana, zona suburbana, zona rural y también de las condiciones climáticas en las cuales se va a desarrollar la obra.

El costo de la mano de obra con el personal obrero es tradicionalmente pagado en forma semanal, mientras que el personal de Ingeniería puede variar siendo semanal ó quincenal y en algunas de las veces hasta con porcentaje de compensación por obra ejecutada, si la compañía así lo considera se puede contratar personal a destajo, en el cual el personal cobra un precio fijo por salida eléctrica; se define una salida eléctrica como el proceso completo de instalar una lámpara con su apagador respectivo, o también un tomacorriente instalado completamente, se contrata personal a destajo siempre y cuando las condiciones de pronta entrega así lo requieran, y también en forma temporal se puede subcontratar obra convenida por un tanto, explicado de otra manera se puede contratar una obra determinada con un tercero arreglándose en precio por el total de la obra a realizar.

A continuación se anexa una tabla con los diversos trabajos a ejecutar y el importe de los mismos tabla 5.2.

### 5.4 ANÁLISIS DEL PRECIO UNITARIO

Los conceptos de costo de los materiales y costo de la mano de obra se conjuntan para dar como resultado la aparición de un nuevo concepto que es el precio unitario. Este concepto es motivo de un minucioso análisis, en el intervienen los materiales, la mano de obra, los rendimientos por hora, la depreciación de herramienta y equipo, los costos indirectos y la utilidad.

Materiales.

Son los implementos necesarios para la edificación de la obra, en el caso de la obra eléctrica son todos aquellos que en conjunto integran una instalación eléctrica.

Mano de obra.

Es el trabajo físico realizado por una o varias personas en una determinada obra, los trabajos pueden ser desde simples hasta los especializados, en el caso de un trabajo simple es aquel en el que solo se ocupa la fuerza física y no se requiere de grandes conocimientos para desarrollarlo y un ejemplo puede ser el que realiza un peón simple.

RESUMEN DEL COSTO DE LOS TRABAJOS A EJECUTAR OBRA: MERCADO MUNICIPAL SAN FRANCISCO				
URUAPAN, MICHOACAN				
CANT.	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
210	INSTALACION DE CONTACTO DUPLEX ATERRIZADO SALIDA TERMINADA	SALIDA	\$200,00	\$42.000,00
85	INSTALACION DE LUMINARIA SLIM LINE 2 X 75 SALIDA TERMINADA	SALIDA	\$300,00	\$25.500,00
100	INSTALACION DE LUMINARIA SLIM LINE 1 X 55 SALIDA TERMINADA	SALIDA	\$250,00	\$25.000,00
16	INSTALACION DE LUMINARIA SLIM LINE 1 X 39 SALIDA TERMINADA	SALIDA	\$250,00	\$4.000,00
41	INSTALACION DE LUMINARIA DE ADITIVOS METALICOS DE 400 W SALIDA TERMINADA	SALIDA	\$800,00	\$32.800,00
122	INSTALACION Y CABLEADO DE CENTRO DE CARGA MONOFASICO	CONJUNTO	\$500,00	\$61.000,00
16	INSTALACION Y CABLEADO DE CENTRO DE CARGA TRIFASICO	CONJUNTO	\$800,00	\$12.800,00
122	INSTALACION DE ACOMETIDA MONOFASICA EN CONCENTRACION DE MEDIDORES	CONJUNTO	\$150,00	\$18.300,00
16	INSTALACION DE ACOMETIDA TRIFASICA EN CONCENTRACION DE MEDIDORES	CONJUNTO	\$300,00	\$4.800,00
16	INSTALACION DE ARRANCADORES MAGNETICOS A TENSION PLENA 3.0 HP 220V	SALIDA	\$250,00	\$4.000,00
1	INSTALACION DE 5 ALIMENTADORES DE TAB. GRAL. A CONCENTRAC. DE MEDIDORES	LOTE	\$5.000,00	\$5.000,00
1	INSTALACION DEL SISTEMA DE TIERRAS DE LA SUBESTACION	SALIDA	\$15.000,00	\$15.000,00
1	INSTALACION DE LA SUBESTACION ELÉCTRICA TIPO COMPACTA	LOTE	\$15.000,00	\$15.000,00
1	INSTALACION DEL TRANSFORMADOR.	LOTE	\$15.000,00	\$15.000,00
1	INSTALACION DEL TABLERO GENERAL DE SERVICIO NORMAL EN SUBESTACION	PIEZA	\$10.000,00	\$10.000,00
1	CABLEADO EN MEDIA TENSION INCLUYENDO TRANSICION Y REGISTROS	LOTE	\$35.000,00	\$35.000,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$325.200,00</b>

**Tabla 5.2 Resumen del costo de los trabajos a ejecutar**

El trabajo especializado es aquel que requiere conocimientos amplios para ejecutarlo, y es producto de la experiencia adquirida y talento desarrollado durante varios años, un ejemplo de éste puede ser un oficial electricista especializado.

#### Rendimientos.

El rendimiento es la cantidad de trabajo desarrollado en una determinada fracción de tiempo, generalmente la unidad de tiempo se mide en horas, de no ser así se puede especificar en jornadas laborales, el rendimiento laboral puede variar según el trabajo a desarrollar, o según la forma de en que se agrupe el personal.

Existen trabajos simples en los cuales la cuadrilla estará formada por un oficial y un peón simple, y habrá trabajos donde se requiera un oficial especializado, uno o varios ayudantes generales, varios peones simples y posiblemente hasta la presencia de un supervisor formando una cuadrilla especializada.

#### Herramienta y equipo.

Este concepto se refiere a la depreciación que sufrirá la herramienta debido al desgaste natural al desarrollarse un trabajo específico. Dicha depreciación se considera como un 3 % del valor original de la herramienta.

En el caso de los equipos estos se consideran según el tiempo que se vayan a usar en el desarrollo de cierto trabajo, se considera el tiempo y el precio de alquiler o renta horaria del mismo, ejemplos de algunos equipos pueden ser: vehículos de trabajo, andamios, grúas, plantas de luz y maquinaria en general.

#### Costo indirecto

Se define como costo indirecto a todos los gastos que aunque no forman parte directa del proceso productivo son aplicables a todos los conceptos de una obra en especial, ejemplos del mismo pueden ser los gastos de administración, capacitación del personal, consumibles de oficina de obra, fianzas, seguros, impuestos, etc.

El costo indirecto puede variar según la actividad que se realice y se puede considerar del 10 al 25 % para trabajos relacionados con obra eléctrica, para este proyecto se considera un costo indirecto del 11% en el análisis del precio unitario.

#### Utilidad

Es la ganancia mínima que debe percibir la empresa durante el proceso de construcción de una obra eléctrica y el solo hecho de proveer los materiales le da derecho a obtener del 10 al 25% de utilidad, en materiales ya adquiridos aun cuando estos vayan a ser instalados por terceros. Para este proyecto se considera una utilidad del 23 % en el análisis del precio unitario.

A continuación se muestran ejemplos de precios unitarios para dar una referencia sobre la elaboración de los mismos.

PARTIDA	CONCEPTO	COMPANÍA
	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE CONDUCTOR DE COBRE	
	MARCA CONDUMEX TIPO THW-LS CALIBRE 10 AWG HASTA 3 METROS DE ALTURA.	OBRA: MERCADO MUNICIPAL SAN FRANCISCO.
		FECHA

**METRO**

CLAVE	No.	MATERIALES	U	CANTIDAD	PRECIO	COSTO
	1	CABLE THW-LS CALIBRE 10 AWG MARCA CONDUMEX.	MT	1,05	10.12	10.626
	1	CAPUCHONES PARA CABLE 10 AWG.	PZA	0,33	1.00	0.33

**SUMA DE COSTO DE MATS. \$ 10,956**

CLAVE	No.	MANO DE OBRA	U	CANT	PRECIO	RENDIMIENTO	COSTO
	1	SUPERVISOR DE OBRA	JOR	0,2	450.00	400 M / JOR	0.225
	1	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	1	300.00	400 M / JOR	0.75
	1	AYUDANTE DE ELECTRICISTA	JOR	1	200.00	400 M / JOR	0.50
	1	PEON GENERAL	JOR	0,5	120.00	400 M / JOR	0.15

**SUMA DE COSTO DE M. DE O. \$ 1,625**

CLAVE	No.	HERRAMIENTA Y EQUIPO	U	CANT	PRECIO	RENDIMIENTO	COSTO
	1	CAMIONETA PICK UP DE 2.5 TON.	HR	0,5	300.00	400 M / JOR	0.375

**SUMA DE COSTO DE H. Y E. \$ 0,375**

OBSERVACIONES

RESUMEN	12.	956
COSTO DIRECTO	12.	956
COSTO INDIRECTO 11%	14.	381
UTILIDAD 23%	17.	688
PRECIO UNITARIO \$	17.	688

**Tabla 5.3 Ejemplo de análisis de precio unitario para cable 10 awg.**

PARTIDA	CONCEPTO	COMPANÍA
SUMINISTRO E INSTALACION DE SUBESTACION COMPACTA		
TIPO INTERIOR MARCA SIEMENS CLASE 13 KV.		OBRA: MERCADO MUNICIPAL
		SAN FRANCISCO.
		FECHA

CLAVE	No.	MATERIALES	U	CANTIDAD	PRECIO	COSTO
	1	SUBESTACION COMPACTA PARA INTERIOR	PZA	1	61500.00	61500.00
		MARCA SIEMENS TIPO 13 KV.				
	1	TAQUETE EXPANSIVO DE 3/4"	PZA	10	20.00	200.00
	1	TORNILLO 2" DE LARGO X 1/2" DE DIAMETRO	PZA	10	5.00	50.00

**SUMA DE COSTO DE MATS. \$ 61750,00**

CLAVE	No.	MANO DE OBRA	U	CANT	PRECIO	RENDIMIENTO	COSTO
	1	SUPERVISOR DE OBRA	JOR	0,25	450.00	0.33 LOTE/JOR	337.83
	1	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	1	300.00	0.33 LOTE/JOR	900.90
	1	AYUDANTE DE ELECTRICISTA	JOR	1	200.00	0.33 LOTE/JOR	600.60
	2	PEON GENERAL	JOR	0,5	120.00	0.33 LOTE/JOR	360.36

**SUMA DE COSTO DE M. DE O. \$ 2199,69**

CLAVE	No.	HERRAMIENTA Y EQUIPO	U	CANT	PRECIO	RENDIMIENTO	COSTO
	1	CAMIONETA PICK UP DE 2.5 TON.	HR	0,5	300.00	0.33 LOTE/JOR	450.45
	1	GRUA HIDRAULICA DE 7.5 TON.	HR	1	800.00	0.33 LOTE/JOR	2402.40

**SUMA DE COSTO DE H. Y E. \$ 2852,85**

OBSERVACIONES

RESUMEN	66802.54
COSTO DIRECTO	66802.54
COSTO INDIRECTO 11%	74150.81
UTILIDAD 23%	91205.50
<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>91205.50</b>

**Tabla 5.4 Ejemplo de análisis de precio unitario para subestación compacta tipo interior.**

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO.

#### 6.1 INTRODUCCIÓN.

Al finalizar la elaboración de un proyecto se debe tener la certeza de que las instalaciones eléctricas van a funcionar correctamente, en el capítulo de conclusiones se debe hacer una sinopsis breve de todos los aspectos importantes que se tomaron en cuenta para la elaboración del mismo, esos aspectos importantes son las normatividades existentes que tienen relación con el proyecto, de igual manera se deben mencionar los trabajos que se vayan a realizar a corto o largo plazo, y se debe tener la información técnica necesaria para que el proyecto pueda absorber eléctricamente las instalaciones futuras.

#### 6.2 CAPACIDAD DE RESERVA EN LAS INSTALACIONES

En el presente proyecto los cálculos referentes al censo de cargas dan como resultado que la carga instalada es igual a 183.88 KVA, para lo cual un transformador de 225 KVA sería suficiente, pero por disposiciones técnicas no se recomienda que el transformador trabaje en forma saturada.

