



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INFLUENCIA DE LAS NORMAS EN EL USO  
EFICIENTE DE ENERGIA EN CU

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

PRESENTAN

*ALEGRÍA CAMPOS JUAN MANUEL*

*HUERTA CRUZ ARTURO*

*MELGAREJO RAMÍREZ ALEJANDRO*



CIUDAD UNIVERSITARIA, D.F. ABRIL 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## AGRADECIMIENTOS

A todos nuestros profesores

*“El objeto más noble que puede ocupar el hombre es ilustrar a sus semejantes”*

A los muchachos del PAE por siempre tener un buen consejo para nosotros y compartir sus conocimientos.

Al Ing. Augusto por haber confiado en nosotros para la realización de este trabajo.

A todos los miembros de nuestro jurado por enriquecer este trabajo.

Y nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo. En especial un profundo agradecimiento a la Ing. Silvina Alonso Salinas por habernos abierto las puertas del PAE, por todos los consejos que nos brindó a lo largo de nuestra estancia, por todas las enseñanzas y sobre todo por el apoyo brindado y ser parte fundamental para la realización de esta tesis.

*“A nuestra querida UNAM y Facultad de ingeniería”*

## DEDICATORIA

Sé que con estos pequeños párrafos no expresaré enteramente mi gratitud y mi cariño por todo el apoyo que me han brindado, por compartir mis éxitos y por darme palabras de aliento en los fracasos.

A Susana por ser mi madre te estoy agradecido por el esfuerzo que hiciste para poder sacarnos adelante, me demostraste ser una persona valiente por haber afrontado el reto de ser padre y madre, me siento orgulloso de ser tu hijo y siempre has sido mi principal motivación para lograr mis objetivos.

Adriana a ti te doy las gracias por haber sido como una segunda madre para mí, siempre me has demostrado tu afecto y por apoyarme a ser quien soy, te agradezco por estar a nuestro lado todos estos años siempre compartiendo los buenos y malos momentos.

A mi familia, que siempre me ha demostrado su afecto y me han motivado a seguir adelante con sus consejos y sus enseñanzas, especialmente a mis tíos y primos, que siempre me brindaron su cariño y me han motivado a seguir adelante, de cada uno de ellos aprendí distintos valores y cualidades que fui tomando y ahora son parte de mi personalidad, no me queda más que estar agradecido con ellos y con la vida que no me dio un sólo padre sino varios.

A José Guadalupe que siempre me ha escuchado, consentido, brindado sus consejos y apoyando mis decisiones, me enseñaste que uno debe ser honesto consigo mismo y siempre estar seguro de las decisiones que se toman. Gracias por apoyarme en todos los momentos de mi vida y ser un ejemplo para mí.

A mis amigos

Daniela gracias por los momentos que me has regalado en estos años, y por la paciencia que me tuviste en la realización de este trabajo.

Juan Manuel y Arturo no me queda más que agradecerles por los años que compartimos, y por los buenos momentos que vivimos juntos.

Carla y Nataly, dos de mis amigas a las que más quiero, gracias por los buenos momentos que he vivido a su lado.

Alejandro Melgarejo Ramírez

Este trabajo va dedicado principalmente a mis dos grandes pilares que tengo en esta vida, que sin ellas yo no estaría en este punto de mi vida.

A ti mamá por haberme dado la vida, por estar siempre a mi lado, por ser una gran mujer, por haberme sacado adelante a pesar de todas las adversidades que la vida te puso y sobre todo por nunca darte por vencida, por tener siempre un consejo cuando lo necesite, por todo tus esfuerzos para sacarme adelante y siempre darme lo mejor. Te Quiero mucho mamá y soy inmensamente feliz de poder ser tu hijo.

A ti Carmiña por habernos abierto las puertas de tu corazón y aceptarnos en tu vida, por todo el cariño que me diste a mí y a mi mamá, por querernos tanto, por todos los consejos, alegrías y enseñanzas que nos diste, y a pesar que ya no puedes estar entre nosotros, ocupas un gran lugar en mi corazón. Gracias por todo y sé que estés donde estés estas muy orgullosa de mi.

Gracias a las dos que yo sin ustedes este largo camino hubiera sido más difícil y complicado. Que Dios las bendiga a las dos.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a todas esas personas que siempre han estado ahí para apoyarme y confiado en mí.

Viri gracias por todos tus consejos y alegrías que me has dado, Dani por siempre ser una gran persona conmigo y uno de mis mejores amigos, Alex por el simple hecho de ser uno de mis mejores amigos, Toñito por ser un gran amigo conmigo, Memo por todos tus consejos y siempre confiar en mí, Mauro por todos los buenos momentos que hemos compartido, Flor por ser mi mejor amiga y siempre darme un sabio consejo cuando lo he necesitado, Gemma por escucharme y ser mi amiga y también a ustedes Juan Manuel y Alejandro por haber confiado en mí para la realización de este trabajo y por todas las experiencias y risas que hemos tenido a lo largo de estos años.

Arturo Huerta Cruz

Por supuesto a mi Mamá,  
tu fuerza y tu amor me guiaron,  
y me dieron alas para volar. Te amo Coco.

Para mi familia, Socorro, Ale, Adrián,  
Carmen, Eliseo, Servando y Andrea.  
*"...pues donde esté vuestro tesoro,  
ahí estará también vuestro corazón"*

Para mis amigos.  
*"Un hermano puede no ser un amigo,  
pero un amigo será siempre un hermano"*

Juan Manuel Alegría Campos.

**Contenido**

INTRODUCCIÓN .....	8
JUSTIFICACIÓN .....	10
OBJETIVOS .....	12
CAPÍTULO 1 METODOLOGÍA Y CONCEPTOS BÁSICOS.....	13
1-1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	16
1-2 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	17
1-3 PROYECTO ELÉCTRICO.....	21
1-4 PROYECTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO .....	23
1-5 DEFINICIONES COMPLEMENTARIAS .....	24
1-6 MÉTODOS DE CÁLCULO .....	27
CAPITULO 2 FACULTAD DE DERECHO, POSGRADO DE DERECHO .....	40
2-1 HISTORIA .....	40
2-2 DIAGRAMA UNIFILAR .....	43
2-3 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	43
2-4 SISTEMA DE TIERRAS.....	45
2-5 TABLEROS DERIVADOS.....	52
2-6 ALIMENTADORES .....	57
2-7 SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	61
2-8 SISTEMA CONTRA INCENDIO .....	63
2-9 OBSERVACIONES .....	66
2-10 RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA. ....	72
2-11 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.....	74
CAPITULO 3 FACULTAD DE QUIMICA, EDIFICIO A.....	85
3-1 HISTORIA .....	85
3-2 DIAGRAMA UNIFILAR .....	87
3-3 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	88
3-4 TABLEROS DERIVADOS.....	92
3-5 CONTACTOS Y FUERZA.....	97
3-6 ALIMENTADORES .....	97
3-7 SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	107

---

3-8 OBSERVACIONES .....	108
3-9 RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACION ELECTRICA. ....	114
3-10 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.....	121
CAPITULO 4 ANALISIS COMPARATIVO DE LA INFORMACIÓN .....	133
4-1 CARGA DE ILUMINACIÓN .....	134
4-2 DESBALANCE DE FASES EN TABLEROS .....	135
4-3 FACTOR DE POTENCIA.....	136
4-4 DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA DE ALUMBRADO (DPEA).....	136
4-5 PÉRDIDAS EN CONDUCTORES .....	137
CAPITULO 5 CONCLUSIONES GENERALES.....	140
APÉNDICE A.....	143
PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD .....	143
PECNOM-001 POSGRADO DE DERECHO .....	143
PECNOM-007 POSGRADO DE DERECHO .....	149
PECNOM-001 FACULTAD QUIMICA DE EDIFICIO “A” .....	153
PECNOM-007 FACULTAD DE QUIMICA EDIFICIO “A” .....	157
APÉNDICE B .....	160
ARTÍCULOS UTILIZADOS DE LA NOM-001-SEDE-2005.....	160
APÉNDICE C.....	190
PLANOS POSGRADO DE DERECHO .....	190
APÉNDICE D.....	203
PLANOS EDIFICIO A, FACULTAD DE QUÍMICA .....	203
BIBLIOGRAFÍA Y MESOGRAFÍA.....	211

## INTRODUCCIÓN

La energía es un factor determinante para el desarrollo de los países. Sin energía no pueden desarrollarse ni crecer la industria y el comercio. Ahorrar y usar eficientemente la energía eléctrica, no son sinónimo de sacrificar o reducir nuestro nivel de bienestar o el grado de satisfacción de nuestras necesidades cotidianas.

Sin embargo, lo que mucha gente desconoce es que buena parte del consumo de energía ocurre en forma de desperdicio, generalmente causado por la disipación de calor de los cables y terminales de una instalación eléctrica.

El diseño de instalaciones con la ausencia de normalización sobre eficiencia energética, recomendaciones vigentes, el aumento de equipos eléctricos y electrónicos, desbalance de fases, transformadores subdimensionados, equipos y materiales que no cuentan con materiales de calidad y la falta de un mantenimiento adecuado son causas del uso ineficiente de la energía.

La normalización data de 1928 con la aparición de la Ley de pesas y medidas, en 1945 se expide la Ley de normas industriales, el 1961 aparece la Ley general de normas, pesas y medidas y en 1988 se emite La ley federal sobre metrología y normalización. Hasta ese momento, las normas eran consideradas Normas Oficiales Mexicanas y a partir del 1 de Julio de 1992 con la aparición de nueva ley federal sobre metrología y normalización, las normas comienzan a clasificarse dentro de dos grupos: Normas Oficiales mexicanas y Normas mexicanas, las primeras de obligado cumplimiento y las segundas de carácter voluntario.

Algunos beneficios que se han logrado con estos cambios en el sector eléctrico son el contar con productos e instalaciones más seguras, eficientes, confiables, y el fortalecer las estructura de la normalización y de la evaluación de conformidad.

Cabe mencionar que las normas más utilizadas fueron hechas para ofrecer los requerimientos mínimos de seguridad al usuario, pero al ser aplicadas de forma correcta podemos utilizarlas para tener instalaciones que contribuyan a un mejor manejo de energía y por ende en instalaciones más eficientes.

El manejo de la energía implica ingeniería, diseño, aplicaciones, utilización y en cierta medida la operación y mantenimiento del sistema eléctrico para proveer el uso óptimo de la energía. *Óptimo* en este caso se refiere al diseño o modificación de un sistema para tener un consumo global de energía mínimo donde el potencial o verdadero ahorro energético estén justificados en un beneficio de bajo costo. La optimización también involucra factores como el confort, condiciones de trabajo adecuadas, aspectos prácticos de la productividad, estética del espacio, y relaciones públicas.

Los problemas más comunes que se presentan en una instalación eléctrica son los siguientes:

- Transformadores sobredimensionados lo cual provoca un bajo factor de potencia y eficiencia.
- Tableros con puntos calientes y circuitos compartidos. En algunos tableros la falta de mantenimiento provoca que se tengan conexiones ineficientes que se convierten en puntos calientes y desperdicios de energía. Es común encontrar que la ampacidad de los cables y la corriente nominal de los interruptores no concuerden, provocando altas temperaturas generando mayores pérdidas y reducción de vida de los aislamientos.
- La instalación defectuosa contribuye a producir ruido, incertidumbre de encendido y calentamiento anormal de lámparas y balastos.
- Un luminario con diseño térmico defectuoso o con montaje que no permite un buen enfriamiento, provoca que el balastro trabaje a mayor temperatura, aumentando las pérdidas y haciendo que las lámparas reduzcan su eficiencia al rebasar su punto óptimo de temperatura de trabajo.

Por último cabe mencionar que la Universidad debido a su magnitud se enfrenta a la problemática de proporcionar servicios de energía eléctrica es por ello la necesidad de usar eficientemente la energía eléctrica en la UNAM, aunque se acepta como enunciado, no siempre se lleva a cabo en la práctica, debido a la antigüedad de las instalaciones de varias dependencias universitarias y a los cambios que han sufrido al paso del tiempo.

## JUSTIFICACIÓN

El desperdicio de energía es un problema que tiene dos causas principales: ineficiencia de las instalaciones (incluyendo equipos) y un uso irracional de la energía. Una de las consecuencias es el aumento de las pérdidas por efecto Joule. Estas pérdidas son función de la corriente y la resistencia ( $I^2R$ ) que ocurren en transformadores, sistemas de distribución, circuitos terminales y motores, generalmente por operar fuera de las condiciones del proyecto.

El diseño de instalaciones con la ausencia de normalización sobre eficiencia energética, normas y recomendaciones vigentes, el aumento de equipos eléctricos y electrónicos, desbalance de fases, equipos que no cuentan con materiales de calidad y la falta de un mantenimiento adecuado son causas del uso ineficiente de la energía.

Otro factor es el uso de sistemas de alumbrado obsoletos; los cuales pueden ser sustituidos por tecnologías más eficientes que a su vez redundan en un ahorro de energía. Cabe mencionar que el conjunto lámpara-balastro presenta un factor de potencia entre 0.5 y 0.98 dependiendo de la tecnología, pudiendo contribuir a disminuir el factor de potencia general de la instalación dependiendo de la cantidad de luminarios.

La inversión que se hace con la adquisición de productos y equipos eficientes proporciona retornos en poco tiempo en la forma de reducción de los gastos de energía, siempre y cuando se haga un análisis comparativo de equipos y tecnologías determinando la opción más adecuada para las condiciones del proyecto.

Conscientes de la importancia que tiene para los usuarios de energía eléctrica obtener beneficios económicos y ambientales, se presenta un análisis que pretende coadyuvar al uso eficiente de la energía, permitiendo:

- Mejorar la economía.
- Reducir gastos en energía y ahorrar dinero para otras actividades.
- Proteger el ambiente.

- Reducir la dependencia de combustibles.
- Contar con instalaciones eficientes que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades.

Actualmente la carga de alumbrado representa un punto de oportunidades para establecer niveles de eficiencia energética en términos de densidad de potencia eléctrica para alumbrado.

Para responder a las necesidades técnicas que requieren la utilización de las instalaciones eléctricas se cuenta con las normas oficiales mexicanas las cuales establecen parámetros de diseño, especificaciones y lineamientos que deben cumplir las instalaciones para brindar calidad y seguridad a los usuarios. Partiendo de este hecho se pretende analizar si con el cumplimiento de las normas se logra un uso eficiente de energía eléctrica al disminuir las pérdidas en terminales de equipo, conductores, y toda la instalación en general.

Uno de los objetivos finales es la identificación de medidas técnicas que sean rentables y prácticas para el uso eficiente de la energía eléctrica dentro de Ciudad Universitaria.

## OBJETIVOS

- Revisar las instalaciones eléctricas de algunas dependencias universitarias y verificar su cumplimiento con las normas oficiales.
- Ampliar los criterios de aplicación de las normas para complementar su uso al utilizarlas como normas que brinden a las instalaciones el beneficio extra del uso eficiente de energía.
- Aumentar las exigencias respecto a la normatividad actual y realizar una comparación entre las antiguas instalaciones contra nuevas o remodeladas que cumplan con la normatividad vigente.
- Buscar dar un enfoque más amplio de las normas con el fin de facilitar su comprensión para posteriormente aplicarlas de forma correcta y hacer conciencia en el usuario de la importancia que tiene su utilización.

## CAPÍTULO 1

### METODOLOGÍA Y CONCEPTOS BÁSICOS

#### 1. Selección de los edificios.

Para el análisis que se propone se seleccionaron dos dependencias universitarias bajo los siguientes criterios:

- Un edificio nuevo de forma que cumpliera con la normatividad actual y sirviera como base de comparación.
- Un edificio cuyas instalaciones tuvieran más de 20 años de operación y presentara irregularidades respecto a la normatividad vigente.

#### 2. Levantamiento eléctrico.

El levantamiento de cargas eléctricas en el edificio consiste en cuantificar todos los equipos consumidores de energía eléctrica, anotar la demanda eléctrica que la placa datos especifica. El censo o levantamiento de cargas se lleva a cabo por cada uno de los edificios a analizar.

Para conocer el comportamiento energético de los edificios, es necesario llevar a cabo mediciones de parámetros eléctricos y analizar toda esa información con el fin de obtener, en una primera aproximación las curvas características por uso final, factor de carga y patrones de uso.

Esto nos permite ir corrigiendo las estimaciones de los parámetros de los usos finales de la energía por actividad propia del edificio e ir recreando a través de las curvas de carga diaria el comportamiento energético de los edificios, con el fin de obtener un modelo de comportamiento energético y predecir el impacto en el consumo de energía y demanda al variar cualquier uso final del edificio.

Se debe tener en cuenta el envejecimiento de las instalaciones eléctricas, debido a las deficiencias que se presentan como: fugas de energía, pérdidas de aislamiento, aumento de la carga demandada y como consecuencia en la facturación, operación inadecuada de interruptores, deterioro de equipos, entre otros.

El levantamiento de datos es la etapa de mayor importancia para el buen desarrollo del estudio, debido a que las subsecuentes etapas están fundamentadas en ella.

Se utilizaron como referencias las normas oficiales mexicanas: NOM-001-SEDE-2005 y NOM-007-ENER-2004; la primera contempla las especificaciones y lineamientos mínimos que deben satisfacer las instalaciones eléctricas con la finalidad de garantizar la seguridad de los usuarios y sus propiedades, la segunda establece los niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado con que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones o modificaciones con la finalidad de hacer un uso eficiente de energía por medio de la optimización de diseños y utilización de equipo que aumente la eficiencia energética al mismo tiempo que se cuente con los niveles de iluminancia requerida.

### 3. Medición de niveles de iluminación.

Adicionalmente, se miden los niveles de iluminación por cada edificio con un equipo especializado, luxómetro, con el fin de seleccionar por medio de un muestreo las áreas por tipo de actividad. Los valores de niveles de iluminación promedio obtenidos son comparados con la normatividad vigente nacional. Asimismo, se analiza su correlación con el índice de potencia por área en iluminación interior.

### 4. Análisis de Información

Una vez terminada la etapa de medición y recopilación de información se procede al análisis con base en las normas oficiales para verificar su cumplimiento conforme a los procesos de evaluación de conformidad correspondientes.

De la información recabada en la medición de parámetros eléctricos es identificada la demanda máxima y el consumo estimado mensual, así mismo y con la información de planos se obtiene la superficie construida y los indicadores energéticos de consumo y demanda.

De los resultados obtenidos se llevan a cabo ajustes ya sea por horas de uso reportadas o por la demanda de los equipos anotada. Asimismo, se hacen consideraciones por uso, especialmente por sistema o usos finales de la energía.

De las mediciones de nivel de iluminación por dependencia se lleva a cabo un muestreo de los recintos más representativos por tipo de actividad y nuevamente se miden los niveles. Los resultados son correlacionados con el indicador energético de potencia por área en iluminación.

Del levantamiento eléctrico se identifican los circuitos o tableros que están destinados a un sistema para conectar un equipo de medición de parámetros eléctricos, comprobando las estimaciones teóricas.

Para el cálculo del punto de eficiencia máxima de operación de un transformador, de acuerdo a la carga demandada; nos basamos en las tablas 1 y 2 de la NOM-002-SEDE-2007 *“Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución”* con los cuales nos es posible determinar las pérdidas en vacío, las pérdidas debidas a la carga y las pérdidas totales de un transformador, con el fin de obtener un punto en el cual el transformador pueda operar con la eficiencia máxima de acuerdo a su capacidad y a la carga demandada.

## 5. Diagnóstico Energético

El gran consumo de energía eléctrica en edificios representa una importante área de oportunidad para el ahorro. El continuo crecimiento de cargas en las instalaciones existentes y la falta de mantenimiento adecuado, son causas del uso ineficiente de la energía en este tipo de inmuebles.

Un diagnóstico energético es la aplicación en conjuntos de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia con el que se utiliza la energía; con lo anterior se establece el punto de partida para la implementación de un programa de ahorro de energía.

Existen tres grados de diagnósticos energéticos:

Primer grado: Detectar medidas de ahorro de manera inmediata es decir de forma usual, inspección visual del estado de conservación de las instalaciones y los equipos, análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan a cabo en la instalación.

Segundo grado: Abarca el diagnóstico de manera visual, más el análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos con el objeto de establecer variaciones de eficiencia.

Tercer grado: Análisis con equipos de medición y control.

## **1-1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

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 utilicen. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, sensores, dispositivos de control, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes.

Las instalaciones pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos) o una combinación de ellos.

Objetivos de una instalación.

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además algunas de las características que deben de poseer son:

- Confiables.
- Eficientes.
- Económicas.
- Flexibles.
- Simples.
- Seguras.

## **1-2 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

### **Acometida**

Se entiende por el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también se puede entender como la línea aérea o subterránea según sea el caso que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición.

### **Acometida Aérea**

Conductores de entrada de acometida, sistema aéreo, que van desde el último poste u otro soporte aéreo hasta un conector, incluyendo los empalmes, si existen, a los conductores de entrada de acometida en un edificio u otra estructura.

### **Acometida subterránea**

Conductores de acometida subterránea entre la calle principal, incluyendo conductores verticales a un poste u otra estructura o desde el(los) transformadores y el primer punto de conexión de los conductores de entrada de acometida en una caja terminal o de punto de medición u otra caja dentro o fuera de la pared de la edificación. Donde no exista caja de terminales o medición u otro punto de conexión se considera ser un punto de entrada al interior de la edificación de los conductores de acometida.

### **Alimentador**

Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separadamente u otra fuente de alimentación y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

### **Circuito derivado**

Conductor o conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la o las salidas finales de utilización.

### **Circuito derivado de uso general**

Circuito derivado que alimenta a diversas salidas para alumbrado y electrodomésticos.

### **Circuito derivado individual**

Circuito derivado que alimenta a un sólo equipo de utilización.

### **Equipos de Medición**

Por equipo de medición se entiende a aquél, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato.

### **Interruptor**

Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente.

### **Interruptor general**

Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.

### **Luminario**

Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica.

### **Motores**

Los motores se encuentran al final de las ramas de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica.

**Planta de Emergencia**

Son elementos que generan energía eléctrica en caso de que el suministro de energía por parte de la compañía suministradora falle, constan de un motor de combustión interna acoplada a un generador de corriente alterna. El cálculo de la capacidad de una planta eléctrica se hace en función con las cargas que deben de operar permanentemente.

**Subestación Eléctrica**

Es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, con el fin de facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica.

**Sistema de Tierras**

Comprende a todos los dispositivos de tierra interconectados dentro de un área específica.

**Transformador**

El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En las instalaciones grandes pueden necesitarse varios niveles de voltaje, lo que se logra instalando varios transformadores (agrupados en subestaciones).

**Capacidad Nominal de un Transformador**

Se define como los KVA que su devanado secundario es capaz de operar por un tiempo específico, bajo condiciones de tensión y frecuencia de diseño sin que la temperatura promedio de su devanado exceda 65 °C, sobre una temperatura ambiente promedio de 30 °C y máxima de 40°C.

**Pérdidas en vacío**

Son las pérdidas que se tienen en el transformador cuando está energizado a tensión y frecuencia eléctricas nominales y sin ninguna carga externa.

**Pérdidas debidas a la carga**

Son las pérdidas que se tienen en un transformador cuando está operando a corriente y frecuencia nominal alimentándolo a la tensión eléctrica de impedancia.

**Pérdidas totales**

Es la suma de las pérdidas en vacío más las pérdidas debidas a la carga (corregidas a 75°C u 85°C, según corresponda el diseño).

**Eficiencia**

La eficiencia expresada en por ciento, es la relación que existe entre la potencia real de salida con respecto a la potencia real de entrada, donde la potencia real de salida es igual a la capacidad nominal del transformador.

**Tablero**

El tablero es un gabinete metálico donde se colocan instrumentos con interruptores arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura confiable y ordenada.

**Tablero general**

El tablero general es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de este se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

**Tablero de alumbrado y control**

Panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección, y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para instalarlo dentro de un

gabinete o caja de cortacircuitos ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente.

**Tablero de distribución**

Panel grande sencillo, estructura o conjunto de paneles donde se montan, ya sea por el frente, por la parte posterior o en ambos lados, desconectadores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los tableros de distribución de fuerza son accesibles generalmente por la parte frontal y la posterior, y no están previstos para ser instalados dentro de gabinetes.

**Tubo (conduit)**

Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

**Unión**

Conexión permanente de partes metálicas, que no lleva corriente normalmente, que forma una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica a la que puedan estar sometidas.

**1-3 PROYECTO ELÉCTRICO**

Planos, memorias técnico-descriptivas y diagramas correspondientes a una instalación que se ha de construir o a partir de los cuales se ha construido.

**Plano Eléctrico**

Representación gráfica de las diferentes partes de una instalación eléctrica incluyendo el sistema de alumbrado.

### **Diagrama Unifilar**

Es la representación gráfica como se encuentran distribuidas las cargas de la instalación eléctrica y su función es esquematizar la distribución de tableros, equipos instalados. Así como mostrar datos principales de los circuitos alimentadores como son calibres de conductores, caída de tensión, longitudes, diámetros de tuberías y características de equipos.

### **Evaluación de la conformidad**

La determinación del grado de cumplimiento con las normas oficiales mexicanas o la conformidad con las normas mexicanas, las normas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características. Comprende entre otros, los procedimientos de muestreo, prueba, calibración, certificación y verificación.

### **Dictamen de verificación**

Documento foliado y elaborado en papel seguridad que emite y firma bajo su responsabilidad la Unidad de Verificación, el cual certifica que una instalación eléctrica cumple con la NOM en un momento dado.

### **Informe técnico**

Documentación que incluye el Proyecto Eléctrico, listas de verificación y, en su caso, los informes de las pruebas y mediciones.

### **Unidad de verificación de instalaciones eléctricas (UVIE)**

La persona física o moral acreditada y aprobada que realiza actos de verificación.

### **Verificación**

La constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio, o examen de documentos que se realizan para evaluar la conformidad con la NOM-001-SEDE-2005 en un momento determinado.

## **1-4 PROYECTO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO**

Conjunto de documentos correspondientes a una instalación del sistema de alumbrado que se ha de construir o a partir de los cuales se ha construido. Los documentos son: planos eléctricos, cuadros carga del sistema de alumbrado, y la memoria de cálculo donde se detallan las densidades de potencia eléctrica por concepto de alumbrado (DPEA), de acuerdo con lo establecido en la NOM-007-ENER-2004; características técnicas de los componentes del sistema de alumbrado (lámparas, balastos, sistemas de control para alumbrado) y el plano general de la edificación que permita determinar el área total iluminada, así como toda la información que pueda ayudar a evaluar el sistema de alumbrado.

### **Carga total conectada para alumbrado**

Es la suma de la potencia en watts, de todos los luminarios y sistemas de iluminación permanentemente instalados dentro de un edificio, para la iluminación general, de acento, localizada, decorativa, etc., incluyendo la potencia del balastro.

### **Densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA)**

Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción; se expresa en  $W/m^2$ .

### **Eficiencia energética (NOM-007-ENER-2004)**

Es la que persigue obtener el máximo rendimiento de la energía consumida, a través del establecimiento de valores límite de la DPEA sin menoscabo del confort psicofisiológico de sus ocupantes.

### **Iluminancia**

Es la luminosidad en un punto de una superficie, se define como el flujo luminoso que incide sobre un elemento de la superficie dividido por el área de ese elemento. La iluminancia esta expresada en lux (lx).

## **1-5 DEFINICIONES COMPLEMENTARIAS**

### **Calidad de la Energía Eléctrica**

Cualquier disturbio en los sistemas de energía eléctrica, que se manifiesta en desviaciones de las condiciones adecuadas de tensión, corriente o frecuencia, lo cual resulta en una falla o una mala operación de equipos.

### **Clasificación a prueba de fuego de una hora en un circuito eléctrico**

Al término de una prueba de una hora aplicado una flama sobre un tubo conduit con conductores, estos y su aislamiento, deben estar intactos y funcionando eléctricamente.

### **Clasificación de resistencia al fuego de una hora en un elemento estructural**

En el caso de un muro sometido a una prueba de resistencia al fuego de una hora, el muro debe evitar que un incendio lo atravesara sin importar el daño al mismo.

### **Conductor desnudo**

Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

### **Conductor de puesta a tierra**

Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a 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, 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 separadamente.

## Desbalances

Los desbalances describen una situación, en la cual las tensiones de una fuente trifásica no son idénticas en magnitud o el desplazamiento entre fases no es de 120 grados eléctricos o ambas. Esto afecta a los motores y otros dispositivos que dependen del adecuado balanceo de la fuente de suministro trifásica.

## Efecto Joule

Fenómeno por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo. El nombre es en honor a su descubridor el físico británico James Prescott Joule.

Representa la energía eléctrica que se transforma en calor por segundo en un dispositivo de resistencia  $R$ , por el cual circula una corriente  $i$ .

Matemáticamente se expresa como:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

## Factor de carga

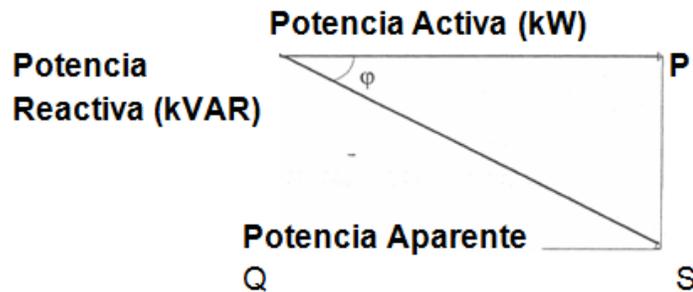
Relación entre la carga media en un sistema durante un período específico de tiempo y la carga máxima que se produzca en ese período.

## Factor de demanda

Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo.

## Factor de potencia

Es la relación que existente entre la potencia activa en  $W$  y la aparente total en  $VA$ . Se obtiene dividiendo la potencia activa entre la potencia aparente. Describe la relación entre la potencia de trabajo y la potencia total consumida.



$$fp = \cos \varphi = \frac{P \text{ (kW)}}{S \text{ (kVA)}}$$

### Potencia Activa

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar una transformación de la energía en trabajo.

### Potencia Reactiva

Es la potencia consumida por los circuitos de corriente alterna con cargas reactiva, no produce trabajo útil, pero se encarga de producir los campos magnéticos en los enrollamientos de cobre de algunos dispositivos como transformadores y motores.

### Potencia Aparente

La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes.

### Pérdidas de Energía

Es toda aquella energía que no se aprovecha en trabajo útil debido a que se disipa por efecto joule o por alguna fuga en la instalación.

### Sobrecarga

Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal, cuando tal funcionamiento, al persistir por suficiente tiempo puede causar daños o

sobrecalentamiento peligroso. Una falla, tal como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga sino una sobrecorriente.

### Sobrecorriente

Cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal de los equipos o de la capacidad de conducción de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

### Puesto a tierra

Conectado al terreno natural o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tal.

### Puesto a tierra eficazmente

Conectado al terreno natural intencionalmente a través de una conexión o conexiones a tierra que tengan una impedancia suficientemente baja y capacidad de conducción de corriente, que prevengan la formación de tensiones eléctricas peligrosas a las personas o a los equipos conectados.

## 1-6 MÉTODOS DE CÁLCULO

### 1-6-1 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR AMPACIDAD

Para el cálculo de las corrientes de los alimentadores se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Para tres fases cuatro hilos:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} * E_L * \cos\phi} \quad (1.1)$$

$$e\% = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{S * E_L} \quad (1.2)$$

- I = Corriente en Amperes por conductor
- w = Potencia en Watts
- E<sub>L</sub> = Tensión entre líneas
- cos φ = Factor de potencia

- L = Longitud del conductor en metros
- e% = Caída de Tensión en %
- S = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

La caída de tensión de un conductor es la diferencia de potencial que existe entre los extremos del mismo.

### 1-6-2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS

La necesidad de contar con una red de tierra en las subestaciones es la cumplir con las siguientes funciones:

Proporcionar un circuito de baja impedancia para las corrientes de tierra ya sea que se deban a una falla de corto circuito o a la operación de un pararrayo sin exceder los límites de operación de los equipos.

Evitar durante la circulación de estas corrientes de tierra en condiciones de corto circuito puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación lo cual significa un peligro para el personal.

La corriente de corto circuito aportada por el sistema se calcula por medio de la ecuación:

$$I_{cc} = \frac{S_{CC3\phi}}{\sqrt{3} * kV} \quad (1.3)$$

Donde:

- I<sub>cc</sub> = Corriente de corto circuito trifásica
- S<sub>cc3φ</sub> = Potencia de corto circuito trifásica

Cálculo de la sección transversal del conductor de la malla para tierra:

$$A = \frac{I_{cc}}{\sqrt{\frac{\log\left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a}\right) + 1}{33T_s}}} \quad (1.4)$$

Donde:

- $T_m$  = Temperatura máxima permisible en °C.
- $T_a$  = Temperatura ambiente en °C.
- $T_s$  = Duración de la falla en segundos.
- $A$  = Área del conductor en circular mils.

Como el resultado obtenido se encuentra en Circular Mils se utilizará un factor de conversión para obtener la sección transversal en mm<sup>2</sup>.

$$A = (CM) \frac{A}{1CM}$$

(1.5)

Corriente de falla máxima a tierra en la malla:

$$I_{max\ cc} = (I_{cct-t})(D_f)(F_p) \tag{1.6}$$

Donde:

- $I_{cc}$  = Corriente de corto circuito trifásica.
- $D_f$  = Factor de decremento.
- $F_p$  = Factor de proyección.

Factor de reflexión (K):

$$k = \frac{\sigma - \sigma_s}{\sigma + \sigma_s} \tag{1.7}$$

Donde:

- $\sigma$  = resistividad del terreno
- $\sigma_s$  = resistividad de la superficie de contacto

Factor de reducción ( $F_r$ ):

$$F_r = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{\sigma}{\sigma_s})}{2h_s + 0.09} \tag{1.8}$$

Donde:

- $\sigma$  = resistividad del terreno.
- $\sigma_s$  = resistividad de la superficie de contacto.
- $h_s$  = espesor de la capa de la superficie.

Potenciales tolerable para el cuerpo humano con un peso corporal de 70 [Kg]:

$$E_{contacto} = \frac{(1000+1.5 \times C_s \times \sigma_s) 0.157}{\sqrt{t_{falla}}} \quad (1.9)$$

$$E_{paso} = \frac{(1000+6 \times C_s \times \sigma_s) 0.157}{\sqrt{t_{falla}}} \quad (1.10)$$

Longitud total de las varillas (Lvt).

Lvt = No. Varillas\*lv.

Donde:

- lv = longitud de las varillas.

Longitud total de la malla (L<sub>T</sub>) considerando longitud total de las varillas (lvt); (las varillas estarán ubicadas en las esquinas de la malla).

$$L_T = (cv \times a) + (ch \times b) + (Lvt) \quad (1.11)$$

Área de la malla (A<sub>m</sub>):

$$A_m = a \times b \quad (1.12)$$

Resistencia de la malla (R<sub>g</sub>):

Utilizando la fórmula de Sverak para redes de tierra de una subestación recomendada por IEEE.

$$R_g = \sigma \left( \frac{1}{L_T} + \left( \frac{1}{\sqrt{20 \times A_m}} \right) \times \left( 1 + \frac{1}{1 + \left( h \times \sqrt{\frac{20}{A_m}} \right)} \right) \right) \quad (1.13)$$

Factor de esparcimiento para la tensión de malla (km):

$$km = \frac{1}{2\pi} \left( \ln \left( \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8hd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right) \quad (1.14)$$

Donde:

- D = Separación entre conductores.
- h = Profundidad de la red.
- d = diámetro del conducto.

Donde:  $k_{ii} = 1$  para mallas con varillas de aterrizaje en sus esquinas.

$L_c$  = longitud total del conductor en la malla

$$L_c = (cv \times a) + (ch \times b) \quad (1.15)$$

$L_p$  = longitud perimetral de la malla

$$L_p = (2 \times a) + (2 \times b) \quad (1.16)$$

$$n = \frac{2 \times L_c}{L_p} \quad (1.17)$$

$$kh = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} \quad (1.18)$$

Donde:

- n = Número de conductores equivalente en cualquier dirección.
- h = Profundidad de la malla.
- kh = Factor de corrección relacionado con la malla.
- $h_0$  = Profundidad de referencia.

Entonces se obtiene el valor km.

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \left( \ln \left( \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8hd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right) \quad (1.19)$$

$$k_i = 0.645 + (0.172 \times n) \quad (1.20)$$

Donde  $k_i$  es el factor de corrección para la geometría de la malla, debido a que la corriente tiende irse a la periferia de la red y especialmente hacia las esquinas y  $k_m$  es el factor geométrico.

Se calculan los potenciales de paso y de contacto de la malla:

$$E_{contacto} = \frac{\sigma * k_m * k_i * I_{cc}}{L_T} \quad (1.21)$$

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D(1-0.5^{n-1})} \right) \quad (1.22)$$

Donde:

$k_s$  = Factor de geometría de la malla

$$E_{paso} = \frac{\sigma * k_s * k_i * I_{cc}}{0.75L_c + 0.85Lvt} \quad (1.23)$$

## Resistividad

Es la propiedad que tiene el suelo para conducir electricidad, la cual está determinada por el tipo de suelo, el contenido de humedad del mismo, su composición química y la temperatura entre otros factores.

La resistividad se mide en ohms-metro; existen dos formas para determinarla, una es de forma empírica mediante la tabulación y conocimiento del terreno y la otra efectuando la medición directamente en el terreno.

## Resistencia

Oposición al paso de la corriente eléctrica.

## Tensión de malla

Es la máxima tensión de contacto dentro de una malla en una rejilla para tierra.

### **Tensión de paso**

Es la diferencia de potencial que puede experimentar una persona con los pies separados a 1 metro de distancia y sin hacer contacto con algún objeto aterrizado.

### **Tensión de contacto**

Es la diferencia de potencial entre la elevación del potencial de tierra y el potencial superficial en el punto en donde una persona esta parada mientras al mismo tiempo tiene una mano en contacto con una estructura metálica aterrizada.

### **Elevación del potencial de tierra**

Es el máximo potencial eléctrico que una rejilla para tierra en una subestación puede alcanzar con relación a un punto de tierra distante, asumiendo que esté al potencial de la tierra remota. Este potencial es igual a la corriente máxima de rejilla multiplicado por la resistencia de la rejilla.

### **Tierra**

Conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por la cual un circuito eléctrico o equipo está conectado al suelo o algún cuerpo conductor de gran extensión y que sirve en lugar del suelo.

### **Electrodo para Tierra**

Conductor embebido en el suelo y utilizado para coleccionar la corriente a tierra o para disipar la corriente de tierra hacia el suelo.

### **Método De Wenner**

Para efectuar la medición de resistividad del suelo es necesario hacer circular una corriente por el mismo, el método más usual es el de Frank-Wenner denominado

también “de los cuatro electrodos”, el equipo utilizado es el megger de tierra y la medición se efectúa como se muestra en la siguiente figura.

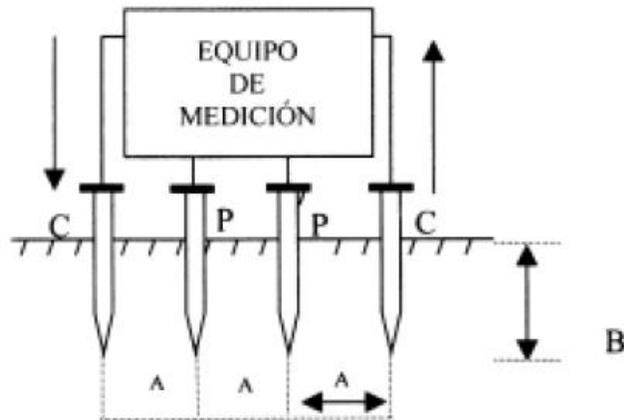


Figura 1 Método de wenner para la medición de la resistividad

Donde:

A = separación entre varillas adyacentes en m

B = Profundidad de los electrodos en m

C = Electrodo de Corriente

P = Electrodo de potencial

Si la longitud B es mucho menor que la longitud A es decir cuando la relación A/B sea mayor o igual a 20, puede suponerse B=0 y la formula se reduce a:

$$\rho = 2\pi ar [\Omega m] \quad (1.24)$$

Donde:

$\rho$  = resistividad del terreno

a = área del terreno

r = resistencia del terreno

### 1-6-3 CÁLCULO DEL CALIBRE ÓPTIMO DEL CONDUCTOR

Para la selección del área de sección transversal de un conductor eléctrico se realizan los siguientes cálculos:

1. Capacidad de conducción de corriente
2. Caída de tensión
3. Cortocircuito

Estos tres puntos anteriores se refieren al cálculo tradicional para un circuito alimentador o derivado, pero no se toma en cuenta el gasto de operación, que se traduce en pérdidas eléctricas por efecto joule que presentan, tomando en cuenta estas consideraciones el cálculo del calibre óptimo toma en consideración los dos factores anteriores.

**Calculo Tradicional (costo cables) + Gasto de operación (costo perdidas por calor)  
= Calibre óptimo (ahorro de energía)**

#### **Pérdidas en el Conductor**

Las pérdidas en el conductor se calculan tomando en cuenta la corriente que circula por el mismo, la longitud, horas de operación y los factores de carga y de pérdidas, se calcula conforme a la ecuación (1.25):

$$W_c = I^2 \times R_{CA} \times 10^{-3} \times L \times N \times H \times F_p \text{ [kWh/año]} \quad (1.25)$$

Donde:

I = Corriente demandada por la carga

$R_{CA}$  = Resistencia del conductor en c.a. a la temperatura de operación del cable [ $\Omega$ /km]

L = Longitud del circuito en km

N = Número de cables del sistema

H = Horas efectivas de operación del sistema

$F_p$  = Factor de pérdidas;  $F_p = 0.3 F_c + 0.7 (F_c)^2$

$F_c$  = Factor de carga por unidad

### 1-6-4 CÁLCULO DEL PUNTO DE EFICIENCIA MÁXIMA PARA UN TRANSFORMADOR

Para el cálculo del punto de eficiencia máxima de operación de un transformador, de acuerdo a la carga demandada y con base en los datos de las tablas 1 y 2 de la NOM-002-SEDE-2007, se diseñó un programa en Matlab para el cálculo de dicho punto:

$$\eta = \frac{C \times S \times \cos \phi_{carga}}{C \times S \times \cos \phi_{carga} + P_0 + C^2 \times P_{cc}} \quad (1.26)$$

La expresión (1.26) muestra que la eficiencia depende de la potencia de la carga que se conecte, su factor de potencia y las pérdidas propias del transformador (de vacío y de plena carga). Esta eficiencia no será constante para todos los grados de carga conectada, y alcanzará su máxima eficiencia en un grado de carga tal que las pérdidas de vacío igualen a las pérdidas de plena carga, según la expresión (1.27):

$$C_{\eta máx} = \sqrt{\frac{P_0}{P_{cc}}} \quad (1.27)$$

Donde:

$C_{\eta máx}$  Es el porcentaje de la capacidad nominal del transformador en que se presenta la máxima eficiencia.

