

01126
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

IMPLEMENTACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS EN LAS
INSTALACIONES ELECTRICAS, PARA EL EDIFICIO "TORRE DE
INGENIERIA". DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA ELECTRONICA
P R E S E N T A N :
LEONARDO GONZALEZ CUELLAR
REYES IGNACIO HERNANDEZ MENDOZA

ASESOR DE TESIS:
M.I. ARTURO MORALES COLLANTES



CIUDAD UNIVERSITARIA

Se entrega a la Dirección General de Bibliotecas
UNAM a difundir en formato electrónico e impres:
contenido de mi trabajo recepción:
NOMBRE: Leonardo González Cuellar

CHA: 2-Abel-08
MA: [Firma]

2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**TESIS
FALLA
DE
ORIGEN**

AGRADECIMIENTOS

- A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO** y en particular a la **FACULTAD DE INGENIERIA**, por habernos brindado la posibilidad de adquirir los conocimientos necesarios para la formación de nuestra carrera profesional.
- A todos los compañeros **profesores** y **alumnos** que en todo momento estuvieron apoyando los esfuerzos para seguir adelante nuestros estudios.
- Al profesor y amigo **M.I. Arturo Morales Collantes**. Quien en forma honesta y franca dirigió la presente Tesis , apoyando y orientando todos los trabajos necesarios para culminar esta investigación.
- Al **INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM** y en especial al **ING. Ragnar Trillo Valdés**. Quienes nos brindaron la oportunidad de realizar y desarrollar el presente trabajo, en la construcción del edificio **TORRE DE INGENIERIA**.
- A todos los que de alguna manera u otra hicieron posible la realización de esta Tesis.

INDICE

I. INTRODUCCION	1
1.1. Definición del problema.	1
1.2. Metodología.	3
1.3. Resultados y conclusiones.	3
II. ANTECEDENTES	5
II.1. Conceptos de instalaciones eléctricas.	5
II.2. Organismos y asociaciones internacionales que rigen la normatividad en instalaciones eléctricas en México.	7
II.3. Breve reseña de la Norma Oficial Mexicana; relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.	9
II.3.1. Antecedentes.	9
II.3.2. Alcance del código.	9
II.3.3. Referencias.	10
II.3.4. Objetivo.	10
II.3.5. Introducción.	10
II.3.6. Campo de aplicación.	11
II.3.7. Vigilancia.	11
II.3.8. Transitorios.	11
II.3.9. Método de prueba.	12
II.3.10. Índice de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994.	12
III. INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES DE OBRA	13
III.1. Objetivo.	13
III.2. Normas que rigen las instalaciones eléctricas provisionales.	13
III.3. Diseño de las instalaciones eléctricas provisionales.	14
III.3.1. Circuitos alimentadores.	14
III.3.2. Cálculo para cada estación de trabajo.	15
III.3.2.1. Cálculo de la potencia del equipo de fuerza menor.	15
III.3.2.2. Cálculo de la potencia del equipo de alumbrado.	16
III.3.2.3. Cálculo de la potencia total.	17
III.3.2.4. Cálculo de la corriente total	17
III.3.2.5. Selección del dispositivo de protección.	17
III.3.2.6. Selección de los conductores del alimentador.	17
III.3.2.6.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.	18
III.3.2.7. Selección del conductor neutro.	19
III.3.2.8. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.	19
III.3.2.9. Selección de la canalización.	19
III.3.2.10. Resumen de la estación de trabajo.	20
III.3.3. Cálculo del circuito alimentador para todas las estaciones de trabajo del edificio	20
III.3.3.1. Carga total del edificio.	20
III.3.3.2. Cálculo en el primario del transformador.	21
III.3.3.2.1. Selección del dispositivo de protección.	21
III.3.3.2.2. Selección de conductores del alimentador.	21
III.3.3.2.2.1. Corrección por temperatura y caída de tensión.	22
III.3.3.2.3. Selección del conductor neutro.	22
III.3.3.2.4. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.	23
III.3.3.2.5. Selección de la canalización.	23

III.3.3.2.6. Resumen primario del transformador.	24
III.3.3.3. Cálculo en el secundario del transformador.	24
III.3.3.3.1. Selección del dispositivo de protección.	24
III.3.3.3.2. Selección de conductores del alimentador.	24
III.3.3.3.2.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.	25
III.3.3.3.3. Selección del conductor neutro.	25
III.3.3.3.4. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos	25
III.3.3.3.5. Selección de la canalización.	26
III.3.3.3.6. Resumen secundario del transformador.	26
IV. SISTEMAS DE TIERRA	27
IV.1. Introducción.	27
IV.2. Normas sobre tierras.	28
IV.2.1. Artículo 250 puesta a tierra.	28
IV.2.2. Artículo 2103 métodos de puesta a tierra.	28
IV.2.3. Artículo 2403 sistema de tierra.	29
IV.3. Diseño de sistemas de tierras.	30
IV.3.1. Para que sirve un sistema de tierras.	30
IV.3.2. Elementos de la red de tierra.	31
IV.3.2.1. Conductor.	31
IV.3.2.2. Electrodo.	32
IV.3.2.2.1. Electrodo múltiples.	32
IV.3.2.2.2. Electrodo horizontales.	33
IV.3.2.2.3. Electrodo profundos.	33
IV.3.2.2.4. Varillas de copper-weld.	33
IV.3.2.2.5. Electrodo químicos.	33
IV.3.2.3. Conectores.	34
IV.3.3. Parámetros necesarios para el cálculo de una red de tierras.	34
IV.3.3.1. Corriente de fibrilación.	34
IV.3.3.2. Potencial de toque o de contacto.	35
IV.3.3.3. Potencial de paso.	36
IV.3.3.4. Potenciales transferidos.	36
IV.3.3.5. Duración de falla.	36
IV.3.4. Factores considerados en el diseño.	36
IV.3.4.1. Resistividad del terreno.	36
IV.3.4.2. Medición de la resistividad.	37
IV.3.4.3. Máxima corriente de la red de tierras.	38
IV.3.4.4. Resistencia de la malla de tierras.	38
IV.3.5. Algunas consideraciones sobre el diseño del sistema de tierras.	39
IV.3.5.1. Baja tensión.	39
IV.3.5.2. Mediana tensión.	40
IV.4. Diseño del sistema de tierras del edificio.	42
IV.4.1. Diseño propio del edificio.	43
IV.4.1.1. Sistema de pararrayos.	43
IV.4.1.2. Conclusiones.	44
V. INFRAESTRUCTURA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA	45
V.1. Subestación eléctrica.	45
V.1.1. Introducción.	45
V.1.2. Selección de la subestación eléctrica propia para el edificio.	45
V.1.2.1. Secciones que integran la subestación.	45

V.1.2.1.1. Gabinete.	45
V.1.2.1.2. Sección de equipo de medición.	46
V.1.2.1.3. Sección de acometida con cuchillas de paso.	46
V.1.2.1.4. Sección de cuchillas de paso.	47
V.1.2.1.5. Sección de cuchillas de prueba.	47
V.1.2.1.6. Sección de interruptor en aire con apartarrayos.	48
V.1.2.1.7. Sección de cambio de barras lateral.	48
V.1.2.1.8. Sección de acoplamiento lateral a transformador.	49
V.1.2.1.9. Sección de acoplamiento posterior a transformador.	49
V.1.2.1.10. Sección separadora.	49
V.1.2.1.11. Sección de uso especial.	50
V.1.2.2. Instalación de la subestación eléctrica.	50
V.1.2.2.1. Instalación.	50
V.1.2.2.1.1. Lugar de instalación.	50
V.1.2.2.2. Preparaciones.	51
V.1.2.2.2.1. Sistemas de tierras.	51
V.1.2.2.2.2. Obra civil.	51
V.1.2.2.2.3. Iluminación.	51
V.1.2.3. Resumen de los equipos de la subestación.	51
V.1.2.3.1. Interruptor en aire.	51
V.1.2.3.2. Cuchillas desconectadoras.	51
V.1.2.3.3. Cuchillas de puesta a tierra.	52
V.1.2.3.4. Aisladores de resina epóxica, servicio interior.	52
V.1.2.3.5. Apartarrayos tipo autovalvular.	52
V.1.2.3.6. Fusibles limitadores de corriente.	52
V.1.2.3.7. Transformador trifásico tipo subestación.	52
V.2. Planta de emergencia.	53
V.2.1. Introducción.	53
V.2.2. Planta con motor de combustión interna.	53
V.2.2.1. Operación automática.	54
V.2.2.2. Operación manual.	54
V.2.2.3. Servicio continuo.	54
V.2.2.4. Servicio de emergencia.	55
V.2.3. Planta generadora de energía eléctrica de emergencia.	55
V.2.3.1. Potencia nominal.	55
V.2.3.2. Disponibilidad.	55
V.2.3.3. Placa de datos.	55
V.2.3.4. Operación de la planta.	56
V.2.3.4.1. Falla alimentación normal.	56
V.2.3.4.2. Restablecimiento de la alimentación normal.	56
V.2.4. Sistemas del motor de combustión interna.	57
V.2.4.1. Sistema de admisión.	57
V.2.4.2. Sistema de escape.	57
V.2.4.3. Sistema de enfriamiento.	57
V.2.4.4. Sistema de lubricación.	57
V.2.4.5. Sistema de combustible.	58
V.2.4.6. Sistema eléctrico.	58
V.2.5. Selección de la planta de emergencia propia para el edificio.	58
V.2.5.1. Objetivo.	58
V.2.5.2. Selección de los subsistemas para el grupo electrógeno.	58
V.2.5.2.1. Selección subsistema de escape.	59
V.2.5.2.2. Selección subsistema de enfriamiento.	60
V.2.5.2.3. Selección del tablero de transferencia.	60
V.2.5.2.4. Selección del grupo motor generador.	60
V.2.5.3. Memoria de cálculo del sistema de ventilación.	61

V.2.5.4. Especificación técnica de la planta de emergencia.	62
V.2.5.4.1. Generalidades.	62
V.2.5.4.2. Características mínimas y accesorios del equipo electrógeno.	63
V.2.5.4.3. Características del generador.	63
V.2.5.4.4. Requisitos mínimos del tablero de control y transferencia.	64
V.2.5.4.5. Elementos mecánicos y eléctricos del grupo electrógeno.	65
V.2.5.4.6. Recomendaciones a contemplar en los grupos electrógenos.	65
V.2.5.4.7. Especificación de adquisición.	65
V.2.5.5. Especificación de la instalación de la planta de emergencia.	66
V.2.5.5.1. Anclaje de la máquina de emergencia.	66
V.2.5.5.2. Instalación del tanque de combustible.	66
V.2.5.5.3. Instalación del atenuador de ruido.	67
V.2.5.5.4. Instalación del equipo de ventilación.	67
V.2.5.5.5. Conexión del tablero de transferencia.	68
VI. INSTALACIONES DE UTILIZACION	69
VI.1. Conceptos.	69
VI.1.1. Objetivos de una instalación.	69
VI.1.2. Proyecto y construcción.	69
VI.2. Diseño de los circuitos alimentadores del edificio.	69
VI.2.1. Introducción.	69
VI.2.2. Cálculo de los circuitos alimentadores del tablero subgeneral norte a los tableros de distribución de cada piso	70
VI.2.2.1. Alimentadores.	70
VI.2.2.1.1. Cálculo de la potencia permitida para alumbrado.	71
VI.2.2.1.2. Receptáculos.	73
VI.2.2.1.3. Cargas específicas.	75
VI.2.2.1.3.1. Cálculo de la potencia de cada uno de los aparatos.	75
VI.2.2.1.4. Potencia total.	76
VI.2.2.2. Cálculo en el primario del transformador.	76
VI.2.2.2.1. Cálculo de la corriente.	76
VI.2.2.2.2. Selección del dispositivo de protección.	77
VI.2.2.2.3. Selección de conductores del alimentador.	77
VI.2.2.2.3.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.	78
VI.2.2.2.4. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.	79
VI.2.2.2.5. Selección de la canalización.	80
VI.2.2.2.6. Resumen primario del transformador.	80
VI.2.2.3. Cálculo en el secundario del transformador.	81
VI.2.2.3.1. Cálculo de corriente.	81
VI.2.2.3.2. Selección del dispositivo de protección.	81
VI.2.2.3.3. Selección de conductores del alimentador.	81
VI.2.2.3.3.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.	81
VI.2.2.3.4. Selección del conductor neutro.	82
VI.2.2.3.5. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos	82
VI.2.2.3.6. Selección de la canalización.	83
VI.2.2.3.7. Resumen secundario del transformador.	83
VI.2.2.4. Cálculo del ala sur cafetería.	84
VI.2.2.4.1. Alumbrado.	84
VI.2.2.4.2. Receptáculos.	84
VI.2.2.4.3. Cargas específicas.	85
VI.2.2.4.4. Carga total cafetería.	85

VI.2.2.5. Cálculo en el primario del transformador.	86
VI.2.2.5.1. Cálculo de corriente.	86
VI.2.2.5.2. Selección del dispositivo de protección.	86
VI.2.2.5.3. Selección de conductores del alimentador.	86
VI.2.2.5.3.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.	86
VI.2.2.5.4. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.	87
VI.2.2.5.5. Selección de la canalización.	87
VI.2.2.5.6. Resumen primario del transformador.	88
VI.2.2.6. Cálculo en el secundario del transformador.	88
VI.2.2.6.1. Cálculo de corriente.	88
VI.2.2.6.2. Selección del dispositivo de protección.	88
VI.2.2.6.3. Selección de conductores del alimentador.	88
VI.2.2.6.3.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.	89
VI.2.2.6.4. Selección del conductor neutro.	89
VI.2.2.6.5. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos	90
VI.2.2.6.6. Selección de la canalización.	90
VI.2.2.6.7. Resumen secundario del transformador.	90
VI.2.3. Cálculo del circuito alimentador principal que va del tablero subgeneral ala norte a la subestación eléctrica	91
VI.2.3.1. Cálculo del alimentador principal.	91
VI.2.3.1.1. Cálculo de corriente.	91
VI.2.3.1.2. Selección del dispositivo de protección.	91
VI.2.3.1.3. Selección de conductores del alimentador.	91
VI.2.3.1.3.1. Corrección por temperatura y caída de tensión.	91
VI.2.3.1.4. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.	92
VI.2.3.1.5. Selección de la canalización.	93
VI.2.3.1.6. Resumen tablero subgeneral norte.	93
VII. AHORRO DE ENERGIA	94
VII.1. Introducción.	94
VII.2. Consumo de energía eléctrica en edificios.	95
VII.3. Diseño del sistema de iluminación del edificio.	96
VII.3.1. Consumo de energía eléctrica por iluminación.	96
VII.3.1.1. Problemas detectados frecuentemente en edificios.	96
VII.3.1.2. Alternativas para ahorro de energía en iluminación.	98
VII.3.2. Cálculo de iluminación del edificio.	102
VII.4. Control y automatización.	103
VII.4.1. Introducción.	103
VII.4.2. Sistemas de control y automatización aplicados al edificio.	104
VII.4.2.1. Monitoreo de las variables eléctricas.	104
VII.4.2.2. Tableros de alumbrado inteligentes.	104
VII.4.2.3. Detectores de presencia infrarrojos y ultrasónicos.	105
VII.4.2.4. Variadores de velocidad.	106
VII.5. La Torre de Ingeniería un Edificio Inteligente.	108
VII.6. Conclusiones	111

BIBLIOGRAFIA

112

TABLAS

G

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



H

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I. INTRODUCCION



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I. INTRODUCCION

I.1. DEFINICION DEL PROBLEMA

El siguiente trabajo tiene como principal objetivo, **mostrar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999**, relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, en el diseño y construcción de instalaciones que requieran el uso de la electricidad, que prácticamente son todos los inmuebles que habitamos cotidianamente, de ahí la importancia de diseñar e implementar las instalaciones eléctricas con la aplicación de esta norma, para resguardar la integridad física de las personas así como de los inmuebles, en lo referente a problemas eléctricos (cortos circuitos, sobretensiones, corrientes de falla, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros).

Esto es debido a que en años anteriores no se hacía uso de las normas oficiales en el proceso de diseño y construcción, lo que hacía a las instalaciones eléctricas inseguras. Actualmente se está exigiendo el cumplimiento de las normas oficiales y en especial la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.

Se ha demostrado que aplicando requisitos mínimos establecidos por la norma, garantizamos el uso de la energía eléctrica en forma segura y eficiente, también se ha comprobado que haciendo uso de la norma en el proceso de construcción no resultan muy elevados los costos de las obras.

Otros de los objetivos de la Torre de Ingeniería es **mostrar en su diseño los lineamientos que deben cumplir los inmuebles para ser designados como edificios inteligentes.**

¿A que se le llama edificio inteligente?. ¿A un inmueble capaz de pensar?, debido al nombre con que se le conoce y al creciente avance tecnológico podría creerse tal posibilidad. Sin embargo, no se ha logrado reproducir de manera electrónica el complejo proceso del pensamiento.

El concepto de edificio inteligente gira en torno a los principios de diseño interdisciplinario, flexibilidad, integración de servicios, administración eficiente y mantenimiento preventivo. A partir de ello se puede definir como aquella edificación que desde su diseño hasta la ocupación por el usuario final, centra su objetivo en el ahorro de energía y recursos.

El diseño de las instalaciones debe incorporar flexibilidad, característica que permite integrar en la edificación las tecnologías que se desarrollen a futuro, así como la modificación de su distribución física de manera conveniente y económica.

Tales inmuebles también se caracterizan por la seguridad y la operación realizada mediante un estricto control y acciones de mantenimiento preventivo.

La crisis energética que se produjo en Europa durante la década de los sesenta motivo a ingenieros y arquitectos a idear una forma de edificación que considerara el ahorro de energía. De esta manera, se busco la construcción de edificaciones que emplearan la energía mínima necesaria para operar y con el paso del tiempo se logro incorporarles servicios que optimizan su funcionalidad.

El Instituto Mexicano del Edificio Inteligente (IMEI) ha establecido los lineamientos básicos y las normatividades necesarias que debe cumplir la construcción de un inmueble de este género. En nuestro país hay ocho edificios que el IMEI ha calificado como inteligentes, entre los que se encuentra el World Trade Center ciudad de México y el edificio de la IBM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los edificios inteligentes generalmente son estructuras aligeradas con un 80% de acero y 20% concreto, aproximadamente (como es el caso de la Torre de Ingeniería). Sus funciones son reguladas mediante un sistema de control central. Tienen un diseño interdisciplinario (en el que participan arquitectos, ingenieros civiles, mecánicos, eléctricos, en computación, etc.) que permite ahorro energético. Aquí, el manejo de materiales contribuye al consumo racional de la energía mediante el uso correcto de los elementos de la fachada exterior como los parteluces o tapasoles.

Con lo anterior se impide el paso de la energía calorífica a los interiores y a través de la selección adecuada de cristales se favorece el paso de la iluminación natural. Por lo tanto, en los interiores disminuye la necesidad de utilizar aire acondicionado y se aprovecha al máximo la luz solar.

El empleo de detectores de presencia también favorece el ahorro, ya que activa o desactiva servicios impidiendo que se haga un consumo indiscriminado de energía eléctrica. Por ejemplo, sólo se mantendrán encendidas las luces y servicios en los espacios donde haya personas.

La seguridad de las instalaciones y ocupantes es controlada de manera integral, pues existen mecanismos de detección de fugas de agua y gas, humo e incendios y una vez localizados el sistema de control central activa dispositivos que los bloquean. En caso de intrusión, se acciona una alarma silenciosa que llama por teléfono a la policía y números predeterminados (al jefe de mantenimiento, administrador o dueño del edificio) a través de mensajes pregrabados que indican el lugar exacto donde se comete el ilícito y el tipo de dispositivo de seguridad que se activo.

En la actualidad, el concepto de edificio inteligente ha traspasado fronteras y ha llegado a otro tipo de construcciones nuevas o remodelaciones, distintas de las tradicionales oficinas corporativas, como son hospitales, hoteles, bancos, museos, estacionamientos y casas inteligentes, entre otras.

Finalmente podemos comentar que si bien los edificios inteligentes son construcciones con un costo más elevado que las de tipo convencional, se logran ahorros importantes en el consumo de energía, mayor seguridad a los ocupantes y el periodo de vida útil del inmueble, equipos e instalaciones es mayor.

De acuerdo a lo establecido por el **IMEI un Edificio Inteligente** debe cumplir con cinco funciones fundamentales de igual importancia:

- 1.- Eficiencia en el uso de energéticos y consumibles, renovables (máxima economía)
- 2.- Adaptabilidad a un bajo costo a los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes y su entorno (máxima flexibilidad)
- 3.- Capacidad de proveer un entorno ecológico interior y exterior respectivamente habitable y sustentable, altamente seguro que maximice la eficiencia en el trabajo a los niveles óptimos de confort de sus ocupantes según sea el caso (máxima seguridad para el entorno, usuario y patrimonial)
- 4.- Eficazmente comunicativo en su operación y mantenimiento (máxima automatización de la actividad)
- 5.- Operado y mantenido bajo estrictos métodos de optimización (máxima predicción y prevención, refaccionamiento virtual)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2. METODOLOGIA

Para cumplir con los objetivos planteados, se hizo uso de las normas vigentes en las etapas de diseño y construcción del edificio, verificando y exigiendo la aplicación de estas tanto a las empresas encargadas de la supervisión de las obras, como a las encargadas del proceso de construcción.

Las etapas fueron las siguientes:

- 1°. Sistemas de tierra.
- 2°. Instalaciones eléctricas provisionales de obra.
- 3°. Puesta a tierra del sistema de pararrayos.
- 4°. Infraestructura de abastecimiento de energía eléctrica.
- 5°. Instalaciones eléctricas de utilización.
- 6°. Iluminación.

1.3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Después de hacer uso de las diferentes normas en el diseño y construcción del edificio, además de algunas innovaciones en las instalaciones eléctricas que regularmente no se aplican en las construcciones, se obtuvieron los siguientes resultados.

En primer término fueron las **instalaciones eléctricas provisionales de obra (capítulo III)**; en las que se desmintió a las empresas constructoras el mito de que estas son costosas. Se verificó que cumpliendo con los requisitos mínimos que nos marca la norma NOM-001-SEDE-1999; en su apartado referente a este tipo de instalaciones, que realmente no son caras y además de que se pueden reutilizar para más construcciones dependiendo del trato que estas reciban, y sobre todo que, lo más importante de este tipo de instalaciones es que proporcionan mucho mayor seguridad para el trabajador al hacer uso de sus herramientas y hace más eficiente el espacio donde este labora.

De otra manera si se hace uso de las instalaciones provisionales de obra tradicionales podemos tener, en primera, una inseguridad enorme para la integridad de los trabajadores, así como de los inmuebles, hacen menos eficientes a las herramientas incluso llegar a averiárselas ya que por lo regular existen malos contactos en las terminales de las instalaciones lo que repercute en bajos voltajes, en muchas ocasiones ni siquiera se cuenta con dispositivos de protección para los circuitos y lo que pasa más comúnmente al término de la construcción de la obra terminan arrumbados los equipos y materiales sin que se les pueda utilizar nuevamente.

Otro punto a resaltar en la construcción del edificio, fue la implementación del **sistema de tierra (capítulo IV)**, en el cual se utilizaron las zapatas de soporte del edificio como electrodos del sistema de tierra, por lo que ya no se tuvo que gastar dinero en electrodos, se realizaron medidas de resistencia a tierra en las diferentes etapas de construcción del edificio y, en todas se obtuvo resistencias muy bajas. En la implementación de este modelo para el sistema de tierra se obtuvo un resultado muy aceptable.

Para el conductor de puesta a tierra de los pararrayos se utilizó la misma estructura metálica propia del edificio, que abarca desde la azotea hasta el sótano de este, para esto se realizó una muy buena soldadura en la unión de las diferentes partes metálicas que componen al edificio, con esto se ahorró en conductores para aterrizar los pararrayos, este tipo de puesta a tierra del sistema de pararrayos, así como los electrodos del sistema de tierra, lo permite y recomienda la norma NOM-001-SEDE-1999.

Otras de las implementaciones fueron; las **instalaciones eléctricas de utilización (capítulo VI)**, al resolver un problema cada vez más frecuente que son las corrientes armónicas, y en particular la de tercer orden la cual es la más problemática en edificios de oficinas, debido a las cargas no lineales que se instalan en este tipo de lugares como lo son equipos de iluminación, de comunicación y electrónicos, ambos generadores de dichas corrientes las cuales originan problemas en los circuitos eléctricos; Esto se resolvió con la instalación de un transformador de aislamiento blindado, conexión delta estrella, en cada uno de los pisos del edificio, los cuales funcionaran como trampas para la tercera armónica debido al tipo de conexión del transformador. Con esto se controla dicha corriente en cada uno de los pisos del edificio y no se mezcla en todos los circuitos del edificio.

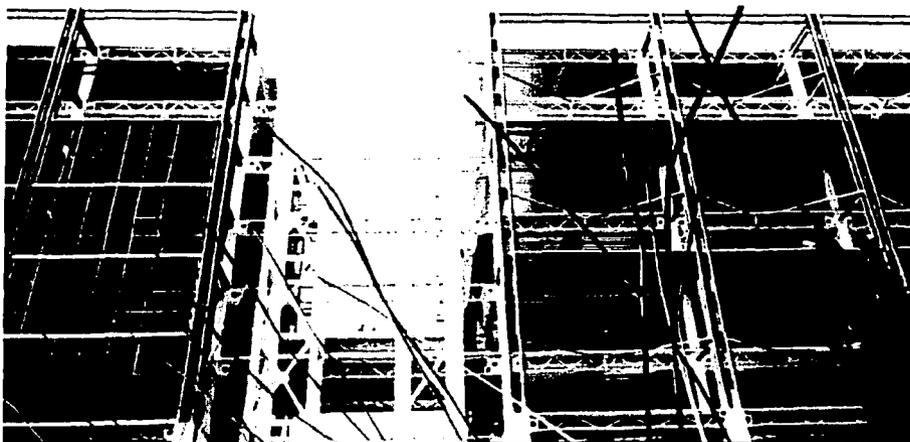
En cuestión de **ahorro de energía eléctrica (capítulo VII)**, tema que se ha puesto de moda en nuestro país, debido a las limitantes en cuestión de generación de energía eléctrica con la que se cuenta actualmente y **lineamiento indispensable para ser considerado un edificio inteligente**; Se implementó en el sistema de aire acondicionado, que es el segundo sistema en el cual se consume mas energía eléctrica, aproximadamente un 30% del consumo total en un edificio de uso no residencial, consistió en diseñar la circulación de aire natural a través del edificio, el cual circulara de la planta de acceso del edificio hasta la azotea, dicha circulación se realizará por las fachadas norte y sur del edificio en los cuales se diseñaron dobles pantallas de vidrio en las ventanas, además de que se tendrá atrios de doble y cuádruple altura entre las plantas libres de área de trabajo, en este diseño se aplican leyes térmicas como en la que el aire caliente tiende a irse hacia la parte superior de la superficie.

Otras de las alternativas en cuestión de ahorro de energía las cuales se aplicaron en esta obra, ya se están implementado en construcciones ó remodelaciones de inmuebles, consistieron en el sistema de alumbrado del edificio, el cual es el sistema que consume mas energía aproximadamente un 50%, con en el uso de tableros automatizados, lámparas ahorradoras de energía y sensores de presencia ubicados en las diferentes áreas del edificio. Otra área donde se utilizaron equipos ahorradores fue en el sistema de fuerza (bombeo), con el uso de variadores de velocidad.

Finalmente concluimos que las implementaciones anteriormente mencionadas, no es un invento del cual queramos hacer gran relevancia, simplemente se esta dando seguimiento a recomendaciones que divulgan la NOM-001-SEDE-1999, y organizaciones reconocidas a nivel mundial en el área eléctrica como lo son el IMEI, NEC, IEEE, IESNA y la NFPA, dichas organizaciones editan y divulgan recomendaciones las cuales contribuyen al mejoramiento de las instalaciones eléctricas haciendo estas mas seguras y eficientes, pero muchas de estas recomendaciones únicamente llegan al escritorio y nunca son aplicadas en la construcción de nuevas instalaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II. ANTECEDENTES



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II. ANTECEDENTES

II.1. CONCEPTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, cables, conexiones, receptáculos, canalizaciones y soportes. Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos).

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además debe ser económica, flexible y de fácil acceso, lineamientos que debe cumplir un edificio inteligente.

Ahora mencionaremos algunos conceptos importantes:

Acometida.- Conductores y equipos que conectan la energía de la red de suministro público a las instalaciones del usuario.

Circuito alimentador.- Todos los conductores del circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado independiente y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado final.

Circuito derivado.- Conductores del circuito formado entre el último dispositivo contra sobrecorriente que protege el circuito y las cargas conectadas.

Interruptor.- Es un dispositivo de maniobra capaz de cerrar, conducir o interrumpir corrientes bajo condiciones normales o anormales del circuito de acuerdo a su capacidad interruptiva sin sufrir daño alguno.

Capacidad interruptiva.- Corriente máxima, expresada en amperes, que un dispositivo puede interrumpir a un voltaje nominal, bajo condiciones normales de prueba.

Medio de desconexión.- Un dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios en los cuáles los conductores del circuito se pueden desconectar de la fuente de alimentación.

Interruptor contra falla a tierra.- Dispositivo destinado a la protección personal, que funciona para desenergizar un circuito o una parte del mismo, dentro de un período determinado, cuando ocurre una corriente de falla a tierra que excede un valor predeterminado, menor que el necesario para accionar la protección contra sobrecorriente del circuito de alimentación.

Corto circuito.- Se crea un corto circuito cuando dos conductores que llevan corriente se unen.

Falla a tierra.- Se crea cuando un conductor que lleva corriente hace contacto con algún dispositivo de la instalación ya sea canalización, cajas, etc.

Carga continua.- Aquella con la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más.

Carga no lineal.- Carga cuya forma de onda de la corriente en estado estacionario no sigue la forma de onda de la tensión aplicada.

Conductor del electrodo de puesta a tierra.- Conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo (T.F. de C.A.), al conductor puesto a tierra (neutro) o a ambos, del circuito en el equipo de acometida o en la fuente de un sistema derivado separado.

Conductor de puesta a tierra.- Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito de tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra.

Conductor de puesta a tierra de los equipos.- Conductor utilizado para conectar las partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al conductor del sistema puesto a tierra (neutro), al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado separado.

Conductor puesto a tierra.- Conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra.

Interruptor de transferencia.- Un interruptor manual de transferencia es un dispositivo automático, o no automático para transferir con uno o más conductores de una fuente de alimentación a otra.

Ampacidad admisible.- Corriente que puede conducir un conductor eléctrico, expresada en amperes bajo operación continua y sin exceder su temperatura máxima de operación.

Receptáculo.- Un receptáculo es un dispositivo de contacto instalado en una toma de corriente para conectar un solo aparato. Una base sencilla es un solo dispositivo de contacto sin que exista otro dispositivo de contacto en la misma base. Una base multicontactos es solo un dispositivo que contiene dos o más receptáculos.

Sobrecarga.- Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad normal o de plena carga nominal, o de un conductor con exceso de corriente sobre su capacidad nominal, cuando tal funcionamiento, de persistir por suficiente tiempo causa daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla, tal como un corto circuito o falla a tierra, no es una sobrecarga.

Sobrecorriente.- Cualquier valor de corriente mayor que la corriente nominal del o mayor que la capacidad de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga, un corto circuito o una falla a tierra.

Salida.- Punto en el sistema de alambreado donde se toma corriente para alimentar al equipo de utilización.

Salida para iluminación.- Salida de corriente diseñada para la conexión directa de un portalámparas, luminario o un cordón suspendido que termine en una tapa de un portalámparas.

Fusible.- Dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte que se funde cuando se calienta con el paso de una corriente que circula a través de ella e interrumpe el paso de la corriente.

Interruptor termomagnético.- Es un dispositivo de protección contra sobrecorriente que nos asegura que la corriente se interrumpirá antes de que un valor excesivo pueda causar daño al conductor.

Conductores.- Son los elementos que proveen las trayectorias de circulación de la corriente eléctrica, estos están forrados con un material aislante para asegurar que el flujo de corriente sea a través del conductor.

Transformador.- Es un aparato estático que transfiere energía de un circuito eléctrico de corriente alterna a otro a través de un acoplamiento magnético, que permite la transformación de corrientes y voltajes entre dichos circuitos a la misma frecuencia.

Planta de emergencia.- Es un grupo motor-generador que convierte la energía calorífica de un combustible en energía eléctrica.

Subestación eléctrica.- Es un conjunto de dispositivos eléctricos que forman parte de un sistema eléctrico; sus funciones principales son: transformar tensiones y derivar circuitos.

II.2. ORGANISMOS Y ASOCIACIONES INTERNACIONALES QUE RIGEN LA NORMATIVIDAD EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN MEXICO

Los organismos internacionales que influyeron notablemente en la normatividad en nuestro país, fueron organizaciones de los Estados Unidos de Norte América como son: el **National Electrical Code (NEC)** que lo imprime y distribuye la **National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA))**, el **Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI)**, y los **Underwriters Laboratories (Laboratorios para Aseguradoras (UL))**. Los cuales describiremos a continuación brevemente su aparición en los EE.UU.

Cuando se presentó por primera vez al público la luz eléctrica incandescente, invento de Thomas Alba Edison, una de las primeras ventajas que se le atribuyeron fue que reduciría los riesgos de incendio. Las lámparas de queroseno, las velas y la iluminación a base de gas eran extremadamente peligrosas. Los incendios eran un riesgo siempre presente. Cualquier medida que redujera el peligro de incendios era recibida con beneplácito en esa época. Sin embargo, no paso mucho tiempo antes de que se evidenciara que también la electricidad podía ser peligrosa si no se manejaba con propiedad.

Todos sabían que los rayos eran una forma de electricidad y que podían ser fatales. Lo que no sabían era que los relativamente bajos niveles de potencia de C.C. que se generaban en los primeros días de la iluminación eléctrica también podían causar choques fatales y constituir un serio peligro de incendio.

Se empezaron a conocer los peligros de la electricidad en la medida que se extendió su uso. Surgió la necesidad de contar con estándares uniformes para las instalaciones y seguridad eléctricas. Esta necesidad fue satisfecha con la introducción del **National Electrical Code (NEC)** y el establecimiento de los **Underwriters Laboratories, Inc (UL)**, en EE.UU. Conforme paso el tiempo, se desarrollaron reglamentaciones locales para la construcción con el fin de cubrir las instalaciones eléctricas.

En una fecha tan temprana como el año de 1881, una organización conocida como la **National Association of Fire Engineers (Asociación Nacional de Ingenieros en Incendios)**, reconoció la necesidad de contar con reglas y guías uniformes y de observancia en todo EE.UU. para las instalaciones eléctricas. Su primer congreso celebrado en Richmond, Virginia condujo a una proposición que cubría las reglas básicas del aislamiento y la conexión a tierra como protección.

En 1895, el **National Board of Fire Underwriters (Consejo Nacional de Aseguradoras contra Incendios)** publicaron las propuestas obtenidas como conclusiones del congreso de ingenieros en incendios. Esta fue la primera aparición de una reglamentación eléctrica nacionalmente recomendada.

En los años subsecuentes a la aparición del código, éste ha crecido y cambiado a medida que se han incrementado el conocimiento técnico y los usos de la electricidad. En la actualidad se le conoce como **National Electrical Code (NEC) (Código Nacional Eléctrico)** y lo imprime y distribuye la **National Fire Protection Association (NFPA) (Asociación Nacional de Protección contra Incendios)**. Es aceptado universalmente como base para una instalación eléctrica segura. La NFPA ha establecido un procedimiento para las revisiones periódicas del NEC. Últimamente, el NEC ha sido respaldado por el **American National Standards Institute (ANSI) (Instituto Nacional Americano de Normas)** y también se le conoce como NFPA 70-1978 (ANSI).

Según lo publica la NFPA y lo respalda el ANSI, el NEC es únicamente un documento de carácter consultivo. Sin embargo se vuelve obligatorio como ley cuando lo adopta una autoridad oficial competente. Junto con él, usualmente se establecen requerimientos para la verificación de las instalaciones eléctricas, licencias para contratistas y requisitos que deben cumplir los inspectores, todo ello basado en los códigos eléctricos. El NEC se ofrece para que lo usen los legisladores y las oficinas reguladoras como base para establecer las normas eléctricas y reglamentos de construcción regionales. El NEC se convierte en la ley para el electricista sólo cuando forma parte de los reglamentos de construcción.

De esta manera, el NEC se hace de observancia legal. Los reglamentos regionales generalmente contienen requisitos y restricciones adicionales que también deben seguirse.

Otro organismo reconocido mundialmente que influyo en las normas en México, son los **Underwriters Laboratories (Laboratorios para Aseguradoras)**. El consejo de Chicago de Aseguradoras contra Incendios retuvo a uno de los primeros expertos en electricidad, llamado William Henry Merrill, con el fin de investigar los incendios en el Palacio de la Electricidad en la ciudad de Chicago en 1893. Como resultado de estas investigaciones, Merrill se dio cuenta de la necesidad de establecer normas para los dispositivos eléctricos. En 1894 fundó una compañía llamada Underwriters Electrical Bureau (Oficina Eléctrica de las aseguradoras) Merrill y unos cuantos asociados probaron los dispositivos eléctricos y publicaron reportes sobre su comportamiento. La compañía creció rápidamente. En 1901 tomó el nombre de **Underwriters Laboratories, Inc. (UL)**. En la actualidad, esta compañía es, en EE.UU., el laboratorio de pruebas más conocido.

Los fabricantes envían sus productos a los Underwriters Laboratories con fines de prueba. Después de ponerlos a prueba, UL emite un reporte al fabricante en el que indica sus hallazgos. Si se descubren defectos en el producto, el fabricante los puede corregir y someter nuevas muestras al examen. Los productos cuyo desempeño es satisfactorio se listan en diversos directorios publicados por los UL. Los directorios que interesan a los electricistas son el Electrical Appliance and Utilization Equipment Directory (Directorio de Aparatos y Equipo de Utilización Eléctricos), el Electrical Construction Materials Directory (Directorio de Materiales de Construcción Eléctricos) y el Hazardous Location Electrical Equipment Directory (Directorio de Equipo Eléctrico de Ubicación Peligrosa).

Además de la prueba inicial, los Underwriters Laboratories realizan pruebas de seguimiento en los productos listados, para asegurarse de que se mantienen las normas de calidad. A los fabricantes cuyos productos se listan en el directorio UL se les permite usar el símbolo de los laboratorios en las placas de características o en cualquier parte de su producto.

El NEC no especifica el uso de los productos listados por los UL con su nombre, pero especifica que el equipo usado sea "probado por un laboratorio eléctrico con reconocimiento nacional". La mayor parte de los reglamentos regionales interpretan esto; como una indicación hacia los productos listados por los UL y los inspectores buscan el símbolo UL en todos los materiales usados.