Se recomienda que un transformador trabaje como máximo al 90% de su capacidad, ello para operar correctamente y no sufra daños en sus devanados por el incremento de temperatura, la cual es originada por saturar al 100% al transformador, por lo que un transformador de 225 KVA puede suministrar 202.5 KVA de potencia sin sufrir daños en sus devanados, sin embargo se considera que el excedente de aproximadamente 20 KVA que se tendría con el transformador de 225 KVA no satisface la futura demanda de carga del inmueble, pues se tiene la posibilidad de instalar una maquina tortilladora, con su respectivo molino de masa, lo cual incrementaría en aproximadamente 20 KVA la carga existente del proyecto, propiciando en consecuencia la saturación del sistema.

Por lo tanto se sugiere la instalación de **un transformador de 300 KVA** tomando como referencia el censo de cargas realizado (páginas 92-101) el cual cumple satisfactoriamente con la tendencia de demanda eléctrica del inmueble.

#### 6.3 TRABAJOS A FUTURO.

Se considera dentro de los trabajos a futuro la instalación de una planta de emergencia, para proveer de energía solamente a aquellas cargas que por su importancia no deban tener interrumpido su ciclo de trabajo, y más aún cuando la interrupción de la energía en dichos equipos provocará pérdidas económicas, como consecuencia de que existan productos perecederos, lo cual es real en este proyecto al haber cámaras de refrigeración para carnicería en el mercado, el cual es el objeto de este proyecto.

La planta de emergencia por lo tanto genera un proyecto adicional completamente independiente al proyecto aquí realizado, el cual técnicamente se describe como de servicio normal.

De manera breve se comenta que la planta de emergencia, suministra la energía de manera alternativa como lo realiza el transformador en el servicio normal (el cual se realizó en este proyecto), y de manera similar se realizan los cálculos de tableros eléctricos, conductores eléctricos, canalizaciones eléctricas, protecciones y todo el proyecto de alumbrado de emergencia, y se comenta que todo el proyecto del sistema del servicio de emergencia es totalmente independiente y separado del proyecto de servicio normal aquí realizado, de igual manera se comenta que al existir en un proyecto servicio normal y servicio de emergencia, deben de rotularse los tableros de servicio normal y servicio de emergencia por separado, de manera que sean fácilmente distinguibles el uno del otro y no exista la posibilidad de confusión.

Por lo general el servicio normal se distingue del servicio de emergencia por su dimensionamiento, el servicio de emergencia por lo general es más pequeño que el servicio normal, y se puede considerar como un 30% de la carga existente en el servicio normal.

#### 6.4 CONCLUSIONES.

Una vez realizado este proyecto se deduce que se realizó cumpliendo con todas las Normatividades vigentes hasta el día de su conclusión, y cumple satisfactoriamente con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Normas vigentes de CFE y también cuenta con acreditación verbal de una unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas autorizada por la Secretaría de Energía.

Se deduce también que los materiales sugeridos para la construcción de la obra cumplen cabalmente con las pruebas de laboratorio necesarias para su correcta operación y los cálculos de los conductores y equipos eléctricos diversos cumplen con los requerimientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005.

Con la información anterior se llega a la conclusión de que la obra PROYECTO DE RECONSTRUCCION ELÉCTRICA DEL MERCADO MUNICIPAL SAN FRANCISCO DE URUAPAN, MICH. cumple satisfactoriamente para su buen funcionamiento eléctrico, y es un lugar seguro para todas las personas que concurran a el, ya que no existen condiciones que puedan poner en riesgo la integridad física de las personas ni de sus instalaciones

CALIBRE	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE Amperes (1)				NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES ADMISIBLES EN TUBERIA CONDUIT (2)										FACTORES DE CAIDA DE TENSION UNITARIA																
					MILI Volts/Ampere-Metro (3)										Monofásico		Bifásico		Trifásico												
	DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO mm (in)				16		21		27		35		41		53		63		78		88		103		Instalación		Instalación		Instalación		
	75°C		90°C		(1/2")	(3/4")	(1")	(1 1/4")	(1 1/2")	(2")	(2 1/2")	(3")	(3 1/2")	(4")	Meta lica	No me talica	Meta lica	No me talica	Meta lica	No me talica	Meta lica	No me talica	Meta lica	No me talica	Meta lica	No me talica	Meta lica	No me talica			
14	15	20	25	30	8	14	22	39	54						21,54	21,54	10,77	10,77	18,65	18,65											
12	20	25	30	40	6	11	17	30	41	68					13,56	13,56	6,78	6,78	11,74	11,74											
10	30	40	40	55	4	8	13	23	32	53					8,52	8,52	4,26	4,26	7,38	7,38											
8	45	65	50	70	2	4	7	13	17	28	40				5,36	5,36	2,68	2,68	4,64	4,64											
6	65	95	70	100	1	2	4	7	10	16	23	36	48		3,37	3,37	1,69	1,69	2,92	2,92											
4	85	125	90	135	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	2,12	2,12	1,06	1,06	1,84	1,84											
2	115	170	120	180	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	1,35	1,33	0,68	0,67	1,18	1,16											
1/0	150	230	155	245	-	1	1	2	3	5	8	12	16	21	0,86	0,84	0,43	0,42	0,74	0,73											
2/0	175	265	185	285	-	1	1	1	3	5	7	10	14	18	0,68	0,67	0,34	0,34	0,59	0,59											
3/0	200	310	210	330	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15	0,55	0,53	0,28	0,27	0,48	0,46											
4/0	230	360	235	385	-	-	1	1	1	3	5	7	10	13	0,44	0,42	0,22	0,21	0,38	0,36											
250	255	405	270	425	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10	0,38	0,36	0,19	0,18	0,33	0,31											
300	285	445	300	480	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9	0,32	0,3	0,16	0,15	0,28	0,26											
350	310	505	325	530	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8	0,27	0,26	0,14	0,13	0,24	0,23											
400	335	545	360	575	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7	0,24	0,22	0,12	0,11	0,21	0,19											
500	380	620	405	660	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6	0,2	0,18	0,1	0,09	0,17	0,16											
600	420	690	455	740	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,15	0,09	0,08	0,16	0,14											
750	475	785	500	845	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,14	0,12	0,07	0,06	0,12	0,1											
1000	545	935	585	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	0,09	0,06	0,05	0,1	0,09											

- (1) Basados en una temperatura ambiente de 30°C y temperatura en el conductor de 75°C y 90°C  
Valores válidos para agrupamiento de 1 a 3 conductores, para 4 ó mas, consulte los valores de corrección.
- (3) Para encontrar su caída de tensión en volts, multiplique su factor de caída por la longitud y por los amperes del circuito, el resultado divídalo entre mil.

- (2) Cuando los conductores de circuitos de corriente alterna se alojen en tuberías metálicas ó cuando dichos conductores que transporten más de 50 ó pasen a través de una placa metálica, se deben colocar agrupando los conductores activos y el neutro, esto con el fin de limitar calentamientos excesivos por el efecto de inducción.

FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA AMBIENTE

FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO

NUMERO DE CONDUCTORES	MULTIPLIQUE LA CORRIENTE X
4 a 6	0,8
7 a 24	0,7
25 a 42	0,6
Mas de 42	0,5

TEMPERATURA AMBIENTE °C	TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE EN EL AISLAMIENTO °C	
	75°C	90°C
31-40	0,88	0,9
41-45	0,82	0,85
46-50	0,75	0,8
51-55	0,67	0,74
56-60	0,58	0,67
61-70	0,35	0,52
71-80		0,3

**Tabla 2.6.1 Capacidad de conducción de corriente de conductores eléctricos y factores de caída de tensión unitaria (CONDUMEX).**

AREA DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS TIPO THW EN CM <sup>2</sup>															
CALIBRE	N U M E R O D E C O N D U C T O R E S														
AWG ó KCM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14	0,096	0,192	0,288	0,384	0,480	0,576	0,672	0,768	0,864	0,960	1,056	1,152	1,248	1,344	1,440
12	0,125	0,250	0,375	0,500	0,625	0,750	0,875	1,000	1,125	1,250	1,375	1,500	1,625	1,750	1,875
10	0,166	0,332	0,498	0,664	0,830	0,996	1,162	1,328	1,494	1,660	1,826	1,992	2,158	2,324	2,490
8	0,282	0,564	0,846	1,128	1,410	1,692	1,974	2,256	2,538	2,820	3,102	3,384	3,666	3,948	4,230
6	0,477	0,954	1,431	1,908	2,385	2,862	3,339	3,816	4,293	4,770	5,247	5,724	6,201	6,678	7,155
4	0,636	1,272	1,908	2,544	3,180	3,816	4,452	5,088	5,724	6,360	6,996	7,632	8,268	8,904	9,540
2	0,865	1,730	2,595	3,460	4,325	5,190	6,055	6,920	7,785	8,650	9,515	10,380	11,245	12,110	12,975
1 / 0	1,452	2,904	4,356	5,808	7,260	8,712	10,164	11,616	13,068	14,520	15,972	17,424	18,876	20,328	21,780
2 / 0	1,720	3,440	5,160	6,880	8,600	10,320	12,040	13,760	15,480	17,200	18,920	20,640	22,360	24,080	25,800
3 / 0	2,035	4,070	6,105	8,140	10,175	12,210	14,245	16,280	18,315	20,350	22,385	24,420	26,455	28,490	30,525
4 / 0	2,432	4,864	7,296	9,728	12,160	14,592	17,024	19,456	21,888	24,320	26,752	29,184	31,616	34,048	36,480
250	2,986	5,972	8,958	11,944	14,930	17,916	20,902	23,888	26,874	29,860	32,846	35,832	38,818	41,804	44,790
300	3,430	6,860	10,290	13,720	17,150	20,580	24,010	27,440	30,870	34,300	37,730	41,160	44,590	48,020	51,450
350	3,870	7,740	11,610	15,480	19,350	23,220	27,090	30,960	34,830	38,700	42,570	46,440	50,310	54,180	58,050
400	4,300	8,600	12,900	17,200	21,500	25,800	30,100	34,400	38,700	43,000	47,300	51,600	55,900	60,200	64,500
500	5,147	10,294	15,441	20,588	25,735	30,882	36,029	41,176	46,323	51,470	56,617	61,764	66,911	72,058	77,205
600	6,290	12,580	18,870	25,160	31,450	37,740	44,030	50,320	56,610	62,900	69,190	75,480	81,770	88,060	94,350
750	7,354	14,708	22,062	29,416	36,770	44,124	51,478	58,832	66,186	73,540	80,894	88,248	95,602	102,956	110,310
1000	9,348	18,696	28,044	37,392	46,740	56,088	65,436	74,784	84,132	93,480	102,828	112,176	121,524	130,872	140,220

Tabla 2.6.2 Área de conductores eléctricos tipo thw en cm<sup>2</sup>

AREA DE SECCION TRANSVERSAL DISPONIBLE EN CM <sup>2</sup> PARA TUBERIA CONDUIT									
pulgadas	1 / 2"	3 / 4"	1"	1 1 / 4"	1 1 / 2"	2"	2 1 / 2"	3"	4"
mm	16 mm	21 mm	27 mm	35 mm	41 mm	53 mm	63 mm	78 mm	103
Area nominal	2,010624	3,463614	5,725566	9,62115	13,20257	22,06189	31,17253	47,78374	83,32309
cms <sup>2</sup>									
<b>40 % dispon.</b>	<b>0,80425</b>	<b>1,385446</b>	<b>2,290226</b>	<b>3,84846</b>	<b>5,28103</b>	<b>8,824754</b>	<b>12,46901</b>	<b>19,11349</b>	<b>33,32923</b>

Tabla 2.12.1 Área de sección transversal disponible en tubería conduit.

AREA DE SECCION TRANSVERSAL DISPONIBLE EN CM <sup>2</sup> PARA DUCTO CUADRADO						
	6 X 6 CMS		10 X 10 CMS		15 X 15 CMS	
Area nominal	36		100		225	
cms <sup>2</sup>						
<b>30 % disponible</b>	<b>10,8</b>		<b>30</b>		<b>67,5</b>	

Tabla 2.12.2 Área de sección transversal disponible en ducto cuadrado.