$P_0$  Pérdidas en vacío del transformador

$P_{cc}$  Pérdidas debidas a la carga

A continuación se presenta la demostración de la expresión anterior:

Si  $R_{eq}$  es la resistencia equivalente de los devanados primario y secundario referidos al lado secundario,

$$R_{eq} = R_1 \left( \frac{N_1}{N_2} \right) + R_2 \quad (1.28)$$

De aquí para cualquier corriente de carga  $I_2$  se tiene:

$$pérdidas\ totales\ RI^2 = R_{eq} I_2^2 \quad (1.29)$$

Y la eficiencia quedará como:

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{V_2 I_2 \times f \cdot p.}{V_2 I_2 \times f \cdot p. + P_o + R_{eq} I_2^2} \\ &= \frac{V_2 \times f \cdot p.}{V_2 \times f \cdot p. + P_o / I_2 + R_{eq} I_2}\end{aligned}\tag{1.30}$$

Para un transformador normal  $V_2$  es aproximadamente constante; de aquí para una carga con un factor de potencia dado, la eficiencia es máxima cuando el denominador de la ecuación anterior tiene un valor mínimo, por lo tanto, si derivamos el denominador tenemos:

$$\frac{d}{dI_2} (V_2 \times f \cdot p. + P_o / I_2 + R_{eq} I_2) = 0$$

Resolviendo la ecuación queda:

$$\begin{aligned}-P_o / I_2^2 + R_{eq} &= 0 \\ I_2^2 R_{eq} &= P_o\end{aligned}\tag{1.32}$$

Para verificar que esta condición dé el valor mínimo y no el máximo del denominador en la ecuación de la eficiencia, la expresión anterior debería ser diferenciada con respecto a  $I_2$ , así que:

$$\frac{d}{dI_2} (-P_o / I_2^2 + R_{eq}) = 2 P_o / I_2^3$$

Puesto que la cantidad es positiva, la expresión anterior es la condición para los valores mínimos en el denominador de la eficiencia y por lo tanto el valor máximo de la eficiencia. De aquí que la eficiencia es máxima cuando las pérdidas variables  $I^2 R$  son iguales a las pérdidas del núcleo (pérdidas en vacío) que son constantes.

Normalmente, la máxima eficiencia se logra para cargas menores a la potencia nominal del transformador. Estas consideraciones y la estimación del grado de carga del transformador, arrojarán criterios que permitirán saber cuál es la mejor opción, de modo que la elección no pase sólo por el precio de compra, sino que también por los costos de operación de cada equipo en evaluación, que pueden llegar al cabo de algunos meses a ser del orden del precio de compra del transformador.

A continuación se muestra el programa diseñado para el cálculo del punto de eficiencia máxima, así como la variación que presenta la eficiencia bajo diversos factores de potencia:

```

%Programa para el cálculo del punto de eficiencia máxima del transformador
%Potencia nominal del transformador en W
Ptraf0=112500;
%Corriente nominal del transformador
Inom=Ptraf0/(1.7321*220);
%Pérdidas en vacío en W de acuerdo a tabla 2 de la NOM-002-SEDE-2007
Po=405;
%Pérdidas totales máximas en W de acuerdo a tabla 2 de la NOM-002-SEDE-2007
Ptmax=1713;
%Pérdidas debidas a la carga (máximas)
Pc=Ptmax-Po;
%Vector de corriente en función de la carga
I=0:0.1:Inom;
%Constante para el cálculo de pérdidas debidas a la carga (RI^2)
%Depende de la capacidad nominal del transformador
k=Pc/(Inom^2);
%Cálculo de las pérdidas debidas a la carga
%en función del cuadrado de la corriente
Pcc=(I.^2)*k;
%Carga demandada en por unidad
C=I./Inom;
%Gráfica de las pérdidas debidas a la carga vs. demandada en por unidad
plot(C,Pcc,'r');
title ('\bfCálculo del punto de eficiencia máxima del transformador');
xlabel ('\bfPorcentaje de carga');
ylabel ('\bfPérdidas en W');
hold on
%Gráfica de las pérdidas en vacío vs porcentaje de carga
plot(C,Po,'g');
%Cálculo de las pérdidas Totales (en función del porcentaje de carga)
PT=Pcc+Po;
%Cálculo y gráfico del punto de máxima eficiencia
%(intersección de las pérdidas en vacío con las pérdidas eléctricas)
Cmax=sqrt(Po/Pc);
hold on
plot(Cmax,Po,'ko');
hold on
plot(C,PT,'b');
% Cálculo y gráfico de la eficiencia de operación, con variación de carga
%se muestran las gráficas con factor de potencia 1,0.9,0.8,0.7,0.5,0.3
Efop=((C.*(Ptraf0/1000))./(C.*(Ptraf0/1000)+(Po/1000)+C.^2*(Pc/1000))*100);
figure
plot(C,Efop,'r');
title ('\bfEficiencia del transformador con variación de la carga');
xlabel ('\bfPorcentaje de carga (pu)');
ylabel ('\bfEficiencia (%)');
hold on
Efop2=((C.*(Ptraf0/1000)*0.9)./(C.*(Ptraf0/1000)*0.9+(Po/1000)+C.^2*(Pc/1000))*100);
plot(C,Efop2,'y');
hold on
Efop3=((C.*(Ptraf0/1000)*0.8)./(C.*(Ptraf0/1000)*0.8+(Po/1000)+C.^2*(Pc/1000))*100);
plot(C,Efop3,'g');

```

```
hold on
Efop4=((C.*(Ptraf0/1000)*0.7)./(C.*(Ptraf0/1000)*0.7+(Po/1000)+C.^2*(Pc/1000))*100);
plot(C,Efop4,'b');
hold on
Efop5=((C.*(Ptraf0/1000)*0.5)./(C.*(Ptraf0/1000)*0.5+(Po/1000)+C.^2*(Pc/1000))*100);
plot(C,Efop5,'m');
hold on
Efop6=((C.*(Ptraf0/1000)*0.3)./(C.*(Ptraf0/1000)*0.3+(Po/1000)+C.^2*(Pc/1000))*100);
plot(C,Efop6,'k');
hold on
```

Con las gráficas que se obtendrán en cada capítulo podemos observar el efecto que tiene un bajo factor de potencia en la eficiencia, la cual tiende a disminuir. Sin embargo con cualquier factor de potencia, el punto en el cual se obtiene la máxima eficiencia es el mismo que se calculó previamente.

## CAPITULO 2

### FACULTAD DE DERECHO, POSGRADO DE DERECHO

#### 2-1 HISTORIA

La nueva sede de posgrado de la facultad de derecho se localiza en el edificio que fuera el comedor universitario en avenida universidad frente a la facultad de psicología, el edificio en sí presentó un reto arquitectónico y estructural para crear espacios adecuados y cumplir con las necesidades, derivadas del incremento de las actividades académicas de la facultad. Se conservó estructura original con una readecuación hasta el nivel 4, y se construyeron dos edificios nuevos.

En la readecuación se liberó la parte central del edificio para comunicar las áreas de acceso con las públicas y así provocar una nueva imagen con la arquitectura actual. Los nuevos edificios albergan 46 aulas, 30 cubículos de investigación, salón de usos múltiples, área de cómputo, zona administrativa y de servicios, cisternas, cuarto de máquinas y núcleos de sanitarios por bloques.

La sede tendrá una comunicación directa con el campus de CU a través de un puente peatonal confinado con un descenso al costado poniente de la facultad de psicología.



Antes



**Ahora**

**DATOS GENERALES**

Dependencia: Posgrado de Derecho  
 Tipo de obra: Ampliación y remodelación  
 Área: 2231 m<sup>2</sup>  
 Domicilio: Av. Universidad #2219 colonia Copilco el bajo.  
 Delegación: Coyoacán

**CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION**

Tensión Eléctrica: 23000-220 / 127 V  
 Tipo de Suministro: Subestación tipo pedestal y Tableros Derivados en baja tensión  
 Capacidad del transformador: 300 kVA  
 Subestación: Tipo Interior con 1 tablero de distribución en el local

**PLANOS DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA DE POSGRADO DE DERECHO**

- IEA-01 Instalación Eléctrica Alumbrado, Planta Subotano
- IEA-02 Instalación Eléctrica Alumbrado, Planta Sótano
- IEA-03 Instalación Eléctrica Alumbrado, Planta Baja
- IEA-04 Instalación Eléctrica Alumbrado, Planta 1er Nivel

IEA-05	Instalación Eléctrica Alumbrado, Planta 2do Nivel
IEA-06	Instalación Eléctrica Alumbrado, Planta 3er Nivel
IEC-01	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Normal, Planta Subotano
IEC-02	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Normal, Planta Sótano
IEC-03	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Normal, Planta Baja
IEC-04	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Normal, Planta 1er Nivel
IEC-05	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Normal, Planta 2do Nivel
IEC-06	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Normal, Planta 3er Nivel
IECR-01	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Regulada, Planta Subotano
IECR-02	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Regulada, Planta Sótano
IECR-03	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Regulada, Planta Baja
IECR-04	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Regulada, Planta 1er Nivel
IECR-05	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Regulada, Planta 2do Nivel
IECR-06	Instalación Eléctrica Contactos Tensión Regulada, Planta 3er Nivel
IEAEXT-01	Instalación Eléctrica Alumbrado Exterior, Planta 1er Nivel
IEA-07	Instalación Eléctrica Alumbrado, Acceso y Subestación P.B.
IEF.01	Instalación Eléctrica Fuerza, Planta Azotea
IEDU-01	Instalación Eléctrica Diagrama Unifilar
IECC-01	Instalación Eléctrica Cuadros de carga 1
IECC-02	Instalación Eléctrica Cuadros de carga 2
IECC-03	Instalación Eléctrica Cuadros de carga 3
IESE-01	Instalación Eléctrica Subestación Eléctrica, Planta y Cortes
IESE-02	Instalación Eléctrica Subestación Eléctrica, Planta y Detalles
IEST-01	Instalación Eléctrica Sistema de Tierra, 1er Nivel
IEST-02	Instalación Eléctrica Malla de Tierra, Subestación
IEPAR-01	Instalación Eléctrica Pararrayos, Planta Azotea
IEALBT-01	Instalación Eléctrica Alimentadores Baja Tensión, Planta Subotano

IEALBT-02	Instalación Eléctrica Alimentadores Baja Tensión, Planta Sótano
IEALBT-03	Instalación Eléctrica Alimentadores Baja Tensión, Planta Baja
IEALBT-04	Instalación Eléctrica Alimentadores Baja Tensión, Planta 1er Nivel
IEALBT-05	Instalación Eléctrica Alimentadores Baja Tensión, Planta 2do Nivel
IEALBT-06	Instalación Eléctrica Alimentadores Baja Tensión, Planta 3er Nivel
IEALBT-07	Instalación Eléctrica Alimentadores Baja Tensión, Planta Azotea
IEF-02	Instalación Eléctrica Fuerza Cuarto Equipos, Planta Subotano

## 2-2 DIAGRAMA UNIFILAR

La acometida eléctrica proporcionada por la compañía suministradora llega a un transformador tipo pedestal, el cual se encarga de alimentar al tablero general de distribución de baja tensión que a su vez se encarga de distribuir la energía eléctrica a los 19 tableros derivados instalados que controlan las respectivas cargas de alumbrado, contactos, equipos de aire acondicionado, bombas, equipo hidroneumático y el elevador.

El diagrama unifilar el plano IEDU-01 con el fin de obtener una visión general de la instalación eléctrica de esta dependencia, se muestra en el apéndice de este trabajo.

## 2-3 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

La subestación eléctrica de la dependencia está ubicado a un costado de la entrada principal en la planta baja, cuenta con un acceso principal con un puerta que abre hacia fuera la cual cumple la función de entrada y salida (art. 924-7), el piso está hecho de concreto y las tapas de los registros del sistema de tierra se encuentran en lugares que permiten el libre paso del personal (art. 924-6).

El suministro de energía eléctrica de CFE se realizó por medio de una transición aéreo-subterránea a cable aislado clase 23 kV tipo distribución subterránea, conductor de cobre con aislamiento XLPE y pantalla electrostática de alambres conectada sólidamente a tierra a través de terminales. En el punto de transición se emplea como protección tres cortacircuitos fusibles tipo expulsión y tres apartarrayos tipo auto valvular, esta línea subterránea finaliza en la subestación tipo pedestal ubicada dentro del inmueble.

El local aloja un Transformador tipo pedestal marca Prolec 23000 / 220-127 V, que cuenta con un fusible de expulsión tipo bayoneta en serie con un fusible limitador de corriente de alta capacidad interruptiva como elementos de protección en el lado de alta tensión por fase (art. 924-10), por el lado de baja tensión se alimenta al equipo de medición ubicado a no más de tres metros lo que permite que el dispositivo no tenga un dispositivo de protección contra sobrecorriente (art. 240.21 b); del equipo de medición se alimenta un interruptor general con capacidad de 3x800A como medio de protección contra sobrecorriente del Tablero General de Baja Tensión "TGBT" que a su vez cuenta su interruptor principal de 3x 600A.

El transformador proveerá energía eléctrica a una carga instalada de 194.6 kW, por condiciones de diseño se aplicó un factor de demanda del 70% con el cual se obtiene una carga demandada de 136.2 kW, considerando un factor de potencia de 0.9 tenemos una carga demandada de 151.3 kVA. Se prevé que la instalación tenga un crecimiento de carga del 50%, es decir 75.6 kVA.

Por lo tanto la carga demandada será de: 226.9 kVA

Finalmente la capacidad del transformador es de 300 kVA.

Calculando la corriente demandada actual en el secundario del transformador:

$$I = \frac{136023 \text{ VA}}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 396.6 \text{ A}$$

Con el valor calculado podemos dimensionar el alimentador del tablero TGBT con base en los artículos 220-10 a), 110-14 b) b.2 y 310-15 utilizando la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005 y tomando en cuenta la temperatura ambiente de la ciudad de México se considero un factor unitario para el cálculo del alimentador.

De acuerdo a lo establecido por estos artículos el calibre del alimentador debe ser de 600 KCM con una capacidad de conducción de 420 A a 75°C y de 495 A a 90°C, pero instalado se tiene un alimentador de 500 KCM con una capacidad de conducción de 380 A a 75° C y 430 A a 90°C. De lo anterior y con base en el artículo 110-14 1) b.2 el aislamiento para los

conductores de 500 KCM debe ser de 90°C ó emplear conductores de 600 KCM con aislamiento de 75 °C.

El alumbrado de la subestación se compone de 8 luminarios de 2 x 32 W distribuidos en el área del local. Se realizaron medidas de niveles de iluminación de los planos de trabajo obteniendo los datos mostrados en la tabla A.

Tipo de lugar	Iluminacia [Lx]
Frente a tableros de control	335
Areas de maniobra	246
Equipo de medición	345

Tabla A  
Niveles de iluminación en subestación

En la subestación se ubica el tablero PBB que controla la carga de alumbrado de la subestación, del puente que conecta la dependencia con la facultad de psicología y la fachada del edificio. Por lo que el alumbrado de la subestación cumple con lo indicado en el artículo 924-5.

Los tableros de distribución TGBT y PBB respectivamente cuentan con el espacio accesibilidad apropiado para que el operador pueda trabajar y tener fácil acceso a los dispositivos de control conforme se establece en el artículo 924-9.

## 2-4 SISTEMA DE TIERRAS

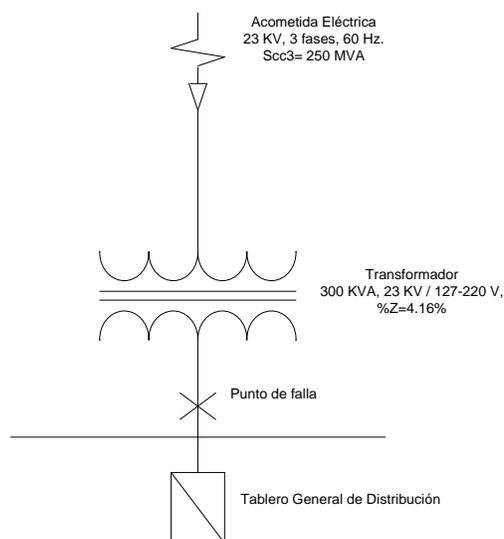
### 2-4-1 CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.

El propósito de este estudio es para determinar los niveles de la corriente de corto circuito impuestos a los buses e interruptores de los tableros de distribución además verifica que los valores del corto circuito hayan sido usados para comparar ó seleccionar a los elementos de protección con la capacidad interruptiva adecuada, también checa la habilidad de los componentes del sistema tales como cables, buses, etc., que deberán soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos provocados por la corriente de falla que pasa a través de ellos.

Cálculo de corto circuito por el método de bus infinito.

Como datos se tomarán una potencia de corto circuito de trifásica de 250 MVA proporcionada por CFE para la ubicación de la subestación y una base de Potencia de 300 KVA.

Calculando para el punto de falla en el secundario del transformador.



Calculando la impedancia del sistema en por unidad.

$$X_s = \frac{S_{base}}{S_{cc3}} = \frac{300kVA}{250MVA} = 0.0012 \text{ p.u.}$$

La impedancia del transformador está referida a sus datos de placa que por conveniencia son los valores que se han utilizado para el análisis.

$$Z_t = 0.00416 \text{ p.u.}$$

Como la impedancia del sistema es muy pequeña en comparación con la impedancia del transformador podemos despreciar este dato sin tener un error considerable en el cálculo.

Obteniendo el valor de la corriente de corto circuito trifásica por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{cc3} = \frac{S_B}{\sqrt{3} * V_B * Z_t}$$

$$I_{cc3} = \frac{300kVA}{\sqrt{3} * 220 * 0.00416} = 18925 A$$

Con el resultado obtenido de corriente de corto circuito simétrica podemos obtener la corriente de corto circuito asimétrica; así como determinar la capacidad interruptiva con la que se deben seleccionar los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

$$I_{as} = 18925 * 1.23 = 23277.75 A$$

Los dispositivos de protección no se deben seleccionar con un valor de capacidad interruptiva menor al resultado obtenido.

#### **2-4-2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS DE LA SUBESTACIÓN.**

El sistema de tierras de la subestación está diseñado para la conexión a tierra del neutro del sistema, equipos, estructuras metálicas y en general todas aquellas partes metálicas que en un momento determinado pueden quedar energizadas por sobretensiones o corrientes de cortocircuito ofreciendo un peligro para el personal ó la integridad de las instalaciones. El sistema consiste principalmente de una malla de cobre desnudo calibre 4/0 AWG enterrada a una profundidad de 60 cm abajo del nivel de piso terminado con electrodos enterrados y conectados entre sí, existiendo registros reglamentarios para la medición periódica de la resistencia eléctrica de la malla.

El sistema de tierra de la subestación está diseñado de acuerdo a lo que establece el artículo 921-25 Puesta a tierra en su inciso d) referente a Subestaciones, donde se indica que el cable que forme el perímetro exterior del sistema debe ser continuo de manera que se encierre el área en donde se encuentre el equipo de la subestación.

La compañía suministradora provee una tensión de 23 kV y para el punto de conexión aportará una potencia de corto circuito de 250 MVA.

La corriente de corto circuito aportada por el sistema se calcula por medio de la ecuación (1.3):

$$I_{cc} = \frac{250MVA}{\sqrt{3} * 23KV} = 6275 [A]$$

Cálculo de la sección transversal del conductor de la malla para tierra, utilizando la ecuación (1.4).

$$A = \frac{I}{\sqrt{\frac{\log\left(\frac{Tm - Ta}{234 + Ta}\right) + 1}{33Ts}}}$$

Datos	Valor	Unidades
Corriente de corto circuito (I)	6275	[A]
Tiempo de duración de la falla (Ts)	0.1	[s]
Temperatura ambiente (Ta)	30	[°C]
Temperatura máxima permisible para conector soldable	450	[°C]

$$A = \frac{6275}{\sqrt{\frac{\log\left(\frac{450 - 30}{234 + 30}\right) + 1}{33 * 0.1}}} = 17727.93CM$$

Como el resultado obtenido se encuentra en Circular Mils se utilizará un factor de conversión para obtener la sección transversal en mm<sup>2</sup>, utilizando la ecuación (1.5).

$$A = (CM) \frac{0.0005067mm^2}{1CM} = 8.98mm^2$$

Del resultado obtenido observamos que se puede utilizar un conductor calibre 6 AWG con sección transversal de 13.3 mm<sup>2</sup> pero por razones mecánicas se propone un conductor calibre 4/0AWG.

Datos	Valor	Unidades
Resistividad del terreno (σ)	44.70	[Ωm]
I <sub>cc-t</sub>	6275	[A]
X''/R	3.5	
Tiempo de falla (t <sub>falla</sub> )	0.1	[s]

Datos	Valor	Unidades
Largo de la malla (b)	6	[m]
Ancho de la malla (a)	3.15	[m]
Resistividad del material contenedor ( $\sigma_s$ )		[ $\Omega$ m]
Espesor del material ( $h_s$ )	0.1	[m]
Profundidad de la red (h)	0.6	[m]
Longitud de la varilla ( $l_v$ )	3	[m]
Diámetro de la varilla	0.0159	[m]
Calibre del conductor	4/0	AWG
Diámetro del conductor (d)	0.0134	[m]
Factor de decremento ( $D_f$ )	1	
Factor de proyección ( $F_p$ )	1	
Número de conductores verticales (cv)	5	
Número de conductores horizontales (ch)	4	
Separación entre conductores (D)		
Número de varillas (No. Varillas)	6	
Profundidad de referencia ( $h_0$ )	1	[m]

\*El factor de decremento (DF) está en función de  $t_{falla}$  y  $X''/R$  (0.5, 3.50); y su valor se obtiene de la tabla 2 de la norma NRF-011-CFE-2004, pero en el caso analizado como la relación  $X''/R$  es menor a 5 se considera un factor de decremento unitario. Utilizando la ecuación (1.6) se calcula la corriente de falla máxima a tierra en la malla:

$$I_{max\ cc} = (I_{cct-t})(D_f)(F_p) = 6275 \times 1 = 6275 \text{ [A]}$$

Para el factor de reflexión (K) utilizamos la ecuación (1.7)

$$k = \frac{\sigma - \sigma_s}{\sigma + \sigma_s} = \frac{44.7 - 10000}{44.7 + 10000} = 0.9910$$

Para el cálculo factor de reducción ( $F_r$ ) utilizamos la ecuación (1.8)

$$F_r = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{\sigma}{\sigma_s})}{2h_s + 0.09} = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{44.7}{10000})}{2 \times 0.1 + 0.09} = 0.69$$

Utilizando las ecuaciones (1.9) y (1.10) respectivamente se calculan los potenciales tolerables para el cuerpo humano con un peso corporal de 70 [Kg]

$$E_{contacto} = \frac{(1000 + 1.5 \times 0.69 \times 10000)0.157}{\sqrt{0.1}} = 5560[V]$$

$$E_{paso} = \frac{(1000 + 6 \times 0.69 \times 10000)0.157}{\sqrt{0.1}} = 21050 [V]$$

Longitud total de las varillas (Lvt)

$$Lvt = (\#v)(lv) = 6 \times 3 = 18 [m]$$

Con la ecuación (1.11) se calcula la longitud total de la malla (L<sub>T</sub>) considerando longitud total de las varillas (lvt); (las varillas estarán ubicadas en las esquinas de la malla)

$$L_T = (cv \times a) + (ch \times b) + (Lvt) = (4 \times 3.15) + (5 \times 6) + 18 = 60.6$$

Utilizando la ecuación (1.12) el área de la malla (A<sub>m</sub>) es:

$$A_m = a \times b = 3.15 \times 6 = 18.9 [m^2]$$

Resistencia de la malla (R<sub>g</sub>)

Utilizando la fórmula de Sverak para redes de tierra de una subestación, ecuación (1.13):

$$R_g = \sigma \left( \frac{1}{L_T} + \left( \frac{1}{\sqrt{20 \times A_m}} \right) \times \left( 1 + \frac{1}{1 + \left( h \times \sqrt{\frac{20}{A_m}} \right)} \right) \right)$$

$$R_g = 44.7 \left( \frac{1}{60.6} + \left( \frac{1}{\sqrt{20 \times 18.9}} \right) \times \left( 1 + \frac{1}{1 + \left( 0.6 \times \sqrt{\frac{20}{18.9}} \right)} \right) \right) = 4.96 [\Omega]$$

Para esta subestación de distribución la resistencia debe ser menor a 10 [Ω] para un voltaje de 23 KV y una capacidad del transformador de 300KVA conforme se establece en el artículo 921-25 b).

Factor de esparcimiento para la tensión de malla (km), ecuación (1.14)

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \left( \ln \left( \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8hd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right)$$

Donde:  $k_{ii} = 1$  para mallas con varillas de aterrizaje en sus esquinas.

Utilizando la ecuación (1.15) obtenemos la longitud total del conductor en la malla.

$$L_c = (cv \times a) + (ch \times b) = 42.64 [m]$$

Utilizando la ecuación (1.16) se obtiene la longitud perimetral de la malla.

$$L_p = (2 \times a) + (2 \times b) = 18.3 [m]$$

$$n = \frac{2 \times L_c}{L_p} = \frac{2 \times 42.64}{18.3} = 4.66$$

$$kh = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = \sqrt{1 + \frac{0.6}{1}} = 1.26$$

Entonces se obtiene el valor  $k_m$  utilizando la ecuación (1.14).

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \left( \ln \left( \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8hd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right)$$

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \left( \ln \left( \frac{1.5^2}{16 * 0.6 * 0.0134} + \frac{(1.5 + 2 * 0.6)^2}{8 * 0.6 * 0.0134} - \frac{0.6}{4 * 0.0134} \right) + \frac{1}{1.26} \ln \left( \frac{8}{\pi(2 * 4.66 - 1)} \right) \right)$$

$$k_m = 0.606$$

Potencial de contacto de la malla lo obtenemos utilizando la ecuación (1.20).

$$k_i = 0.645 + (0.172 \times n) = 1.446$$

Donde  $k_i$  es el factor de corrección para la geometría de la malla.

Se calculan los potenciales de paso mediante la ecuación (1.23) y de contacto de la malla con la ecuación (1.21):

$$E_{contacto} = \frac{\sigma * k_m * k_i * I_{cc}}{L_T} = \frac{44.7 * 0.606 * 1.446 * 6275}{60.6} = 4055.9$$

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D(1-0.5^{n-1})} \right)$$

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2 * 0.6} + \frac{1}{1.5 + 0.6} + \frac{1}{1.5(1 - 0.5^{4.66-1})} \right) = 0.65$$

$$E_{paso} = \frac{\sigma * k_s * k_i * I_{cc}}{0.75L_c + 0.85Lvt} = \frac{44.7 * 0.606 * 1.446 * 6275}{0.75 * 42.6 + 0.85 * 18} = 5201.88$$

Conclusiones de la malla:

Potencial	Cálculo de la Malla [V]		Potenciales Tolerables
Paso	5201.88	<	5560
Contacto	4055.9	<	21050

Por lo que el diseño de la malla puede disipar la corriente de corto circuito y garantiza las condiciones de seguridad para los usuarios.

## 2-5 TABLEROS DERIVADOS

La dependencia cuenta con 19 tableros derivados distribuidos en 5 niveles, en la tabla No1. se muestra donde se encuentran ubicados.

TABLEROS ELECTRICOS DE POSGRADO DE DERECHO			
NIVEL	UBICACIÓN	NIVEL	UBICACIÓN
<i>SUBSOTANO</i>		<i>SOTANO</i>	
TAB F	CUARTO DE MAQUINAS	TAB SA	FINAL DEL PASILLO CUERPO B
TAB SSA	CUARTO DE MAQUINAS		
<i>PLANTA BAJA</i>		<i>SEGUNDO NIVEL</i>	
TAB PBB	SUBESTACIÓN	TAB 2A	A LADO DE SANIT HOMBRES CUERPO A
TAB TGBT	SUBESTACIÓN	TAB 2AR	A LADO DE SANIT HOMBRES CUERPO A
TAB PBA	FINAL DEL PASILLO CUERPO B	TAB 2BR	A LADO DE SANIT HOMBRES CUERPO A
TAB PBR	FINAL DEL PASILLO CUERPO B		
<i>PRIMER NIVEL</i>		<i>TERCER NIVEL</i>	
TAB TSN	A LADO DE SANIT MUJERES CUERPO B	TAB 3A	A LADO DE SANIT HOMBRES CUERPO A
TAB 1A	A LADO DE SANIT MUJERES CUERPO B	TAB 3AR	A LADO DE SANIT HOMBRES CUERPO A
TAB 1B	A LADO DE SANIT HOMBRES CUERPO A		
TAB 1AR	A LADO DE SANIT MUJERES CUERPO B	<i>AZOTEA</i>	
TAN 1BR	A LADO DE SANIT MUJERES CUERPO B	TAB AA	A LADO DE SANIT HOMBRES CUERPO A
TAB TSR	A LADO DE SANIT MUJERES CUERPO B		

Tabla No. 1  
Distribución de tableros

En la tabla No. 2 que presentamos a continuación mencionamos las diferencias que se encontraron en cada uno de los tableros inspeccionados contra lo proyectado haciendo solo hincapié en las diferencias

TABLERO	PROYECTADO	REAL	OBSERVACIONES
TAB F	-Interruptor principal de 150 A -Circuitos 1, 3, 5, Interruptor de 3 x 70 A -Circuitos 2, 4, 6, Interruptor de 3 x 60 A -Circuitos 7, 9, 11, Interruptor de 3 x 30 A	-Interruptor principal de 125 A -Circuitos 1, 3, 5, Interruptor de 3 x 50 A -Circuitos 2, 4, 6, Interruptor de 3 x 30 A -Circuitos 7, 9, 11, Interruptor de 3 x 70 A	-El alimentador del tablero es calibre 6 AWG cuya ampacidad a 60° es de 125 A por lo que el interruptor principal es adecuado. - Aún cuando se realizó el cambio de interruptores por uno de menor capacidad sigue protegiendo al conductor.
TAB SSA	-Circuitos 4, 6, 8 Libres	-Circuitos 4, 6, 8, Interruptor de 3 x 30 A	- Aún cuando se realizó el cambio de interruptores por uno de menor capacidad sigue protegiendo al conductor.
TAB SA	-Circuito 6, Interruptor de 1 x 20 A y alimentando 3 contactos de 180W	-Circuito 6 Libre	-La tapa del tablero se encuentra soldada al gabinete. -La carga se transfirió al circuito 11, lo cual no afecta el desbalance ni la capacidad de conducción del conductor.
TAB PBA	-----	Ninguna Diferencia	-----
TAB PBR	-Circuito 9, Interruptor de 1 x 20 A y alimentando 3 contactos de 200W	-Circuito 9 Libre -La carga se transfirió al circuito 11.	-La tapa del tablero se encuentra soldada al gabinete.

TABLERO	PROYECTADO	REAL	OBSERVACIONES
TAB TGBT	-Circuito 4 Interruptor de 3 x 125 A -Circuito 7 y 8 Libres y con Interruptor de 3 x 175 A y 3 x 70 A respectivamente -Circuito 1, alimentador de 4H-6 AWG -Salida de Conductores en canalizaciones	-Circuito 4 Interruptor de 3 x 175 A -Circuito 7 y 8 Libres y sin Interruptor -Circuito 1, alimentador de 4H-4 AWG -Salida de Conductores en Charola de 12 pulgadas y no en canalizaciones	- Aún cuando se realizó el cambio de interruptores por uno de menor capacidad sigue protegiendo al conductor.
TAB PBB	-----	Ninguna Diferencia	-----
TAB TSN	-Circuito 1, Interruptor de 3 x 60 A -Circuito 6, Interruptor de 3 x 60 A -Circuito 7, Interruptor de 3 x 30 A -Tierra Física en circuito 1 calibre 8 y en circuito 8 calibre 10 -Tubería en circuito 1, 35 mm -Tubería en circuito 2, 27 mm -Tubería en circuito 6, 35 mm	-Circuito 1, Interruptor de 3 x 70 A -Circuito 6, Interruptor de 3 x 40 A -Circuito 7 Libre -Tierra Física en circuito 1 calibre 10 y en circuito 8 calibre 12 -Tubería en circuito 1, 51 mm -Tubería en circuito 2, 38 mm -Tubería en circuito 6, 51 mm	- Aún cuando se realizó el cambio de interruptores por uno de menor capacidad sigue protegiendo al conductor.
TAB TSR	-Circuito 7, 9, 11, Interruptor De 3 x 30 A -Tuberías de 35 y 27 mm	-Circuito 7, 9, 11, Interruptor De 3 x 50 A -Tuberías de 53 mm	- Aún cuando se realizó el cambio de interruptores por uno de menor capacidad sigue protegiendo al conductor.
TAB 1ª	-Circuito 12 Libre	-Circuito 12, Interruptor de 1 x 30 A	-La protección debería ser de 1x20 A.
TAB 1AR	-----	Ninguna Diferencia	-----
TAB 1B	-Interruptor principal de 3 x 70 A -Circuitos 14, 16, 18, Interruptor De 3 x 20 A -Circuito 15 Libre	-Interruptor principal de 3x40 A -Circuitos 14, 16, 18, Interruptor De 3 x 30 A -Circuito 15, Interruptor de 1x15A	- Aún cuando se realizó el cambio de interruptores por uno de menor capacidad sigue protegiendo al conductor.

TABLERO	PROYECTADO	REAL	OBSERVACIONES
TAB 1BR	-----	Ninguna Diferencia	
TAB 2 <sup>a</sup>	-----	Ninguna Diferencia	
TAB 2AR	- Circuito 7, Interruptor de 1 x 20 A y alimentando 3 contactos de 200 W	- Circuito 7 Libre	-La carga fue transferida al circuito 1 y no afecta el desbalance y capacidad del conductor.
TAB 2BR	- Circuito 5, Interruptor de 1 x 20 A y alimentando 4 contactos de 200 W - Circuito 6, Interruptor de 1 x 20 A y alimentando 4 contactos de 200 W	- Circuito 5 y 6 Libres	- Se transfirió esta carga al circuito 12 y 17 respectivamente, lo cual no afecta el desbalance y la capacidad del conductor.
TAB 3 <sup>a</sup>	-----	Ninguna Diferencia	-----
TAB 3AR	- Circuito 11, Interruptor de 1 x 20 A y alimentando 3 contactos de 200 W	- Circuito 11 Libre	- Se transfirió esta carga al circuito 6, lo cual no afecta el desbalance y la capacidad del conductor.
TAB AA	- Interruptor principal de 60 A	- Interruptor principal de 70 A	- Aún cuando se realizó el cambio de interruptores por uno de menor capacidad sigue protegiendo al conductor.

Tabla No.2  
Observaciones

Los tableros de Posgrado de Derecho presentan un desbalance entre sus fases muy pequeño, esto nos indica que hay una buena distribución de las cargas, en la realidad si se presentan desbalances entre sus fases de acuerdo a la carga demandada, esto no causa tantos problemas en circuitos de alumbrado y de contactos, pero en los tableros que controlan equipos de aire acondicionado, bombas y motores, se vería afectada su eficiencia por un aumento en las pérdidas de los devanados y pérdidas rotacionales, que ocasionan variaciones de voltaje en la instalación.

TABLEROS QUE PRESENTAN DESBALANCES EN SUS FASES						
SUBSOTANO	TAB F	TAB SSA				
DESBALANCE %	2.5%	54%				
SOTANO	TAB SA					
DESBALANCE %	1.3%					
PLANTA BAJA	TAB PBB	TAB TGBT	TAB PBA	TAB PBR		
DESBALANCE %	5%	1.9%	5.7%	0%		
PRIMER NIVEL	TAB TSN	TAB 1A	TAB 1B	TAB 1BR	TAB 1AR	TAB TSR
DESBALANCE %	1.4%	6.2%	3.5%	0%	6.6%	1.5%
SEGUNDO NIVEL	TAB 2A	TAB 2AR	TAB 2BR			
DESBALANCE %	1.9%	0%	5.2%			
TERCER NIVEL	TAB 3A	TAB 3AR				
DESBALANCE %	2.5%	9%				
AZOTEA	TAB AA					
DESBALANCE %	6.2%					

Tabla No. 3  
Desbalances en tableros

En ninguno de los tableros se registran cargas mayores a la capacidad conducción de los conductores como se menciona en el artículo 310-15 de la NOM-001-SEDE-2005, en general los circuitos derivados cuentan con su protección adecuada de acuerdo al artículo 240 por lo que se evita el calentamiento de los conductores, evitando así daños a los aislamientos y la generación de puntos calientes, posibles cortocircuitos y disparos continuos de interruptores, todo en esto en beneficio de la instalación eléctrica.

Los tableros que están ubicados en el primer, segundo y tercer nivel del cuerpo A de la dependencia se encuentran ubicados en cuartos de aproximadamente 2 metros de largo y un 1 metro de ancho, esto no cumple con las distancias mínimas de trabajo que se requieren y se mencionan en el artículo 110-16 de la NOM-001-SEDE-2005.

En la tabla No. 4 se presenta un resumen de las anomalías que presenta cada tablero de la dependencia que es indispensable corregir para el buen funcionamiento de la instalación eléctrica.

TABLERO	DESCRIPCION
TAB F	Interruptores, calibre de conductores no corresponden a los del proyecto
TAB SSA	Interruptores no corresponden a los del proyecto
TAB SA	Tapa Soldada al gabinete.
TAB PBA	Sin Anomalías
TAB PBR	Tapa no Corresponde
TAB TGBT	Interruptores y calibre de conductores no corresponden a los del proyecto
TAB PBB	Sin Anomalías
TAB TSN	Interruptores, tuberías y calibre de conductores no corresponden a los del proyecto
TAB TSR	Interruptores, tuberías no corresponden a los del proyecto
TAB 1 <sup>a</sup>	Interruptor no coordinado adecuadamente.
TAB 1AR	Sin Anomalías
TAB 1B	Interruptores no corresponden a los del proyecto
TAB 1BR	Sin Anomalías
TAB 2 <sup>a</sup>	Circuitos con más de dos conductores
TAB 2AR	Sin Anomalías
TAB 2BR	Conductores con vueltas mayores de 90°
TAB 3 <sup>a</sup>	Circuitos con más de dos conductores
TAB 3AR	Sin Anomalías
TAB AA	Interruptores no corresponden a los del proyecto

Tabla No.4  
Resumen de Modificaciones al proyecto Original

## 2-6 ALIMENTADORES

Se entiende por alimentador a todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separadamente u otra fuente de alimentación y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

### 2-6-1 CÁLCULO DE LOS ALIMENTADORES

#### Cálculo del alimentador del tablero TGBT

- Cálculo del alimentador del tablero por capacidad de conducción de corriente.

Carga demandada por el tablero TGBT: 136 217 Watts

Utilizando la ecuación (1.1) obtenemos la corriente para un sistema de tres fases cuatro hilos.

$$I = 397.2 \text{ [A]}$$

- Cálculo del alimentador del tablero por caída de tensión utilizando la ecuación (1.2):

Longitud del alimentador: 20 [m]

$$e\% = \frac{2 \times 20 \times 397.2 \times \sqrt{3}}{304 \times 220}$$

$$e\% = 0.41\%$$

- Cálculo de la protección del tablero TGBT.

De acuerdo con el artículo 240-3 b) y 240-6 de la NOM-001-SEDE-2005 la protección del tablero TGBT deberá ser de 3 x450 Amp.

- Cálculo del conductor de puesta a tierra del tablero TGBT.

De acuerdo con el artículo 250-95 de la NOM-001-SEDE-2005 el conductor de puesta a tierra del tablero TGBT deberá ser 1 conductor de cobre desnudo calibre 1/0 AWG.

- Cálculo de la canalización para los alimentadores del tablero TGBT.

Considerando 3 conductores de 600 KCM THW-LS 75 °C 600 volts uno por cada fase, un conductor de 600 KCM THW-LS 75 °C 600 volts para el neutro y 1 conductor de cobre desnudo calibre 1/0 AWG; Diámetro total de los conductores = 4 x 28.3 mm + 9.45 mm = 122.65 mm; En este caso se utilizará una charola de 12 "(304.8 mm).

Para el cálculo de la canalización de los demás tableros, se aplica un factor de ocupación de 40% para la canalización de tipo tubo conduit.

<i>Tablero</i>	<i>Longitud [m]</i>	<i>Carga demandada [W]</i>	<i>Corriente máxima [A]</i>	<i>Caída de tensión [%]</i>	<i>Calibre alimentador [mm<sup>2</sup> ó KCM]</i>	<i>Calibre Tierra física [mm<sup>2</sup> AWG]</i>	<i>Diámetro de la canalización [mm]</i>
TSN	45	71840.3	209.48	0.97	153.01(300)	21.14 (4)	103
SSA	41	2051	6	0.74	8.367 (8)	5.26 (10)	27
SA	35	40.44	14.75	1.23	8.367 (8)	5.26 (10)	27
PBA	15	4529	16.5	0.37	8.367 (8)	5.26 (10)	27
1 <sup>a</sup>	10	15987.3	58.26	0.55	13.3 (6)	8.367 (8)	35
1B	25	13393	48.82	1.16	13.3 (6)	8.367 (8)	35
2 <sup>a</sup>	35	16628.5	60.61	1.26	21.2 (4)	8.367 (8)	35
1AR	10	8800	32.13	0.48	8.367 (8)	5.26 (10)	27
1BR	15	4800	17.5	0.4	8.367 (8)	5.26 (10)	27
2AR	45	11400	41.55	1.11	21.2 (4)	5.26 (10)	35
2BR	45	11200	40.88	1.09	21.2 (4)	5.26 (10)	35
F	40	13890	50.63	0.6	53.48 (1/0)	13.3 (6)	53
TSR	41	29550	107.7	1.3	53.48 (1/0)	8.367 (8)	53
AA	33	11132	40.5	1.58	13.3 (6)	5.26 (10)	35
3 <sup>a</sup>	48	15957	57.5	2.05	21.2 (4)	8.367 (8)	35
3AR	20	6200	22.5	0.49	8.367 (8)	5.26 (10)	27
PBB	10	2914	10.63	0.2	8.367 (8)	5.26 (10)	27

Tabla No. 5  
Alimentadores tableros derivados

Cálculo de los circuitos derivados correspondientes a:

Bomba con las siguientes características:

- Siemens 3F Inducción
- Alta Eficiencia cerrado
- Tipo MJ10, 7.5 Hp, 5595 Kw
- 3520 rpm, 208-230/460 V, 19.5-18/9 A
- $\eta_{nom} = 88.5\%$ ,  $\eta_{minasc} = 86.5\%$
- Servicio continuo de 24hrs
- Aislamiento tipo F, factor de servicio 1.15
- FSA 22.5-21/10.5 (Amperes a factor de servicio)
- 40°C Tamb, incremento de temp 90°C
- No. Serie: H09P2006GM76
- Calibre 8 AWG

De acuerdo a la tabla 430-150 Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de c.a. La corriente para 7.5 HP en la columna de 208 V.

$$I = 24.2 A$$

Considerando un factor de potencia de 90% la corriente se multiplica por un factor de 1.1.

$$I_{nom} = 24.2 * 1.1 = 26.62 A$$

De acuerdo a lo que se establece en 430-22. Los conductores para suministrar energía eléctrica a un solo motor deben tener capacidad de conducción no menor a 125% de la corriente eléctrica nominal a plena carga.

$$I_{con} = I_{nom} * 1.25 = 33.275 A$$

Por capacidad de conducción de acuerdo al artículo 110-14 y la tabla 310-16 de la columna de 60 °C el calibre de los conductores será de 8 AWG. Calculando la caída de tensión para estos conductores Para una longitud de 10 m:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * 2 * L * Inom}{220 * 8.37} = 0.5\%$$

Calculando la capacidad de ajuste para los circuitos de un solo motor de acuerdo a 430-52. Por criterio de diseño se usara un factor de 175% para calcular la corriente de protección.

$$I_{protección} = 1.75 * 26.62 = 46.58 A$$

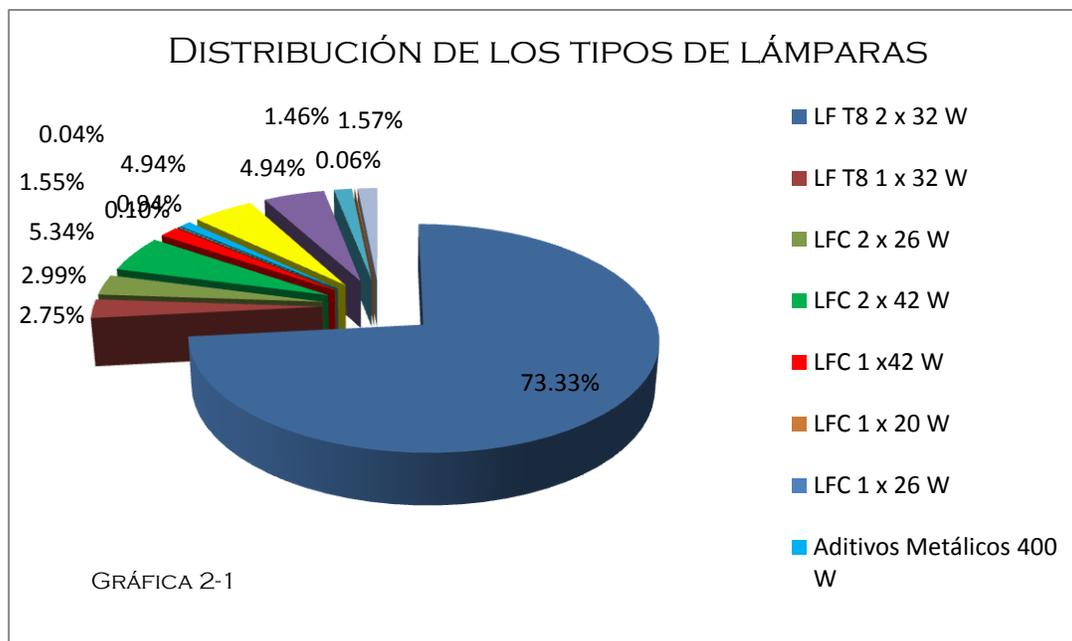
El circuito tendrá una protección de **3P-50 A** y la puesta a tierra del circuito de acuerdo a 250-95 será de 10 AWG.