Nótese que los Underwriters Laboratories listan todos los productos aceptables (no los fabricantes). El hecho de que un producto tenga el símbolo UL no significa que todos los productos del mismo fabricante sean necesariamente aceptables. Los fabricantes de equipo eléctrico con reputación sólo distribuyen productos listados por UL.

II.3. BREVE RESEÑA DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA, RELATIVA A LAS INSTALACIONES DESTINADAS AL SUMINISTRO Y USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, EN MÉXICO

II.3.1 Antecedentes.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001, que es la norma relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, inició su uso y aplicación de esta en el año de 1994, esta norma se baso para su realización en el National Electrical Code (NEC), que es el Código Nacional Eléctrico de los EE.UU., este se modifico en algunos de sus artículos, para la mejor aplicación de acuerdo a las características propias de nuestro país.

El NEC se refiere únicamente a las prácticas relativas a la instalación eléctrica que ofrecen la máxima protección contra las lesiones personales y la muerte, así como pérdidas en las propiedades, debidas al choque eléctrico o al fuego.

El National Electrical Code es un volumen detallado y comprensivo de casi 900 páginas. La organización del material es lógica y la numeración de los conceptos así como las referencias cruzadas facilitan su uso con un poco de estudio. El código contiene nueve capítulos, un apéndice, una tabla de contenido y un índice. El capítulo 1 da las definiciones de los términos usados en el NEC y los requisitos generales para las instalaciones eléctricas. Los capítulos 2,3 y 4 ofrecen la mayor parte de la información necesaria para las instalaciones generales. Los capítulos 5, 6, 7 y 8 cubren las instalaciones especiales, las condiciones y requisitos para el alambrado de comunicaciones, radio y TV. El capítulo 9 consta de las tablas de consulta con ejemplos que muestran la forma de usarlas.

II.3.2 Alcance del Código.

El artículo 90 sirve como una introducción al NEC y establece los tipos de instalaciones que abarca y los que no comprende. El NEC cubre las instalaciones eléctricas y de equipos en edificios públicos y privados, incluyendo casas remolque, vehículos recreativos, edificios flotantes y otros tipos de instalaciones en exteriores como jardines, juegos infantiles, estacionamientos, subestaciones industriales y otros locales. El código cubre también la instalación de conductores y equipos en acometidas, así como la instalación de cable de fibra óptica. El código no cubre instalaciones en barcos o botes ni equipos marinos, pero sí incluye a las casas flotantes, tampoco incluye ferrocarriles, equipos de aviación o vehículos automotrices, solo las casas remolque.

No están cubiertas tampoco minas bajo tierra, conductores para vías de ferrocarril ni la instalación de equipos de comunicación bajo el control exclusivo de personal de la Cía. Telefónica. En general el NEC no cubre las instalaciones para la generación, transmisión, transformación y distribución de los suministradores de energía eléctrica excepto en los edificios de oficinas, bodegas, estacionamientos, talleres, salones recreativos y todo lo que no sea parte integral de una planta generadora, subestación o centro de control.

Anteriormente a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994, se hacia uso de las NTIE (Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, 1981), estas eran editadas por la Dirección General de Normas, y constituían el marco legal para el proyecto y construcción de instalaciones eléctricas. Y mas recientemente la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-001-SEMP-1993, cuya prórroga concluyó el 15 de octubre de 1994.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación describiremos la primer versión de la norma oficial mexicana NOM-001.

El 9 de mayo de 1994 se publicó el proyecto de norma, con lo cual inició el plazo de consulta pública.

El 30 de septiembre de 1994, como resultado del análisis efectuado por el comité consultivo nacional, fueron publicados los comentarios y resultados al proyecto de N.O.M., y en consecuencia se hicieron las modificaciones procedentes a dicho proyecto..

El 10 de octubre de 1994 se publicó en el diario oficial de la federación la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMP-1994, Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.

II.3.3 Referencias.

Para la correcta aplicación de esta norma es necesario consultar las N.O.M. sobre:

- Productos eléctricos.
- Aparatos electrodomésticos y similares.
- Sistema general de unidades.
- Tubos de acero.
- Tensiones normalizadas.
- Conductores.

II.3.4 Objetivo.

La presente Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de servicio y seguridad para las personas y su patrimonio.

Suplir a la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-001-SEMP-1993, cuya prórroga concluyó el 15 de octubre de 1994.

II.3.5 Introducción.

Esta NOM., Consta de una introducción y 14 capítulos subdivididos en dos partes, en la primera, se establecen disposiciones técnicas que deben observarse en las instalaciones eléctricas, de aplicación general, para locales, equipos y condiciones especiales, en sistemas de comunicación y en alumbrado público, incluyendo un capítulo de tablas.

En la segunda parte, se incluyen las disposiciones técnicas que se deben aplicar a la instalación de subestaciones, de líneas eléctricas de suministro público, transporte eléctrico y otras líneas eléctricas y de comunicación ubicadas en la vía pública.. Así como a instalaciones similares propiedad de los usuarios, lo cual se ha establecido, considerando, en principio que dichas líneas estarán operadas y mantenidas por personal idóneo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3.6 Campo de Aplicación.

En el campo de aplicación de la siguiente Norma Oficial Mexicana para instalaciones eléctricas será:

- a) Las instalaciones que se emplean para la utilización de la energía eléctrica, en cualquiera de las tensiones usadas de operación, incluyendo la instalación del equipo conectado a las mismas por los usuarios.
- b) Las subestaciones y las plantas generadoras de emergencia propiedad de los usuarios.
- c) Las líneas eléctricas y su equipo dentro del término "líneas eléctricas" quedan comprendidas las aéreas y las subterráneas conductoras de energía eléctrica, ya sea que formen parte del sistema de servicio público o bien correspondan a otro tipo de instalación.
- d) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el suministro y uso de la energía eléctrica.

II.3.7 Vigilancia.

La dirección general de operación de energía eléctrica de la secretaría de energía vigilará la correcta aplicación de la NOM-001-SEMP-1994.

Las unidades de verificación de instalaciones eléctricas (UVIE'S) aprobadas por la secretaría de energía certificarán la observancia de la NOM-001-SEMP-1994, en lo referente a instalaciones eléctricas para servicios en alta tensión y de suministro en lugares de concentración pública.

II.3.8 Transitorios.

Primero: La presente Norma Oficial Mexicana, entrará en vigor a partir del 15 de octubre de 1994.

Segundo: El capítulo 9 entrará en vigor después de 6 meses de entrada en vigor de la propia norma (15 de abril de 1995).

Tercero: La presente norma sólo será aplicable para nuevos proyectos eléctricos, nuevas instalaciones y para ampliaciones de las ya existentes.

Cuarto: La presente Norma Oficial Mexicana, no será aplicable para instalaciones eléctricas ya existentes o en proceso de construcción.

Quinto: Para las instalaciones eléctricas normalizadas en el presente ordenamiento, se deberán utilizar materiales y equipos que cumplan con las normas correspondientes que estén en vigor para cada uno de ellos.

Sexto: La normatividad referente a los productos, dispositivos y equipos que se citan en esta norma, emitidas por la autoridad competente en esta materia, prevalece sobre los requerimientos aquí expresados.

Séptimo: La certificación citada en la presente norma, referente a productos, dispositivos y equipos eléctricos, necesaria para establecer una seguridad integral de la instalación eléctrica, será aplicable a partir del 1º. De julio de 1995.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III. INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3.9 Métodos de Prueba.

Las pruebas que deben hacerse para comprobar el cumplimiento de esta norma son las siguientes:

- Resistencia de aislamiento a conductores alimentadores
- Verificar la resistencia de tierra del sistema.
- Continuidad de las canalizaciones eléctricas.

II.3.10 Índice de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994

Primera Parte

Capítulo 1	Disposiciones Generales.
Capítulo 2	Diseño y protección de instalaciones eléctricas.
Capítulo 3	Métodos de instalación y materiales.
Capítulo 4	Equipos de uso general.
Capítulo 5	Ambientes especiales.
Capítulo 6	Equipos especiales.
Capítulo 7	Condiciones especiales.
Capítulo 8	Sistemas de comunicación.
Capítulo 10	Tablas.

Segunda Parte

Capítulo 21	Generalidades.
Capítulo 22	Líneas aéreas.
Capítulo 23	Líneas subterráneas.
Capítulo 24	Subestaciones.

Finalmente mencionaremos las Normas Oficiales Mexicanas, que han entrado en vigor a partir de la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-001-SEMP-1993:

- Proyecto NOM-001-SEMP-1994 publicada el 9 de Mayo de 1994.
- NOM-001-SEMP-1994 publicada el 10 de Octubre de 1994.
- Proyecto NOM-001-SEDE-1997 publicada el 22 de Diciembre de 1997.
- NOM-001-SEDE-1999 publicada el 20 de Abril de 1999.

III. INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES DE OBRA

III.1. OBJETIVO.

Las instalaciones eléctricas provisionales de obra son de gran importancia, su correcto diseño y construcción proporcionan la mínima seguridad que resguarde la integridad tanto de los trabajadores como de los inmuebles.

También permiten disminuir el número de accidentes ocurridos por descargas eléctricas, al mismo tiempo que proporcionan el voltaje y la corriente exigida en la placa de datos de las herramientas, logrando con ello aumentar su vida útil y su eficiencia.

III.2. NORMAS QUE RIGEN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES.

De la Norma Oficial Mexicana **NOM-001-SEDE-1999**; el artículo bajo el cual se rige el diseño de las instalaciones eléctricas provisionales de obra es el **ARTICULO 305 – Alambrado Provisional**.

Para nuestro caso particular sólo se hará mención de aquellas secciones del artículo que son aplicables al proyecto.

ARTICULO 305 – Alambrado Provisional.

305-1 Alcance. Las disposiciones de este Artículo se aplican a los métodos de alambrado provisional para fuerza y alumbrado eléctrico, los cuales pueden tener menos requerimientos que los que se exigen para instalaciones permanentes.

305-2 Todas las instalaciones

a) Otros Artículos. Excepto como se modifica específicamente en este Artículo todos los demás requisitos de esta NOM para alambrado permanente se deben aplicar a las instalaciones de alambrado provisional.

305-3 Limitaciones de tiempo.

a) Durante el periodo de construcción. Se permiten las instalaciones provisionales de fuerza y alumbrado durante los periodos de construcción, remodelación, mantenimiento, reparación o demolición en inmuebles, estructuras, equipos o actividades similares.

d) Remoción. Las instalaciones provisionales deben removerse inmediatamente después de terminada la construcción o el fin para el cual el alambrado fue instalado.

Como podemos ver, las instalaciones eléctricas provisionales de obra no sólo son necesarias sino exigidas por la autoridad, quien norma su construcción y diseño a fin de tener la seguridad mínima que resguarde la integridad tanto de los trabajadores como de los inmuebles.

III.3.-DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES

Tomando como base la cantidad de herramientas que pueden llegar a utilizarse en cada uno de los niveles del edificio así como, la potencia eléctrica que cada una de ellas demanda se han diseñado 5 estaciones de trabajo para alimentar a las instalaciones eléctricas provisionales de obra.

Las primeras cuatro estaciones alimentan dos niveles cada una; la estación A alimenta a los niveles de auditorio y acceso, la estación B niveles 1 y 2, la estación C niveles 3 y 4, estación D niveles 5 y 6 y por último la estación E alimenta al nivel de gimnasio-cafetería.

Las herramientas que cada estación de trabajo tiene que alimentar son las siguientes:

Herramienta	Cantidad	Corriente (Amp.)	Voltaje (V)
Pulidora	4	15	127
Taladro	8	6	127
Foco incandescente	48	0.7874	127

III.3.1.Circuitos alimentadores.

El diseño de los circuitos alimentadores para las instalaciones provisionales se basa en los siguientes artículos de la norma **NOM-001-SEDE-1999**.

305-4 Disposiciones generales.

b) Alimentadores. Los alimentadores deben protegerse como esta indicado en el artículo 240. Se debe originar en un centro de distribución aprobado. Los conductores pueden formar parte de un cordón flexible multiconductor o de conjuntos de cables de un tipo identificado en la **tabla 400-4** para uso rudo o extra rudo.

Cuando la tensión no exceda de 120V a tierra y cuando no estén sujetos a daño físico, los alimentadores pueden instalarse sin canalización, si están apoyados sobre aisladores a intervalos no mayores a 3m.

Artículo 215 Alimentadores.

215-1 Alcance. Este artículo cubre los requisitos de instalación, de la capacidad de conducción de corriente y tamaño nominal mínimo de los conductores, para los alimentadores que suministran energía a las cargas de los circuitos derivados calculadas de acuerdo con el artículo 220.

Artículo 220 Cálculo de los circuitos derivados, alimentadores y acometidas.

A. Disposiciones generales

220-1. Alcance. Este Artículo establece los requisitos para determinar el número de circuitos derivados necesarios y calcular las cargas de los circuitos derivados, de los alimentadores y de las acometidas

B. Alimentadores y acometidas.

220-10. Disposiciones generales

a) Capacidad de conducción de corriente y cálculo de cargas. Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente suficiente para suministrar energía a las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser inferior a la suma de las cargas de los circuitos derivados conectados, tal como se establece en la parte A de este artículo.

b) Cargas continuas y no continuas. Cuando un alimentador suministre energía a cargas continuas o a una combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser inferior a la carga no continua, más 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del alimentador, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe

permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más 125% de la carga continua.

Excepción: Cuando el equipo, incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente del alimentador, este aprobado y listado para funcionamiento continuo al 100% de su capacidad nominal, ni la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente, ni la capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador deben ser inferiores a la suma de la carga continua más la no continua.

Para realizar el cálculo de los **circuitos derivados** se ha dividido la carga en dos partes, que son: fuerza menor y alumbrado; el diseño de cada una de ellas se basa en las siguientes secciones de la norma:

Fuerza Menor.

430-24 Varios motores o motor(es) y otra(s) carga(s). Los conductores que suministran energía eléctrica a varios motores o a motores y otra(s) carga(s), deben tener una capacidad de conducción de corriente, cuando menos de la suma de las corrientes a plena carga nominales de todos los motores, más un 25% de la corriente nominal del motor mayor del grupo, más la corriente nominal de las otras cargas determinadas de acuerdo con lo indicado en el **artículo 220** y otras secciones aplicables.

Excepción No. 1: Cuando uno o más motores del grupo operan por corto tiempo, en forma intermitente periódica o variable, la corriente nominal de estos motores se suma de acuerdo con la sección **430-22(a) excepción No.1**. Para determinar el motor de mayor capacidad que debe formar parte de la suma total, se debe tomar el mayor valor en amperes resultante de la aplicación del factor adecuado al régimen de trabajo según se indica en la **Excepción 1 de 430-22(a)** o el motor que en operación continua tome la mayor corriente eléctrica a plena carga, multiplicado por 1.25.

Alumbrado.

220-3 Cálculo de los circuitos derivados. Las cargas de los circuitos derivados se calcularán como se indica en el inciso (a) siguiente:

a) Cargas continuas y no continuas. La capacidad nominal del circuito derivado no debe ser inferior a la carga no continua más el 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la carga no continua, más 125% de la carga continua.

Excepción: Cuando el equipo, incluyendo los dispositivos de protección contra sobrecorriente, este aprobado para el funcionamiento continuo al 100% de su capacidad nominal.

Nota: Recordando que aquí sólo se esta tomando fracciones de los artículos que consideramos aplicables al proyecto, para un conocimiento completo de los artículos remitirse a la norma oficial mexicana **NOM-001-SEDE-1999**.

III.3.2. Cálculo para cada estación de trabajo.

Para el cálculo del circuito alimentador nos basamos en los artículos:

220-3 (a), 220-10 (a), 220-10 (b) y 220-14.

III.3.2.1. Cálculo de la potencia del equipo de fuerza menor.

Al estar el equipo de fuerza menor constituido por varías máquinas herramientas que utilizan motor y además operan en forma intermitente, la capacidad de conducción de corriente de los conductores que las alimentan debe ser igual, de acuerdo con la sección **430-24 excepción No. 1**, a la suma de la corriente nominal de cada una de las herramientas, afectada por un factor obtenido de la **tabla 430-22 (a)**, tal como lo señala la sección **430-22 (a) Excepción No. 1**. Además para la herramienta que tome mayor corriente, una vez calculada su corriente de acuerdo con **430-22 (a) Excepción No. 1**, esta deberá ser multiplicada por 1.25

y sumada al resto de corrientes. Al tener varios elementos que tienen el mismo valor de corriente sólo uno de ellos deberá ser afectado por 1.25.

Considerando que ninguna herramienta tiene un régimen de trabajo mayor a 10 minutos el factor por el cual debe ser afectada la corriente es 0.85.

Pulidora 15 Amperes.

$$I = 15 \times 0.85 = 12.75 \text{ Amperes.}$$

Taladro 6 Amperes.

$$I = 6 \times 0.85 = 5.1 \text{ Amperes.}$$

Al ser mayor la corriente de la pulidora, deberemos multiplicarla por 1.25.

$$I = 12.75 \times 1.25 = 15.94 \text{ Amperes.}$$

Haciendo la suma total tenemos 3 pulidoras con 12.75 Amperes, 1 pulidora con 15.94 Amperes, y 8 taladros con 5.1 Amperes.

$$I = (3 \times 12.75 \text{ Amp.}) + (15.94 \text{ Amp.}) + (8 \times 5.1 \text{ Amp.}) = 95 \text{ Amp.}$$

$$I = 95 \text{ Amperes}$$

Una vez calculado el valor de corriente que demandara nuestro equipo de fuerza menor podemos conocer la potencia requerida para alimentar las herramientas.

$$S = VI.$$

Donde:

S = Potencia aparente en (VA).

V = Voltaje en (V).

I = Corriente en (A).

$$S = 95 \text{ Amp} \times 127 \text{ V}$$

$$S = 12,065 \text{ VA.}$$

III.3.2.2. Cálculo de la potencia del equipo de alumbrado.

Considerando 48 lámparas de 100 W tenemos:

$$S = 48 \times 127 \text{ V} \times 0.7874 \text{ A} = 4,800 \text{ VA.}$$

El equipo de alumbrado operará por tiempos superiores a 3 horas, por lo cual se le considera una carga continua y debe ser multiplicada por 1.25.

$$S = 4,800 \text{ VA} \times 1.25$$

$$S = 6,000 \text{ VA.}$$

III.3.2.3. Cálculo de la potencia total.

Realizando la suma total de fuerza menor y alumbrado:

$$S = 12,065 \text{ VA} + 6,000 \text{ VA}$$

$$S = 18,065 \text{ VA.}$$

III.3.2.4. Cálculo de la corriente total

Calculando la corriente del alimentador:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{ff}}$$

Donde:

I = Corriente en (A).

S = Potencia Aparente en (VA).

V_{ff} = Voltaje entre fases en (V).

$$I = \frac{18065VA}{\sqrt{3} \times 220V}$$

I = 47.4 Amperes.

III.3.2.5. Selección del dispositivo de protección contra sobrecorriente.

La protección general deberá ser capaz de interrumpir el suministro de energía de acuerdo al valor de la corriente de la carga no continua mas el 125% de la carga continua del circuito (47.4 Amperes), por lo tanto la corriente máxima que deberá tomarse en cuenta para el dimensionamiento de la protección de acuerdo con el valor de la corriente nominal y de acuerdo con los estándares de fabricantes será de:

3 X 50 Amperes.

III.3.2.6. Selección de los conductores del circuito alimentador.

La selección de conductores se basó en la sección **220-10** y **310-15**.

La selección de temperatura máxima de operación del conductor se basa en la sección **110-14 (c) (1)** y **110-14 (c) (2)**.

El calibre mínimo del conductor alimentador para cada estación de trabajo deberá ser capaz de conducir la corriente de la carga no continua mas 125% de la carga continua, por lo tanto la corriente que deberán conducir los conductores de fuerza será de:

I = 47.4 Amperes.

De acuerdo al valor obtenido para corriente en cada conductor (47.4 Amperes), refiriéndose a la **tabla 310-16** (Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables monoconductores aislados de 0 a 200V nominales y 60 °C a 90 °C. No mas de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C), de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999) por ampacidad, el conductor alimentador deberá tener el calibre mínimo abajo expresado:

Conductor de cobre calibre 4 AWG, THW-LS.
--

Con una capacidad de conducción de 70 Amperes a 60 °C.

III.3.2.6.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.

Corrección por temperatura.

De acuerdo a que el inmueble se encuentra en el **Distrito Federal** y considerando una temperatura ambiente promedio máximo extrema de 33 °C, tenemos el siguiente factor de temperatura (FT) de la **tabla 310-16** (a 60 °C).

$$FT = 0.91$$

$$\text{Capacidad de conducción} = 70 \text{ A} \times 0.91 = 63.7 \text{ A.}$$

$$63.70 > 47.40$$

Por lo tanto el conductor calibre 4 AWG es correcto.

Corrección por agrupamiento.

De acuerdo a la disposición de conductores, no se afectará el valor obtenido de corriente por el factor de agrupamiento de conductores, ya que la NOM-001-SEDE-1999, en las notas a las **tablas 310-16 a 310-19** de capacidad de conducción de corriente de 0 A 2000 V, en la nota número 8 (factores de corrección por agrupamiento) inciso 10 (a) se menciona que cuando el conductor neutro de un sistema sólo transporte la corriente de desbalanceo no necesitará ser tomado en cuenta para el cálculo de la corrección de la amperacidad de un conductor.

Tomando en cuenta el párrafo anterior se determina que el cálculo del dimensionamiento del cable de fuerza no se corrige por agrupamiento.

Corrección por caída de tensión.

Para la estación que se encuentra mas alejada (estación E), que es la que alimentara al nivel de azotea (gimnasio y cafetería), es la única en el que la caída de tensión podría afectar (ver planos IP-01 e IP-02 al final del capítulo), por lo tanto tenemos que:

Para calcular el porcentaje de caída de tensión se utilizara la siguiente formula para un circuito trifásico 3 fases, 4 hilos:

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{V_f * S}$$

Donde:

e = Caída de tensión en (%).

L = Longitud en (m).

I = Corriente nominal por fase en (A).

V_f = Tensión entre fases en (V).

S = Sección del conductor en (mm²).

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * 44 * 44.26}{220 * 21.15}$$

$$e = 1.45 \%$$

Observamos que el conductor de calibre 4 cumple con el requisito por caída de tensión como lo marca la Norma NOM-001-SEDE-1999, en su **Artículo 215-2, (b)**, nota 1, el cual condiciona que se debe evitar una caída de tensión mayor al 3%, para un circuito alimentador.

III.3.2.7. Selección del conductor neutro.

220-22 Carga del neutro del alimentador. La carga del neutro del alimentador será el desequilibrio máximo de la carga determinada por esta sección. La carga máxima de desbalanceo del neutro de un alimentador debe ser la carga máxima conectada entre el neutro y cualquiera de los conductores sin conexión a tierra, se exceptuará los sistemas de dos fases de cinco hilos, en cuyo caso la carga así calculada debe multiplicarse por 140% para sistemas de tres hilos dos fases o cinco hilos dos fases.

De lo anterior tenemos que para este diseño, la carga máxima conectada entre el neutro y cualquiera de las fases es igual a la carga de cualquiera de las fases ya calculada, por lo tanto, el calibre del conductor neutro es idéntico al de las fases.

Conductor de cobre calibre 4 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 70 Amperes a 60 °C.

III.3.2.8. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.

De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-1999; el conductor de puesta a tierra para equipos se dimensiona de acuerdo a la capacidad de conducción nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo.

250-95 Sección transversal de los conductores de puesta a tierra de equipos. El calibre de los conductores de cobre o aluminio, para la puesta a tierra de los equipos, no deberá ser menor que lo indicado en la tabla 250-95.

De la tabla 250-95 sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Dispositivo de protección	50 Amperes.
Conductor de cobre	No.10 AWG.

Conductor de cobre calibre 10 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 30 Amperes a 60 °C.

III.3.2.9. Selección de la canalización.

Factor de relleno.

Para calcular el factor de relleno de esta canalización es necesario tener el área de sección transversal de los conductores alojados en dicha canalización.

Para la parte de la canalización en la cual se lleva el mayor número de conductores tenemos que obteniendo las áreas de los conductores de la **tabla 10-5** de la NOM-001-SEDE-1999; y conociendo el número de conductores tenemos la siguiente información:

Conductor	Area (mm)	Cantidad	Area Ocupada (mm2)
4 AWG, THW-LS	62.8	4	251.2
10 AWG, THW-LS	15.7	1	15.7
Area Total			266.9

De la **tabla 10-4** de la NOM-001-SEDE-1999, y con un factor de relleno del **40% (f.r.= 40 %)** tenemos que la tubería adecuada es de **32 mm**, la cual tiene una capacidad para **387 mm²**.

El tipo de canalización que transportará los conductores de fuerza y tierra física de corriente alterna será: Tubería pared gruesa galvanizada de **32 mm**. de diámetro la cual tiene las siguientes características:

Características:

Tubería pared gruesa galvanizada.
Diámetro: 32 mm.
Área interior total: 965 mm².
Área disponible para conductores, fr = 40%: 387 mm².

III.3.2.10. Resumen de estación de trabajo.

RESUMEN DE ESTACIONES DE TRABAJO (A-E)	
Conductor de fases (3)	No.4 AWG, THW-LS.
Conductor neutro (1)	No.4 AWG, THW-LS.
Conductor de tierra (1)	No.10 AWG.
Dispositivo de protección	3X50 Amperes.
Tubería	P.G.G. 32mm.

Ver planos IP-01 e IP-02 al final del capítulo.

III.3.3. Cálculo del circuito alimentador para todas las estaciones de trabajo del edificio.

III.3.3.1. Carga total del edificio.

5 estaciones de trabajo (A-E)

$$5 \times 18,065 \text{ VA} = 90,325 \text{ VA}$$

$$S = 90,325 \text{ VA}$$

Aplicando un factor de demanda igual a 0.5.

$$S = 90,325 \text{ VA} \times 0.5$$

$$S = 45,162.5 \text{ Amperes.}$$

$$I = \frac{45,162.5 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V}}$$

$$I = 118.53 \text{ Amperes.}$$

Factor de demanda.

El factor de demanda se escogió igual a 0.5 debido a que consideramos que nunca se va a hacer uso de las herramientas y alumbrado en más de la mitad del edificio. Esto es, por que se trabajará primero con la mitad del edificio, en el caso más extremo, y después en la otra mitad.

Con este valor de corriente y capacidad podemos seleccionar el transformador que puede satisfacer nuestras necesidades.

El transformador comercial que nos satisface es uno de 75 kVA.

Características; Transformador tipo seco:

Número de fases	3.
Capacidad	75kVA.
Voltaje	440/220,127V.
Frecuencia	60Hz.
%Z	5.6.

III.3.3.2. Cálculo en el primario del transformador.

Cálculo de la corriente nominal:

$$I = \frac{75KVA}{\sqrt{3} \times 440V}$$

I = 98.41 Amperes.

III.3.3.2.1. Selección del dispositivo de protección.

De acuerdo a la corriente nominal del circuito el dispositivo de protección contra sobrecorriente será de:

3X100 Amperes.

III.3.3.2.2. Selección de conductores del alimentador.

El calibre mínimo del conductor alimentador del primario del transformador deberá ser capaz de conducir la corriente combinada de las cargas (98.41 Amperes) más el 25% de la corriente nominal del circuito, por lo tanto la corriente que deberán conducir los conductores de fuerza será de:

$$I_{Conductor} = I_n \times 1.25$$

$$I_{Conductor} = 98.41 \text{ Amp.} \times 1.25$$

$$I_{Conductor} = 123 \text{ Amperes}$$

De acuerdo al valor obtenido para corriente en cada conductor (123 Amperes), refiriéndose a la **tabla 310-16** (Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables monoconductores aislados de 0 a 200V nominales y 60 °C a 90 °C. No mas de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C), de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999) por ampacidad, el conductor alimentador deberá tener el calibre mínimo abajo expresado:

**Conductor de cobre calibre 1/0 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 150 Amperes a 75 °C.**

III.3.3.2.2.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.

Corrección por temperatura.

De acuerdo a que el inmueble se encuentra en el **Distrito Federal** y considerando una temperatura ambiente promedio máxima extrema de 33 °C., tenemos el siguiente factor de temperatura (FT) de la **tabla 310-16** (a 75 °C).

$$FT = 0.94$$

$$\text{Capacidad de conducción} = 150 \text{ A} \times 0.94 = 141 \text{ Amperes}$$

$$141 > 123$$

Por lo tanto el conductor calibre 1/0 AWG es correcto.

Corrección por agrupamiento.

No aplica porque solo llevamos tres conductores activos en una tubería.

Corrección por caída de tensión.

Para calcular el porcentaje de caída de tensión se utilizara la siguiente formula para un circuito trifásico 3 fases, 4 hilos:

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{Vf * S}$$

Donde:

e = Caída de tensión en (%).

L = Longitud en (m).

I = Corriente nominal por fase en (A).

Vf= Tensión entre fases en (V).

S = Sección del conductor en (mm²).

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * 60 * 98.41}{220 * 53.48}$$

$$e = 1.74 \%$$

Observamos que el conductor del calibre 1/0 cumple con el requisito por caída de tensión como lo marca la Norma NOM-001-SEDE-1999, en su **Artículo 215-2, (b)**, nota 1 el cual condiciona que se debe evitar una caída de tensión mayor al 3%, para un circuito alimentador.

III.3.3.2.3. Selección del conductor neutro.

El transformador esta conectado en delta en el lado primario por lo que carece de un conductor neutro.

III.3.3.2.4. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.

De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-1999; el conductor de puesta a tierra para equipos se dimensiona de acuerdo a la capacidad de conducción nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo

250-95 Sección transversal de los conductores de puesta a tierra de los equipos. El calibre de los conductores de puesta a tierra de equipo de cobre o aluminio, no deberá ser menor que lo indicado en la tabla 250-95.

De la tabla 250-95 Sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Dispositivo de protección	100 Amperes.
Conductor de cobre	No.8 AWG.

Conductor de cobre calibre 8 AWG, THW-LS. Con una capacidad de conducción de 40 Amperes. a 60 °C.
--

III.3.3.2.5. Selección de la canalización.

Factor de relleno.

Para calcular el factor de relleno de esta canalización es necesario tener el área de sección transversal de los conductores alojados en dicha canalización.

Para la parte de la canalización en la cual se lleva el mayor número de conductores tenemos que; obteniendo las áreas de los conductores de la tabla 10-5 de la NOM-001-SEDE-1999; y conociendo el número de conductores tenemos la siguiente información:

Conductor	Area (mm ²)	Cantidad	Area Ocupada (mm ²)
1/0 AWG, THW-LS	143	3	429
8 AWG, THW-LS	28.2	1	28.2
Area Total			457.2

De la tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, y con un factor de relleno del 40% (f.r.= 40 %) tenemos que la tubería adecuada es de 38 mm, la cual tiene una capacidad para 526 mm².

El tipo de canalización que transportará los conductores de fuerza y la tierra física de corriente alterna será: Tubería PVC de 38 mm. de diámetro el cual tiene las siguientes características:

Características:

Tubería PVC.
Diámetro: 38 mm.
Area interior total: 1313 mm².
Area disponible para conductores fr = 40%: 526 mm².

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

III.3.3.2.6. Resumen en el primario del transformador.

RESUMEN PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR.	
Conductor de fases (3)	1/0 AWG, THW-LS.
Conductor de tierra (1)	No.8 AWG, THW-LS.
Dispositivo de protección	3X100 Amperes.
Tubería	PVC 38mm.

Ver planos IP-01 e IP-02 al final del capítulo.

III.3.3.3. Cálculo en el secundario del transformador.

Cálculo de corriente nominal en el secundario:

$$I = \frac{75kVA}{\sqrt{3} \times 220V} = 196.8 \text{ A.}$$

I = 196.82 Amperes.

III.3.3.3.1. Selección del dispositivo de protección.

De acuerdo a la corriente nominal del circuito el dispositivo de protección contra sobrecorriente será de:

3X200 Amperes.

III.3.3.3.2 Selección de conductores del alimentador.

El calibre mínimo del conductor alimentador del secundario del transformador deberá ser capaz de conducir la corriente combinada de las cargas (196.82 Amperes) más el 25% de la corriente nominal del circuito, por lo tanto la corriente que deberán conducir los conductores de fuerza será de:

$$I_{\text{Conductor}} = I_n \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 196.82 \text{ Amperes} \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 246.05 \text{ Amperes}$$

De acuerdo al valor obtenido para corriente en cada conductor (246.05 Amperes), refiriéndose a la tabla 310-16 (Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables monoconductores aislados de 0 a 200V. De 60 °C a 90 °C. No mas de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C), de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999) por ampacidad, el conductor alimentador deberá tener el calibre mínimo abajo expresado:

**Conductor de cobre calibre 300 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 285 Amperes a 75 °C.**

III.3.3.3.2.1 Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.

Corrección por temperatura.

De acuerdo a que el inmueble se encuentra en el **Distrito Federal** y considerando una temperatura ambiente promedio máxima extrema de 33 °C, tenemos el siguiente factor de temperatura (FT) de la **tabla 310-16** (a 75 °C).

$$FT = 0.94$$

$$\text{Capacidad de conducción} = 285 \text{ A} \times 0.94 = 267.9 \text{ A.}$$

$$267.90 > 246.05$$

Por lo tanto el conductor calibre 300 AWG es correcto.

Corrección por agrupamiento.

De acuerdo a la disposición de conductores, no se afectará el valor obtenido de corriente por el factor de agrupamiento de conductores, ya que las NOM-001-SEDE-1999, en las Notas a las **tablas 310-16 a 310-19** de capacidad de conducción de corriente de 0 A 2000 V, en la Nota No.8 (Factores de corrección por agrupamiento) inciso 10 (a) se menciona que: cuando el conductor neutro de un sistema sólo transporte la corriente de desbalanceo no necesitará ser tomado en cuenta para el cálculo de la corrección de la ampacidad de un conductor.

Tomando en cuenta el párrafo anterior se determina que el cálculo del dimensionamiento del cable de fuerza no se corrige por agrupamiento.

Corrección por caída de tensión.

El factor por caída de tensión no afecta en esta parte del circuito ya que la distancia que existe entre el secundario del transformador y el tablero al cual se conectarán c/u de las estaciones es mínima.

III.3.3.3.3 Selección del conductor neutro.

De **220-22** tenemos que para este diseño, la carga máxima conectada entre el neutro y cualquiera de las fases es igual a la carga de cualquiera de las fases ya calculada, por lo tanto, el calibre del conductor neutro es idéntico al de las fases.

Conductor de cobre calibre 300 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 285 Amperes a 75 °C.

III.3.3.3.4 Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.

De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-1999; el conductor de puesta a tierra para equipos se dimensiona de acuerdo a la capacidad de conducción nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo.

250-95 Sección transversal de los conductores de puesta a tierra de los equipos. El calibre de los conductores de puesta a tierra de equipo de cobre o aluminio, no deberá ser menor que lo indicado en la **tabla 250-95.**

De la tabla 250-95 sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Dispositivo de protección	200 Amperes.
Conductor de cobre	No.6 AWG.

Conductor de cobre calibre No. 6 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 55 Amperes a 60 °C.

III.3.3.3.5 Selección de la canalización.

Factor de relleno.

Para calcular el factor de relleno de esta canalización es necesario tener el área de sección transversal de los conductores alojados en dicha canalización.

Para la parte de la canalización en la cual se lleva el mayor número de conductores tenemos que; obteniendo las áreas de los conductores de la tabla 10-5 de la NOM-001-SEDE-1999; y conociendo el número de conductores tenemos la siguiente información:

Conductor	Area (mm2)	Cantidad	Area Ocupada (mm2)
300 AWG, THW-LS	341	4	1364
6 AWG, THW-LS	46.8	1	46.8
Area Total			1410.8

De la tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, y con un factor de relleno del 40% (f.r.= 40 %) tenemos que la tubería adecuada es de 78 mm, la cual tiene una capacidad para 1904 mm².

El tipo de canalización que transportará los conductores de fuerza y la tierra física de corriente alterna será: Tubería pared gruesa galvanizada de 78 mm. de diámetro la cual tiene las siguientes características:

Tubería pared gruesa galvanizada.
Diámetro: 78 mm.
Area Interior Total: 4761 mm².
Area Disponible Para Conductores fr = 40%: 1904 mm².

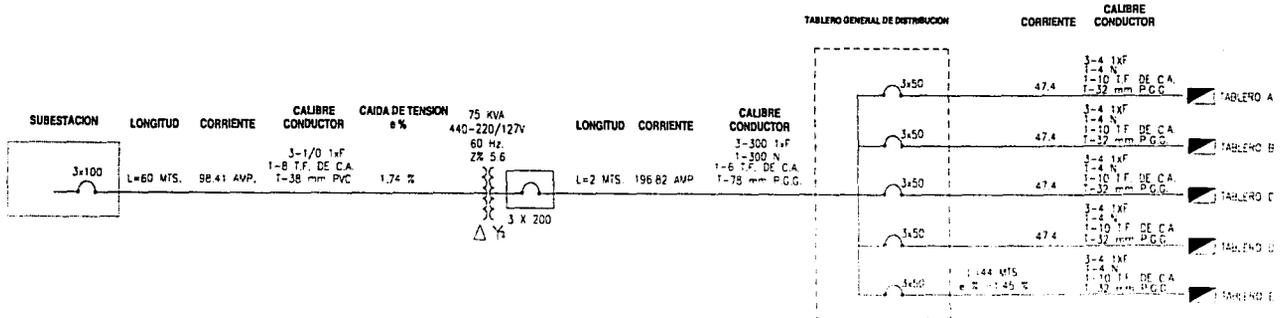
III.3.3.3.6. Resumen en el secundario del transformador.

RESUMEN SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR.	
Conductor de fases (3)	300 AWG, THW-LS.
Conductor neutro (1)	300 AWG, THW-LS.
Conductor de tierra (1)	No.6 AWG, THW-LS.
Dispositivo de protección	3X200 Amperes.
Tubería	PGG 78mm.