TABLA DE ALIMENTADORES DE CONCENTRACION DE MEDIDORES A CENTROS DE CARGA											
Local	carga	corriente	corriente	longitud	caida %	seccion	proteccion	calibre			tuberia
No	W	1 fase	3 fases	mt	e%	mm2	A	F	N	TF	mm
1	6227		19,2482	49	0,701674	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
2	5315		16,4292	48	0,586685	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
3	2056	19,04585		45	2,029633	13,3	1 X 40	1-6	1-6	1-8	ducto 10x10
4	5771		17,8387	42	0,557392	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
5	5771		17,8387	36	0,477765	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
6	1368	12,67253		30	1,432302	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
7	1662	15,39602		39	1,421928	13,3	1 X 30	1-6	1-6	1-8	ducto 15x15
8	762	7,058824		24	0,638254	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 15x15
9	1062	9,837888		21	0,778343	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 15x15
10	1456	13,48773		15	0,762219	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 15x15
11	6227		19,2482	12	0,171839	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 15x15
12	912	8,448356		25	0,795724	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 15x15
13	912	8,448356		20	0,636579	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 15x15
14	912	8,448356		19	0,60475	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 15x15
15	6227		19,2482	12	0,171839	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
16	5315		16,4292	15	0,183339	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
17	5771		17,8387	18	0,238882	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
18	5771		17,8387	25	0,331781	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
19	1218	11,283		16	0,680134	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 15x15
20	6227		19,2482	22	0,315038	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 15x15
21	5315		16,4292	31	0,378901	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 15x15
22	456	4,224178		34	0,541092	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 15x15
23	456	4,224178		44	0,700237	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
24	2056	19,04585		47	2,119839	13,3	1 X 40	1-6	1-6	1-8	ducto 10x10
25	2056	19,04585		48	2,164942	13,3	1 X 40	1-6	1-6	1-8	ducto 10x10
26	2056	19,04585		51	2,300251	13,3	1 X 40	1-6	1-6	1-8	ducto 10x10
27	5771		17,8387	54	0,716647	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
28	456	4,224178		60	0,954868	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
29	5771		17,8387	63	0,836089	21,14	3 X 60	3-4	1-4	1-6	ducto 10x10
30 - 31	722	6,688282		35	0,881927	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
32	361	3,344141		33	0,415766	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
33	361	3,344141		33	0,415766	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
34 - 35	722	6,688282		31	0,781135	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
36	361	3,344141		29	0,36537	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
37	361	3,344141		29	0,36537	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
38	361	3,344141		27	0,340172	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
39	361	3,344141		27	0,340172	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
40	361	3,344141		25	0,314974	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
41	361	3,344141		25	0,314974	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
42	361	3,344141		41	0,516557	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
43	361	3,344141		41	0,516557	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
44 - 45	722	6,688282		39	0,982719	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
46 - 47	722	6,688282		37	0,932323	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
48 - 49	722	6,688282		35	0,881927	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
50	361	3,344141		33	0,415766	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
51	361	3,344141		33	0,415766	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
52	361	3,344141		31	0,390568	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
53	361	3,344141		31	0,390568	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10

**Tabla 2.9.4.1 Calculo de circuitos alimentadores**

Local	carga	corriente	corriente	longitud	caida %	seccion	proteccion	calibre			tuberia
No	W	1 fase	3 fases	mt	e%	mm2	A	F	N	TF	mm
54	361	3,344141		47	0,592151	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
55 - 56	722	6,688282		47	1,184302	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
57	361	3,344141		45	0,566953	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
58	361	3,344141		43	0,541755	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
59	361	3,344141		43	0,541755	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
60	361	3,344141		41	0,516557	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
61	361	3,344141		41	0,516557	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
62	361	3,344141		39	0,491359	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
63-64-65	1083	10,03242		39	1,474078	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
66	361	3,344141		53	0,667745	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
67 - 68	722	6,688282		53	1,335489	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
69	361	3,344141		51	0,642547	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
70	361	3,344141		49	0,617349	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
71	361	3,344141		49	0,617349	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
72	361	3,344141		47	0,592151	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
73	361	3,344141		47	0,592151	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
74	361	3,344141		45	0,566953	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
75 - 76	722	6,688282		45	1,133906	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
77	361	3,344141		43	0,541755	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
78	361	3,344141		41	0,516557	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
79	361	3,344141		41	0,516557	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
80	361	3,344141		39	0,491359	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
81 - 82	722	6,688282		39	0,982719	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
83	361	3,344141		37	0,466161	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
84 - 85	722	6,688282		35	0,881927	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
86 - 87	722	6,688282		33	0,831531	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
88 - 89	722	6,688282		31	0,781135	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
90 - 91	722	6,688282		49	1,234698	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
92	361	3,344141		47	0,592151	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
93 - 94	722	6,688282		47	1,184302	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
95	361	3,344141		45	0,566953	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
96	361	3,344141		43	0,541755	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
97	361	3,344141		43	0,541755	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
98	361	3,344141		41	0,516557	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
99	361	3,344141		41	0,516557	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
100	361	3,344141		39	0,491359	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
101	361	3,344141		39	0,491359	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
102	345	3,195924		63	0,758555	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
103	345	3,195924		65	0,782636	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
104	361	3,344141		63	0,793734	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
105	361	3,344141		61	0,768536	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
106	361	3,344141		61	0,768536	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
107	722	6,688282		59	1,486677	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
108	361	3,344141		59	0,743338	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
109	361	3,344141		57	0,71814	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
110	361	3,344141		57	0,71814	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
111	345	3,195924		53	0,638149	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
112	361	3,344141		53	0,667745	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
113	361	3,344141		47	0,592151	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
114	361	3,344141		51	0,642547	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10

**Tabla 2.9.4.1 Calculo de circuitos alimentadores (continuación)**

Local	carga	corriente	corriente	longitud	caida %	seccion	proteccion	calibre			tuberia
No	W	1 fase	3 fases	mt	e%	mm2	A	F	N	TF	mm
115	361	3,344141		49	0,617349	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
116	1316	12,19083		47	2,158644	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
117	1677	15,53497		48	2,809323	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
118	345	3,195924		48	0,577947	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
119	345	3,195924		61	0,734474	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
120	345	3,195924		59	0,710393	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
121	345	3,195924		57	0,686312	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
122	345	3,195924		55	0,66223	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
123	361	3,344141		53	0,667745	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
124	345	3,195924		51	0,614068	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
125	361	3,344141		48	0,60475	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
126	345	3,195924		61	0,734474	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
127	345	3,195924		59	0,710393	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
128	345	3,195924		57	0,686312	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
129	345	3,195924		55	0,66223	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
130	361	3,344141		52	0,655146	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
131	361	3,344141		49	0,617349	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
132	456	4,224178		73	1,161756	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
133	345	3,195924		72	0,86692	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
134	345	3,195924		67	0,806717	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
135	361	3,344141		66	0,831531	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
136	606	5,61371		62	1,311269	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
137	361	3,344141		59	0,743338	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
138	361	3,344141		54	0,680344	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
139	300	2,779064		20	0,209401	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
140	2706		8,3645	17	0,168148	13,3	3 X 60	3-6	1-6	1-8	ducto 10x10
141	2706		8,3645	14	0,138475	13,3	3 X 60	3-6	1-6	1-8	ducto 10x10
142	2856		8,82817	12	0,125272	13,3	3 X 60	3-6	1-6	1-8	ducto 10x10
143	361	3,344141		42	0,529156	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
144	1456	13,48773		41	2,0834	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
145	1306	12,09819		38	1,732025	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
146	1306	12,09819		35	1,595286	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
147	1456	13,48773		29	1,473624	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
148	1456	13,48773		23	1,168736	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
149	1306	12,09819		20	0,911592	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
150	1306	12,09819		17	0,774853	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
151	361	3,344141		15	0,188984	8,36	1 X 30	1-8	1-8	1-10	ducto 10x10
TOTAL	156298										
TABLA DE ALIMENTADORES DE TABLERO GENERAL A CONCENTRACION DE MEDIDORES											
circuito	carga	ubicación	corriente	longitud	caida %	seccion	proteccion	calibre			tuberia
No	W		3 fases	mt	e%	mm2	A	F	N	TF	mm
concentr. 1	36170	planta baja	111,805	29	0,756463	67,41	3 X 150A	3-2/0	1-2/0	1-1/0	63 mm
concentr. 2	28989	planta baja	89,6077	24	0,632557	53,47	3 X 125A	3-1/0	1-1/0	1-2	63 mm
concentr. 3	40412	planta baja	124,917	14	0,408018	67,41	3 X 175A	3-2/0	1-2/0	1-1/0	63 mm
concentr. 4	50727	planta baja	156,802	10	0,290023	85,03	3 X 200A	3-3/0	1-3/0	1-2/0	78 mm
tablero "A"	19828	planta baja	61,2902	26	0,745231	33,63	3 x 100A	3-2	1-2	1-4	53 mm

**Tabla 2.9.4.1 Calculo de circuitos alimentadores (continuación)**

CENSO DE CARGAS									
OBRA: MERCADO MUNICIPAL SAN FRANCISCO DE URUAPAN MICHOACAN									
LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
1	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		3	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	450		
		8	CONTACTOS	USO GENERAL		153	1224	6227	7326
2	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	5315	6253
3	JUGUERIA	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		75	150		
		4	CONTACTOS	LICUADORAS		400	1600		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	2056	2419
4	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		6	CONTACTOS	USO GENERAL		153	918	5771	6789
5	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		6	CONTACTOS	USO GENERAL		153	918	5771	6789
6	FRUTERIA	3	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	450		
		6	CONTACTOS	USO GENERAL		153	918	1368	1609
7	PESCADERIA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	MOTOR	REFRIGERADOR		450	900		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	1662	1955
8	FRUTERIA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	762	896
9	FRUTERIA	3	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	450		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	1062	1249
10	COMIDA	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	CONTACTOS	LICUADORAS		400	400	1456	1713

Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto.

LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
11	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		3	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	450		
		8	CONTACTOS	USO GENERAL		153	1224	6227	7326
12	VERDURAS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	912	1073
13	VERDURAS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	912	1073
14	VERDURAS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	912	1073
15	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		3	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	450		
		8	CONTACTOS	USO GENERAL		153	1224	6227	7326
16	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	5315	6253
17	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		6	CONTACTOS	USO GENERAL		153	918	5771	6789
18	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		6	CONTACTOS	USO GENERAL		153	918	5771	6789
19	ABARROTES	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		6	CONTACTOS	USO GENERAL		153	918	1218	1433
20	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		

**Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto (continuación).**

LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
		3	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	450		
		8	CONTACTOS	USO GENERAL		153	1224	6227	7326
21	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1119	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	746	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2238	2238		
		1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	5315	6253
22	ABARROTOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	456	536
23	ABARROTOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	456	536
24	JUGUERIA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		4	MOTOR	LICUADORAS		400	1600		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	2056	2419
25	JUGUERIA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		4	MOTOR	LICUADORAS		400	1600		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	2056	2419
26	JUGUERIA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		4	MOTOR	LICUADORAS		400	1600		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	2056	2419
27	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1125	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	750	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2250	2238		
		2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		6	CONTACTOS	USO GENERAL		153	918	5771	6789
28	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	456	536
29	CARNICERIA	1	MOTOR	SIERRA	1,5	1125	1119		
		1	MOTOR	TRITURADORA	1	750	746		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2250	2238		
		2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		6	CONTACTOS	USO GENERAL		153	918	5771	6789
30-31	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
32	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425

**Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto (continuación).**

LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
33	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
34-35	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
36	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
37	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
38	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
39	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
40	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
41	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
42	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
43	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
44-45	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
46-47	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
48-49	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
50	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
51	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
52	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
53	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
54	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425

**Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto (continuación).**

LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
55-56	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
57	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
58	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
59	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
60	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
61	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
62	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
63-64-65	VARIOS	3	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	165		
		6	CONTACTOS	USO GENERAL		153	918	1083	1274
66	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
67-68	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
69	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
70	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
71	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
72	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
73	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
74	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
75-76	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849

**Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto (continuación).**

LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
77	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
78	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
79	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
80	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
81-82	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
83	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
84-85	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
86-87	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
88-89	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
90-91	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
92	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
93-94	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
95	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
96	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
97	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
98	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
99	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425

**Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto (continuación).**

LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
100	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
101	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
102	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
103	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
104	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
105	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
106	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
107	VARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	722	849
108	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
109	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
110	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
111	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
112	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
113	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
114	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
115	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
116	PESCADERIA	2	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	110		
		2	MOTOR	REFRIGERADOR		450	900		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	1316	1548

**Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto (continuación).**

LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
117	PESCADERIA	3	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	165		
		2	MOTOR	REFRIGERADOR		450	900		
		4	CONTACTOS	USO GENERAL		153	612	1677	1973
118	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
119	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
120	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
121	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
122	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
123	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
124	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
125	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
126	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
127	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
128	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
129	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
130	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
131	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
132	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	456	536
133	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406

**Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto (continuación).**

LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
134	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	345	406
135	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
136	ALTAR	1	ESPECIAL	GAS NEON		300	300		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	606	713
137	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
138	VARIOS	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
139	SANITARIOS	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300	300	353
140	BODEGA DE	1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2250	2250		
	CARNE	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	2706	3184
141	BODEGA DE	1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2250	2250		
	CARNE	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	2706	3184
142	BODEGA DE	1	MOTOR	FRIGORIFICO	3	2250	2250		
	CARNE	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	2856	3360
143	BODEGA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
	2o PISO	2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
144	COMIDA	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	CONTACTOS	LICUADORAS		400	400	1456	1713
145	COMIDA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	CONTACTOS	LICUADORAS		400	400	1306	1536
146	COMIDA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	CONTACTOS	LICUADORAS		400	400	1306	1536
147	COMIDA	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	CONTACTOS	LICUADORAS		400	400	1456	1713

**Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto (continuación).**

LOCAL	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
148	COMIDA	2	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	300		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	CONTACTOS	LICUADORAS		400	400	1456	1713
149	COMIDA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	CONTACTOS	LICUADORAS		400	400	1306	1536
150	COMIDA	1	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	150		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306		
		1	MOTOR	REFRIGERADOR		450	450		
		1	CONTACTOS	LICUADORAS		400	400	1306	1536
151	OFICINA DEL	1	FLUORESCENTE	LAMPARA		55	55		
	ADMDOR	2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	361	425
							SUB TOTAL	156298	183880
CTO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	CARGA TIPO	DESCRIPCION	H.P	WATTS	SUBTOTAL	TOTAL WATTS	TOTAL VA
1,3,5	ALUM. GRAL	8	ADIT. METALIC	LAMPARA		400	3200	3200	3765
2,4,6	ALUM. GRAL	8	ADIT. METALIC	LAMPARA		400	3200	3200	3765
7,9,11	ALUM. GRAL	7	ADIT. METALIC	LAMPARA		400	2800	2800	3294
8,10,12	ALUM. GRAL	10	ADIT. METALIC	LAMPARA		400	4000	4000	4706
13,15,17	ALUM. GRAL	8	ADIT. METALIC	LAMPARA		400	3200	3200	3765
14,16,18	ALUM. GRAL	17	FLUORESCENTE	LAMPARA 2 X 75		150	2550		
		1	FLUORESCENTE	LAMPARA		39	39		
		2	CONTACTOS	USO GENERAL		153	306	2895	3406
							SUB TOTAL	19295	22700
A CONTINUACION SE REALIZA LA SUMA DE LOS CENSOS DE CARGA PARCIALES									
	AREA DE LOCALES Y GONDOLAS (L1 - L151)						SUB TOTAL	156298	183880
	TABLERO "A" (ALUMBRADO GENERAL)						SUB TOTAL	19295	22700
							<b>TOTAL</b>	<b>175593</b>	<b>206580</b>

**Tabla 2.17.1 Censo de cargas del proyecto (continuación).**

CONCENTRADO DE CONDUCTORES ELECTRICOS OBRA: MERCADO MUNICIPAL SAN FRANCISCO  
URUAPAN, MICHOACAN

CABLE THW - LS MARCA CONDUMEX

TRAYECTORIA DE CABLEADO			3/0 AWG	2/0 AWG	1/0 AWG	2 AWG	4 AWG	6 AWG	8 AWG	10 AWG	12AWG
SUBESTACION A CONCENTRACION DE MEDIDORES			56	200	108	112					
EN CONCENTRACION DE MEDIDORES							132	114	1413	342	
CONCENTRACION DE MEDIDORES A LOCALES							1320	456	19644		
CIRCUITOS DERIVADOS (LOCAL 1 -LOCAL 151)									132	1698	1712
ALUMBRADO GENERAL										969	239
		TOTAL	56	200	108	112	1452	570	21189	3009	1951

CABLE DESNUDO

TRAYECTORIA DE CABLEADO			4/0 AWG	2/0 AWG	1/0 AWG	2 AWG	4 AWG	6 AWG	8 AWG	10 AWG	14 AWG
SUBESTACION A CONCENTRACION DE MEDIDORES			100	14	50	27	28				
EN CONCENTRACION DE MEDIDORES											
CONCENTRACION DE MEDIDORES A LOCALES								757	501	4911	
CIRCUITOS DERIVADOS (LOCAL 1 -LOCAL 151)											1749
ALUMBRADO GENERAL											499
		TOTAL	100	14	50	27	28	757	501	4911	2248

**Tabla 2.17.2 Concentrado de conductores eléctricos.**

**CUADRO DE CARGAS  
CONCENTRACION DE MEDIDORES #1**

LOCALIZACION	VA - FASE			TIPO	CANT.	CIRCUITO NUMERO	NEUTRO 3X150A			CIRCUITO NUMERO	CANT.	TIPO	VA - FASE			LOCALIZACION
	A	B	C				A	B	C				A	B	C	
	2442			1HP 153W	1 8											
LOCAL 20		2442		1.5HP 2X75W	1 3	3P-60A			1P-30A	6 2	15.3W 2X75W		1433		LOCAL 19	
			2442	3HP 450W	1 1				1P-30A	2 1	15.3W 2X75W			536	LOCAL 22	
	2084			1HP 153W	1 4				1P-30A	2 1	15.3W 2X75W		536		LOCAL 23	
LOCAL 21		2085		1.5HP 2X75W	1 1	3P-60A			1P-40A	2 4 1	15.3W 400W 2X75W		2419		LOCAL 24	
			2084	3HP 450W	1 1				1P-40A	2 4 1	15.3W 400W 2X75W			2419	LOCAL 25	
	2263			1HP 153W	1 4				1P-40A	2 4 1	15.3W 400W 2X75W		2419		LOCAL 26	
LOCAL 27		2263		1.5HP 2X75W	1 2	3P-60A										
			2263	3HP 450W	1 1											
	2263			1HP 153W	1 2				1P-30A	2 1	15.3W 2X75W		536		LOCAL 28	
LOCAL 29		2263		1.5HP 2X75W	1 2	3P-60A			1P-30A	2 1	15.3W 55W		425		LOCAL 78	
			2263	3HP 450W	1 1				1P-30A	2 1	15.3W 55W			425	LOCAL 79	
									1P-30A	2 1	15.3W 55W		425		LOCAL 80	
									1P-30A	4 2	15.3W 55W			850	LOCAL 81-82	
									1P-30A	2 1	15.3W 55W		425		LOCAL 83	
									1P-30A	4 2	15.3W 55W		850		LOCAL 84-85	
									1P-30A	4 2	15.3W 55W		850		LOCAL 86-87	
									1P-30A	4 2	15.3W 55W		850		LOCAL 88-89	

**FASE A = 14243**

**FASE B = 14180**

**FASE C = 14132**

$$\% \text{ DESB} = \frac{14243 - 14132}{14243} = 0.78\%$$

**CUADRO DE CARGAS  
CONCENTRACION DE MEDIDORES #2**

LOCALIZACION	VA - FASE			TIPO	CANT.	CIRCUITO NUMERO	NEUTRO 3X125A			CIRCUITO NUMERO	CANT.	TIPO	VA - FASE			LOCALIZACION
	A	B	C				A	B	C				A	B	C	
LOCAL 90-91	849			153W 55W	4 2	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W			406	LOCAL 119
LOCAL 92		425		153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W			406	LOCAL 120
LOCAL 93-94			849	153W 55W	4 2	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W			406	LOCAL 121
LOCAL 95	425			153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W	406			LOCAL 122
LOCAL 96		425		153W 55W	1 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 123
LOCAL 97			425	153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W			406	LOCAL 124
LOCAL 98	425			153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 55W	425			LOCAL 125
LOCAL 99		425		153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W		406		LOCAL 126
LOCAL 100			425	153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W			406	LOCAL 127
LOCAL 101	425			153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W	406			LOCAL 128
LOCAL 102		406		153W 39W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W		406		LOCAL 129
LOCAL 103			406	153W 39W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 55W			425	LOCAL 130
LOCAL 104	425			153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 55W	425			LOCAL 131
LOCAL 105		425		153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 2	153W 2x75W		536		LOCAL 132
LOCAL 106			425	153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W			406	LOCAL 133
LOCAL 107	849			153W 55W	4 2	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 39W	406			LOCAL 134
LOCAL 108		425		153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 135
LOCAL 109			425	153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 300W			713	LOCAL 136
LOCAL 110	425			153W 55W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 55W	425			LOCAL 137
LOCAL 111		406		153W 39W	2 1	1P-30A				1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 138
LOCAL 112			425	153W 39W	2 1	1P-30A				1P-30A	2	2x75W			353	LOCAL 139
LOCAL 113	425			153W 55W	2 1	1P-30A							1061			
LOCAL 114		425		153W 55W	2 1	1P-30A				3P-60A	1 2 1	153W 3HP 2x75W		1062		LOCAL 140
LOCAL 115			425	153W 55W	2 1	1P-30A									1061	
LOCAL 116	1548			153W 400W 55W	2 2 2	1P-30A							1061			
LOCAL 117		1973		153W 400W 55W	2 3 4	1P-30A				3P-60A	1 2 1	153W 3HP 2x75W		1062		LOCAL 141
LOCAL 118			406	153W 39W	2 1	1P-30A									1061	
													1061			
											1 2 2	153W 3HP 2x75W		1062		LOCAL 142
															1061	

FASE A = 11472

FASE B = 11144

FASE C = 11321

$$\% \text{ DESB} = \frac{11472 - 11144}{11472} = 2.85\%$$

**CUADRO DE CARGAS  
CONCENTRACION DE MEDIDORES #3**

LOCALIZACION	VA - FASE			TIPO	CANT.	CIRCUITO NUMERO	NEUTRO 3X175A			CIRCUITO NUMERO	CANT.	TIPO	VA - FASE			LOCALIZACION
	A	B	C				A	B	C				A	B	C	
	2442			1HP 153W	1 8				1P-30A	4 2	153W 55W	849			LOCAL 48-49	
LOCAL 15		2442		1.5HP 2475W	1 3	3P-60A			1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 50	
			2442	3HP 450W	1 1				1P-30A	2 1	153W 55W			425	LOCAL 51	
	2084			1HP 153W	1 4				1P-30A	2 1	153W 55W	425			LOCAL 52	
LOCAL 16		2085		1.5HP 2475W	1 1	3P-60A										
			2084	3HP 450W	1 1											
	2263			1HP 153W	1 6				1P-30A	2 1	153W 55W	425			LOCAL 53	
LOCAL 17		2263		1.5HP 2475W	1 2	3P-60A			1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 54	
			2263	3HP 450W	1 1				1P-30A	4 2	153W 55W			849	LOCAL 55-56	
	2263			1HP 153W	1 6				1P-30A	2 1	153W 55W	425			LOCAL 57	
LOCAL 18		2263		1.5HP 2475W	1 2	3P-60A			1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 58	
			2263	3HP 450W	1 1				1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 59	
LOCAL 30-31	849			153W 55W	4 2	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W	425			LOCAL 60	
LOCAL 32		425		153W 55W	2 1	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 61	
LOCAL 33			425	153W 55W	2 1	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W			425	LOCAL 62	
									1P-30A	6 3	153W 55W	1274			LOCAL 63-64-65	
LOCAL 34-45		849		153W 55W	4 2	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 66	
LOCAL 36			425	153W 55W	2 1	1P-30A			1P-30A	4 2	153W 55W			849	LOCAL 67-68	
LOCAL 37	425			153W 55W	2 1	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W	425			LOCAL 69	
LOCAL 38		425		153W 55W	2 1	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 70	
LOCAL 39			425	153W 39W	2 1	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W			425	LOCAL 71	
LOCAL 40	425			153W 55W	2 1	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W	425			LOCAL 72	
LOCAL 41		425		153W 55W	2 1	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W		425		LOCAL 73	
LOCAL 42			425	153W 55W	2 1	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W			425	LOCAL 74	
LOCAL 43	425			153W 55W	2 1	1P-30A										
LOCAL 44-45		849		153W 55W	4 2	1P-30A			1P-30A	4 2	153W 55W		849		LOCAL 75-76	
LOCAL 46-47			849	153W 55W	4 2	1P-30A			1P-30A	2 1	153W 55W			425	LOCAL 77	