### 2-7 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El sistema se basa en unidades de iluminación distribuidas regularmente y en una cantidad congruente con los requerimientos del nivel de iluminación que plantean las necesidades de las tareas visuales que se desarrollan en las distintas áreas. Se tienen instaladas principalmente lámparas fluorescentes de 2x32 W, 1x32W, 2x26 W, 2x42 W, 1x26 W, 1x42W, 2x13 W, 1x20W, 2x54 W y proyectores de aditivos metálicos.

Lámparas	Cantidad	Watts	Watts totales	Porcentaje
LF T8 2 x 32 W	560	70	39200.00	73.33%
LF T8 1 x 32 W	42	35	1470.00	2.75%
LFC 2 x 26 W	28	57	1596.00	2.99%
LFC 2 x 42 W	31	92	2852.00	5.34%
LFC 1 x42 W	18	46	828.00	1.55%
LFC 1 x 20 W	1	22	22.00	0.04%
LFC 1 x 26 W	2	28	56.00	0.10%
Aditivos Metálicos 400 W	1	500	500.00	0.94%
Aditivos Metálicos 175 W	12	220	2640.00	4.94%
Aditivos Metálicos 175 W	12	220	2640.00	4.94%
LF T5 2 x 28 W	13	60	780.00	1.46%
LFC 2 x 13 W	1	30	30.00	0.06%
LF T5 1 X 28 W	28	30	840.00	1.57%
<b>TOTAL EN WATTS:</b>			<b>53,454.00</b>	<b>100%</b>

Tabla No. 6  
Distribución de lámparas



A partir de la información contenida en los planos del proyecto de la instalación eléctrica y de los valores de potencia real nominal obtenidos de los fabricantes de los diferentes equipos de alumbrado considerados en la instalación, se cuantifica la carga total conectada de alumbrado, así como el área total iluminada a considerarse en el cálculo para la determinación de los DPEA del sistema de alumbrado.

Primeramente se obtuvieron las áreas de los espacios o particiones a ser iluminadas de cada uno de los niveles, para cada piso de los que integran el edificio. La información es expresada en m<sup>2</sup>.

Después se determina la carga total conectada para alumbrado. En el caso de los equipos de alumbrado que requieren balastro u otro dispositivo para su operación se considera el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-balastro. La información es expresada en Watts.

Posteriormente se integran los valores parciales obtenidos de cada piso o nivel.

Finalmente se determina la DPEA total a partir de la carga total conectada para alumbrado y el área total de cada uso. Los valores se comparan con los máximos permitidos por la

tabla 1 y A1 de la NOM-007-ENER-2004 y se resaltan los incumplimientos con la misma. Ver Apéndice Tabla PECNOM-007 Posgrado de Derecho.

### **2-8 SISTEMA CONTRA INCENDIO**

Se analizan los aspectos que cubre el artículo 695 de la NOM-001-SEDE-2005 relacionado con las bombas contra incendio. El sistema debe cumplir con los capítulos 1 a 4, de la NOM-001-SEDE-2005, excepto lo permitido en el artículo 695.

La secc. 240-3 (a) aclara que para el caso de bombas contra incendios, **NO** es necesaria la protección de los conductores contra sobrecarga, pero sí deben tener protección contra cortocircuito.

Las fuentes de suministro para este sistema deben ser confiables y con capacidad suficiente para conducir las corrientes de rotor bloqueado de los motores eléctricos de las bombas contra incendios. Estas dos condiciones son importantes para que la bomba en caso de un incendio, opere sin ser desconectada accidentalmente y que continúe funcionando hasta que el incendio sea extinguido.

El sistema de bombas contra incendio se localiza en el subsótano de la dependencia, en el cuarto de bombas. El cuarto está hecho de concreto y roca volcánica de 36 m<sup>2</sup> aproximadamente. Dentro de él se ubican las bombas y los controladores de las mismas. Dadas las dimensiones del cuarto y la ubicación de los equipos se cumple con lo especificado en el artículo 695-7 a) y b,) respecto a la ubicación del equipo, que menciona que los controladores eléctricos de las bombas contra incendio deben estar situados lo más cerca posible de los motores que controlan y a la vista de ellos.

De igual forma los equipos se encuentran instalados en una plancha de concreto armado de 30 cm de altura, por lo que se cumple con el art. 695-7 d) Todas las partes de equipo que puedan estar energizadas deben estar situadas a 30 cm como mínimo sobre el nivel del suelo.

El suministro de los motores de las bombas contra incendio se realiza a través del tablero general de baja tensión de la dependencia, ubicado en la subestación. Se cuenta con un interruptor termomagnético de 3 polos 125 Amp que alimenta al tablero "F" ubicado en el cuarto de bombas de la dependencia.

De acuerdo con el art. 695-3 Excepción 1 *Se permite instalar un medio de desconexión y uno o más dispositivos de protección contra sobrecorriente entre la fuente de suministro y el controlador aprobado, dicho medio debe cumplir:*

a) *Los dispositivos de sobrecorriente se deben elegir o programar de modo que soporten indefinidamente la suma de las corrientes eléctricas a rotor bloqueado, de todos los motores de las bombas contra incendios y de las bombas auxiliares, más la capacidad de corriente eléctrica a plena carga de todos los accesorios eléctricos de las bombas que estén conectados a dicha fuente de suministro.*

b) *En la parte exterior del medio de desconexión se debe instalar una placa con el mensaje "Medio de desconexión de la bomba contra incendios", en letras de 2,5 cm de alto como mínimo.*

De acuerdo con el art. 695-8 Los conductores de suministro deben instalarse por la parte exterior de las construcciones y tratarse como conductores de la acometida, de acuerdo con las disposiciones del artículo 230. Cuando no puedan instalarse por fuera del edificio, se permite instalarlos por dentro, siempre que estén enterrados o encerrados bajo concreto de un espesor mínimo de 50 mm. En la dependencia el suministro a las bombas contra incendio se realiza a través de la construcción cumpliendo con las excepciones 1 y 2 de este artículo:

*Excepción 1: Se permite que los conductores de suministro de las bombas contra incendios a los que se refiere la Excepción 1 de 695-3©, pasen a través del edificio si están conectados a sistemas de protección aprobados con clasificación a prueba de flama de una hora como mínimo. Esas instalaciones deben cumplir las limitaciones establecidas para la aprobación de dichos sistemas.*

*Excepción 2: Los conductores de suministro que haya en el cuarto de distribución del que se deriven y el cuarto de máquinas de las bombas.*

**924-** *Métodos de alambrado. Todos los cables que vayan desde los controladores de los motores de las bombas hasta dichos motores, deben instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, metálico flexible a prueba de líquidos o ser cables de Tipo MI.*

Así mismo se cumple que los conductores son independientes de cualquier otro circuito (art. 230-7),

En el tablero F se cuenta con un interruptor termomagnético de 3 polos 50 Amp. Para el suministro hacia el controlador de la bomba contra incendios y la bomba jockey; mediante un alimentador del 6 AWG.

También se cumple con el art. 695-8 d) en los gabinetes que alimenten a bombas contra incendio, incluida la bomba auxiliar, no se permiten puntos de empalme. De igual forma quedan cubiertos los requisitos del inciso f) que indica que los conductores deben estar protegidos contra daños mecánicos.

En la sección 695-2, indica que la instalación de los cables y equipos, deben cumplir con los capítulos 1 a 4 de la NOM-001-SEDE-2005, por lo anterior, se entiende que los conductores de alimentación a bombas contra incendio, se deben tratar como alimentadores de motores, es decir aplicando lo indicado en el art. 430.

	<i>Bomba contra incendios</i>	<i>Bomba Jockey</i>
Potencia [HP]	15	1
Voltaje 3φ [V]	220	220
F.P.	0.9	0.9
Corriente a plena carga de acuerdo con tabla 430-150, usando columna de 208 V [A]	46.2	4.6
Corriente corregida tomando en cuenta la nota al final de la tabla : $I_{nom} = I_{PC} \times 1.25$ [A]	57.75	5.75
De acuerdo con el art. 430-24 para varios motores se toma el motor de mayor corriente $I_{con} = I_{nom} \times 1.25 + I_{nom}$ bomba jockey [A]	77.93	
Selección del conductor, tabla 310-16 columna 60°C	2 AWG	
E% ( $L = 5$ m, $I = I_{nom}$ bomba + $I_{bomba}$ jockey)	0.11%	
Tubería	35 mm	
Ajuste de dispositivo de protección por sobrecorriente $I_{disp} = I_{rotor}$ bloqueado bomba + $I_{rotor}$ bloqueado jockey (tabla 430-151) [A]	290 ≈ 300	

Tabla No. 7  
Alimentadores bombas contra incendio

## 2-9 OBSERVACIONES

1. Utilización indebida de cajas cuadradas de conexión en la instalación aparente como se muestra en la Fig. 1.



Fig. 1

2. Canalizaciones realizadas de mala manera como se muestra en la Fig. 2 Observar el Art. 110-12 que nos menciona que todos los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional.



Fig. 2

3. Condulets instalados en el exterior sin tapa como se muestra en la Fig. 3 y Fig. 4 Observar Art. 370-25 que pide que una vez terminadas las instalaciones todas las cajas o condulets deben tener una tapa.



Fig. 3

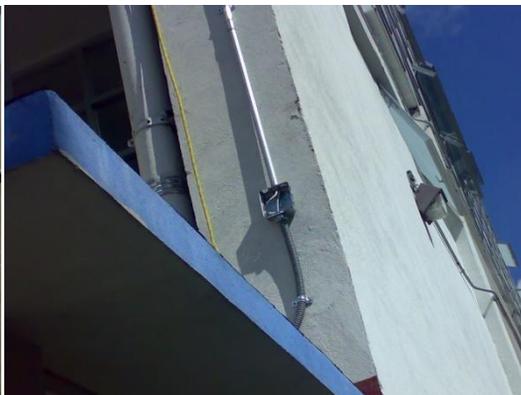


Fig. 4

4. Utilización de cajas de conexión en el exterior cuando deberían ser condulets, además se muestra en la Fig. 5 la lámpara de intemperie sin tapón lateral y la utilización de enchufe-clavija para tener una mejor maniobra de mantenimiento. Se debe observar el Art. 410-4 el cual habla de que en lugares húmedos y mojados la instalación de luminarios debe hacerse de modo que no se acumule agua ni polvo.



Fig. 5

5. Tubo conduit metálico flexible con cubierta de PVC demasiado largo como se muestra en la Fig. 6 Se observa el cumplimiento del Art. 320-13 el cual indica que debe haber una curva de goteo en lugares húmedos pero vemos en la figura que el trabajo no se realizó profesionalmente conforme al Art. 110-12.



Fig. 6

6. Conductores con dobleces de más 90°, tablero sin tapa, sin barra de tierra y conductores energizados sin aislamiento como se muestra en la Fig. 7 y Fig. 8 Se debe observar el Art. 351-30 el cual menciona el número de curvas de 90° permitidas en un tramo.



Fig. 7

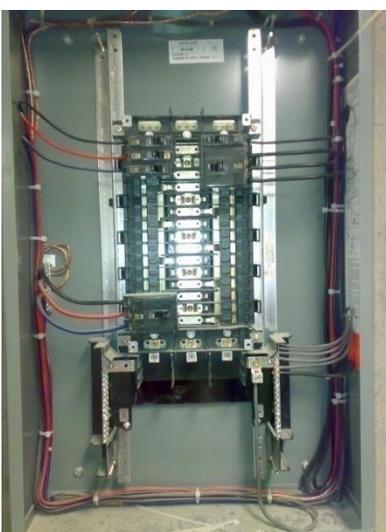


Fig. 8

7. Fig. 9 muestra que el conector no es el adecuado ya que es de uso exterior.



Fig. 9

8. Conductor del sistema de pararrayos se encuentra en contacto con tubería metálica como se muestra en la Fig. 10 Observar el Art. 250-46 que menciona que la separación de los conductores de bajada de pararrayos deben estar a 1.8m de distancia como mínimo o en su defecto se deben unir cuando estén a una distancia menor.



Fig. 10

9. En la Fig. 11 se muestra que la tierra física y la tierra aislada están unidas. De acuerdo con el Art. 921-12 el cual indica que los conductores deben correr separadamente hasta sus propios electrodos.



Fig.11

10. El interruptor del Tablero 1<sup>a</sup>, circuito 15 de 1x30 A no es el adecuado para el conductor de calibre 12 AWG, de acuerdo con la tabla del *Art. 310-16 la protección no debe superar los 20 A. Fig. 12*

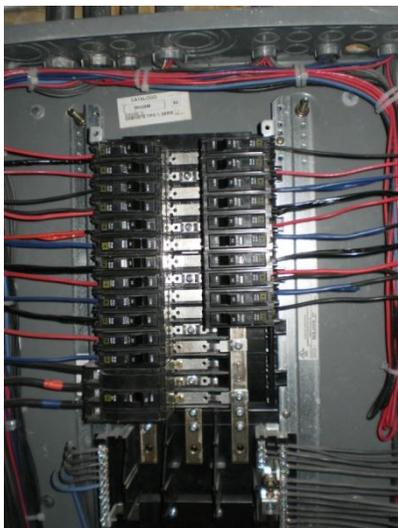


Fig. 12

11. Entre el tablero TGBT y TSN se observa una coordinación inadecuada de protecciones. El interruptor derivado 5 del tablero TGBT que alimenta al TSN es de 300 A, mientras que el interruptor principal del TSN es de 400 A. En caso de existir una falla después del interruptor de 400 A la protección que operaría primero sería la de 300 A.

12. La tapa del tablero SA se encuentra soldada al gabinete de forma que no se tiene acceso al interior del mismo, dificultándose su mantenimiento en caso de una falla; como lo menciona el *Art. 110-31 c) el cual nos habla de que las puertas bisagradas deben sujetarse con tuercas o tornillos. Fig.13*



Fig.13

13. Se observa filtración de agua en un luminario lo cual puede ocasionar una falla en su operación; se menciona en *Art. 410-4 el cual habla de que en lugares húmedos y mojados la instalación de luminarios debe hacerse de modo que no se acumule agua ni polvo.* Fig.14 y Fig.15



Fig. 14



Fig.15

14. Con relación al sistema contra incendio se recomienda que cuente con un sistema redundante, es decir con un sistema de alimentación principal y uno de emergencia. Ver Fig. 16.



Fig. 16

15. El transformador de la dependencia está trabajando a un 50% de su capacidad nominal de acuerdo con el *Art. 490-19 d) Deben trabajar lo más próximo a 100% de su capacidad, conforme a los límites marcados por la confiabilidad operativa y requisitos de la carga que alimentan.* Fig.17



Fig. 17.

## **2-10 RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

Del levantamiento realizado, así como del análisis de la información recopilada, se mencionan algunas recomendaciones para mejorar la instalación eléctrica, lo cual coadyuvará al uso eficiente de la energía.

- ✓ Se sugiere no sobrecargar los tableros con más circuitos de los disponibles.
  
- ✓ Recomendamos dar mantenimiento a tableros y equipos por lo menos una vez al año y que dichos trabajos se realicen a cargo de personal calificado, revisando conexiones sueltas que puedan producir puntos calientes, malgastando la energía eléctrica. Del mismo modo si la conexión tiene fugas a tierra generará una corriente de fuga que significará mayor consumo de energía.
  
- ✓ Los transformadores sobredimensionados presentan mayores pérdidas magnéticas con respecto a un transformador dimensionado adecuadamente. Ya que estas pérdidas siempre se presentan debido a la corriente de magnetización y son constantes independientemente de la carga demanda; por ello entre más alta sea capacidad del transformador mayores serán las pérdidas.
  
- ✓ Un mal factor de potencia, significará que la corriente eléctrica será más elevada en forma innecesaria, produciendo mayores pérdidas en cables, transformadores y, en general, en cualquier parte de la instalación por donde circula esta corriente.

Usando equipos de buen factor de potencia, o bien compensando con reactivos (capacitores), se mejorará el factor de potencia, y con ello la eficiencia de las instalaciones y máquinas eléctricas.

- ✓ Los controles para iluminación ofrecen un ahorro potencial igual o mayor que los luminarios y lámparas eficientes. Una estimación conservadora nos sugiere que puede existir un ahorro del 30% en consumo de un edificio comercial utilizando una estrategia de control adecuado.
- ✓ Las lámparas y luminarios eficientes pueden reducir la potencia del sistema de iluminación mientras que los controles pueden reducir el tiempo de uso de esa potencia.
- ✓ Es importante mencionar que aún con el desarrollo de sistemas de control existen otros dispositivos tan simples como el apagador de pared que puede proporcionarnos un ahorro significativo de energía siempre y cuando sean utilizados apropiadamente.
- ✓ La utilización de sistemas que conjugan la iluminación natural con la artificial es una de las estrategias más eficaces de estos últimos años, pueden ser de gran utilidad para nuestros fines.
- ✓ Si se dispone de monitoreo y registros de los consumos, a nivel general de una dependencia, por equipos o por turno de trabajo, se tendrá la información necesaria para determinar cuáles son las actividades, equipos o turnos más eficientes, respecto al uso del edificio y por ende aplicar las medidas correctivas para un uso eficiente de la energía.
- ✓ Asimismo deben controlarse otros parámetros, como por ejemplo: factor de potencia, tomar medidas sobre las cargas, a modo de minimizar las demandas máximas sobre todo en las horas de punta, para obtener una factura de la compañía de distribución con el menor valor posible.

## 2-11 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Se llevo a cabo el monitoreo de parámetros eléctricos en la dependencia por un período de una semana, los resultados se presentan a continuación:

### 2-11-1 Demanda Total

De la grafica 2-2 podemos observar que la demanda máxima es de 47 kW, que representan un 16% aproximadamente de la capacidad del transformador de 270 kW.

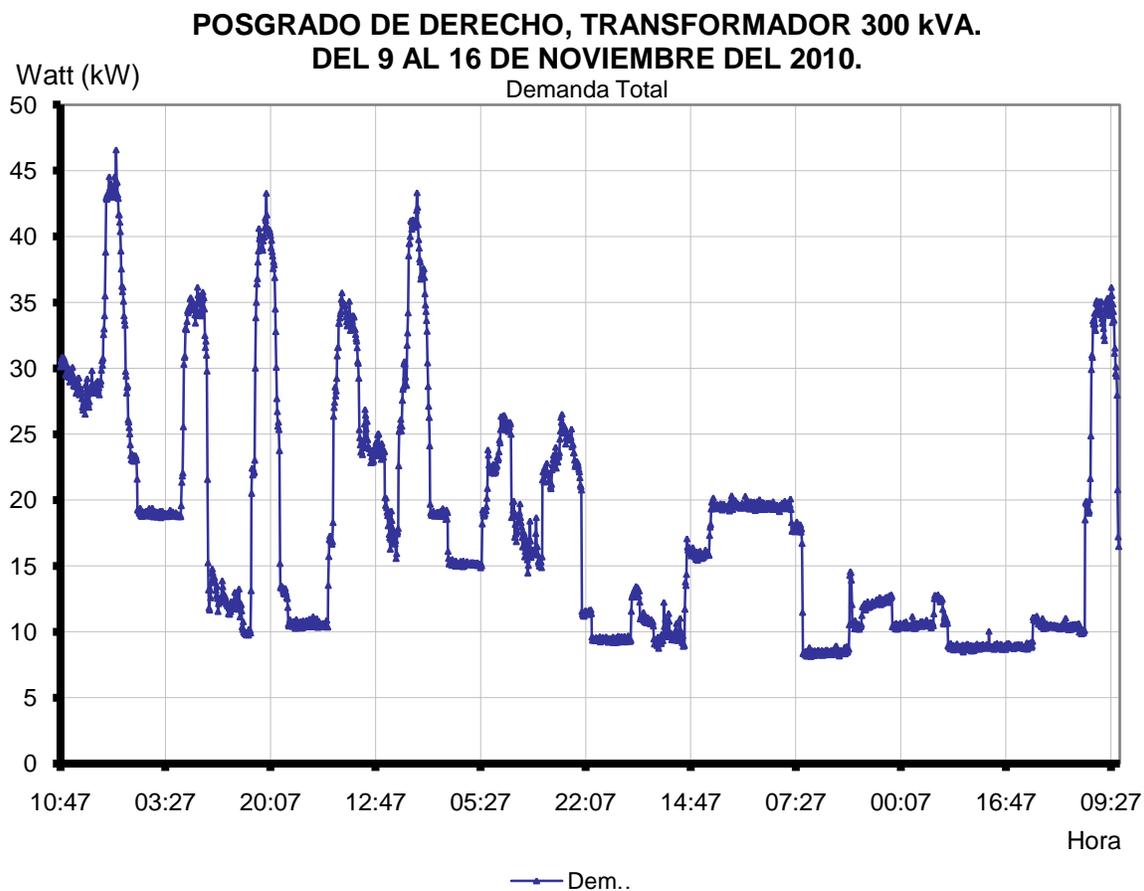
La demanda máxima de energía se produce de lunes a jueves en un periodo aproximado de 2 horas que ocurren entre las 18 y 20 horas, esto se debe a que por ser una dependencia de posgrado la mayoría del alumnado toma este horario debido a su horario laboral.

La demanda mínima se presenta de 22 a las 06 horas, de la misma manera dicha demanda también se presenta los fines de semanas esto debido que dicha dependencia no labora los fines de semana y los días viernes su afluencia es mucho menor.

Con la demanda máxima y la promedio se procede a calcular el factor de carga y las perdidas en los alimentadores principales:

Factor de carga:

$$FC = \frac{18.50}{47.00} = 0.39$$

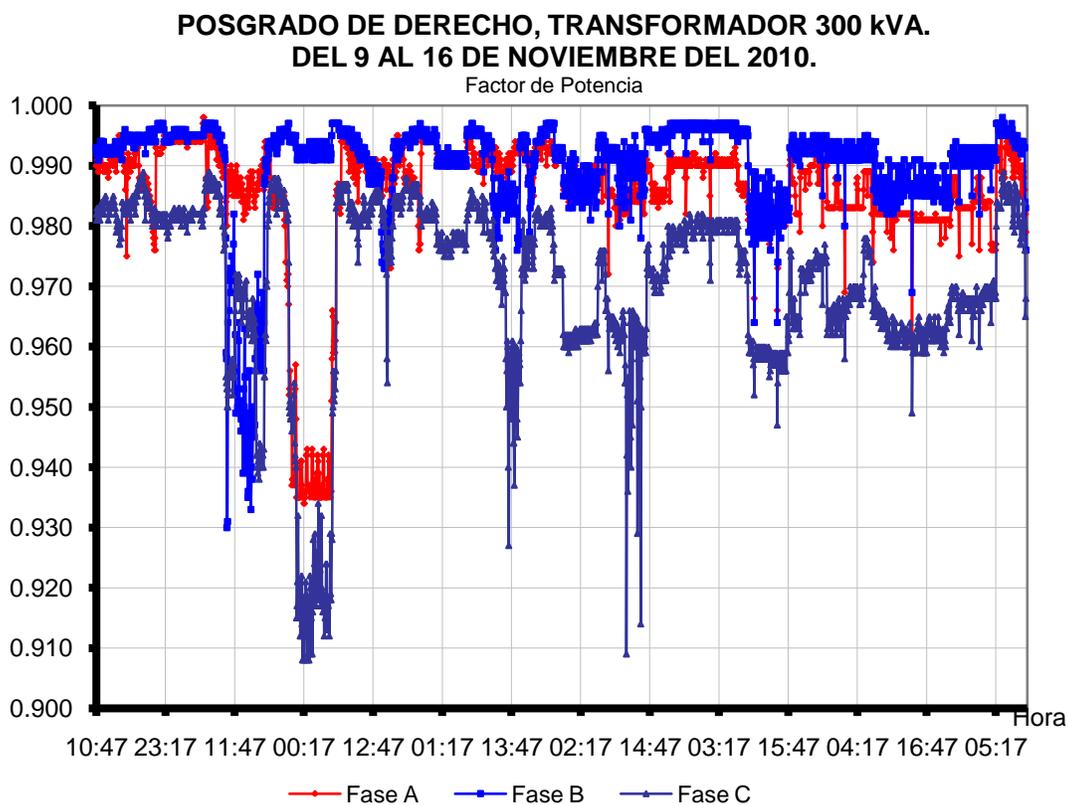


Grafica 2-2  
Demanda total

*Nota: La demanda máxima registrada es de 47 Kw, la demanda mínima es de 8.5 kW, la demanda promedio es de 18.5 kW*

### 2-11-2 Factor de Potencia

Se observa que el factor de potencia decrece en el periodo comprendido entre las 23 horas y las 05:30 horas. Véase grafica 2-3



Grafica 2-3  
Factor de potencia

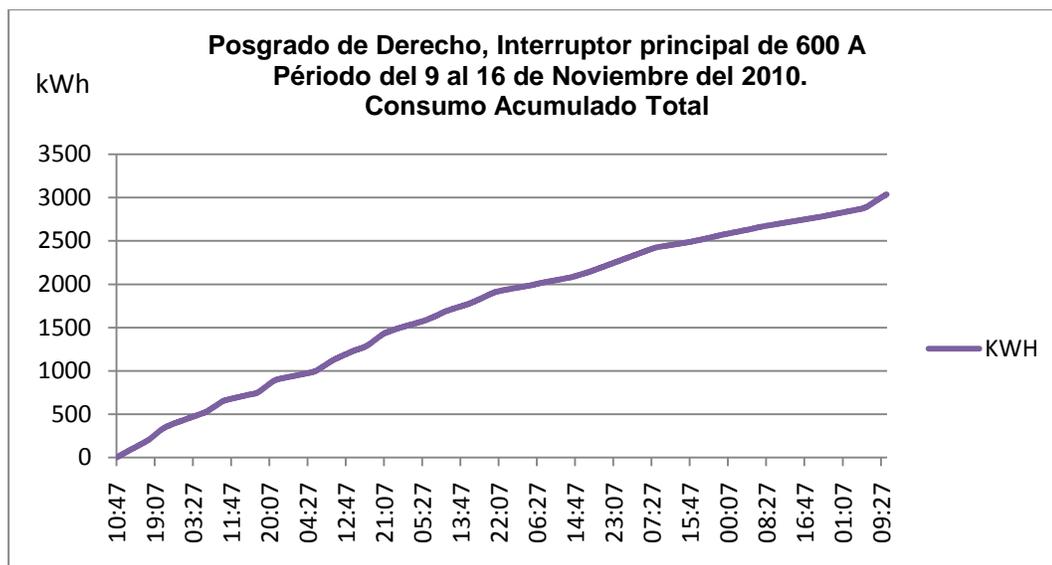
*Nota: Se presentan valores entre el 0.90 y el 0.99*

### 2-11-3 Consumo Acumulado Total

Como se puede observar en la grafica 2-3 el consumo acumulado por una semana es de 3,000 kWh, con la grafica se puede hacer una estimación más precisa del consumo anual y por consiguiente se puede calcular pérdidas por efecto joule anuales de forma que se aproxime a lo facturado anualmente.

De las mediciones eléctricas se determinó que la demanda máxima es de 47 kW con un consumo mensual de 12,000 kWh su índice de consumo se obtiene de multiplicar el consumo mensual por los meses del año y dividirlo entre el área de la dependencia, dicho índice es de 64.54 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Con esta grafica nos podemos apoyar para calcular los kWh de pérdidas que presenta la dependencia anualmente y así calcular el costo aproximado de dichas pérdidas.



Grafica 2-3  
Consumo acumulado total

*NOTA: Con el consumo acumulado total se puede estimar el consumo acumulado total anual*

#### 2-11-4 Cálculo de pérdidas en los alimentadores principales

A continuación en la tabla No. 9 mostramos las pérdidas en kWh/año que se presentan en los alimentadores principales en esta dependencia por efecto Joule, tomando en cuenta 16 horas efectivas diarias de operación y cinco días de trabajo a la semana.

Este valor de pérdidas será comparado posteriormente con el valor obtenido de los alimentadores propuestos.

Pérdidas en los Alimentadores de Posgrado de Derecho										
Tablero	Alimentador [AWG ó KCM]	I[A]	Longitud [Km]	Resistencia de Corriente Alterna [Ω/Km]	Resistencia [Ω]	No. De conductores	Horas efectivas de operación [h/año]	Factor de carga	Factor de pérdidas	Pérdidas en el conductor
TSN	300	209.48	0.045	0.161	0.007245	3	4800	0.39	0.22347	1023.07
SSA	8	6.00	0.041	2.56	0.10496	3	2000	0.39	0.22347	5.07
SA	8	14.75	0.035	2.56	0.0896	3	4800	0.39	0.22347	62.73
PBA	8	16.50	0.015	2.56	0.0384	3	4800	0.39	0.22347	33.64
1A	6	58.26	0.01	1.61	0.0161	3	4800	0.39	0.22347	175.85
1B	6	48.82	0.025	1.61	0.04025	3	4800	0.39	0.22347	308.70
2A	4	60.61	0.035	1.02	0.0357	3	4800	0.39	0.22347	422.03
1AR	8	32.13	0.01	2.56	0.0256	3	4800	0.39	0.22347	85.04
1BR	8	17.50	0.015	2.56	0.0384	3	4800	0.39	0.22347	37.84
2AR	4	41.55	0.045	1.02	0.0459	3	4800	0.39	0.22347	255.00
2BR	4	41.00	0.045	1.02	0.0459	3	4800	0.39	0.22347	248.29
F	1/0	51.00	0.04	0.43	0.0172	3	4800	0.39	0.22347	143.96
TSR	1/0	107.70	0.041	0.43	0.01763	3	4800	0.39	0.22347	658.06
AA	6	40.50	0.033	1.61	0.05313	3	4800	0.39	0.22347	280.43
3A	4	57.50	0.048	1.02	0.04896	3	4800	0.39	0.22347	520.91
3AR	8	22.50	0.02	2.56	0.0512	3	4800	0.39	0.22347	83.41
PBB	8	10.63	0.01	2.56	0.0256	3	4800	0.39	0.22347	9.31
									TOTAL	4353.35

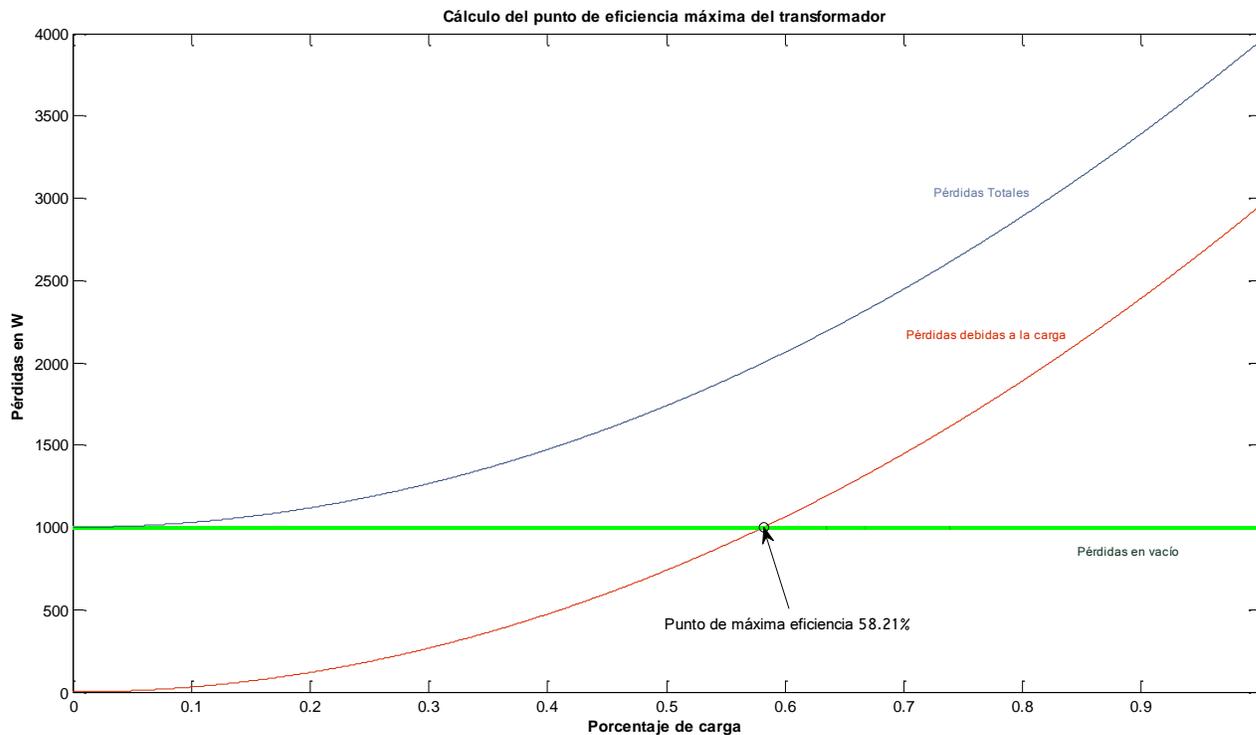
Tabla No. 8  
Pérdidas en kWh en alimentadores principales

Para el cálculo estimado del costo en pérdidas, así como para obtener una mejor comparación (posteriormente) entre las dependencias se tomó la tarifa vigente para el tipo de servicio, correspondiente a horaria media tensión (H-M), región central. El costo del kWh es de \$ 1.74 en horario punta, debido a que es cuando la dependencia presenta su mayor consumo como se aprecia en la gráfica 2-2.

$$\begin{aligned}
 \text{Costo pérdidas} &= 4353.35 \frac{kWh}{\text{año}} \times 1.74 \frac{\$}{kWh} \\
 &= 7574.82 \frac{\$}{\text{año}}
 \end{aligned}$$

### 2-11-5 Cálculo del punto de eficiencia máxima del transformador

Por medio de los datos de placa del transformador y los datos de pérdidas obtenidas en la NOM-002-SEDE-2007, se obtiene el punto de máxima eficiencia, posteriormente se calcula ésta cuando opera al porcentaje de carga obtenido con un factor de potencia de 0.9



Grafica 2-4

*Punto de operación con eficiencia máxima, se puede observar que el punto de eficiencia máxima ocurre cerca del 50% de la capacidad máxima del transformador.*

Teóricamente:

$$P_T - P_0 = 3951 - 1000 = 2951 [W] = P_c$$

$$C_{\eta\text{máx}} = \sqrt{\frac{1000}{2951}} = 58.21\%$$

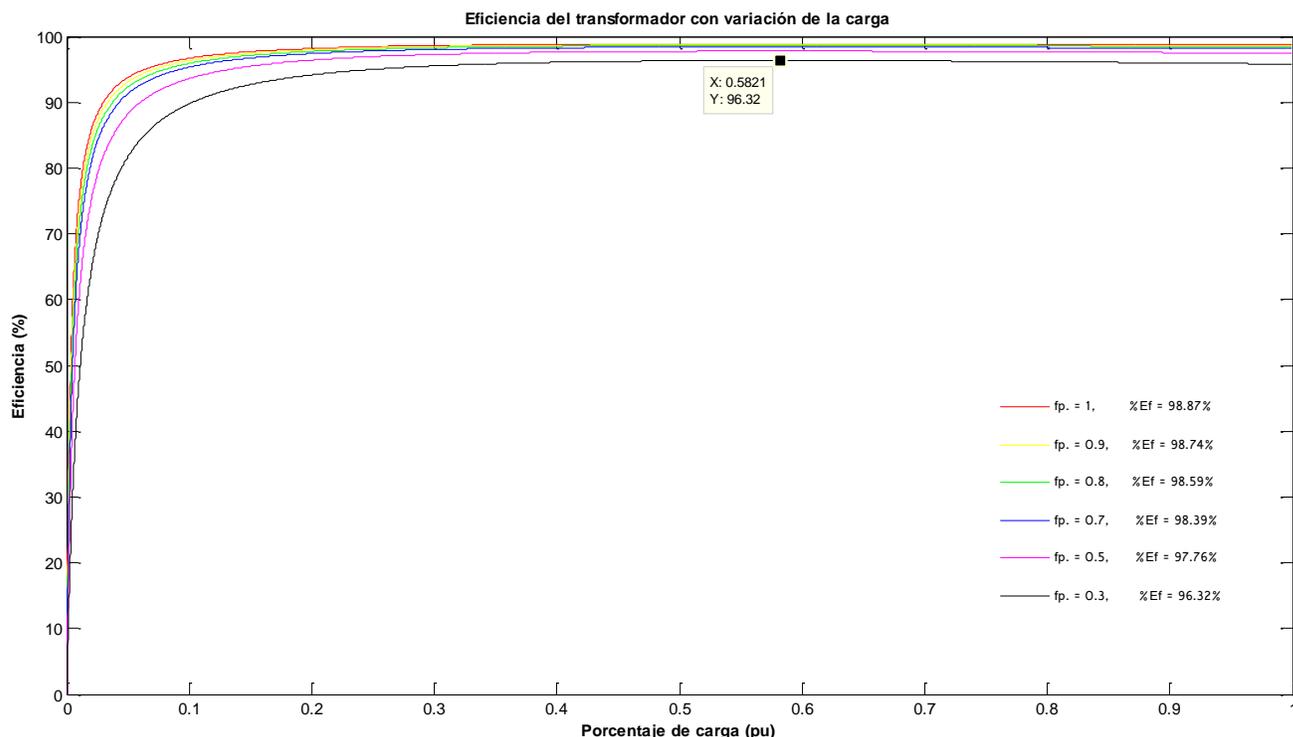
Eficiencia máxima operando el transformador al 58.21% de su capacidad nominal (potencias en kW)

$$\eta = \frac{0.5821 \times 300 \times 0.9}{0.5821 \times 300 \times 0.9 + 1 + 2.951 \times 0.5821^2} = 98.7\%$$

Este valor es el recomendado como mínimo por la tabla 1 de la NOM-002-SEDE-2007.

### 2-11-6 Eficiencia máxima del transformador operando con diferentes factores de potencia

Con ayuda del programa realizado se realiza el cálculo de la eficiencia máxima del transformador cuando opera con factor de potencia diferente al porcentaje de carga de 58.21%.



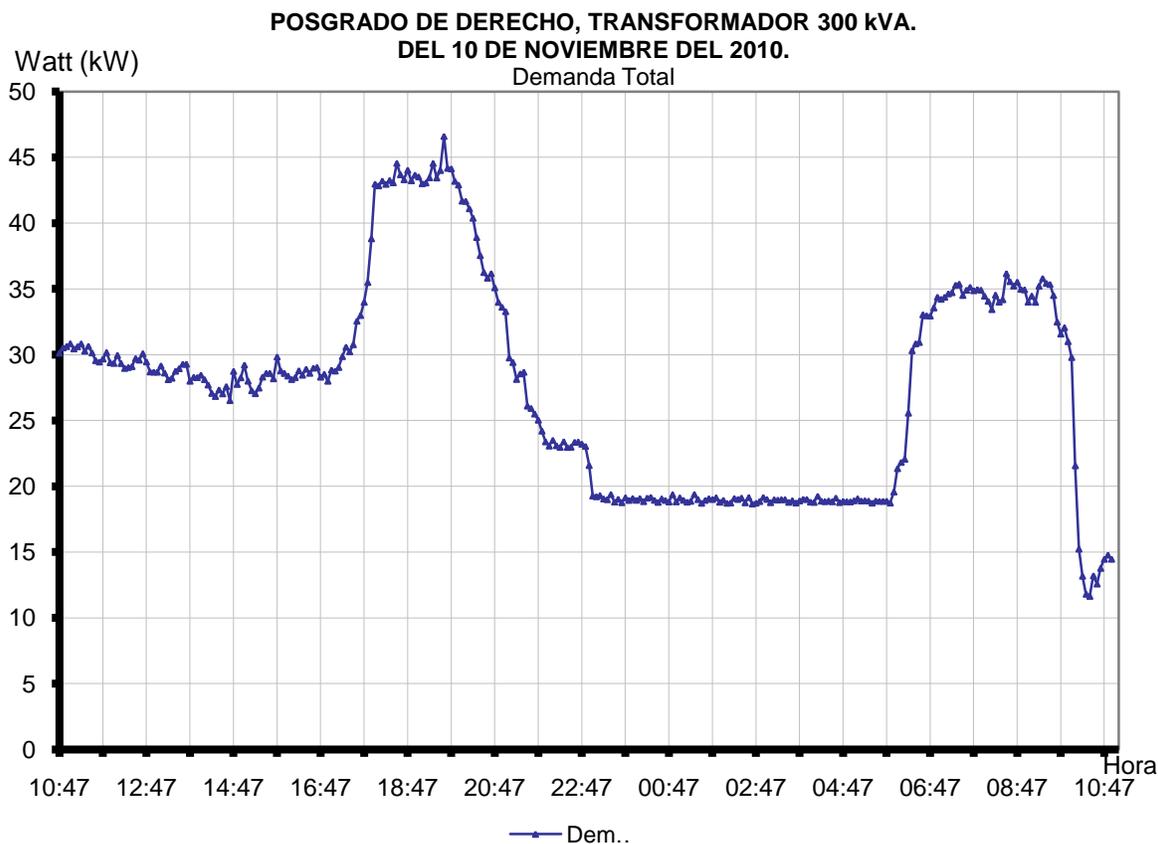
Grafica 2-5

Con un factor de potencia unitario se logra la máxima eficiencia de 98.87%, con 0.9 se tiene 98.74%; con 0.8, tenemos 98.59%; con 0.7, 98.39%; con 0.5, 97.76% y con 0.3, 96.32%.