Ver planos IP-01 e IP-02 al final del capítulo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INSTALACIONES PROVISIONALES



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

DIAGRAMA UNIFILAR

NO	NO	FECHA	INSTITUTO DE INGENIERIA
1	NO		
2	NO		
3	NO		
4	NO		
5	NO		
6	NO		
7	NO		
8	NO		
9	NO		
10	NO		
11	NO		
12	NO		
13	NO		
14	NO		
15	NO		
16	NO		
17	NO		
18	NO		
19	NO		
20	NO		
21	NO		
22	NO		
23	NO		
24	NO		
25	NO		
26	NO		
27	NO		
28	NO		
29	NO		
30	NO		
31	NO		
32	NO		
33	NO		
34	NO		
35	NO		
36	NO		
37	NO		
38	NO		
39	NO		
40	NO		
41	NO		
42	NO		
43	NO		
44	NO		
45	NO		
46	NO		
47	NO		
48	NO		
49	NO		
50	NO		
51	NO		
52	NO		
53	NO		
54	NO		
55	NO		
56	NO		
57	NO		
58	NO		
59	NO		
60	NO		
61	NO		
62	NO		
63	NO		
64	NO		
65	NO		
66	NO		
67	NO		
68	NO		
69	NO		
70	NO		
71	NO		
72	NO		
73	NO		
74	NO		
75	NO		
76	NO		
77	NO		
78	NO		
79	NO		
80	NO		
81	NO		
82	NO		
83	NO		
84	NO		
85	NO		
86	NO		
87	NO		
88	NO		
89	NO		
90	NO		
91	NO		
92	NO		
93	NO		
94	NO		
95	NO		
96	NO		
97	NO		
98	NO		
99	NO		
100	NO		

UNAM

IP-01

INSTALACIONES PROVISIONALES

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

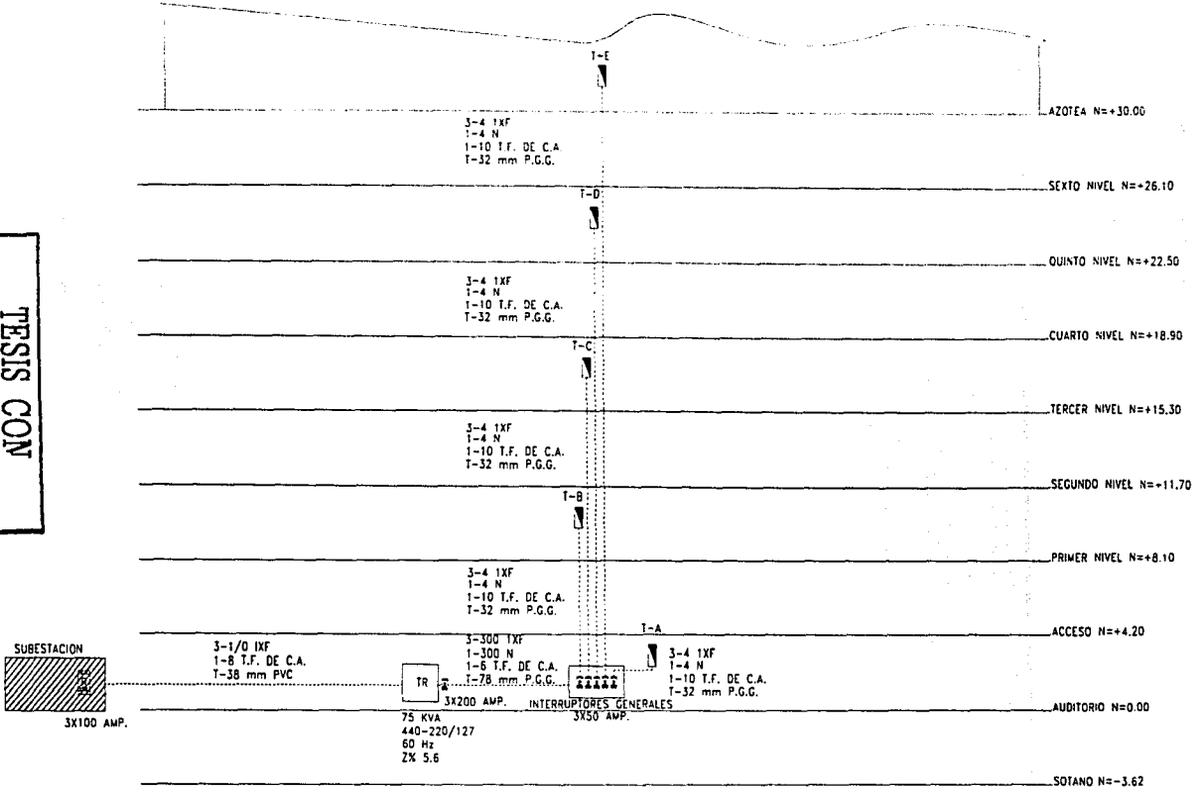
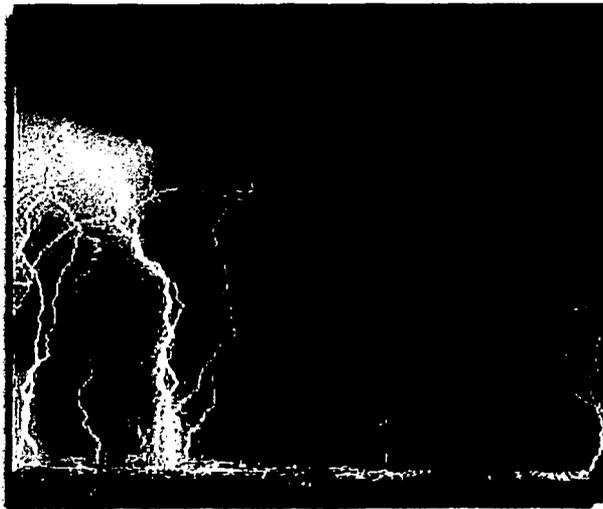


DIAGRAMA ESQUEMATICO

NOMENCLATURA		SIMBOLOGIA		MODIFICACIONES	FECHA	INSTITUTO DE INGENIERIA	
1	TR	1	TABlero DE C.A.			UNAM	
2	IXF	2	INTERRUPTOR THERMOMAGNETICO			PLANO ELECTRICO	
3	T.F. DE C.A.					IP-02	
4	T-32 mm P.G.G.						
5	T-38 mm PVC						
6	3X200 AMP.						
7	3X50 AMP.						

26-2

IV. SISTEMAS DE TIERRA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV. SISTEMAS DE TIERRA

IV.1. INTRODUCCION.

Debemos estar conscientes de que de una década a la fecha los equipos (electrónicos, cómputo y de comunicaciones) han estado cambiando considerablemente en cuanto a sus dimensiones y en cuanto a su configuración, haciéndolos cada día más sensibles a las fluctuaciones del servicio eléctrico y sobre todo a disturbios de corrientes no deseables a través de ellos. Por ejemplo, en los sistemas de cómputo, con un impulso de sobretensión se puede introducir un dato erróneo, lo cual puede ser más perjudicial que si se dañara el equipo. La energía generada por descargas atmosféricas puede ingresar a las instalaciones a través de diversos medios, por impacto directo o por corrientes inducidas. Esta energía busca su propio camino para llegar a tierra utilizando conexiones de alimentación de energía eléctrica, voz y datos, produciendo acciones destructivas ya que, supera el aislamiento de los conductores. Por tal motivo para evitar estos efectos, se deben instalar sistemas de puesta a tierra.

Entonces los sistemas de puesta a tierra se utilizan para limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en los circuitos, a contactos accidentales de mayor tensión así como para limitar la diferencia de potencial a tierra del circuito durante su operación normal. Los equipos se conectan a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, y que faciliten la operación instantánea de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, en casos de falla a tierra. El sistema de puesta a tierra provee un camino de baja impedancia para derivar a tierra corrientes de fuga y disturbios producidos por descargas de origen atmosférico y disturbios presentes en las redes de energía eléctrica comercial y de grupo.

Por lo anterior el objetivo principal de contar con un sistema de puesta a tierra de baja impedancia es con el propósito de brindar:

Seguridad al personal.- Un buen sistema de tierra puede proveer al personal, seguridad al mantener una mínima diferencia de potencial entre las estructuras metálicas y cualquier otro conductor para minimizar la posibilidad de un daño por descarga eléctrica.

Protección al equipo.- La protección del equipo se logra al proveer trayectorias adecuadas para las corrientes de falla a fin de que los dispositivos de protección de sobrecorriente funcionen eficazmente, evitando con esto daños al equipo, riesgos e incendios.

Operación del equipo.- Al proporcionar una referencia a tierra igual a todo lo largo del plano de tierra, puede esperarse una operación más confiable del equipo.

Reducción del ruido.- Ayuda a la reducción del ruido en los circuitos de comunicación, al asegurar una baja impedancia entre puntos de tierra a lo largo del área del sistema.

Para realizar un sistema de tierra se deben efectuar mediciones de resistividad como primer paso, con el resultado de estas mediciones se conoce la formación del terreno y con este dato se puede proceder al diseño adecuado. Desde luego existen lugares donde no es necesario efectuar la medición ya que la resistividad es muy baja y por otro lado el compuesto por roca cuya resistividad es muy alta.

E principal problema de los sistemas de tierra se debe a que estos, van enterrados y por lo tanto están expuestos a la corrosión, a falsos contactos, por regla general, una vez que se instala la red de tierras es olvidada, esperando que funcione en forma adecuada por tiempo indefinido, lo cual no sucede. Por esto es recomendable revisar el estado de la red, sí bien, esto no es posible ya que va enterrada, se pueden efectuar mediciones periódicas de resistencia cada año, durante la época de estiaje, es decir la época mas seca del año.

Los sistemas de tierra se emplean en plantas generadoras, líneas de transmisión, sistemas de distribución y en subestaciones de alta y baja tensión. En este trabajo solo trataremos los sistemas de distribución que abarcan desde la baja tensión hasta 34.5 KV.

En sistemas de distribución se utilizan diferentes diseños, donde se tienen dos categorías principalmente, mediana y baja tensión.

Los diseños para mediana tensión se basan principalmente en evitar los potenciales peligrosos, mientras que los diseños de baja tensión, denominados, como tierra física, se basan en el valor de resistencia a tierra.

IV.2. NORMAS SOBRE TIERRAS.

La Norma Oficial Mexicana que aplica en los sistemas de tierra es la **NOM-001-SEDE 1999**; en sus siguientes artículos:

IV.2.1. Artículo 250 Puesta a tierra.

A.- Disposiciones generales.

250-1. Alcance. Este artículo cubre los requisitos generales para la puesta a tierra y sus puentes de unión en las instalaciones eléctricas y, además, los requisitos específicos que se dan en (a) a (f) a continuación:

- a) En sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite o donde no se permite que estén puestos a tierra.
- b) El conductor del circuito que es puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.
- c) Ubicación de las conexiones a tierra.
- d) Tipos y tamaños nominales de los conductores, puentes de unión y electrodos de conexión para puesta a tierra.
- e) Métodos de puesta a tierra y puentes de unión.
- f) Condiciones en las que se puede sustituir a los resguardos, separaciones o aislamiento por la puesta a tierra.

Los sistemas se conectan a tierra para limitar las sobretensiones eléctricas debidas a descargas atmosféricas a fenómenos transitorios en la red o a contacto accidental con líneas de alta tensión, y para estabilizar la tensión eléctrica a tierra durante su funcionamiento normal. Los equipos se conectan a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, y que faciliten el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra.

IV.2.2. Artículo 2103.- Métodos de puesta a tierra.

2103-1. Objeto y campo de aplicación.

El objeto de esta sección es proporcionar métodos prácticos de puesta a tierra, como uno de los medios de salvaguardar al público y a los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico.

Esta sección sólo se refiere a los métodos para conectar a tierra los conductores y el equipo de líneas eléctricas y de comunicación, los requisitos que establecen en qué casos estos elementos deben estar conectados a tierra, se encuentran en otras secciones de esta norma.

Algunas de las conexiones a tierra aquí indicadas estarán ubicadas en las plantas generadoras o en las subestaciones y deben considerarse en el diseño y construcción de estas instalaciones.

IV.2.3 Artículo 2403 – Sistemas de tierra.

2403-1 Generalidades.

Las subestaciones deben tener un adecuado sistema de tierra al cual se deben conectar todos los elementos de la instalación que requieran la conexión a tierra para:

- a) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes a tierra, ya sean debidas a una falla a tierra del sistema, o a la operación de un apartarrayos.
- b) Evitar que durante la circulación de corrientes de falla a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación (ya sea sobre el piso o con respecto a partes metálicas puestas a tierra) que puedan ser peligrosas para el personal, considerando que las tensiones tolerables por el cuerpo humano deben ser mayores que las tensiones resultantes en la malla.
- c) Facilitar la operación de los dispositivos de protección adecuados, para la eliminación de las fallas a tierra.
- d) Proporcionar mayor confiabilidad y seguridad al servicio eléctrico.
- e) Evitar la aparición de potencial en el neutro de un sistema en estrella aterrizado.

Los elementos principales del sistema de tierras son:

- 1) Red o malla de conductores enterrados, a una profundidad que usualmente varía de 0.30 a 1.0 m.
- 2) Electrodo de tierra, conectados a la red de conductores y enterrados a la profundidad necesaria para obtener el mínimo valor de resistencia a tierra.
- 3) Conductores de puesta a tierra, a través de los cuales se hace la conexión a tierra de las partes de la instalación o del equipo.
- 4) Conectores, pueden ser a compresión o soldables

IV.3. DISEÑO DE SISTEMAS DE TIERRA.

IV.3.1. ¿Para que sirve un sistema de tierra?

Como ya vimos anteriormente el sistema sirve para conectar nuestras instalaciones eléctricas a tierra, la cual constituye el punto de referencia de tensión, es decir, potencial cero de toda la instalación. Esta referencia juega un papel importante para todos los tipos de disturbios en la instalación (sobrecorrientes, sobretensiones y corrientes de rayo). El sistema de tierra tiene por objeto disminuir y dispersar en el suelo y principalmente en el subsuelo las corrientes eléctricas con características nocivas ocasionadas por fallas a tierra, cortos circuitos y descargas atmosféricas y reducirlas a un potencial cero, con lo cual se disminuyen o evitan los daños que puedan ocasionar al personal y/o al equipo.

El sistema de tierra tendrá la capacidad de proteger al personal y los equipos disipando la energía de descarga atmosférica a tierra sin elevar el potencial que se presenta mas allá del permisible, así como garantizar la operación de los sistemas de protección en caso de fallas de fase a tierra.

Los valores establecidos de resistencia a tierra variarán dependiendo del valor de resistividad del terreno, pero en general son los siguientes:

La norma **NOM-001-SEDE-1999**; en su artículo 2403-2 (c). Para subestaciones de distribución de uso industrial o comercial, la resistencia eléctrica total del sistema de tierra debe conservarse en un valor (incluyendo todos los elementos que forman el sistema) menor a 25Ω para subestaciones hasta 250 kVA, 10Ω en subestaciones mayores de 250 kVA y hasta 35,5 kV y 5Ω para subestaciones mayores a 34,4 kV.

En el artículo 250-84, Resistencia de electrodos artificiales. El valor de la resistencia a tierra de los electrodos no debe ser mayor de 25Ω para casas habitación, comercio, oficinas o locales considerados como de concentración pública, con acometidas en baja tensión.

En cuanto al valor de la resistencia a tierra que deben tener los pararrayos en las normas Americanas no se menciona algún valor mientras que en la norma Británica (CP326), se recomienda un valor de 10Ω como máximo, sin embargo esto todavía no es demostrable, el valor de resistencia a tierra de los pararrayos debe ser muy similar al de otras tierras cercanas, para evitar arcos y a la vez debe ser un valor, lo más bajo posible, en la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999), se recomienda un valor máximo de 10Ω .

Para equipos electrónicos, de computo y de comunicaciones; los valores de resistencia a tierra que requieren varían dependiendo del fabricante ya que cada uno solicita un valor distinto, los rangos promedian valores entre 1 y 3Ω .

IV.3.2. Elementos de la red de tierras.

IV.3.2.1. Conductor.

El conductor que formará la malla de tierra debe seleccionarse de la siguiente manera:

1.- **Material.** Se utiliza de cobre por su mejor conductividad eléctrica y térmica pero sobre todo, por su resistencia a la corrosión, debido a que es catódico respecto a otros materiales que pudieran estar enterrados cerca de él.

2.- **Calibre del Conductor.** Cada uno de los elementos del sistema de tierra debe soportar la corriente de falla máxima, durante un tiempo establecido sin llegar a la fusión. Estos elementos incluyen los conductores de la propia malla, las conexiones y los electrodos. Se deben diseñar de tal manera que:

- Las uniones eléctricas no se fundan o deterioren en las condiciones más desfavorables de magnitud y duración de la corriente de falla a que queden expuestas.
- Los elementos serán mecánicamente resistentes, especialmente en aquellos lugares en donde queden expuestos a un daño físico.
- Tengan suficiente conductividad para que no contribuyan a producir diferencias de potencial locales.

La ecuación que permite seleccionar las uniones y el conductor de cobre adecuadas para evitar la fusión, es la ecuación de **Onderdonk**:

$$I = A \sqrt{\frac{1}{33s} \log \left[\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right]}$$

Donde:

I = Valor máximo de la corriente que circula por la red de tierra en amperes.

A = Sección de cobre en circular mils.

s = Tiempo durante el cual circula la corriente I en segundos.

T_m = Temperatura máxima permisible del cobre suave en grados centígrados.

T_a = Temperatura máxima ambiente en grados centígrados.

Usualmente se pueden suponer los siguientes valores:

T_a = 35° C.

T_m = 1083° C temperatura de fusión del cobre suave.

T_m = 450° C temperatura permitida para conexiones soldables cadweld.

T_m = 250° C temperatura permitida por las uniones con conectores.

s = 0.133 segundos.

De la ecuación de Onderdonk se calcula la sección del conductor requerido, en función de la máxima corriente de falla y del tiempo máximo de duración. Despejando el área como se muestra a continuación.

$$A = \frac{I}{\sqrt{\frac{1}{33s} \log \left[\frac{Tm - Ta}{234 + Ta} + 1 \right]}}$$

Las primeras normas AIEE e IEEE recomendaban calibres mínimos de 1/0 y 2/0 de conductor de cobre para construir las mallas y recientes encuestas en diferentes compañías de distribución eléctrica se tiene que la mayor parte usa conductor calibre 4/0 y unos pocos usan calibre 500 MCM. Solo el 25 % usa calibres de 1/0 o menos sin reportar a la fecha daños mecánicos.

IV.3.2.2. Electrodo.

Existe cierta confusión con lo que respecta al electrodo de puesta a tierra, se piensa que el electrodo solo es una varilla enterrada, sin embargo un electrodo puede consistir en un conductor enterrado en forma vertical u horizontal, una placa enterrada, una varilla con relleno químico, varias varillas en paralelo, malla de cables enterrados entre otros arreglos.

En realidad lo que importa es el valor de resistencia a tierra y como ya se mencionó, para tensiones elevadas, también se incluyen los potenciales peligrosos; de paso, de contacto y transferidos.

La resistencia total del electrodo puede ser dividida en tres partes:

- a) La resistencia propia del conductor.
- b) La resistencia de contacto entre el electrodo y tierra.
- c) La resistencia de la masa de tierra que rodea el electrodo.

La última representa el valor más significativo de resistencia a tierra ya que los otros dos valores, comparativamente son despreciables.

La siguiente expresión es la ecuación general para obtener la resistencia a tierra de un electrodo:

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * L} * \ln \left(\frac{4 * L}{d} \right)$$

Donde:

- R: resistencia a tierra en ohms.
 ρ: resistividad del terreno en ohms-metro.
 L: longitud del electrodo en metros.
 d: diámetro del electrodo en metros.

IV.3.2.2.1. Electrodo Múltiples.

El electrodo común (varilla enterrada) es un medio económico de instalar un sistema de tierra, sin embargo, por regla general, su valor de resistencia a tierra es alto, por lo tanto frecuentemente se deben colocar varios electrodos en paralelo para lograr un valor aceptable.

Calcular el valor de dos o más electrodos en paralelo representa un margen de error, ya que en los cálculos se considera suelo homogéneo en condiciones ideales, lo que en la práctica no acontece.

IV.3.2.2.2. Electrodo Horizontal.

Cuando no es posible utilizar electrodos en la que su posición es en forma vertical se recurre a otros métodos, uno de ellos bastante eficiente es el de electrodo horizontal, este requiere de mucho espacio y con frecuencia es hurtado; factores que representan desventajas, por lo que su aplicación se reduce a lugares donde no se pueden colocar electrodos verticales, hay suficiente área y no tiene acceso fácil evitándose su hurto.

IV.3.2.2.3. Electrodo Profundos.

Son los más efectivos ya que al profundizar llegan a las capas de terreno más húmedos y a veces hasta los niveles freáticos, lo que disminuye bastante la resistencia del terreno.

IV.3.2.2.4. Varillas Copper-Weld.

Consiste de una barra circular de hierro forrada con una delgada capa de cobre de 0.25 mm, con una longitud aproximada de 3 m., el hierro le da la dureza y el cobre le da la conductividad y la resistencia a la corrosión, se introducen en el suelo por medio de golpes ya que tiene la suficiente consistencia, algunas varillas se pueden unir por medio de conectores por lo que se pueden tener longitudes mayores.

IV.3.2.2.5. Electrodo Químicos.

Consiste en modificar el medio que rodea el electrodo, bajando la resistividad del suelo, los mas usuales son:

Carbón Mineral (Coke). Ha venido a sustituir el carbón vegetal por tener mejores cualidades aunque requiere en cierta medida de la humedad.

Sulfatos. Han caído en desuso debido a sus cualidades corrosivas sobre los metales en particular el cobre.

Salas. También, al igual que los sulfatos ya no se usan, además de ser corrosivas se diluyen fácilmente en el agua.

Bentonita. Se usa también como medio artificial para bajar la resistividad del terreno y a la vez reducir el valor de resistencia a tierra. La bentonita en sí es una arcilla de la familia de las montmorillonitas y su principal propiedad es la capacidad de absorber y retener agua.

Básicamente consiste en ocupar las grietas, aberturas y huecos que existen o hacen en el terreno, mediante una masa que envuelve las partículas del mismo y los une eléctricamente, forma una gran superficie de contacto, haciendo un buen camino para las corrientes eléctricas que se drenan a tierra. La bentonita es de fácil manejo debido a que en contacto con el agua forma una película impermeable, su mezclado con agua no es fácil, necesitándose dos meses para absorber el agua al 100%.

Intensificador Para Tierra GEM. Es un material de conductividad superior que resuelve los problemas más difíciles de aterrizamiento eléctrico. Mejora la efectividad del aterrizamiento, independientemente de las condiciones del terreno. Es el material ideal para usarse en áreas de pobre conductividad eléctrica, tales como roca, tepetate arena, etc., es también la respuesta cuando las varillas de tierra no pueden clavarse o donde el área del terreno es limitada y se dificulta el aterrizamiento adecuado cuando se usan métodos convencionales.

IV.3.2.3. Conectores.

Al construir la red de tierras se necesitan las uniones o empalmes, por ejemplo para cerrar la malla, para unir las varillas al cable, para dejar salidas que conectan equipo y estructuras, en fin se requieren uniones y estas deben soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos a que se somete la red.

Para las conexiones del sistema de tierra, se utiliza el método de soldadura cadweld, basado en la reducción de óxido de cobre por el aluminio, donde se sueldan en una verdadera conexión molecular. Los cartuchos cadweld deben ser empacados según su tamaño, en tubos de plástico y en el mismo se incluye el fundente que está comprimido al final del tubo. Se deberá utilizar moldes cadweld fabricados para el tipo de conexión a usarse, son hechos con grafito, material que resiste altas temperaturas sin afectar sus propiedades. En donde no se pueda soldar se utilizan conectores a compresión.

IV.3.3. Parámetros necesarios para el cálculo de una red de tierra.

Las personas asumen que cualquier objeto aterrizado puede ser tocado con seguridad cuando la resistencia a tierra del sistema es baja, es probable que esta creencia haya ocasionado accidentes. No es fácil determinar la relación entre resistencia del sistema de tierra y la corriente máxima en la cual una persona puede resultar dañada. Incluso una subestación con una resistencia a tierra muy baja puede ser peligrosa bajo ciertas circunstancias.

Las condiciones que pueden provocar accidentes son:

- 1.- Corriente de falla a tierra muy elevada en relación con el área que ocupa el sistema de tierra y su resistencia a una tierra remota.
- 2.- La resistividad del suelo y la distribución de la corriente puede generar gradientes de potencial elevados en la superficie.
- 3.- La posición de un individuo entre dos puntos con una alta diferencia de potencial.
- 4.- Duración de la falla, el flujo de corriente a través del cuerpo humano por un tiempo suficiente puede causar quemaduras y hasta la muerte.

Cuando ocurre una falla a tierra se pueden presentar potenciales peligrosos que pueden dañar a las personas o a los equipos cercanos a la falla. Estos potenciales son:

- Potencial de toque o contacto.
- Potencial de paso.
- Potencial transferido.

Antes de mencionar con mas detalle cada uno de estos potenciales debemos mencionar algunas consideraciones sobre la corriente de fibrilación.

IV.3.3.1. Corriente de fibrilación.

Es aquella que se produce al existir una diferencia de potencial entre dos partes del organismo. El potencial tolerable del cuerpo humano está en función de esta corriente, que al circular por el corazón, primeramente le produce una arritmia cardiaca, procediendo a detenerlo por completo causándole la muerte.

De algunos experimentos con animales se determinó la siguiente ecuación.

$$I = \frac{0.116}{\sqrt{t}} \quad \text{para 50 kg}$$

$$I = \frac{0.157}{\sqrt{t}} \quad \text{para 70 kg}$$

Donde

I = Corriente de Fibrilación.

t = Tiempo que circula la corriente.

Esta ecuación no es funcional para tiempos largos o muy cortos.

De algunas mediciones efectuadas se determinaron resistencias promedio de 1000 ohms entre; brazo y brazo, pierna y pierna, brazo y pierna, estos valores pueden cambiar dependiendo de las características del cuerpo humano, tales como; estatura, peso, complexión, sudoración, callosidades, estado de ánimo etc.

Los efectos más comunes de la circulación de la corriente eléctrica por el cuerpo humano son; percepción, contracciones musculares, inconciencia, fibrilación ventricular, bloqueo de los nervios respiratorios y quemaduras. Con un miliamper generalmente se presenta la percepción, que es justo el momento en que se tiene conciencia de que circula una corriente por el cuerpo, generalmente en dedos y manos.

Corrientes de 1 a 6 miliamperes traen como consecuencia el engarrotamiento de los músculos, es decir se pierde el control de los mismos.

IV.3.3.2. Potencial de toque o de contacto.

Este potencial se presenta cuando se toca una estructura por la cual circula una corriente de falla. Tomando las consideraciones de corriente de fibrilación y de resistencia del cuerpo humano, el potencial que podemos soportar está dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Potencial de Toque} = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{t}} \quad \text{para 50 kg}$$

$$\text{Potencial de Toque} = \frac{157 + 0.24 \rho_s}{\sqrt{t}} \quad \text{para 70 kg}$$

Donde:

ρ_s = Resistividad de la superficie del suelo en ohms-metro.

t = Duración de la falla en segundos.

IV.3.3.3. Potencial de paso.

Es el potencial que puede soportar un individuo que se encuentra separado o caminando cerca del lugar de la falla, si se rebasa este potencial, se produce una contracción muscular en las piernas, es decir, no responden a los impulsos del cerebro y el individuo cae al piso, donde queda expuesto a las corrientes que circulan por el corazón, las siguientes ecuaciones nos ayudan a calcular este potencial para diferentes pesos.

$$\text{Potencial de Paso} = \frac{116 + 0.7\rho s}{\sqrt{t}} \quad \text{para 50 kg}$$

$$\text{Potencial de Paso} = \frac{157 + \rho s}{\sqrt{t}} \quad \text{para 70 kg}$$

IV.3.3.4. Potenciales Transferidos.

Estos se producen cuando existen elementos metálicos que salen del lugar de la falla, como son: rieles, hilo de guarda, tuberías etc.

Bajo condiciones normales el equipo eléctrico que está puesto a tierra opera a nivel de voltaje cero o cercano a cero y este potencial es idéntico al de una red remota. Durante una condición de falla se eleva el potencial con respecto a la red remota, existiendo una diferencia de potencial, que es proporcional a la magnitud de la corriente en la malla de tierras y a su resistencia.

IV.3.3.5. Duración de falla (t).

Después de analizar las ecuaciones de potenciales peligrosos vemos claramente que es muy importante reducir el tiempo de la falla, la experiencia muestra que los casos de muerte por electrocución, por lo general, son por exposición a fallas de larga duración, el tiempo típico de apertura de interruptores es de medio segundo, sin embargo se ha demostrado que el peligro de fibrilación ventricular disminuye con tiempos de falla de un tercio de segundo.

Por esto, es importante coordinar adecuadamente las protecciones y así librar en el menor tiempo posible la corriente de falla.

IV.3.4. Factores considerados en el diseño.

Fijados los límites tolerables de tensión, se procede al diseño y construcción del sistema de tierra para lo cual se consideran los siguientes factores:

IV.3.4.1. Resistividad del terreno.

La resistividad de un terreno se obtiene a partir de la fórmula que calcula la resistencia de un cubo de tierra de volumen unitario, o sea, tiene un metro en cada uno de sus tres ejes, sabiendo que

$$R_t = \rho \frac{L}{A}$$

y despejando ρ se tienen las dimensiones de ésta

$$\rho = Rt \frac{A}{L}$$

Donde:

Rt: Resistencia de la red de tierra en ohms.

ρ : Resistividad del terreno en ohms-metro.

A: Area en m² de la sección transversal.

L: Longitud en m.

Las mediciones de la resistividad deben incluir datos sobre temperatura y condiciones de humedad en el momento de efectuarlas, tipo de terreno, profundidad de la medición y tipo de sales disueltas en el suelo. La medición debe efectuarse en las peores condiciones posibles, es decir, en la época de secas haciendo mediciones en varios puntos donde se valla a ubicar la malla y hasta profundidades razonables que puedan permitir juzgar la homogeneidad y condiciones de humedad o nivel de aguas freáticas.

IV.3.4.2. Medición de la resistividad.

La resistividad de un terreno se obtiene con el promedio de varias mediciones efectuadas en el área del proyecto. Para efectuar la medición de resistividad del suelo es necesario hacer circular una corriente por el mismo, el método más usual es el del Dr. Frank-Wenner denominado también "de los cuatro electrodos".

Método de Wenner.

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{4\pi raR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2) + (4b^2)}} - \frac{2a}{\sqrt{(4a^2) + (4b^2)}}$$

Donde:

a: Separación entre electrodos en metros.

b: Profundidad de los electrodos en metros.

ρ : Resistividad del suelo en ohm-metro.

R: Resistencia resultante de dividir el voltaje de los electrodos de potencial (interiores), entre la corriente que fluye a través de los electrodos de intensidad (exteriores), la lectura la proporciona el megger en ohms.

El método de Wenner consiste en clavar cuatro electrodos (vienen con el aparato megger de tierra) sobre cada uno de los ejes a una profundidad L y separados con una distancia a. Los dos exteriores I₁ e I₂ se les conecta a la fuente de corriente I (terminales de corriente del aparato) y se mide la caída de voltaje que aparece entre los electrodos interiores P₁ y P₂ (terminales de potencial del aparato).

Se recomienda una relación:

$$\frac{a}{b} \geq 20$$

Donde "b" es generalmente de 50 cm. Y "a" de 10 metros.

Entonces la resistividad será:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2) + (4b^2)}} - \frac{a}{\sqrt{(a^2) + (b^2)}}}$$

Pero si $a \gg b$

Entonces:

$$\rho = 2\pi a R$$

IV.3.4.3. Máxima corriente de la red de tierra (It).

Este término es de los más importantes en el diseño de la malla ya que un valor elevado de corriente de falla a tierra requiere de un valor de resistencia a tierra muy bajo y conductor de calibre más grueso. El valor de corriente de falla en la acometida del servicio lo puede dar el suministrador de energía, sin embargo, se puede calcular.

IV.3.4.4. Resistencia de la malla de tierra.

Una vez determinada la resistividad del terreno (ρ) la resistencia del mismo (R_T) depende del área de la red de tierra y de la longitud de la malla (L) dada por la suma de todas las ramas de la red.

Aquí se presenta un círculo vicioso ya que no se puede calcular R_T mientras no se conozca el valor de L y al revés. La solución es fijar una malla con un valor arbitrario de L y se obtiene una resistencia tentativa. Posteriormente se igualan los voltajes de malla y de contacto, y de la igualdad resultante se despeja el valor de L . Este nuevo valor más aproximado, se sustituye en la fórmula de Laurent y Niemann que produce una precisión razonable para profundidades de la malla menores de 30 cm.

$$R_t = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L_m}$$

Donde:

R_t : Resistencia de la red de tierra en ohms.

ρ : Resistividad promedio del terreno en ohms-metro.

r : Radio del círculo que tiene igual área (A) que la ocupada por la red de tierra en metros.

L_m : Longitud total de los conductores de la red de tierra en metros.

El primer término responde a la resistencia de una placa metálica circular de radio r y puede representar la resistencia que limita la falla máxima y produce un valor estimado de la resistencia de tierra. Puede servir como punto de partida para el diseño de la red de tierra.

El segundo término indica que en una red al crecer el valor de L en el límite, se alcanza la condición de una red con placa metálica sólida, es decir, el valor de R_T tiende al primer término.

La función completa se usa para la evaluación preliminar del diseño de la red, partiendo de un valor aproximado.

La ecuación anterior se usa para redes con profundidades menores de 30 cm y no se considera el uso de electrodos.

Para profundidades mayores entre 30 cm y 2.5 m se requiere una corrección por profundidad y entonces se puede calcular con la fórmula de Sverak:

$$R_t = \frac{\rho}{Lm} + \frac{\rho}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right)$$

Donde:

h = Profundidad de la malla en metros.

Para una estimación más precisa de la resistencia de tierra (R_t) se considera la resistencia de la malla, más la producida por la suma de todos los electrodos. Donde la resistencia de un electrodo se puede calcular con cualquiera de las siguientes fórmulas:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{2.943L}{d}\right)$$

o

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{4L}{d}\right) - 1 \right]$$

Donde:

ρ : Resistividad en ohms-metro.

R: Resistencia a tierra de un electrodo en ohms.

L: Longitud enterrada del electrodo en metros.

d: Diámetro del electrodo en metros.

De tal manera que la resistencia total de la malla más los electrodos será

$$R_t = R_m + 1.15R_e$$

IV.3.5. Algunas consideraciones sobre el diseño del sistema de tierra.

IV.3.5.1. Baja Tensión.

Hay que poner cuidado en la conexión de los contactos polarizados ya que es común que se invierta la conexión de la tierra física con el neutro lo que ocasiona fallas en los sistemas.

Debe quedar claro que la tierra y el neutro no son iguales y su función es muy diferente, el neutro sirve para tener un potencial de diferencia con respecto a la fase y este conductor en sistemas trifásicos lleva la corriente de desbalance y en sistemas monofásicos lleva la corriente de línea. La tierra física conecta las carcasas de los equipos y en condiciones de falla a tierra, lleva la corriente, en condiciones normales no lleva corriente.

El neutro y la tierra física deben unirse en un solo punto, esto se hace lo más cerca posible a la fuente de alimentación (building point of entry).

IV.3.5.2. Mediana Tensión.

Los potenciales más usuales en mediana tensión son:

6	kV
13.2	kV
23	kV

Los sistemas de tierra en estas tensiones se diseñan en base a la protección de las personas, para lo cual se calculan los potenciales de contacto y paso.

La NOM-001-SEDE 1999, en el capítulo 24, da algunas recomendaciones, como son:

“ Las subestaciones deben contar con un adecuado sistema de tierra, al cual se deben conectar todos los elementos de la instalación que requieran la conexión a tierra.”

“ El sistema de tierra debe formarse por una red o malla de conductores enterrados, a una profundidad que usualmente varía de 50 Cm. a 1m.”

“ Con electrodos conectados a la red para lograr llegar a terreno más húmedo.”

“ Se recomienda que los conductores de la malla sean de cobre con calibre mínimo de 4/0 AWG y que los conductores de puesta a tierra del equipo no sean de un calibre menor al No.2 AWG.”

“ La malla puede estar constituida por cables colocados paralela y perpendicularmente con un espaciamiento razonable (por ejemplo formando rectángulo de 3 por 6 metros).”

“ Las uniones deben soportar las corrientes de falla y tener resistencia mecánica y ser resistentes a la corrosión.”

“ La resistencia a tierra debe conservarse en el valor más bajo posible (los valores aceptables van desde 10 Ohms hasta menos de 1 Ohm).”

“ Se recomienda hacer las pruebas necesarias para comprobar que los valores reales de la resistencia a tierra de la malla se ajusten a los valores de diseño.”

“ Para el diseño de la malla se recomienda el empleo de la fórmula de Laurent y Niemann.”

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

Donde:

R = Resistencia a tierra de la malla en Ohms.

@ = Resistividad del terreno.

r = Radio de la red de tierras. $r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$

L = Longitud del conductor enterrado contando la longitud de las varillas o electrodos de tierra.

Si se quiere hacer un diseño óptimo, hay que recurrir al cálculo de los potenciales de toque y paso.

Un problema frecuente, para seguir las recomendaciones anteriores, cuando la resistividad es alta, es la falta de espacio en las subestaciones ya que no se logran parámetros adecuados, aplicando la fórmula de Laurent y Niemann ya que depende en gran medida del área del local.

En estos casos se puede recurrir a la fórmula de Dwight.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[Ln \frac{2L}{a} + Ln \frac{L}{s} - 2 \right]$$

Donde:

s = profundidad del conductor.

a = radio del conductor.

L = Longitud del conductor.

Esta fórmula está muy simplificada para fines prácticos ya que se eliminaron términos poco significativos.

Si el problema persiste, es decir, no se logra obtener el valor de resistencia que se desea, se puede recurrir al uso de substancias químicas, como bentonita, coke etc. o también a cualquier método de puesta a tierra, como electrodos profundos, horizontales etc.

Para que un sistema de tierra sea correcto se debe cumplir lo siguiente:

$$I \cdot R_T < P_T$$

Es decir, si la corriente de falla por la resistencia a tierra es menor que el potencial de toque el sistema es el adecuado

IV.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRA DEL EDIFICIO.

Para el sistema de tierra del edificio, se instaló un sistema que lo permite y recomienda la Norma NOM-001-SEDE-1999, así como la IEEE y fue la Universidad Nacional a través del Instituto de Ingeniería, quien lo implementó por primera vez en nuestro país, para el caso en particular de edificios en construcción.

El artículo de la NOM-001-SEDE-1999; que permite el uso de este tipo de electrodos, para un sistema de tierra es el 250-81. **INSTALACION DEL ELECTRODO DE TIERRA** el cual menciona:

250-81. Instalación del electrodo de tierra. Si existen en el predio, en cada edificio o estructura perteneciente a la misma, los elementos (b) y (c) que se indican a continuación y cualquier electrodo instalado de acuerdo con la sección 250-83 (c) y (d) se deben conectar entre sí para formar la instalación del electrodo de tierra.

(b) **Estructura metálica del edificio.** La estructura metálica del edificio, cuando esté eficazmente puesta a tierra.

(c) **Electrodo empotrado en concreto.** Un electrodo empotrado como mínimo 50.8 mm en concreto, situado en y cerca del fondo de un cimiento o zapata que esté en contacto directo con la tierra y que consista como mínimo en una barra de 6.1 m de una o más barras o varillas de acero desnudo o galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no menos de 12.7 mm de diámetro o como mínimo 6.1 m de conductor de cobre desnudo y sección no inferior al No.4.