FASE A = 15849

FASE B = 15850

FASE C = 15849

$$DES_B = \frac{15850 - 15849}{15850} = 0.006\%$$

**CUADRO DE CONCENTRACION DE MEDIDORES #4**

LOCALIZACION	VA - FASE			TIPO	CANT.	CIRCUITO NUMERO	NEUTRO 3X200A			CIRCUITO NUMERO	CANT.	TIPO	VA - FASE			LOCALIZACION
	A	B	C				A	B	C				A	B	C	
	2442			1HP 153W	1 8		A	B	C	1P-40A	2 4 1	15.3W 400W 2X75W	2419			LOCAL 3
LOCAL 1		2442		1.5HP 2X75W	1 3	3P-60A				1P-30A	6 3	15.3W 2X75W	1609			LOCAL 6
			2442	3HP 450W	1 1					1P-30A	4 2 1	15.3W 450W 2X75W		1955		LOCAL 7
	2084			1HP 153W	1 4					1P-30A	4 1		896			LOCAL 8
LOCAL 2		2085		1.5HP 2X75W	1 1	3P-60A				1P-30A	4 3	15.3W 2X75W	1249			LOCAL 9
			2084	3HP 450W	1 1					1P-30A	2 1 1 2	15.3W 400W 450W 2X75W		1713		LOCAL 10
	2263			1HP 153W	1 6					1P-30A	4 2	15.3W 2X75W	1073			LOCAL 12
LOCAL 4		2263		1.5HP 2X75W	1 1	3P-60A				1P-30A	4 2	15.3W 2X75W	1073			LOCAL 13
			2263	3HP 450W	1 1					1P-30A	4 2	15.3W 2X75W		1073		LOCAL 14
	2263			1HP 153W	1 6					1P-30A	2 1	15.3W 55W	425			LOCAL 143
LOCAL 5		2263		1.5HP 2X75W	1 2	3P-60A				1P-30A						
			2263	3HP 450W	1 1					1P-30A	2 1 1 2	15.3W 400W 450W 2X75W		1713		LOCAL 144
	2442			1HP 153W	1 8					1P-30A						
LOCAL 11		2442		1.5HP 2X75W	1 3	3P-60A				1P-30A	2 1 1 1	15.3W 400W 450W 2X75W	1536			LOCAL 145
			2442	3HP 450W	1 1											
										1P-30A	2 1 1 1	15.3W 400W 450W 2X75W	1536			LOCAL 146
										1P-30A	2 1 1 1	15.3W 400W 450W 2X75W	1713			LOCAL 147
										1P-30A	2 1 1 2	15.3W 400W 450W 2X75W	1713			LOCAL 148
										1P-30A	2 1 1 1	15.3W 400W 450W 2X75W	1536			LOCAL 149
										1P-30A	2 1 1 1	15.3W 400W 450W 2X75W	1536			LOCAL 150
										1P-30A	2 1	15.3W 55W	425			LOCAL 151

FASE A = 19804

FASE B = 20211

FASE C = 19661

$$\% \text{ DESB} = \frac{20211 - 19661}{20211} = 2.72\%$$

**CUADRO DE CARGAS**  
**TABLERO "A" ALUMBRADO GENERAL AREA DE GONDOLAS**

LOCALIZACION	VA - FASE			TIPO	CANT.	CIRCUITO NUMERO	NEUTRO 3X100A			CIRCUITO NUMERO	CANT.	TIPO	VA - FASE			LOCALIZACION
	A	B	C				A	B	C				A	B	C	
	1412					1			2			1412				
ALUMBRADO GENERAL PLANTA BAJA		1176			8	3			4	8			1176		ALUMBRADO GENERAL PLANTA BAJA	
			1176			5			6					1176		
	941					7			8			1412				
ALUMBRADO GENERAL PLANTA BAJA		1176			7	9			10	10			1647		ALUMBRADO GENERAL PLANTA BAJA	
			1176			11			12					1647		
	1176					13			14			1059				
ALUMBRADO GENERAL PLANTA BAJA		1176			8	15			16	1 17 2	 39W 2x75W 153W		1288		ALUMBRADO GENERAL AREA DE LAVADEROS	
			1412			17			18					1059		

**FASE A = 7412**

**FASE B = 7639**

**FASE C = 7646**

$$\% \text{ DESB} = \frac{7646 - 7412}{7646} = 3.06\%$$

**CUADRO DE CARGAS  
TABLERO TGN (UBICADO EN LA SUBESTACION ELECTRICA)**

LOCALIZACION	VA - FASE			TIPO	CANT.	CIRCUITO NUMERO	NEUTRO <u>3X750A</u>			CIRCUITO NUMERO	CANT.	TIPO	VA - FASE			LOCALIZACION
	A	B	C				A	B	C				A	B	C	
	14243												11472			
CONCENTRACION DE MEDIDORES #1		14180												11144		CONCENTRACION DE MEDIDORES #2
			14132												11321	
	15849												19804			
CONCENTRACION DE MEDIDORES #3		15850												20211		CONCENTRACION DE MEDIDORES #4
			15849												19661	
	7412															
TABLERO "A" ALUMBRADO GENERAL		7639														
			7646													

FASE A = 68780

FASE B = 69024

FASE C = 68609

$$\% \text{ DESB} = \frac{69024 - 68609}{69024} = 0.6\%$$

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

## CURVA DE DISPARO CARACTERISTICAS

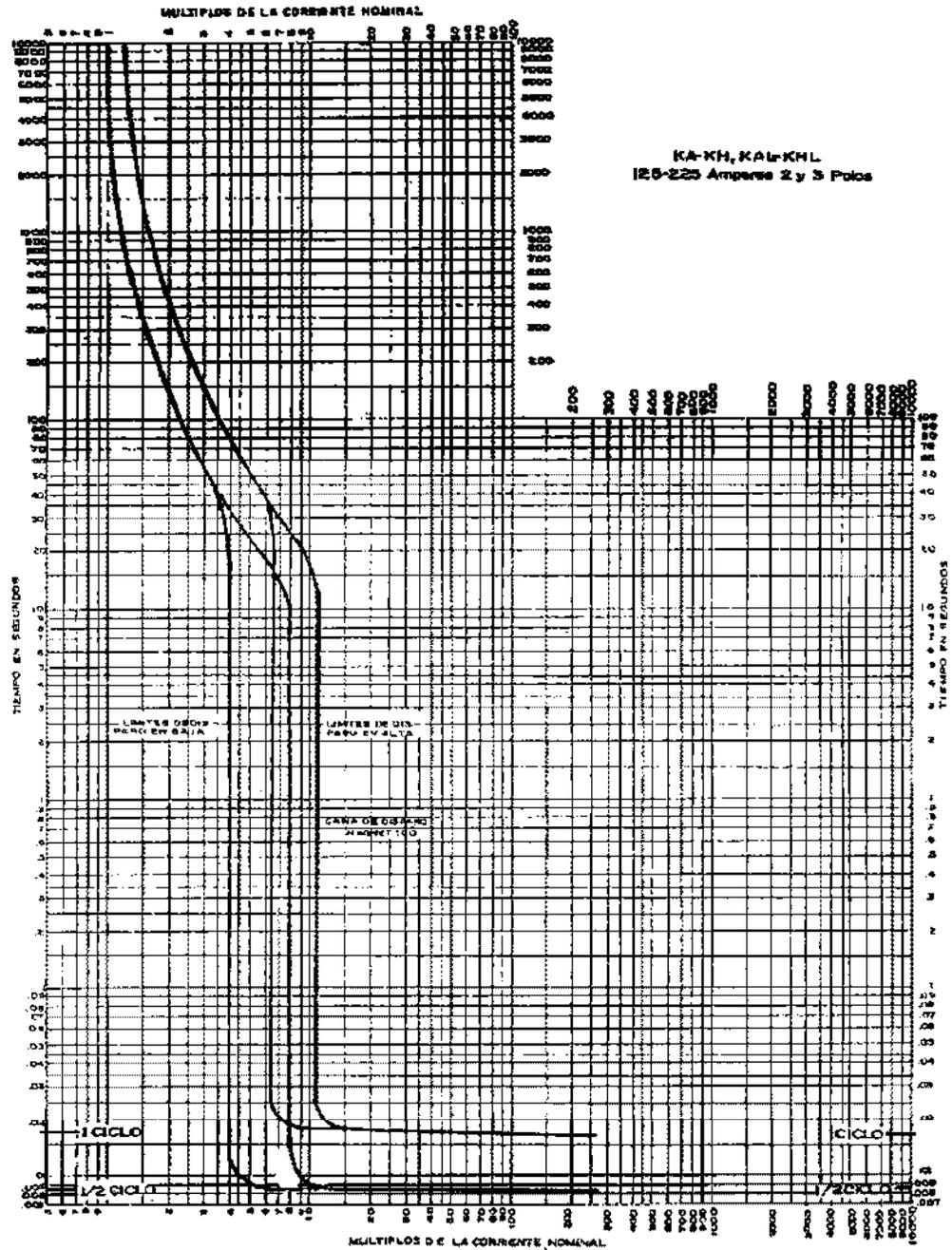


Tabla 2.19.1 Curvas de disparo características para interruptor termomagnético

tipo KA-KH, KAL-KHL.