Como puede observarse el punto de operación en que se tiene la máxima eficiencia ocurre cuando el transformador opera al 58.21% de su capacidad nominal, es decir cuando la carga demandada es de 174.63 kVA. Así mismo se puede observar que independientemente del factor de potencia, el punto de máxima eficiencia siempre se dará al mismo porcentaje de carga.

### 2-11-7 Cálculo de la eficiencia de operación del transformador con demanda promedio

Para esta dependencia utilizamos el valor de demanda promedio presentada en uno de los días donde se realizó el monitoreo, dicho día es el que presenta mayor demanda, como se muestra en la grafica 2-6.



Grafica 2-6  
*Demanda promedio del día 10 de noviembre del 2010*

La demanda promedio es de 27.84 kW (30.96 kVA con un f.p. de 0.9) lo que representa un porcentaje de carga del 10.32% por lo que se observa que el transformador no opera cerca del punto de máxima eficiencia para un factor de potencia de 0.9:

Para un factor de potencia de 0.9

$$\eta_{m\acute{a}x} = 98.87\%$$

Eficiencia real del transformador:

$$\eta_{real} = \frac{27.84}{27.84 + 1 + 2.951 \times 0.1032^2} = \mathbf{96.42\%}$$

De acuerdo con este análisis podemos calcular el costo que tienen las pérdidas con la operación del transformador al 10.32% de su capacidad:

- Costo por mantener energizado el transformador (costo por pérdidas en vacío):

$$Costo_{P_0} = P_0 [kW] \times \frac{h}{año} \times 1.74 \frac{\$}{kWh}$$

$$Costo_{P_0} = 1 \times 24 \times 365 \times 1.74 = 15242.4 \frac{\$}{año}$$

- Costo por pérdidas debidas a la carga:

$$Costo_{P_{cc}} = P_c \frac{kWh}{año} \times 1.74 \frac{\$}{kWh}$$

$$Costo_{P_{cc}} = (2.951 \times 0.1032^2 \times 365 \times 24) \frac{kWh}{año} \times 1.74 \frac{\$}{kWh} = 479.05 \frac{\$}{año}$$

El sólo hecho de mantener energizado el transformador representa un costo mucho mayor que las pérdidas I<sup>2</sup>R que se presentan debido a la carga tomando la demanda máxima. Esto nos indica que la capacidad del transformador es demasiado grande para la carga demandada, lo que redundará en altos costos de operación. Si se tomara la demanda promedio el diferencial entre el costo de las pérdidas en vacío y el costo de las pérdidas debidas a la carga sería aun más grande.

A continuación se hace la propuesta de un transformador de menor capacidad operando cerca del punto de eficiencia máxima con un factor de potencia de 0.9 y la comparación con el anterior.

- Carga instalada: 194.6 kVA  
 Con un factor de demanda de 0.7 tenemos 136.22 kVA  
 A factor de potencia de 0.9 se tiene 122.6 kW
- Demanda promedio: **27.84 kW**

- Capacidad del transformador propuesto: 112.5 kVA
- Porcentaje de carga donde se obtiene máxima eficiencia:

$$P_T - P_0 = 1713 - 405 = 1308 [W] = P_{cc}$$

$$C_{\eta_{\max}} = \sqrt{\frac{405}{1308}} = 55.64\%$$

Es decir cuando el transformador demanda 62.6 kVA o 56.33 kW a 0.9 de factor de potencia obtenemos la máxima eficiencia.

$$\eta_{\max} = \frac{0.5564 \times 112.5 \times 0.9}{0.5564 \times 112.5 \times 0.9 + 0.405 + 1.308 \times 0.5564^2} = \mathbf{98.58\%}$$

La eficiencia real de operación sería:

$$\eta_{op} = \frac{0.2749 \times 112.5 \times 0.9}{0.2749 \times 112.5 \times 0.9 + 0.405 + 1.308 \times 0.2749^2} = \mathbf{98.22\%}$$

De acuerdo con este análisis podemos calcular el costo que tienen las pérdidas con el transformador alimentando la demanda promedio de 27.84 kW (27.49% de su capacidad nominal):

- Costo por mantener energizado el transformador (costo por pérdidas en vacío):

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{P_0} &= P_0 [kW] \times \frac{h}{\text{año}} \times 1.74 \frac{\$}{kWh} \\ \text{Costo}_{P_0} &= 0.405 \times 24 \times 365 \times 1.74 = 6173.2 \frac{\$}{\text{año}} \end{aligned}$$

- Costo por pérdidas debidas a la carga:

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{P_{cc}} &= P_c \frac{kWh}{\text{año}} \times 1.74 \frac{\$}{kWh} \\ \text{Costo}_{P_{cc}} &= (1.308 \times 0.2749^2 \times 365 \times 24) \frac{kWh}{\text{año}} \times 1.74 \frac{\$}{kWh} = 1506.64 \frac{\$}{\text{año}} \end{aligned}$$

Como puede observarse el costo por mantener energizado el transformador es menos de la mitad del que se tiene con el transformador instalado, el ahorro es de 8041.61 \$/año. Las pérdidas debidas a las carga se mantienen casi constantes, por lo que podemos concluir que al contar con un transformador sobredimensionado, este tendrá más acero que uno de menor capacidad, lo que causará mayores costos de operación debido a las pérdidas en vacío que presentará, y al ser de mayor tamaño el costo es más alto.

## CAPITULO 3

### FACULTAD DE QUIMICA, EDIFICIO A

#### 3-1 HISTORIA

Calculada para 1200 alumnos le fue asignada a la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, actualmente facultad de química, una fracción al sur de la gran plaza, la solución dada al programa de la escuela fue de un cuerpo principal formado por dos volúmenes que se interceptarían y al que irían ligados por medio de pórticos, otros dos edificios entre los que vendría a formarse el patio mayor, los dos volúmenes del cuerpo principal, rectangulares, contrastarían con la altura, pues sería bajo el desarrollado de norte a sur y alto, de 5 plantas, el de oriente a poniente.

Este volumen fue creado para contener los despachos y locales correspondientes a la dirección, consejo técnico, secretaria, oficinas administrativas, biblioteca para 1500 ejemplares, intendencia y casilleros para alumnos. Al sótano de esta parte fue acondicionado para el almacén.

El volumen alto de esta planta fue distribuido en sus dos terceras partes entre el vestíbulo y un pórtico, con los servicios de circulación vertical, y en lo restante a dos salones de dibujo para 30 alumnos cada uno y un local para la revista y la sociedad de alumnos.

Las cuatro plantas tipo de ese cuerpo fueron distribuidas entre 24 laboratorios con los anexos correspondientes, y 12 aulas de demostración a manera de que cada una diera servicio a los dos laboratorios. La iluminación de este cuerpo fue dada por ventanales con vista hacia el norte por lo que la circulación horizontal quedo hacia el sur. El inmueble inició actividades en el año de 1954, desde esta fecha la mayor parte de la instalación eléctrica sigue en funcionamiento sin haber sufrido cambios relevantes al diseño inicial.



### DATOS GENERALES

Dependencia: Facultad de Química, Edificio A

Tipo de obra: Obra construida

Domicilio: Av. Universidad #3000

Delegación: Coyoacán

### CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

Tensión Eléctrica: 6000-220 / 127 V

Tipo de Suministro: Subestación tipo interior y Tableros Derivados en baja tensión

Capacidad del transformador: 500 KVA

Subestación: Tipo Interior con 2 tableros distribución en el local

## PLANOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE EDIFICIO A, FACULTAD DE QUIMICA

1. IEA-01 Instalación Eléctrica Alumbrado de Planta baja
2. IEA-02 Instalación Eléctrica Alumbrado de Planta baja, Química General
3. IEA-03 Instalación Eléctrica Alumbrado de Planta baja, Química General, paso cubiertos
4. IEA-04 Instalación Eléctrica Alumbrado del Nivel 1
5. IEA-06 Instalación Eléctrica Alumbrado del Nivel 2
6. IEA-06 Instalación Eléctrica Alumbrado del Nivel 3
7. IEA-07 Instalación Eléctrica Alumbrado del Nivel 4
8. IEC-08 Instalación Eléctrica Contactos de Planta Baja
9. IEC-09 Instalación Eléctrica Contactos de Planta Baja, Química General
10. IEC-10 Instalación Eléctrica Contactos del Nivel 1
11. IEC-11 Instalación Eléctrica Contactos del Nivel 2
12. IEC-12 Instalación Eléctrica Contactos del Nivel 3
13. IEC-13 Instalación Eléctrica Contactos del Nivel 4
14. IECR-14 Instalación Eléctrica Contactos Regulados del Nivel 4
15. CC-15 Cuadros de Carga de Planta Baja
16. CC-16 Cuadros de Carga del Nivel 1
17. CC-17 Cuadros de Carga del Nivel 2
18. CC-18 Cuadros de Carga del Nivel 3
19. CC-19 Cuadros de Carga del Nivel 4
20. CC-20 Cuadros de Carga del Tablero de Distribución General
21. DU-21 Diagrama Unifilar

### 3-2 DIAGRAMA UNIFILAR

La subestación cuenta con un gabinete de distribución en el local y uno más en un local anexo que se encuentra debajo de las escaleras del edificio A, desde ambos se distribuye energía a los 110 tableros derivados de distribución que se encuentran instalados en la dependencia, los cuales se encargan de proveer energía al sistema de alumbrado, contactos y fuerza.

La función del diagrama unifilar es esquematizar la distribución de tableros, equipos instalados en la dependencia. Así como mostrar datos principales de los circuitos alimentadores como son calibres de conductores, caída de tensión, longitudes, diámetros de tuberías y características de equipos.

En el apéndice se muestra el plano DU-21 con el fin de obtener una visión general de la instalación eléctrica de esta dependencia.

### **3-3 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

La subestación eléctrica de la dependencia está ubicada frente al estacionamiento del edificio A de la facultad de Química, cuenta con una puerta corrediza que se encuentra en mal estado debido a que presenta dificultad para abrir y cerrar, así mismo el art. 924-7 menciona que debe estar señalado el sentido de apertura, el piso está hecho de concreto y las tapas de los registros se encuentran en lugares que permiten el libre paso del personal (art. 924-6).

El suministro de energía eléctrica se realiza por medio de la red subterránea de ciudad universitaria con cable aislado clase 6 kV tipo distribución subterránea, conductor de cobre con aislamiento XLPE y pantalla electrostática de alambres conectada sólidamente a tierra a través de terminales. En la entrada de la acometida se emplea como protección cuchillas desconectoras sin carga y fusibles marca Westinghouse tipo BA, 7.5 kV, 200 A, estilo 1585389-A. lo cual satisface los requerimientos del art. 924-10, esta línea subterránea finaliza en el transformador. Ver Fig. 1



Fig. 1

El local aloja un Transformador en aire marca IEM tipo ASN clase AA, asilamiento clase B, 500 kVA, 6000-220/127 V, por el lado de baja tensión se alimenta al equipo de medición ubicado a no más de tres metros en un tablero autosoportado marca Square D lo que permite que el dispositivo no tenga un dispositivo de protección contra sobrecorriente (art. 240.21 b); del equipo de medición se alimenta un interruptor general con capacidad de 3x1600A como medio de protección contra sobrecorriente del Tablero General de Baja Tensión "TG". Ver Fig. 2



Fig. 2

El transformador proveerá energía eléctrica a una carga instalada de 314.95 kW, considerando un factor de potencia de 0.9 tenemos una carga demandada de 349.94 kVA.

La capacidad del transformador es de 500 kVA. Calculando la corriente demandada actual en el secundario del transformador:

$$I = \frac{349.94 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 1020.40A$$

Para dicho valor de corriente se dimensionan soleras de cobre de 76x13 mm cuya capacidad es de 1500 A aproximadamente.

El alumbrado de la subestación se compone de 4 luminarios de 2 x 75 W distribuidos en el área del local; de los cuales sólo 3 están en funcionamiento. Así mismo y de acuerdo con el art. 924-5 b) y e) se debe contar con al menos un luminario de emergencia y un circuito derivado independiente para el alumbrado y contactos de la subestación. Se realizaron medidas de niveles de iluminación de los planos de trabajo obteniendo los datos mostrados en la tabla A.

Tipo de lugar	Iluminacia [Lx]
Frente a tableros de control	300
Áreas de maniobra	296
Equipo de medición	160

Tabla A  
Niveles de iluminación en subestación

De acuerdo con el art. 924-5 los niveles de iluminación mínima sobre la superficie de trabajo son: frente a tableros de control 270 lx, área de maniobra 110 lx y equipo de medición 270 lx, por lo que la zona frente al equipo de medición no cuenta con el nivel de iluminación requerido.

La subestación no cuenta con equipo contra incendio como lo marca el art. 924-8.

El Tablero de distribución "TG", cuenta con el espacio apropiado para que el operador pueda trabajar y tener fácil acceso a los dispositivos de control conforme se establece en el artículo 924-9. Ver Fig. 3



Fig. 3

La subestación no cuenta con sistema de tierras, se utiliza la pantalla metálica de la acometida, artículo 230 Más adelante en este capítulo se propone una malla de tierra para dicha subestación la cual cumplirá con los requerimientos mínimos que establece el art. 921.

#### CUARTO ELÉCTRICO

El local se encuentra ubicado debajo de las escaleras principales del edificio “A”, el cual resguarda tableros autosoportados marca Square D de tecnología obsoleta, presentan partes faltantes, dañadas, suciedad, los cuales actualmente se encuentran en funcionamiento y representan un riesgo para la instalación eléctrica. De acuerdo con el art. 110-12 c) nos menciona lo siguiente: Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables, aisladores y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas como restos de pintura, yeso, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento. Ver Fig. 4



Fig. 4

El acceso se encuentra obstruido por lo que impide el abatimiento correcto de las puertas del local (Art 110-33); Dicho local sólo cuenta con un foco incandescente de 75 W el cual no es suficiente para dar el nivel de iluminación mínimo requerido de acuerdo al art. 924-5 b)

Tipo de lugar	Iluminacia [Lx]
Frente a tableros de control	10
Áreas de maniobra	35
Equipo de medición	85

Tabla B  
Niveles de iluminación en cuarto eléctrico

De acuerdo con el art. 924-5 no se cuenta con los niveles de iluminación mínimos para poder operar de forma segura y correcta en los tableros del cuarto eléctrico.

### 3-4 TABLEROS DERIVADOS

La dependencia cuenta con 110 tableros derivados distribuidos en 5 niveles.

<b>Tableros Eléctricos del Edificio "A" de la Facultad de Química</b>									
PB	Ubicación	Nivel 1	Ubicación	Nivel 2	Ubicación	Nivel 3	Ubicación	Nivel 4	Ubicación
A	Servicios escolares	1A	Encubadora	2A	Lab. "A"	3A	Lab. "A"	4A	Lab. "A"
B	Pasillo servicios escolares	1B	Laboratorio "A"	2B	Lab. "A" Anexo	3B	Lab. "A" Anexo	4B	Lab. "A"
B1	Coordinación de carreras	1C	Anexos Lab. "A"	2C	Lab. "A" Anexo	3C	Lab. "A" Anexo	4C	Lab. "A" Anexo
C	Imprenta	1D	Anexos Lab. "A"	2D	Lab. "B" Entrada	3D	Lab. "A", área cómputo	4D	Lab. "A" Anexo
D	Lab. Física I	1E	Anexos Lab. "A"	2E	Lab. "B"	3E	Lab. "B" Entrada	4E	Lab. "B" Entrada
E	Lab. Física I	1F	Lab. "B" Entrada	2F	Lab. "B" Anexo	3F	Lab. "B"	4F	Lab. "B"
F	Metrología	1G	Lab. "B"	2G	Lab. "B" Anexo	3G	Lab. "B" Anexo	4G	Lab. "B" Anexo
G	Lab. Física II	1H	Lab "B" Anexos	2H	Lab. "C"	3H	Lab. "B" Anexo	4H	Lab. "B" Anexo
H	Cubículo estudiantil	1I	Lab "B" Anexos	2I	Lab. "C" Anexo	3I	Lab. "C"	4I	Lab. "C"
I	Reloj checador	1J	Lab. "C"	2J	Lab. "C" Anexo	3J	Lab. "C" Anexo	4J	Lab. "C" Anexo
J	Físico Química	1K	Anexos Lab. "C"	2K	Lab. "D" Entrada	3K	Lab. "C" Anexo	4K	Lab. "C" Anexo
K	Entrada farmacia	1L	Anexos Lab. "C"	2L	Lab. "D"	3L	Lab. "C" Anexo	4L	Lab. "D" Entrada
L	Química general	1M	Anexos Lab. "C"	2M	Lab. "D" Anexo	3M	Lab. "D" Entrada	4M	Lab. "D"
M	Farmacia	1N	Lab. "D" Entrada	2N	Lab. "D" Anexo	3N	Lab. "D"	4N	Lab. "D" Anexo
N	Farmacia	1O	Lab. "D"	2O	Lab. "D" Anexo	3O	Lab. "D" Anexo	4Ñ	Lab. "D" Anexo
O	Enfermería	1P	Lab "D" Anexos	2P	Lab. "E"	3P	Lab. "D" Anexo	4O	Lab. "E"
P	Regaderas	1Q	Lab "D" Anexos	2Q	Lab. "E" Anexo	3Q	Lab. "E"	4P	Lab. "E" Anexo
		1R	Baños Hombres Escaleras	2R	Lab. "E" Anexo	3R	Lab. "E" Anexo	4Q	Lab. "E" Anexo
		1S	Lab. "E"	2S	Lab. "F" Entrada	3S	Lab. "E" Anexo	4R	Lab. "F" Entrada
		1T	Lab. "E" Anexos	2T	Lab. "F"	3T	Lab. "F" Entrada	4S	Lab. "F"
		1U	Lab. "E" Anexos	2U	Lab. "F" Anexo	3U	Lab. "F"	4T	Lab. "F" Anexo
		1V	Lab. "E" Entrada	2V	Lab. "F" Anexo	3V	Lab. "F" Anexo	4U	Lab. "F" Anexo
		1W	Lab. "F"			3W	Lab. "F" Anexo	4V	Lab. "F" Anexo
		1X	Lab. "F" Anexos						
		1Y	Lab. "F" Anexos						

Tabla No.1  
Tableros eléctricos del edificio A

Los tableros no están conectados al sistema de tierra física y tampoco cuentan con barra de tierra para los circuitos derivados. Varios tableros eléctricos y tuberías presentan corrosión, esto se debe a que se encuentran en laboratorios usados, como bodegas, o están cerca de residuos químicos; por otra parte ya tienen más de 50 años de servicio, por lo que están deteriorados, además hay tableros que presentan saturación de circuitos.

La mayoría de los tableros del edificio A presentan un considerable desbalance entre sus fases, esto se debe a una mala distribución de las cargas; el desbalance puede provocar caídas de tensión en las fases, calentamiento en conductores, interruptores y circuitos derivados. Véase Tabla No.2.

Tableros que presentan desbalance entre sus líneas																									
Tableros planta baja	A	B	B1	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P								
Desbalance (%)	62.5	42.3	14.3	96	60.7	12.7	43.1	38.4	35.7	33.6	43.6	81	68.7	8.37	18.8	100	82.3								
Tableros Nivel 1	1A	1B	1C	1D	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K	1L	1M	1O	1P	1Q	1R	1S	1T	1U	1V	1W	1X	1Y	1Z
Desbalance (%)	53.9	36	37.5	100	15.7	14.1	56.5	36.4	63.9	6.68	52.2	78.7	23.4	42.2	41.5	58.4	19.8	7.14	57.4	37.5	41.2	59.5	42.1	66.7	71.4
Tableros Nivel 2	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H	2I	2J	2K	2L	2M	2O	2P	2Q	2R	2S	2T	2U	2V	2W			
Desbalance (%)	24.5	59.8	76.8	47.9	18.8	53.8	33.3	14.2	69.1	41.3	18.7	27.4	36.1	66.7	51.8	58.4	89.6	19.7	24.4	65.3	60	41.2			
Tableros Nivel 3	3A	3B	3C	3D	3E	3F	3G	3I	3J	3K	3L	3M	3N	3O	3P	3Q	3R	3S	3T	3U	3V	3W			
Desbalance (%)	5.88	46.6	75.5	41.9	52.1	18.8	69.1	47.4	33.7	53.7	25	54	18.8	60.9	56.1	13.3	81.8	68	42.6	30	76.7	71.7			
Tableros Nivel 4	4A	4B	4C	4D	4E	4F	4G	4H	4I	4J	4K	4L	4M	4N	4Ñ	4O	4P	4Q	4R	4S	4T	4U	4V	4W	
Desbalance (%)	23.1	100	23	47.3	44.2	19.1	40.6	53.7	53.8	65.3	66.5	43.7	29.4	100	50	20	71.4	65.4	20.3	33.3	45.9	38.1	76.7	71.7	

Tabla No.2  
Desbalance de tableros

En los tableros derivados se registran circuitos con mayor carga que la capacidad de los interruptores, esto provoca disparos continuos y fallas en la energía, véase Tabla No.3.

CARGA > CAP INTERRUPTOR	
TABLERO	CIRCUITOS
J	7, 8, 11
P	1, 2
1G	10
1R	13, 16, 18, 20
1V	3
3T	16
3V	3
4E	3, 8

Tabla No.3  
Carga mayor que la capacidad interruptiva

En algunos tableros los conductores en su trayectoria de salida están desordenados, esto crea campos electromagnéticos innecesarios que provocan calentamientos y deterioro de los aislantes que pueden ocasionar fallas y mal funcionamiento de la instalación.

En la Tabla No.4 a continuación se muestran tableros donde los interruptores no protegen a los conductores instalados es decir, la capacidad del conductor es menor que la del interruptor, por lo que este último no se dispara aun cuando el conductor llegue al límite máximo de su capacidad. Esto puede ocasionar calentamiento y corto circuito entre conductores.

<b>La Capacidad del interruptor no protege al conductor</b>									
Tablero	Circuitos	Tablero	Circuitos	Tablero	Circuitos	Tablero	Circuitos	Tablero	Circuitos
<i>Planta baja</i>		<i>Nivel 1</i>		<i>Nivel 2</i>		<i>Nivel 3</i>		<i>Nivel 4</i>	
A	1,5,10,12,15	1A	(19,21,23)	2B	TODOS	3B	TODOS	4B	(1,3,5)
D	2,4,6,8,10,12,14,16	1E	TODOS	2C	TODOS	3C	TODOS	4C	1,2,3,4,5,6,7,8,9 10,11,12,13,15,17
E	(8,10)11,12	1I	2,4,6,14,16,18	2G	TODOS	3G	TODOS	4J	TODOS
G	1,3,5,7,9,11,12,14,16 18,20,(22,24,26)	1L	TODOS	2I	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 (13,15,17)	3J	TODOS	4K	1,2,3,4,11
H	3	1M	(1,3,5)	2J	TODOS	3O	TODOS	4N	12
K	1	1Q	2,4,6,8,10,12,16,18	2O	5,14,16,18	3P	1,3,4,6,7,8,9,10,11,12,17	4P	1,3,5,7,9
L	3	1X	TODOS	2Q	TODOS	3S	TODOS	4U	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 11,12,13,(14,16,18)
M	38			2V	TODOS	3V	TODOS		
N	8,9,11,12			3W	TODOS	3W	TODOS		

Tabla No.4  
Capacidad del interruptor no protege al conductor

En el edificio A hay varios tableros obstruidos por equipo de laboratorio, cajas, sustancias químicas o equipo de cómputo, lo que dificulta realizar maniobras en caso de emergencia, es importante que estén libres de acuerdo a las disposiciones de la NOM.

En la tabla No.5 se presenta un resumen de las anomalías que presenta cada tablero de la dependencia que es indispensable corregir para el buen funcionamiento de la instalación eléctrica.

<b>TABLERO DESCRIPCIÓN</b>	
A	Mal peinado, sin datos, inadecuado.
B	Tapa y tablero no corresponden.
D	Mal peinado.
E	Mal peinado, sin protección general.
F	Sucio, mal peinado, sin protección general.
I	Despeinado.
J	Obsoleto, saturado, despeinado, empalme dentro del tablero.
K	Sin tapa, sucio.
L	S/ Int. gral., bornes quemados, hilos despeinados, saturado.
M	Mal peinado, sin barra de tierra.
N	Hay empalmes dentro del tablero.
1C	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG.
1D	S/Neutro, sin interruptor general.
1F	Tablero obsoleto, sucio.
1H	Totalmente obstruido.
1I	Cables aterrizados al gabinete, obsoleto.
1J	Sucio, protecciones y calibres viejos, obsoleto.
1K	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG.
1M	Obstruido por químicos.
1O	Obsoleto, mal peinado, sucio.
1P	Obstruido.
1S	Obsoleto, sucio.
1T	Obsoleto, mal peinado, sucio.
1U	Obstruido.
1V	Obsoleto.
1W	Obsoleto, mal peinado, sucio.
1X	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral., obsoleto.
1Y	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral., mal peinado.
1Z	S/Int. gral., mal peinado, se aterrizan al gabinete los cables de tierra.
2D	Sucio.
2E	S/Tapa.
2F	Tablero sucio, obsoleto.
2I	Falta peinar, sucio.
2K	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, obsoleto.
2N	Sin interruptor general.
2O	Obsoleto.
2Q	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, obsoleto, sucio.
2R	Obstruido.
2T	Obsoleto.
3A	Sucio.
3B	Sucio.
3E	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral.
3G	Sucio, algo obstruido.
3H	Obstruido.
3J	Sucio.
3Q	S/Tapa.
3R	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral., obsoleto, sucio.
3S	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral., obsoleto, sucio.
3W	S/Tapa, obsoleto.
4D	Mal peinado.
4E	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral.
4G	Sucio, mal peinado.
4H	Sucio, mal peinado.
4I	Sucio, mal peinado.
4M	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral.
4Ñ	Corrosión, obstruido.
4O	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral.
4Q	Cables sueltos dentro del tablero.
4S	Sucio, mal peinado.

Tabla No.5  
Descripción de tableros

### 3-5 CONTACTOS Y FUERZA

La carga de fuerza y contactos es de 574, 811.32 kW y está distribuida como se muestra en la tabla No.6 Los contactos representan el 95.95% de total de la carga de fuerza y contactos.

Carga	Potencia en Watts	Cantidad					Total	Total Watts	Porcentaje
		PB	N1	N2	N3	N4			
Contactos monofásicos	180.00	312	510	463	507	500	2292	412,560.00	71.77%
Contactos bifásicos	500.00	22	7	112	30	17	188	94,000.00	16.35%
Contactos trifásicos	1,000.00	22	3	7	4	9	45	45,000.00	7.83%
Extractor 1/4 HP	186.50	19				1	20	3,730.00	0.65%
Extractor 1/3 HP	248.67		5	2		3	10	2,486.70	0.43%
Extractor 1 HP	746.00			10			10	7,460.00	1.30%
Extractor 1.5 HP	171.45				2		2	342.90	0.06%
Extractor 3/4 HP	559.50	1					1	559.50	0.10%
Extractor 100 W	100.00	1					1	100.00	0.02%
Extractor 1/8 HP	93.25	1					1	93.25	0.02%
Motor 3 HP	2,238.00					1	1	2,238.00	0.39%
Motor 1/4 HP	186.50					2	2	373.00	0.06%
Ventilador 172 W	172.00					3	3	516.00	0.09%
Secador 1/4 HP	186.50		8				8	1,492.00	0.26%
Secador 1930 W	1,930.00	2					2	3,860.00	0.67%
								574,811.35	100.00%

Tabla No.6  
Contactos y fuerza

Algunos cubículos y laboratorios cuentan con equipo de cómputo e instrumentos electrónicos que son muy sensibles a fallas eléctricas (corto circuito, carga estática, caída de tensión, variación de tensión). Los fabricantes y proveedores de estos equipos no hacen valida la garantía si no se cumplen con requisitos como la conexión a tierra física aislada, línea regulada, etc.

### 3-6 ALIMENTADORES

En el edificio A de la Facultad de Química se verificó de manera visual que la alimentación de cada tablero no es independiente, sino que se derivan de un solo alimentador el cual proviene de un solo interruptor del tablero general de la subestación.

#### Cálculo de los Alimentadores por Ampacidad

<i>De TG</i>	<i>A: Tab</i>	<i>Potencia en Watts</i>	$I_{3\phi}$	<i>f. T.</i>	<i>f.a</i>	<i>f.n</i>	$I_{correctada}$	<i>Calibre alimentador AWG</i>	<i>Int Instalado</i>	<i>Calibre Recomendado</i>	<i>Int Recomendado</i>
5.B TG, 3-300 MCM, 3x300 A, 14E1294	1F	4133.10	12.05	1	1	1.25	15.06	4/0	3x100	10	3x20
	1G	7582.50	22.11	1	1	1.25	27.64	1/0	3x50	10	3x30
	1B	5044.75	14.71	1	1	1.25	18.39	2/0	3x100	10	3x20
	2 <sup>a</sup>	6369.83	18.57	1	1	1.25	23.22	1/0	3x100	10	3x30
	2D	5483.10	15.99	1	1	1.25	19.99	1/0	3x100	10	3x20
	2E	4095.00	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3x50	10	3x20
	2J	4880.00	14.23	1	1	1.25	17.79	1/0	3x100	10	3x20
	3 <sup>a</sup>	4815.00	14.04	1	1	1.25	17.55	1/0	3x100	10	3x20
	3E	6570.00	19.16	1	1	1.25	23.95	1/0	Z	10	3x30
	3F	4095.00	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	NI	10	3x20
	4 <sup>a</sup>	7503.00	21.88	1	1	1.25	27.35	2/0	3x100	10	3x30
	4B	967.20	2.82	1	1	1.25	3.53	6	3x70	10	3x15
4E	7278.75	21.22	1	1	1.25	26.53	6	Z	10	3x30	
4F	4395.00	12.82	1	1	1.25	16.02	1/0	3x100	10	3x20	
5.B TG, 3-300 MCM, 3x300 A, 14E1293	1C	3600.00	10.50	1	1	1.25	13.12	2/0	3x100	10	3x20
	1D	1695.00	4.94	1	1	1.25	6.18	8	NI	10	3x15
	2C	5600.00	16.33	1	1	1.25	20.41	3/0	3x100	10	3x30
	2B	4160.00	12.13	1	1	1.25	15.16	4/0	3x100	10	3x20
	3B	3220.00	9.39	1	1	1.25	11.74	1/0	3x100	10	3x15
	4C	4926.00	14.36	1	1	1.25	17.95	1/0	3x100	10	3x20
5.B TG, 3-300 MCM, 3x250 A,	1E	5680.00	16.56	1	1	1.25	20.70	4/0	3x100	10	3x30
	3C	9000.00	26.24	1	1	1.25	32.80		3x100	8	3x40
	3D	2880.00	8.40	1	1	1.25	10.50	8	3x70	10	3x15
	4D	6851.50	19.98	1	1	1.25	24.97	1/0	3x100	10	3x30
5.B TG, 3-300 MCM, 3x600 A,	1H	4500.00	13.12	1	1	1.25	16.40			10	3x20
	2F	3612.00	10.53	1	1	1.25	13.17	300 Kcm	3x100	10	3x15
	3G	4920.00	14.35	1	1	1.25	17.93	1/0	3x100	10	3x20
	4G	4240.00	12.36	1	1	1.25	15.45	1/0	3x100	10	3x20

5.C,3x2 75 A 14E193 300 MCM	A	15980.7	46.60	1	1	1.25	58.25	6		4	3x70
	C	6097.50	17.78	1	1	1.25	22.22	4	3x125	10	3x30
5.E,3x10 0 A 14E193 3-2 AWG	B	8265.00	24.10	1	1	1.25	30.12	3/0	Z	8	3x40
	B1		0.00	1	1	1.25	0.00	8	3x100		
5.E,3x25 0 A 14E192 3/0 AWG	1 <sup>a</sup>	1038.00	3.03	1	1	1.25	3.78	3/0	3x225	10	3x15
3H-300 KCM 3x275 A	2U	4240.00	12.36	1	1	1.25	15.45	1/0	3x100	10	3x30
	1X	5495.00	16.02	1	1	1.25	20.03	1/0	3x100	10	3x30
	3V	4920.00	14.35	1	1	1.25	17.93	1/0	3x100	10	3x30
	4T	6770.00	19.74	1	1	1.25	24.68	2/0	3x100	10	3x30
	4U	7406.00	21.60	1	1	1.25	26.99	6	3x100	10	3x30
3H-300 KCM 3x275 A	3W	4015.00	11.71	1	1	1.25	14.63	1/0	3x100	10	3x30
	2V	3620.00	10.56	1	1	1.25	13.19	1/0	3x100	10	3x30
	1Y	1800.00	5.25	1	1	1.25	6.56	1/0	3x100	10	3x30
3H-300 KCM 3x255 A	4S	3607.50	10.52	1	1	1.25	13.15	2/0	3x50	10	3x30
	4R	5232.90	15.26	1	1	1.25	19.07	2/0	3x100	10	3x30
	4 <sup>o</sup>	4275.00	12.47	1	1	1.25	15.58	300 KCM	3x50	10	3x30
	3U	2340.00	6.82	1	1	1.25	8.53	1/0	3x50	10	3x30
	3T	6675.00	19.46	1	1	1.25	24.33	1/0	3x100	10	3x30
	3Q	4095.00	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3x50	10	3x30
	2P	5587.00	16.29	1	1	1.25	20.36	1/0	3x100	10	3x30
	2T	6247.00	18.22	1	1	1.25	22.77	1/0	3x50	10	3x30
	2S	5370.60	15.66	1	1	1.25	19.58	1/0	3x100	10	3x30
	1Z	2160.00	6.30	1	1	1.25	7.87	8	-	10	3x30
	1W	4104.83	11.97	1	1	1.25	14.96	1/0	3x50	10	3x30
	1V	7330.40	21.37	1	1	1.25	26.72	1/0	3x100	10	3x30
1S	3900.00	11.37	1	1	1.25	14.22	1/0	3x50	10	3x30	

3H-300 KCM 3x275 A	4Ñ	3060.00	8.92	1	1	1.25	11.15	1/0	3x100	10	3x30
	3°	4420.00	12.89	1	1	1.25	16.11	1/0	3x100	10	3x30
	2N	720.00	2.10	1	1	1.25	2.62	8	-	10	3x30
	2M	4640.00	13.53	1	1	1.25	16.91	8	3x100	10	3x30
	1P	8435.00	24.60	1	1	1.25	30.74	8	3x100	8	3x40
3H-300 KCM 3x275 A	4N	540.00	1.57	1	1	1.25	1.97	1/0	3x100	10	3x30
	3P	3380.00	9.86	1	1	1.25	12.32	1/0	3x100	10	3x30
	1Q	3412.50	9.95	1	1	1.25	12.44	1/0	3x100	10	3x30
	2°	1260.00	3.67	1	1	1.25	4.59	1/0	3x100	10	3x30
3H-300 KCM 3x275 A	4P	2340.00	6.82	1	1	1.25	8.53	2/0	3x100	10	3x30
	3R	3042.90	8.87	1	1	1.25	11.09	2	3x100	10	3x30
	1T	3488.67	10.17	1	1	1.25	12.72	2/0	3x100	10	3x30
	2Q	2620.00	7.64	1	1	1.25	9.55	2/0	3x100	10	3x30
3H-300 KCM 3x275 A	4Q	3620.00	10.56	1	1	1.25	13.19	1/0	3x100	10	3x30
	3S	4380.00	12.77	1	1	1.25	15.96	1/0	3x100	10	3x30
	2R	3200.00	9.33	1	1	1.25	11.66	1/0	3x100	10	3x30
	1U	3600.00	10.50	1	1	1.25	13.12	1/0	3x100	10	3x30
5.A TG, 3H-300 MCM, 3 x 600 A, DB25	1L	3380	9.86	1	1	1.25	12.32	2/0	-	10	3 x 20
	1M	6127.5	17.87	1	1	1.25	22.33	8	1 x 50	10	3 x 30
	3K	8760	25.54	1	1	1.25	31.93	1/0	3 x 100	8	3 x 40
	3L	1260	3.67	1	1	1.35	4.59	8	3 x 100	10	3 x 15
	4K	5740	16.74	1	1	1.25	20.92	4/0	3 x 100	10	3 x 30
5.B TG, 3H-300 MCM, 3 x 300 A, 14E1294	D	7760	22.63	1	1	1.25	28.28	6	3 x 50	10	3 x 30
	E	8093.75	23.60	1	1	1.25	29.50	8	NI	10	3 x 30
	F	2523.75	7.36	1	1	1.25	9.20	10	NI	10	3 x 15
	G	11392	33.22	1	1	1.25	41.52	6	3 x 100	6	3 x 50
	1J	5268.75	15.36	1	1	1.25	19.20	1/0	3 x 50	10	3 x 20
	10	7665	22.35	1	1	1.25	27.94	1/0	3 x 50	10	3 x 30
	1N	3145.9	9.17	1	1	1.25	11.47	2/0	3 x 100	10	3 x 20
	2H	5587	16.29	1	1	1.25	20.36	1/0	3 x 50	10	3 x 30

	2K	5190.6	15.14	1	1	1.25	18.92	1/0	3 x 100	10	3 x 20
	2L	6517	19.00	1	1	1.25	23.75	1/0	3 x 50	10	3 x 30
	3L	4095	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3 x 50	10	3 x 15
	3M	6127	17.87	1	1	1.25	22.33	2/0	3 x 100	10	3 x 30
	3N	4095	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3 x 50	10	3 x 15
	4I	6630	19.33	1	1	1.25	24.17	300 KCM	3 x 50	10	3 x 30
	4L	5515	16.08	1	1	1.25	20.10	2/0	3 x 50	10	3 x 30
5.A TG, 3H- 300 MCM, 3 x 275 A, 14E1293	1K	1940	5.66	1	1	1.25	7.07	2/0	3 x 100	10	3 x 15
	2L	3840	11.20	1	1	1.25	14.00	1/0	3 x 100	10	3 x 15
	3J	5060	14.75	1	1	1.25	18.44	2	3 x 100	10	3 x 20
	4J	1580	4.61	1	1	1.25	5.76	1/0	3 x 100	10	3 x 15
	4M	4095	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3 x 50	10	3 x 15
MCM, 3 x 250, 14E1292	1I	3380	9.86	1	1	1.25	12.32	2/0	3 x 100	10	3 x 15
	2G	1260	3.67	1	1	1.25	4.59	1/0	3 x 100	10	3 x 15
	4H	8140	23.74	1	1	1.25	29.67	1/0	3 x 100	10	3 x 30

Tabla No. 7  
Alimentadores por ampacidad

Calculo de alimentadores por caída de tensión

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm <sup>2</sup> )	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm <sup>2</sup> )	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
PLANTA BAJA	SUBESTACION	A	32308.75	94.21	47.00	300 KCM	152.00	0.46	15890.75	218.99	46.34	13.00	6 AWG	13.30	0.72	60.00	21.89	2 AWG	1.30
	SUBESTACION	B	10605.00	30.92	22.00	2 AWG	33.60	0.32	8265.00	219.30	24.10	13.50	3/0 AWG	85.00	0.06	35.50	6.74	8 AWG	1.61
	SUBESTACION	B1	10605.00	30.92	22.00	2 AWG	33.60	0.32	2340.00	219.30	6.82	19.00	8 AWG	8.37	0.24	41.00	2.20	8 AWG	0.53
	SUBESTACION	C	32308.75	94.21	13.00	300 KCM	152.00	0.13	6098.00	219.72	17.78	7.00	4 AWG	21.20	0.09	20.00	2.80	8 AWG	0.67
	SUBESTACION	D	89605.75	261.28	19.50	300 KCM	152.00	0.53	7760.00	218.84	22.63	11.00	6 AWG	13.30	0.30	30.50	5.43	8 AWG	1.30
	SUBESTACION	E	89605.75	261.28	19.50	300 KCM	152.00	0.53	8093.75	218.84	23.60	11.50	8 AWG	8.37	0.51	31.00	5.76	8 AWG	1.38
	SUBESTACION	F	89605.75	261.28	13.00	300 KCM	152.00	0.35	2523.75	219.23	7.36	12.00	10 AWG	5.26	0.27	25.00	1.45	8 AWG	0.35
	SUBESTACION	G	89605.75	261.28	30.00	300 KCM	152.00	0.81	13392.50	218.21	39.05	8.25	6 AWG	13.30	0.38	38.25	11.76	6 AWG	1.77
	CUARTO ELEC	H	5035.00	14.68	10.50	300 KCM	152.00	0.02	5035.00	219.96	14.68	8.00	8 AWG	8.37	0.22	18.50	2.14	8 AWG	0.51
	CUARTO ELEC	I	42635.60	124.32	30.50	300 KCM	152.00	0.39	6710.00	219.14	19.57	14.00	8 AWG	8.37	0.52	44.50	6.85	8 AWG	1.64
	CUARTO ELEC	J	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	17644.00	218.82	51.45	11.00	1/0 AWG	53.50	0.17	52.50	21.27	2 AWG	1.27
	CUARTO ELEC	K	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	5705.00	218.82	16.64	28.20	6 AWG	13.30	0.56	69.70	9.13	6 AWG	1.37
	CUARTO ELEC	L	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	3806.50	218.82	11.10	27.50	1/0 AWG	53.50	0.09	69.00	6.03	6 AWG	0.91
	CUARTO ELEC	M	38947.00	113.57	41.50	350 KCM	177.00	0.42	35463.00	219.08	103.41	24.30	1/0 AWG	53.50	0.74	65.80	53.57	2/0 AWG	1.59
	CUARTO ELEC	N	38947.00	113.57	41.50	350 KCM	177.00	0.42	3484.00	219.08	10.16	24.80	1/0 AWG	53.50	0.07	66.30	5.30	8 AWG	1.27
	CUARTO ELEC	O	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	2512.50	218.82	7.33	62.00	10 AWG	5.26	1.37	103.50	5.97	8 AWG	1.43
CUARTO ELEC	P	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	6257.60	218.82	18.25	45.00	8 AWG	8.37	1.55	86.50	12.43	6 AWG	1.87	