250-83. Electroodos construidos especialmente. Cuando no se disponga de ninguno de los electrodos especificados en la sección 250-81, se debe usar uno o más de los electrodos especificados en los apartados (c) y (d) a continuación. Cuando sea posible, los electrodos construidos especialmente se deben enterrar por debajo del nivel de humedad permanente. Los electrodos construidos especialmente deben estar libres de recubrimientos no conductores, como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo para la instalación de tierra, todos ellos (incluidos los que se utilicen como varillas de pararrayos) no deben estar a menos de 1.83 m de cualquier otro electrodo o instalación de tierra. Dos o más electrodos de tierra que estén eficazmente conectados entre sí, se deben considerar como un solo electrodo de tierra.

(c) **Electrodos de varilla o tuberías.** Los electrodos de varilla y tubo no deben tener menos de 2.44 m de longitud, deben ser de los materiales que se especifican a continuación y estar instalados del modo siguiente.

(1) Los electrodos consistentes en tubo o conduit no deben tener una sección inferior a 19 mm $\frac{3}{4}$ pulgadas y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.

(2) Los electrodos de barras de hierro o acero deben tener como mínimo un diámetro de 15.87 mm. ($\frac{5}{8}$ pulgada) las barras de acero inoxidable inferiores a 15.87 mm de diámetro, las de metales no férreos o sus equivalentes, deben estar listadas y ser de diámetro no inferior a 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ pulgada).

(3) El electrodo se debe instalar de modo que tenga en contacto con el suelo un mínimo de 2.44 m. Se debe clavar a una profundidad no inferior a 2.44 m excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo se debe clavar a un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical o enterrar en una zanja que tenga como mínimo 762 mm de profundidad. El extremo superior del electrodo debe quedar al nivel del suelo, excepto si el extremo superior del extremo y la conexión con el conductor del electrodo de tierra están protegidos contra daños físicos como se especifica en la sección 250-17.

(d) **Electrodos de placas.** Los electrodos de placas deben tener en contacto con el suelo un mínimo de 0.186 m^2 de superficie. Los electrodos de placas de hierro o acero deben tener un espesor mínimo de 6.35 mm. Los electrodos de metales no féreos deben tener un espesor mínimo de 1.52 mm.

IV.4.1. Diseño propio del edificio.

Con las condiciones establecidas en los artículos anteriores, el sistema de tierra del edificio no tendrá ningún problema en lo que se refiere a las especificaciones en cuanto a los materiales utilizados y las dimensiones de estos para la implementación como parte de la malla del sistema de tierra.

El sistema consistió en utilizar las zapatas de las columnas de soporte del edificio como electrodos. Cada zapata contiene varillas metálicas, cubiertas a su alrededor por concreto, a cada arreglo de las varillas se les soldó en su parte inferior una placa metálica, es decir esta placa metálica funcionara como una suela de zapato de todo el edificio. Por lo que la resistencia de las placas metálicas y el suelo es prácticamente cero, ya que la presión que tendrá la placa con el suelo será mucho muy grande ya que será todo el peso del edificio contra el suelo. A las placas metálicas se les añadió puntas de cables de cobre calibre 500 MCM desnudo, además de que cada placa de las zapatas se unieron entre si con cable de cobre del mismo calibre, para formar la malla de tierra.

El edificio esta compuesto de 32 columnas de 60X60 Cm. constituidas con 8 varillas de 2", además de todo su armado de hierro que estas tienen, el cual se soldó a dichas varillas para que existiera una excelente continuidad. Además se conectó el arreglo estructural de las paredes y piso de la cisterna del edificio la cual va enterrada en el suelo, a las placas metálicas por medio de cable de cobre calibre 500 MCM desnudo, esto con el fin de aprovechar que las paredes y piso de la cisterna siempre se mantendrán húmedas, lo que ayudará a bajar aún mas la resistencia a tierra. El área total del edificio es de 1325 m^2 en la cual se encuentran distribuidas las zapatas de soporte del edificio.

IV.4.1.1. Sistema de pararrayos.

El sistema de pararrayos del edificio consistió en la instalación de puntas de faraday de 1.22 m en la azotea del mismo, el cable de puesta a tierra de estas, que es el punto a resaltar, ya que se utilizó la estructura metálica propia del edificio como el conductor de puesta a tierra del sistema de pararrayos.

Para esto se puso mucha atención en la unión de todas las estructuras metálicas que forman al edificio, que en su estructura de soporte del edificio la de mayor importancia son las partes laterales de este. Dichas estructuras se unieron desde las zapatas de cimentación, hasta la azotea de este, la unión consistió mediante tornillo y tuerca, además de que después del apriete de estas se soldaron para evitar un aflojamiento. Todo esto con el fin de evitar una mala continuidad al paso de corriente por éstas. Cabe mencionar que estas estructuras son visibles en los diferentes niveles del edificio en su parte lateral de este y, no están ahogadas en concreto o por algún otro material.

Al caer una descarga atmosférica (rayo) en una de las puntas y la corriente de rayo fluye a través de la estructura, no existirá ningún peligro si alguna persona en ese momento está tocando esa parte de la estructura por donde esta fluyendo esa corriente (potencial de toque o contacto), ya que la corriente fluirá por la estructura, puesto que esta ofrecerá menor resistencia al paso de corriente, mientras que el cuerpo humano ni se enterará de la presencia de esta corriente.

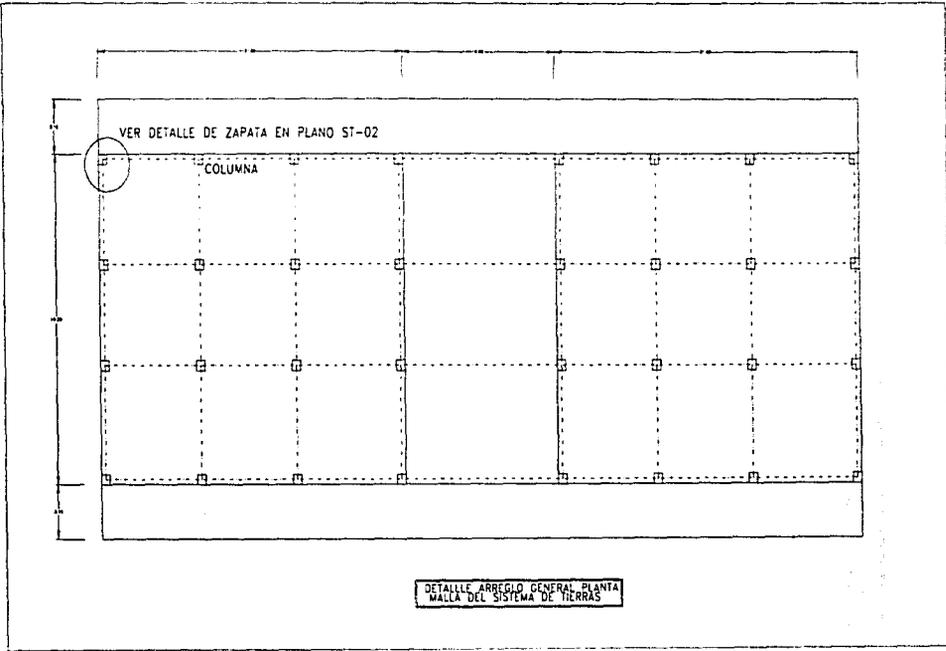
IV.4.1.2. Conclusiones.

Al medir la resistencia a tierra al inicio de la construcción del edificio, se obtuvo una resistencia de terreno de 250Ω y después de haber instalado las zapatas de cimentación del edificio y toda la malla de tierra, se obtuvo una resistencia de la malla del sistema de tierra de 0.5Ω . Y en las diferentes etapas de construcción del edificio, se obtuvo una resistencia promedio de 0.1Ω .

Por lo que podemos concluir que en el sistema de tierra aquí desarrollado, se obtuvo un excelente resultado, desde luego que esto no es un invento, ya que la misma norma oficial mexicana **NOM-001-SEDE-1999**, así como la IEEE recomiendan el utilizar las zapatas de cimentación de un edificio como electrodos de una malla de tierra, con todas las implementaciones que se les añadieron a estas, para mejorar aún más la resistencia a tierra de la malla.

Por lo que el **Instituto de Ingeniería** podrá difundir la utilización de este sistema, sobre todo en la construcción de nuevos edificios y el aprovechar la cimentación y estructuras de estos.

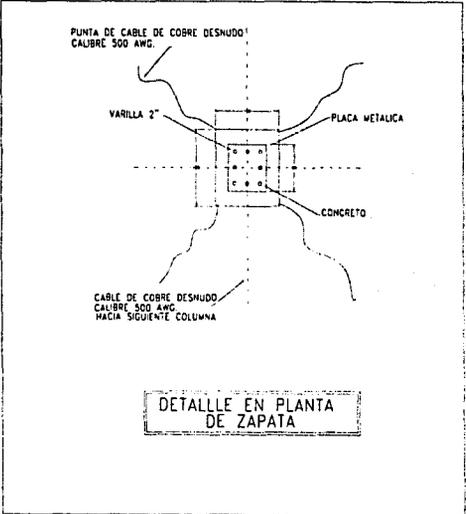
TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



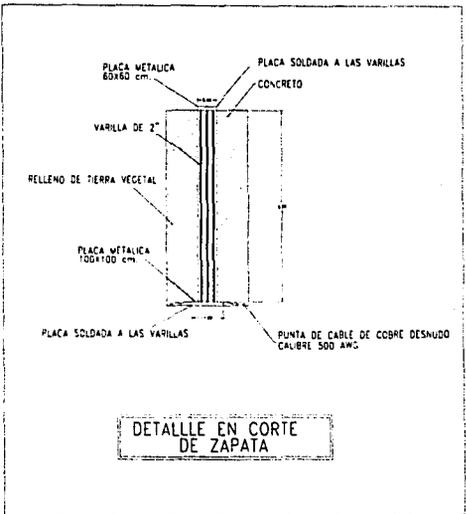
NOMENCLATURA		SIMBOLOGIA		MODIFICACIONES	FECHA	INSTITUTO DE INGENIERIA	
						<small>SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA</small> UNAM <small>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</small> INSTITUTO DE INGENIERIA <small>AV. INSTITUTO DE INGENIERIA S/N - PO. BOX 703 - CIUDAD DE MEXICO, D.F.</small> PLANO ELECTRICO ST--01 <small>ESTRUCTURA DE INGENIERIA S/N - PO. BOX 703 - CIUDAD DE MEXICO, D.F.</small>	

14-1

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



DETALLE EN PLANTA DE ZAPATA

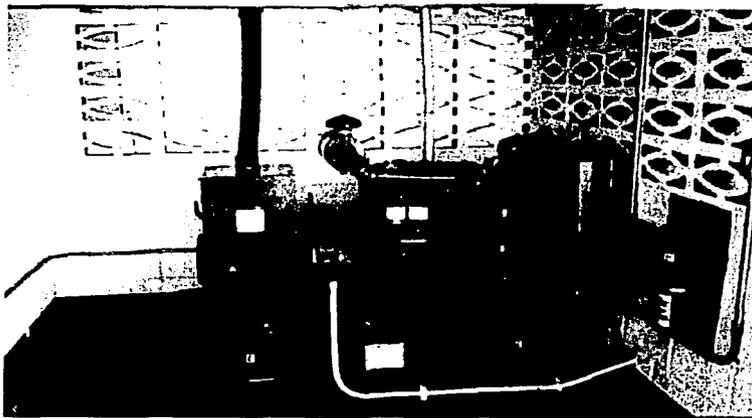
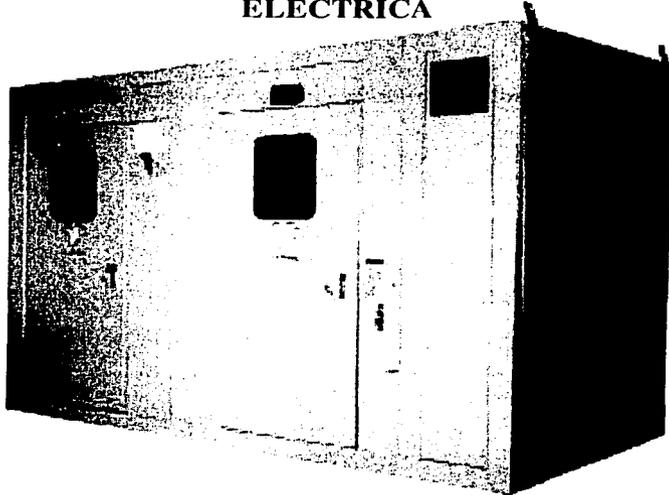


DETALLE EN CORTE DE ZAPATA

NOMENCLATURA	SIMBOLOGIA	MODIFICACIONES	FECHA	INSTITUTO DE INGENIERIA	UNAM
	----- CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 500 AWG.			SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	ST-02
				SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	
				SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	
				SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	
				SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	
				SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	
				SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	
				SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	
				SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	
				SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA	

44-2

V. INFRAESTRUCTURA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V. INFRAESTRUCTURA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA

V.1. SUBESTACION ELECTRICA.

V.1.1. Introducción.

Al observar el surgimiento de ciudades e industrias alrededor de todo el mundo se puede también observar el desarrollo de nuevas infraestructuras para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en forma segura y eficiente.

Factor determinante en toda instalación industrial o comercial moderna, es la continuidad en la distribución y regulación de la energía eléctrica, porque cuando por alguna causa existen disturbios y/o en la regulación del fluido eléctrico, de inmediato se reflejan los efectos no deseables de una baja productividad.

Al mismo tiempo los consumidores industriales y comerciales están buscando nuevas formas de mejorar su productividad por medio de optimizar el uso de la energía. Esto frecuentemente conduce a la utilización de equipos diferentes a los tradicionalmente usados, lo cual introduce nuevos conceptos para el manejo de la energía.

Por otro lado, la subestación eléctrica es una pieza fundamental en el esquema de recepción, distribución y transformación de energía. La determinación de transformar la tensión de suministro de las redes de distribución de las Compañías Suministradoras por medio de una subestación, le permite una regulación más estable en sus circuitos secundarios de utilización.

V.1.2. Selección de la subestación eléctrica propia para el edificio.

La subestación seleccionada es del tipo compacta para interior, la cual cumple con el requisito de seguridad en su funcionamiento y manejo; es decir presenta en su totalidad perimetral la característica de frente muerto, la cual se traduce en la ausencia de riesgos por contactos involuntarios con las partes vivas portadoras de energía eléctrica para el personal que la opere.

Las secciones que integran un tablero de estas características, son modulares. Esto resulta en facilidad en los acoplamientos entre secciones estándar o especiales y permite una gran flexibilidad para ampliaciones futuras.

Dentro de las secciones es posible proporcionar una gran variedad de equipos y dispositivos para el control, medición, protección y distribución de energía eléctrica. Tales dispositivos pueden ser: cuchillas seccionadoras, interruptores en aire, apartarrayos, etc. Cada uno de estos elementos tienen una función específica acorde a las necesidades del tipo de cliente, industria y proyecto.

V.1.2.1 Secciones que integran la subestación.

V.1.2.1.1. Gabinete.

El gabinete de un tablero es el recinto o recipiente que lo rodea o aloja, con dos objetivos:

Proteger al tablero contra condiciones que imperan en el exterior, como puede ser polvo, lluvia, agua, etc. Proteger al personal operativo que trabaja con el tablero de contactos accidentales con partes energizadas. Para el gabinete tipo interior, están contruidos con lámina de acero rolado en frío, terminadas con pintura electrostática a base de polvo epóxico de 2.78mm de espesor.

V.1.2.1.2. Sección de equipo de medición.

Esta sección sirve para recibir los cables de potencia y alojar el equipo de medición propiedad de la compañía suministradora de energía eléctrica.

La medición de energía normalmente se realiza en alta tensión para que se incluyan todas las pérdidas de energía en la subestación.

El tipo de aparatos que coloca la compañía suministradora de energía eléctrica son los siguientes:

Transformadores de corriente, transformadores de potencial, medidores de energía, demanda máxima de corriente y tensión.

Esta sección contiene los siguientes componentes:

Un juego de barras conductores (de cobre puro electrolítico).

Un juego de aisladores para soportar las barras conductoras.

Una barra de tierra (de cobre puro electrolítico).

Un juego de zapatas de capacidad de corriente y calibre adecuado para la conexión de los cables de potencia.

Mirillas de plástico inastillable.

Nota: Para el caso del edificio Torre de Ingeniería, el suministro de energía eléctrica lo realizará la propia Universidad, por lo que los equipos de medición, únicamente se instalarán para un control interno de la Universidad.

V.1.2.1.3. Sección de acometida con cuchillas de paso.

Esta sección de subestación es una combinación de dos secciones, y tiene los siguientes propósitos definidos:

- A) Recepción de los cables de potencia de la compañía suministradora de energía eléctrica o de los cables de potencia procedentes de una subestación receptora que suministrará energía al tablero.
- B) Alojar una cuchilla de paso (o de servicio) que tiene como función seccionar las barras principales del tablero para impedir el suministro de energía eléctrica a los siguientes gabinetes del tablero. Esto es con el objetivo de dar mantenimiento a las demás secciones o para realizar la reposición de fusibles en las secciones de interruptores del mismo tablero. Esta cuchilla debe de estar coordinada con el interruptor o interruptores a los cuales suministra energía para evitar ser operada cuando aquellos estén en su posición de "Cerrado".

Esta sección contiene los siguientes componentes:

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico).

Un juego de aisladores para soportar las barras conductores.

Una barra de tierra (de cobre puro electrolítico).

Un juego de zapatas de capacidad de corriente y calibre adecuados para conexión de los cables de potencia.

Una cuchilla tripolar de operación manual en grupo sin carga de capacidad de 600 Amps.

Un mecanismo de palanca de operación manual para accionamiento de la cuchilla, ubicado frente al tablero.

Un interlock de llave para bloqueo en las posiciones "Abierto-Cerrado".

Una palanca con portacandado.

Mirillas de plástico inastillable.

V.1.2.1.4. Sección de cuchillas de paso.

Esta sección de subestación tiene como función alojar una cuchilla de paso (o de servicio) la cual sirve para seccionar las barras principales del tablero para impedir el suministro de energía eléctrica a los siguientes gabinetes del tablero. Esta cuchilla debe estar coordinada con el interruptor o interruptores a los cuales suministra energía para evitar ser operada cuando aquellos estén en su posición de "Cerrado".

Esta sección contiene los siguientes componentes:

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico).
Un juego de aisladores para soportar las barras conductoras.
Una barra de tierra (de cobre electrolítico).
Un juego de zapatas de capacidad de corriente y calibre adecuados para la conexión de los cables de potencia.
Una cuchilla tripolar de operación manual en grupo sin carga de capacidad de 600 Amps.
Un mecanismo de palanca de operación manual para accionamiento de la cuchilla ubicado en el frente del tablero.
Un interlock de llave para bloqueo en las posiciones "Abierto-Cerrado".
Mirillas de plástico inastillables.

V.1.2.1.5. Sección de cuchillas de prueba.

Esta sección de subestación aloja en su interior tres cuchillas de paso (o de servicio) las cuales permiten las siguientes dos funciones:

- A) Alojar y conectar el equipo de medición de la compañía suministradora de energía eléctrica para propósitos de verificación de lecturas de parámetros como son: consumo de energía, demanda máxima, corriente, tensión.
- B) Alojar y conectar el equipo de medición del cliente para propósitos de verificación de lecturas de parámetros como son: consumo de energía, demanda máxima, corriente, tensión.

En ambos casos la verificación se hace contra las lecturas obtenidas en los equipos de la compañía suministradora de energía eléctrica instalados en la sección de medición de la subestación.

Aún cuando las cuchillas utilizadas son de operación sin carga, este arreglo permite realizar las maniobras antes indicadas sin interrumpir el suministro de energía.

También es posible utilizar una de las tres cuchillas (la de suministro normal de energía) que contiene esta sección para realizar las funciones de cuchilla de paso. Es decir, servirá para seccionar las barras principales del tablero impidiendo el suministro de energía eléctrica a los siguientes gabinetes del tablero. También esta cuchilla debe de estar coordinada con el interruptor o interruptores a los cuales suministra energía para evitar ser operada cuando aquellos estén en su posición de "Cerrado".

Esta sección contiene los siguientes componentes:

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico).
Un juego de aisladores para soportar las barras conductoras.
Una barra de tierra (de cobre puro electrolítico).
Tres cuchillas tripolares de operación manual en grupo sin carga de capacidad de 600 Amps.
Tres mecanismos de palanca de operación manual para accionamiento de las cuchillas, ubicados en el frente del tablero.
Un interlock de llave para bloqueo en las posiciones "Abierto-Cerrado".
Una Palanca con portacandado.
Mirillas de plástico.

V.1.2.1.6. Sección de interruptor en aire con apartarrayos.

Esta sección de subestación tiene como función alojar el interruptor en aire combinado con fusibles limitadores de corriente, el cual sirve para maniobras de:

Conexión-desconexión de barras alimentadoras y líneas de distribución.

Protección a líneas de distribución, subestaciones, motores, capacitores y transformadores de potencia y distribución.

El interruptor en aire debe de estar coordinado con las cuchillas de paso (en caso de existir) para evitar ser operado cuando dicha cuchilla este en su posición "Abierto".

También se instalan en esta sección un juego de tres apartarrayos, que sirven para proteger a las líneas de distribución, transformadores, etc., mediante derivar las sobretensiones a tierra. En algunas subestaciones se pueden instalar dos tipos de apartarrayos, los cuales se deben de especificar según se requieran, éstos son los siguientes:

Apartarrayos tipo autovalvular.

Apartarrayos tipo estación de óxido de zinc.

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible (limitador de corriente) que se encuentra después del interruptor de aire.

Quando se instala un interruptor en aire, los fusibles cuentan con un elemento percutor, el cual al fundirse un fusible (por alguna falla de corriente en el sistema) acciona el mecanismo de disparo del mismo interruptor, ocasionan que éste pase a su posición de "Abierto" inmediatamente, impidiendo la operación con dos fases.

También se puede colocar un relevador de falla de fase en lugar del interruptor, en el lado de baja tensión del circuito alimentado por el interruptor y en éste último instalar una bobina de disparo en derivación, el relevador de falla de fase detectará la falta de suministro de energía en alguna de las fases del sistema, accionando la bobina de disparo colocada en el interruptor, ocasionando que éste pase a su posición de "Abierto" inmediatamente.

Esta sección contiene los siguientes componentes:

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico).

Un juego de aisladores para soportar las barras conductoras.

Una barra de tierra (de cobre puro electrolítico).

Un interruptor de aire tripolar de operación manual en grupo con carga de capacidad de 600 Amps.

Un mecanismo de palanca de operación manual para accionamiento del interruptor ubicado en el frente del tablero.

Un interlock de llave para bloqueo en las posiciones de "Abierto-Cerrado".

Una palanca con portacandado.

Mirillas de plástico inastillable.

V.1.2.1.7. Sección de cambio de barras lateral.

La función de esta sección es cambiar de trayectoria de las barras alimentadoras procedentes del interruptor (principal) del tablero para permitir el suministro de energía a las secciones siguientes (interruptores derivados).

Esta sección se utiliza en aquellos arreglos en los cuales se desea tener centralizada la distribución de energía eléctrica en un solo tablero. Bajo este esquema se necesitara un interruptor que funcione como interruptor principal y otros interruptores que serán derivados. En este caso se necesita una sección que

permita realizar un cambio de la trayectoria principal de las barras alimentadoras para suministrar energía a los interruptores derivados.

Esta sección contiene los siguientes componentes:

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico).
Un juego de aisladores para soportar las barras conductoras.
Una barra de tierra (de cobre puro electrolítico).

V.1.2.1.8. Sección de acoplamiento lateral a transformador.

La función de este arreglo radica en acoplar mecánica y eléctricamente las barras alimentadoras procedentes del interruptor en aire a las terminales de alta tensión y ubicadas dentro de las gargantas del transformador de potencia. Para proporcionar flexibilidad de conexión en campo entre el transformador y la sección de acoplamiento se utilizan conectores tipo trencilla de material de cobre.

Esta sección, el acoplamiento se realiza de forma lateral a todo el tablero tipo subestación.. Esta sección es la más comúnmente utilizada en las subestaciones.

Esta sección contiene los siguientes componentes:

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico).
Un juego de aisladores para soportar las barras conductoras.
Una barra de tierra (de cobre puro electrolítico).
Un juego de conectores tipo trencilla de cobre.

V.1.2.1.9. Sección de acoplamiento posterior a transformador.

La función de este radica en acoplar mecánica y eléctricamente las barras alimentadoras procedentes del interruptor en aire a las terminales de alta tensión ubicados dentro de las gargantas del transformador de potencia.

En esta sección, el acoplamiento al transformador se realiza por la parte posterior al tablero tipo subestación y el arreglo se localiza dentro del interruptor en aire, respetándose las dimensiones de esta sección. Para proporcionar flexibilidad de conexión en campo, entre el transformador y el arreglo de acoplamiento se utilizan conectores tipo trencilla de material de cobre.

Esta sección contiene los siguientes componentes:

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico) de capacidad adecuada.
Un juego de aisladores para soportar las barras conductoras.
Una barra de tierra (de cobre puro electrolítico) de capacidad adecuada.
Un juego de conectores tipo trencilla de cobre de capacidad adecuada.

V.1.2.1.10. Sección separadora.

La función de esta sección es proporcionar la distancia necesaria entre dos secciones de interruptores en aire, para permitir el acoplamiento posterior entre los transformadores de potencia y esos mismos interruptores.

En los arreglos típicos de subestaciones un sólo transformador de potencia esta acoplado lateralmente a todo el conjunto. Sin embargo, en algunos casos es necesario acoplar más de un sólo

transformador a la subestación. En estas circunstancias los acoplamientos son por la parte posterior del tablero y puesto que las dimensiones de los transformadores son bastante amplias, se hace necesario colocar una sección separadora entre las secciones de interruptores. De esta forma, se mantiene la misma trayectoria de las barras alimentadoras (del tablero) y proporciona la distancia necesaria entre transformadores.

Esta sección contiene de fábrica los siguientes componentes:

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico) de capacidad adecuada.

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico) de capacidad adecuada.

Un juego de aisladores para soportar las barras conductoras.

Una barra de tierra (de cobre puro electrolítico) de capacidad adecuada.

V.1.2.1.11. Sección de uso especial.

La función de esta sección es proporcionar las características que cumplan las especificaciones adecuadas para casos en particular y que por diseño no pueden suministrar las secciones anteriormente descritas.

En algunas ocasiones se requiere por necesidades del proyecto y de la carga a manejar que la subestación contenga algunos de los siguientes elementos:

Interruptor de potencia en vacío.

Relevadores de protección especiales, como lo son los de protección por: baja tensión, sobretensión, sobrecorriente, falla de fase, etc.

Transferencia de energía eléctrica.

Equipo de medición digital.

Transformadores de corriente y/o potencial.

Conexión a electroducto de alta tensión.

En algunos casos estas características se pueden proporcionar dentro de las secciones normales de fábrica, pero en otras se requiere necesariamente de una sección de uso especial.

Esta sección contiene los siguientes componentes:

Un juego de barras conductoras (de cobre puro electrolítico).

Un juego de aisladores para soportar a las barras conductoras.

Una barra de tierra (de cobre puro electrolítico).

V.1.2.2. Instalación de la subestación eléctrica.

V.1.2.2.1 Instalación.

Para la instalación de la subestación eléctrica se tomaron en cuenta como mínimo los siguientes puntos:

V.1.2.2.1.1. Lugar de instalación.

Se selecciono el área del edificio más cercana a las líneas de alta tensión de distribución de Ciudad Universitaria, para recibir la acometida en alta tensión.

El área del cuarto donde se alojara la subestación se encontrara ventilado y accesible, con espacio suficiente para su operación y mantenimiento. El cuarto de fuerza estará resguardado para evitar la entrada de personas no autorizadas.

V.1.2.2.2. Preparaciones.

V.1.2.2.2.1. Sistemas de tierras.

Estará formado por una malla cuadrículada de 0.50m, por 0.50m, con cable de cobre desnudo cal. 4/0 AWG, enterrado a 1.0m y conectados a la malla de tierras principal del edificio. La malla cubrirá toda el área donde se instalarán los equipos eléctricos incluyendo la planta de emergencia, para su conexión a tierra, con conectadores soldables y conectadores mecánicos.

V.1.2.2.2.2. Obra civil.

Se realizaron bases de cimentación para los equipos, subestación, transformador y tablero de baja tensión, así como para la planta de emergencia.

Una cisterna para derrame de aceite del transformador y otra para el derrame de diesel del tanque de la planta de emergencia.

V.1.2.2.2.3. Iluminación.

Se instalo una iluminación con 300 luxes en los frentes de los tableros. Además de proveer de una fuente de emergencia para iluminación en donde se requiera y con una duración de 2.0 h.

V.1.2.3. Resumen de los equipos de la subestación.

V.1.2.3.1. Interruptor en aire.

Rango de Tensión				Rango de corriente				
Tensión Nominal kV RMS	Tensión Máxima de Diseño kV RMS	Tensión Aplicada 1 Min kV RMS	Tensión de Impulso BIL kV	Corriente Nominal (Amp RMS)	Interrupción de Contacto (Amp RMS)	Corriente Momentánea Asimétrica (Amp RMS)	Corriente de Corta Duración 3 seg. (Amp RMS)	Corriente de Cierre Asimétrica (Amp. RMS)
7.2	8.25	26	75	1.200	1.200	61.000	38.000	61.000

V.1.2.3.2. Cuchillas desconectoras.

Tensión Máxima kV	Corriente Nominal A	Corriente Momentánea Asimétrica kA (rms)	Corriente de Corta Duración (3 seg eficaz) kA (rms)	Tensión de Impulso (BIL) 1.2X50 µs Kv a través de cuchilla abierta	Tensión aplicada 60 HZ 1 min en seco kV a través de cuchilla abierta
7.2	1250	61	38.1	70	23

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

V.1.2.3.3. Cuchillas de puesta a tierra.

Tensión Máxima kV	Corriente Nominal A	Corriente Momentánea Asimétrica kA (rms)	Corriente de Corta Duración (3 seg eficaz) kA (rms)	Tensión de Impulso (BIL) 1.2X50 μ s Kv a través de cuchilla abierta	Tensión aplicada 60 hZ 1 min en seco kV a través de cuchilla abierta
7.2	1250	61	38.1	70	23

V.1.2.3.4. Aisladores de resina epóxica, servicio interior

Resistencia P Flexión kg	Tensión Nominal KV	Impulso Cresta KV	Aplicada 60 Hz 1" KV	Distancia de Fuga mm
375	8.7	60	27	156

V.1.2.3.5. Apartarrayos tipo autovalvular.

Tensión Nominal (kV)	Descarga 60 Hz (kV Cresta / 2)		Descarga E.D.O. (kV Cresta)	Descarga 1.2 X 50 (kV Cresta)
	Min	Max.		
9	13.5	29	43	39

V.1.2.3.6. Fusibles limitadores de corriente.

Tensión Nominal kV	Tensión Máxima kV	Rango Continuo de Corriente Ej-1 (interior)	Capacidad Interruptiva Total Rms Amp (asimétrico)	Capacidad Interruptiva Max 3 o MVA (simétrico)
7.2	8.25	0.5E-3E	80,000	620

V.1.2.3.7. Transformador trifásico tipo subestación.

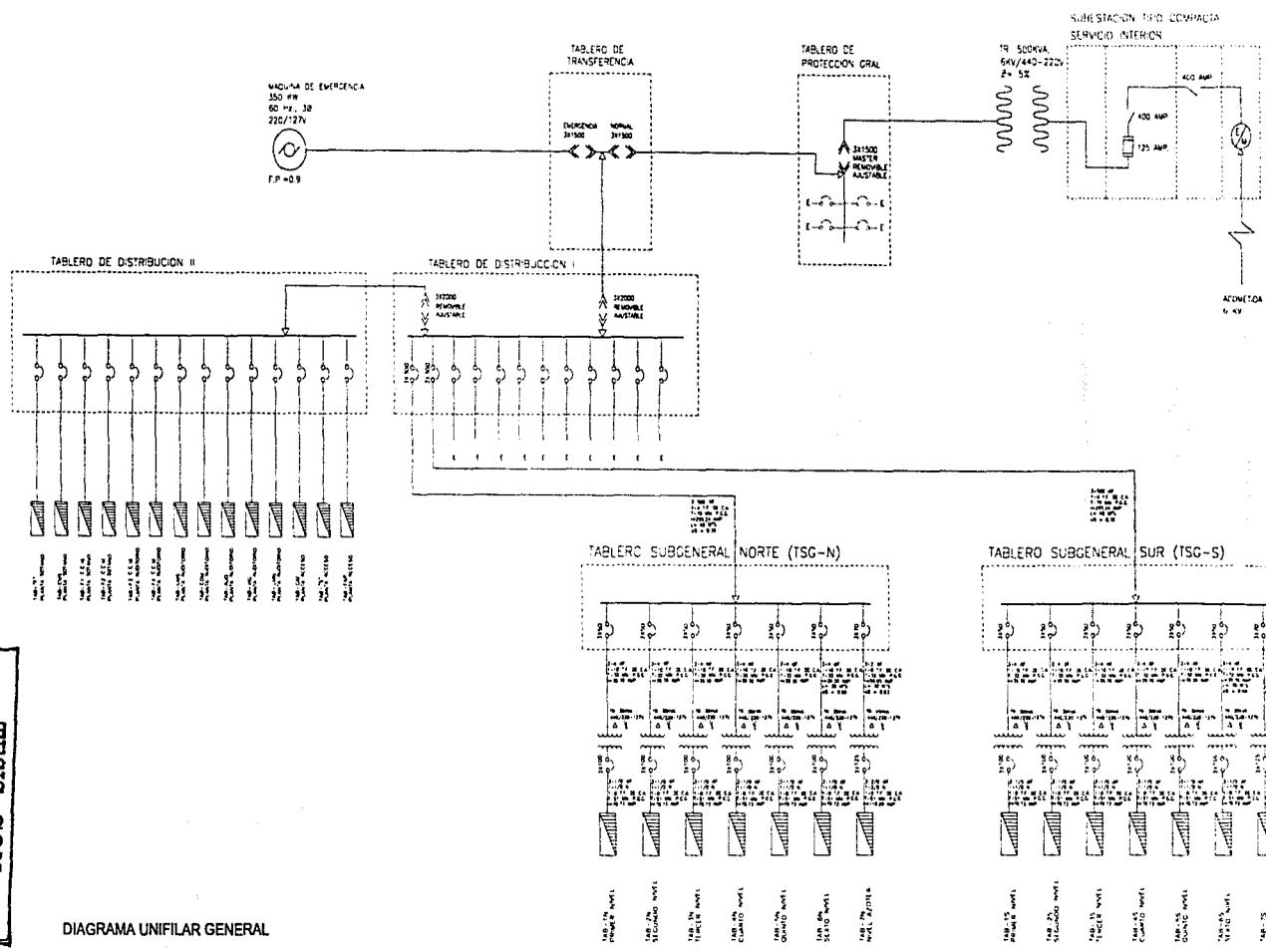
KVA	A.T. Volts Δ	B.T. Volts λ	Watts Fe	Watts Cu	Watts Totales	Imp. %Z	Frec. (Hz)	A.S.N.M.	Frente (mm)	Fondo (mm)	Alto (mm)	Aceite (Lts.)	Peso Total (Kgs)
500	7.200	440	830	6,170	7000	5.50	60	2.300	1791	1535	1219	549	2.166

Ver diagrama unifilar al final del capítulo.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL



NOMENCLATURA		SIMBOLOGIA		MODIFICACIONES	FECHA	INSTITUTO DE INGENIERIA
E	EMERGENCIA	→	INDICADOR DE EMERGENCIA	□		UNAM INSTITUTO DE INGENIERIA CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESENVOLUPAMIENTO TECNOLÓGICO DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL SE-01
TR	TRANSFORMADOR	⊃	TRANSFORMADOR	⊃		
TD	TABLERO DE DISTRIBUCION	⊃	TABLERO DE DISTRIBUCION	⊃		
TSG-N	TABLERO SUBGENERAL NORTE	⊃	TABLERO SUBGENERAL NORTE	⊃		
TSG-S	TABLERO SUBGENERAL SUR	⊃	TABLERO SUBGENERAL SUR	⊃		
CE	CENTRO DE EMERGENCIA	⊃	CENTRO DE EMERGENCIA	⊃		
MS	MAESTRO	⊃	MAESTRO	⊃		
MS	MAESTRO	⊃	MAESTRO	⊃		

V.2. PLANTA DE EMERGENCIA.

V.2.1. INTRODUCCION.

El suministro de energía eléctrica actualmente es de gran importancia en la alimentación de los sistemas eléctricos, ya que perturbaciones en la red de alimentación puede causar alteraciones desde el punto de vista operativo, técnico y económico. Por lo que se hace necesario tener una fuente de respaldo que cumpla con los requerimientos del mismo sistema.

Dependiendo del tiempo de perturbación de la red de alimentación, se pueden emplear diferentes formas de respaldo de energía, las más comunes son las Unidades de Potencia Ininterrumpibles (UPS) las cuales tienen tiempos de respuesta que van desde los 4 hasta los 500 milisegundos o Plantas Eléctricas de Emergencia las cuales tienen tiempos de respuesta de 3 hasta 9 segundos. Estas formas de alimentación son aplicaciones auxiliares, donde esta fuente constituye una especie de seguro eléctrico en caso de fallar el suministro normal de energía.

En la seguridad pública, una falla de energía puede ser asunto de vida o muerte. Los generadores auxiliares protegen al público en hospitales, estaciones de policía, estaciones de bomberos y aeropuertos.

La energía auxiliar también es de vital importancia para las comunicaciones telefónicas, transmisiones de radio y televisión, plantas de tratamiento de aguas potables y negras en instalaciones militares e instalaciones de radar.

La seguridad privada es otro campo que necesita de energía auxiliar. Cualquier sitio donde se trabaja, juega o compra un gran número de personas, requiere una fuente auxiliar de energía y no solo para las luces y calefacción, sino también para ventilación donde se producen gases tóxicos y para la operación de controles eléctricos de seguridad.

Algunos ejemplos son oficinas, restaurantes, centros comerciales, hoteles, y parques de diversión.

Los generadores auxiliares dan una seguridad económica en los casos en que un apagón puede dañar equipos o materiales. Muchas industrias tienen procesos que una vez comenzados, tienen que llevarse a cabo totalmente. Una falla eléctrica durante un proceso de estos puede ocasionar una gran pérdida. Por ejemplo, un proceso de extrucción, el plástico se funde y pasa por las máquinas, el suministro de energía tiene que ser constante, o el plástico se endurece dentro de la máquina. La energía constante es esencial para lecherías, fábricas de hielo, laboratorios fotográficos, fabricación de pinturas y otros procesos químicos.

Para el caso particular de edificio Torre de Ingeniería, también será importante el contar con este respaldo de suministro de energía eléctrica, ya que se realizarán trabajos de investigación y pruebas en laboratorios, así como áreas de exposiciones y conferencias.