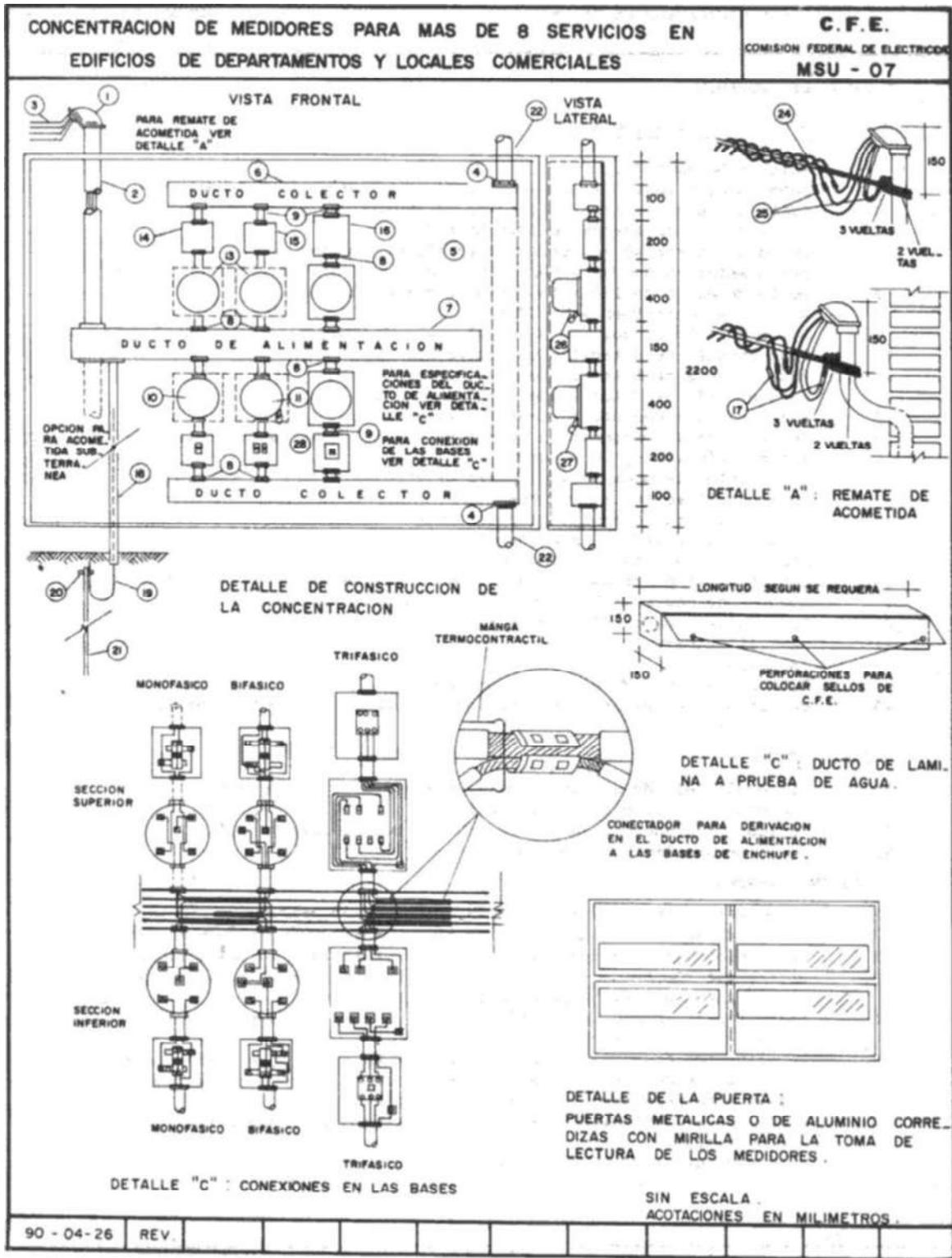
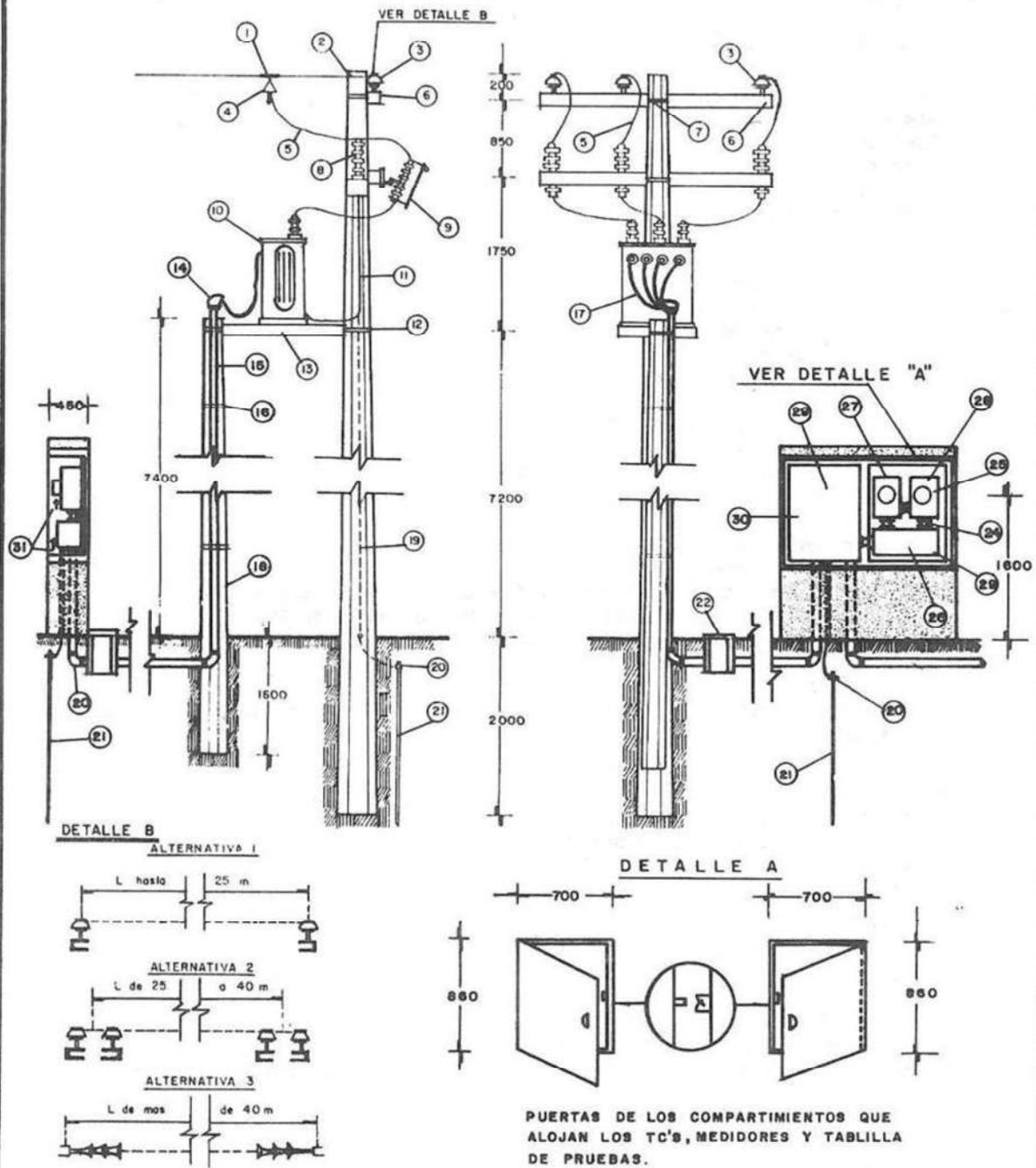


FIG. 2.18.1 Diagrama básico de la preparación física para la concentración de medidores.

MEDICION BAJA TENSION PARA SERVICIOS SUMINISTRADOS HASTA 33 KV. CON CARGA CONECTADA DE 61 A 250 KW. SUBESTACION TIPO POSTE

C. F. E  
DIVISION CENTRO OCCIDENTE  
MAT-10



SIN ESCALA / ACOTACIONES EN MILIMETROS

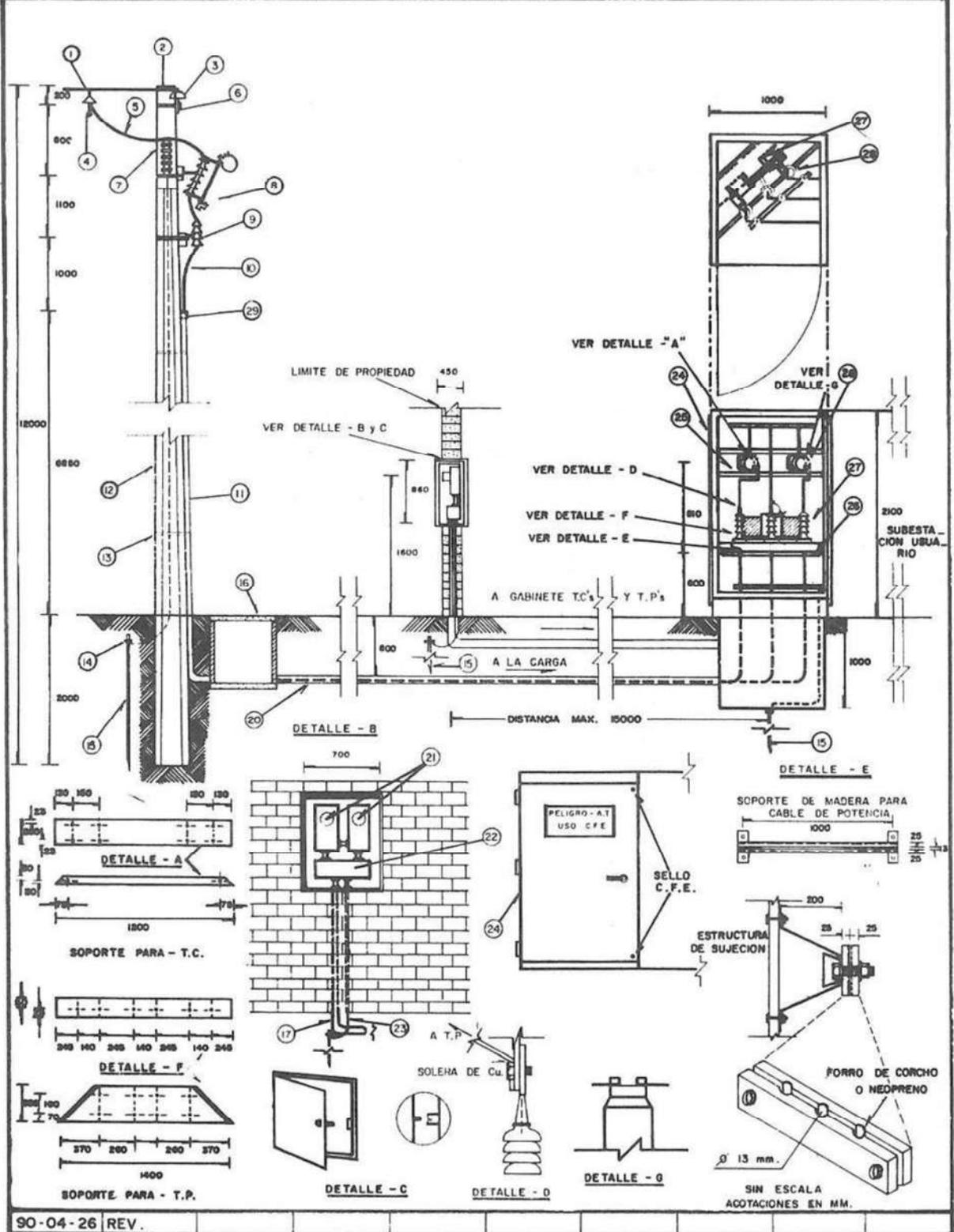
90-04-26

REV.

FIG. 3.1 Especificación de CFE para una Subestación tipo Poste

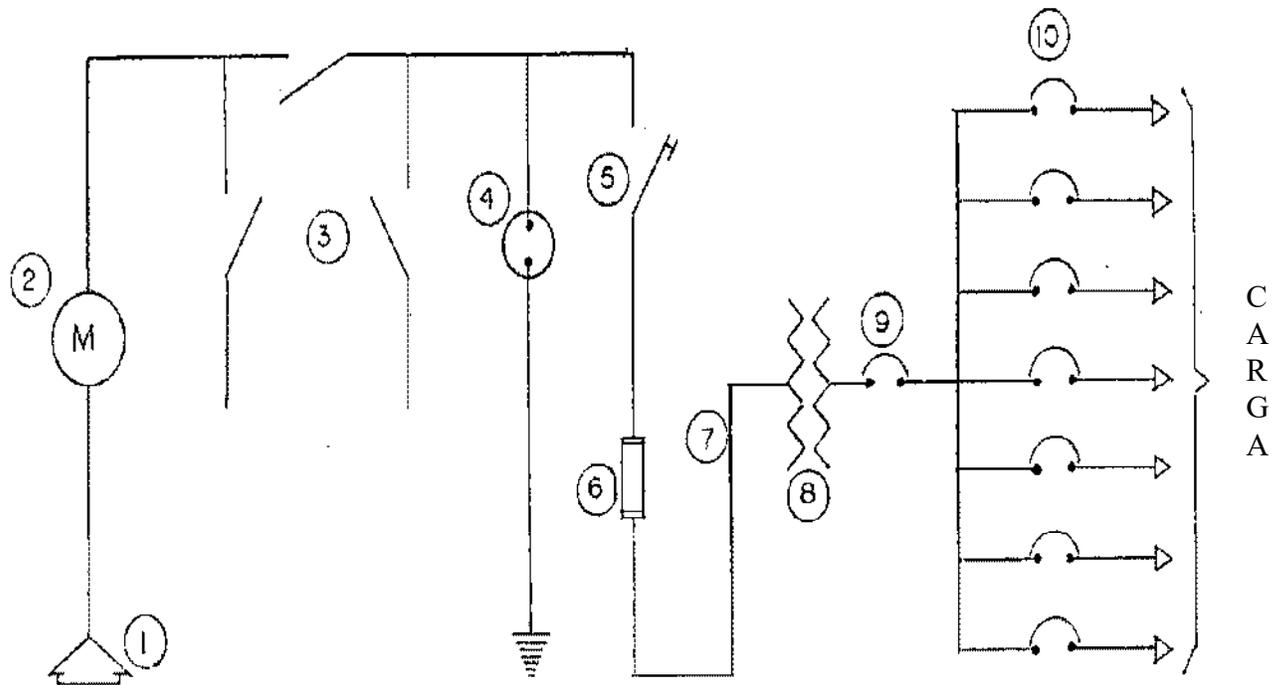
**MEDICION ALTA TENSION PARA SERVICIOS SUMINISTRADOS HASTA 33 KV  
CON CARGA CONECTADA DE 61 A 250 KW., SUBESTACION TIPO COMPACTA.**