Tabla No. 8  
Alimentadores por caída de tensión planta baja

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
PRIMER NIVEL	SUBESTACION	1A	1038.00	3.03	10.00	3/0 AWG	85.00	0.01	1038.00	219.99	3.03	81.50	3/0 AWG	85.00	0.05	91.50	2.18	8 AWG	0.52
	SUBESTACION	1B	73392.23	214.01	10.00	300 KCM	152.00	0.22	5044.75	219.51	14.71	63.00	1/0 AWG	53.50	0.27	73.00	8.45	8 AWG	2.02
	SUBESTACION	1C	23201.50	67.65	10.00	300 KCM	152.00	0.07	3600.00	219.85	10.50	63.00	2/0 AWG	67.40	0.15	73.00	6.03	8 AWG	1.44
	SUBESTACION	1D	23201.50	67.65	10.00	300 KCM	152.00	0.07	1695.00	219.85	4.94	62.50	8 AWG	8.37	0.58	72.50	2.82	8 AWG	0.67
	SUBESTACION	1E	24411.50	71.18	10.00	300 KCM	152.00	0.07	5680.00	219.84	16.56	77.00	2/0 AWG	67.40	0.30	87.00	11.34	6 AWG	1.71
	SUBESTACION	1F	73392.23	214.01	10.00	300 KCM	152.00	0.22	4133.10	219.51	12.05	50.50	1/0 AWG	53.50	0.18	60.50	5.74	8 AWG	1.37
	SUBESTACION	1G	73392.23	214.01	10.00	300 KCM	152.00	0.22	7582.50	219.51	22.11	49.50	1/0 AWG	53.50	0.32	59.50	10.36	6 AWG	1.56
	SUBESTACION	1H	17272.00	50.36	10.00	300 KCM	152.00	0.05	4500.00	219.89	13.12	33.00	1/0 AWG	53.50	0.13	43.00	4.44	8 AWG	1.06
	SUBESTACION	1I	12780.00	37.27	10.00	300 KCM	152.00	0.04	3380.00	219.92	9.86	46.00	2/0 AWG	67.40	0.11	56.00	4.35	8 AWG	1.04
	SUBESTACION	1J	91609.55	267.13	10.00	300 KCM	152.00	0.28	5268.75	219.39	15.36	18.50	1/0 AWG	53.50	0.08	28.50	3.45	8 AWG	0.82
	SUBESTACION	1K	15435.00	45.01	10.00	300 KCM	152.00	0.05	1940.00	219.90	5.66	19.00	2/0 AWG	67.40	0.03	29.00	1.29	8 AWG	0.31
	SUBESTACION	1L	23220.00	67.71	10.00	300 KCM	152.00	0.07	3380.00	219.85	9.86	32.50	8 AWG	8.37	0.60	42.50	3.30	8 AWG	0.79
	SUBESTACION	1M	23220.00	67.71	10.00	300 KCM	152.00	0.07	4080.00	219.85	11.90	32.00	1/0 AWG	53.50	0.11	42.00	3.93	8 AWG	0.94
	SUBESTACION	1N	91609.55	267.13	10.00	300 KCM	152.00	0.28	3147.90	219.39	9.18	18.50	2/0 AWG	67.40	0.04	28.50	2.06	8 AWG	0.49
	SUBESTACION	1O	91609.55	267.13	10.00	300 KCM	152.00	0.28	7665.00	219.39	22.35	18.00	1/0 AWG	53.50	0.12	28.00	4.93	8 AWG	1.18
	CUARTO ELEC	1P	21095.00	61.51	10.00	300 KCM	152.00	0.06	8435.00	219.86	24.60	20.50	1/0 AWG	53.50	0.15	30.50	5.91	8 AWG	1.41
	CUARTO ELEC	1Q	8592.50	25.05	10.00	300 KCM	152.00	0.03	3412.50	219.94	9.95	33.00	1/0 AWG	53.50	0.10	43.00	3.37	8 AWG	0.80
	CUARTO ELEC	1R	13002.10	37.91	10.00	300 KCM	152.00	0.04	13002.10	219.91	37.91	17.00	2/0 AWG	67.40	0.15	27.00	8.06	8 AWG	1.93
	CUARTO ELEC	1S	29328.83	85.52	10.00	300 KCM	152.00	0.09	3900.00	219.81	11.37	38.00	1/0 AWG	53.50	0.13	48.00	4.30	8 AWG	1.03
	CUARTO ELEC	1T	11491.57	33.51	10.00	300 KCM	152.00	0.03	3488.67	219.92	10.17	34.00	2/0 AWG	67.40	0.08	44.00	3.52	8 AWG	0.84
CUARTO ELEC	1U	14800.00	43.16	10.00	300 KCM	152.00	0.04	3600.00	219.90	10.50	21.00	1/0 AWG	53.50	0.06	31.00	2.56	8 AWG	0.61	
CUARTO ELEC	1V	29328.83	85.52	10.00	300 KCM	152.00	0.09	7330.00	219.81	21.37	51.50	1/0 AWG	53.50	0.32	61.50	10.35	6 AWG	1.56	
CUARTO ELEC	1W	29328.83	85.52	10.00	300 KCM	152.00	0.09	4104.83	219.81	11.97	51.00	1/0 AWG	53.50	0.18	61.00	5.75	8 AWG	1.37	
CUARTO ELEC	1X	28837.00	84.09	10.00	300 KCM	152.00	0.09	5495.00	219.81	16.02	64.50	1/0 AWG	53.50	0.30	74.50	9.40	6 AWG	1.41	
CUARTO ELEC	1Y	9435.00	27.51	10.00	300 KCM	152.00	0.03	1800.00	219.94	5.25	51.00	1/0 AWG	53.50	0.08	61.00	2.52	8 AWG	0.60	

Tabla No. 9

Alimentadores por caída de tensión primer nivel

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
SEGUNDO NIVEL	SUBESTACION	2A	73392.23	214.01	15.00	300 KCM	152.00	0.33	6369.83	219.27	18.57	81.50	1/0 AWG	53.50	0.45	96.50	14.11	4 AWG	1.33
	SUBESTACION	2B	23201.50	67.65	15.00	300 KCM	152.00	0.11	4160.00	219.77	12.13	63.00	3/0 AWG	85.00	0.14	78.00	7.45	8 AWG	1.78
	SUBESTACION	2C	23201.50	67.65	15.00	300 KCM	152.00	0.11	5600.00	219.77	16.33	63.00	4/0 AWG	107.00	0.15	78.00	10.03	6 AWG	1.51
	SUBESTACION	2D	73392.23	214.01	15.00	300 KCM	152.00	0.33	5483.10	219.27	15.99	62.50	1/0 AWG	53.50	0.30	77.50	9.76	6 AWG	1.47
	SUBESTACION	2E	73392.23	214.01	15.00	300 KCM	152.00	0.33	4095.00	219.27	11.94	77.00	1/0 AWG	53.50	0.27	92.00	8.65	6 AWG	1.30
	SUBESTACION	2F	17272.00	50.36	15.00	300 KCM	152.00	0.08	3612.00	219.83	10.53	50.50	300 KCM	152.00	0.06	65.50	5.43	8 AWG	1.30
	SUBESTACION	2G	12780.00	37.27	15.00	300 KCM	152.00	0.06	1260.00	219.87	3.67	49.50	1/0 AWG	53.50	0.05	64.50	1.87	8 AWG	0.45
	SUBESTACION	2H	91609.55	267.13	15.00	300 KCM	152.00	0.42	5587.00	219.09	16.29	33.00	1/0 AWG	53.50	0.16	48.00	6.16	8 AWG	1.47
	SUBESTACION	2I	15435.00	45.01	15.00	300 KCM	152.00	0.07	2760.00	219.85	8.05	46.00	1/0 AWG	53.50	0.11	61.00	3.87	8 AWG	0.92
	SUBESTACION	2J	73392.23	214.01	15.00	300 KCM	152.00	0.33	4880.00	219.27	14.23	18.50	1/0 AWG	53.50	0.08	33.50	3.75	8 AWG	0.90
	SUBESTACION	2K	91609.55	267.13	15.00	300 KCM	152.00	0.42	5190.60	219.09	15.14	19.00	1/0 AWG	53.50	0.08	34.00	4.05	8 AWG	0.97
	SUBESTACION	2L	91609.55	267.13	15.00	300 KCM	152.00	0.42	6517.00	219.09	19.00	32.50	1/0 AWG	53.50	0.18	47.50	7.11	8 AWG	1.70
	CUARTO ELEC	2M	21095.00	61.51	15.00	300 KCM	152.00	0.10	4460.00	219.79	13.00	32.00	8 AWG	8.37	0.78	47.00	4.81	8 AWG	1.15
	CUARTO ELEC	2N	21095.00	61.51	15.00	300 KCM	152.00	0.10	720.00	219.79	2.10	18.50	8 AWG	8.37	0.07	33.50	0.55	8 AWG	0.13
	CUARTO ELEC	2O	8592.50	25.05	15.00	300 KCM	152.00	0.04	1260.00	219.91	3.67	18.00	1/0 AWG	53.50	0.02	33.00	0.95	8 AWG	0.23
	CUARTO ELEC	2P	29328.83	85.52	15.00	300 KCM	152.00	0.13	5587.00	219.71	16.29	20.50	1/0 AWG	53.50	0.10	35.50	4.55	8 AWG	1.09
	CUARTO ELEC	2Q	11491.57	33.51	15.00	300 KCM	152.00	0.05	2620.00	219.89	7.64	33.00	1/0 AWG	53.50	0.07	48.00	2.89	8 AWG	0.69
	CUARTO ELEC	2R	14800.00	43.16	15.00	300 KCM	152.00	0.07	3200.00	219.85	9.33	17.00	1/0 AWG	53.50	0.05	32.00	2.35	8 AWG	0.56
	CUARTO ELEC	2S	31746.00	92.57	15.00	300 KCM	152.00	0.14	5370.60	219.68	15.66	38.00	1/0 AWG	53.50	0.18	53.00	6.53	8 AWG	1.56
	CUARTO ELEC	2T	29328.83	85.52	15.00	300 KCM	152.00	0.13	6247.00	219.71	18.22	34.00	1/0 AWG	53.50	0.18	49.00	7.03	8 AWG	1.68
	CUARTO ELEC	2U	28837.00	84.09	15.00	300 KCM	152.00	0.13	4240.00	219.71	12.36	21.00	1/0 AWG	53.50	0.08	36.00	3.50	8 AWG	0.84
	CUARTO ELEC	2V	9435.00	27.51	15.00	300 KCM	152.00	0.04	3620.00	219.91	10.56	51.50	1/0 AWG	53.50	0.16	66.50	5.53	8 AWG	1.32

Tabla No. 10  
Alimentadores por caída de tensión segundo nivel

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
TERCER NIVEL	SUBESTACION	3A	72992.23	212.84	20.00	300 KCM	152.00	0.44	4815.00	219.03	14.04	43.00	1/0AWG	53.50	0.18	63.00	6.96	8 AWG	1.66
	SUBESTACION	3B	23201.50	67.65	20.00	300 KCM	152.00	0.14	3220.00	219.69	9.39	43.00	1/0 AWG	53.50	0.12	63.00	4.66	8 AWG	1.11
	SUBESTACION	3C	24411.50	71.18	20.00	300 KCM	152.00	0.15	9000.00	219.68	26.24	55.00	SIN	-	-	75.00	15.50	4 AWG	1.46
	SUBESTACION	3D	24411.50	71.18	20.00	300 KCM	152.00	0.15	2880.00	219.68	8.40	55.00	8 AWG	8.37	0.87	75.00	4.96	8 AWG	1.18
	SUBESTACION	3E	72992.23	212.84	20.00	300 KCM	152.00	0.44	6750.00	219.03	19.68	30.00	1/0AWG	53.50	0.17	50.00	7.75	8 AWG	1.85
	SUBESTACION	3F	72992.23	212.84	20.00	300 KCM	152.00	0.44	4095.00	219.03	11.94	29.00	1/0AWG	53.50	0.10	49.00	4.61	8 AWG	1.10
	SUBESTACION	3G	17272	50.36	20.00	300 KCM	152.00	0.10	4920.00	219.77	14.35	11.00	1/0AWG	53.50	0.05	31.00	3.50	8 AWG	0.84
	SUBESTACION	3I	91608.00	267.12	20.00	300 KCM	152.00	0.55	4095.00	218.78	11.94	30.00	1/0AWG	53.50	0.11	50.00	4.70	8 AWG	1.12
	SUBESTACION	3J	14435.00	42.09	20.00	300 KCM	152.00	0.09	5060.00	219.81	14.75	35.00	2 AWG	33.60	0.24	55.00	6.39	8 AWG	1.53
	SUBESTACION	3K	23220.00	67.71	20.00	300 KCM	152.00	0.14	8760.00	219.69	25.54	10.00	1/0 AWG	53.50	0.08	30.00	6.03	8 AWG	1.44
	SUBESTACION	3L	23220.00	67.71	20.00	300 KCM	152.00	0.14	1260.00	219.69	3.67	11.00	8 AWG	8.37	0.08	31.00	0.90	8 AWG	0.21
	SUBESTACION	3M	91608.80	267.12	20.00	300 KCM	152.00	0.55	6127.50	218.78	17.87	42.00	2/0 AWG	67.40	0.18	62.00	8.72	6 AWG	1.31
	SUBESTACION	3N	91608.80	267.12	20.00	350 KCM	152.00	0.55	4095.00	218.78	11.94	41.00	1/0 AWG	53.50	0.14	61.00	5.73	8 AWG	1.37
	CUARTO ELEC	3O	21095.00	61.51	20.00	350 KCM	152.00	0.13	4420.00	219.72	12.89	21.00	1/0 AWG	53.50	0.08	41.00	4.16	8 AWG	0.99
	CUARTO ELEC	3P	8592.00	25.05	20.00	300 KCM	152.00	0.05	3380.00	219.89	9.86	34.00	1/0 AWG	53.50	0.16	54.00	4.19	8 AWG	1.00
	CUARTO ELEC	3R	11441.57	33.36	20.00	300 KCM	152.00	0.07	3042.90	219.85	8.87	36.00	2 AWG	33.60	0.09	56.00	3.91	8 AWG	0.93
	CUARTO ELEC	3S	14800.00	43.16	20.00	300 KCM	152.00	0.09	4380.00	219.80	12.77	22.00	1/0 AWG	53.50	0.08	42.00	4.22	8 AWG	1.01
	CUARTO ELEC	3T	61074.83	178.09	20.00	300 KCM	152.00	0.37	6675.00	219.19	19.46	57.00	1/0 AWG	53.50	0.33	77.00	11.80	6 AWG	1.77
CUARTO ELEC	3U	61074.83	178.09	20.00	300 KCM	152.00	0.37	2340.00	219.19	6.82	55.00	1/0 AWG	53.50	0.11	75.00	4.03	8 AWG	0.96	
CUARTO ELEC	3V	28837.00	84.09	20.00	300 KCM	152.00	0.17	4920.00	219.62	14.35	65.00	1/0 AWG	53.50	0.27	85.00	9.60	6 AWG	1.44	
CUARTO ELEC	3W	9435.00	27.51	20.00	300 KCM	152.00	0.06	4015.00	219.87	11.71	51.00	1/0 AWG	53.50	0.18	71.00	6.54	8 AWG	1.56	

Tabla No. 11  
Alimentadores por caída de tensión tercer nivel

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
CUARTO NIVEL	SUBESTACION	4A	72992.23	212.84	25.00	300 KCM	152.00	0.55	7503.00	218.79	21.88	43.00	2/0 AWG	67.40	0.22	68.00	11.71	6 AWG	1.76
	SUBESTACION	4B	72992.23	212.84	25.00	300 KCM	152.00	0.55	967.20	218.79	2.82	42.50	6 AWG	13.30	0.14	67.50	1.50	8 AWG	0.36
	SUBESTACION	4C	23201.50	67.65	25.00	300 KCM	152.00	0.18	4926.50	219.61	14.37	42.00	1/0 AWG	53.50	0.18	67.00	7.58	8 AWG	1.81
	SUBESTACION	4D	24411.5	71.18	25.00	300 KCM	152.00	0.18	6851.50	219.59	19.98	55.50	1/0 AWG	53.50	0.33	80.50	12.66	6 AWG	1.90
	SUBESTACION	4E	72992.23	212.84	25.00	300 KCM	152.00	0.55	7278.75	218.79	21.22	29.50	6 AWG	13.30	0.75	54.50	9.11	6 AWG	1.37
	SUBESTACION	4F	72992.23	212.84	25.00	300 KCM	152.00	0.55	4395.00	218.79	12.82	29.00	1/0 AWG	53.50	0.11	54.00	5.45	8 AWG	1.30
	SUBESTACION	4G	17272	50.36	25.00	300 KCM	152.00	0.13	4240.00	219.71	12.36	13.00	1/0 AWG	53.50	0.05	38.00	3.70	8 AWG	0.88
	SUBESTACION	4H	12780	37.27	25.00	300 KCM	152.00	0.10	8140.00	219.79	23.74	25.00	1/0 AWG	53.50	0.17	50.00	9.34	6 AWG	1.41
	SUBESTACION	4I	91608.80	267.12	25.00	300 KCM	152.00	0.69	6630.00	218.48	19.33	28.50	300 KCM	152.00	0.06	53.50	8.14	6 AWG	1.22
	SUBESTACION	4J	14435.00	42.09	25.00	300 KCM	152.00	0.11	1580.00	219.76	4.61	24.50	1/0 AWG	53.50	0.03	49.50	1.80	8 AWG	0.43
	SUBESTACION	4K	23220.00	67.71	25.00	300 KCM	152.00	0.18	5740.00	219.61	16.74	13.00	SIN	-		38.00	5.01	8 AWG	1.20
	SUBESTACION	4L	91608.80	267.12	25.00	300 KCM	152.00	0.69	5515.80	218.48	16.08	42.00	2/0 AWG	67.40	0.16	67.00	8.48	6 AWG	1.28
	SUBESTACION	4M	14435.00	42.09	25.00	350 KCM	152.00	0.11	4095.00	219.76	11.94	41.50	1/0 AWG	53.50	0.15	66.50	6.25	8 AWG	1.49
	CUARTO ELEC	4N	8592.00	25.05	25.00	350 KCM	152.00	0.06	540.00	219.86	1.57	32.00	1/0 AWG	53.50	0.01	57.00	0.71	8 AWG	0.17
	CUARTO ELEC	4Ñ	21095.00	61.51	25.00	300 KCM	152.00	0.16	3060.00	219.65	8.92	19.00	SIN	-		44.00	3.09	8 AWG	0.74
	CUARTO ELEC	4O	61074.83	178.09	25.00	300 KCM	152.00	0.46	4275.00	218.99	12.47	31.00	1/0 AWG	53.50	0.11	56.00	5.50	8 AWG	1.31
	CUARTO ELEC	4P	11441.57	33.36	25.00	300 KCM	152.00	0.09	2340.00	219.81	6.82	32.00	2/0 AWG	67.40	0.05	57.00	3.06	8 AWG	0.73
	CUARTO ELEC	4Q	14800.00	43.16	25.00	300 KCM	152.00	0.11	3620.00	219.75	10.56	20.00	1/0 AWG	53.50	0.06	45.00	3.74	8 AWG	0.89
	CUARTO ELEC	4R	61074.83	178.09	25.00	300 KCM	152.00	0.46	5382.90	218.99	15.70	51.00	1/0 AWG	53.50	0.24	76.00	9.39	6 AWG	1.41
	CUARTO ELEC	4S	61074.83	178.09	25.00	300 KCM	152.00	0.46	3607.50	218.99	10.52	62.00	2/0 AWG	67.40	0.15	87.00	7.21	8 AWG	1.72
CUARTO ELEC	4T	28837.00	84.09	25.00	300 KCM	152.00	0.22	6676.00	219.52	19.47	64.00	4 AWG	21.20	0.93	89.00	13.64	4 AWG	1.29	

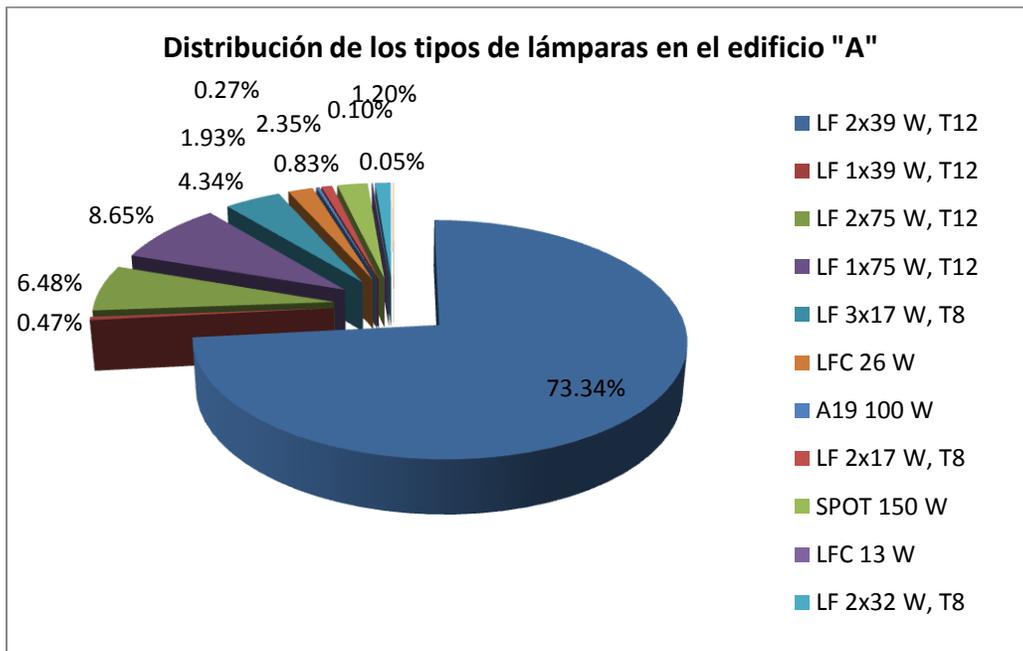
Tabla No. 12  
Alimentadores por caída de tensión cuarto nivel

**3-7 SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

La carga de alumbrado está distribuida de la siguiente manera: siendo la más representativa las lámparas de 2 x 39 W con el 76%.

<i>Lámparas instaladas</i>			
<i>Lámparas</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Watts</i>	<i>Porcentaje</i>
LF 2x39 W, T12	1394	135,859.50	73.34%
LF 1x39 W, T12	18	877.50	0.47%
LF 2x75 W, T12	64	12,000.00	6.48%
LF 1x75 W, T12	171	16,031.25	8.65%
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	4.34%
LFC 26 W	131	3,576.30	1.93%
A19 100 W	5	500.00	0.27%
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	0.83%
SPOT 150 W	29	4,350.00	2.35%
LFC 13 W	13	177.45	0.10%
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	1.20%
LF 2x32 W, U, T12	1	97.50	0.05%
<b>TOTAL:</b>		<b>185,254.70</b>	<b>100.00%</b>

Tabla No.13  
Lámparas instaladas



Grafica 3-1  
Distribución de lámparas

La mayor cantidad de lámparas instaladas son del tipo convencional, esta tecnología ya es vieja y a punto de desaparecer, además contribuyen a un gran consumo de energía eléctrica, como se observa en el apéndice Tabla PECNOM-007 Facultad de Química Edificio A.

### 3-8 OBSERVACIONES

1. Varios tableros del edificio cuentan con más de 50 años de servicio por lo cual ya se encuentran deteriorados y en mal estado. Véase Fig.5



Fig.5

2. Los tableros no están conectados al sistema de tierra física y tampoco cuentan con una barra de tierra. Ver Fig. 6.



Fig.6

3. Conductores se encuentran empalmados dentro de los tableros y con conductores de diferentes calibres. Ver Fig. 7. Se debe observar el Art. 354-6 que nos menciona que *los empalmes y derivaciones se deben hacer únicamente en cajas de empalme.*



Fig. 7

4. Como se observa en la Fig. 8; el gabinete se encuentra en mal estado y lleno de polvo. De acuerdo con el art. 110-12 c) *Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables, aisladores y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas.*



Fig. 8

5. Acceso a cuarto eléctrico se encuentra obstruido lo cual impide el correcto abatimiento de las puertas. Véase Fig. 9 *Se debe observar que en el Art, 110-33 nos menciona que la salida y entrada no debe estar obstruida.*



Fig. 9

6. Cuarto Eléctrico no cumple con los niveles de iluminación mínimos requeridos, ver Fig. 10. *El Art. 924-5 b) nos menciona los niveles de iluminación mínima sobre el área de trabajo.*



Fig. 10

7. Cajas instaladas en el exterior sin tapa como se muestra en la Fig. 11. *Observar Art. 370-25 que pide que una vez terminadas las instalaciones todas las cajas o condulets deben tener una tapa.*



Fig. 11

8. Los luminarios de la dependencia se encuentran en mal estado debido a la falta de limpieza en ellos, tal como se menciona en *Art. 410-4 el cual habla de que en lugares húmedos y mojados la instalación de luminarios debe hacerse de modo que no se acumule agua ni polvo. Ver fig. 12*



Fig. 12

9. Varios de los tableros que se encuentran instalados presentan corrosión, en las barras y en las zapatas, lo cual implica un riesgo en la instalación. De acuerdo con el *Art. 110-12 c) No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o a la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por acción química o sobrecalentamiento o contaminadas por materiales extraños como pintura, yeso, limpiadores o abrasivos. Ver Fig. 13.*



Fig. 13

10. Hay equipos sin tapa, saturados por conductores, en mal estado y carecen de mantenimiento. Ver Fig. 14.



Fig. 14

11. Faltan tapas de registro en el cuarto eléctrico así como limpieza de las trincheras, de acuerdo con *Art. 924-6* Ver Fig. 15



Fig. 15

12. La mayoría de los conductores instalados presentan una degradación en su aislamiento en forma excesiva, lo cual representa un riesgo de corto circuito. Ver fig. 16



Ver Fig. 16

13. Hay luminarias que se encuentran instaladas en lugares donde se encuentran vapores y sustancias químicas, las cuales carecen de un gabinete adecuado. *Art. 410-49 el cual habla de que en lugares húmedos y mojados la instalación de luminarios debe hacerse de modo que no se acumule agua ni polvo.*

### **3-9 RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACION ELECTRICA.**

Del levantamiento realizado así como del análisis de la información recopilada se mencionan algunas recomendaciones para mejorar la instalación eléctrica lo cual coadyuvará al uso eficiente de la energía.

- ✓ Se recomienda dar mantenimiento en general a todo el equipo eléctrico instalado tal como tableros, luminarios, contactos, apagadores y transformador, por personal calificado.
- ✓ La utilización de sistemas que conjugan la iluminación natural con la artificial es una de las estrategias más eficaces para implementarse en laboratorios que cuentan con grandes ventanales, en pasillos y escaleras.
- ✓ Las lámparas y luminarios eficientes pueden reducir la potencia del sistema de iluminación mientras que los controles pueden reducir el tiempo de uso de esa potencia.
- ✓ Instalación de fotoceldas para tener un control más adecuado de la iluminación en pasillos y escaleras debido a que actualmente este procedimiento se realiza manualmente por las noches al cerrar la dependencia.
- ✓ Para evitar la desenergización parcial o total de tableros derivados de un mismo alimentador y prescindir de empalmes se recomienda usar tableros de distribución por nivel.
- ✓ Como se mencionó anteriormente un bajo factor de potencia causará que la corriente eléctrica sea más elevada de forma innecesaria, produciendo así pérdidas en cables, transformadores y, en general, en cualquier parte de la instalación por donde circula esta corriente.

Una forma de conocer el comportamiento del factor de potencia es realizando un monitoreo de la calidad de la energía, para realizar las acciones concretas para disminuir este problema.

- ✓ La instalación de una malla de tierra la cual proveerá las condiciones de seguridad recomendadas por la norma oficial y la norma NRF-11 de CFE. A continuación se hace una propuesta para dicha malla.

### CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRA DE LA SUBESTACIÓN.

El sistema de tierra de la subestación está diseñado de acuerdo a lo que establece el artículo 921-25 Puesta a tierra en su inciso d) referente a Subestaciones, donde se indica que el cable que forme el perímetro exterior del sistema debe ser continuo de manera que se encierre el área en donde se encuentre el equipo de la subestación.

La compañía suministradora provee una tensión de 6.6 kV y para el punto de conexión aportará una potencia de corto circuito de 250 MVA.

La corriente de corto circuito aportada por el sistema se calcula de la siguiente manera:

Calculando la impedancia del sistema en por unidad.

$$X_s = \frac{S_{base}}{S_{cc3}} = \frac{500kVA}{250MVA} = 0.002 p. u.$$

La impedancia del transformador está referida a sus datos de placa que por conveniencia son los valores que se han utilizado para el análisis.

$$Z_t = 0.061 p. u.$$

Obteniendo el valor de la corriente de corto circuito trifásica por medio de la siguiente ecuación (1.3):

$$I_{cc3} = \frac{S_B}{\sqrt{3} * V_B * Z_{eq}}$$

$$I_{cc3} = \frac{300kVA}{\sqrt{3} * 220 * 0.063}$$

$$I_{cc3} = 20827 [A]$$

Cálculo de la sección transversal del conductor de la malla para tierra.

Datos	Valor	Unidades
Corriente de corto circuito (I)	20827	[A]
Tiempo de duración de la falla (Ts)	0.3	[s]
Temperatura ambiente (Ta)	30	[°C]
Temperatura máxima permisible para conector soldable ©	450	[°C]

$$A = 101,914 \text{ CM}$$

Como el resultado obtenido se encuentra en Circular Mils se utilizara un factor de conversión para obtener la sección transversal en mm<sup>2</sup> apoyándonos en la ecuación (1.4).

$$A = (CM) \frac{0.0005067mm^2}{1CM} = 51.6 \text{ mm}^2$$

Del resultado obtenido observamos que se puede utilizar un conductor calibre 1/0 AWG con sección transversal de 53.5 mm<sup>2</sup> pero por razones mecánicas se propone un conductor calibre 4/0AWG.

Se llevo a cabo la medición de la resistividad del terreno por el método de los cuatro electrodos conocido como el método de wenner, se realizaron dos mediciones, una en forma rectangular y dos en forma radial arrojando los siguientes resultados:

NUMERO DE MEDICION	RESISTENCIA [Ω]
1	0.35
2	0.99
3	0.97
4	1.53

NUMERO DE MEDICION	RESISTENCIA [ $\Omega$ ]
5	1.59
6	1.29
7	1.64
8	1.49
9	1.65
10	1.83
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.33</b>

Con el valor promedio de resistencia se calculo la resistividad del terreno arrojando el siguiente valor:

$$\sigma = 1.33 \times 2\pi \times 4 = 34 \text{ } [\Omega\text{m}]$$

Datos	Valor	Unidades
Resistividad del terreno ( $\sigma$ )	34	[ $\Omega\text{m}$ ]
$I_{ccf-t}$	20827	[A]
$X''/R$	20	
Tiempo de falla ( $t_{falla}$ )	0.3	[s]
Largo de la malla (b)	12	[m]
Ancho de la malla (a)	12	[m]
Resistividad del material contenedor ( $\sigma_s$ )	10,000	[ $\Omega\text{m}$ ]
Espesor del material ( $h_s$ )	0.2	[m]
Profundidad de la red (h)	0.6	[m]
Longitud de la varilla ( $l_v$ )	3	[m]
Diámetro de la varilla	0.0159	[m]
Calibre del conductor	4/0	AWG
Diámetro del conductor (d)	0.0134	[m]
Factor de decremento ( $D_f$ )	1.085	
Factor de proyección ( $F_p$ )	1	
Número de conductores verticales (cv)	13	

Datos	Valor	Unidades
Número de conductores horizontales (ch)	13	
Separación entre conductores (D)	1	[m]
Número de varillas (#v)	8	
Profundidad de referencia (h <sub>0</sub> )	1	[m]

Utilizando la ecuación (1.6) la corriente de falla máxima a tierra en la malla es:

$$I_{max\ cc} = 20827 \times 1.085 \times 1 = 22,597.30 \text{ [A]}$$

Para el factor de reflexión (K) utilizamos la ecuación (1.7)

$$k = \frac{34 - 10000}{34 + 10000} = -0.99$$

El Factor de reducción (F<sub>r</sub>) se obtiene utilizando la ecuación (1.8)

$$F_r = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{34}{10000})}{2 \times 0.2 + 0.09} = 0.82$$

Potenciales tolerable para el cuerpo humano con un peso corporal de 70 [Kg] se calculan utilizando las ecuaciones (1.9) y (1.10) respectivamente.

$$E_{contacto} = \frac{(1000 + 1.5 \times 0.82 \times 10000)0.157}{\sqrt{0.3}} = 3799.22[V]$$

$$E_{paso} = \frac{(1000 + 6 \times 0.82 \times 10000)0.157}{\sqrt{0.5}} = 14336.96 [V]$$

Longitud total de las varillas (L<sub>vt</sub>)

$$L_{vt} = (\#v)(lv) = 3 \times 8 = 24 \text{ [m]}$$

Longitud total de la malla (L<sub>T</sub>) considerando longitud total de las varillas (l<sub>vt</sub>); (las varillas estarán ubicadas en las esquinas de la malla), utilizando la ecuación (1.11)

$$L_T = (12 \times 13) + (12 \times 13) + 24 = 336[m]$$

Área de la malla (A<sub>m</sub>) la obtenemos utilizando la ecuación (1.12)

$$A_m = a \times b = 12 \times 12 = 144 \text{ [m}^2\text{]}$$

Resistencia de la malla ( $R_g$ )

Utilizando la fórmula de Sverak para redes de tierra de una subestación recomendada por IEEE, ecuación (1.13)

$$R_g = 34 \left( \frac{1}{336} + \left( \frac{1}{\sqrt{20 \times 144}} \right) \times \left( 1 + \frac{1}{1 + \left( 0.6 \times \sqrt{\frac{20}{150}} \right)} \right) \right) = 1.25[\Omega]$$

Para esta subestación de distribución la resistencia debe ser menor a 10  $[\Omega]$  para un voltaje de 6.6 kV y una capacidad del transformador de 500kVA conforme se establece en el artículo 921-25 b).

Factor de esparcimiento para la tensión de malla (km), ecuación (1.14)

$$km = \frac{1}{2\pi} \left( \ln \left( \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D + 2h)^2}{8hd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n - 1)} \right) \right)$$

Donde:  $k_{ii} = 1$  para mallas con varillas de aterrizaje en sus esquinas.

Utilizando la ecuación (1.15) obtenemos la longitud total del conductor en la malla.

$$L_c = (c_v \times a) + (c_h \times b) = 312[m]$$

Utilizando la ecuación (1.16) obtenemos la longitud perimetral de la malla

$$L_p = (2 \times a) + (2 \times b) = 48 [m]$$

$$n = \frac{2 \times L_c}{L_p} = \frac{2 \times 312}{48} = 13$$

$$kh = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = \sqrt{1 + \frac{0.6}{1}} = 1.26$$

Entonces se obtiene el valor km.

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \left( \ln \left( \frac{1^2}{16 * 0.6 * 0.0134} + \frac{(1 + 2 * 0.6)^2}{8 * 0.6 * 0.0134} - \frac{0.6}{4 * 0.0134} \right) + \frac{1}{1.26} \ln \left( \frac{8}{\pi(2 * 13 - 1)} \right) \right)$$

$$k_m = 0.39$$

El termino  $k_i$  se obtiene de la ecuación (1.20)

$$k_i = 0.645 + (0.172 \times 13) = 2.881$$

Donde  $k_i$  es el factor de corrección para la geometría de la malla.

Se calculan los potenciales de paso utilizando la ecuación (1.23) y de contacto de la malla con la ecuación (1.21):

$$E_{contacto} = \frac{\sigma * k_m * k_i * I_{cc}}{L_T} = \frac{34 * 0.39 * 2.881 * 22597}{336} = 2588.16$$

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2 * 0.6} + \frac{1}{1 + 0.6} + \frac{1}{1(1 - 0.5^{13-1})} \right) = 0.78$$

$$E_{paso} = \frac{\sigma * k_s * k_i * I_{cc}}{0.75L_c + 0.85Lvt} = \frac{34 * 0.78 * 2.881 * 22597}{0.75 * 312 + 0.85 * 24} = 6809.20$$

Conclusiones de la malla:

Potencial	Cálculo de la Malla [V]		Potenciales Tolerables
Paso	2588.16	<	3799.22
Contacto	6809.20	<	14336.96

Por lo que el diseño de la malla puede disipar la corriente de corto circuito y garantiza las condiciones de seguridad para los usuarios.

### 3-10 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Se llevó a cabo el monitoreo de parámetros eléctricos en la dependencia por un periodo de una semana, enfocándonos en los días hábiles donde se presenta la demanda de energía máxima, los resultados se presentan a continuación:

#### 3-10-1 Demanda Total

Como se puede observar en la grafica 3-2 la demanda máxima tiene un promedio de duración de 50 minutos, se presenta entre las 15:30hrs y las 17:00hrs, esto se debe que en estas horas se presenta la mayor afluencia en salones y laboratorios por ser la primera clase del turno vespertino. La demanda mínima ocurre en la madrugada donde el consumo tiene un valor promedio de 54kW; con base en el levantamiento eléctrico esta demanda se debe a los equipos de refrigeración de los laboratorios y parte del sistema de alumbrado.

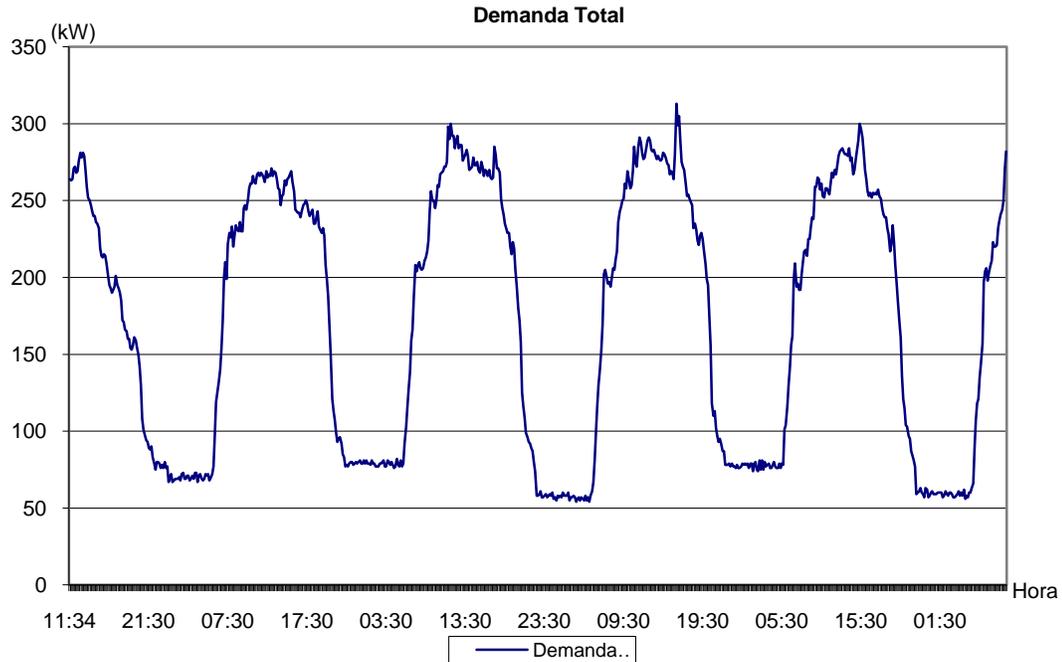
El cambio de la demanda mínima a la promedio se realiza en un periodo de una hora la cual se presenta entre las 06:30 hrs y las 07:30hrs esto debido a que se presenta el inicio de actividades del turno matutino.

Con la demanda máxima y la promedio se procede a calcular el factor de carga y las pérdidas en los alimentadores principales:

Factor de carga:

$$FC = \frac{408.16}{850.00} = 0.4802$$

**SUBESTACIÓN QUÍMICA A, INTERRUPTOR PRINCIPAL 1600 A,  
PERIODO DEL 01-OCTUBRE AL 08 OCTUBRE DEL 2010.**



Grafica 3-2

Demanda total

*Nota: La demanda máxima registrada es de 300 Kw, la demanda mínima es de 54Kw, la demanda promedio es de 172.33Kw*

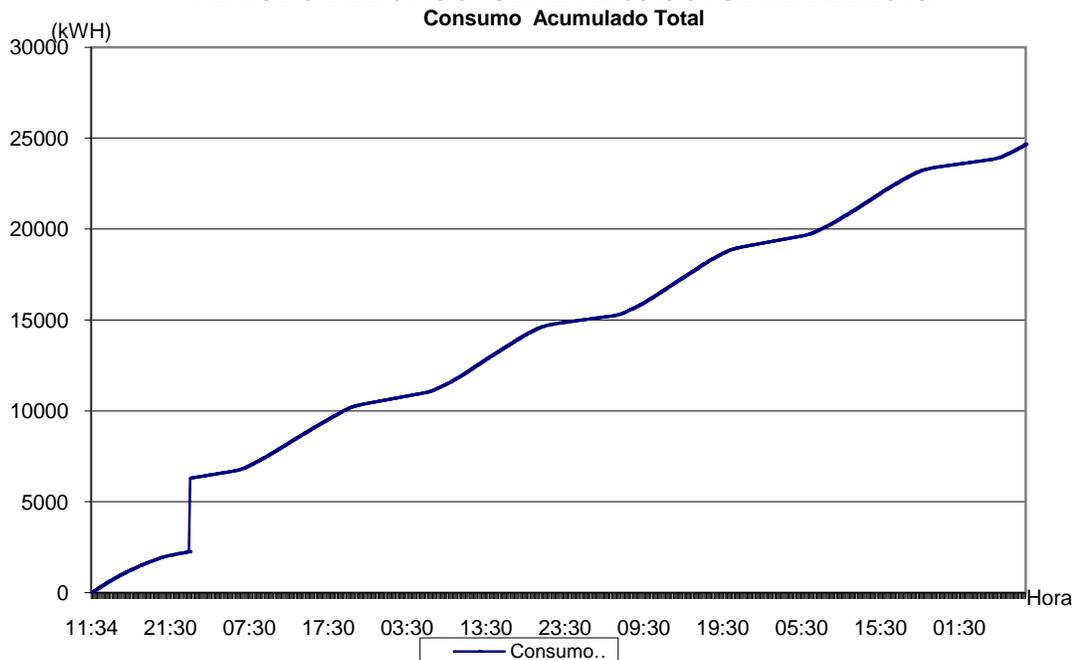
**3-10-2 Consumo Acumulado Total**

Como se puede observar en la gráfica 3-3 el consumo acumulado por una semana es de 25,000 kWh, con la gráfica se puede hacer una estimación más precisa del consumo anual y por consiguiente se puede calcular pérdidas por efecto joule anuales de forma que se aproxime a lo facturado anualmente.

De las mediciones eléctricas se determinó que la demanda máxima es de 300 kW con un consumo mensual de 98,000 kWh su índice de consumo es de 77.06 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Con esta gráfica nos podemos apoyar para calcular los kWh de pérdidas que presenta la dependencia anualmente y así calcular el costo aproximado de dichas pérdidas.

**SUBESTACIÓN QUÍMICA A, INTERRUPTOR PRINCIPAL 1600 A,  
PERIODO DEL 01-OCTUBRE AL 08 OCTUBRE DEL 2010.**



Grafica 3-3  
Consumo acumulado total

*NOTA: Con el consumo acumulado total se puede estimar el consumo acumulado total anual*

**3-10-3 Cálculo de pérdidas en los alimentadores principales**

Al igual que en el capítulo anterior a continuación se muestra el resumen del cálculo de las pérdidas totales en los alimentadores en el edificio A de la Facultad de Química, tomando las mismas consideraciones.