Por lo tanto la aplicación de las plantas eléctricas es una de las aplicaciones más viables para proporcionar energía de respaldo a los sistemas industriales y pruebas de laboratorio.

V.2.2. Planta de motor con combustión interna.

Es aquella que utiliza la energía térmica desprendida de la combustión para producir un movimiento mecánico a una flecha que está acoplada al rotor de un generador y que por la inducción electromagnética va a producir un voltaje en las terminales de este último.

Tomando en consideración los aspectos anteriores, clasificaremos a una planta de combustión interna de la siguiente forma.

		Gas natural Gas LP
	Combustible	Gasolina Diesel
PLANTA CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	Operación	Automática Manual
	Servicio	Continuo Emergencia

Las plantas con motor de combustión interna generalmente utilizan diesel, por las ventajas que representa con respecto a las que utilizan gasolina o gas. Es decir, el combustible es más barato, desarrollan más potencia, tienen mayor relación de compresión, mayor eficiencia y aprovechan mejor la energía térmica desprendida del combustible.

V.2.2.1. Operación automática.

Se dice que una planta es automática cuando opera por sí sola, realizando cinco funciones:

- a) Arrancar.
- b) Proteger.
- c) Transferir carga.
- d) Retransferir carga.
- e) Paro.

Solo requiere de supervisión y mantenimiento preventivo. Son utilizadas en industrias, centros comerciales, hospitales, hoteles, aeropuertos, etc.

V.2.2.2. Operación manual.

Son aquellas que requieren para su operación que se opere manualmente un interruptor para arrancar o parar dicha planta. Normalmente estas se utilizan en aquellos lugares donde no existe alimentación por parte de alguna Compañía Suministradora y pueden ser: aserraderos, ranchos, etc.

Se dice que una planta es manual cuando solo protege.

Las plantas se clasifican por el tipo de servicio que presentan en :

V.2.2.3. Servicio continuo.

Son aquellas que operan por varias horas, entre 300 y 500 horas por año, y se utilizan en lugares alejados donde las Compañías Suministradoras no tienen acceso, por ejemplo, en las estaciones receptoras de radio y televisión, en lugares donde se tengan computadoras (centros de cómputo), aserraderos, etc.

V.2.2.4. Servicio de emergencia.

Son aquellas que operan hasta 300 horas por año y se utilizan en lugares donde se tienen sistemas de distribución por parte de las Compañías suministradoras y donde se requiere que nunca falte la energía: hoteles, hospitales, centros comerciales, aeropuertos, etc.

Las plantas están diseñadas para operar con una capacidad de emergencia, si ésta misma máquina se quiere operar en servicio continuo se tiene que disminuir la capacidad de servicio de emergencia un 10% aproximadamente.

V.2.3. Planta generadora de energía eléctrica de emergencia (P.G.E.E.E.).

Es un grupo motor-generator que convierte la energía calorífica de un combustible en energía eléctrica.

V.2.3.1. Potencia nominal.

Es la capacidad en KW obtenidos en las terminales del generador a una altitud del nivel del mar, considerando una temperatura ambiente máxima de 40 °C, en cualquiera de sus aplicaciones y a una velocidad nominal del motor a 1800 r.p.m.

V.2.3.2. Disponibilidad.

Es el tiempo máximo en segundos, necesario para que la P.G.E.E.E. esté en condiciones adecuadas de operación, permitiendo la transferencia y toma de carga.

Existen 5 tipos de disponibilidad:

Tipo 1: básicamente inmediata de 3 a 5 milisegundos.

Tipo 2: hasta 5 segundos.

Tipo 3: hasta 15 segundos.

Tipo 4: hasta 15 segundos.

Tipo M: manual (sin límite de tiempo).

V.2.3.3. Placa de datos.

La placa de datos de la planta eléctrica en forma breve nos informa de las características de la misma, es decir, que potencia tiene, su nivel de tensión, intensidad de corriente, frecuencia, tipo de combustible, revoluciones por minuto, número de fases, factor de potencia, etc.

KW.- Indica la potencia real o activa. Es decir, la potencia que entregará el equipo en condiciones reales de trabajo. Se expresa en Kilowatts.

KVA.- Indica la potencia aparente o total del equipo, es la potencia en condiciones ideales. Se expresa en Kilo-volts-amperes.

F.P.- Indica el factor de potencia del equipo (es decir, la eficiencia del mismo). El F.P. es la relación que existe entre la potencia real y la aparente.

$$F.P. = KW / KVA$$

KW Continuos.- Es la potencia que el equipo puede entregar trabajando sin interrupción hasta las 24 hrs. Del día.

KW de Emergencia.- Es la potencia máxima que se puede obtener del equipo, generalmente se considera un 10% adicional a la potencia de servicio continuo. Esta potencia no se puede obtener por más de 2 horas.

Volts.- Es el voltaje de operación del equipo. El generador utilizado generalmente es reconectable, por lo que el equipo puede trabajar a diferentes voltajes, por ejemplo: 220/127V, 440/254V, 480/277V, etc.

Amps.- El amperaje dependerá de la conexión del generador. A mayor voltaje menor corriente y viceversa.

Ciclos.- El equipo trabaja a 60 ciclos por segundo (60Hz).

R.P.M.- El equipo gira a 1800 revoluciones por minuto.

Fases.- El generador utilizado es trifásico a 4 hilos, es decir tres fases un neutro.

F.P.- Factor de potencia se considera de 0.8.

Voltaje de baterías.- Es el voltaje al que opera la marcha, la solenoide de combustible, el alternador del motor y el tablero de control de la planta.

Adicional, se debe considerar la altura de operación del equipo, ya que la potencia de la planta disminuye con respecto a la altitud sobre la altura de diseño del equipo. Es decir, se tiene que considerar una despotenciación del mismo, la cual depende del tipo de motor a utilizar.

V.2.3.4. Operación de la planta (P.G.E.E.E.).

V.2.3.4 1. Falla Alimentación Normal.

Instantáneamente el interruptor de transferencia (tipo contactor magnético) sale de la posición normal "N" y pasa a la posición fuera "F".

Al mismo tiempo el circuito de control de transferencia y paro manda señales al:

- Interruptor de transferencia para que este se prepare para pasar a la posición de emergencia "E".
- Control maestro para éste a su vez, mande la señal de arranque, alta temperatura, baja presión de aceite y sobrevelocidad.

A los tres segundos aproximadamente, la planta genera a toda su capacidad y el interruptor de transferencia se pasa a la posición de emergencia, alimentándose así la carga con la alimentación de emergencia; a esta operación se le denomina **transferencia** y puede variar de tres a nueve segundos dependiendo de la capacidad y tamaño de la planta.

En el caso de interruptores termomagnéticos y de interruptores electromagnéticos, estos no se desconectan instantáneamente, sino que, hasta que hay generación de voltaje del generador se desconecta de la posición normal a la de emergencia sin quedar en la posición fuera en ningún momento. Todas las demás operaciones descritas ocurren igual para todos los interruptores.

V.2.3.4 2. Restablecimiento de la alimentación normal.

El circuito de control de transferencia y paro detecta la presencia de la alimentación y: A los cuatro minutos (tiempo ajustable) manda la señal al interruptor de transferencia para que se haga la

retransferencia o sea que pase de la posición "E" a la posición "N". Se da este tiempo para dar oportunidad a la alimentación normal de restablecerse completamente, aunque también es variable dependiendo de la zona en que esté instalada la planta.

- Cuatro minutos después (tiempo ajustable) manda la señal al control maestro para que éste dé la señal de paro de la planta.

V.2.4. Sistemas del motor de combustión interna.

Un motor diesel de la potencia necesaria para mover un grupo generador y el corazón del motor cuenta con cinco sistemas básicos: aire, escape, combustible, lubricación y enfriamiento.

V.2.4.1. Sistema de admisión.

- Filtros de aire (húmedo y seco).
- Indicador de restricción.
- Turbocargador (compresor).
- Múltiple de admisión.
- Válvula de admisión.
- Post-enfriador.

V.2.4.2. Sistema de escape.

- Válvula de escape.
- Múltiple de escape.
- Turbocargador (turbina).
- Junta de expansión.
- Silenciador.
- Trampa de condensado.
- Escape.

V.2.4.3. Sistema de enfriamiento.

- Agua.
- Radiador y tapón presurizado.
- Ventilador.
- Bomba de agua.
- Galerías.
- Filtro (DCA's).
- Precalentador y termostato.
- Mangueras y accesorios.
- Enfriador de aceite.

V.2.4.4. Sistema de lubricación.

- Lubricante (SAE-15W-40).
- Cárter.
- Bomba de aceite.
- Filtros.
- Galerías.
- Varillas de inspección.

V.2.4.5. Sistema de combustible.

- Combustible.
- Tanque de almacenamiento.
- Bomba de alimentación.
- Filtros.
- Bomba de inyección.
- Inyectores.
- Ductos de alimentación y retorno.

V.2.4.6. Sistema eléctrico.

- Sistema de arranque.
- Sistema de carga.

V.2.5. Selección de la planta de emergencia propia para el edificio.

V.2.5.1. Objetivo.

1.- Aseguramiento en la continuidad del servicio de energía eléctrica, basándose en las normas vigentes, así como las recomendaciones y criterios de diseño propios del fabricante para dimensionar correcta y eficazmente la planta de emergencia la cual será instalada en el área asignada a un lado de la sala de fuerza. El caso aquí analizado es el más general pero la correcta selección de la planta dependerá del análisis del lugar y de las condiciones particulares.

2.- Dar las especificaciones de obra civil que requiera para la adecuación de la sala de fuerza, trincheras, huecos, registros, etc.

3.- Respaldo con las memorias de cálculo pertinentes, el que la instalación de la máquina de emergencia opere dentro de las regulaciones y normas vigentes en el país.

4.- Quedará dentro de los límites de una zona universitaria media alta, lo cual limita severamente la cantidad de ruido que la planta produzca, considerando que el tanque de día quedara confinado en el cuarto de generación.

La cantidad de ruido máximo será de 65 db en un perímetro de 1 m del cuarto que albergue la planta.

La planta de emergencia aquí seleccionada operará hasta una altura máxima sobre el nivel del mar de 2250 m, para alturas de operación mayores se deberá despotenciar un 4% por cada 300 m, para el caso particular de la planta de emergencia del edificio de la Torre de Ingeniería no existirá problema alguno ya que la ciudad de México se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 2240 m.

V.2.5.2. Selección de los subsistemas para el grupo electrógeno.

En general las plantas diesel cuentan con los siguientes subsistemas:

- I.- Escape de gases.
- II.- Subsistema de enfriamiento.
- III.- Tablero de transferencia y protección.
- IV.- Grupo motogenerador.

V.2.5.2.1. Selección subsistema de escape.

La selección del sistema de escape de los productos de la combustión se hace tomando en cuenta lo siguiente:

- a) La caída de presión en la tubería de escape.
- b) La caída de presión en los silenciadores del sistema.

Esta caída de presión o contrapresión debe estar siempre por debajo de las tres pulgadas columna de Hg, de tener caídas de presión excesivas tanto en la tubería de escape como en el silenciador. la potencia útil del motor se reduce al tratar de vencer una contrapresión excesiva en la descarga, impidiendo una compresión adecuada de la mezcla y afectando la relación combustible - aire en los cilindros del motor, aumentando, la temperatura de los gases de escape y produciendo un desgaste más acelerado de las partes de la máquina.

Los criterios a seguir durante la instalación del subsistema de escape son:

Diámetros de tubería apropiados, suficientes para minimizar pérdidas disminuyendo la contrapresión.

Uniones de la tubería de escape con la maquina, que se efectuarán mediante tubería flexible, tal que pueda absorber vibraciones y que soporte las altas temperaturas de los gases producto de la combustión, las uniones del cople flexible serán bridas con su correspondiente empaque.

La tubería terminara hasta una placa de hierro negro perteneciente al codo de 90° de la chimenea no sin antes haber pasado por el silenciador.

Las tuberías se soportaran a través del techo con viguetas sin cortes.

Acabados. La tubería se cepillará y limpiará con solventes, para poder recibir dos manos de pintura color aluminio para altas temperaturas (600°C).

Cálculos de caídas de presión:

Potencia nominal de la máquina (ver inciso V.2.5.2.4).	350 KW
Flujo de los gases de escape	675 CFM
Contrapresión máxima permisible	3" Hg
Temperatura de los gases de escape	10°C (950°F)
Aire requerido para la combustión	245 CFM
Diámetro del tubo flexible	5"
Longitud del tubo flexible	6"
Diámetro del tubo de escape vertical	5"
Longitud del tubo de escape vertical	9.48 ft
Diámetro del tubo de escape horizontal	5"
Longitud del tubo de escape horizontal	0.15 ft
Longitud total del tubo de escape	3m ó 118"
Diámetro del silenciador	3/4"

Caídas de presión:

Tubería:

Para 5" las pérdidas son: 0.05" Hg por pie

Por lo que en total tenemos: $(9.48+15) \times 0.05 = 0.4815$ columna de Hg.

Para el cople flexible de 5" tenemos que la caída de presión es de 0.05"/ft de tubo, con lo que en la longitud total del cople caen: $0.05 \times 0.5 = 0.025"$ col. de Hg.

Silenciador primario:

En el manual del fabricante se determina un valor máximo para los del tipo supercrítico de 1" col. de Hg.

Silenciador secundario:

En el manual del fabricante se determina un valor máximo para los del tipo supercrítico de 1/4" col. de Hg.

El total de caídas de presión o contrapresión en el escape es de:

$$0.4815 + 0.025 + 1.0 + 0.25 = \underline{1.7565"} \text{ columna de Hg.}$$

El máximo permisible es de 3.0176" columna de Hg por lo que es correcto el diseño propuesto ya que ocupamos el 58.2% del valor permitido.

V.2.5.2.2. Selección subsistema de enfriamiento.

Sobre la base de la capacidad de la planta de emergencia que es de 350 KW (ver inciso V.2.5.2.4), y de acuerdo al arreglo propuesto en los dibujos de planta anexos, no es económico el separar mediante intercambiador de calor el radiador del motor diesel, por lo que seleccionaremos un radiador directamente acoplado al motor diesel, que es el arreglo más común para esta capacidad.

V.2.5.2.3. Selección del tablero de transferencia.

El tablero de transferencia será completamente automático, y vendrá acompañado por el conjunto de rectificador y banco de baterías para el arranque del propio motor y soportar la electrónica tanto del tablero de transferencia como del gobernador electrónico del generador.

V.2.5.2.4. Selección del grupo motor generador.

Dimensionamiento la capacidad generada:

CARGA TOTAL INSTALADA: 400 KW (Ver capítulo VI.2.3).

FACTOR DE DEMANDA:

La demanda usual para este tipo de servicios es de 50%.

FACTOR DE SERVICIO DE LA MAQUINA:

La capacidad del generador deberá ser tal que solo se utilice al 80 %, como máximo.

FACTOR DE ALTO TRAFICO DE LLAMADAS:

En caso de un pico de llamadas no planeado se sobredimensionará en un 15 % la capacidad de la planta para poder absorber este sobretráfico.

FACTOR DE CONTINGENCIA:

Quando exista una contingencia en el suministro de energfa. que obligue a los equipos a demandar el máximo de su capacidad se aplicara este factor de un 20 % adicional.

Acumulando estos factores para la carga instalada tenemos:

$$\text{POTENCIA DE LA PLANTA} = 400,000 \times 1.15 \times 1.20 \times 0.5 / 0.8 = \underline{345 \text{ KW}}$$

Por lo que se seleccionará un motogenerador de 350 KW.

V.2.5.3. Memoria de cálculo del sistema de ventilación.

De acuerdo a las normas de la AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINNERS y de la EPA (ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY), el cuarto de la planta se dotará de un sistema de extracción de aire que cumpla con lo siguiente:

Temperatura adecuada en el interior de la sala, además de asegurar el suministro de aire para la combustión del motor.

Reducción de los niveles de ruido en la colindancia a un máximo de 80 decibeles en la fuente en operación normal.

Para cumplir con ambos requisitos se diseñara un sistema consistente en un extractor de aire, un sistema de filtración que permita el acceso de aire fresco ambos equipados con sistemas atenuadores y trampas de ruidos, que reduzcan significativamente a niveles aceptables las vibraciones y ruidos. Adicionalmente a la puerta de acceso se le deberá de adecuar un atenuador de ruido y vibración

I.- Parámetros generales:

Dimensiones de la sala (Largo \times Ancho \times Altura) = 4.50 \times 4.00 \times 3.50 m.

Lo que arroja un volumen de 63.00 m³

La temperatura de bulbo seco es = 45°C (se deberá usar la temperatura del lugar para cada caso).

Altura sobre el nivel del mar = 2240 msnm

Flujo de aire requerido para la combustión del motor diesel: 245 CFM

Aire de enfriamiento del alternador: 985 CFM

Temperatura máxima de operación: 50°C

Ganancias Térmicas:

Calor radiado a la sala de fuerza por el conjunto motor generador:
1260 BTU/min

Calor Radiado a la sala de fuerza por el sistema de escape (dato del fabricante):
1065 BTU/min.

Calor radiado por los tableros de fuerza:

Se estima un máximo de 2% sobre la carga total de 400 KW = 8 KW o bien
8 \times 56.82 = 454.56 BTU/min.

Ganancia térmica total: $1260 + 1065 + 454.56 = 2,779.56$ BTU/min.

De acuerdo a los manuales del fabricante Cummings, para grupos motor generador la cantidad de aire requerida para disipar las ganancias térmicas viene dado por la expresión:

$$CFM_{ext} = (58 \times BTU/min.) DT$$

Se considera que el diferencial de temperatura DT es de 10°C para mantener la temperatura de la sala durante la operación del grupo a aproximados 35°C.

Y sustituyendo valores tenemos que:

$$CFM_{ext} = (58 \times 2,779.56) / 10$$

$$CFM_{ext} = 16,121.448 \text{ CFM}$$

Para el sistema de Filtros de entrada, la cantidad de aire que se requiere es de:

$$\text{Aire de entrada} = CFM_{ext} + \text{Aire de combustión}$$

$$\text{Aire de entrada} = 16,121.448 + 245 = 16,366.448 \text{ CFM}$$

De acuerdo a lo anterior el sistema de ventilación constará de un ventilador mecánico de flujo axial de 17,000 CFM, con sistema de transmisión por banda con motor de 2 HP, 220 VCA, trifásico, para la toma de aire se requiere un banco de filtros y atenuadores montados en el muro contrario para optimizar el barrido de aire a lo largo de todo el conjunto, permitiendo la entrada de 20,000 CFM.

V.2.5.4 Especificación técnica de la planta de emergencia.

Especificaciones para el grupo electrógeno de emergencia de 350 Kw marca Selmec.

V.2.5.4.1.Generalidades

El grupo motor generador de operación automática suministrará 350 KW y arrancará automáticamente cuando se produzca una falla de energía eléctrica a una caída de tensión por debajo del 70% de la tensión nominal, y trabajará bajo las siguientes condiciones.

A.1).-	Altura de operación: 2500 m.s.n.m.
A.2).-	Operación en interior de sala de fuerza.
A.3).-	Temperatura promedio dentro de la sala de máquina 35° centígrados.
A.4).	Nivel de ruido máximo permisible dentro de la sala de fuerza: 85 decibeles.
A.5).-	Combustible para la operación del grupo motor generador: diesel, en tanque de 1,000 lt, con indicador de nivel de carátula, válvulas de drenaje y de salida de combustible, bastón de salida de gases y flotador con contactos secos para indicación remota de nivel.
A.6).-	Operación en servicio continuo.

A.7).- Enfriamiento del motor con radiador en arreglo tipo integrado.
A.8).- Tensión de salida del generador: 440/220 volts.
A.9).- Frecuencia: 60 HZ.

V.2.5.4.2. Características mínimas y accesorios del equipo electrógeno.

B.1).- El grupo electrógeno se suministrará montado sobre base de acero estructural, formando una unidad integral de fácil manejo de instalación.
B.2).- El silenciador primario será del tipo súper crítico con una atenuación mínima de 28 decibeles en condiciones normales de operación con carga. Se deberá instalar un silenciador secundario para chimenea redonda de 254 mm, provisto de remate tipo water-cap con conos deflectores interiores, recolector de cenizas y puertos de muestreo, estos al exterior del cuarto.
B.3).- El grupo electrógeno se suministrará con amortiguadores antivibratorios tipo conemont.
B.4).- Las baterías de arranque serán de suficiente capacidad para realizar el arranque del motor en 5 segundos.
B.5).- El cargador de baterías será con capacidad suficiente para mantener las baterías totalmente cargadas en todo momento.
B.6).- El motor y generador deberá contar con placa de características que indique el nombre del fabricante, números de serie, potencia y tensión nominal.
B.7).- El grupo electrógeno contará con módulo digital de control y supervisión capaz de controlar, parar, arrancar y proteger el motor de combustión interna y el generador.
B.8).- El tablero de transferencia contará con dos interruptores termomagnéticos tipo removibles de operación manual para la transferencia de carga.
B.9).- La regulación de voltaje del grupo electrógeno deberá ser de +/- 0.5%, tanto en vacío como a plena carga.
B.10).- La variación de frecuencia no deberá exceder del +/- 0.25%, tanto en vacío como a plena carga.
B.11).- La distorsión armónica total (THD) no deberá exceder del 5%, y deberá ser menor del 3% en armónicas individuales.

V.2.5.4.3. Características del generador.

El generador será diseñado para operar con las siguientes características.

C.1).- Potencia nominal.	350 KW (emergencia).
C.2).- Tensión nominal.	440/220 Volts.
C.3).- Fases.	3

C.4).-	Hilos.	4
C.5).-	Factor de potencia.	0.8
C.6).-	Frecuencia.	60Hz

V.2.5.4.4. Requisitos mínimos del tablero de control y transferencia.

D.1).- Señalización.

D.1.1).- Alta temperatura de agua.

D.1.2).- Baja presión de aceite.

D.1.3).- Largo tiempo de arranque.

D.1.4).- Sobrevelocidad.

D.1.5).- Sobrecarga (sobrecorriente).

D.1.6).- Voltaje anormal del generador.

D.1.7).- Falla del controlador.

D.1.8).- Emergencia (forma manual).

D.1.9).- Desbloqueo (manual)

D.1.10).- Bajo voltaje en el cargador de baterías arranque. falla de red.

D.1.11).- Máquina en operación.
Falla de máquina.

D.1.12).- Tablilla de conexiones para el sistema monitoreo y alarmas.

D.2).- Señales mínimas en forma visual.

D.2.1).- Operación manual (red comercial correcta).

D.2.2).- Operación emergencia (máquina trabajando).

D.2.3).- Frecuencímetro digital.

D.2.4).- Voltmetro digital.

D.2.5).- Medir voltajes de red (trifásica)medir voltajes de la máquina (trifásica)
Amperímetro digital
Medir corrientes por fase (trifásica) de la red comercial

D.2.6).- Medir corrientes por fase (trifásica)
del generador con carga.

D.2.7).- Horómetro.

D.2.8).- Contador de arranques.

Máquina de operación.

Falla de máquina.

- D.3).- El regulador de voltaje se sujetará al tablero de transferencia.
- D.4).- El cargador de baterías de arranque deberá contar con alarma para bajo voltaje.
- D.5).- El tablero de control y transferencia deberá contar con barra de cobre para tierra conectada firmemente al tablero.
- D.6).- El tablero de control y transferencia deberá contar con alarma para bajo voltaje.
- D.7).- Los sensores de voltaje trifásicos de la red y de máquina, deberán de ser del tipo ajustable en campo.

V.2.5.4.5. Elementos mecánicos y eléctricos del grupo electrógeno.

- E.1).- Restaurador del aceite.
- E.2).- Bomba de cebado de aceite (para mantenimiento).
- E.3).- Precalentador fijado al patín de la máquina de emergencia.
- E.4).- Dejar preparada la caja de conexiones para aceptar las terminales del precalentador.
- E.5).- Caja de conexiones sujeta al patín de la máquina de emergencia.
- E.6).- Sistema tensor de banda ajustable.
- E.7).- Vibroaisladores de resorte entre la máquina y el patín.

V.2.5.4.6. Recomendaciones a contemplar en los grupos electrógenos.

- F.1).- El tablero de control y transferencia deberá ser con módulo digital de control.
- F.2).- El tablero de control y transferencia se alimentará (48 vcd).
- F.3).- Se conectará el polo de la batería de arranque a tierra.
- F.4).- El borne negativo de la batería tendrá el símbolo de tierra.

V.2.5.4.7. Especificación de adquisición.

- G.1).- Marca del grupo electrógeno: selmec (onan-cummins)
- G.2).- Modelo: 350 SC NTA855-G3. 60 HZ, 350 KW.
- G.3).- KW de emergencia: 350 KW.
- G.4).- KW continuos: 315 KW.
- G.5).- Motor diesel: SC NTA855-G3 de inyección directa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- G.6).- Enfriamiento: radiador integrado.
- G.7).- Silenciador primario: tipo súper crítico modelo 155-2342-05, con brida en la entrada y en la salida, marca cumins-onan. se requiere silenciador secundario con colector de hollín.
- G.8).- Soporte y amortiguamiento
 - G.8.1).- Una base estructural de acero (integrada al grupo electrógeno) marca selmec (cummins-onan).
 - G.8.2).- Cuatro vibroaisladores modelo boagad 402-0234 marca selmec (cummins-onan)
- G.9).- Baterías.
 - G.9.1).- 2 baterías 24 vcd, 984 amperes/hora, marca cummins-onan
 - G.9.2).- Un cargador de baterías de capacidad suficiente para mantener la carga de las baterías.
- G.10).- Tablero de transferencia automático con interruptores termomagnéticos de 1000 Amperes. 600 V, 40KA de capacidad interruptiva y los accesorios mínimos señalados en el inciso "F".

V.2.5.5. Especificación de la instalación de la planta de emergencia.

Generalidades:

Marca: Selmec
Capacidad: 350 KW
Radiador: Integrado
Modelo: 350 SC NTA855-G3
Motor diesel: SC NTA855-G3

Estas especificaciones indican el equipo y materiales necesarios para la instalación de una máquina de emergencia, las cuáles han sido desarrolladas bajo normas de instalación de los proveedores de plantas de emergencia y cumpliendo con normas NOM.

V.2.5.5 1. Anclaje de máquina de emergencia.

- 1.- Anclaje del grupo electrógeno, usando expansores y colocando entre el piso vibroaisladores 1 capa de aire lock.
- 3.- Colocación de tubo de escape y 1 silenciador tipo "I" súper crítico, con sujeción de amortiguamiento y 3 bridas para su acoplamiento.
- 4.- Aislamiento térmico a silenciador y tubo de escape a base de cemento monolítico y lana mineral.
- 5.- Pintar tubo de escape y silenciador con pintura color aluminio para alta temperatura.

V.2.5.5 2. Instalación del tanque de combustible.

- 1.- Maniobras para la colocación del tanque de combustible.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 2.- Anclaje de tanque de combustible con placa de acero a-36 de 1/2" y taquetes expansivos de 3/8" × 2", considerar calzas metálicas para darle un desnivel del 3% hacia el dren.
- 3.- Colocación de una llave de nariz en el contenedor parte inferior para su drenado.
- 4.- Dejar una toma de agua lo mas próxima al radiador de la máquina para su llenado.
- 5.- Instalación de tubería de hierro negro 19 mm de diámetro de tanque de combustible a la máquina de emergencia (llenado y retorno).
- 6.- Instalación de válvula check a la llegada de la máquina de 19 mm de diámetro.
- 7.- Instalación de tubería de hierro negro de 2" de diámetro para el llenado de los tanques de combustible.
- 8.- Instalación de una válvula de tipo globo de 1" a la llegada del tanque de combustible para su llenado.
- 9.- Aterrizamiento del tanque de diesel a la placa de tierras mas próxima con cable calibre 1/0 AWG y a la segunda pata con cable cal. 2 AWG.

Ver plano de planta de emergencia (PE-01), en sección de tablas y planos.

V.2.5.5 3. Instalación de atenuador de ruido.

- 1.- Montaje de marco para salida de aire del radiador con atenuador de ruido de 100 × 100 × 100 Cm.
- 2.- Montaje de un atenuador de ruido a base de barras para radiador de una planta de emergencia de 600KW de acuerdo a plano de proyecto anexo.
- 3.- Instalación de tubería de hierro galvanizado de 1/2" y llave de nariz para el llenado de agua al radiador.
- 4.- Instalación de una junta flexible en la reducción del atenuador al radiador de la máquina.

V.2.5.5 4. Instalación del equipo de Ventilación.

- 1.- Montaje de un banco de filtros para admisión de 20,000 CFM de aire con atenuador de ruidos de 25 db, este banco se deberá ubicar en el muro posterior a la salida del aire del radiador de la planta de emergencia.
- 2.- Montaje de marco para el siguiente equipo:
Para banco de filtros.
Para montaje de extractor de aire.
- 3.- Instalación de un ventilador de extracción de 2 HP de 220V, 3f, 60Hz, Mca., Armee, Mod. B42-C-44", acoplado a un atenuador de ruidos de 25 db.
- 4.- Instalación del tablero de control del motor de ventilador, incluyendo:
 - a) Interruptor termomagnético de 3 × 15 Amp.
 - b) Arrancador magnético tamaño "1" para motor 2 HP.
 - c) Tablilla de conexiones.
- 5.- Instalación del tablero, incluyendo:
 - a) Termostato de cuarto

- b) Un interruptor selector 1P, 2T, 3 posiciones.
 - c) Tablilla de conexiones.
- 6.- Instalación de canalización y cableado del motor del tablero de control y al tablero de mando, con tubo conduit PGG de 13mm.
 - 7.- Instalación de canalización y cableado del centro de carga ubicado en la sala de fuerza al tablero de control, con tubo conduit PGG de 13mm.
 - 8.- Fabricación y montaje de una puerta ciega de 2 hojas con abatimiento hacia fuera, según especificación en parte civil.

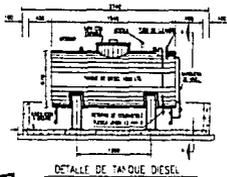
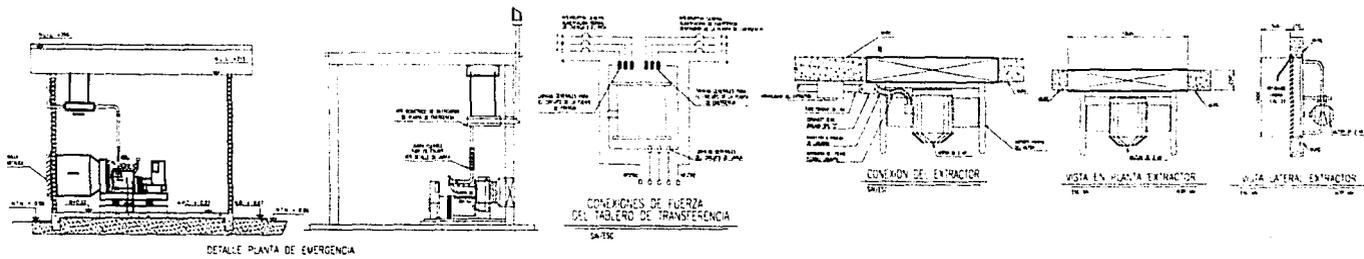
Ver plano de planta de emergencia (PE-01), en sección de tablas y planos.

V.2.5.5.5. Conexión con el tablero de transferencia.

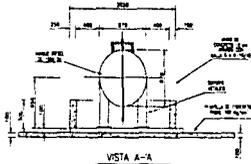
- 1.- Maniobras para instalación del tablero.
- a.) Fijación y soporte a muro con bastidor metálico.
- 2.- Montaje e instalación de charola de aluminio de 220 mm de ancho del tablero de transferencia nuevo a la caja de conexiones del generador de la máquina.
 - 3.- Cableado y conexión de 3 conductores uno por fase de calibre según se indica en planos como tierra física del nuevo tablero de transferencia a la caja de conexiones del generador de la máquina de emergencia.
 - 4.- Instalación de barra de tierras y zapatas tipo burndy 1 por fase hasta cal. 3/0 AWG y 1 para neutro en la caja de conexiones del generador.
 - 5.- Instalación de canalización y cableado del control entre máquina y tablero de transferencia con tubo flexible de 32 mm de diámetro y cable cal. 12 AWG.
 - 6.- Instalación de un banco de baterías de arranque con dos baterías de 12 VCA.
 - 7.- Instalación de un cargador de baterías de 24 volts.
 - 8.- Instalación de canalización y cableados del cargador de baterías al banco de baterías con 2 conductores de cal. 10 AWG.
 - 9.- Instalación de cableado de banco de baterías al motor de arranque(marcha) con 2 conductores de cal. 2/0 AWG tipo portaelectrodo multifilar.
 - 10.- Instalación de canalización y cableado del precalentador de la máquina al centro de carga ubicado en la sala de fuerza con 2 conductores de cal 10 AWG.
 - 11.- Instalación del sistema de alarmas al tablero de transferencia.

Ver plano de planta de emergencia (PE-01) al final del capítulo.

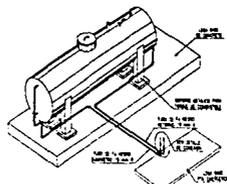
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



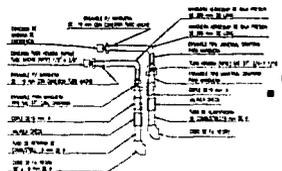
DETALLE DE TANQUE DIESEL



VISTA A-A



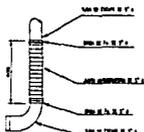
ISO-METRICO TUBERIA DE 19 mm Ø (3/4")



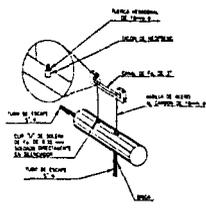
DETALLE DE CONEXION SUMINISTRO Y RETORNO DE COMBUSTIBLE PLANTA DE EMERGENCIA



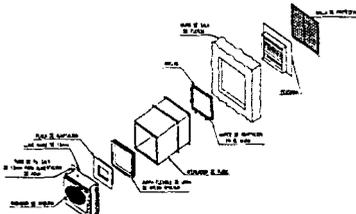
TRINCHERA PARA ALGAR TUBERIA DE SUMINISTRO Y RETORNO DE COMBUSTIBLE



DETALLE DE JUNTA FLEXIBLE PARA TUBO DE ESCAPE



ISO-METRICO SILENCIADOR DE 19 mm Ø (3/4")



ISO-METRICO DE ACOPLAMIENTO DE ATENUACION DE RUIDO A VENTILADOR

MODIFICACIONES	FECHA	INSTITUTO DE INGENIERIA
		UNAM
		DETALLE PLANTA DE EMERGENCIA
		PE-01

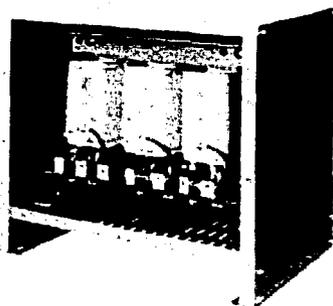
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

VI. INSTALACIONES DE UTILIZACION

PowerLink G3 Nuevo Sistema Inteligente para tableros de alumbrado



Transformadores para cargas no lineales



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI. INSTALACIONES DE UTILIZACION

VI.1. CONCEPTOS.

VI.1.1. Objetivo de una instalación.

Una instalación eléctrica es el conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan, esta se debe distribuir de una manera segura y eficiente. Además debe ser económica, flexible y de fácil acceso.

El diseño de una instalación debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que constituyen o por la imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras éstos no se estén utilizando.

Los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas. Esto quiere decir que el ingeniero, frente a cualquier proyecto, debe pensar en su realización con la menor inversión posible. Hipotéticamente hablando, la mejor solución a un problema de instalaciones eléctricas debería ser única: la ideal. En la realidad el ingeniero proyectista requiere de habilidad y el tiempo para acercarse a esa solución ideal. Pero las horas/hombre dedicadas al proyecto son parte importante del costo, por lo que tampoco es recomendable dedicar demasiado tiempo a resolver problemas sencillos.

Una instalación bien diseñada debe tener las previsiones necesarias para permitir el acceso a todas aquellas partes que pueden requerir mantenimiento. Por ejemplo, espacios para montar y desmontar equipos grandes y pasillos en la parte posterior de los tableros, entre otros.

VI.1.2. Proyecto y construcción.

Es indudable que la vida de una instalación se alarga cuando el proyecto contempla previsiones adecuadas para posibles ampliaciones que incluye un sistema confiable de protecciones. Por otra parte después de un buen proyecto se requiere de una construcción correcta (de acuerdo a las especificaciones del proyecto), que impida que la instalación se vuelva inservible prematuramente.

Toda instalación se ejecuta conforme a un proyecto y cualquier modificación debe estar asentada en los planos para mantenerlos vigentes; de lo contrario resultará cada vez más difícil localizar el origen de los problemas que se presenten.

VI.2. DISEÑO DE LOS CIRCUITOS ALIMENTADORES DEL EDIFICIO.

VI.2.1. Introducción.

El edificio Torre de Ingeniería cuenta con dos alas (norte y sur), el diseño es completamente simétrico, por lo que el cálculo de los circuitos alimentadores para el ala norte es el mismo que para el ala sur.

El diseño se compone de dos tableros subgenerales uno para cada ala (TSG-N y TSG-S) de donde se alimentarán los tableros de distribución de cada piso por medio de conductores y un transformador de aislamiento blindado conexión delta-estrella.

El tipo de transformador se instaló para resolver un problema cada vez más frecuente que son las corrientes armónicas, y en particular la de tercer orden la cual es cada vez más problemática en edificios de oficinas, debido a las cargas no lineales que se instalan en este tipo de lugares como lo son luminarios, equipos de comunicación y electrónicos, los cuales son generadores de dichas corrientes, estas originan

problemas en los circuitos eléctricos; Esto se resolvió con la instalación de un transformador de aislamiento blindado, conexión delta estrella, en cada uno de los pisos del edificio, los cuales funcionarían como trampas para las corrientes armónicas debido al tipo de conexión del transformador. Con esto se controlan dichas corrientes en cada uno de los pisos del edificio y, no se mezclan en todos los circuitos del edificio.

El contenido de armónicas de cierto orden se puede expresar en función del porcentaje que su amplitud representa comparada con la amplitud de la componente fundamental. Para cuantificar el contenido de varias armónicas se calcula la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de sus amplitudes y se expresa como porcentaje de la amplitud de la onda de frecuencia fundamental.

Las armónicas de orden inferior (3, 5, 7, 11 y 13) tienen mayor impacto en el aumento de pérdidas en las máquinas eléctricas, y por lo tanto provocan sobrecalentamiento. Las armónicas de orden superior (arriba de 20 y hasta 50) causan interferencias en las líneas de teléfono y en las ondas de radio, además de deformación de la onda senoidal en el voltaje.