**C. F. E.  
DIVISION CENTRO OCCIDENTE  
MAT - 08**



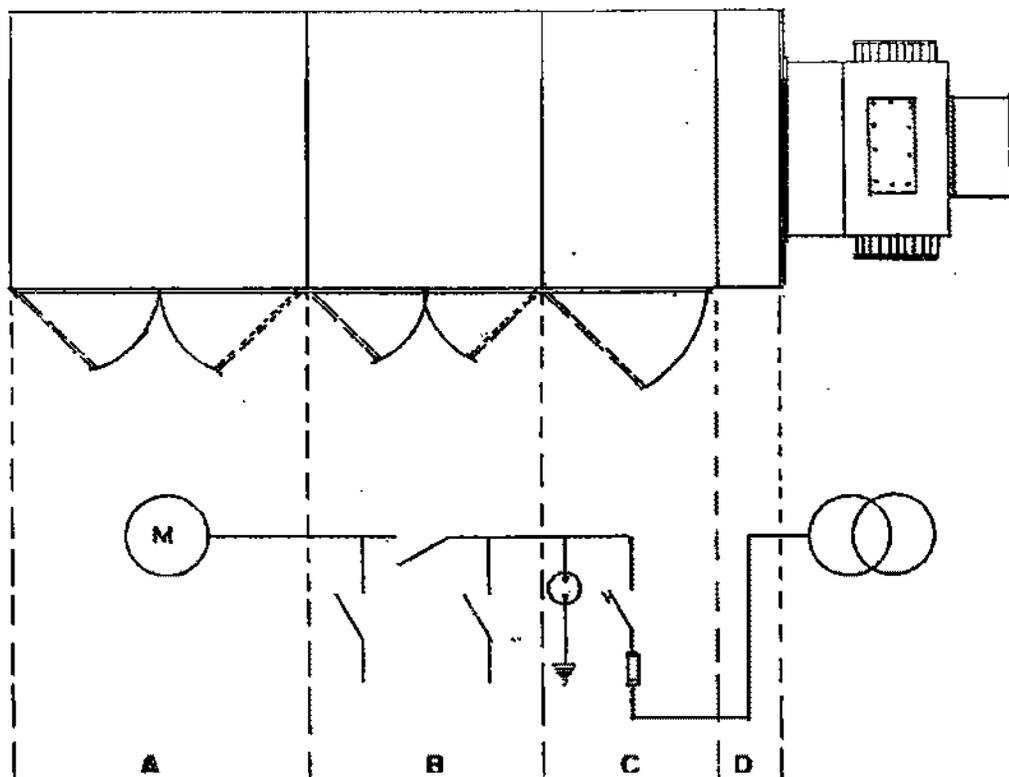
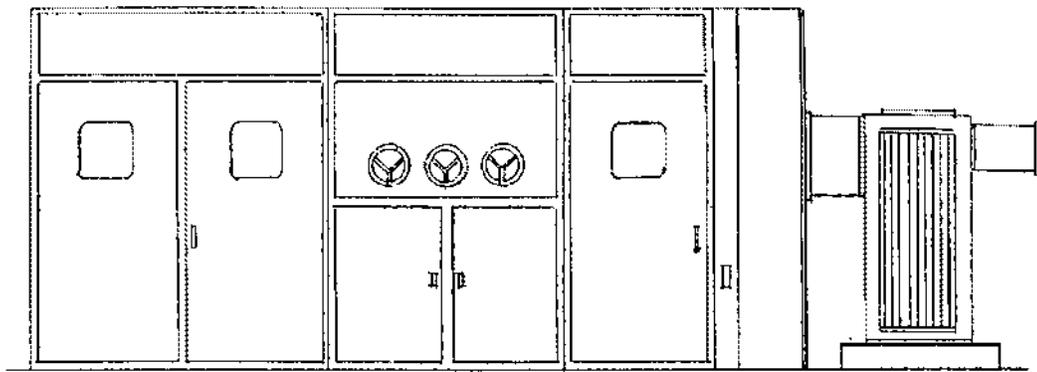
90-04-26 REV.

FIG. 3.2 Especificación de CFE para una Subestación Compacta



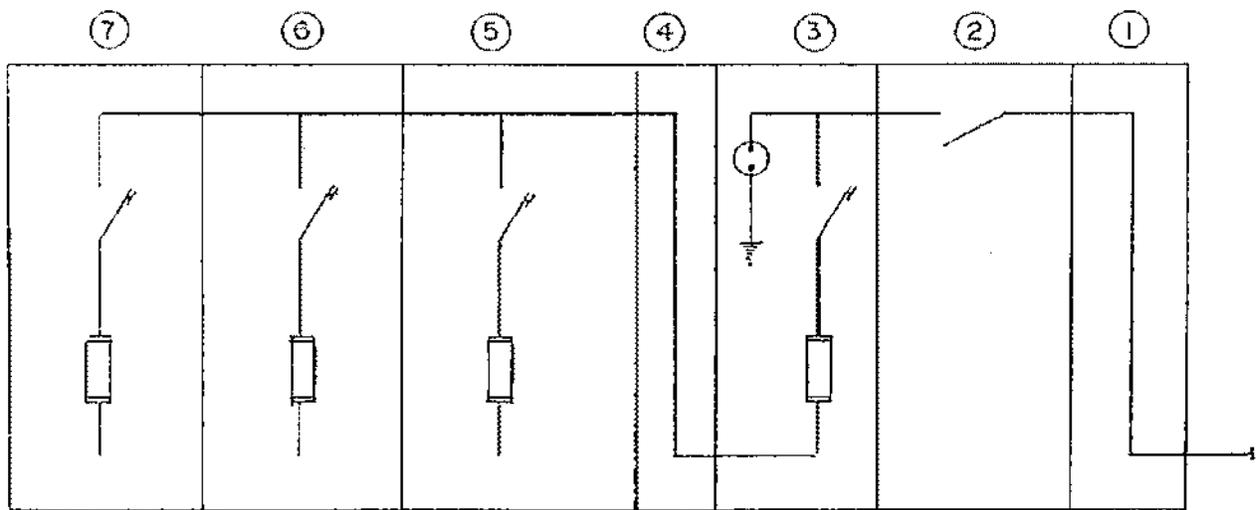
- ① ACOMETIDA C.F.E. EN ALTA TENSION
- ② EQUIPO DE MEDICION EN ALTA TENSION .
- ③ CUCHILLAS DE PRUEBA Y PASO.
- ④ APARTARRAYOS
- ⑤ INTERRUPTOR DE OPERACION CON CARGA .
- ⑥ FUSIBLES DE POTENCIA
- ⑦ SECCION DE ACOPLAMIENTO.
- ⑧ TRANSFORMADOR
- ⑨ INTERRUPTOR GENERAL DE BAJA TENSION
- ⑩ INTERRUPTORES DE CIRCUITOS DERIVADOS .

FIG. 3.3 Diagrama Unifilar típico de una Subestación Compacta



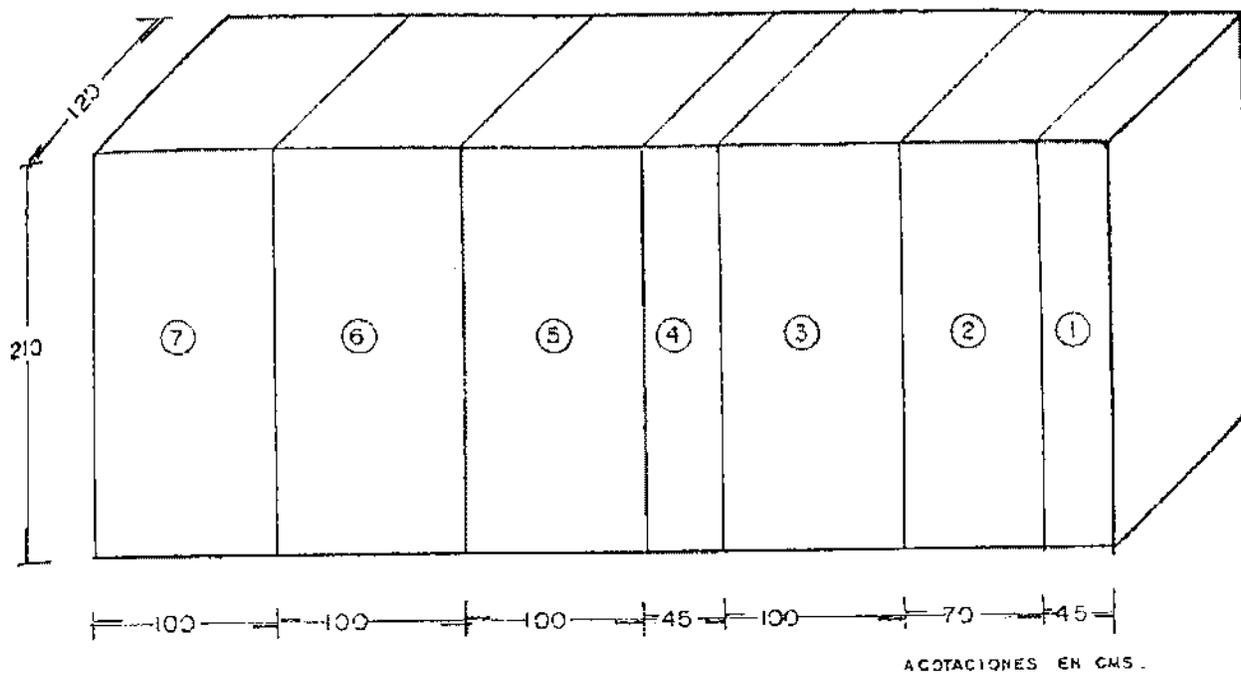
SUBSTACION CONSISTENTE DE : (A) CELDA DE MEDICION .  
 (B) CELDA DE CUCHILLAS DE PASO Y PRUEBA . (C) CELDA DE SECCIONADOR  
 (D) CELDA DE ACOPLAMIENTO CON TRANSFORMADOR ACOPLADO AL LADO DE DERECHO .

FIG. 3.4 Arreglo Físico de Celdas que componen una Subestación.



① SECCION DE TRANSICION. ② CUCHILLAS DE PASO. ③ INT. GENERAL CON APARTARRAYOS. ④ SECCION DE BARRAS DE CONEXION. ⑤. ⑥. ⑦ INTERRUPTORE DE LOS TRANSFORMADORES.

FIG. 3.5 Diagrama unifilar de las celdas de una subestación compacta con varios interruptores generales.



- ① TRANSICIÓN. ② CUCHILLAS DE PASO. ③ INTERRUPTOR GENERAL  
 ④ ACOPLOAMIENTO. ⑤, ⑥, ⑦ INTERRUPTORES DE CADA TRANSFORMADOR.

FIG. 3.6 Vista isométrica de las celdas de una subestación compacta.