<b>NIVEL</b>	<b>PERDIDAS [kWh]</b>
ALIMENTADORES GRLS	3,835.22
PLANTA BAJA	1,085.43
PRIMER NIVEL	354.94
SEGUNDO NIVEL	331.39
TERCER NIVEL	247.51
CUARTO NIVEL	308.54
<b>TOTAL</b>	<b>6,163.03</b>

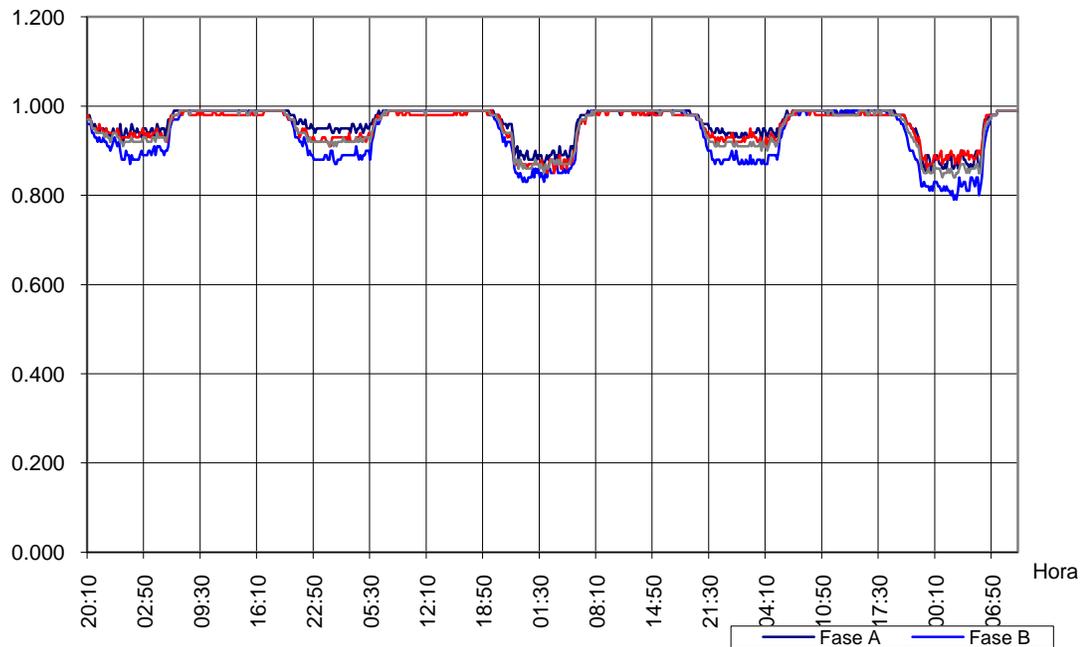
$$\text{Costo pérdidas} = 6163.03 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times 1.74 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$10723.67 \frac{\$}{\text{año}}$$

### 3-10-4 Factor de Potencia

Un alto consumo de energía reactiva se debe a los equipos de refrigeración, que hay instalados en la dependencia y que operan las 24 horas de día, y es la carga predominante en el horario nocturno por tal motivo se observa que el factor de potencia decrece en el periodo comprendido entre las 23 horas y las 05:30 horas. Véase grafica 3-4.

**SUBESTACIÓN QUÍMICA A, INTERRUPTOR PRINCIPAL 1600 A,  
PERIODO DEL 01-OCTUBRE AL 08 OCTUBRE DEL 2010.**  
Factor de Potencia

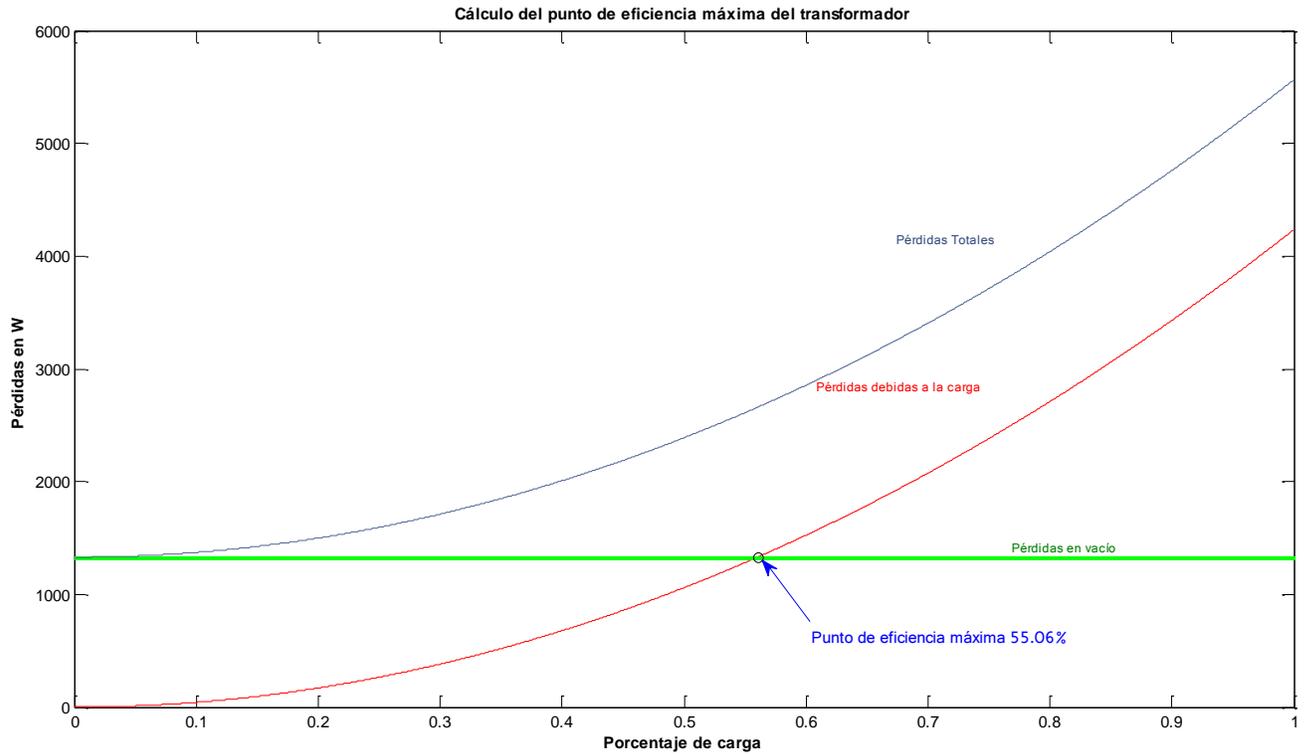


Grafica 3-4  
Factor de potencia

NOTA: Se presentan valores entre el 0.81 y el 0.99

### 3-10-5 Cálculo del punto de eficiencia máxima del transformador

A continuación se presenta el análisis del punto de eficiencia máxima del transformador, de manera similar al realizado en la facultad de derecho.



Grafica 3-5

*Punto de operación con eficiencia máxima, se puede observar que el punto de eficiencia máxima ocurre cerca del 50% de la capacidad máxima del transformador.*

Teóricamente:

$$P_T - P_0 = 5561 - 1330 = 4231 [W] = P_c$$

$$C_{\eta\text{máx}} = \sqrt{\frac{1330}{4231}} = 56.06\%$$

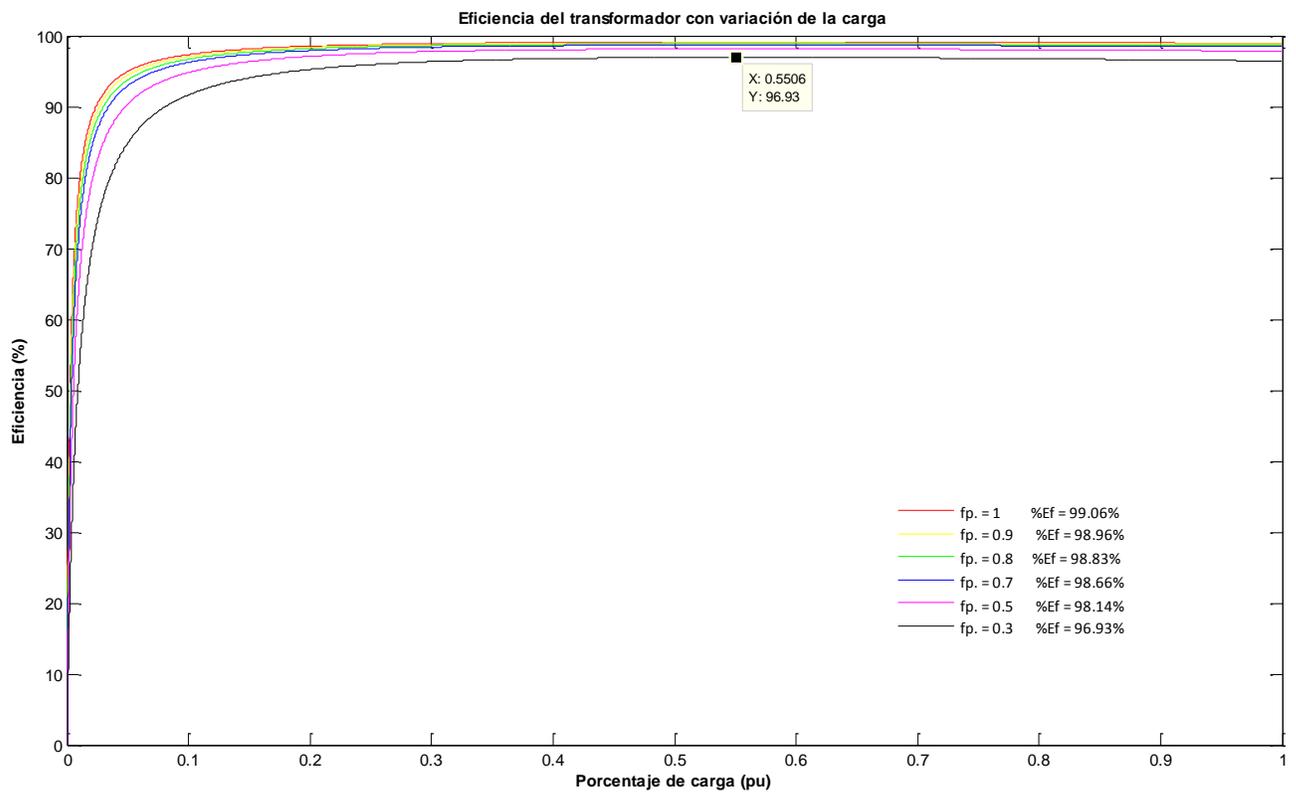
Eficiencia máxima operando el transformador al 56.06% de su capacidad nominal (potencias en kW)

$$\eta = \frac{0.5606 \times 500 \times 0.9}{0.5606 \times 500 \times 0.9 + 1.33 + 4.231 \times 0.5606^2} = 98.9\%$$

Este valor es el recomendado como mínimo por la tabla 1 de la NOM-002-SEDE-2007.

### 3-10-6 Eficiencia máxima del transformador operando con diferentes factores de potencia

Calculando el punto de eficiencia máxima para distintos factores de potencia se corrobora que este punto de eficiencia máxima es independiente del factor de potencia, el valor que varía es el porcentaje de eficiencia de operación.



Grafica 3-6

Con un factor de potencia unitario se logra la máxima eficiencia de 99.06%,  
 con 0.9 se tiene 98.96%; con 0.8, tenemos 98.83%; con 0.7, 98.66%;  
 con 0.5, 98.14% y con 0.3, 96.93%.

El punto de operación en que se tiene la máxima eficiencia al 55.06% de su capacidad nominal, correspondiente a una carga demandada es de 275.3 kVA.

**3-10-7 Cálculo de la eficiencia de operación del transformador con demanda promedio**

Para esta dependencia, la demanda promedio se obtuvo del día donde se presentó la mayor demanda como se muestra en la gráfica 3-7. Dicho valor es de 177.4 kW (197.11 kVA con un f.p. de 0.9) lo que representa un porcentaje de carga del 39.42%. Se observa que el transformador no opera cerca del punto de máxima eficiencia para un factor de potencia de 0.9



Para un factor de potencia de 0.9

$$\eta_{m\acute{a}x} = 98.96\%$$

Eficiencia real del transformador:

$$\eta_{real} = \frac{177.40}{177.40 + 1.33 + 4.231 \times 0.3942^2} = 98.89\%$$

De acuerdo con este análisis podemos calcular el costo que tienen las pérdidas con la operación del transformador al 39.42% de su capacidad:

- Costo por mantener energizado el transformador (costo por pérdidas en vacío):

$$Costo_{Po} = P_0[kW] \times \frac{h}{año} \times 1.74 \frac{\$}{kWh}$$

$$Costo_{Po} = 1.33 \times 24 \times 365 \times 1.74 = 20,272.4 \frac{\$}{año}$$

- Costo por pérdidas debidas a la carga:

$$Costo_{Pcc} = P_c \frac{kWh}{año} \times 1.74 \frac{\$}{kWh}$$

$$Costo_{Pcc} = (4.231 \times 0.3348^2 \times 365 \times 24) \frac{kWh}{año} \times 1.74 \frac{\$}{kWh} = 7,228.81 \frac{\$}{año}$$

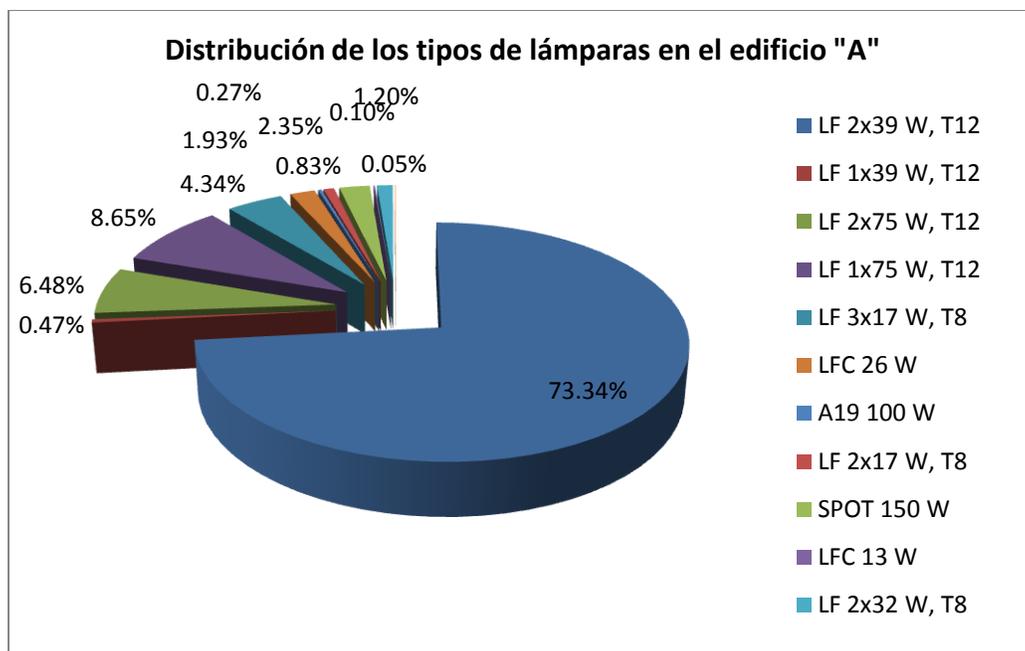
Como puede observarse en los cálculos y en las gráficas obtenidas el transformador de la dependencia se encuentra operando antes del punto de eficiencia máxima.

### 3-10-8 Análisis de la sustitución de lámparas convencionales por otras más eficientes y ahorradoras

En el edificio A se tiene el siguiente tipo y cantidad de luminarias:

<b>Lámparas instaladas</b>			
<b>Lámparas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Watts</b>	<b>Porcentaje</b>
LF 2x39 W, T12	1394	135,859.50	73.34%
LF 1x39 W, T12	18	877.50	0.47%
LF 2x75 W, T12	64	12,000.00	6.48%
LF 1x75 W, T12	171	16,031.25	8.65%
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	4.34%
LFC 26 W	131	3,576.30	1.93%
A19 100 W	5	500.00	0.27%
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	0.83%
SPOT 150 W	29	4,350.00	2.35%
LFC 13 W	13	177.45	0.10%
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	1.20%
LF 2x32 W, U, T12	1	97.50	0.05%
<b>TOTAL:</b>		<b>185,254.70</b>	<b>100.00%</b>

Tabla No.13  
Lámparas instaladas



Grafica 3-1  
Distribución de lámparas

Al reemplazar las lámparas instaladas por lámparas de nueva tecnología, más eficientes y ahorradoras de energía, atendiendo las necesidades de iluminación en las diferentes áreas y según las recomendaciones indicadas en las normas vigentes, la carga instalada disminuye de 185, 254.70 a 135, 044.2 kW instalados.

La siguiente Tabla muestra la carga instalada que se tendría al sustituir el alumbrado en el Edificio A de la Facultad de Química.

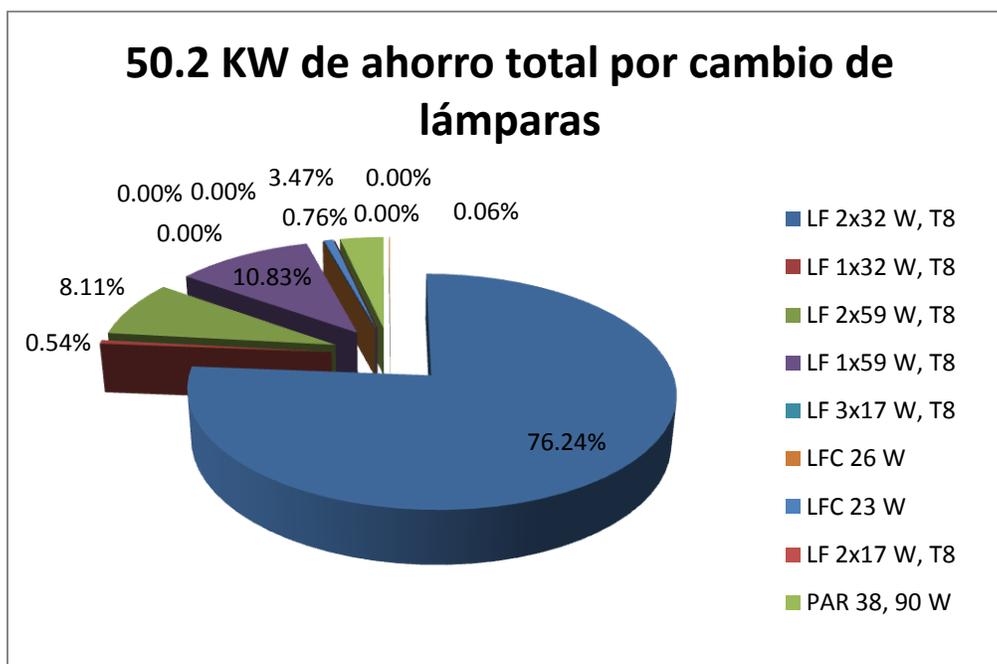
<b>Lámparas propuestas</b>			
<b>Lámparas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Watts</b>	<b>Porcentaje</b>
LF 2x32 W, T8	1394	97,580.00	72.26%
LF 1x32 W, T8	18	604.80	0.45%
LF 2x59 W, T8	64	7,929.60	5.87%
LF 1x59 W, T8	171	10,593.45	7.84%
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	5.95%
LFC 26 W	131	3,576.30	2.65%
LFC 23 W	5	120.75	0.09%
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	1.14%
PAR 38, 90 W	29	2,610.00	1.93%
LFC 13 W	13	177.45	0.13%
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	1.64%
LF 2x32 W, U, T8	1	67.20	0.05%
<b>TOTAL:</b>		<b>135,044.75</b>	<b>100.00%</b>

Tabla No. 14 Lámparas propuestas con mayor eficiencia

Se debe considerar las características técnicas de las lámparas propuestas para que proporcionen los niveles de iluminación requeridos y que permitan el mejor uso de las instalaciones eléctricas.

Lámparas actuales	Lámparas propuestas	Ahorro [KW]	Porcentaje
LF 2x39 W, T12	LF 2x32 W, T8	38.28	76.24%
LF 1x39 W, T12	LF 1x32 W, T8	0.27	0.54%
LF 2x75 W, T12	LF 2x59 W, T8	4.07	8.11%
LF 1x75 W, T12	LF 1x59 W, T8	5.44	10.83%
LF 3x17 W, T8	LF 3x17 W, T8	0	0.00%
LFC 26 W	LFC 26 W	0	0.00%
A19 100 W	LFC 23 W	0.38	0.76%
LF 2x17 W, T8	LF 2x17 W, T8	0	0.00%
SPOT 150 W	PAR 38, 90 W	1.74	3.47%
LFC 13 W	LFC 13 W	0	0.00%
LF 2x32 W, T8	LF 2x32 W, T8	0	0.00%
LF 2x32 W, U, T12	LF 2x32 W, U, T8	0.03	0.06%
<b>Total:</b>		<b>50.21</b>	<b>100.00%</b>

Tabla No.15 Lámparas que se sustituyen y las nuevas propuestas



Gráfica 3-7 Se muestra el ahorro obtenido en kW instalados al realizar la sustitución de lámparas convencionales por otras de nueva tecnología ahorradoras de energía.

A continuación se presenta el análisis económico de la propuesta para la sustitución de lámparas.

Primero se muestra la tabla con el costo de la energía con la tecnología actual y posteriormente con la tecnología propuesta. Se consideraron 7 horas de operación diaria, y 22 días al mes.

<b>Tecnología Actual</b>				
	<b>Cantidad</b>	<b>W</b>	<b>kWh</b>	<b>\$/mes</b>
LF 2x39 W, T12	1394	135,859.50	951.02	36,404.91
LF 1x39 W, T12	18	877.50	13.16	503.86
LF 2x75 W, T12	64	12,000.00	180.00	6,890.40
LF 1x75 W, T12	171	16,031.25	240.47	9,205.14
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	120.49	4,612.26
LFC 26 W	131	3,576.30	53.64	2,053.51
A19 100 W	5	500.00	7.50	287.10
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	23.03	881.45
SPOT 150 W	29	4,350.00	65.25	2,497.77
LFC 13 W	13	177.45	2.66	101.89
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	33.26	1,273.35
LF 2x32 W, U, T12	1	97.50	1.46	55.98
<b>Total</b>				<b>64,767.64</b>

<b>Tecnología propuesta</b>				
	<b>Cantidad</b>	<b>W</b>	<b>kWh</b>	<b>\$/mes</b>
LF 2x32 W, T8	1394	97,580.00	683.06	26,147.54
LF 1x32 W, T8	18	604.80	4.23	162.06
LF 2x59 W, T8	64	7,929.60	55.51	2,124.82
LF 1x59 W, T8	171	10,593.45	74.15	2,838.62
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	56.23	2,152.39
LFC 26 W	131	3,576.30	25.03	958.31
LFC 23 W	5	120.75	0.85	32.36
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	10.75	411.35
PAR 38, 90 W	29	2,610.00	18.27	699.38
LFC 13 W	13	177.45	1.24	47.55
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	15.52	594.23
LF 2x32 W, U, T8	1	67.20	0.47	18.01
<b>Total</b>				<b>36,186.59</b>

*Tablas 16 y 17 comparativo de costos para lámparas con tecnología actual y la tecnología propuesta.*

Como puede observarse el costo con la tecnología propuesta es de 36 186.59 \$/mes

Ahorro en costo de la energía (ACE) es = \$64 767.64 - 36186.59 = **\$28 581.05**

**COSTO DE LA INVERSIÓN**

A continuación se presenta la Tabla No.18 donde se muestra el costo total del conjunto lámpara- balastro que se proponen sustituir.

Lámpara	Cantidad	Lámpara		Balastro		Costo total
		Precio	Costo	Precio	Costo	
2x32 W	1394	\$ 22.07	\$61,531.16	\$ 120.00	\$167,280.00	\$228,811.16
1x32 W	18	\$ 22.07	\$ 397.26	\$ 90.00	\$ 1,620.00	\$ 2,017.26
2x59 W	64	\$ 64.19	\$ 8,216.32	\$ 200.00	\$ 12,800.00	\$ 21,016.32
1x59 W	171	\$ 64.19	\$10,976.49	\$ 100.00	\$ 17,100.00	\$ 28,076.49
23 W	5	\$ 40.35	\$ 201.75	\$ -	\$ -	\$ 201.75
90 W	29	\$ 44.13	\$ 1,279.77	\$ -	\$ -	\$ 1,279.77
2x32 W U	1	\$ 43.72	\$ 87.44	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 207.44
Totales			\$82,690.19		\$198,920.00	\$281,610.19

*Tabla No. 18 Costo total de la inversión*

Costo total de la inversión = \$ 281,610.19

**TIEMPO DE RECUPERACIÓN**

El tiempo de recuperación de la inversión (TRI) =  $\frac{\text{Costo Total de la inversión}}{\text{ACE}} = 9.85 \text{ meses}$

Cabe aclarar que no es necesario que se sustituyan al mismo tiempo todas las lámparas, se puede realizar un programa de sustitución a mediano plazo para ir sustituyendo las lámparas de acuerdo al presupuesto de la dependencia.

## CAPITULO 4

### ANALISIS COMPARATIVO DE LA INFORMACIÓN

Se han analizado las dos dependencias con el objetivo de comparar los resultados obtenidos y verificar si el cumplimiento de las normas puede coadyuvar en el uso eficiente de energía. En la tabla No. 4-1 se muestran una tabla comparativa de los resultados obtenidos de las mediciones y cálculos realizados.

	<b>Posgrado de Derecho</b>	<b>Facultad de Química Edif. A</b>
<i>Superficie [m<sup>2</sup>]</i>	2231.00	15259.79
<i>Años de operación</i>	0.50	56
<i>Carga Instalada [kW]</i>	194.60	314.94
<i>Demanda máxima [kW]</i>	47.00	300.00
<i>Demanda promedio [kW]</i>	18.50	172.33
<i>Demanda mínima [kW]</i>	8.50	54.00
<i>Carga de iluminación [kW]</i>	53.45	185.25
<i>Consumo acumulado Total [kWh/año]</i>	144 00	1,176 00
<i>I.E.A.S. [kWh/año x m<sup>2</sup>]</i>	64.54	77.06
<i>Factor de Potencia</i>	0.95	0.90
<i>DPEA total [W/m<sup>2</sup>]</i>	8.06	12.10
<i>Pérdidas en conductores [kWh/año]</i>	4,353.00	6,163.03
<i>Pérdidas en el transformador [kWh/año]</i>	9,035.31	15,805.29
<i>Desbalance total %</i>	1.90	26.79
<i>Costo en pérdidas en conductores [\$/año]</i>	7,574.82	10,723.07
<i>Costo en pérdidas en transformador [\$/año]</i>	15,721.45	27,501.21
<i>Pérdidas totales [kWh/año]</i>	13,388.66	21,967.97
<i>Costo en pérdidas totales [\$/año]</i>	23,296.27	38,224.28

Tabla No. 4-1

*Tabla comparativa entre dependencias*

Como podemos observar el edificio "A" de la facultad de Química tiene actualmente 56 años en funcionamiento, muchos de sus alimentadores y equipos son prácticamente los mismos desde que comenzó a operar, relativamente ha sufrido pocos cambios y

ampliaciones, así que los datos y parámetros obtenidos con base en una instalación realizada hace más de 50 años.

Con respecto a Posgrado de Derecho dicha dependencia fue ampliada y remodelada hace no más de 8 meses por lo cual todos los parámetros y datos obtenidos con base en el apego de la NOM-001-SEDE-2005 y NOM-007-ENER-2004.

#### **4-1 CARGA DE ILUMINACIÓN**

En ambas instalaciones la carga de alumbrado es la más representativa, en Química es un punto muy importante para tener un uso eficiente de energía debido a que su tecnología instalada es de baja eficiencia, y puede ser sustituida por equipos más eficientes. Cabe resaltar que en la planta baja del edificio "A" ya se han realizado modificaciones al alumbrado reemplazando lámparas T12 por T8, pero aún no representa una reducción importante de la carga instalada. Al implementar un programa de sustitución de luminarios en zonas donde actualmente existen tecnologías de baja eficiencia, se pretende disminuir la carga instalada, cumpliendo con los valores establecidos de DPEA y niveles de iluminación.

En términos generales controlar la demanda es la acción de interrumpir por intervalos de tiempo la operación de ciertas cargas eléctricas (iluminación, motores), que inciden directamente sobre la demanda máxima facturable a fin de reducir o limitar los niveles de consumos en razón de los precios tarifarios.

Sería de gran utilidad para el edificio que durante el periodo de luz solar corredores, baños, escaleras no se utilizara la luz artificial ya que no es necesario, con esta medida promovemos un ahorro de energía en el edificio.

En Posgrado Derecho se diseño con tecnología de alta eficiencia T8 y T5, pero aun así se presentan zonas donde la Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA) supera los valores establecidos por la norma y son sectores que permanecen iluminados por periodos largos de tiempo durante del día aún y cuando no se necesita que la iluminación se encuentre encendida.

Se observó que esta dependencia carece de un mantenimiento preventivo y correctivo adecuado, el 10% de sus luminarios ya se encuentran en malas condiciones como se mencionó en el capítulo 2, cuando la dependencia entro en operación el pasado mes de agosto y esto a su vez reduciendo la vida útil de los luminarios.

#### **4-2 DESBALANCE DE FASES EN TABLEROS**

Del levantamiento eléctrico de ambas dependencias se observó que el 100% de los tableros de la Facultad de Química presentan un desbalance entre sus fases mayores al 5% tomado como referencia, mientras que en el posgrado de derecho solamente el 31 % de los tableros presentan esta situación.

El desbalance de fases afecta principalmente a cargas trifásicas caso contrario en las cargas monofásicas que casi no sienten el efecto del desbalance, en ambas dependencias los tableros desbalanceados únicamente controlan cargas monofásicas, aun así el sistema no debe operar en estas condiciones.

En Química se tienen desbalances superiores al 60%, por lo que una de las fases porta una corriente de mayor magnitud con respecto a las otras fases aumentando la caída de tensión, aparte de que circulará la corriente de desbalance por el neutro de la instalación generando así pérdidas de energía por efecto joule en el conductor.

Todos los tableros presentan problemas saturación de conductores que se encuentran mal peinados generando campos electromagnéticos que inducen corrientes parásitas, se encuentran sucios evitando la correcta ventilación del tablero, no han recibido el mantenimiento adecuado por lo que las conexiones se han deteriorado en muchos casos ya hay indicios de oxido y corrosión, todos estos factores pueden provocar pérdidas de energía debido a la creación de puntos calientes. Otro factor son los empalmes en alimentadores dentro de tableros con conductores de menor calibre, lo que puede provocar que estos conductores superen su capacidad de conducción desgastándolos y reduciendo su vida útil.

En la norma NOM-001-SEDE-2005 en ningún artículo menciona cual es el desbalance de fases máximo permitido simplemente menciona que la carga debe estar distribuida

equitativamente en entre los circuitos derivados; por convención se ha optado por un 5% más no hemos encontrado una justificación válida para la utilización de dicho porcentaje. Lo que es un hecho, entre menor sea el desbalance de las fases serán menores las corrientes de desbalance en el neutro y no se contribuye a aumentar la caída de tensión de los conductores, en la práctica es muy difícil que se presente un balance perfecto, pero se puede estar muy cercano al hacer una correcta distribución.

#### **4-3 FACTOR DE POTENCIA**

Se realizó un monitoreo en ambas dependencias y se obtuvieron los valores de factor de potencia a lo largo del día dichos valores promedio de mencionan en la tabla 4-1 y también en los capítulos 2 y 3. Como se pudo observar los valores oscilan en el rango permitido por la Comisión Federal de Electricidad, arriba de 0.9, esto se debe que en ambas dependencias no hay cargas inductivas relevantes, existen bombas de agua, extractores, pero sus horas uso al día no se refleja en el factor de potencia general de la instalación.

Ambas dependencias no cuentan con grandes cantidades de equipos de cómputo, esto debido que en ambas dependencias no cuentan con laboratorios de computación, los cañones instalados en los salones no son utilizados de manera permanente durante el día, por lo que tampoco impacta a la reducción del factor de potencia.

Cabe resaltar que para este análisis el factor de potencia no es un parámetro concluyente por el tipo de cargas de cada una de las instalaciones para hacer un punto de comparación entre las dos.

#### **4-4 DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA DE ALUMBRADO (DPEA)**

La densidad de potencia eléctrica de alumbrado es el indicador de cuanta carga hay instalada por una superficie determinada.

En el caso de Posgrado de Derecho se tiene que el 45% de las áreas no cumplen con el valor establecido por la norma siendo que esto es una norma de carácter obligatorio para instalaciones nuevas o remodeladas por lo que no se deberían presentar zonas de

incumplimiento, cabe resaltar que evaluando a la dependencia de manera general se encuentra dentro del valor permitido por dicha norma.

Respecto al edificio "A" de la Facultad de Química se presenta un 52% de áreas de incumplimiento a los valores establecidos, hay zonas del edificio "A" que cuentan con sistemas de iluminación de tecnología eficientes, pero en muchos casos se excede el valor de la DPEA como salones y en el vestíbulo principal, para los demás sectores se calcularon los valores como un punto de referencia puesto que la norma no aplica sobre inmuebles ya construidos con anterioridad.

La intención de comparar las dos dependencias es la de comprobar que la NOM-007 garantiza que los sistemas actuales brindan los mismos niveles de iluminación pero con una reducción de la carga instalada, en los dos casos estudiados se observa que hay varios sectores que no cumplen con la norma al tener una mayor carga instalada que la permitida por metro cuadrado, que por condiciones de diseño en Posgrado de Derecho no deberían existir estos incumplimientos, al ser proyectada por las normas vigentes.

En ambas dependencias este es un punto de oportunidades para contribuir al ahorro de energía, para Química se propone una redistribución de luminarios y hacer un cambio de tecnología en el conjunto lámpara-balastro, y para el posgrado se propone una reducción de luminarios en las zonas que no cumplen con la norma.

En posgrado de derecho como se mencionó anteriormente existen zonas que exceden el valor de la DPEA las cuales son: Corredores, Sala de Conferencias y Baños; aquí sería de gran utilidad reducir luminarios para estar dentro de los márgenes establecidos y de esta manera reducir la carga instalada.

Respecto al edificio A de facultad de Química las zonas que exceden el valor de la DPEA son: Cubículos, Baños, Laboratorios y Almacenes activos; aquí lo más viable sería el cambio de luminarios y como consecuencia se vería reducida la carga de la dependencia lo cual ayudaría a que el edificio sea más eficiente.

#### **4-5 PÉRDIDAS EN CONDUCTORES**

Se cuantificaron las pérdidas por efecto joule en cada una de las dos dependencias en sus alimentadores generales arrojando los resultados que se mencionaron con anterioridad ocasionando gastos extras en la facturación de cada dependencia.

El dimensionamiento a los alimentadores se realizó con base a los mínimos requerimientos mínimos que pide la norma, en el caso de Posgrado de Derecho vemos que tiene una menor cantidad de alimentadores, equivalente a un 18% con respecto a Química y solo hay una diferencia de \$3,000 por el costo de los kWh al año que se pierden por efecto joule.

Si se realizara un rediseño a los alimentadores de química con base a lo que nos pide la NOM-001-SEDE-2005 nos damos cuenta que el calibre de los alimentadores se ve reducido ampliamente, por lo que consideramos necesario realizar nuevamente el cálculo de las pérdidas para realizar una comparación con lo actual y con propuesto.

Lo propuesto incluye el rediseño de la instalación y la colocación de tableros subgenerales por piso, esto fue pensado para evitar que al producirse una falla varias zonas de diferentes pisos se queden sin energía como actualmente sucede.

Si se realizara el cambio de los alimentadores por lo calculado en las tablas No. 8, 9, 10, 11 y 12 del capítulo 3 se obtienen las siguientes pérdidas. Véase tabla No. 4-2

<i>NIVEL</i>	<i>PERDIDAS [kWh]</i>
PLANTA BAJA	2,958.03
PRIMER NIVEL	2,387.25
SEGUNDO NIVEL	1,619.57
TERCER NIVEL	1,800.13
CUARTO NIVEL	1,969.95
<b>TOTAL</b>	<b>10,734.93</b>

Tabla No. 4-2

Perdidas en kWh en conductores

El costo de pérdidas que presentaría la dependencia sería mayor en un 58% como se puede observar en el cálculo que se presenta a continuación.

$$\text{Costo pérdidas} = 10,734.93 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times 1.74 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\mathbf{Costo\ pérdidas = 18,678.77 \frac{\$}{año}}$$

En conclusión, por lo que se observa en este caso, en el rediseño de la instalación no es conveniente realizar un cambio de los alimentadores, pero si se recomienda una redistribución de los tableros. También cabe mencionar que al realizar el cambio con base la norma actual se tendría un mayor costo en pérdidas por lo que damos cuenta que en este caso la NOM-001-SEDE-2005 no contribuye al uso eficiente de energía.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES GENERALES

Con la realización del presente trabajo se observó que uno de los beneficios adicionales de la NOM-001-SEDE-2005 es de brindar estándares de seguridad a las instalaciones eléctricas, se obtiene el beneficio extra de coadyuvar al uso eficiente de energía eléctrica.

Se encontraron cuatro factores determinantes que injieren directamente con las pérdidas de energía:

- Conductores subdimensionados
- Transformadores que no cuentan con la capacidad adecuada
- Iluminación con baja eficiencia
- Equipo obsoleto

Estos puntos se mencionan en la norma de una manera breve y de manera ambigua, ya que en el caso del transformador en el artículo 450, únicamente se menciona que el transformador debe operar cerca de su capacidad nominal, pudiendo hacer más énfasis en este aspecto, para la elección correcta y teniendo en cuenta otros factores como: tipo de carga, factor de utilización, factor de potencia, perdidas magnéticas y eléctricas.

Conforme a lo que establece el artículo nos dimos cuenta que al compararlo con los requerimientos de eficiencia de la NOM-002-SEDE-2007 se justifica el operar el transformador cerca de su capacidad nominal debido a que se funcionará en el rango donde la eficiencia es más alta.

Respecto a los conductores se observa que no basta con el cálculo convencional que propone la norma, debido a que este sólo garantiza los niveles mínimos de seguridad y no un valor óptimo de operación desde el punto de vista energético. Para un dimensionamiento seguro y energéticamente eficiente no solo basta con un cálculo por ampacidad, caída de tensión y corto circuito también es importante considerar los gastos de operación de acuerdo con los usos finales a los que este destinado.

Es importante realizar un programa de mantenimiento para verificar el estado del aislamiento ya que es el que sobrelleva los efectos de las sobrecargas, sobretensiones y daños mecánicos.

Los factores que determinan la vida, confiabilidad, seguridad y eficiencia de un conductor son los siguientes:

- Instalación de cable y accesorios
- Manufactura
- Operación y mantenimiento

El seleccionar adecuadamente un cable de energía, no es solamente calcular el calibre del conductor, sino realizar un análisis cuidadoso de todos sus componentes, tipo de instalación y medio ambiente que junto con la experiencia de los instaladores en el correcto manejo e instalación de los mismos, se obtiene:

- Un servicio confiable
- Seguridad para el personal
- Larga vida en servicio
- Conducción de energía más eficiente

Se observó que la iluminación es un punto importante para el uso eficiente de energía y de gran impacto para el tipo de edificios analizados, ya que representa más del 50% de la carga en cada dependencia.

Se concluyó que la DPEA es un indicador que garantiza el ahorro de energía, porque se reduce la carga instalada en un área definida, pero no promueve el uso eficiente de energía porque no hay restricciones en la tecnología empleada. Los valores de DPEA no indican por sí mismos que se tenga un desperdicio de energía porque dependen de las horas uso, entonces el indicador complementario que nos sirvió de referencia fue el índice de energía anual por superficie que establece cuantos kWh/m<sup>2</sup>-año se consumieron.

De acuerdo con el Índice de Energía Anual por Superficie calculado concluimos que al cumplir con estos valores se reduce la carga instalada y por ende dicho índice disminuye lo cual se hace notar en la demanda y por consecuencia en la facturación. Bajo este

principio se justifica que aunque se cumpla con los valores del DPEA se realice la modificación de tecnología de lámparas.

El control de la demanda eléctrica puede ser una oportunidad de ahorro económico muy rentable, el ahorro no será tan sólo por la reducción el cargo en la demanda, sino también en los cargos por el consumo en horario punta.

No obstante es importante señalar que el control de la demanda es una de las oportunidades de ahorro económico que más atención, tiempo y comprensión de la operación de cargas eléctricas requiere; dado que, para que esta oportunidad sea factible es indispensable que no afecte las necesidades básicas de los usuarios del inmueble, requiriendo para esto adecuar las rutinas de operación e identificar los usos inadecuados de los equipos.

Cabe recalcar que además de cumplir con la DPEA también debemos estar dentro de los parámetros de iluminancia mínimos, como se puede observar en los PECNOM-007 de cada una de las dependencias (véase apéndice) dichos valores se encuentran en rango.

Como conclusión final el hacer énfasis en algunos artículos de las normas de seguridad de las instalaciones, se le puede dar un enfoque más amplio que permita agregar el beneficio de tener un mejor manejo de la energía eléctrica como se vio en el desarrollo del presente trabajo.

Se observa que el comprender y manejar no sólo las normas comunes para el diseño de instalaciones, existen normas enfocadas al uso eficiente de energía que complementan a las anteriores. El considerar un margen más amplio de normas coadyuvara a un mejor uso de la energía.

## **APÉNDICE A**

### **PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD**

#### **PECNOM-001 POSGRADO DE DERECHO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE DERECHO

DIVISIÓN DE POSGRADO

#### **OBJETIVO**

El presente Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad, establece dentro del marco de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, la metodología para que mediante la verificación se compruebe el cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización), con objeto de salvaguardar la seguridad de las personas y sus bienes.

Este procedimiento debe aplicarse para evaluar la conformidad de las instalaciones, así como las instalaciones listadas en el Acuerdo que determina los lugares de concentración pública para la verificación de las instalaciones eléctricas, ya sea que estén o no suministradas por el servicio público de energía eléctrica, de acuerdo con el campo de aplicación de la NOM.

La verificación a las instalaciones eléctricas podrá realizarse durante las diferentes etapas de la construcción de la instalación, En las actas circunstanciadas debe indicarse esta situación, limitando el ámbito y las circunstancias de la verificación de que se trate.

#### **ASPECTOS TÉCNICOS A VERIFICAR**

Todas las instalaciones eléctricas deben ser seguras y cumplir con lo establecido en la NOM. Por lo tanto, la verificación debe dirigirse a comprobar que la instalación sea acorde con las especificaciones técnicas y de seguridad que contiene la NOM.

Con el fin de simplificar el proceso de verificación se determina de manera enunciativa y no limitativa lo siguiente:

- Para instalaciones eléctricas con carga instalada menor a 100 kW

Como requisito mínimo para llevar a cabo la verificación, el solicitante de la verificación debe entregar a la UV el Proyecto Eléctrico correspondiente. En este caso, el proyecto debe estar integrado por un diagrama unifilar, relación de cargas, lista de materiales y equipo utilizados de manera general.

- Para instalaciones eléctricas con carga instalada igual o mayor a 100 kW

Como requisito mínimo para llevar a cabo la verificación, el solicitante de la verificación debe entregar a la unidad verificadora el Proyecto Eléctrico, el cual debe contener la información que permita determinar el grado de cumplimiento con las disposiciones indicadas en la NOM, conforme a lo siguiente:

- 1) Diagrama unifilar
- 2) Cuadro de distribución de cargas por circuito
- 3) Planos eléctricos
- 4) Lista de materiales y equipos utilizados de manera general.
- 5) Croquis de localización, indicando el domicilio donde se ubica la instalación.
- 6) Memoria técnica, la cual debe contener, de manera enunciativa y no limitativa:

Las áreas en donde pueda existir peligro o riesgo de incendio o explosión debido a la presencia y manejo de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras inflamables dispersas en el aire, deben estar indicadas en el proyecto conforme a lo dispuesto en la NOM.

Los dictámenes de verificación de instalaciones eléctricas que se emitan en áreas peligrosas (clasificadas) deben señalar la fecha para que el responsable de la instalación presente ante la suministradora el nuevo dictamen de verificación el cual se circunscribirá a los conceptos y alcances a que se refiere el Anexo B de este Procedimiento, hecho que en la especie deberá acontecer a los cinco años de expedición del dictamen respectivo.