Esta fue la razón principal de instalar un transformador en cada piso de cada una de las alas del edificio, ya que el transformador tiene una conexión delta-estrella, con este tipo de conexión al aterrizar el neutro del secundario se aíslan las corrientes de tierra de secuencia cero. Se eliminan los voltajes de tercera armónica, por que la corriente magnetizante de tercera armónica se queda circulando dentro de la delta del primario y se evita la contaminación de armónicas al resto del sistema eléctrico, es decir las armónicas generadas en cada uno de los niveles, por los distintos aparatos electrónicos y de iluminación.

Después del transformador de aislamiento blindado, se ubicara un tablero de distribución automatizado (Power Link), este será para los circuitos derivados del edificio. El 70% del sistema está compuesto por circuitos breakers automáticos, el resto son breakers manuales que en general, pertenecen a los receptáculos del edificio.

Desde un cuarto de control que cuente con una PC (o varias), se realiza la programación por horarios en los que el alumbrado debe encender y apagar por zonas o por cada uno de los interruptores AS. Es también capaz de monitorear el estado de los breakers: cerrado, abierto disparado o sin responder y además, se puede forzar el estado de los interruptores al estado más conveniente a pesar de que el programa que esté corriendo en ese momento ya tenga un estado del interruptor preestablecido.

El sistema de alumbrado es monitoreado desde la PC a través de pantallas que muestran el estado de los interruptores e indica por zonas o áreas del edificio, cuáles son las que se encuentran iluminadas en ese momento y cuáles son las que se encuentran oscuras, este sistema se instaló en el edificio pensando en el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, lineamiento fundamental para ser un edificio inteligente.

VI.2.2. Cálculo de los circuitos alimentadores del tablero subgeneral norte al tablero de distribución de cada piso.

El cálculo de los circuitos alimentadores se ha basado en el artículo 215-Alimentadores, de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999; del cual reproducimos algunos fragmentos que consideramos importantes en la comprensión de la metodología de diseño de las instalaciones eléctricas del edificio.

VI.2.2.1. Alimentadores.

Artículo 215-Alimentadores

215-1 Alcance. Este artículo cubre los requisitos de instalación, de la capacidad de conducción de corriente y tamaño nominal mínimo de los conductores, para los alimentadores que suministran energía a las cargas de los circuitos derivados, calculadas según el artículo 220.

Artículo 220- Cálculo de los circuitos derivados, alimentadores y acometidas.

A. Disposiciones generales.

220-1 Alcance. Este artículo establece los requisitos para determinar el número de circuitos derivados necesarios y calcular las cargas de los circuitos derivados, de los alimentadores y de las acometidas.

220-10 Disposiciones generales.

a) Capacidad de conducción de corriente y cálculo de cargas. Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente suficiente para suministrar energía a las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser inferior a la suma de las cargas de los circuitos derivados conectados, tal como se establece en la parte A de este artículo y después de aplicar cualquier factor de demanda permitido en las partes B, C o D.

b) Cargas continuas y no continuas. Cuando un alimentador suministre energía a cargas continuas o a una combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser inferior a la carga no continua, más 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del alimentador, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más 125% de la carga continua.

Nota: Las partes A, B; C se refieren a los siguientes temas:

A: Generalidades.

B: Alimentadores.

C: Cálculos opcionales para la determinación de cargas de alimentadores y de acometidas.

De la parte A.

220-3 Cálculo de los circuitos derivados. Las cargas de los circuitos derivados se calcularán como se indica en el inciso (a) siguiente:

a) Cargas continuas y no continuas. La capacidad nominal del circuito derivado no debe ser inferior a la carga no continua más el 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la carga no continua, más 125% de la carga continua.

Excepción: Cuando el equipo, incluyendo los dispositivos de protección contra sobrecorriente, este aprobado para el funcionamiento continuo al 100% de su capacidad nominal

Nota: Para mayor comprensión de estos artículos remitirse a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999; ya que solo se mencionan fracciones de los artículos considerados aplicables al proyecto.

A la norte pisos (1, 2, 3, 4, 5, 6).

La única variación en el cálculo de los alimentadores para cada piso es la caída de tensión en los conductores del primario del transformador de aislamiento, debido a sus diferentes longitudes respecto al tablero subgeneral norte (TSG-N).

VI.2.2.1.1. Cálculo de la potencia permitida para alumbrado.

El cálculo del alumbrado se ha hecho basándose en la Norma Oficial Mexicana "NOM-007-ENER-1995; Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales", de la cual reproducimos algunos fragmentos que nos ayudarán en nuestro estudio.

Objetivo.

a) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos y ampliaciones de los ya existentes; con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica en estas instalaciones, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.

b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) de los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica con que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios indicados en el campo de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, no deben exceder los valores indicados en la Tabla 1, la cual para nuestro caso será el apartado para oficinas el cual establece los siguientes requerimientos:

Tabla 1. Valores máximos permisibles de densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Tipo de Edificio	Densidad de Potencia Eléctrica (W/m ²)	
	Alumbrado Interior	Alumbrado Exterior
Oficinas	16.0	1.8

La determinación de las DPEA del sistema de alumbrado de un edificio no residencial nuevo o ampliación de alguno ya existente, de los tipos cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana, serán calculadas a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo a la metodología indicada a continuación.

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) es:

$$DPEA = \frac{Carga \cdot Total \cdot Conectada \cdot para \cdot Alumbrado}{Área \cdot Total \cdot Iluminada}$$

Donde la Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA) esta expresada en W/m², la carga total conectada para alumbrado esta expresada en Watts y el área total iluminada esta expresada en m².

Se considerará que la instalación cumple con lo establecido por esta Norma Oficial Mexicana si y solo si, las DPEA calculadas son iguales o menores que los valores límites establecidos para cada uso del edificio analizado, tomando en cuenta las excepciones aplicables y los ajustes o bonificaciones de potencia permitidos.

En el caso de los equipos de alumbrado que requieran el uso de balastos u otros dispositivos para su operación, se considerará para fines de cuantificar la carga conectada el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-balastro-dispositivo; la información anterior será expresada en Watts.

De la expresión para el cálculo de la DPEA se puede obtener la carga máxima que es permitida para alumbrado, considerando además que el uso al cual se destinará el edificio es de oficinas, tenemos que:

$$Carga \text{ total conectada para alumbrado} = DPEA \times \text{Área Total Iluminada.}$$

De la tabla 1 de la NOM-007 tenemos que para oficinas se nos esta permitido una densidad de potencia eléctrica (DPEA) igual a:

Tipo de Edificio	DPEA
Oficinas	16 W/m ²

El área del ala norte es igual a:

$$\text{Area} = 20\text{m} \times 23\text{m} = 460\text{m}^2.$$

Sustituyendo estos valores en la formula anterior tenemos:

$$P = 16 \text{ W/m}^2 \times 460 \text{ m}^2 = 7,360 \text{ W}.$$

Debido a que se utilizan balastos electrónicos que en promedio tienen un factor de potencia igual a 0.9, la potencia se ve afectada de la siguiente forma:

Potencia aparente (VA).

$$S = VI$$

Potencia real (W).

$$P = VI \cos \theta \Rightarrow P = S \cos \theta .$$

Despejando la potencia aparente y sustituyendo valores:

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

$$S = \frac{7360\text{W}}{0.9}$$

$$S = 8,177.78 \text{ VA}$$

Los sistemas de alumbrado se consideran cargas continuas, por lo que la aplicación del artículo 220-10 (b) nos obliga, de modo que los conductores del alimentador tengan la suficiente capacidad de corriente, a considerar el 125% del valor de corriente obtenido.

$$S = 8,177.78 \text{ VA} \times 1.25$$

$$S = 10,222.23 \text{ VA}$$

VI.2.2.1.2. Receptáculos.

Para realizar el cálculo de la carga demandada por receptáculos se hizo la consideración de que cada piso de una ala albergará aproximadamente 40 usuarios, cada uno de los cuales dispondrá de los siguientes receptáculos:

- Un receptáculo dúplex para uso de computadoras personales.
- Un receptáculo dúplex para uso general.

Para el cálculo de la potencia demandada por los receptáculos recurrimos a los siguientes artículos de la norma:

220-3 (c) Otras cargas todas las construcciones. En todas las construcciones, la carga mínima de cada salida de uso general y receptáculos y salidas no utilizadas para alumbrado general, no debe ser inferior a lo siguiente (las cargas utilizadas se basan en la tensión eléctrica nominal de los circuitos derivados):

1) Salida para un aparato específico u otra carga, excepto para cargas de motores: corriente eléctrica nominal en amperes del aparato o carga conectada.

7) Otras salidas, 180 VA por salida.

Para salidas de receptáculos, cada receptáculo sencillo o múltiple instalado en el mismo puente se debe considerar a no menos de 180 VA.

Entiéndase por salida un punto en el sistema de alambrado en el cual la corriente eléctrica es tomada para alimentar un equipo de utilización (receptáculo, alumbrado, aparatos, etc.).

220-13 Cargas para receptáculos en locales que no sean de vivienda. En edificios que no sean de vivienda, se permite añadir a las cargas de alumbrado cargas para receptáculos de no más de 180 VA por salida según 220-3(c)(7) sujetas a los factores de demanda de la **tabla 220-11**, o también sujetas a los factores de demanda de la **tabla 220-13**.

Tabla 220-13 Factores de demanda para cargas de receptáculos en edificios no residenciales.

Parte de la carga de contacto a que se le aplica el factor de demanda (kVA)	Factor de demanda %
Primeros 10 kVA o menos	100
Excesos sobre 10 kVA	50

De acuerdo con la sección 220-3(c)(1) y 220-3(c)(7), para los receptáculos dúplex de computadoras personales designaremos una carga específica de 360 VA, el cual es un valor apropiado para un equipo de computo; y para los receptáculos dúplex de uso general consideraremos 180 VA de carga para cada uno.

Aplicando los conceptos anteriores:

Receptáculos computadoras personales.

$$S = 40 \times 360 \text{ VA} = 14,400 \text{ VA.}$$

Receptáculos uso general.

$$S = 40 \times 180 \text{ VA} = 7,200 \text{ VA.}$$

Teniendo una carga total para receptáculos:

$$S = 14,400 \text{ VA} + 7,200 \text{ VA}$$

$$S = 21,600 \text{ VA}$$

A este valor de potencia podemos aplicarle un factor de demanda de acuerdo con el artículo 220-13.

$$S = (10,000 \text{ VA} \times 1) + (11,600 \text{ VA} \times 0.5)$$

$$S = 15,800 \text{ VA.}$$

VI.2.2.1.3. Cargas específicas.

En cada piso tendremos algunos aparatos eléctricos cuya carga será considerada de acuerdo con la sección 220-3 (c)(1). A continuación proporcionamos algunas características de estos aparatos.

Aparato	Cantidad	Corriente (A)	Voltaje (V)
Impresoras láser	4	7.8	127
Copiadoras Xerox	1	12	127
Cafetera	1	12.3	127
Horno de Microondas	1	13.8	127
Calentador de agua	1	6.72	127
Ventilador de extracción	4	4	127

VI.2.2.1.3.1. Cálculo de la potencia de cada uno de los aparatos.

Para calcular la potencia de cada uno de los aparatos utilizaremos la siguiente fórmula:

$$S = VI.$$

De la misma forma existen algunos aparatos que debido a sus características de funcionamiento (si es continuo o utiliza motor) les son aplicables secciones específicas de la norma.

Impresora Laser.

$$S = 7.8 \times 127 = 990.6 \text{ VA.}$$

Para un total de 4 impresoras:

$$S = 4 \times 990.6 \text{ VA} = 3,962.4 \text{ VA}$$

Copiadora Xerox.

$$S = 12 \times 127 = 1,524 \text{ VA.}$$

Cafetera.

$$S = 12.3 \times 127 = 1,562.1 \text{ VA.}$$

Horno de microondas.

$$S = 13.8 \times 127 = 1,752.6 \text{ VA}$$

Por 220-19 y de la tabla 220-19

$$1,752.6 \times 0.8 = 1,402.08 \text{ VA.}$$

Calentador de agua.

$$S = 6.72 \text{ A} \times 127 = 853.44 \text{ VA}$$

Por 440-32.

$$S = 853.44 \text{ VA} \times 1.25 = 1,066.8 \text{ VA.}$$

$$S = 853.44 \text{ VA} \times 0.25 = 213.36 \text{ VA.}$$

Una vez aplicados ambos factores:

$$S = 1,280.16 \text{ VA}$$

Ventilador de extracción (1/6 HP = 508 VA)

Para un total de 4 ventiladores:

$$S = 4 \times 508 = 2,032 \text{ VA.}$$

Total:

$$S = 11,762.74 \text{ VA}$$

VI.2.2.1.4. Potencia total.

Una vez conocida la potencia que nos demandará cada conjunto de cargas podemos conocer la carga total demandada, la cual es igual a la suma de:

Alumbrado + Receptáculos + Cargas Especificas.

$$S = 10,222.23 \text{ VA} + 21,600 \text{ VA} + 11,762.74 \text{ VA}$$

$$S = 43,584.97$$

Aplicando factores de demanda y de reserva tenemos:

$$S = S_{\text{max}} \times F_d \times F_r$$

$$S = 43,584.97 \text{ VA} \times 0.5 \times 1.3$$

$$S = 28,330.23 \text{ VA}$$

Con este valor de potencia seleccionamos un transformador con capacidad de:

Transformador de aislamiento blindado 30 KVA, 440/220,127 V. Conexión delta-estrella.

Número de Fases	3
Capacidad	30KVA
Voltaje	440/220,127V
Frecuencia	60Hz

VI.2.2.2. Cálculo en el primario del transformador.**VI.2.2.2.1. Cálculo de la corriente.**

Para el cálculo de la corriente utilizaremos la siguiente formula:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{ff}}$$

$$I = \frac{30 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 440 \text{ V}}$$

Donde:

I = Corriente en (A).

S = Potencia aparente en (VA).

V_{ff} = Voltaje entre fases en (V).

$$I = 39.36 \text{ Amperes}$$

VI.2.2.2. Selección del dispositivo de protección.

Por lo tanto la protección general deberá ser capaz de interrumpir el suministro de energía de acuerdo al valor de la corriente nominal del circuito (39.36 Amperes), por lo tanto la corriente máxima que deberá tomarse en cuenta para el dimensionamiento de la protección de acuerdo con el valor de la corriente nominal y de acuerdo con los estándares de fabricantes será de:

3 X 50 Amperes.

VI.2.2.3. Selección de conductores del alimentador.

310-15. Capacidad de conducción de corriente. Se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante los siguientes apartados (a) ó (b).

(a) **Disposiciones generales.** Para la selección del tamaño nominal de los conductores, la capacidad de conducción de corriente de los conductores de 0 a 2000 V nominales se debe considerar como máximo los valores especificados en las tablas de capacidad de conducción de corriente **310-16 a 310-19** y sus observaciones correspondientes.

Las **tablas 310-16 a la 310-19** son tablas de aplicación para usarse en la selección del tamaño nominal de los conductores con las cargas calculadas de acuerdo con el **artículo 220**.

110-14 (c) (1). Las terminales de equipo para circuitos de 100 Amperes nominales o menos o identificadas para conductores de tamaño nominal de 2.082 a 42.41 mm² (14 a 1 AWG) deben utilizarse para conductores con temperatura de operación del aislamiento máxima de 60 °C.

Excepción 1. Se permite utilizar conductores de mayor temperatura nominal, siempre que la capacidad de conducción de corriente de los conductores se determine basándose en su capacidad a 60 °C, según el tamaño nominal de los conductores usados.

110-114 (c) (2). Las terminales de equipo para circuitos de 100 Amperes nominales o identificadas para conductores mayores de 42.41 mm² (1 AWG) deben utilizarse solamente para conductores con temperatura nominal de operación del aislamiento máxima de 75 °C.

Excepción 1. Se permite utilizar conductores de mayor temperatura nominal, siempre que la capacidad de conducción de corriente de los conductores se determine basándose en su capacidad a 75 °C, según el tamaño nominal de los conductores usados.

El calibre mínimo del conductor alimentador para el primario del transformador deberá ser capaz de conducir la corriente combinada de las cargas (39.36 Amperes.) más el 25% de la corriente nominal del circuito, por lo tanto la corriente que deberán conducir los conductores de fuerza será de:

$$I_{\text{Conductor}} = I_n \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 39.36 \text{ Amperes} \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 49.2 \text{ Amperes.}$$

De acuerdo al valor obtenido para corriente en cada conductor (49.2 Amperes), refiriéndose a la **tabla 310-16** (Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables monoconductores aislados de 0 a 200V, 60 °C a 90 °C. No mas de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C), de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999) por ampacidad, el conductor alimentador deberá tener el calibre mínimo abajo expresado:

Conductor de cobre calibre 4 AWG, THW-LS. Con una capacidad de conducción de 70 Amperes a 60 °C.

VI.2.2.2.3.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.

Debido a que las tablas están especificadas para una temperatura ambiente de 30 °C y para un número máximo de tres conductores en una canalización, la capacidad de conducción de los conductores debe ser corregida cuando no se cumple con los requerimientos anteriores aplicando factores de corrección, dichos factores pueden consultarse en la misma tabla y en notas relativas a las tablas.

Corrección por temperatura.

La temperatura en el Distrito Federal es de 33 °C, por lo tanto de **tabla 310-16** factores de corrección.

Temperatura ambiente en °C.	31-35
Temperatura máx. de operación. del conductor en °C.	60
Factor de corrección	0.91

Capacidad de conducción = $70 \text{ A} \times 0.91 = 63.7 \text{ A}$.

63.70 > 49.20

Por lo tanto el conductor calibre 4 AWG es correcto

Corrección por agrupamiento.

De Notas a las tablas 310-16 a 310-19.

8.- Factores de ajuste.

a) Más de tres conductores activos en un cable o canalización. Cuando el número de conductores activos en un cable o canalización sea mayor a tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente tabla.

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

Al carecer de un conductor neutro en el primario del transformador, pues este está conectado en delta, sólo tenemos 3 conductores que llevan corriente, por lo tanto un factor de corrección por agrupamiento no es aplicable en este caso.

Corrección por caída de tensión.

215-2 Nota 1: Los conductores de alimentadores, tal como están definidos en el artículo 100, con un tamaño nominal que evite una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la toma de corriente eléctrica más lejana para fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas, y en los que la caída máxima de tensión eléctrica sumada de los circuitos alimentadores y derivados hasta la salida más lejana no supere 5%, ofrecen una eficacia de funcionamiento razonable.

Para nuestro caso se buscó que la caída de tensión no excediera de 3% desde el tablero subgeneral norte (TSG-N), hasta el transformador que se encuentra en el piso mas alejado que es el del 6° nivel, por lo que tenemos que:

Para calcular el porcentaje de caída de tensión se utilizara la siguiente formula para un circuito trifásico 3 fases, 4 hilos:

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{V_f * S}$$

Donde:

e = Caída de tensión en (%).
 L = Longitud en (m).
 I = Corriente nominal por fase en (A).
 Vf = Tensión entre fases en (V).
 S = Sección del conductor en (mm²).

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * 30 * 39.36}{220 * 21.15}$$

e % = 0.88 %

Observamos que el conductor de calibre No.4 cumple con el requisito por caída de tensión como lo marca la Norma NOM-001-SEDE-1999, en su Artículo 215-2 nota 1, el cual condiciona que se debe evitar una caída de tensión mayor al 3%, para un circuito alimentador.

VI.2.2.4. Selección del conductor de puesta tierra de los equipos.

De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-1999; el conductor de puesta a tierra para equipos se dimensiona de acuerdo a la capacidad de conducción nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo.

250-95 Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo. El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no deber ser inferior a lo especificado en la tabla 250-95.

De la tabla 250-95 Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.

Dispositivo de protección: 3X50 amperes
Conductor de cobre calibre 10 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 30 Amperes. a 60 °C

VI.2.2.2.5. Selección de la canalización.**Factor de relleno.**

Para calcular el factor de relleno de esta canalización es necesario tener el área de sección transversal de los conductores alojados en dicha canalización.

Para la parte de la canalización en la cual se lleva el mayor número de conductores tenemos que; obteniendo las áreas de los conductores de la **tabla 10-5** de la NOM-001-SEDE-1999; y conociendo el número de conductores tenemos la siguiente información:

Conductor	Area (mm ²)	Cantidad	Area Ocupada (mm ²)
4 AWG, THW-LS	62.8	3	188.4
10 AWG, THW-LS	15.7	1	15.7
Area Total			204.1

De la **tabla 10-4** de la NOM-001-SEDE-1999, y con un factor de relleno del 40% (f.r.= 40 %), tenemos que la tubería adecuada es de 25 mm, la cual tiene una capacidad para 222 mm².

Para una mejor adecuación el tipo de canalización que transportará los conductores de fuerza y aterrizamiento será de 32 mm. de diámetro el cual tiene las siguientes características:

Características:

Tubería pared gruesa galvanizada
Diámetro: 32 mm.
Area interior total: 965 mm².
Area disponible para conductores, fr = 40%: 387 mm².

VI.2.2.2.6. Resumen Primario del Transformador.

RESUMEN PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR.	
Conductor de fases (3)	No.4 AWG, THW-LS
Conductor de tierra (1)	No.10 AWG, THW-LS
Dispositivo de protección	3 X 50 Amperes
Tubería	PGG 32mm

Ver plano IE-01 al final del capítulo.

VI.2.2.3. Cálculo en el secundario del transformador.

Aplicando las mismas secciones de la norma utilizadas para el cálculo del primario tenemos:

VI.2.2.3.1. Cálculo de corriente.

$$I = \frac{30KVA}{\sqrt{3} \times 220V}$$

$$I = 78.73 \text{ Amperes}$$

VI.2.2.3.2. Selección del dispositivo de protección.

Por lo tanto la protección general deberá ser capaz de interrumpir el suministro de energía de acuerdo al valor de la corriente nominal del circuito (78.73 Amperes), por lo tanto la corriente máxima que deberá tomarse en cuenta para el dimensionamiento de la protección de acuerdo con el valor de la corriente nominal y de acuerdo con los estándares de fabricantes será de:

$$3 \times 100 \text{ Amperes.}$$

VI.2.2.3.3. Selección de Conductores del Alimentador.

El calibre mínimo del conductor alimentador para el secundario del transformador deberá ser capaz de conducir la corriente combinada de las cargas (78.73 Amperes) más el 25% de la corriente nominal del circuito, por lo tanto la corriente que deberán conducir los conductores de fuerza será de:

$$I_{\text{Conductor}} = I_n \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 78.73 \text{ Amperes} \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 98.41 \text{ Amperes.}$$

De acuerdo al valor obtenido para corriente en cada conductor (98.41 Amperes), refiriéndose a la tabla 310-16 (Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables monoconductores aislados de 0 a 200V, 60 °C a 90 °C. No mas de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C). de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999) por ampacidad, el conductor alimentador deberá tener el calibre mínimo abajo expresado:

Conductor de cobre calibre 1/0 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 150 Amperes a 75 °C.

VI.2.2.3.3.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión**Corrección por temperatura.**

La temperatura en el D.F. es de 33 °C, por lo tanto de tabla 310-16 factores de corrección.

Temperatura ambiente en °C	31-35
Temperatura máx. de operación del conductor en °C	75
Factor de corrección	0.94

Capacidad de conducción = $150 \text{ A} \times 0.94 = 141 \text{ Amperes}$.

141 > 98.41

Por lo tanto el conductor calibre 1/0 AWG es correcto

Corrección por agrupamiento.

De acuerdo a la disposición de conductores, no se afectará el valor obtenido de corriente por el factor de agrupamiento de conductores, ya que las NOM-001-SEDE-1999, en las Notas a las **Tablas 310-16** a **310-19** de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, en la Nota No.8 (Factores de corrección por agrupamiento) inciso 10 (a) se menciona que: cuando el conductor neutro de un sistema sólo transporte la corriente de desbalanceo no necesitará ser tomado en cuenta para el cálculo de la corrección de la ampacidad de un conductor.

Tomando en cuenta el párrafo anterior se determina que el cálculo del dimensionamiento del cable de fuerza no se corrige por agrupamiento.

Corrección por caída de tensión.

El factor por caída de tensión no afecta en esta parte del circuito ya que la distancia que existe entre el secundario del transformador y el tablero de distribución en cada uno de los pisos es despreciable.

VI.2.2.3.4. Selección del conductor neutro.

Tenemos que para este diseño, la carga máxima conectada entre el neutro y cualquiera de las fases es igual a la carga de cualquiera de las fases ya calculada, por lo tanto, el calibre del conductor neutro es idéntico al de las fases.

Conductor de cobre calibre No. 1/0 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 150 Amperes a 75 °C.

VI.2.2.3.5. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.

De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-1999; el conductor de puesta a tierra para equipos se dimensiona de acuerdo a la capacidad de conducción nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo.

250-95 Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo. El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no deber ser inferior a lo especificado en la **tabla 250-95**.

De la **tabla 250-95** Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.

spositivo de protección: 3X100 amperes
Conductor de cobre calibre 8 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 40 Amperes. a 60 °C

VI.2.2.3.6. Selección de la canalización.**Factor de relleno.**

Para calcular el factor de relleno de esta canalización es necesario tener el área de sección transversal de los conductores alojados en dicha canalización.

Para la parte de la canalización en la cual se lleva el mayor número de conductores tenemos que; obteniendo las áreas de los conductores de la **tabla 10-5** de la NOM-001-SEDE-1999; y conociendo el número de conductores tenemos la siguiente información:

Conductor	Area (mm ²)	Cantidad	Area Ocupada (mm ²)
1/0 AWG, THW-LS	143	4	572
8 AWG, THW-LS	28.2	1	28.2
Area Total			600.2

De la **tabla 10-4** de la NOM-001-SEDE-1999, y con un factor de relleno del 40% (f.r.= 40 %), tenemos que la tubería adecuada es de 51 mm, la cual tiene una capacidad para 867 mm².

La canalización que transportará los conductores de fuerza y tierra física de corriente alterna será tubería PGG de 51 mm de diámetro el cual tiene las siguientes características:

Características:

Tubería pared gruesa galvanizada
Diámetro: 51 mm.
Area interior total: 2165 mm².
Area disponible para conductores, fr = 40%: 867 mm².

VI.2.2.3.7. Resumen Secundario del Transformador.

RESUMEN SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR.	
Conductor de fases (3)	No.1/0 AWG, THW-LS
Conductor neutro (1)	No.1/0 AWG, THW-LS
Conductor de tierra (1)	No.8 AWG, THW-LS
Dispositivo de protección	3 × 100 Amperes
Tubería	PGG 51mm

Ver plano IE-01 al final del capítulo.

Nota: El procedimiento para el cálculo del alimentador de todos los tableros de distribución de la ala norte y sur es igual que el caso presentado, la única diferencia es en la caída de tensión, pero el cálculo presentado es el mas crítico y como podemos observar estamos cumpliendo con la norma NOM-001-SEDE-1999.

VI.2.2.4. Ala sur cafetería.

Para este cálculo se aplican las mismas secciones de la norma que se han aplicado en el cálculo de los pisos 1 a 6 del ala norte para conceptos semejantes, por lo que se resumirán aún mas lo enunciados de algunos de los artículos de la norma NOM-001-SEDE-1999, o en su caso ya no se mencionarán, únicamente se demostrara el cálculo.

VI.2.2.4.1. Alumbrado.

El cálculo del alumbrado se ha hecho basándose en la norma oficial mexicana "NOM-007-ENER-95 Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales".

El área de la cafetería es idéntica a la de los niveles 1 a 6 del ala norte (460 m²) por lo tanto de la tabla 1 tenemos que para restaurantes la DPEA es:

$$DPEA = 15 \text{ W/m}^2.$$

$$P = 15 \text{ W/m}^2 \times 460 \text{ m}^2$$

$$P = 6,900 \text{ W.}$$

Para la cafetería utilizaremos un alumbrado en su mayoría dado por lámparas incandescentes, por lo que tendremos un factor de potencia igual a 1 y una potencia aparente igual a:

$$S = \frac{6900W}{1} = 6,900 \text{ VA}$$

Por 220-3 (a)

$$S = 6,900 \text{ VA} \times 1.25$$

En total la potencia demandada por concepto de alumbrado será:

$$\boxed{S = 8,625 \text{ VA.}}$$

VI.2.2.4.2. Receptáculos.

Para esta parte del edificio se han considerado 17 receptáculos dúplex para uso general repartidos a lo largo de la cafetería, los cuales en su conjunto representan una carga de:

Por 220-3 (c)(7).

$$S = 180 \text{ VA} \times 17 = 3,060 \text{ VA.}$$

$$\boxed{S = 3,060 \text{ VA.}}$$

VI.2.2.4.3. Cargas específicas.

Aparato	Corriente (Amp)	Voltaje (V)	Cantidad	Potencia (VA)
Cafetera	12.3	127	2	3,124.2
Horno de microondas	13.8	127	1	1,752.6
Calentador de agua	6.72	127	1	853.44
Refrigerador	10	127	2	2,540
Tostadora	10	127	2	2,540
Freidora	10	127	2	2,540
Parrilla	10	127	2	2,540
Licuadora	10	127	2	2,540
Extractor de jugos	6	127	2	1,524
Carga Total en Watts				19,954.24

$$S = \text{corriente} \times \text{voltaje} \times \text{cantidad}$$

En total la potencia demandada por el conjunto de cargas específicas es:

$$S = 19,954.24 \text{ VA.}$$

Aplicando un factor de demanda del 60%, tenemos que:

$$S = 19,954.24 \text{ VA} \times 0.6 = 11,972.54 \text{ VA}$$

$$\boxed{S = 11,972 \text{ VA.}}$$

VI.2.2.4.4. Carga total cafetería.

Sumando la carga total (alumbrado + receptáculos + cargas específicas):

$$S = 8,625 \text{ VA} + 3,060 \text{ VA} + 11,972.54 \text{ VA} = 23,657.54 \text{ VA}$$

Aplicando un factor de reserva del 30%:

$$S = 23,657.54 \text{ VA} \times 1.3$$

$$\boxed{S = 30,754.80 \text{ VA.}}$$

Con este valor de potencia seleccionamos un transformador con capacidad de 45kVA el cual tiene las siguientes características:

Transformador de aislamiento blindado 45 KVA, 440/220,127 V. Conexión delta-estrella.

Transformador Tipo seco.

Número de Fases	3
Capacidad	45KVA
voltaje	440/220,127V
Frecuencia	60Hz

VI.2.2.5. Cálculo en el primario del transformador.**VI.2.2.5.1 Cálculo de corriente.**

$$I = \frac{45 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 440 \text{ V}}$$

$$I = 59.05 \text{ Amperes.}$$

VI.2.2.5.2. Selección del dispositivo de protección.

Por lo tanto la protección general deberá ser capaz de interrumpir el suministro de energía de acuerdo al valor de la corriente nominal del circuito (59.05 Amperes), por lo tanto la corriente máxima que deberá tomarse en cuenta para el dimensionamiento de la protección de acuerdo con el valor de la corriente nominal y de acuerdo con los estándares de fabricantes será de:

$$3 \times 70 \text{ Amperes.}$$

VI.2.2.5.3. Selección de conductores del alimentador.

El calibre mínimo del conductor alimentador para el primario del transformador deberá ser capaz de conducir la corriente combinada de las cargas (59.05 Amperes.) más el 25% de la corriente nominal del circuito, por lo tanto la corriente que deberán conducir los conductores de fuerza será de:

$$I_{\text{Conductor}} = I_n \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 59.05 \text{ Amp} \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 73.81 \text{ Amperes.}$$

De acuerdo al valor obtenido para corriente en cada conductor (73.81 Amperes), refiriéndose a la Tabla 310-16 (Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables monoconductores aislados de 0 a 200V. 60 °C a 90 °C. No mas de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C), de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999) por ampacidad, el conductor alimentador deberá tener el calibre mínimo abajo expresado:

Conductor de cobre calibre 2 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 95Amperes. a 60 °C.

VI.2.2.5.3.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión.**Corrección por temperatura.**

La temperatura en el D.F. es de 33 °C , por lo tanto de **tabla 310-16** factores de corrección.

Temperatura ambiente °C	31-35
Temperatura máxima de operación del conductor °C	60
Factor de corrección	0.91

$$\text{Capacidad de conducción} = 95 \text{ A} \times 0.91 = 86.45 \text{ Amperes.}$$

$$86.45 > 73.81$$

Por lo tanto el conductor calibre 2 AWG es correcto

Corrección por agrupamiento.

Al carecer del conductor neutro sólo tenemos 3 conductores que llevan corriente, por lo tanto el factor de corrección por agrupamiento no afecta.

Corrección por caída de tensión.

Para nuestro caso se buscó que la caída de tensión no excediera el 3% desde el tablero subgeneral (TSG-S), hasta el transformador de la cafetería que se encuentra en el 6º nivel, por lo que tenemos que:

Para calcular el porcentaje de caída de tensión se utilizara la siguiente formula para un circuito trifásico 3 fases, 4 hilos:

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{V_f * S}$$

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * 30 * 59.05}{220 * 33.62}$$

$$e \% = 0.83 \%$$

Observamos que el conductor de calibre No.2 cumple con el requisito por caída de tensión como lo marca la Norma NOM-001-SEDE-1999, en su Artículo 215-2 nota 1, el cual condiciona que se debe evitar una caída de tensión mayor al 3%, para un circuito alimentador.

VI.2.2.5.4. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.

De la tabla 250-95 Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.

Dispositivo de protección: 3X70 Amperes
Conductor de cobre calibre 8 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 40 Amperes. a 60 °C

VI.2.2.5.5. Selección de la canalización.**Factor de relleno.**

Para calcular el factor de relleno de esta canalización es necesario tener el área de sección transversal de los conductores alojados en dicha canalización.

Para la parte de la canalización en la cual se lleva el mayor número de conductores tenemos que; obteniendo las áreas de los conductores de la tabla 10-5 de la NOM-001-SEDE-1999; y conociendo el número de conductores tenemos la siguiente información:

Conductor	Area (mm2)	Cantidad	Area Ocupada (mm2)
2 AWG, THW-LS	86	3	258
8 AWG, THW-LS	28.2	1	28.2
Area Total			286.2

De la **tabla 10-4** de la NOM-001-SEDE-1999, y con un factor de relleno del 40% (f.r.= 40 %), tenemos que la tubería adecuada es de 32 mm , la cual tiene una capacidad para 387 mm².

El tipo de canalización que transportará los conductores de fuerza y la tierra física de corriente alterna será;

Tubería pared gruesa galvanizada
Diámetro: 32 mm.
Area interior total: 965 mm².
Area disponible para conductores, fr = 40%: 387 mm².

VI.2.2.5.6. Resumen Primario del Transformador.

RESUMEN PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR.	
Conductor de fases (3)	No.2 AWG, THW-LS
Conductor de tierra (1)	No.8 AWG, THW-LS
Dispositivo de protección	3 X 70 Amperes.
Tubería	PGG 32mm

Ver plano IE-01 al final del capítulo.

VI.2.2.6. Cálculo en el secundario del transformador.

VI.2.2.6.1. Cálculo de Corriente.

$$I = \frac{45 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V}}$$

$$I = 118.09 \text{ Amperes.}$$

VI.2.2.6.2. Selección del dispositivo de protección.

Por lo tanto la protección general deberá ser capaz de interrumpir el suministro de energía de acuerdo al valor de la corriente nominal del circuito (118.09 Amperes), por lo tanto la corriente máxima que deberá tomarse en cuenta para el dimensionamiento de la protección de acuerdo con el valor de la corriente nominal y de acuerdo con los estándares de fabricantes será de:

$$3 \text{ X } 125 \text{ Amperes.}$$

VI.2.2.6.3. Selección de conductores del alimentador.

El calibre mínimo del conductor alimentador para el secundario del transformador deberá ser capaz de conducir la corriente combinada de las cargas (118.09 Amperes.) más el 25% de la corriente nominal del circuito, por lo tanto la corriente que deberán conducir los conductores de fuerza será de:

$$I_{\text{Conductor}} = I_n \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 118.09 \text{ Amperes} \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 147.61 \text{ Amperes.}$$

De acuerdo al valor obtenido para corriente en cada conductor (147.61 Amperes), refiriéndose a la **tabla 310-16** (Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables monoconductores aislados de 0 a 200V nominales y 60 °C a 90 °C. No mas de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C), de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999) por ampacidad, el conductor alimentador deberá tener el calibre mínimo abajo expresado

Conductor de cobre calibre 2/0 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 175 Amperes. a 75 °C

VI.2.2.6.3.1. Corrección por temperatura, agrupamiento y caída de tensión

Corrección por temperatura.

La temperatura en el D.F. es de 33 °C, por lo tanto de **tabla 310-16** factores de corrección.

Temperatura ambiente en °C	31-35
Temperatura máx. de operación del conductor en °C	75
Factor de corrección	0.94

Capacidad de conducción = 175 Amperes × 0.94 = 164.5 Amperes.

$$164.50 > 147.61$$

Por lo tanto el calibre 2/0 AWG es correcto

Corrección por agrupamiento.

De acuerdo a la disposición de conductores, no se afectará el valor obtenido de corriente por el factor de agrupamiento de conductores, ya que las NOM-001-SEDE-1999, en las notas a las **tablas 310-16 a 310-19** de capacidad de conducción de corriente de 0 A 2000 V. en la Nota No.8 (Factores de corrección por agrupamiento) inciso 10 (a) se menciona que: cuando el conductor neutro de un sistema sólo transporte la corriente de desbalanceo no necesitará ser tomado en cuenta para el cálculo de la corrección de la ampacidad de un conductor.

Tomando en cuenta el párrafo anterior se determina que el cálculo del dimensionamiento del cable de fuerza no se corrige por agrupamiento.

Corrección por caída de tensión.

El factor por caída de tensión no afecta en esta parte del circuito ya que la distancia que existe entre el secundario del transformador y el tablero de distribución de la cafetería es despreciable.

VI.2.2.6.4. Selección del conductor neutro.

Tenemos que para este diseño, la carga máxima conectada entre el neutro y cualquiera de las fases es igual a la carga de cualquiera de las fases ya calculada, por lo tanto, el calibre del conductor neutro es idéntico al de las fases.

Conductor de cobre calibre 2/0 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 175 Amperes. a 75 °C

VI.2.2.6.5. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.

De la tabla 250-95 Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.

Dispositivo de protección: 3X125 Amperes
Conductor de cobre calibre 6 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 55 Amperes. a 60 °C

VI.2.2.6.6. Selección de la canalización.**Factor de relleno.**

Para calcular el factor de relleno de esta canalización es necesario tener el área de sección transversal de los conductores alojados en dicha canalización.

Para la parte de la canalización en la cual se lleva el mayor número de conductores tenemos que; obteniendo las áreas de los conductores de la tabla 10-5 de la NOM-001-SEDE-1999; y conociendo el número de conductores tenemos la siguiente información:

Conductor	Area (mm ²)	Cantidad	Area Ocupada (mm ²)
2/0 AWG, THW-LS	169	4	676
6 AWG, THW-LS	46.8	1	46.8
Area Total			722.8

De la tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, y con un factor de relleno del 40% (f.r.= 40 %), tenemos que la tubería adecuada es de 51 mm , la cual tiene una capacidad para 867 mm².