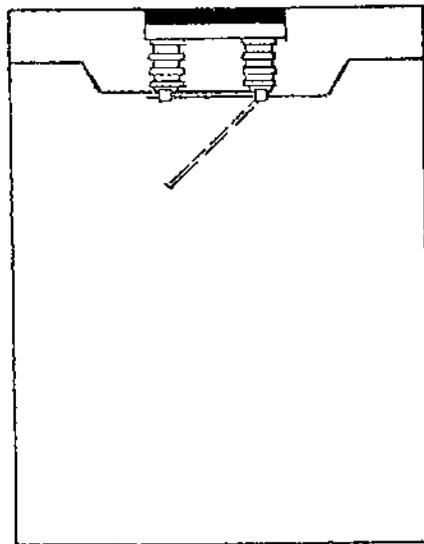
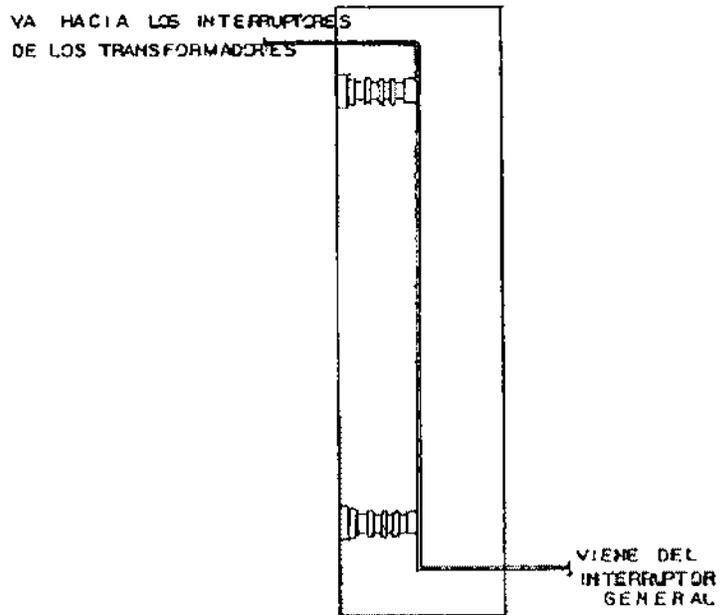


FIG. 3.7 Arreglo físico de la sección cuchilla de paso



SECCION DE TRANSICION USADA  
COMO CONEXION DEL INT. GRAL. AL BUS.

FIG. 3.8 Sección de transición del interruptor general al bus del transformador.

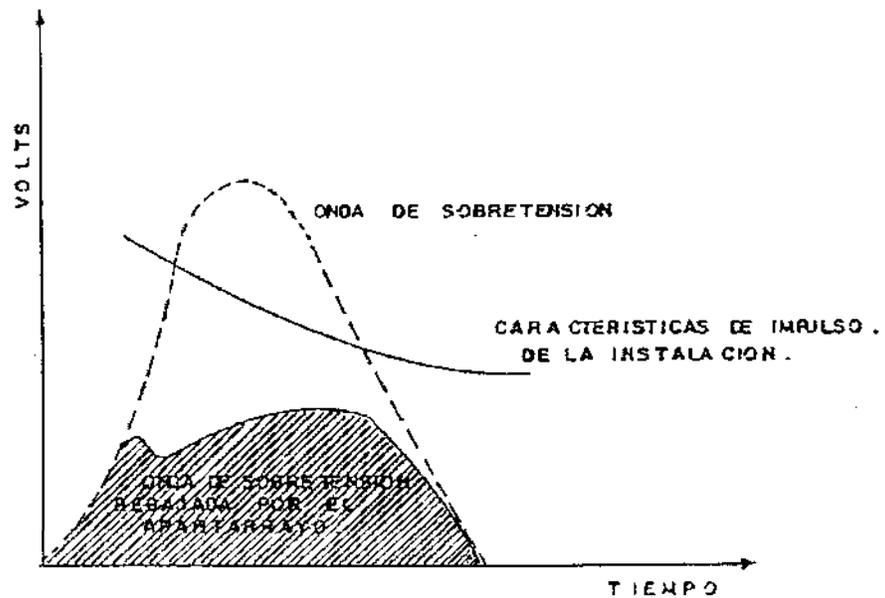


FIG. 3.9 Grafica de atenuación de sobretensión por el apartarrayo

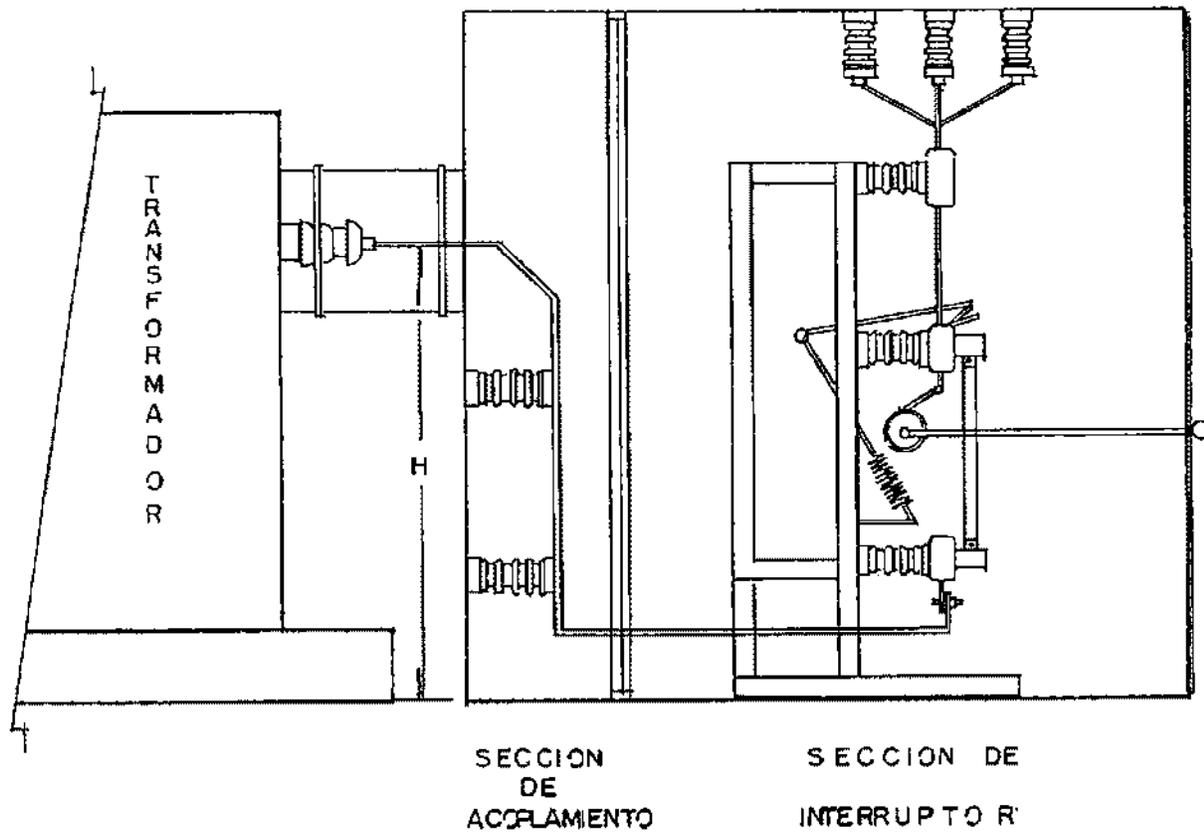


FIG. 3.10 Sección de acoplamiento y sección de interruptor de una subestación compacta.

# TERMINAL MODULAR INTEMPERIE “TMI”

## DESCRIPCION

1. Conector universal.
2. Sello semiconductor terminal intemperie
3. Campana terminal intemperie
4. Cono de alivio
5. Cable de cobre calibre 10 AWG para conexión a tierra.
6. Abrazadera
7. Cubierta del cable.

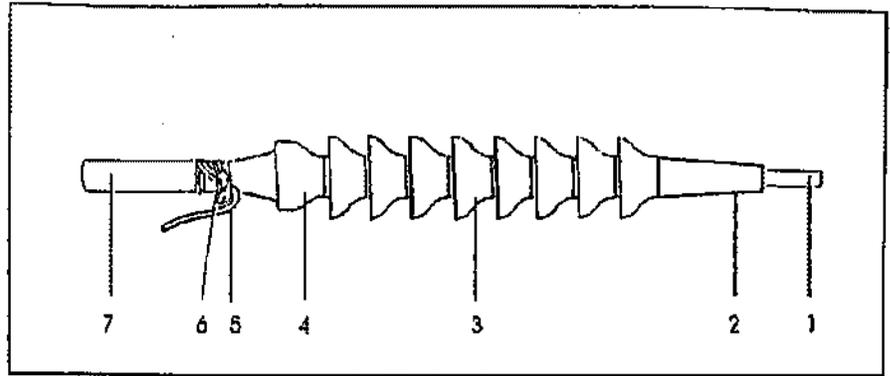


FIG. 3.11 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA TERMINAL MODULAR INTEMPERIE “TMI”

# TERMINAL INTERIOR PREMOLDEADA “TIP”

## DESCRIPCION

1. Conductor de cobre o aluminio.
2. Punta de lápiz
3. Aislamiento del conductor
4. Cono de alivio “TIP”
5. Cable de cobre calibre 10 AWG para conexión a tierra.
6. Abrazadera
7. Cubierta del cable.

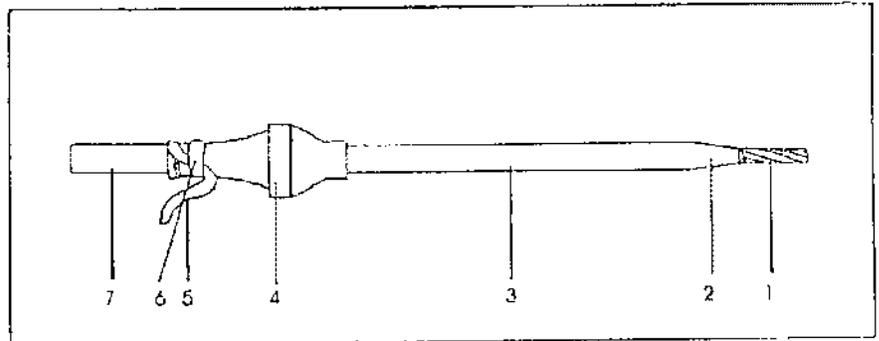


FIG. 3.12 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA TERMINAL INTERIOR PREMOLDEADA “TIP”

Diámetro sobre aislamiento	"X"
mm	
11.5 - 14.0	RR
13.8 - 16.5	R
16.3 - 20.0	1
19.8 - 23.5	2
23.3 - 27.0	3
26.8 - 31.0	4
30.8 - 35.0	5
34.8 - 40.0	6

TABLA 3.8.1.1 TABLA PARA DETERMINAR EL VALOR DE “X” EN LA SELECCIÓN DE TMI

Diámetro de aislamiento	Tamaño de cono
mm	"TC"
11.5 - 14.0	RR
13.8 - 16.5	R
16.3 - 20.0	1
19.8 - 23.5	2
23.3 - 27.0	3
26.8 - 31.0	4
30.8 - 35.0	5
34.8 - 40.0	6
38.0 - 46.0	7
42.0 - 50.0	8

TABLA 3.8.2.1 TABLA PARA DETERMINAR EL VALOR DE “TC” EN LA SELECCIÓN DE TIP

## BIBLIOGRAFIA.

- [1] Manual del alumbrado Westinghouse  
Editorial DOSSAT 1984
- [2] Instalaciones eléctricas industriales  
Gilberto Enríquez Harper  
Editorial LIMUSA 1992
- [3] Manual de conductores eléctricos CONDUMEX.  
Nacional de conductores eléctricos
- [4] Normas de medición y servicios CFE  
División Centro Occidente  
CFE 1990
- [5] Norma Oficial Mexicana 2005  
NOM - 001- SEDE – 2005 Instalaciones Eléctricas.  
TALLERES GRAFICOS DE MEXICO 2005
- [6] Guía practica para el cálculo de instalaciones eléctricas  
Gilberto Enríquez Harper  
Editorial LIMUSA 2002
- [7] Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión  
Gilberto Enríquez Harper  
Editorial LIMUSA 2002
- [8] Costo y tiempo en edificación  
Carlos Suárez Salazar  
Editorial LIMUSA 2006