Artículo, sección e inciso de la NOM-001-SEDE-2005 a verificar	Texto de referencia (requisitos generales a verificar)	Tipo de verificación: documental, ocular, comprobación, medición o análisis	Criterio de aceptación o rechazo	Observaciones en la verificación del proyecto	Observaciones en la verificación en sitio	Ubicación
		Ocular			Utilización indebida de cajas cuadradas de conexión en la instalación aparente	Subestación
		Ocular, comprobación			Falta planta de emergencia.	
110-12. Ejecución mecánica de los trabajos.  253. Canalizaciones metálicas y no metálicas.	Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional.	Ocular, comprobación			Canalizaciones realizadas de mala manera.	
370-25. Tapas sencillas y ornamentales.	En las instalaciones una vez terminadas, todas las cajas deben tener una tapa, una placa de cierre o una tapa ornamental.	Ocular, comprobación			Condulets instalados en el exterior sin tapa.	Exterior
370-27. Cajas de salida  a) Cajas en las salidas para aparatos de alumbrado	Las cajas utilizadas en las salidas para aparatos de alumbrado deben estar diseñadas para ese fin. En todas las salidas utilizadas únicamente para alumbrado, la caja debe estar diseñada o instalada de modo que se le pueda conectar el dispositivo de alumbrado.	Ocular			Utilización de cajas de conexión en el exterior cuando deberían ser condulets, además se muestra la utilización de enchufe-clavija para tener una mejor maniobra en el mantenimiento. Fig. 5	Subsótano

<p>320-13. Entrada de los conductores en lugares donde pueda haber agua, humedad o vapores corrosivos.</p> <p>410-4. Luminarios en lugares específicos</p> <p>410-49. Portalámparas en lugares húmedos o mojados.</p>	<p>Cuando los conductores entren o salgan en lugares donde pueda haber agua, humedad o vapores corrosivos, se debe hacer en ellos una curva de goteo y después pasarlos en dirección hacia arriba y hacia dentro o desde el lugar húmedo, mojado o corrosivo a través de tubos aislantes no combustibles y no absorbentes.</p> <p>a) En lugares húmedos y mojados. La instalación de luminarios en lugares húmedos o mojados debe hacerse de modo que no entre ni se acumule agua en el compartimiento de alambrado, portalámparas u otras partes eléctricas.</p> <p>b) Los portalámparas instalados en lugares húmedos o mojados deben ser tipo intemperie.</p>	<p>Ocular</p>			<p>Lámpara de intemperie sin tapón lateral. Tubo conduit metálico flexible con cubierta de PVC demasiado largo. Caja de paso debe ser conduit.</p>	
<p>320-13. Entrada de los conductores en lugares donde pueda haber agua, humedad o vapores corrosivos.</p>	<p>Cuando los conductores entren o salgan en lugares donde pueda haber agua, humedad o vapores corrosivos, se debe hacer en ellos una curva de goteo y después pasarlos en dirección hacia arriba y hacia dentro o desde el lugar húmedo, mojado o corrosivo a través de tubos aislantes no combustibles y no absorbentes.</p>	<p>Ocular</p>			<p>Tubo conduit metálico flexible con cubierta de PVC demasiado largo. Caja de paso debe ser conduit.</p>	

<p>110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos).</p> <p>110-17. Resguardo de partes vivas (de 600 V nominales o menos)</p> <p>110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos).</p> <p>384-18. Envoltentes. Los tableros de alumbrado y control deben instalarse en gabinetes, cajas para cortacircuitos o envoltentes diseñadas para ese uso, debiendo ser de frente muerto.</p>	<p>Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.</p> <p>a) Partes vivas protegidas contra contacto accidental. Excepto si en esta norma se requiere o autoriza otra cosa, las partes vivas del equipo eléctrico que funcionen a 50 V o más deben estar resguardadas contra contactos accidentales por envoltentes apropiadas o por cualquiera de los medios siguientes:</p> <p>c) Señales preventivas. Las entradas a cuartos y otros lugares protegidos que contengan partes vivas expuestas, deben marcarse con señales preventivas que prohíban la entrada a personal no calificado.</p> <p>Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.</p> <p>Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser menor que 80 cm de ancho delante del equipo eléctrico.. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de esta Sección, se permite equipo que tenga distancias, como la profundidad, iguales a los de la altura requerida</p>	<p>Ocular, comprobación</p>			<p>Tablero sin tapa.</p> <p>Obstruido el paso.</p> <p>Conductores con dobleces de más de 90°.</p> <p>Sin barra de tierra.</p> <p>Conductores energizados sin aislamiento.</p>	
---	--	-----------------------------	--	--	---	--

345-11. Curvas. Número de curvas en un tramo	Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total)	Ocular, comprobación			Conductores con dobleces de más de 90°. Sin barra de tierra. Conductores energizados sin aislamiento.	Planta Baja
		Ocular, comprobación			Conductores instalados sin canalización del tablero PBB de la planta baja. <b>Conector</b> no es el adecuado ya que es de uso exterior.	
250-46. Separación de los conductores de bajada de los pararrayos.  800-13. Separación de los conductores de bajada de los pararrayos.	Las canalizaciones, envolventes, estructura y partes metálicas del equipo eléctrico que no transporten corriente eléctrica, se deben mantener alejadas 1.8 m como mínimo de los conductores de bajada de puesta a tierra de los pararrayos, o deben unirse cuando la distancia es menor a 1.8m.  Se debe mantener una distancia de seguridad mínima de 1.8m, entre los conductores visibles de sistemas de comunicación y los conductores de bajada de pararrayos.	Ocular, comprobación			Conductor del sistema de pararrayos se encuentra en contacto con tubería metálica	Primer piso
921-12. Separación de conductores de puesta a tierra	a) Los conductores de puesta a tierra para equipo y circuitos de las clases indicadas a continuación, deben correr separadamente hasta sus propios electrodos.  b) Cuando se usen electrodos independientes para sistemas independientes, deben emplearse conductores de puesta a tierra separados.	Ocular, comprobación			Se une la tierra física con la tierra aislada.	

**PECNOM-007 POSGRADO DE DERECHO****OBJETIVO**

Verificar los niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para alumbrado con que debe de cumplir el sistema de alumbrado del edificio del Posgrado de derecho; con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y la ecología de la ciudad universitaria.

**INTRODUCCIÓN**

El campo de aplicación de esta norma comprende los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios no residenciales nuevos con carga total conectada para alumbrado mayor o igual a 3 kW; así como a las ampliaciones y modificaciones de los sistemas de alumbrado de edificios ya existentes.

La determinación de la densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) debe ser calculada a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}}$$

Donde la DPEA está expresada en **W/m<sup>2</sup>**.

Las DPEA totales para los sistemas de alumbrado interior y exterior se determinan en forma independiente una de otra. No pueden ser combinadas en ningún momento, por lo que se deben determinar y reportar los valores de cada una de ellas en forma separada.

**CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO**

Ubicación: Avenida Universidad #2219 Colonia Copilco el bajo

Clasificación del edificio: Escuela y demás centros docentes.

Carga total instalada en alumbrado [**W**]: 53454

Superficie total iluminada en [**m<sup>2</sup>**]: 6528.18

DPEA para “Escuelas y demás centros docentes” según NOM-007-ENER-2004 en [W/m<sup>2</sup>]:

16

**CARACTERÍSTICAS DE LOS LUMINARIOS**

Tipo de lámpara	Descripción	Potencia nominal [W]	Eficacia [lm/W]	Potencia de balastro [W]	Potencia Total [W]
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2x32W, 127V, MONTAJE COLGANTE. CAT. LB232120GEB MCA. LITHONIA	2x32	92.19	6	70
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2x32W, 127V, MONTAJE COLGANTE. CUERPO Y DIFUSOR DE POLICARBONATO. CAT. BS-100 STANDAR	2x32	92.19	6	70
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 1x32W, 127V, MONTAJE COLGANTE. CUERPO Y DIFUSOR DE POLICARBONATO, , CAT. BS-100 ESTÁNDAR 3618 MCA. BEGHELLI	1x32	92.19	3	35
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 2x26W, 127V, EMPOTRAR EN PLAFON, DIFUSOR DE CRISTAL CON CENTRO ESMERILADO DE 20.32 cm ø 2 LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS DE 26W CAT LR8-HC-226F88-WH-CE-BDHL-LI MCA. ELMSA	2x26	59.42	5	57
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 42W, 127V, MONTAJE ARBOTANTE, OPERACION EXTERIOR. CON 1 LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE 42W, CAT. F-12242 -F-N MCA. BJC	42	63.09	4	46
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 32W, 127V, TIPO CANAL CAT. L40C-132T8-1BE-6R MCA. ELMSA	32	92.19	3	35
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 20W, 127V, MONTAJE ARBOTANTE, VASO DE POLICARBONATO, CON 1 LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE 20W. CAT. 500-D-113-BM MCA. ELMSA	20	59	2	22
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 2X42W, 127V, MONTAJE ARBOTANTE, CON 2 LAMPARAS FLUORESCENTE COMPACTAS DE 42W. CRISTAL CLARO. CAT. CAR-84-E1-CCL-FLB -L MCA. LJ	2x42	63.09	8	92
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 42W, 127V. MONTAJE ARBOTANTE, OPERACION EXTERIOR CON 1 LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE 42W, CAT. F12242-F-N MCA. BJC	42	63.09	4	46
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 2X42W, 127V. MONTAJE ARBOTANTE, CON CRISTAL TEMPLADO CON 2 LAMPARAS FLUORESCENTE COMPACTAS DE 42W, T- CAT. 2000-5WWEP-242-CFL MCA. ELMSA	2x42	63.09	8	92
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 32W, 127V, TIPO CANAL CAT. L40C-132T8-1BE-6R MCA. ELMSA	32	92.19	3	35
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 1x26 W, 127V, EMPOTRAR EN PLAFON. DIFUSOR DE CRISTAL CON CENTRO ESMERILADO DE 20.32cm ø 1 LAMPARA FLUORESCENTES COMPACTA. CAT LR8-HC-126F88-WH-CE-BDHL-LI MCA. ELMSA	26	59.42	2	28
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 2X32W, 127V, MONTAJE EN MURO (ESQUINERO) CUERPO Y BISEL ABATIBLES. ACRILICO 100% CAT. 400-CLD.232T8- A23-1BE-120 MCA. ELMSA	2x32	92.19	6	70
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 2X32W, 127V,	2x32	92.19	6	70

	MONTAJE SOBREPONER. REFLECTOR DE ALUMINIO ACABADO ESPECULAR CON CRISTAL DE 6mm, SELLADA. CAT. 400-CL- 232T8-PLUS MCA. ELMSA				
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 2X42W, 127V, EMPOTRAR EN PLAFON, CON 2 LAMPARAS FLUORESCENTE COMPACTAS DE 42W. CRISTAL CLARO. CAT. TAD-84-E1-CCL-L MCA. LJ ILUMINACION	2x42	63.09	8	92
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE 2X13W, 127V, MONTAJE ARBOTANTE, CON 2 LAMPARAS FLUORESCENTE COMPACTAS DE 13W. CAT. ATD-26-E1-L MCA. LJ ILUMINACION	2x13	69.23	4	30
Aditivos metálicos	LUMINARIA DE ADITIVOS METALICOS 175W, 220V, 60Hz, MONTAJE EN MURO CAT. WP-175-AM-L LJ ILUMINACION	175	46.85	45	220
Aditivos metálicos	LUMINARIA DE ADITIVOS METALICOS 175W, 220V. TIPO PROYECTOR. CAT. PN-175- AM-L MCA. LJ ILUMINACION	175	46.85	45	220
Aditivos metálicos	LUMINARIA DE ADITIVOS METALICOS 400W, 220V. MONTAJE COLGANTE. CON CRISTAL CLARO TEMPLADO, EMPAQUE Y CINCHO DE SUJECION.CAT. CIA-400-AM-M3-CR-L MCA. LJ ILUMINACION	400	55.75	100	500

#### NIVELES DE ILUMINACIÓN Y DPEA POR NIVEL

Piso	Lugar	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Watts instalados	DPEA [W/m <sup>2</sup> ]	DPEA MÁX. NOM-007ENER-2004	Iluminancia Medida [lx]	Iluminancia Mínima
Subsótano	Bodega	84.18	280	3.33	13	140	50
	Cuarto de maquinas	43	280	6.51	14	140	270
	Corredores	111	770	6.94	7.5	260	100
	Estacionamiento	590	700	1.19	3	35	50
	<b>Total:</b>	<b>828.18</b>	<b>2030</b>	<b>2.45</b>	<b>16</b>	NA	NA
Sótano	Salones	115	1960	17.04	17.2	392	400
	Corredores	151	1328	8.79	7.5	260	100
	Escaleras	47	396	8.43	9.7	150	100
	Estacionamiento	722	770	1.07	3	35	50
	<b>Total:</b>	<b>1035</b>	<b>4454</b>	<b>4.30</b>	<b>16</b>	NA	NA
Planta Baja	Salones	199	2800	14.07	17.2	390	400
	Escaleras	40	186	4.65	9.7	155	100
	Corredores	99	1212	12.24	7.5	245	100
	<b>Total:</b>	<b>338</b>	<b>4198</b>	<b>12.42</b>	<b>16</b>	NA	NA
1 <sup>er</sup> Nivel	Salones	184	2520	13.70	17.2	395	400
	Vestíbulo	56	560	10.00	19.4	174	300
	Cuarto eléctrico	7	127	18.14	11.8	200	270
	Sala de descanso	79	210	2.66	16.1	350	200
	Oficinas	151	2170	14.37	16.1	606	300

	Sala de conferencias	60	1368	22.80	17.2	1081	200
	Área exterior	79	560	7.09	3	100	50
	Comedor	24	280	11.67	15	200	200
	Almacén activo	27	770	28.52	11.8	200	100
	Baños	60	638	10.63	10.8	270	100
	Corredores	302	3754	12.43	7.5	250	100
	Escaleras	121	520	4.30	9.7	120	100
	<b>Total:</b>	<b>1150</b>	<b>13477</b>	<b>11.72</b>	<b>16</b>	NA	NA
2° Nivel	Salones de clase	272	3220	11.84	17.2	480	400
	Vestíbulo principal	76	1380	18.16	19.4	195	300
	Cuarto eléctrico	1	57	57.00	11.8	200	270
	Corredores	222	3076	13.86	7.5	255	100
	Sala de descanso	12	140	11.67	16.1	350	200
	Oficinas	94	1470	15.64	16.1	600	300
	Preparado de alimentos	14	210	15.00	23.7	345	300
	Comedor	68	840	12.35	15	300	200
	Baños	24	280	11.67	10.8	270	100
	Almacén	2	70	35.00	11.8	200	100
	Escaleras	28	280	10.00	9.7	120	100
	<b>Total:</b>	<b>813</b>	<b>11023</b>	<b>13.56</b>	<b>16</b>	NA	NA
3er Nivel	Salones de clase	321	4270	13.30	17.2	482	400
	Baños	24	367	15.29	10.8	270	100
	Cuarto eléctrico	2	57	28.50	14	200	270
	Oficinas	59	1750	29.66	16.1	500	300
	Corredores	182	2310	12.69	7.5	255	100
	Sala de juntas	56	210	3.75	16.1	350	300
	Almacén	2	70	35.00	11.8	200	100
	Terraza	35	92	2.63	3	220	50
	Escaleras	21	420	20.00	9.7	135	100
	<b>Total:</b>	<b>702</b>	<b>9546</b>	<b>13.60</b>	<b>16</b>	NA	NA
Acceso	<b>Total:</b>	<b>89</b>	<b>490</b>	<b>5.51</b>	<b>19.4</b>	190	300
Subestación	<b>Total:</b>	<b>44</b>	<b>420</b>	<b>9.55</b>	<b>14</b>	345	270
Exterior	<b>Total:</b>	<b>1277</b>	<b>5780</b>	<b>4.53</b>	<b>3</b>	53	50
Puente	<b>Total:</b>	<b>60</b>	<b>840</b>	<b>14.00</b>	<b>7.5</b>	70	100
Fachada	<b>Total:</b>	<b>252</b>	<b>1196</b>	NA	NA		
<b>DPEA TOTAL EDIFICIO:</b>		<b>6528.18</b>	<b>53454</b>	<b>8.06</b>	<b>16</b>	NA	NA

**PECNOM-001 FACULTAD QUIMICA DE EDIFICIO "A"**  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

EDIFICIO A

**OBJETIVO**

El presente Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad, establece dentro del marco de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, la metodología para que mediante la verificación se compruebe el cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización), con objeto de salvaguardar la seguridad de las personas y sus bienes.

Este procedimiento debe aplicarse para evaluar la conformidad de las instalaciones, así como las instalaciones listadas en el Acuerdo que determina los lugares de concentración pública para la verificación de las instalaciones eléctricas, ya sea que estén o no suministradas por el servicio público de energía eléctrica, de acuerdo con el campo de aplicación de la NOM.

La verificación a las instalaciones eléctricas podrá realizarse durante las diferentes etapas de la construcción de la instalación, En las actas circunstanciadas debe indicarse esta situación, limitando el ámbito y las circunstancias de la verificación de que se trate.

**ASPECTOS TECNICOS A VERIFICAR**

Todas las instalaciones eléctricas deben ser seguras y cumplir con lo establecido en la NOM. Por lo tanto, la verificación debe dirigirse a comprobar que la instalación sea acorde con las especificaciones técnicas y de seguridad que contiene la NOM.

Con el fin de simplificar el proceso de verificación se determina de manera enunciativa y no limitativa lo siguiente:

- Para instalaciones eléctricas con carga instalada menor a 100 kW

Como requisito mínimo para llevar a cabo la verificación, el solicitante de la verificación debe entregar a la UV el Proyecto Eléctrico correspondiente. En este caso, el proyecto debe estar integrado por un diagrama unifilar, relación de cargas, lista de materiales y equipo utilizados de manera general.

- Para instalaciones eléctricas con carga instalada igual o mayor a 100 kW

Como requisito mínimo para llevar a cabo la verificación, el solicitante de la verificación debe entregar a la unidad verificadora el Proyecto Eléctrico, el cual debe contener la información que permita determinar el grado de cumplimiento con las disposiciones indicadas en la NOM, conforme a lo siguiente:

1. Diagrama unifilar
2. Cuadro de distribución de cargas por circuito
3. Planos eléctricos
4. Lista de materiales y equipos utilizados de manera general.
5. Croquis de localización, indicando el domicilio donde se ubica la instalación.
6. Memoria técnica, la cual debe contener, de manera enunciativa y no limitativa:

Las áreas en donde pueda existir peligro o riesgo de incendio o explosión debido a la presencia y manejo de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras inflamables dispersas en el aire, deben estar indicadas en el proyecto conforme a lo dispuesto en la NOM.

Los dictámenes de verificación de instalaciones eléctricas que se emitan en áreas peligrosas (clasificadas) deben señalar la fecha para que el responsable de la instalación presente ante la suministradora el nuevo dictamen de verificación el cual se circunscribirá a los conceptos y alcances a que se refiere el Anexo B de este Procedimiento, hecho que en la especie deberá acontecer a los cinco años de expedición del dictamen respectivo.

Artículo, sección e inciso de la NOM-001-SEDE-2005 a verificar	Texto de referencia (requisitos generales a verificar)	Tipo de verificación: documental, ocular, comprobación, medición o análisis	Criterio de aceptación o rechazo	Observaciones en la verificación del proyecto	Observaciones en la verificación en sitio	Ubicación
924-8 Protección contra Incendio		Ocular, comprobación			No cuenta con equipo contra incendio	Subestación
	Se utiliza la pantalla metálica de la acometida.	Ocular, comprobación			La subestación no cuenta con sistema de tierras	
110-33. Entrada y acceso al espacio de trabajo.		Ocular, comprobación			El acceso se encuentra obstruido por lo que impide el abatimiento correcto de las puertas del local	Cuarto Eléctrico
924-5. Instalación de alumbrado	Solo cuenta con un foco incandescente de 75 W	Ocular, comprobación			No cumple con los niveles de iluminación mínimo	
924-6 Pisos, Barreras y escaleras	No cuenta con tapas de registros	Ocular, comprobación			Faltan tapas de registro en el cuarto eléctrico así como limpieza de las trincheras	
110-12 Ejecución mecánica de los trabajos c) Integridad de los equipos y conexiones eléctricas		Ocular, comprobación			Gabinete se encuentra en mal estado y lleno de polvo	

<p>320-13. Entrada de los conductores en lugares donde pueda haber agua, humedad o vapores corrosivos.</p>	<p>Cuando los conductores entren o salgan en lugares donde pueda haber vapores corrosivos, se debe hacer en ellos una curva de goteo.</p>	<p>Ocular, comprobación</p>				<p>Laboratorios</p>
<p>110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos).</p> <p>110-17. Resguardo de partes vivas (de 600 V nominales o menos)</p> <p>110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos).</p> <p>354-6 Empalmes y derivaciones</p> <p>384-18. Envolventes. Los tableros de alumbrado y control deben instalarse en gabinetes, cajas para cortacircuitos o envolventes diseñadas para ese uso, debiendo ser de frente muerto.</p>	<p>Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.</p> <p>a) Partes vivas protegidas contra contacto accidental. Excepto si en esta norma se requiere o autoriza otra cosa, las partes vivas del equipo eléctrico que funcionen a 50 V o más deben estar resguardadas contra contactos accidentales por envolventes apropiadas o por cualquiera de los medios siguientes:</p> <p>Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.</p> <p>Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser menor que 80 cm de ancho delante del equipo eléctrico. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de esta Sección, se permite equipo que tenga distancias, como la profundidad, iguales a los de la altura requerida</p>	<p>Ocular, comprobación</p>			<p>Tablero sin tapa.</p> <p>Obstruido el paso.</p> <p>Conductores con dobleces de más de 90°.</p> <p>Sin barra de tierra.</p> <p>Empalmes de diferentes calibres</p>	<p>Tableros</p>
<p>370-25 Tapas sencillas y ornamentales</p>	<p>En las instalaciones una vez terminadas, todas las cajas deben tener una tapa, una placa de cierre o una tapa ornamental.</p>	<p>Ocular, comprobación</p>			<p>Cajas instaladas en el exterior sin tapa</p>	<p>Escaleras</p>

**PECNOM-007 FACULTAD DE QUIMICA EDIFICIO "A"****OBJETIVO**

Verificar los niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para alumbrado con que debe de cumplir el sistema de alumbrado del edificio del Posgrado de derecho; con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y la ecología de la ciudad universitaria.

**INTRODUCCIÓN**

El campo de aplicación de esta norma comprende los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios no residenciales nuevos con carga total conectada para alumbrado mayor o igual a 3 kW; así como a las ampliaciones y modificaciones de los sistemas de alumbrado de edificios ya existentes.

La determinación de la densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) debe ser calculada a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Area total iluminada}}$$

Donde la DPEA está expresada en **W/m<sup>2</sup>**.

Las DPEA totales para los sistemas de alumbrado interior y exterior se determinan en forma independiente una de otra. No pueden ser combinadas en ningún momento, por lo que se deben determinar y reportar los valores de cada una de ellas en forma separada.

**CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO**

Ubicación: Av. Coyoacán # 3000 Col. Ciudad Universitaria

Clasificación del edificio: Escuela y demás centros docentes.

Carga total instalada en alumbrado [**W**]: 185,254.90

Superficie total iluminada en [**m<sup>2</sup>**]: 15,259.79

DPEA para “Escuelas y demás centros docentes” según NOM-007-ENER-2004 en [W/m²]: 16

**CARACTERÍSTICAS DE LOS LUMINARIOS**

Tipo de lámpara	Descripción	Potencia nominal [W]	Eficacia [lm/W]	Potencia de balastro [W]	Potencia Total [W]
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 39 W, T12	1x39	53.33	9.75	48.75
Fluorescente	LÁMPARA FLUORESCENTE DE 75W, T12 W EN CANALETA, 127 V	1x75	64	18.75	93.75
Fluorescente	LÁMPARA FLUORESCENTE DE 75 W, T12, 127 V	1x75	64	18.75	93.75
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 2x39 W, T12, EN GABINETE DE 0.30 X 1.22 MTS.	2x39	53.33	19.5	97.5
Fluorescente	LAMPARA FLUORESCENTE DE 3x17 W T8, EN GABINETE DE 0.60 X 0.60 MTS	3x17	64.81	4.5	55.5
Fluorescente	LÁMPARA FLOURESCENTE COMPACTA DE 26 WATTS	1x26	59.42	2	28
Fluorescente	LAMPARA FLUORESCENTE DE 2x75 W, T12. GABINETE DE 2.5 X 0.3 MTS.	2x75	64	37.5	187.5
Fluorescente	LAMPARA FLUORESCENTE DE 2X17 W T8, EN GABINETE DE 0.60 X 0.60 MTS	2x17	60	6	40
Fluorescente	FOCO INCADECENTE	100	15	N.A.	100
Fluorescente	LÁMPARA INCANDESCENTE SPOT DE 150 W	150	10.67	N.A.	150
Fluorescente	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2x32W, 127V, MONTAJE COLGANTE.	2x32	92.19	6	70
Fluorescente	LÁMPARA FLOURESCENTE COMPACTA DE 13 WATTS	13	34.61	2	15

**NIVELES DE ILUMINACIÓN Y DPEA POR NIVEL**

Piso	Lugar	Superficie [m2]	Watts instalados	DPEA [W/m2]	DPEA MÁX. NOM-007ENER-2004	Iluminancia Medida [lx]
PLANTA BAJA	Pasillos	1697	9652	5.7	7.5	141
	Cubículos	190	3663	19.3	16.1	372
	Laboratorios	339	5005	14.8	14.0	440
	Oficinas	238	4350	18.3	16.1	500/225
	Almacén activo	179.74	3641	20.3	11.8	141
	<b>Totales:</b>	<b>2643.74</b>	<b>26311</b>	<b>10.0</b>	<b>16.0</b>	

Nivel 1	Laboratorio	979.73	14516.25	14.8	14.0	307
	Salones	344.5	2655.8	7.7	17.2	170/370
	Pasillos	528.05	2827.5	5.4	7.5	18
	Escaleras	90	390	4.3	9.7	13/32.2
	Almacén activo	1246.45	21435	17.2	11.8	195/225
	Baños	66.542	1035.6	15.6	10.8	90/107
	<b>Totales:</b>	<b>3255.272</b>	<b>42860.15</b>	<b>13.2</b>	<b>16.0</b>	
Nivel 2	Laboratorio	1,032.00	14,625.00	14.2	14.0	219
	Salones	294.45	2,583.00	8.8	17.2	170/370
	Pasillos	561.23	3,397.50	6.1	7.5	8.2/50
	Escaleras	118.62	585.00	4.9	9.7	110/122
	Almacén activo	1,078.76	15,645.00	14.5	11.8	172/213
	Baños	90.73	1,178.40	13.0	10.8	154/185
	<b>TOTALES</b>	<b>3,175.79</b>	<b>38,013.90</b>	<b>12.0</b>	<b>16.0</b>	
Nivel 3	Laboratorio	1032.00	14,040.00	13.6	14.0	334
	Salones	294.45	2,992.50	10.2	17.2	170/370
	Pasillos	561.23	3,397.50	6.1	7.5	54.9
	Escaleras	118.62	780.00	6.6	9.7	11.1
	Almacén activo	1078.76	16,425.00	15.2	11.8	172/213
	Baños	90.73	1,178.40	13.0	10.8	157.7
	<b>TOTALES</b>	<b>3,175.79</b>	<b>38,813.40</b>	<b>12.2</b>	<b>16.0</b>	
Nivel 4	Laboratorio	870.65	12862.5	14.8	14.0	330
	Salones	283.69	2850	10.0	17.2	170/370
	Pasillos	573.35	3704.5	6.5	7.5	54.9
	Escaleras	92.95	585	6.3	9.7	11
	Almacén activo	1097.07	18111.75	16.5	11.8	165
	Baños	91.49	1142.7	12.5	10.8	158
	<b>Totales:</b>	<b>3009.2</b>	<b>39256.45</b>	<b>13.0</b>	<b>16.0</b>	
<b>TOTAL:</b>		<b>15,259.79</b>	<b>185,254.90</b>	<b>12.1</b>	<b>16.0</b>	

## APÉNDICE B

### ARTÍCULOS UTILIZADOS DE LA NOM-001-SEDE-2005

**110-12. Ejecución mecánica de los trabajos.** Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional. Si se utilizan tapas o placas metálicas en cajas o cajas de paso no metálicas éstas deben introducirse como mínimo 6 mm por debajo de la superficie externa de las cajas.

**Aberturas no utilizadas.** Las aberturas no utilizadas de las cajas, canalizaciones, canales auxiliares, gabinetes, carcasas o cajas de los equipos, se deben cerrar eficazmente para que ofrezcan una protección sustancialmente equivalente a la pared del equipo.

**En envoltentes bajo la superficie.** Los conductores deben estar soportados de modo tal que permitan el acceso fácil y seguro a las envoltentes subterráneas o bajo la superficie, a los que deban entrar personas para instalación y mantenimiento.

**Integridad de los equipos y conexiones eléctricas.** Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables, aisladores y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas como restos de pintura, yeso, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o a la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por acción química o sobrecalentamiento o contaminadas por materiales extraños como pintura, yeso, limpiadores o abrasivos.

**110-14. Conexiones eléctricas.** Debido a las diferentes características del cobre y del aluminio, deben usarse conectadores o uniones a presión y terminales soldables apropiados para el material del conductor e instalarse adecuadamente. No deben unirse terminales y conductores de materiales distintos, como cobre y aluminio, a menos que el dispositivo esté identificado (aprobado conforme con lo establecido en 110-2) para esas condiciones de uso. Si se utilizan materiales como soldadura, fundentes o compuestos, deben ser adecuados para el uso y de un tipo que no cause daño a los conductores, sus aislamientos, la instalación o a los equipos.

**NOTA:** En muchas terminales y equipo se indica su par de apriete máximo.

**924- Terminales.** Debe asegurarse que la conexión de los conductores a las terminales se realice de forma segura, sin deteriorar los conductores y debe realizarse por medio de conectadores de presión (incluyendo tornillos de fijación), conectadores soldables o empalmes a terminales flexibles. Se permite

la conexión por medio de tornillos o pernos y tuercas de sujeción de cables y tuercas para conductores con designación de 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG) o menores.

Las terminales para más de un conductor y las terminales utilizadas para conectar aluminio, deben estar identificadas para ese uso (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2).

**924- Empalmes.** Los conductores deben empalmarse con dispositivos adecuados según su uso o con soldadura de bronce, soldadura autógena, o soldadura con un metal de aleación fundible. Los empalmes soldados deben unirse primero, de forma que aseguren, antes de soldarse, una conexión firme, tanto mecánica como eléctrica (Véase 921-24(b)). Los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante adecuado.

Los conectadores o medios de empalme de los cables instalados en conductores que van directamente enterrados, deben estar listados (aprobados conforme con lo establecido en 110-2) para ese uso.

**Limitaciones por temperatura.** La temperatura nominal de operación del conductor, asociada con su capacidad de conducción de corriente, debe seleccionarse y coordinarse de forma que no exceda la temperatura de operación de cualquier elemento del sistema como conectadores, otros conductores o dispositivos que tengan la temperatura menor de operación. Se permite el uso de los conductores con temperatura nominal superior a la especificada para las terminales, mediante ajuste o corrección de su capacidad de conducción de corriente o ambas. Asegurando que la temperatura de operación no exceda a la del elemento de menor temperatura de operación.

**924- Terminales de equipo.** La determinación de terminales de equipo debe basarse en 110-14(a) o

**110-14(b).** A menos que el equipo esté aprobado o marcado de otra forma, la capacidad de conducción de corriente usada para determinar las terminales de equipo debe basarse en la tabla 310-16 con las modificaciones indicadas en 310-15.

**924- Las terminales de equipos para circuitos de 100 A nominales o menos o marcadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores con designación de 2,08 mm<sup>2</sup> a 42,4 mm<sup>2</sup>**

(14 AWG a 1 AWG), deben utilizarse solamente para los casos siguientes:

**1.** Conductores con temperatura de operación del aislamiento máxima de 60°C.

2. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores se determine basándose en la capacidad de conducción de corriente de conductores para 60°C.

3. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, si el equipo está identificado para tales conductores.

4. Para motores marcados con las letras de diseño B, C, D o E, se permite el uso de conductores que tienen un aislamiento con temperatura de operación de 75°C o mayor siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la capacidad de conducción de corriente para 75°C.

b. Las terminales de equipo para circuitos de más de 100 A nominales o identificadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores mayores de 42,4 mm<sup>2</sup> (1 AWG), deben utilizarse solamente para los siguientes casos:

1. Conductores con temperatura nominal de operación del aislamiento de 75°C.

2. Conductores con temperatura de operación nominal de 75°C, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la correspondiente a 75°C o con temperatura de operación mayor que 75°C, si el equipo está identificado para utilizarse con tales conductores.

**2) Conectores de compresión separables.** Los conectores de compresión separables deben utilizarse con conductores cuya capacidad de conducción de corriente no exceda la capacidad de conducción de corriente del conector a la temperatura nominal.

**NOTA:** De acuerdo con lo indicado en 110-14©(1) y ©(2), la información que aparezca en el equipo puede restringir adicionalmente la sección transversal nominal y la temperatura de operación de los conductores conectados.

**110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos).** Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.

**Distancias de trabajo.** Excepto si se exige o se permite otra cosa en esta norma, la medida del espacio de trabajo en dirección al acceso a las partes vivas que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que puedan requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras estén energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16(a). Las distancias deben medirse desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente, si están encerradas. Las paredes de concreto, ladrillo o azulejo deben considerarse conectadas a tierra. Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser menor que 80 cm de ancho delante

del equipo eléctrico. El espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el piso o plataforma hasta la altura exigida por esta Sección. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de esta Sección, se permite equipo que tenga distancias, como la profundidad, iguales a los de la altura requerida.

**TABLA 110-16(a).- Distancias de trabajo**

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,90	0,90	0,90
151-600	0,90	1,1	1,20

Las condiciones son las siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no vivas ni conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a 300 V o menos.
2. Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.
3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

**Espacios libres.** El espacio de trabajo requerido por esta Sección no debe utilizarse como almacén. Cuando las partes energizadas normalmente cerradas se exponen para su inspección o servicio, el espacio de trabajo, en un paso o espacio general, debe estar debidamente protegido.

**Acceso y entrada al espacio de trabajo.** Debe haber al menos una entrada de ancho suficiente que dé acceso al espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico. Para equipo de 1 200 A nominales o más y de más de 1,80 m de ancho, que contenga dispositivos de protección contra sobrecorriente, dispositivos de interrupción o de control, debe tener una entrada de no menos de 61 cm de ancho y de 2 m de alto en cada extremo del local.

**Iluminación.** Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores instalados interiormente. No son necesarios otros elementos de iluminación cuando el espacio de trabajo esté iluminado por una fuente de luz adyacente. En los cuartos de equipo y en donde estén instalados: tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores, la iluminación debe ser apropiada aun cuando se interrumpa el suministro de alumbrado normal y debe cumplir lo indicado en la Sección 700-17.

**Altura hasta el techo.** La altura mínima hasta el techo de los espacios de trabajo alrededor de equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los

centros de control de motores debe ser de 2 m. Cuando el equipo eléctrico tenga más de 2 m de altura, el espacio mínimo hasta el techo no debe ser inferior a la altura del equipo.

#### **110-17. Resguardo de partes vivas (de 600 V nominales o menos)**

**Partes vivas protegidas contra contacto accidental.** Excepto si en esta norma se requiere o autoriza otra cosa, las partes vivas del equipo eléctrico que funcionen a 50 V o más deben estar resguardadas contra contactos accidentales por envolventes apropiadas o por cualquiera de los medios siguientes:

Estar ubicadas en un cuarto, bóveda o recinto similar accesible únicamente a personal calificado.

Mediante muros de materiales permanentes adecuados, tabiques o mamparas dispuestas de modo que sólo tenga acceso al espacio cercano a las partes vivas personal calificado. Cualquier abertura en dichos muros o mampara debe ser dimensionada o estar situada de modo que no sea probable que las personas entren en contacto accidentalmente con las partes vivas o pongan objetos conductores en contacto con las mismas.

Estar situadas en un balcón, una galería o en una plataforma tan elevadas y dispuestas de tal modo que no permita acceder a personal no calificado.

Estar instaladas a 2,45 m o más por encima del piso u otra superficie de trabajo.

Prevención de daño físico. En lugares en los que sea probable que el equipo eléctrico pueda estar expuesto a daños físicos, las envolventes o protecciones deben estar dispuestas de tal modo y ser de una resistencia tal que evite daños.

Señales preventivas. Las entradas a cuartos y otros lugares protegidos que contengan partes vivas expuestas, deben marcarse con señales preventivas que prohíban la entrada a personal no calificado.

**110-31. Envolvente de las instalaciones eléctricas.** Las instalaciones eléctricas en bóvedas, en cuartos o en armarios o en una zona rodeada por una pared, mampara o cerca, cuyo acceso esté controlado por cerradura y llave u otro medio, deben ser accesibles únicamente a personas calificadas. El tipo de envolvente utilizada en un caso dado debe diseñarse y construirse según la naturaleza y grado del riesgo o riesgos inherentes a la instalación.

Debe utilizarse una pared, mampara o cerca que rodee una instalación eléctrica a la intemperie para disuadir de su acceso a personas no calificadas. La cerca no debe ser de menos de 2,15 m de alto o una combinación de cerca de 1,80 m o más y 30 cm más de prolongación, con tres o más cables de alambre de púas o equivalente.

#### **110-33. Entrada y acceso al espacio de trabajo**

- 924- Entrada.** Para dar acceso al espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico, debe haber por lo menos una entrada no inferior a 60 cm de ancho y a 2 m de alto.

En los tableros de distribución y paneles de control de más de 1,80 m de ancho, debe haber una entrada en cada extremo de dicho equipo.

**Excepción 1:** Si el lugar permite una salida continua y libre.

**Excepción 2:** Si el espacio de trabajo requerido en la Sección 110-34(a) se debe duplicar.

El espacio de trabajo con una entrada debe estar situado de modo que el borde de la entrada más cercana al equipo esté a la distancia mínima dada en la Tabla 110-34(a) desde dicho equipo.

Cuando haya partes energizadas desnudas de cualquier tensión eléctrica o partes energizadas aisladas de más de 600 V nominales a tierra cerca de dichas entradas, deben estar adecuadamente protegidas.

**Acceso.** Debe haber escaleras o escalones permanentes que permitan acceder de modo seguro al espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico instalado en plataformas, balcones, entresuelos o en los áticos o cuartos en las terrazas.

## 220-10. Disposiciones generales

- 924- 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.

**NOTA:** En cuanto a la carga máxima permitida (A), para elementos de alumbrado que funcionen a menos del 100% de su factor de potencia, véase 210-22(b).

- 924- 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 menor que la carga no continua, más el 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 el 125% de la carga continúa.

**Excepción:** Cuando el equipo, incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente del alimentador, esté aprobado 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.

**240-3. Protección de los conductores.** Los conductores que no sean cordones flexibles y cables para artefactos eléctricos, se deben proteger contra sobrecorriente según su capacidad de conducción de corriente, como se especifica en 310-15, excepto los casos permitidos o exigidos de (a) a (k) siguientes:

**Riesgo de pérdida de energía.** No es necesaria la protección de los conductores contra sobrecarga, cuando la apertura del circuito podría crear un riesgo, por ejemplo en los circuitos magnéticos de una grúa de transporte de materiales o de bombas contra incendios, pero sí deben llevar protección contra cortocircuitos.

**NOTA:** Para información adicional para la instalación de bombas centrífugas contra incendio, véase apéndice B2.

**Dispositivos de 800 A nominales o menos.** Se permite usar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del valor nominal inmediato superior a la capacidad de conducción de corriente de los conductores que proteja, siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

Que los conductores protegidos no formen parte de un circuito derivado de salidas múltiples que alimenten a receptáculos para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija;

Que la capacidad de conducción de corriente de los conductores no corresponda con la capacidad nominal de un fusible o interruptor, sin ajuste para disparo por sobrecarga encima de su valor nominal (pero está permitido que tenga otros ajustes de disparo o valores nominales).

Que el valor nominal inmediato superior seleccionado no supere 800 A.

**Dispositivos de más de 800 A.** Cuando el dispositivo de protección contra sobrecorriente tenga una intensidad máxima de disparo de más de 800 A nominales, la capacidad de conducción de corriente de los conductores que protege debe ser igual o mayor que la capacidad nominal del dispositivo, tal como se define en 240-6.

**924-. Conductores en derivación.** Se permite que los conductores en derivación estén protegidos contra sobrecorriente según se indica en 210-19 ©, 240-21, 364-11, 364-12 y 430-53(d).

**Conductores en derivación:** conductores derivados que se unen permanentemente a otros conductores principales o a ductos con barras o cajas de barras.

**e) Conductores para circuitos de aparatos eléctricos a motor.** Se permite que los conductores de los circuitos de aparatos eléctricos a motor estén protegidos contra sobrecorriente según se establece en las Partes B y D del Artículo 422.

**Conductores para circuitos de motores y de control de motores.** Se permite que los conductores de circuitos de motores y de control de motores estén protegidos contra sobrecorriente según se indica en las Partes C, D, E y F del Artículo 430.

**Conductores de alimentación de convertidores de fase.** Se permite que los conductores de alimentación de los convertidores de fase para cargas motorizadas y no motorizadas, estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en 455-7.

**Conductores de circuitos para equipos de refrigeración y aire acondicionado.** Se permite que los conductores de los circuitos de equipo de refrigeración y aire acondicionado estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en las Partes C y F del Artículo 440.

**Conductores del secundario de los transformadores.** Los conductores del secundario de un transformador monofásico (excepto los de dos conductores) y polifásicos (excepto los de conexión delta-delta tres conductores), no se consideran protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del primario. Los conductores alimentados desde el secundario de un transformador monofásico con dos conductores (una sola tensión eléctrica) o trifásico con conexión delta-delta con tres conductores (una tensión eléctrica), se permite que se protejan mediante el dispositivo de protección contra sobrecorriente del primario (lado del suministro) del transformador, siempre que esa protección cumpla lo establecido en 450-3 y no supere el valor resultante de multiplicar la capacidad de conducción de corriente del conductor del secundario por la relación de transformación del secundario al primario.

**Conductores de los circuitos de capacitores.** Se permite que los conductores de los circuitos de capacitores estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en 460-8(b) y 460-25(a) a (d).

**k) Conductores de los circuitos para máquinas de soldar eléctricas.** Se permite que los conductores de circuitos para máquinas de soldar estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en 630-12, 630-22 y 630-32.

#### **240-6. Capacidades nominales de corriente eléctrica normalizadas**

**a) Fusibles e interruptores de disparo fijo.** Para selección de fusibles y de interruptores de disparo inverso, se deben considerar los siguientes valores normalizados de corriente eléctrica nominal: 15 A, 20 A, 25 A, 30 A, 35 A, 40 A, 45 A, 50 A, 60 A, 70 A, 80 A, 90 A, 100

A, 110 A, 125 A, 150 A, 175 A, 200 A, 225 A, 250 A, 300 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A, 600 A, 700 A, 800 A, 1 000 A, 1 200 A, 1 600 A, 2 000 A, 2 500 A, 3 000 A, 4 000 A, 5 000 A y 6 000 A. Se consideran como tamaños normalizados los fusibles de 1 A, 3 A, 6 A, 10 A y 601 A. Se permite el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con valores de corriente nominal diferentes a los valores indicados en este inciso.