El tipo de canalización que transportará los conductores de fuerza y la tierra física de corriente alterna será:

Tubería pared gruesa galvanizada
Diámetro: 51 mm.
Area interior total: 2165 mm².
Area disponible para conductores, fr = 40%: 867 mm².

VI.2.2.6.7. Resumen Secundario del Transformador.

RESUMEN SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR.	
Conductor de fases (3)	2/0 AWG, THW-LS
Conductor neutro (1)	2/0 AWG, THW-LS
Conductor de tierra (1)	No.6 AWG, THW-LS
Dispositivo de protección	3 X 125 Amperes
Tubería	PGG 51mm

Ver plano IE-01 al final del capítulo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.2.3. Cálculo del circuito alimentador principal que va del tablero subgeneral del ala norte (TSG-N) a la subestación eléctrica.**VI.2.3.1. Cálculo del alimentador principal.**

Al sumar la potencia máxima demandada por los 7 transformadores, 6 de 30 KVA y 1 de 45 KVA, tenemos en total una demanda de 225 KVA.

VI.2.3.1.1. Cálculo de corriente.

$$I = \frac{225 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 440 \text{ V}}$$

$$I = 295.24 \text{ Amperes.}$$

VI.2.3.1.2. Selección del dispositivo de protección.

Por lo tanto la protección general que se ubicara en el tablero de distribución de la subestación eléctrica, deberá ser capaz de interrumpir el suministro de energía de acuerdo al valor de la corriente nominal del circuito (295.24 Amperes), por lo tanto la corriente máxima que deberá tomarse en cuenta para el dimensionamiento de la protección de acuerdo con el valor de la corriente nominal y de acuerdo con los estándares de fabricantes será de:

$$3 \times 300 \text{ Amperes.}$$

VI.2.3.1.3. Selección de conductores del alimentador.

El calibre mínimo del conductor alimentador para el tablero subgeneral deberá ser capaz de conducir la corriente combinada de las cargas (295.24 Amperes.) más el 25% de la corriente nominal del circuito, por lo tanto la corriente que deberán conducir los conductores de fuerza será de:

$$I_{\text{Conductor}} = I_n \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 295.24 \text{ Amp.} \times 1.25$$

$$I_{\text{Conductor}} = 369.05 \text{ Amperes.}$$

De acuerdo al valor obtenido para corriente en cada conductor (369.05 Amperes), refiriéndose a la tabla 310-16 (Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables monoconductores aislados de 0 a 200V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C), de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999) por ampacidad, el conductor alimentador deberá tener el calibre mínimo abajo expresado:

Conductor de cobre calibre 500 KCM, THW-LS.

Con una capacidad de conducción de 380 Amperes. a 75 °C

VI.2.3.1.3.1. Corrección por temperatura y caída de tensión**Corrección por temperatura.**

La temperatura en el D.F. es de 33 °C, por lo tanto de tabla 310-16 factores de corrección.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Temperatura ambiente en °C	31-35
Temperatura máx. de operación del conductor en °C	75
Factor de corrección	0.94

Capacidad de conducción = 380 Amperes × 0.94 = 357.2 Amperes.

357.20 > 295.24

Por lo tanto el calibre 500 KCM es correcto

Corrección por caída de tensión.

Para nuestro caso se buscó que la caída de tensión no excediera el 3% desde la subestación eléctrica, hasta el tablero de distribución subgeneral norte (TSG-N), el cual se encuentra en el nivel de acceso por lo tenemos que:

Para calcular el porcentaje de caída de tensión se utilizara la siguiente formula para un circuito trifásico 3 fases, 4 hilos:

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{V_f * S}$$

$$e = \frac{2 * \sqrt{3} * 40 * 295.24}{440 * 253.4}$$

e % = 0.36 %

Observamos que el conductor de calibre 500 cumple con el requisito por caída de tensión como lo marca la Norma NOM-001-SEDE-1999, en su Artículo 215-2 nota 1, el cual condiciona que se debe evitar una caída de tensión mayor al 3%, para un circuito alimentador.

VI.2.3.1.4. Selección del conductor de puesta a tierra de los equipos.

De la **tabla 250-95** Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.

Dispositivo de protección: 3X300 Amperes
Conductor de cobre calibre 4 AWG, THW-LS.
Con una capacidad de conducción de 70 Amperes. a 60 °C

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

VI.2.3.1.5. Selección de la canalización.**Factor de relleno.**

Para calcular el factor de relleno de esta canalización es necesario tener el área de sección transversal de los conductores alojados en dicha canalización.

Para la parte de la canalización en la cual se lleva el mayor número de conductores tenemos que: obteniendo las áreas de los conductores de la tabla 10-5 de la NOM-001-SEDE-1999; y conociendo el número de conductores tenemos la siguiente información:

Conductor	Area (mm ²)	Cantidad	Area Ocupada (mm ²)
500 KCM, THW-LS	510	3	1530
4 AWG, THW-LS	62.8	1	62.8
Area Total			1592.8

De la tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, y con un factor de relleno del 40% (f.r.= 40 %), tenemos que la tubería adecuada es de 78 mm , la cual tiene una capacidad para 1904 mm².

El tipo de canalización que transportará los conductores de fuerza y la tierra física de corriente alterna será:

Tubería pared gruesa galvanizada
Diámetro: 78 mm.
Area interior total: 4761 mm ² .
Area disponible para conductores, fr = 40%: 1904 mm ² .

VI.2.3.1.6. Resumen Tablero Subgeneral Norte (TSG-N).

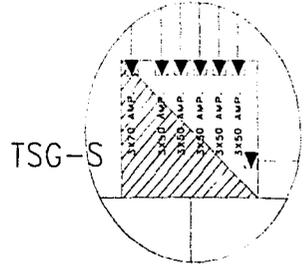
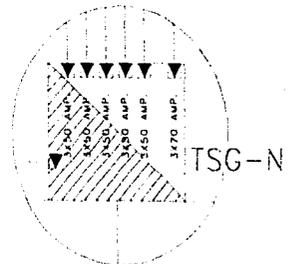
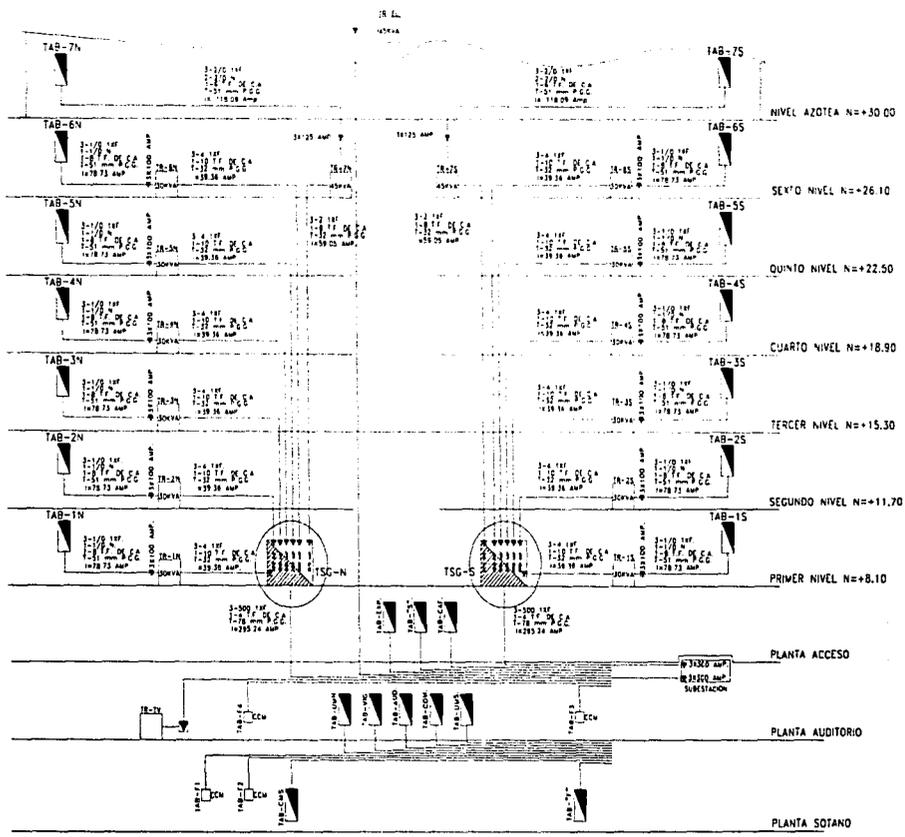
RESUMEN TABLERO SUBGENERAL NORTE (TSG-N)	
Conductor de fases (3)	500 KCM, THW-LS
Conductor de tierra (1)	No.4 AWG, THW-LS
Dispositivo de protección	3×300 Amperes
Tubería	P.G.G. 78mm

Ver plano IE-01 al final del capítulo.

Nota: El cálculo para el alimentador del tablero subgeneral del ala sur (TSG-S), es completamente igual al del ala norte por lo que no se desarrollara el cálculo para este último.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



ALIMENTACION VERTICAL

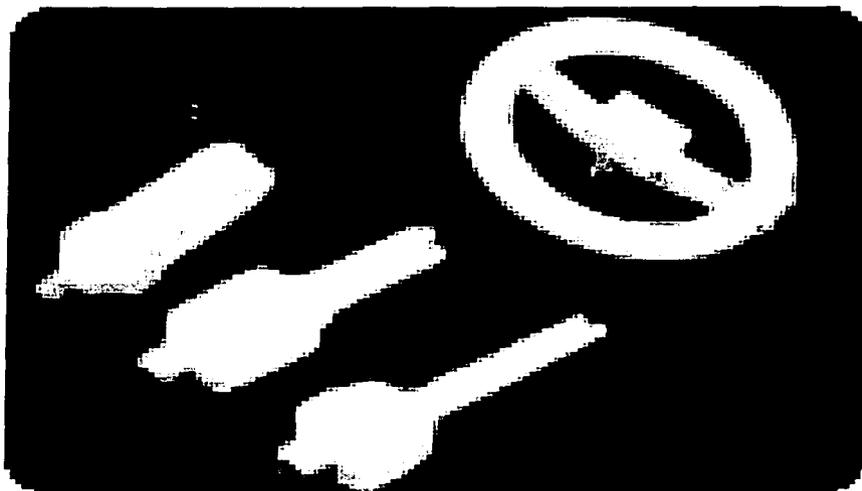
INDICADORA	INDICADORA	SIMBOLOGIA	MODIFICACIONES / FECHA	METODO DE MEDICION
1	INDICADORA			
2	INDICADORA			
3	INDICADORA			
4	INDICADORA			
5	INDICADORA			
6	INDICADORA			
7	INDICADORA			
8	INDICADORA			
9	INDICADORA			
10	INDICADORA			
11	INDICADORA			
12	INDICADORA			
13	INDICADORA			
14	INDICADORA			
15	INDICADORA			
16	INDICADORA			
17	INDICADORA			
18	INDICADORA			
19	INDICADORA			
20	INDICADORA			
21	INDICADORA			
22	INDICADORA			
23	INDICADORA			
24	INDICADORA			
25	INDICADORA			
26	INDICADORA			
27	INDICADORA			
28	INDICADORA			
29	INDICADORA			
30	INDICADORA			
31	INDICADORA			
32	INDICADORA			
33	INDICADORA			
34	INDICADORA			
35	INDICADORA			
36	INDICADORA			
37	INDICADORA			
38	INDICADORA			
39	INDICADORA			
40	INDICADORA			
41	INDICADORA			
42	INDICADORA			
43	INDICADORA			
44	INDICADORA			
45	INDICADORA			
46	INDICADORA			
47	INDICADORA			
48	INDICADORA			
49	INDICADORA			
50	INDICADORA			
51	INDICADORA			
52	INDICADORA			
53	INDICADORA			
54	INDICADORA			
55	INDICADORA			
56	INDICADORA			
57	INDICADORA			
58	INDICADORA			
59	INDICADORA			
60	INDICADORA			
61	INDICADORA			
62	INDICADORA			
63	INDICADORA			
64	INDICADORA			
65	INDICADORA			
66	INDICADORA			
67	INDICADORA			
68	INDICADORA			
69	INDICADORA			
70	INDICADORA			
71	INDICADORA			
72	INDICADORA			
73	INDICADORA			
74	INDICADORA			
75	INDICADORA			
76	INDICADORA			
77	INDICADORA			
78	INDICADORA			
79	INDICADORA			
80	INDICADORA			
81	INDICADORA			
82	INDICADORA			
83	INDICADORA			
84	INDICADORA			
85	INDICADORA			
86	INDICADORA			
87	INDICADORA			
88	INDICADORA			
89	INDICADORA			
90	INDICADORA			
91	INDICADORA			
92	INDICADORA			
93	INDICADORA			
94	INDICADORA			
95	INDICADORA			
96	INDICADORA			
97	INDICADORA			
98	INDICADORA			
99	INDICADORA			
100	INDICADORA			

UNAM

PLANO ELECTRICO

IE-01

VII. AHORRO DE ENERGIA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VII. AHORRO DE ENERGIA

VII.1. INTRODUCCION.

El enorme consumo de energía eléctrica en inmuebles representa una importante área de oportunidad para ahorro. El diseño de instalaciones sin criterios luminotécnicos avanzados, la ausencia durante muchos años de normalización sobre eficiencia energética, la falta de observancia de las normas y recomendaciones vigentes, el continuo crecimiento de carga en instalaciones existentes y la falta de mantenimiento adecuado son algunas de las causas del uso ineficiente de la energía eléctrica en inmuebles. Aunque los problemas y por lo tanto las soluciones son particulares para cada unidad, algunos de los primeros se repiten frecuentemente.

La energía eléctrica es un satisfactor indispensable para el bienestar de la sociedad en su conjunto y un insumo fundamental del proceso productivo.

Sin embargo, la disponibilidad de energía eléctrica requiere de un complejo proceso para formar la cadena GENERACION-DISTRIBUCION-UTILIZACION que implica por un lado la necesidad de grandes inversiones por parte del sector eléctrico para satisfacer una demanda que crece en México a un ritmo de aproximadamente 4% anual y por otro lado representa un enorme consumo de recursos energéticos, la mayor parte de ellos no renovables. El 61% de la capacidad instalada de generación en nuestro país se basa en hidrocarburos con el tremendo impacto ambiental por todos conocido.

En 1998 el 56% de la energía eléctrica consumida en nuestro país se debe a la industria, el 21% al sector doméstico, 16% a comercios y servicios y 7% al sector agrícola. En la distribución por uso final, el 60% corresponde a sistemas de fuerza, 30% a iluminación y el 10% restante a usos varios.

De acuerdo con las tendencias actuales de consumo y con las reservas probadas de hidrocarburos, nuestro país puede correr el riesgo de dejar de ser exportador de estos energéticos en el mediano plazo para convertirse en importador en largo plazo.

Es evidente que aunque las fuentes alternas para generación de electricidad son numerosas (llamadas también fuentes no convencionales), no representan individualmente ni en su conjunto, una posibilidad real de apoyar de una manera significativa a los métodos actualmente usados, al menos en el corto plazo

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) ha desarrollado un modelo de pronóstico de cogeneración en México. De acuerdo con estimaciones preliminares en tres escenarios se determinó que el potencial total nacional incluyendo industrias e instalaciones de PEMEX en el escenario bajo es de 2,900 MW y el alto de 6,000 MW. Sin embargo, existen barreras de tipo técnico, económico y de actitud que generan un alto grado de incertidumbre sobre la pronta y efectiva incorporación de este esquema en nuestro país.

Para hacer frente a esta difícil situación, la alternativa más viable resulta ser sin duda el **Ahorro y uso Eficiente de la Energía Eléctrica**. En base a metas al año 1998, estimadas por empresas consultoras especializadas en el ramo y contratadas por el Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE), se logró establecer una proyección ponderada para el año 2005. Se ha estimado un ahorro de unos 20,500 GWH o sea el equivalente al 21% de las ventas de energía eléctrica en 1992.

Para alcanzar esta meta se requirió del esfuerzo conjunto tanto de Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza, así como de los propios usuarios, en una proporción de 30% y 70% del ahorro esperado, respectivamente.

De acuerdo con numerosas experiencias en inmuebles de diversos tipos, actualmente es factible en México lograr ahorros de energía que fluctúan entre 20% y 50%, dependiendo de las condiciones particulares existentes y de la capacidad de inversión para llevar a cabo las medidas ó bien del tiempo de recuperación

deseado para dicha inversión. Conservadoramente se puede estimar para este sector un ahorro promedio de 25%, lo que representa un atractivo 4% del gran total nacional.

VII.2. CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN EDIFICIOS.

El consumo de energía eléctrica en un edificio comercial o de oficinas es muy variable, porque depende de numerosos factores, como son:

- Su localización geográfica. Determina variables climáticas como temperatura, presión atmosférica, grado de insolación, humedad, etc.
- Su estructura, configuración y materiales de construcción.
- Su orientación y las características particulares del medio ambiente en el cual opera (árboles, edificios contiguos, etc.).
- El equipo instalado (tipo, cantidad y calidad).
- Los ocupantes (número, edad y actividades que desarrollan).
- Los hábitos de uso (por ejemplo, los periodos de ocupación).
- El mantenimiento.

La factura eléctrica está formada generalmente por cuatro conceptos: consumo de energía (KWH), demanda (KW), bajo factor de potencia (cuando es menor de 90%) y cargos fijos (como mantenimiento). El peso relativo de cada concepto puede variar dentro de límites muy amplios. Por ejemplo, el cargo por bajo factor de potencia puede llegar a provocar un recargo equivalente de hasta 120% del monto de facturación, pero en cambio, en caso de un alto factor de potencia se puede conseguir una bonificación de 2.5%.

El costo del KWH depende de la tarifa contratada. Esta a su vez es función de la tensión de suministro y la demanda. Para edificios se tiene generalmente dos casos: cuando la compañía suministradora abastece directamente a tensión de utilización (inmuebles medianos o pequeños sin subestación) ó cuando el suministro se hace en alta tensión (edificios grandes con subestación propia).

La distribución por uso final en edificios también es variable. Se distinguen 4 grandes tipos de carga: aire acondicionado, iluminación, motores (para elevadores y equipo de bombeo) y cargas múltiples (receptáculos principalmente).

Para edificios en localidades con climas extremos el equipo de acondicionamiento ambiental tiene un peso muy importante, que puede ser el mayor en el edificio; iluminación es en este caso el segundo, motores el tercero y receptáculos el cuarto. En cambio, por ejemplo en escuelas en clima templado y estable durante todo el año no requieren de equipo de aire acondicionado y normalmente no tienen elevadores. En este caso la carga por iluminación es totalmente predominante, la carga de receptáculos (que está formada por cafeteras, máquinas de escribir, computadoras, impresoras, lámparas de escritorio, copiadoras, etc.) es el segundo y la carga de motores para bombas el tercero.

En base a las experiencias de diagnósticos energéticos en edificios de diversos tipos en la **zona metropolitana de la ciudad de México** se han encontrado los siguientes porcentajes promedio: **iluminación 50%, aire acondicionado 30%, receptáculos 12% y motores 8%**.

VII.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION DEL EDIFICIO.

VII.3.1. Consumo de energía eléctrica por iluminación.

De acuerdo con el objetivo de nuestro tema de ahorro de energía, el consumo debido a las cargas de alumbrado es el que desarrollaremos, ya que es el que más repercute en el consumo de energía eléctrica.

Un sistema de iluminación está formado básicamente por 4 elementos: lámpara, balastro, luminario y control. Las características más relevantes que deben considerarse para cualquier sistema son: vida útil, eficacia, mantenimiento de lúmenes, índice de rendimiento de color (CRI), temperatura de color, tiempo de encendido y reencendido, costo inicial, costo de operación y disponibilidad en el mercado. Desde el punto de vista de ahorro de energía la eficacia es la característica más importante, pero para cualquier aplicación deben considerarse siempre todos los factores en conjunto.

Cada sistema tiene características propias, pero la aplicación de cada uno debe ser cuidadosamente estudiada. A continuación se enlistan los problemas eléctricos más comunes encontrados en edificios auditados en México.

VII.3.1.1. Problemas detectados frecuentemente en edificios.

Los problemas detectados a lo largo de los diagnósticos eléctricos en edificios son numerosos, pero pueden resumirse en los siguientes:

1.- Factor de potencia. Aunque los sistemas de iluminación generalmente no producen bajo f.p., la instalación en conjunto sí puede padecerlo. La corrección de f.p. es una de las inversiones más rentables.

2.- Seccionamiento deficiente de circuitos. Es común encontrar áreas muy grandes con un número muy reducido de circuitos. Esto provoca una falta de control sobre la iluminación de áreas específicas, con el consiguiente desperdicio de energía.

3.- Regulación de tensión. Las fluctuaciones de tensión tienen siempre un efecto negativo en las cargas de cualquier tipo. Legalmente en México la regulación puede variar +/- 10% con respecto a la nominal, pero no es extraño encontrar variaciones de 12% y hasta 15% en algunos casos. En lámparas incandescentes, un aumento de 10% en la tensión provoca incremento de 21% en el consumo y 70% de reducción de vida.

Los balastros también se ven afectados por el aumento de tensión. Para balastros fluorescentes, por cada volt la temperatura en la caja del balastro aumenta 0.8 y con cada °C las pérdidas crecen 0.5%, es decir cada volt hace que las pérdidas aumenten aproximadamente 0.4%. El factor de potencia también se ve afectado, 10% de incremento causa que un balastro con alto factor de potencia (90% - 100%) caiga a menos del 90% establecido por norma, con los consiguientes perjuicios en todo el circuito.

4.- Incompatibilidad de equipos. El uso de lámparas ahorradoras con balastros normales provoca sobrecalentamiento en el balastro y reducción de vida de la lámpara. El uso de balastros de altas pérdidas ó línea económica con lámparas ahorradoras causa además una fuerte incertidumbre en el arranque. La adición de dispositivos que se intercalan en el circuito del balastro económico para limitar la corriente en la lámpara ahorradora es la peor combinación posible.

5.- Balastros ociosos. Cuando el mantenimiento es pobre, las lámparas quemadas no son sustituidas en corto tiempo. No hay entonces producción de luz pero sí consumo de energía. El balastro permanece conectado a la red tomando su potencia nominal de circuito abierto (W_0). De acuerdo con el tipo y potencia del balastro W_0 puede tomar entre 6 y 12 watts.

6.- Mezcla de lámparas con diferente temperatura de color. A causa de los problemas de disponibilidad en el mercado, de stock y a veces de falta de cuidado por parte del personal de mantenimiento, es común encontrar áreas con lámparas fluorescentes de dos y hasta tres temperaturas de color diferentes. Además del aspecto estético, la estimación de las reflectancias para proyecto ó auditoria se complica ya que ésta depende del color y acabado de la superficie, pero también de la temperatura de color de la fuente utilizada.

7.- Uso y abuso de lámparas incandescentes. Aunque generalmente no representa el mayor porcentaje de carga, es común encontrar corredores, salas de espera y áreas comunes de oficinas con altos valores de iluminancia a base de lámparas incandescentes A19 o tipo PAR convencionales. Estas lámparas pueden ser sustituidas por compacto-fluorescentes para iluminación general a baja altura de montaje ó por lámparas de H.I.D. de baja potencia para alturas medias y por lámparas incandescentes de bajo voltaje para iluminación de acento, lo que permite grandes ahorros de energía y fuerte disminución de carga térmica.

8.- Luminarios ineficientes. Debido a la obsolescencia de algunas normas nacionales y a la falta de observancia de las normas vigentes, existe una enorme diversidad de luminarios para lámparas fluorescentes que no cumplen con los requisitos mínimos de calidad. Los principales problemas detectados son: mal ensamblaje, pintura de mala calidad (baja reflectancia, reducido espesor y mala adherencia), dimensiones irregulares, difusores de material rápidamente degradable por la radiación ultravioleta (UV), lámina de menor calibre requerido, diseño óptico ineficiente e información fotométrica casi siempre inexistente.

9.- Instalación defectuosa de luminarios. La instalación defectuosa contribuye a producir ruido, incertidumbre en el arranque y calentamiento anormal de lámparas y balastos. Luminarios mal instalados tienden a amplificar el ruido producido normalmente por el balastro. La falta de aterrizamiento interfiere en el encendido de lámparas de encendido rápido. Un luminario con diseño térmico defectuoso ó con montaje que no permita un buen enfriamiento, provoca que el balastro trabaje a temperatura mayor con el aumento de pérdidas, haciendo que las lámparas reduzcan su eficacia al rebasar su punto de óptima temperatura de trabajo.

10.- Mantenimiento. La falta de un buen mantenimiento es común en edificios. Un sistema de iluminación que no recibe mantenimiento adecuado, puede reducir su eficiencia hasta en un 40%. Se debe efectuar revisión eléctrica y limpieza periódica a todos los componentes, especialmente al reflector, al contralente y a la lámpara.

11.- Niveles de iluminancia. La **Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)** ha establecido las iluminancias recomendables de acuerdo con la tarea visual a realizar y la edad con los ocupantes, actualizándolas constantemente. Por su parte, la **Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación (SMII)** adecuó esos niveles a las condiciones en nuestro país hace unas tres décadas, pero no se han tenido revisiones recientes. Con esto es común encontrar áreas sobre iluminadas para ciertas aplicaciones (como unidades con VDT(s)), aunque lo más frecuente es encontrar niveles bajos en escuelas y oficinas.

12.- Bajo aprovechamiento de luz natural. A pesar de que en muchas instalaciones como edificios y comercios la aportación de luz natural es excelente, la falta de controles manuales o automáticos evita un óptimo aprovechamiento de este recurso. Mediante el control se pueden apagar durante ciertas horas del día las lámparas que estén colocadas cerca de las ventanas o bajo domos o láminas traslúcidas.

13.- Densidades de carga. La normalización internacional sobre todo la de países avanzados como EE.UU ha desarrollado normas en el sentido de limitar la carga instalada por unidad de cada área tipo por concepto de iluminación. Esta densidad está íntimamente ligada con la iluminancia, de modo que sólo es posible cumplir con ambas haciendo un buen uso de la energía eléctrica. Por ejemplo, la densidad actual por áreas generales de oficinas es de 16.14 w/m². En los edificios estudiados, la densidad está algunas veces excedida a pesar de que los niveles son inferiores a los recomendados. La nueva norma sobre eficiencia energética en edificios no residenciales de CONAE esta ya en vigencia a partir de 1995 establece que la densidad en oficinas es de 16 w/m².

VII.3.1.2. Alternativas para ahorro de energía en iluminación.

Con el explosivo avance tecnológico en los equipos de iluminación, actualmente se dispone de una cantidad tal de productos, marcas y precios que es fácil ahogarse en un mar de alternativas.

La selección del equipo requiere necesariamente de la consideración de criterios tanto energéticos como luminotécnicos, siendo los segundos generalmente los más ignorados. A continuación comentaremos los pros y contras de las principales alternativas para ahorro de energía en cuanto a equipo.

1.- Lámparas incandescentes elipsoidales.

Descripción general. Están diseñadas de modo que su punto focal coincide con el ángulo de apertura del luminario, reduciendo las pérdidas típicas por absorción de luz.

Características físicas. Tienen una eficacia nominal similar a las tipo A ó R pero la eficacia del sistema se incrementa ya que aumenta la salida neta de luz del luminario.

Aplicación. Se usan típicamente en restaurantes, corredores y en general en todos los lugares donde se tengan instaladas lámparas convencionales.

Ahorro de energía típico. Se recomienda que las lámparas ER sean de la mitad de potencia de las lámparas A ó R comunes, aunque en algunos casos la reducción puede hacerse hasta a una tercera parte.

Recomendaciones. Hacer siempre un análisis con criterios luminotécnicos antes de hacer el reemplazo, evitando la sustitución indiscriminada.

2.- Lámparas incandescentes con recubrimiento mejorado.

Descripción general. Es una lámpara incandescente de tamaño y forma similar a la convencional con recubrimiento mejorado que permite aumentar la eficacia.

Características físicas. La superficie interior del bulbo está recubierta con un material que bloque el paso de la radiación infrarroja, evitando pérdida excesiva de energía por radiación de calor al medio.

Aplicación. Reemplaza a lámparas tipo A19 de emisión lumínica igual ó menor a 1500 lúmenes, aunque se tienen prototipos para potencias mayores (hasta 900 watts).

Ahorro de energía típico. Tienen una eficacia de hasta 29 l/w, contra una eficacia de 15 a 17 l/w de lámparas normales equivalentes.

3.- Lámparas fluorescentes compactas.

Descripción general. Hay una gran variedad de tipos, pero las más comunes son las PL Dulux de dos y cuatro tubos, las SL y las circulares. Pueden encontrarse con balastro integrado ó separado y adaptador para socket tipo Edison.

Características físicas. Las circulares generalmente tienen balastro electromagnético independiente, mientras que las SL tienen balastro electrónico integrado. Las PL normalmente tienen arrancador integrado en la misma lámpara y son de balastro intercambiable, aunque ya las hay en forma de espiral y autobalastadas.

Aplicación. Pueden usarse en instalaciones nuevas ó existentes. Actualmente pueden reemplazar a casi todos los tipos de lámparas A19 y van desde 5 hasta 55 watts, siendo 9 y 13 watts las potencias más comunes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ahorro de energía típico. Incluyendo el balastro, las circulares tienen eficacias entre 35 y 40 l/w, las L y SAL fluctúan entre 40 y 80 l/w.

Recomendaciones. La sustitución de lámparas incandescentes por compacto-fluorescentes es una excelente alternativa, pero debe aclararse que originalmente fueron creadas específicamente para sustituir a incandescentes. Con los nuevos desarrollos, las lámparas de mayor potencia y luminarios con reflectores especiales pueden usarse en aplicaciones típicas de lámparas fluorescentes convencionales. Sin embargo debe tenerse cuidado en aplicaciones donde se requiera un alto CRI, ya que hasta el momento no alcanzan los magníficos CRI de las incandescentes, necesarios para algunas aplicaciones comerciales. En caso de aplicaciones masiva deberá monitorearse también el factor de potencia y el contenido total de armónicas.

4.- Lámparas fluorescentes ahorradoras.

Descripción general. Fueron desarrolladas para sustituir a las fluorescentes normales, pero operando con 10-20% menos de consumo a cambio de 5-10% de reducción de luz.

Características físicas. Están rellenas de mejores gases, recubrimiento fosfóricos especiales, algunos tipos incorporan una guarda para disminuir la depreciación de lúmenes y una fina banda conductora interna para arrancar con menor OCV.

Aplicación. Pueden usarse en prácticamente todos los casos en que se encuentren instaladas lámparas convencionales, ya que se fabrican en las mismas dimensiones y formas.

Ahorro de energía típico. Depende de los colores y potencias, pero el aumento de eficacia es de 7% en promedio. Las lámparas más eficaces hasta el momento están cerca de los 100 l/w, como la FO32T8/(7-8)(30-35-41) ER de 1.22 m de largo y la FO96T8/(30-35-41) EI de 2.44 m de largo. Cuando operan con balastos adecuados, se obtiene una reducción promedio en el consumo de 24% contra 10% de reducción de emisión lumínica.

Recomendaciones. Las lámparas ahorradoras siempre deben acoplarse a balastos compatibles con ellas. Debe evitarse su uso con balastos del tipo baja energía o incluso normales y con dispositivos que se intercalan para lastrar la corriente del circuito. Por sus características de construcción, deben operarse a temperaturas mínimas de 15 °C. Su operación óptima se obtiene con balastos electromagnéticos de alta eficiencia o electrónicos con operación de alta frecuencia.

5.- Balastos electromagnéticos de alta eficiencia.

Descripción general. Son balastos fabricados con alta tecnología y mejores materiales para reducir las pérdidas. Operan a las lámparas a potencia adecuada sin reducir su vida útil. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su propia vida.

Características físicas. Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual a ellos, pero generalmente incluyen un termoprotector para evitar sobrecalentamientos internos.

Aplicación. Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. Se encuentran disponibles que corresponden a las lámparas existentes y su aplicación es muy recomendable.

Ahorro de energía típico. Ahorran directamente 10% en promedio con respecto a los normales, además de que reducen la carga térmica. El ahorro de energía es atractivo, con Factor de Balastro (FB) similar a los normales y Factor de Eficacia de Balastro superior. Al reducir la carga térmica se ahorra también en el equipo de acondicionamiento ambiental. Como son balastos termoprottegidos no desalojan compuesto asfáltico ni humos.

Recomendaciones. Deben acoplarse a lámparas compatibles con ellos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.- Balastos electrónicos.

Descripción. Son balastos de estado sólido que pueden ser discretos ó integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (4 a 6 watts promedio) mejorando además la eficacia de la lámpara.

Características físicas. Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos por que son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el flicker. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable (dimeables).

Ahorro de energía típico. En combinación con lámparas ahorradoras pueden permitir ahorros de hasta 35% si se les compara con los balastos y lámparas normales, pero el ahorro depende de una serie de variables que deben siempre ser consideradas.

Recomendaciones. Deben instalarse en lugares con ventilación aceptable y poca vibración que dispongan además de una buena tierra. En productos importados se debe verificar que su tensión nominal corresponda a la tensión de suministro en México.

7.- Reflectores especulares.

Descripción general. Son reflectores de base de aluminio pulido al espejo con recubrimientos especiales, presentando un comportamiento especular. Están diseñados para reducir la absorción de luz y evitan la distorsión de la longitud de onda de los rayos incidentes.

Características físicas. Tienen un diseño óptico optimizado y generalmente diseñado por computadora para satisfacer las necesidades de cada aplicación.

Aplicación. Se puede usar sobre todo en instalaciones existentes con depreciación por tiempo y suciedad importantes. Para obras nuevas se debe hacer un estudio cuidadoso para evaluar sus posibles ventajas con respecto a luminarios nuevos.

Ahorro de energía típico. Cuando su aplicación es factible, puede permitir ahorros de 50% en el consumo de energía, ya que reducen el número de lámparas y balastos a la mitad. Los beneficios son evidentes, ya que se reduce el consumo, la demanda máxima, la carga térmica y el mantenimiento.

Recomendaciones. La eliminación del 50% de lámparas y balastos puede reducir los niveles de iluminancia drásticamente (entre 15% y 40%), reducción que la instalación por si sola del reflector no puede compensar. Debe realizarse un cuidadoso estudio técnico-económico con criterios luminotécnicos y energéticos para decidir su instalación.

8.- Lámparas de H.I.D.

Descripción general. Las lámparas de H.I.D. son lámparas de descarga en gas que se han aplicado típicamente en aplicaciones exteriores. Sin embargo, gracias a sus nuevas características como baja potencia y alto CRI están penetrando en campos como comercios y edificios.

Características físicas. Son lámparas con un tubo de arco en el que se lleva a cabo la descarga de alta intensidad. Pueden ser de vapor de mercurio, vapor de aditivos metálicos ó vapor de sodio en alta presión.

Aplicación. Pueden usarse en aplicaciones interiores en un amplio rango: comercios, edificios de oficinas, escuelas, hoteles industrias, etc. Pueden usarse en obras nuevas o en remodelaciones y la elección del sistema depende de las necesidades.

Ahorro de energía típico. Los ahorros pueden ser muy atractivos debido a que estas lámparas tienen eficiencias entre 60 y 140 l/w, dependiendo del tipo de lámpara y la potencia. En función de su alta eficacia y larga vida el costo de operación es bajo, por lo que la inversión casi siempre se justifica.

Recomendaciones. Para aplicar estas lámparas se debe considerar siempre criterios luminotécnicos y no exclusivamente energéticos o económicos.

9.- Controles.

Descripción general. Los controles para iluminación general pueden ser manuales o automáticos y locales ó centralizados.

Características físicas. Pueden ser estáticos o dinámicos, a través de sensores de presencia con rayos infrarrojos ó ultrasonido, con fotoceldas o a través de un equipo de comunicaciones por hilo piloto ó inalámbrico.

Aplicación. Depende de variables tanto técnicas como económicas. La elección depende tanto de características físicas de la instalación (por ejemplo Factor de aportación de luz natural) como de hábitos de consumo (por ejemplo Factor de ocupación (FO)).

Ahorro de energía típico. La estimación de los ahorros de energía puede hacerse en base a "reglas de dedo" establecidas con la experiencia ó con algoritmos que incluyen variables determinables por encuesta, censo y medición directa. Los ahorros potenciales fluctúan entre 12% y 86%. Cuando la selección y la aplicación se realizan adecuadamente, el uso de controles incide favorablemente sobre el consumo, la demanda máxima, la carga térmica, el mantenimiento, etc.

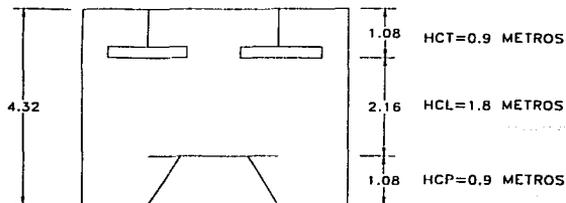
Recomendaciones. La estimación de los ahorros potenciales por concepto de control es una cuestión compleja, por que requiere de conocimientos especializados.

Los posibles ahorros en términos económicos ó de energía que se esperan obtener a través del cambio de equipo se calculan fácilmente en función de la variación de densidades de carga, la tarifa contratada y las horas de operación en un periodo determinado.

Existen acciones adicionales, entre las que se encuentran las siguientes:

- * Optimización de luz natural.
- * Adecuación de iluminancias.
- * Apego a densidades de carga.
- * Revaloración de reflectancias.
- * Mantenimiento.

VII.3.2. CALCULO DE ILUMINACION DEL EDIFICIO



1.- DIMENSIONES DEL LOCAL
 L=21.6 METROS
 A=19.2 METROS
 H=3.6 METROS

2.- REFLECTANCIAS REALES (%)
 TECHO (PT)=80
 PAREDES (PW)=50
 PISO (PP)=10

3.- RELACIONES DE CAVIDAD

$$RCL = \frac{5HCL(L+A)}{L \times A} = \frac{5 \times 1.8(21.6+19.2)}{21.6 \times 19.2} = 0.9$$

$$RCT = \frac{5HCT(L+A)}{L \times A} = \frac{5 \times 0.9(21.6+19.2)}{21.6 \times 19.2} = 0.45$$

$$RCP = \frac{5HCP(L+A)}{L \times A} = \frac{5 \times 0.9(21.6+19.2)}{21.6 \times 19.2} = 0.45$$

4.- REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE CAVIDADES DE TECHO Y PISO

PCT=0.68
 PCP=0.12

5.- COEFICIENTE DE UTILIZACION
 CU=0.73 \times 0.939 = 0.68

6.- LUMINARIO No. 35 CICLO DE LIMPIEZA: 24 MSES CATEGORIA DE MANMantenimiento: III

7.- TIPO DE LAMPARA

LAMPARA FLUORESCENTE T-8 32W 4100°K MARCA OSRAM LAMPARAS POR LUMINARIO: 2 LUMENES POR LUMINARIO: 6100 lm

8.- FACTORES DE PERDIDA DE LUZ

D11=0.8

DPL=0.87

DPSL=0.98

FPL = D11 \times DPL \times DPSL = 0.8 \times 0.87 \times 0.98 = 0.68

9.- NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDO: 1000 LUXES

$$10.- \text{NUMERO DE LUMINARIOS} = \frac{(E)(\text{AREA})}{(CU)(FPL)(\text{LUMENES POR LUMINARIO})} = \frac{(1000)(414.72)}{(0.68)(0.68)(3050)(2)} = 147$$

NUMERO DE LUMINARIOS = 147

VER PLANO I-01 AL FINAL DEL CAPITULO

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

VII.4. CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.

VII.4.1. Introducción.

Una vez diseñada y llevada a cabo la instalación eléctrica en su conjunto para el edificio Torre de Ingeniería, además de haber calculado y seleccionado los equipos eléctricos que darán servicio a las diferentes áreas del edificio; Se tomó en cuenta dispositivos de control y automatización los cuales tendrán como objetivo que los equipos eléctricos que se instalen en el edificio consuman de manera más eficiente la energía eléctrica para el funcionamiento de cada uno de ellos y que solo se utilicen cuando sea necesario, sin que esto afecte a la comodidad de los usuarios.

En México se han experimentado cambios económicos importantes durante los cuatro últimos años. Estos han permitido que la tecnología aplicada a nuestras vidas también se haya visto incrementada. En los grandes edificios y centros comerciales, se están aplicando aquellos equipos que sean altamente tecnológicos y que a su vez, den la flexibilidad de concentrar el control y el monitoreo de las cargas eléctricas en una o varias PC's o estaciones de trabajo. Este concepto es propio de un **Edificio Inteligente**.

En este tipo de aplicaciones son posibles las siguientes características:

- Control automático de alumbrado.
- Visualización de alarmas, de parámetros eléctricos, de ruptura de vidrios, de incendios, etc.
- Conocer y controlar los consumos de energía eléctrica y agua.
- Control de bombas, ventiladores y elevadores.
- Detección de mantenimientos preventivos. Además de este tipo de edificios cuenta con cámaras de vídeo para control de accesos y seguridad.

Ahora en estos edificios los ingenieros responsables tienen como objetivo desarrollar edificios en donde uno de los puntos relevantes sea el **Ahorro de Energía Eléctrica**.

Al hablar de un Programa de Ahorro de Energía, el primer paso es el monitoreo de las variables eléctricas, ya que en base a sus resultados se tomarán decisiones como:

La corrección del factor de potencia, una mejor administración de las cargas dentro del horario de demanda máxima, registro de datos, de eventos y de alarmas, captura de forma de onda, etc.

Para el control de alumbrado, existen los tableros automáticos, en donde a base de horarios o sensores cierran o abren automáticamente los interruptores.

En un sistema en donde el flujo es controlado por bombas y/o ventiladores, el uso de variadores de velocidad refleja un importante ahorro, debido a que el flujo es normalmente una carga variable dentro de un sistema.

Un elemento muy importante para tener todo un sistema controlado y programado, son los PLC's. Gracias a ellos es posible el manejo de las cargas, la comunicación en la red y la comodidad de tener centralizada la información en una o varias PC's.

Esto es sólo un poco de lo que se debe lograr en un Edificio Inteligente con los Programas de Ahorro de Energía. A continuación se describirán los sistemas de control y automatización que fueron instalados en el edificio Torre de Ingeniería.

VII.4.2. Sistemas de control y automatización aplicados al edificio.

VII.4.2.1. Monitoreo de las variables eléctricas.

Es un monitor de circuitos eléctricos que proporciona más información que 100 medidores analógicos. Pero este sistema va más allá de las mediciones tradicionales. También almacena alarmas, eventos y permite monitorear y desplegar THD, factor K y corrientes en el neutro. Una de las informaciones más importantes que nos proporciona son los datos de la captura de la forma de onda. Captura los voltajes, las tres corrientes y la corriente de tierra, neutro; todas las señales simultáneamente.

Su diseño no tuvo ningún problema en instalarse en el edificio ni en ningún otro lugar donde se quisiera instalar, además de que su diseño lo hace fácil de conectar hacia otros monitores, hacia una ó varias PC's.

Los medidores digitales pueden determinar límites para la lectura de demanda máxima, por ejemplo:

Si nuestro contrato con la compañía suministradora es por 100 kW es posible programar una alarma en el monitor para en cuanto el sistema alcance los 100 kW avise en la pantalla, y por otra parte saque de operación alguna de las cargas que no son prioritarias dentro del sistema, para asegurar que por ninguna razón se excederán los 100 kW que se tienen contratados y de esa forma no ser multados.

VII.4.2.2. Tableros de alumbrado inteligentes.

Uno de los principales objetivos en el Programa de Ahorro de Energía Eléctrica de la Torre de Ingeniería es el sistema de alumbrado.

Para lo cual se busco un sistema que está compuesto por tableros de alumbrado, que en promedio controlan un 70% de los circuitos con breakers automáticos, el resto son breakers manuales que en general, pertenecen a los receptáculos del edificio. Desde un cuarto de control que cuenta con una PC (o varias), se realiza la programación por horarios en los que el alumbrado debe encender y apagar por zonas o por cada uno de los interruptores. Es también capaz de monitorear el estado de los breakers: cerrado, abierto disparado o sin responder y además, se puede forzar el estado de los interruptores al estado más conveniente a pesar de que el programa que esté corriendo en ese momento ya tenga un estado del interruptor preestablecido.

El sistema de alumbrado es monitoreado desde la PC a través de pantallas que muestran el estado de los interruptores e indica por zonas o áreas del edificio, cuáles son las que se encuentran iluminadas en ese momento y cuáles son las que se encuentran oscuras. Los tableros de alumbrado pueden ser interconectados entre sí por medio de lo que conocemos como daisy chain o cadena margarita a través de sus puertos de comunicación RS-485, que se encuentran en cada una de las interfaces de voltaje de los tableros.

Otro de los puntos relevantes del sistema es que los tableros de alumbrado, pueden interactuar con sistemas especializados para el control de edificios inteligentes a través de gateways para que normalmente se encuentran conectados al primer tablero de la cadena de margarita, la cual hace posible la traducción de los parámetros entre nuestro tablero y los otros sistemas. Podemos citar las siguientes características que lo hacen diferente a los tradicionales:

- Reloj de tiempo real.
- Se pueden determinar días festivos.
- Se pueden determinar los horarios de luz natural.
- Se pueden forzar breakers con timers.
- Se pueden forzar breakers en función de 1 entrada.
- Se puede tener en un mismo panel interruptores AS y estándares.
- Se puede controlar local o remotamente.
- Comunicación.

Sin duda alguna es un sistema que contribuirá en gran medida con el ahorro de energía eléctrica en el edificio. puesto que el alumbrado representa en promedio un 50% de nuestra carga instalada. Un ejemplo de este tipo de ahorro es el siguiente:

Si tenemos un tablero de alumbrado de:

32 circuitos de 1 polo 20 Amps	
Tipo de sistema:	220 Volts
Consumo 24 horas:	720 kW/hr
Consumo al mes:	$(21,600 \text{ kW/hr}) \times (0.3 \text{ pesos/kWh}) = 6,480 \text{ pesos}$
Consumo 10 horas:	300 kW/hr
Consumo al mes:	$(9,000 \text{ kW/hr}) \times (0.3) = 2,700 \text{ pesos}$
Ahorro total mensual:	$(12,600 \text{ kW/hr}) \times (0.3)$

Ahorro total mensual: \$3,780 pesos.

VII.4.2.3. Detectores de presencia infrarrojos y ultrasónicos.

Un complemento para el ahorro de energía eléctrica en la iluminación del edificio aparte del sistema con Tableros Inteligentes, es el de utilizar detectores de presencia. Estos funcionaran después de haberse activado el interruptor del circuito de las lámparas que comprenda el área donde se utilizarán.

Los detectores de presencia se instalaron pensando principalmente en el ahorro de energía eléctrica y la comodidad del usuario ya que al censar la presencia en un área controlada, encienden automáticamente la luz y la apagan una vez desocupada dicha área, de la misma forma operara una barra de contactos que se utilizará en estaciones de trabajo individuales.

Este tipo de detectores de presencia son importantes, puesto que en muchas ocasiones en este tipo de áreas de trabajo (oficinas) es muy común que el personal se ausente por algunos momentos de su área de trabajo y en la mayoría de las veces deja encendido los equipos de iluminación y algunos equipos electrónicos de trabajo. Además de otras áreas como pasillos, baños, entre otras muchas más que regularmente derrochan un desperdicio de energía eléctrica.

A continuación mencionaremos que tipos de sensores se instalaron en las diferentes áreas del edificio:

- 1.- Para maximizar el ahorro de energía en pequeñas oficinas con ventanas, el detector de tecnología PIR (rayos infrarrojos pasivos) controlará el encendido de la luz y el nivel de luz ambiental en base a ocupación. Si el nivel de luz es superior al prefijado por el usuario el sensor no encenderá las luces aún cuando detecte movimiento.
- 2.- En las áreas de baños se instalara sensores ultrasónicos, capaces de detectar movimiento en toda el área aún cuando haya muros o divisiones (las divisiones no son de piso a techo).
- 3.- En las áreas de vestíbulos se instalara sensores de tecnología PIR puesto que el vestíbulo principal es amplio y con ventanas, este tipo de detectores tienen una amplia cobertura y su foto celda integrada permiten mantener las luces apagadas cuando hay suficiente luz natural.
- 4.- En algunas oficinas prefabricadas o con muros bajos se instalara sensores ultrasónicos gracias a su capacidad de detectar movimientos pequeños como el de una mano escribiendo en áreas de hasta 180m² con una cobertura omnidireccional de 360°.
- 5.- En la cafetería, salas de exposiciones y en áreas de copiado se instalara sensores infrarrojo pasivo, puesto que son zonas que registran ocupación intermitente a lo largo del día.

6.- Para los corredores y pasillos se instalaron sensores PIR y ultrasónicos ya que tienen una cobertura de hasta 27m lineales.

7.- Se instalara en estaciones de trabajo individuales una barra que presenta seis tomas de corriente polarizadas y aterrizadas. Cuatro de ellas se controlan con un detector de presencia y las dos restantes permanecen energizadas mientras que el interruptor principal se encuentra encendido.

Se incluye un detector el cual se instala típicamente debajo del escritorio o mesa de trabajo, tomando así como área de cobertura dicha zona. Si el usuario se levanta de su lugar, después de un tiempo ajustable por el usuario, automáticamente se suspende la energía de los cuatro receptáculos controlados.

Como ejemplo de aplicación ideal se pudiera conectar el CPU y el fax a las tomas con energía constante, mientras que el monitor, la lámpara de escritorio, la impresora y la radio se conectarían a las tomas controladas por el sensor. Así, cuando el usuario no esté en su escritorio, dichos equipos se apagarán hasta que regrese la persona, lo que se traduce en ahorro de la energía que dichos equipos consumen.

VII.4.2.4. Variadores de velocidad.

Para los motores del sistema de bombeo de agua del edificio, se instalaran variadores de velocidad (o variadores de frecuencia) los cuales originan que dichos motores tengan una mayor eficiencia y con esto un ahorro de energía eléctrica. A continuación daremos una breve introducción de estos, además de mencionar las enormes ventajas que se adquiere al ser uso de estos equipos.

Mantener la calidad y el confort en una instalación es costoso y difícil. Y no es solamente calentar y enfriar el agua. Se tiene que controlar las emisiones y posibles explosiones de gases dañinos también, y el trabajo no finaliza aquí. Un buen ingeniero busca la forma de hacer los procesos más eficientes, limitando el uso de la energía, frecuentemente los motores que manejan a los dispositivos que se utilizan dentro de estos sistemas (ventiladores, bombas, enfriadores), operan a velocidad nominal. El sistema utiliza dampers, válvulas para controlar el flujo del agua. Esto es como si para controlar la velocidad de un automóvil, presionáramos el acelerador al mismo tiempo que utilizamos el freno para controlar la velocidad, esto no es exactamente un modelo de uso eficiente de la energía. Mientras dichos sistemas cumplen con los requerimientos del sistema, se desperdicia energía y el sistema es ineficiente.

Por otra parte, los variadores de velocidad proporcionan un control preciso de la velocidad y potencia a la salida del motor. La funcionalidad del sistema es mejorada y el consumo de la energía es reducido debido a que la mayoría de las bombas son cargas de par variable. Cuando la carga es reducida, la potencia para moverla, decrece con el cubo de la velocidad.

Las bombas usan los mismos principios para mover el agua. Normalmente el flujo de salida de estos sistemas es controlado restringiendo mecánicamente la salida del flujo. Mientras que se reduce el flujo, y se cumple con los requerimientos del proceso, el uso de la energía ineficiente y además desperdiciada.

Por otra parte los variadores de velocidad permiten el control preciso a la salida del motor. El desempeño del sistema mejora y su consumo de energía bajará debido a que la mayoría de los ventiladores y las bombas como ya lo mencionamos son motores con cargas de par variable.

Hablando ya más en concreto del tipo de variadores de frecuencia que se instalaran en la Torre de Ingeniería. Esto es un regulador PID incorporado, permite que controle un proceso sin el gasto que representa un regulador de procesos adicional. Una macro específica para el control de bombas y ventiladores (PFC) permite una optimización del control de múltiples bombas. La optimización del flujo aumenta los ahorros energéticos con cargas ligeras (con una carga del 25%, un aumento del rendimiento de hasta un 10%, y con una carga del 50%, un incremento del rendimiento de hasta 2%). Del mismo modo, el ruido del motor se reduce de forma considerable.

El arranque automático permite la transferencia inmediata del motor desde la red al convertidor de frecuencia, y el arranque fácil de las bombas de turbina, etc. El sistema instalado, con un régimen de intensidad nominal optimizado para aplicaciones de bombas, permite el uso de motores de un tamaño inmediatamente superior.

El consumo de potencia de las bombas es proporcional a un tercio de la potencia de su velocidad de rotación, pero el caudal de líquidos y gases es directamente proporcional a la velocidad, lo cual se traduce, en los procesos de caudal variable, en un considerable ahorro energético.

Para este sistema se ha desarrollado un software de fácil uso para el cálculo de ahorro energético: SoftSave, aplicable a los accionamientos para bombas. SoftSave utiliza una hoja de cálculo MS Excel para calcular los ahorros energéticos del control de velocidad variable, en comparación con otros medios de control del caudal, como por ejemplo: la regulación, el control de cierre/apertura y el acoplamiento hidráulico para las bombas, o la amortiguación, el control de explotación y el control de alabes en relación a los ventiladores. Puede obtenerse una copia impresa de los resultados de los cálculos, tanto en forma gráfica como numérica. Los cálculos le ayudan a hallar los parámetros potenciales de ahorro energético de su instalación. Se puede llegar a recuperar la inversión en menos de un año. Un ejemplo de este tipo de ahorro es el siguiente:

Si consideramos un motor de 50 hp

Que el kWhr cuesta: 0.3 pesos/kWhr
 Si el motor trabaja al año: 250 días
 Y por día trabaja: 10 hrs
 Si el motor trabaja al 100% de su capacidad:
 $50 \text{ hp} \times 0.746 \times 2500 \text{ hrs} \times 0.3 \text{ pesos/kWhr} = \$27,975$

Si el motor tiene el siguiente ciclo de trabajo tenemos:
 100% de la velocidad para el 25% del tiempo:
 $50 \text{ hp} \times (1.00)^3 \times 0.746 \times 625 \times \$0.3 = \$6,994$

80% de la velocidad para el 50% del tiempo:
 $50 \text{ hp} \times (0.80)^3 \times 0.746 \times 1250 \times \$0.3 = \$7,162$

60% de la velocidad para 25% del tiempo:
 $50 \text{ hp} \times (0.60)^3 \times 0.746 \times 625 \times \$0.3 = \$1,511$

Total: 15,667

El ahorro basado en este uso del motor:
 $\$27,975 - \$15,667 = \$12,298$

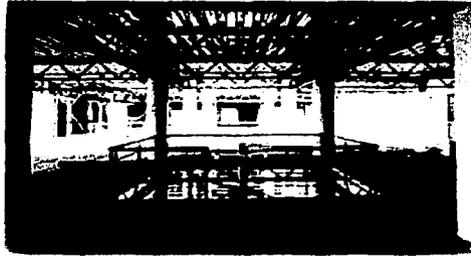
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VII.5. LA TORRE DE INGENIERIA UN EDIFICIO INTELIGENTE.

Como mencionamos anteriormente el concepto de edificio inteligente gira en torno a los principios de diseño interdisciplinario, flexibilidad, integración de servicios, administración eficiente y mantenimiento preventivo. A partir de ello se puede definir como aquella edificación que desde su diseño hasta la ocupación por el usuario final, centra su objetivo en el ahorro de energía y recursos.

Concepción arquitectónica original

En el origen del diseño, se planteó el establecer algunas relaciones formales y conceptuales con lo construido entre 1948 y 1952 en Ciudad Universitaria, pero sin dejar de lado el compromiso de construir un edificio que debe responder a las condiciones históricas de nuestro momento.



En lo referente al compromiso histórico contemporáneo, buscando una identidad propia, sustancialmente se propuso que la Torre de Ingeniería representara en buena medida a la arquitectura e ingeniería contemporáneas de nuestro país.

Otro elemento importante de diseño, además del programa arquitectónico correspondiente, fue tomar en cuenta la orientación del edificio para solucionar la climatización interior del mismo con base en criterios pasivos (¿ecológicos?), que implican no utilizar equipos electromecánicos, ni su consecuente gasto de energía. Se procuraron las mejores condiciones de bienestar en el interior del edificio, aprovechando la orientación y las variaciones de temperatura del aire, haciendo que éste viaje naturalmente por el interior del edificio, a través de los espacios y ayudado por ductos de conducción. Para implementar lo anterior, se cuenta con dobles fachadas en el norte y sur del edificio, con terrazas y zonas cerradas de servicio al poniente y oriente. Las terrazas mencionadas dispondrán adicionalmente de cortinas exteriores de material multiperforado, accionadas por sensores solares, que permitirán la visibilidad hacia los exteriores, pero evitarán en el interior ganancias importantes de calor.



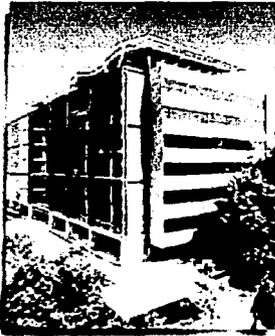
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como parte de la climatización, se diseñaron para el corazón del edificio, entre las plantas libres de áreas de trabajo, atrios de doble y cuádruple altura, por donde se desfogan los ductos de aire mencionados. Los atrios de referencia funcionan como lugares casuales de encuentro y convivencia para los investigadores, y fomentan al mismo tiempo el uso de las escaleras que convergen en esta zona, lo que descarga en la medida de lo posible el uso de los elevadores. **Las soluciones de climatización del edificio y el uso de las escaleras interiores forman parte del criterio general de ahorrar energía en todos los rubros de las ingenierías.**

Las instalaciones necesarias en cada nivel del edificio, viajan horizontal y verticalmente a través de los ductos que están a la vista, para facilitar posibles reparaciones y modificaciones, así como para implementar, en su momento, nuevas tecnologías. Dicho sistema de ductos, forma parte de la estética interior y exterior del edificio. Al ponente y colindando con el edificio, se localiza una bella hondonada con jardín, que funciona como vaso pluvial regulador de la zona. A este lugar se verterán las aguas de lluvia captadas por la nueva construcción.

En relación con los espacios para trabajo, se ha procurado que el diseño particular de los interiores sea flexible, y lo más amable y confortable posible, tomando en cuenta que tanto los investigadores del Instituto como los de las empresas asociadas pasan muchas horas concentrados en sus lugares de trabajo y particularmente frente a una computadora, por lo cual el mobiliario requiere ciertas condiciones específicas de diseño.

Desarrollo del proyecto arquitectónico



Desde el principio, el proyecto para este edificio fue realizado con participación multidisciplinaria. El programa de trabajo se desarrolló a partir de la definición de necesidades, para formular las propuestas y procedimientos que llevaron a soluciones constructivas, siempre con la colaboración simultánea y coordinada de un grupo formado por arquitectos, ingenieros civiles, especialistas en manejo ambiental y climático, ingenieros electromecánicos, expertos en informática, diseñadores industriales y artistas plásticos.

Por su forma y construcción, el edificio es muestra de los últimos avances tecnológicos. El concepto estructural aprovecha las características del terreno. Los tres primeros niveles forman una base de hormigón armado que sustenta una estructura superior de acero con columnas y armaduras de alma abierta. Los entrepisos trabajan como membranas para resistir los esfuerzos por sismos y son de lámina metálica con un recubrimiento de concreto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se estudió cómo controlar la insolación, lo que se logra en las fachadas por medio de balcones, cancelerías con doble cristal y una dosificación de áreas transparentes y paramentos opacos. El sistema se reforzará con sensores que determinarán el movimiento de cortinas con sombra variable para regular la incidencia solar, al tiempo que los colectores solares trabajarán en la azotea para calentar el agua de los baños.



Todas las uniones de los elementos metálicos de la estructura se ligan como conductores eléctricos para formar una jaula conectada a tierra física. Dos ductos verticales servirán para alojar el cableado eléctrico y otras instalaciones. Las líneas y cableados en sentido horizontal se llevarán por un "lumiducto" bajo los entrepisos, conectarán directamente a las luminarias y subirán para la red de tomas del piso siguiente

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VII.6. Conclusiones.

En un **Edificio Inteligente** las acciones para hacerlo más práctico, funcional y ahorrar energía eléctrica, se justifican plenamente a través de los beneficios recibidos por el usuario.

Debe entenderse que, de acuerdo con la filosofía de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía, se puede considerar **ahorro exclusivamente aquella disminución en el consumo que no disminuya la calidad de vida del usuario**. Es de vital importancia tomar en cuenta que el sistema de iluminación interactúa con el resto de los equipos eléctricos dentro del sistema de distribución, por lo que cualquier modificación al diseño original repercutirá en el consumo de energía, la demanda, la factura eléctrica y en todos los sistemas y equipos instalados, desde el transformador hasta el punto terminal de la instalación.

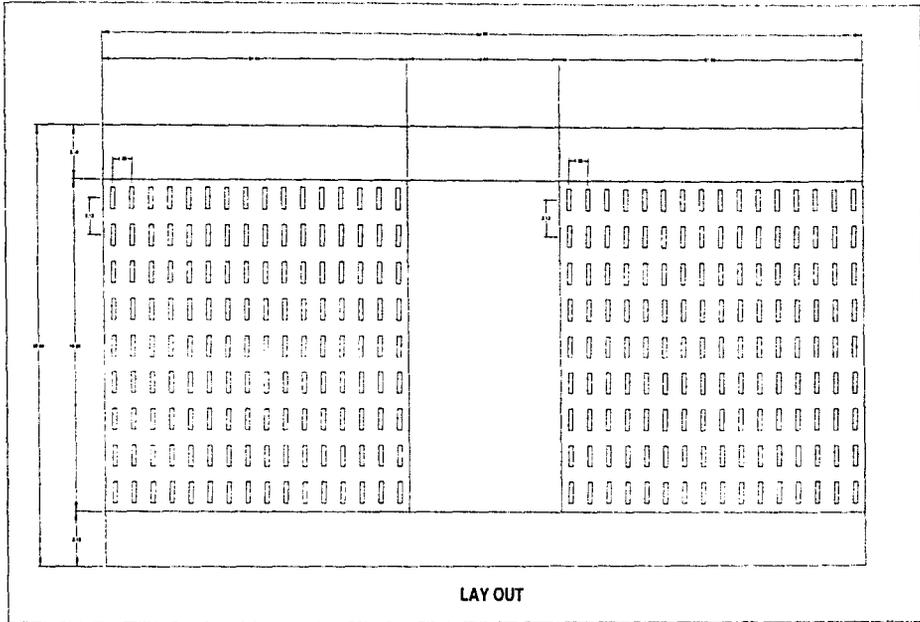
Para determinar la calidad de vida ó de las actividades por concepto de **iluminación** se requiere de un cuidadoso análisis de las condiciones existentes, de las recomendadas institucional y normativamente y de las propuestas para ahorrar energía. Esto implica la aplicación de conceptos y criterios especializados en luminotecnia. El equipo y los métodos de medición en campo y en laboratorio deben ser también los aprobados por la normatividad nacional e internacional, con el objeto de que las lecturas obtenidas sean confiables y reproducibles. Es un error frecuente entre usuarios, proyectistas e incluso algunos consultores pensar que los estudios en sistemas de iluminación son triviales.

Por otra parte **los equipos de Control y Automatización** desempeñan un papel fundamental en un Edificio Inteligente, por está razón se tuvo especial cuidado en la selección de estos equipos para los diferentes sistemas electromecánicos de la Torre de Ingeniería. Buscando fundamentalmente, que estos originarán que los equipos electromecánicos que darán servicio al edificio, tuvieran la mayor eficiencia posible contribuyendo esto aún mayor ahorro energético, sin que esto afectara la calidad de vida y confort de los usuarios.

Finalmente mencionaremos que se selecciono equipos que en el momento de construcción del edificio estos son los mas adecuados para los diferentes sistemas. Sin duda alguna, que con el paso del tiempo surgirán nuevos equipos con mayor eficiencia debido al gran avance tecnológico, por lo que seguramente aparecerán nuevos productos en el transcurso de los años.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



LAY OUT

NOMENCLATURA		SIMBOLOGIA		MODIFICACIONES	FECHA	INSTITUTO DE INGENIERIA	
			LUMINARIO 2X32 WATTS			<small>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</small> UNAM	
						<small>GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA ELÉCTRICA</small> PLANO ELECTRICO	
						1-01	
						<small>PROYECTO</small> <small>ELABORADO POR</small> <small>FECHA</small>	

BIBLIOGRAFIA

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999; Relativa a las Instalaciones Destinadas al Suministro y uso de la Energía Eléctrica, México, D.F. 1999.
- Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-1995; Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios No Residenciales, México, D.F. 1995.
- Enríquez Harper, Gilberto. *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*, Ed. Limusa, México, D.F. 1985.
- López Monroy, Guillermo. *Sistemas de Tierra, En Redes de Distribución*.
- Martín, José Raúl. *Diseño de Subestaciones Eléctricas*, UNAM. Facultad de Ingeniería, México 2000.
- Pérez Amador Barrón, Víctor. *Generadores, Motores y Transformadores Eléctricos*, Facultad de Ingeniería. División de Ingeniería Mecánica Industrial. México.
- Tao William K., Richard R. Janis. *Manual de Instalaciones Eléctricas y Mecánicas en Edificios*, Tomos I y II, Prentice Hall, México 1998.
- García, Carlos. *Ahorro de Energía*, Genertek, S.A. de C.V., México.
- Ramírez Rivero, Alex G. *Ahorro de Energía en Sistemas de Iluminación*, Genertek, S.A. de C.V., México 1996.
- Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación. *Curso Básico de Iluminación de la Illuminating Engineering Society of North America*, México 1976.
- Catalogo SELMEC. *Subestaciones Eléctricas, Plantas de Emergencia y Transformadores*, México. México 1999.
- Catalogo General SIEMENS. *Tableros y Subestaciones Compactas*, México 1997.
- Catalogo General GE Industrial Systems. *Subestaciones Compactas*, México 1997.
- Catalogo SQUARE D. *Subestaciones Compactas S-2 Clase 6040*, México 2000.
- Catalogo SQUARE D. *Tableros de Distribución QD Pact Logic*, México 2001.
- Catalogo SQUARE D. *Tableros de Alumbrado Inteligentes Powerlink AS*, México 1998.
- Catalogo Telemecanique. *Variadores de Velocidad ALTIVAR 16*, México 1997.
- Catalogo General CONDUMEX, *Cables de Energía y Control*, México 2000.
- Catalogo CROUSE-HINDS. *Sistemas de Soporte para Cables*, México 1998.
- Catalogo General de especificaciones PHILIPS. *Iluminación*, México 1998.
- Catalogo General de Luz OSRAM. *Iluminación*, México 1997.

Catalogo CROUSE-HINDS. Iluminación, México 1998.

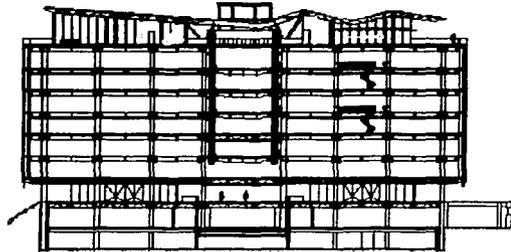
Catalogo General AMESA. Sistemas de Pararrayos y Tierra Física, Proyectos e Instalaciones, México 2000.

Descripción general de espacios

La Torre de Ingeniería consta de nueve niveles sobre el piso, una bodega en el sótano y una terraza cubierta.

Planos

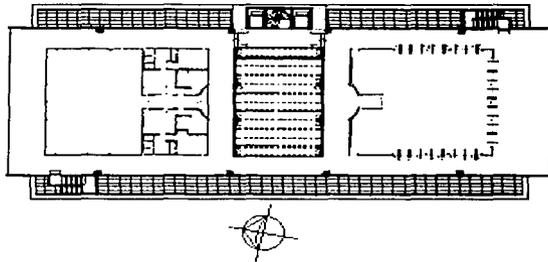
- Terraza Superior
- Niveles Tipo
- Niveles de Acceso y Auditorio
- Nivel Sótano



Arquitectos

El Proyecto de la Torre de Ingeniería fue desarrollado por los arquitectos Luis Sánchez Renero, Félix Sánchez Aguilar, Gustavo López Padilla, Fernando Mota Fernández, Álvaro Díaz Escobedo y Raúl González Martínez.

Terraza Superior



Planta N+3000

PLANTA DE AZOTEAS

AREAS	en m ²
VESTIBULO	19.30
GINNASIO	166.30
VESTIDORES	88.70
CAFETERIA	176.20
SERVICIOS (cocina, bar)	43.80
TERRAZA PERIMETRAL	495.05
TOTAL	989.40

La terraza superior se ubica bajo una cubierta ligera y dinámica, la cual albergará una sala de profesores y posiblemente un comedor para dar servicio en eventos especiales como seminarios, congresos, cursos, etc.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Niveles Tipo

En el primer nivel se ubican un vestíbulo general de acceso, el área de cafetería y la zona para exposiciones temporales.

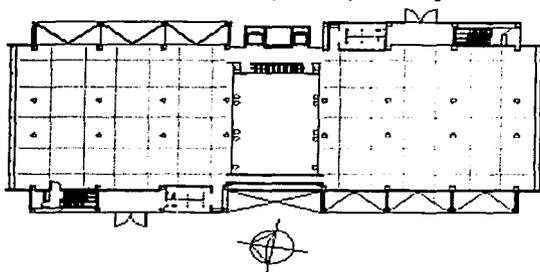
El segundo nivel consiste en una plaza de distribución central y dos zonas laterales con cubículos de trabajo, y salas de reunión; tiene servicios sanitarios, así como zonas de apoyo para alojar y permitir el paso de instalaciones.

En el tercer nivel el espacio central queda vacío, con vista hacia el segundo nivel. Este piso tiene dos zonas laterales para cubículos de trabajo, así como servicios sanitarios y zonas de apoyo para instalaciones.

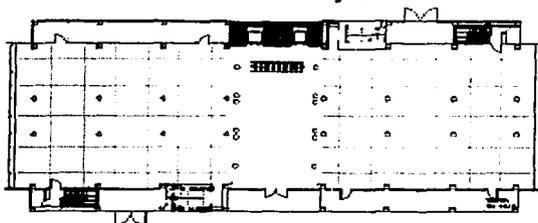
En el cuarto nivel se dispone de una zona central o atrio, que dispone de cuatro alturas; dos zonas laterales para alojar cubículos de trabajo, servicios sanitarios y zonas de apoyo para instalaciones.

Los niveles quinto, sexto y séptimo, presentan un central, que da al atrio ubicado en el cuarto nivel, y dos zonas laterales con cubículos de trabajo. Se consideran también los sanitarios respectivos y zonas de apoyo para alojar instalaciones.

Plantas N+1170, 1890, 2250 y 2610



Plantas N+810 y 1530



PLANTAS DE OFICINAS

AREAS	en m ²
SERVICIOS	632.40
CIRCULACIONES	405.90
TERRAZAS	819.00
ATRIOS	378.50
ELEVADORES	38.60
PATIOS INTERIORES	128.55
AREA UTIL	5,640.40
TOTAL	8,043.35

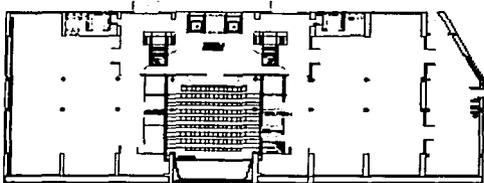
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Niveles de Acceso y Auditorio

Al nivel del terreno, se dispone de un auditorio con capacidad para 127 usuarios cómodamente sentados, sala de traducción, cabina de control, sala de espera para expositores y, además, dos salas de usos múltiples que pueden ser divididas hasta en 16 espacios. Se cuenta con servicios sanitarios, un vestíbulo de distribución, lugares para almacenamiento y zona para ubicar equipos e instalaciones.

En este mismo nivel y hacia la fachada poniente, hay 370 m² para servicios y archivos, un espacio para alojar las instalaciones de Sismex, de 145 m², y el laboratorio de túnel de viento del Instituto, que está integrado a la Torre de Ingeniería.

Planta N±00



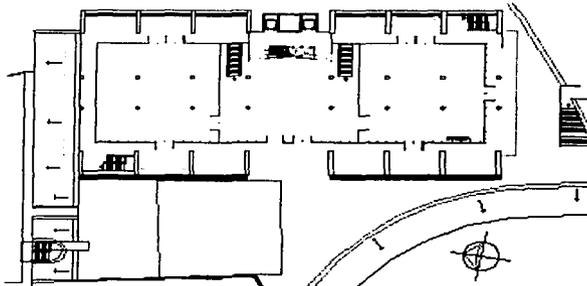
AREAS PLANTA BAJA

en m²

VESTIBULO	245.75
AUDITORIO	211.75
USOS MULTIPLES	1,183.65
BAÑOS	60.05
ELEVADORES	21.30
subtotal	1,172.55

AREA UTIL 5,640.40

Planta N+420



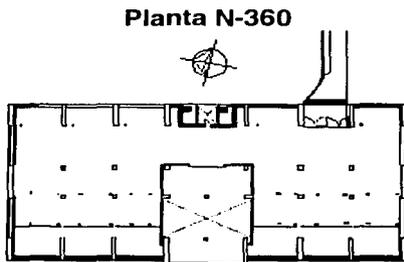
PLANTA DE ACCESO

SALA DE EXPOSICIONES	252.75
CAFETERIA	255.00
VESTIBULO GENERAL	45.85
VESTIBULO OFICINAS	21.30
ELEVADORES	33.35
ESCALERAS	540.50
PLAZA DE ACCESO	1,401.50

TOTAL 8,043.35

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Nivel Sótano



SOTANO

AREAS	en m ²
ESTACIONAMIENTO	1,000.40
BODEGAS	405.05
ELEVADORES	21.30
TOTAL	1,436.25

El sótano cuenta con un estacionamiento con veintinueve cajones estándar, de 5 m de largo cada uno, con un área total de 1,000 m² donde están también ubicadas varias bodegas.

Servicios

Los jardines y áreas verdes de Ciudad Universitaria y los amplios espacios interiores, brindarán confort para el desarrollo de las labores de investigación. La base del proyecto ha sido la funcionalidad.



El inmueble cuenta con un auditorio para 127 espectadores, 2 salones de usos múltiples que pueden convertirse en 8 salas de trabajo.

Sala de exposiciones, cafetería y sala de profesores.

Los modernos sistemas pasivos de acondicionamiento ambiental, reciclaje de agua y ahorro de energía integran el proyecto arquitectónico a su entorno ecológico dentro de Ciudad Universitaria.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Ubicación



La Torre de Ingeniería se localiza en Ciudad Universitaria, 200 m al oriente de la alberca universitaria, en el centro del corredor que une a los edificios de la Facultad y el Instituto de Ingeniería, exactamente en el predio que ocuparon las bodegas y talleres del Instituto. Abarca un área que mide 25.5 m en dirección este-oeste y 54 m en dirección norte-sur.



Vista panorámica de la Torre desde la Facultad de Ingeniería

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 250-95. Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	---
20	3,307 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2000	126,7 (250)	202,7 (400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7 (400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37 (800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37 (800)	608 (1200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)

Nota: Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en este Tabla.

Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal AWGkcmil
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	---	---	14	---	---	---	18
1,307	---	---	18	---	---	---	16
2,082	20*	20*	25*	---	---	---	14
3,307	25*	25*	30*	---	---	---	12
5,26	30	35*	40*	---	---	---	10
8,367	40	50	55	---	---	---	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
456,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	665	405	485	545	1250
760,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	665	750	470	560	630	2000

FACTORES DE CORRECCION

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

Tabla 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)

Tamaño nominal mm	Diámetro interior mm	Área interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	9879	5778	7456

Tabla 10-5 (continuación 1) Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos

Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aproximado mm	Area aproximada mm ²
	mm ²	AWG		
SF-2, SFF-2	0,8235	18	3,07	7,42
	1,307	16	3,38	8,97
	2,082	14	3,76	11,1
SF-1, SFF-1	0,8235	18	2,31	4,19
RFH-1, AF, XF, XFF	0,8235	18	2,69	5,16
AF, TF, TFF, XF, XFF	1,307	16	3,00	7,03
AF, XF, XFF	2,082	14	3,38	8,97
Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF				
RHH*, RHW*, RHW-2* AF, XF, XFF RHH*, RHW*, RHW-2*	2,082	14	4,14	13,5
	3,307	12	4,62	16,8
	5,26	10	5,23	21,5
TW, THHW, THHW-LS THW, THW-LS THW-2	8,367	8	6,76	35,9
	2,082	14	3,38	8,97
	3,307	12	3,86	11,7
	5,6	10	4,47	15,7
	8,367	8	5,99	28,2
	13,3	6	7,72	46,8
TW THW THW-LS THHW THHW-LS THW-2 RHH* RHW* RHW-2*	21,15	4	8,94	62,8
	26,67	3	9,65	73,2
	33,62	2	10,5	86,0
	42,41	1	12,5	123
	53,48	1/0	13,5	143
	67,43	2/0	14,7	169
	85,01	3/0	16,0	201
	107,2	4/0	17,5	240
	126,67	250	19,4	297
	152,01	300	20,8	341
	177,34	350	22,1	384
	202,68	400	23,3	427
	253,35	500	25,5	510
	304,02	600	28,3	628
	354,69	700	30,1	710
	380,03	750	30,9	752
	405,37	800	31,8	792
456,04	900	33,4	875	
506,71	1000	34,8	954	
633,39	1250	39,1	1200	
760,07	1500	42,2	1400	
886,74	1750	45,1	1598	
1013,42	2000	47,8	1795	