**b) Interruptores de disparo ajustable.** La capacidad nominal de corriente eléctrica normalizada de los interruptores de disparo ajustable, del tipo con retardo de tiempo largo (capacidad nominal en ampere o por sobrecarga) que tengan medios externos de ajuste, debe ser el del máximo ajuste posible.

**Excepción:** Los interruptores automáticos que tengan tapas removibles selladas sobre los medios de ajuste o que estén situados detrás de las puertas atornilladas de las envolventes de los equipos o detrás de las puertas cerradas accesibles sólo a personas calificadas, pueden tener un nivel de disparo igual al correspondiente ajuste de tiempo largo.

**NOTA:** No se intenta prohibir el uso de fusibles e interruptores de tiempo inverso de capacidades no normalizadas.

**240-21. Localización en el circuito.** El dispositivo de sobrecorriente debe conectarse a cada conductor de fase del circuito, del siguiente modo:

**Conductores de alimentadores y circuitos derivados.** Los conductores de los alimentadores y de los circuitos derivados deben estar protegidos por dispositivos de protección contra sobrecorriente conectados en el punto en el que los conductores reciben la energía, excepto lo que se permita a continuación.

**Derivaciones no superiores a 3 m de largo.** Se permite conectar conductores en derivación, sin protección contra sobrecorriente en el punto de derivación, a un alimentador o al secundario de un transformador, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

- 1) La longitud de los conductores en derivación no debe ser mayor que 3 m.
- 2) La capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación sea:
  - a. No inferior a la suma de cargas calculadas del circuito alimentado por los conductores en derivación, y
  - b. No inferior a la capacidad nominal del dispositivo alimentado por los conductores en derivación o no menor que la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente en el punto de la terminal de los conductores en derivación.
- 3) Los conductores en derivación no deben ir más allá del tablero de distribución, centro de carga, medio de desconexión o dispositivos de control a los que suministran energía.

Excepto en el punto de conexión con el circuito alimentador, los conductores en derivación van en una canalización que debe ir desde la derivación hasta el envolvente de cualquier tablero de distribución cerrado, tablero de control y alumbrado o hasta la parte posterior de un tablero de distribución abierto.

5) Para instalaciones de campo en las que los conductores en derivación salgan de la envolvente o bóveda en que se hace la derivación, la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente en el lado del suministro de los conductores en derivación, no debe ser superior a 1 000% de la capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación.

**NOTA:** Para tableros de circuitos de alumbrado y aparatos eléctricos véase 384-16(a) y (d).

**c) Derivaciones de alimentadores no superiores a 8 m de largo.** Se permite conectar conductores en derivación, sin protección contra sobrecorriente en el punto de derivación, a un alimentador, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

- 1) La longitud de los conductores en derivación no sea mayor que 8 m.
- 2) La capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación no sea menor que 1/3 de la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador de suministro.
- 3) Los conductores en derivación terminen en un solo interruptor automático o en un solo juego de fusibles que limite la carga a la capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación. Este dispositivo debe permitir instalar cualquier número de dispositivos adicionales de sobrecorriente en el lado de la carga.
- 4) Los conductores en derivación estén debidamente protegidos contra daño físico o en una canalización.

**d) Derivaciones de alimentadores para un transformador (el primario más el secundario no deben medir más de 8 m de largo).** Está permitido conectar conductores en derivación del alimentador del primario de un transformador, sin dispositivo de protección contra sobrecorriente en la derivación, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

La capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación no sea menor que 1/3 de la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador de suministro.

Los conductores que reciben corriente eléctrica del secundario del transformador deben tener una capacidad de conducción de corriente tal que, cuando se multiplica por la relación de transformación del secundario al primario, resulte como mínimo 1/3 de la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente que protege a los conductores de alimentación.

La longitud total del conductor del primario más la del secundario, excluyendo cualquier parte del conductor del primario que esté protegida a su corriente eléctrica nominal, no sea superior a 8 m.

Los conductores del primario y del secundario estén adecuadamente protegidos contra daño físico.

5) Los conductores del secundario terminen en un solo interruptor o en un juego de fusibles que limiten la corriente eléctrica de la carga a un valor no superior a la capacidad de conducción de corriente del conductor permitida en 310-15.

**Derivaciones de más de 7,62 m de largo.** Se permite que conductores de más de 7,62 m de largo se deriven de un alimentador, en plantas industriales, con paredes de más de 10,67 m de alto, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que los sistemas son atendidos únicamente por personas calificadas. Los conductores en derivación sin dispositivo de protección contra sobrecorriente en la derivación, pueden tener no más de 7,62 m en la horizontal y no más de 30,5 m de longitud total, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

La capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación no sea menor que 1/3 de la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador de suministro.

Los conductores en derivación terminen en un solo interruptor automático o un solo juego de fusibles que limite la carga a la capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación. Este dispositivo debe permitir instalar cualquier número de dispositivos adicionales de sobrecorriente en el lado de la carga.

Los conductores de la derivación estén debidamente protegidos contra daño físico o en una canalización.

Los conductores en derivación sean continuos de un extremo a otro, sin empalmes.

Los conductores en derivación sean de tamaño nominal de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) de cobre o de 21,2 mm<sup>2</sup> (4 AWG) de aluminio.

Los conductores en derivación no atraviesen paredes, pisos o techos.

La derivación esté hecha a no menos de 9 m del piso.

**Conexiones en derivación de los circuitos derivados.** Se permite considerar protegidas a las conexiones en derivación a salidas individuales y a los conductores de un circuito que suministre energía a una sola estufa doméstica, por el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado, cuando cumplan los requisitos indicados en 210-19, 210-20 y 210-24.

**Derivaciones de electroductos.** Se permite que los electroductos y derivaciones de electroductos se protejan contra sobrecorriente como se indica en 364-10 a 364-13.

**Derivaciones en circuitos de motores.** Se permite que los conductores en derivación de los alimentadores y de los circuitos derivados de motores sean protegidos contra sobrecorriente como se indica en 430-28 y 430-53, respectivamente.

**Conductores desde las terminales de un generador.** Se permite que los conductores desde las terminales de un generador estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en 445-5.

**Conductores del secundario de un transformador de sistemas derivados separadamente para instalaciones industriales.** Se permite que los conductores estén conectados al secundario de un transformador de un sistema derivado separadamente para instalaciones industriales, sin protección contra sobrecorriente en ese punto, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

La longitud de los conductores en derivación no sea mayor que 8 m.

La capacidad de conducción de los conductores secundarios no debe ser menor que la corriente secundaria del transformador y la suma de los dispositivos de protección contra sobrecorriente no debe exceder la capacidad de conducción de los conductores del secundario del transformador.

Todos los dispositivos de protección contra sobrecorriente estén agrupados.

Los conductores del secundario estén adecuadamente protegidos contra daño físico.

**m) Derivaciones de alimentadores exteriores.** Se permiten hacer conexiones en derivación en exteriores a partir del alimentador o del secundario de un transformador sin protección contra sobrecorriente en el punto de derivación, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

Los conductores estén debidamente protegidos contra daño físico.

Los conductores en derivación terminen en un solo interruptor automático o en un solo juego de fusibles que limite la carga a la capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación. Este dispositivo debe permitir instalar cualquier número de dispositivos adicionales de sobrecorriente en el lado de la carga.

Los conductores de la derivación estén instalados en el exterior, excepto en el punto terminal.

El dispositivo de sobrecorriente de los conductores forme parte integrante de un medio de desconexión o esté situado inmediatamente al mismo.

Los medios de desconexión de los conductores estén instalados en un lugar fácilmente accesible, ya sea fuera del edificio o estructura o en el punto más cercano de entrada de los conductores.

n) **Conductores de acometida.** Se permite que los conductores en derivación de la acometida se protejan con dispositivos de sobrecorriente como se indica en 230-91.

**250-46. Separación de los conductores de bajada de los pararrayos.** Las canalizaciones, envolventes, estructuras y partes metálicas de equipo eléctrico que no transporten normalmente corriente eléctrica, se deben mantener alejadas 1,8 m como mínimo de los conductores de bajada de los electrodos de puesta a tierra de los pararrayos o deben unirse cuando la distancia a los conductores de bajada sea inferior a 1,8 m.

**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 debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

Cuando haya conductores en paralelo en varias canalizaciones o cables, como se permite en 310-4, el conductor de puesta a tierra de equipo, cuando exista, debe estar instalado en paralelo. Cada conductor de puesta a tierra de equipo instalado en paralelo debe tener un tamaño nominal seleccionado sobre la base de la corriente eléctrica nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja los conductores del circuito en la canalización o cable, según la Tabla 250-95.

Cuando el tamaño nominal de los conductores se ajuste para compensar caídas de tensión eléctrica, los conductores de puesta a tierra de equipo, cuando deban instalarse, se deben ajustar proporcionalmente según el área en mm<sup>2</sup> de su sección transversal.

Cuando sólo haya un conductor de puesta a tierra de equipo con varios circuitos en el mismo tubo (conduit) o cable, su tamaño nominal debe seleccionarse de acuerdo con el dispositivo de sobrecorriente de mayor corriente eléctrica nominal de protección de los conductores en el mismo tubo (conduit) o cable.

Si el dispositivo de sobrecorriente consiste en un interruptor automático de disparo instantáneo o un protector de motor contra cortocircuitos, como se permite en 430-52, el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra de equipo se puede seleccionar de acuerdo con la capacidad nominal del dispositivo de protección del motor contra sobrecarga, pero no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

**Excepción 1:** Un conductor de puesta a tierra de equipo no debe ser menor que 0,824 mm<sup>2</sup> (18 AWG) de cobre y no menor que el tamaño nominal de los conductores del circuito y que forme parte de cables de aparatos eléctricos, según se establece en 240-4.

**Excepción 2:** No es necesario que el conductor de puesta a tierra de equipo sea de mayor tamaño nominal que el de los conductores de los alimentadores de equipo.

**Excepción 3:** Cuando se use como conductor de puesta a tierra de equipo un tubo (conduit) o armadura o blindaje de cable, como se establece en 250-51, 250-57(a) y 250-91(b).

**TABLA 250-95.- Tamaño nominal mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos**

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	(A)	Cable de cobre
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)
500	33,6 (2)	53,5 (1/0)
600	42,4 (1)	67,4 (2/0)
800	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
1 000	67,4 (2/0)	107 (4/0)
1 200	85,0 (3/0)	127 (250)
1 600	107 (4/0)	177 (350)
2 000	127 (250)	203 (400)
2 500	177 (350)	304 (600)
3 000	203 (400)	304 (600)
4 000	253 (500)	405 (800)
5 000	354,7 (700)	608 (1 200)
6 000	405 (800)	608 (1 200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)  
**Nota:** Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

**310-15. Capacidad de conducción de corriente para tensiones nominales de 0 a 2 000 V.** Se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante los siguientes incisos (a) o (b).

**NOTA:** Para las capacidades de conducción de corrientes calculadas en esta Sección no se tiene en cuenta la caída de tensión eléctrica. Para los circuitos derivados, véase la Nota 4 de 210-19(a), para los circuitos de alimentación, véase la Nota 2 de 215-2(b).

**Disposiciones generales.** Para la selección del tamaño nominal de los conductores, la capacidad de conducción de corriente de los conductores de 0 a 2 000 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 los incisos (d) a (j) siguientes.

Las Tablas 310-16 a 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. La capacidad de conducción de corriente permanentemente admisible es el resultado de tener en cuenta uno o más de los siguientes factores:

La compatibilidad en temperatura con equipo conectado, sobre todo en los puntos de conexión.

La coordinación con los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito y de la instalación.

El cumplimiento de los requisitos del producto de acuerdo con su norma específica correspondiente. A este respecto véase 110-3.

El cumplimiento de las normas de seguridad establecidas por las prácticas industriales y procedimientos normalizados.

**Selección de la capacidad de conducción de corriente.** Cuando se calculan diferentes capacidades de conducción de corriente que se pudieran aplicar para un circuito de longitud dada, se debe tomar la de menor valor.

**Excepción:** Cuando se aplican dos valores de capacidad de conducción de corriente a partes adyacentes de un circuito, se permite utilizar la de mayor capacidad más allá del punto de transición, a la distancia de 3 m o 10% de la longitud del circuito, la distancia que sea menor.

**NOTA:** Para los límites de temperatura de los conductores según su conexión a los puntos terminales, véase 110-14©.

**924- Circuitos de alimentación y acometidas a unidades de vivienda a 120/240 V, tres hilos.** Para unidades de vivienda, se permite utilizar los conductores de la tabla 310-15(d) como conductores de entrada de acometida monofásica a 120/240 V, tres hilos, conductores de acometida subterránea y conductores del alimentador que sirve como principal fuente de alimentación de la unidad de vivienda y vayan instalados en canalizaciones o cables con o sin conductor de puesta a tierra de los equipos. Para la aplicación de esta Sección, el(los) alimentador(es) principal(es) debe(n) ser el(los) alimentador(es) entre el interruptor principal y el tablero de alumbrado y carga y no se exige que los alimentadores a una unidad de vivienda sean de mayor tamaño nominal a los de la entrada de acometida. Se permite que el conductor puesto a tierra sea de

menor tamaño nominal que los conductores de fase, siempre que se cumplan los requisitos indicados en 215-2, 220-22 y 230-42.

**320-13. Entrada de los conductores en lugares donde pueda haber agua, humedad o vapores corrosivos.** Cuando los conductores entren o salgan en lugares donde pueda haber agua, humedad o vapores corrosivos, se debe hacer en ellos una curva de goteo y después pasarlos en dirección hacia arriba y hacia dentro o desde el lugar húmedo, mojado o corrosivo a través de tubos aislantes no combustibles y no absorbentes.

**345-11. Curvas. Número de curvas en un tramo.** Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total).

**351-30. Curvas. Número de curvas en un tramo.** Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total). Las curvas en el tubo (conduit) deben hacerse de modo que el tubo (conduit) no se dañe y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) de cualquier curva hecha en obra, no debe ser inferior al indicado en la Tabla 346-10.

**354-6. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones se deben hacer únicamente en cajas de empalme.

Para los fines de esta Sección, el alambrado tipo anillo (conductores continuos no seccionados que conectan varios receptáculos individuales) no se consideran empalmes ni derivaciones.

**Excepción:** Se permiten empalmes y derivaciones en canalizaciones de tipo zanja a nivel con el piso, que tengan tapa removible y sean accesibles después de la instalación. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal interior de la canalización en ese punto.

**370-25. Tapas sencillas y ornamentales.** En las instalaciones una vez terminadas, todas las cajas deben tener una tapa, una placa de cierre o una tapa ornamental.

**384-18. Envolvertes.** Los tableros de alumbrado y control deben instalarse en gabinetes, cajas para cortacircuitos o envolventes diseñadas para ese uso, debiendo ser de frente muerto.

#### **410-4. Luminarios en lugares específicos**

**En lugares húmedos y mojados.** La instalación de luminarios en lugares húmedos o mojados debe hacerse de modo que no entre ni se acumule agua en el compartimiento de alambrado, portalámparas u otras partes eléctricas. Todos los luminarios instalados en lugares húmedos o mojados deben llevar el marcado "Uso exterior".

Respecto al requisito anterior, se consideran lugares mojados las instalaciones subterráneas en registros o trincheras de concreto o de mampostería en contacto directo con la tierra y los locales sujetos a saturación de agua u otros líquidos, como los expuestos a la intemperie y las zonas de lavado de vehículos sin proteger y otros similares.

Respecto del requisito anterior, se consideran lugares húmedos los locales protegidos de la intemperie pero expuestos a un grado moderado de humedad, como algunos sótanos, graneros, almacenes frigoríficos y similares, y las partes parcialmente protegidas bajo marquesinas, portales techados y similares.

**410-49. Portalámparas en lugares húmedos o mojados.** Los portalámparas instalados en lugares húmedos o mojados deben ser tipo intemperie.

**430-22. Un solo motor**

**924- General.** Los conductores del circuito derivado para suministrar energía eléctrica a un solo motor, deben tener capacidad de conducción de corriente no menor que 125% de la corriente eléctrica nominal (de plena carga).

Para un motor de varias velocidades, los conductores del circuito derivado de alimentación al controlador, deben seleccionarse tomando como base la corriente eléctrica nominal más alta indicada en la placa del motor; para seleccionar los conductores en el circuito derivado entre el equipo de control y el motor, debe tomarse como base la corriente eléctrica nominal de los devanados que los conductores energizan.

**Excepción 1:** Para motores de corriente continua (c.c.) con una fuente de poder de rectificación monofásica, los conductores entre el control y el motor deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que los siguientes por cientos de la corriente eléctrica nominal del motor a plena carga:

- a. Cuando se usa un rectificador monofásico de media onda, 190%.
- b. Cuando se usa un rectificador monofásico de onda completa, 150%.

**Excepción 2:** Los conductores de circuitos de alimentación de equipos convertidores incluidos como parte de un sistema de control de velocidad ajustable, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que 125% la capacidad nominal de entrada del equipo convertidor.

Para motores con arranque en estrella, conectados para funcionar en delta, la selección de los conductores de circuitos derivados en el lado de la línea del controlador debe basarse en la corriente eléctrica a plena carga. La selección de conductores entre el controlador y el motor debe basarse en un 58% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.

**Servicio no continuo.** Los conductores que alimenten un motor que se utilice por corto tiempo, en forma intermitente, periódica o haciendo variar su carga, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la indicada en la Tabla 430-22 (b), a menos que sea autorizado el utilizar un conductor de tamaño nominal menor.

**924- Envoltentes de terminales separadas.** Los conductores entre un motor estacionario de potencia nominal de 746 W (1 CP) o menor y con envoltente de terminales separada, como se permite en 430-145 (b), pueden ser menores al tamaño nominal de 2,08 mm<sup>2</sup> (14 AWG), pero nunca menor que 0,824 mm<sup>2</sup> (18 AWG), siempre y cuando el conductor seleccionado tenga la capacidad de conducción de corriente especificada en el inciso a), arriba indicado.

#### **430-52. Capacidad nominal o ajuste para los circuitos de un solo motor**

**General.** El dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas de tierra de circuitos derivados para motores, debe cumplir con (b) y con (c) o (d) cuando sean aplicables.

**Todos los motores.** La protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra debe ser capaz de soportar la corriente eléctrica de arranque del motor.

##### **Capacidad nominal o ajuste.**

Debe utilizarse un dispositivo de protección, con una capacidad nominal o ajuste, seleccionado de tal forma que no exceda los valores dados en la Tabla 430-152.

**Excepción 1:** Cuando los valores determinados por la Tabla 430-152 para los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla de tierra no correspondan a los tamaños o capacidades nominales de los fusibles, interruptores automáticos no ajustables o dispositivos térmicos de protección o posibles ajustes de interruptores automáticos, se permite el tamaño, capacidad o ajuste inmediato superior.

**Excepción 2:** Cuando los valores especificados por la Tabla 430-152 no son suficientes para la corriente eléctrica de arranque de motor:

**a.** La capacidad nominal de un fusible del tipo sin retardo y no mayor que 600 A puede aumentarse, pero en ningún caso debe exceder 400% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.

**b.** La capacidad nominal de un fusible con retardo de tiempo (doble elemento) puede ser aumentada, pero en ningún caso debe exceder de 225% de la corriente eléctrica a plena carga.

**c.** El ajuste de un interruptor automático de tiempo inverso puede aumentarse, pero en ningún caso debe excederse (1) 400% de la corriente eléctrica a plena carga del motor de 100 A o menos o (2) 300% para corriente eléctrica a plena carga de 100 A o mayor.

d. La capacidad nominal de un fusible clasificado entre 601 A a 6 000 A puede ser aumentada, pero en ningún caso debe exceder el 300% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.

**NOTA:** Véase 240-6 para capacidades nominales de fusibles o interruptores automáticos.

2) Cuando la capacidad nominal del dispositivo de protección de un circuito derivado contra cortocircuitos y fallas a tierra esté indicada en una tabla de protecciones contra sobrecarga de un fabricante, para ser usada con un controlador de motor o esté marcada en el equipo, estos valores de capacidad no deben ser excedidos, aun cuando sean permitidos mayores valores en las disposiciones anteriores.

3) Sólo se permite utilizar un interruptor automático de disparo instantáneo si es ajustable y forma parte de una combinación aprobada y listada de motor y controlador con protección coordinada del motor contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra en cada conductor, y si el valor de disparo se ajusta para que no supere lo especificado en la Tabla 430-152. Se permite un protector del motor contra cortocircuitos en lugar de los dispositivos de la Tabla 430-152, si ese protector forma parte de una combinación aprobada y listada de motor y controlador con protección coordinada del motor contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra en cada conductor que abra el circuito cuando la corriente eléctrica supere 1 300% de la nominal a plena carga.

**NOTA:** Para los fines de este Artículo, los interruptores automáticos de disparo instantáneo pueden incorporar un medio para permitir la corriente transitoria del motor, para evitar los inconvenientes del disparo del interruptor automático.

**Excepción 1:** Cuando el valor especificado en la Tabla 430-152 no sea suficiente para la corriente eléctrica de arranque del motor, se permite aumentar el valor de disparo instantáneo del interruptor automático pero sin que en ningún caso supere 1 300% de la corriente eléctrica del motor a plena carga para motores distintos de los del diseño E, ni 1 700% para los motores para diseño E. Se permite que el valor de disparo de los interruptores automáticos sea superior a 800% para motores distintos de los de diseño E y superior a 1 100% para los motores diseño E, cuando esos valores sean necesarios según se demuestre con una evaluación de ingeniería. En tales casos no será necesario aplicar primeramente la restricción de disparo a 800% o a 1 100%.

**Excepción 2:** Cuando la intensidad del motor a plena carga sea de 8 A o menos se permite aumentar hasta el valor marcado en el controlador el valor de disparo instantáneo del interruptor automático con una capacidad nominal continua de 15 A o menos en una combinación aprobada y listada del motor y del controlador que ofrezca protección coordinada del circuito derivado del motor contra sobrecargas y cortocircuitos y fallas a tierra.

4) En motores de varias velocidades se permite instalar un solo dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra para dos o más de los devanados del motor, siempre que el valor nominal del dispositivo de protección no supere los por cientos anteriores sobre la capacidad nominal del devanado protegido más pequeño, según la placa de datos.

**Excepción:** En un motor de varias velocidades se permite utilizar un solo dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra, de valor nominal según la capacidad a plena carga del devanado de mayor intensidad, si cada devanado está equipado con protección individual contra sobrecargas de valor nominal de acuerdo con la capacidad a plena carga y si los conductores del circuito derivado que suministran energía a cada devanado, son de una intensidad nominal acorde con la capacidad a plena carga del devanado de mayor capacidad a plena carga.

5) En los sistemas de controladores de motores de estado sólido electrónicos, se permite utilizar fusibles adecuados en lugar de los dispositivos de la Tabla 430-152, siempre que al lado de los fusibles se marque claramente el valor nominal de los fusibles de repuesto.

d) **Motores de alto par.** Los circuitos para los motores de alto par deben protegerse a la capacidad nominal que aparezca en la placa de datos del motor, según lo indicado en 240-3(b).

**Tabla 430-150.- Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de c.a.**

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga son típicos para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden requerir corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples deben tener una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos. Las tensiones eléctricas listadas son nominales de motores. Las corrientes listadas deben usarse para sistemas de tensiones eléctricas nominales de 110 V hasta 120 V, 220 V hasta 240 V, 440 V hasta 480 V y 550 V hasta 600 V.

kW	CP	Motor de inducción Jaula de ardilla y rotor devanado, en amperes (A)						Motor síncrono, con factor de potencia unitario, en amperes (A)				
		V										
		115	200	208	230	460	575	2 300	230	460	575	2 300
0,37	1/2	4,4	2,5	2,4	2,2	1,1	0,9					
0,56	3/4	6,4	3,7	3,5	3,2	1,6	1,3					
0,75	1	8,4	4,8	4,6	4,2	2,1	1,7					
1,12	1-½	12,0	6,9	6,6	6,0	3,0	2,4					
1,50	2	13,6	7,8	7,5	6,8	3,4	2,7					
2,25	3		11,0	10,6	9,6	4,8	3,9					
3,75	5		17,5	16,7	15,2	7,6	6,1					
5,60	7-½		25,3	24,2	22	11	9					
7,46	10		32,2	30,8	28	14	11					
11,2	15		48,3	46,2	42	21	17					
14,9	20		62,1	59,4	54	27	22		53	26	21	
18,7	25		78,2	74,8	68	34	27					
22,4	30		92	88	80	40	32		63	32	26	
29,8	40		120	114	104	52	41		83	41	33	
37,3	50		150	143	130	65	52		104	52	42	
44,8	60		177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
56,0	75		221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75,0	100		285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93,0	125		359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
111,9	150		414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
149	200		552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
187	250					302	242	60				
224	300					361	289	72				
261	350					414	336	83				
298	400					477	382	95				
336	450					515	412	103				
373	500					590	472	118				

Para factor de potencia de 90% y 80%, las cantidades anteriores deben multiplicarse por 1,1 y 1,25, respectivamente.

### 695-1. Alcance

a) **Alcance.** Este Artículo cubre la instalación de:

- 1) Las fuentes de energía de suministro y circuitos de conexión para las bombas, y
- 2) Equipo de interrupción y control de los motores de las bombas.

b) **Exclusiones.** Este Artículo no cubre:

- 1) El funcionamiento, mantenimiento y pruebas de aceptación de las instalaciones de bombas contra incendios, ni de las conexiones internas de los componentes de dichas instalaciones.
- 2) Bombas de mantenimiento de presión (auxiliares o de cebado).

**695-2. Otros Artículos.** La instalación de los cables y equipos para bombas contra incendios debe cumplir lo establecido en los Capítulos 1 a 4 de esta norma.

**NOTA:** Véase 240-3 a).

**Excepción:** Las que se permitan en este Artículo.

**695-3. Fuentes de suministro de los motores de bombas contra incendios**

a) La corriente eléctrica debe llegar a los motores eléctricos de bombas contra incendios a través de uno o más de los siguientes medios:

1) **Acometida.** Cuando el motor reciba energía desde una acometida, debe estar situado e instalado de modo que se reduzcan al mínimo los riesgos de daño por los incendios producidos en el interior del edificio o por otros riesgos.

2) **Generadores internos.** Cuando el motor reciba energía de generadores instalados en el edificio, éstos deben estar protegidos de modo que se reduzcan al mínimo los riesgos de daños por los incendios producidos.

b) Si el motor recibe la energía de otra acometida o de una conexión situada en un punto anterior al medio de desconexión de la acometida, la instalación debe cumplir lo siguiente:

1) Excepción 1 de 230-2.

2) 230-72(b).

3) Excepción 5 de 230-82.

Cuando el motor reciba corriente eléctrica de una conexión situada en un punto anterior al medio de desconexión de la acometida, dicha conexión no debe estar situada en el mismo compartimento en el que esté instalado el medio de desconexión.

**924.** Los conductores de conexión deben conectar directamente la fuente de suministro a un controlador aprobado para bombas contra incendios.

**Excepción 1:** Se permite instalar un medio de desconexión y uno o más dispositivos de protección contra sobrecorriente entre la fuente de suministro y el controlador aprobado. Dicho medio de desconexión y dispositivo o dispositivos de sobrecorriente deben cumplir los siguientes requisitos:

Los dispositivos de sobrecorriente se deben elegir o programar de modo que soporten indefinidamente la suma de las corrientes eléctricas a rotor bloqueado, de todos los motores de las bombas contra incendios y de las bombas auxiliares, más la capacidad de corriente eléctrica a plena carga de todos los accesorios eléctricos de las bombas que estén conectados a dicha fuente de suministro.

**NOTA:** Véase 240-3 a).

b. Los medios de desconexión deben estar aprobados como adecuados para su uso como equipo de la acometida y se deben poder bloquear en posición cerrada.

c. En la parte exterior del medio de desconexión se debe instalar una placa con el mensaje “Medio de desconexión de la bomba contra incendios”, en letras de 2,5 cm de alto como mínimo.

d. Al lado del controlador de la bomba contra incendios se debe instalar otra placa que indique la posición del medio de desconexión y lugar de la llave, si el medio la requiere.

e. El medio de desconexión se debe poder supervisar en posición cerrada por uno de los medios siguientes:

1. Por medio de un dispositivo de señales conectado a un puesto central, un puesto remoto o de otro tipo especial.

2. Por medio de un sistema de señales que avise a través de una señal sonora producida en un lugar con vigilancia constante.

3. Bloqueándolo en su posición cerrada.

4. Cuando el medio de desconexión esté situado en locales cercados o en edificios supervisados por el propietario, instalando una forma de sellado en el medio de desconexión e inspeccionándolo semanalmente.

**Excepción 2:** Cuando la tensión eléctrica de suministro sea distinta a la del motor de la bomba, se debe instalar un transformador que cumpla los requisitos indicados en 695-5 y un medio de desconexión y uno o varios dispositivos de protección contra sobrecorriente que cumplan los requisitos de la Excepción 1 anterior.

#### **695-4. Bombas contra incendios con varias fuentes de suministro**

**a) Varias fuentes de suministro.** Cuando no sea posible disponer de una fuente de suministro eléctrico confiable según se establece en 695-3(a), esto se debe conseguir por medio de:

(1) la combinación de dos o más de los medios anteriormente descritos, o

(2) con uno o más de esos medios y un grupo generador en el sitio. Las fuentes de suministro se deben conectar de modo que un incendio en una de ellas no impida que funcionen las demás.

**b) Conexión directa.** Los conductores de suministro deben conectar directamente las fuentes de suministro a una combinación aprobada de controlador de bomba y desconectador de transferencia o a un medio de desconexión y a uno o más dispositivos de protección contra sobrecorriente que cumplan los requisitos indicados en la Excepción 1 de 695-3©.

**Excepción:** Cuando una de las fuentes alternativas de suministro sea un grupo generador instalado en el edificio, el medio de desconexión y los dispositivos de sobrecorriente de dichos conductores se deben elegir o programar para que permitan la transferencia instantánea y el funcionamiento de todos los motores de las bombas.

#### 695-7. Ubicación del equipo

**a) Ubicación de los controladores y del desconectador de transferencia.** Los controladores de los motores eléctricos de las bombas y de los desconectadores de transferencia, deben estar situados lo más cerca posible de los motores que controlan y a la vista de ellos.

**b) Ubicación de los controladores de otros motores.** Los controladores de los demás motores eléctricos deben estar situados lo más cerca posible de los motores que controlan y a la vista de ellos.

**c) Almacenamiento de baterías.** Las baterías de los motores diesel deben estar en un estante sobre el suelo, o bien sujetas y situadas donde no estén expuestas a temperatura excesiva, vibraciones, daño mecánico o al agua.

**d) Partes energizadas de equipo.** Todas las partes de equipo que puedan estar energizadas deben estar situadas a 30 cm como mínimo sobre el nivel del suelo.

**e) Controladores y desconectadores de transferencia.** Los controladores de motores y los desconectadores de transferencia deben estar situados o protegidos para que no les llegue el agua procedente de las bombas o de sus conexiones.

**f) Equipo de mando.** Todos los equipos de control de las bombas contra incendios deben estar sujetos a estructuras de material no combustible.

#### 695-8. Alambrado

**924-. Conductores de suministro.** Los conductores de suministro deben instalarse por la parte exterior de las construcciones y tratarse como conductores de la acometida, de acuerdo con las disposiciones del Artículo 230 de esta norma. Cuando no puedan instalarse por fuera del edificio, se permite instalarlos por dentro, siempre que estén enterrados o encerrados bajo concreto de un espesor mínimo de 50 mm, como lo establece el Artículo 230.

**Excepción 1:** Se permite que los conductores de suministro de las bombas contra incendios a los que se refiere la Excepción 1 de 695-3©, pasen a través del edificio si están conectados a sistemas de protección aprobados con clasificación a prueba de flama de una hora como mínimo. Esas instalaciones deben cumplir las limitaciones establecidas para la aprobación de dichos sistemas.

**Excepción 2:** Los conductores de suministro que haya en el cuarto de distribución del que se deriven y el cuarto de máquinas de las bombas.

**b) Métodos de alambrado.** Todos los cables que vayan desde los controladores de los motores de las bombas hasta dichos motores, deben instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, metálico flexible a prueba de líquidos o ser cables de Tipo MI.

**c) Conductores.** Los conductores deben estar protegidos solamente contra cortocircuito según se permita o exija en lo siguiente:

1) Excepción 4 de 230-90(a)

2) Excepción de 230-94

3) Excepción 2 de 230-95

4) Sección 230-208.

5) Sección 240-3(a).

6) Excepción 2 de 240-13

7) Sección 430-31.

8) Excepción 4 de 430-72(b)

9) Excepción 5 de 430-72©.

**Excepción:** Los conductores entre las baterías y el motor.

**d) Controladores de las bombas contra incendios.** Los controladores de las bombas contra incendios no se deben usar como cajas de empalmes para conectar a otro equipo. Tampoco se deben conectar a los controladores de las bombas contra incendios, los conductores de suministro de las bombas auxiliares.

**e) Tensión eléctrica en las terminales de la red.** Cuando se pongan en marcha los motores, la tensión eléctrica de las terminales de la red en el control no debe caer más de 15% por debajo de su valor normal (tensión eléctrica nominal del controlador). Cuando el motor funcione a 115% de su corriente eléctrica a plena carga, la tensión eléctrica en las terminales del motor no debe caer más de 5% de la tensión eléctrica nominal del motor.

**Excepción:** Esta limitación no se aplica a la puesta en marcha de emergencia por medios mecánicos.

**f) Requisitos de alambrado.** Todos los cables entre los controladores de los motores y las baterías, se deben instalar siguiendo las instrucciones del fabricante del motor y del controlador. Estos cables deben protegerse contra daño físico.

**800-13. Separación de los conductores de bajada de pararrayos.** Se debe mantener una distancia de seguridad mínima de 1,8 m entre los conductores visibles de sistemas de comunicación y los conductores de bajada de los pararrayos.

**921-12. Separación de conductores de puesta a tierra**

a) Los conductores de puesta a tierra para equipo y circuitos de las clases indicadas a continuación, deben correr separadamente hasta sus propios electrodos. Excepto como lo permite el inciso (b) siguiente.

1) Apartarrayos de circuitos de más de 600 V y armazones de equipo que opere a más de 600 V.

2) Circuitos de alumbrado y fuerza hasta 600 V.

3) Puntas de pararrayos (protección contra descargas atmosféricas), a menos que estén conectadas a una estructura metálica puesta a tierra.

Como alternativa, los conductores de puesta a tierra pueden correr separadamente hasta una barra colectora de tierra o un cable de puesta a tierra del sistema, que esté conectado a tierra en varios lugares.

b) Los circuitos primario y secundario que utilicen un conductor neutro común, deben tener cuando menos una conexión de puesta a tierra por cada 400 m de línea, sin incluir las conexiones de puesta a tierra en los servicios de usuarios.

c) Cuando se usen electrodos independientes para sistemas independientes, deben emplearse conductores de puesta a tierra separados. Si se usan electrodos múltiples para reducir la resistencia a tierra, éstos pueden unirse entre sí y conectarse a un solo conductor de puesta a tierra.

d) Los electrodos artificiales para apartarrayos de sistemas eléctricos no conectados a tierra, que operen a tensiones eléctricas superiores a 15 Kv entre

**921-25. Características del sistema de tierra.** Las características de los sistemas de tierra deben cumplir con lo aplicable del Artículo 250.

**NOTA:** Para definir un método adecuado para calcular el sistema de puesta a tierra, como el cálculo para sistemas de tierras en plantas y subestaciones, véase el Apéndice B1 (NRF-011-CFE-2002).

**924- Disposición física.** El cable que forme el perímetro exterior del sistema, debe ser continuo de manera que encierre el área en que se encuentra el equipo de la subestación.

En subestaciones tipo pedestal, de conexión estrella-estrella, se requiere que el sistema de tierra quede confinado dentro del área que proyecta el equipo sobre el suelo.

La resistencia del sistema a tierra total debe cumplir con los valores indicados en el inciso (b) de esta sección.

**924-. Resistencia a tierra del sistema.** La resistencia eléctrica total del sistema de tierra incluyendo todos los elementos que lo forman, deben conservarse en un valor menor que lo indicado en la tabla siguiente:

Resistencia ( $\Omega$ )	Tensión eléctrica máxima (kV)	Capacidad máxima del transformador (kVA)
5	mayor que 34,5	mayor que 250
10	34,5	mayor que 250
25	34,5	250

Deben efectuarse pruebas periódicamente durante la operación en los registros para comprobar que los valores del sistema de tierra se ajustan a los valores de diseño; asimismo, para comprobar que se conservan las condiciones originales, a través del tiempo y de preferencia en época de estiaje.

**924-. Sistemas con transformador.** Cuando se requiera de un transformador para obtener la referencia a tierra aplicar lo indicado en 450-5.

**921-26. Puesta a tierra de cercas metálicas.** Las cercas metálicas pueden ocupar una posición sobre la periferia del sistema de tierra. Debido a que los gradientes de potencial son más altos, se deben tomar las medidas siguientes:

- a) Si la cerca se coloca dentro de la zona correspondiente a la malla, debe ser puesta a tierra.
- b) Si la cerca se encuentra fuera de la zona correspondiente a la malla debe colocarse por lo menos a 2 m del límite de la malla.

**924-5. Instalación de alumbrado.** Los niveles de iluminación mínima sobre la superficie de trabajo, para locales o espacios, se muestran en la Tabla 924-5, véase adicionalmente lo indicado en 110-34(d).

TABLA 924-5.- Niveles mínimos de iluminancia requeridos

Tipo de lugar:	Iluminancia (lx)
Frente de tableros de control con instrumentos, diversos e interruptores, etc.	270
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros "dúplex"	55
Pupitres de distribución o de trabajo	270
Cuarto de baterías	110
Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)	55
Alumbrado de emergencia, en cualquier área	11
Áreas de maniobra	160
Áreas de tránsito de personal y vehículos	110
General	22

**Excepción 1:** No se requiere iluminación permanente en celdas de desconectores y pequeños espacios similares ocupados por aparatos eléctricos.

**Excepción 2:** Las subestaciones de usuarios de tipo poste o pedestal quedan excluidas de los requerimientos a que se refiere esta Sección y pueden considerarse iluminadas con el alumbrado existente para otras áreas adyacentes.

**924-. Receptáculos y unidades de alumbrado.** Los receptáculos para conectar aparatos portátiles deben situarse de manera que, al ser utilizados, no se acerquen en forma peligrosa a cordones flexibles o a partes vivas.

Las unidades de alumbrado deben situarse de manera que puedan ser controladas, repuestas y limpiada desde lugares de acceso seguro. No deben instalarse usando conductores que cuelguen libremente y que puedan moverse de modo que hagan contacto con partes vivas de equipo eléctrico.

**b) Circuito independiente.** En subestaciones, el circuito para alumbrado y receptáculos debe alimentar exclusivamente estas cargas y tener protección adecuada contra sobrecorriente independiente de los otros circuitos.

**c) Control de alumbrado.** Con objeto de reducir el consumo de energía y facilitar la visualización de fallas en el área de equipos, barras y líneas, el alumbrado debe permanecer al mínimo valor posible, excepto en los momentos de maniobras.

**d) Eficiencia.** Para optimizar el uso de la energía, se recomienda proporcionar mantenimiento e inspeccionar los luminarios y sus conexiones.

**e)** Debe colocarse en el local, cuando menos, una lámpara para alumbrado de emergencia por cada puerta de salida del local.

#### 924-6. Pisos, barreras y escaleras

**924-. Pisos.** En las subestaciones los pisos deben ser planos, firmes y con superficie antiderrapante, se debe evitar que haya obstáculos en los mismos. Los huecos, registros y trincheras deben tener tapas adecuadas.

El piso debe tener una pendiente (se recomienda una mínima de 2,5%) hacia las coladeras del drenaje.

**b) Barreras.** Todos los huecos en el piso que no tengan tapas o cubiertas adecuadas y las plataformas de más de 50 cm de altura, deben estar provistos de barreras, de 1,20 m de altura, como mínimo. En lugares donde se interrumpa una barrera junto a un espacio de trabajo, para dar acceso a una escalera, debe colocarse otro tipo de barrera (reja, cadena).

**c) Escaleras.** Las escaleras que tengan cuatro o más escalones deben tener pasamanos. Las escaleras con menos de cuatro escalones deben distinguirse convenientemente del área adyacente, con pintura de color diferente u otro medio. No deben usarse escaleras tipo “marino”, excepto en bóvedas.

**924-7. Accesos y salidas.** Los locales y cada espacio de trabajo deben tener un acceso y salida libre de obstáculos.

Si la forma del local, la disposición y características del equipo en caso de un accidente pueden obstruir o hacer inaccesible la salida, el área debe estar iluminada y debe proveerse un segundo acceso y salida, indicando una ruta de evacuación.

La puerta de acceso y salida de un local debe abrir hacia afuera y estar provista de un seguro que permita su apertura, desde adentro. En subestaciones interiores, cuando no exista espacio suficiente para que el local cuente con puerta de abatimiento, se permite el uso de puertas corredizas, siempre que éstas tengan claramente marcado su sentido de apertura y se mantengan abiertas mientras haya personas dentro del local.

La puerta debe tener fijo en la parte exterior y en forma completamente visible, un aviso con la leyenda: “PELIGRO ALTA TENSION ELECTRICA”

**924-8. Protección contra incendio.** Independientemente de los requisitos y recomendaciones que se fijen en esta Sección, debe cumplirse la reglamentación en materia de prevención de incendios.

**924-. Extintores.** Deben colocarse extintores, tantos como sean necesarios en lugares convenientes y claramente marcados, situando dos, cuando menos, en puntos cercanos a la entrada de las subestaciones.

Para esta aplicación se permiten extintores de polvo químico seco.

Los extintores deben revisarse periódicamente para que estén permanentemente en condiciones de operación y no deben estar sujetos a cambios de temperatura mayores que los indicados por el fabricante.

En las subestaciones de tipo abierto o pedestal instalados en redes de distribución no se requiere colocar extintores de incendio.

**b) Sistemas integrados.** En tensiones eléctricas mayores de 69 Kv, se recomienda el uso de sistemas de protección contra incendio tipo fijo que operen automáticamente por medio de detectores de fuego que, al mismo tiempo, accionen alarmas.

**c) Contenedores para aceite.** En el equipo que contenga aceite, se deben tomar alguna o algunas de las siguientes medidas:

1) Proveer medios adecuados para confinar, recoger y almacenar el aceite que pudiera escaparse del equipo, mediante recipientes o depósitos independientes del sistema de drenaje. Para transformadores mayores que 1 000 kVA, el confinamiento debe ser para una capacidad de 20% de la capacidad del equipo y cuando la subestación tiene más de un transformador, una fosa colectora equivalente al 100% del equipo de mayor capacidad.

2) Construir muros divisorios, de tabique o concreto, entre transformadores y entre éstos y otras instalaciones vecinas, cuando el equipo opere a tensiones eléctricas iguales o mayores a 69 Kv.

3) Separar los equipos en aceite con respecto a otros aparatos, por medio de barreras incombustibles, o bien por una distancia suficiente para evitar la proyección de aceite incendiado de un equipo hacia los otros aparatos.

#### **924-9. Localización y accesibilidad**

a) Los tableros deben colocarse donde el operador no esté expuesto a daños por la proximidad de partes vivas o partes de maquinaria o equipo en movimiento.

b) No debe haber materiales combustibles en la cercanía.

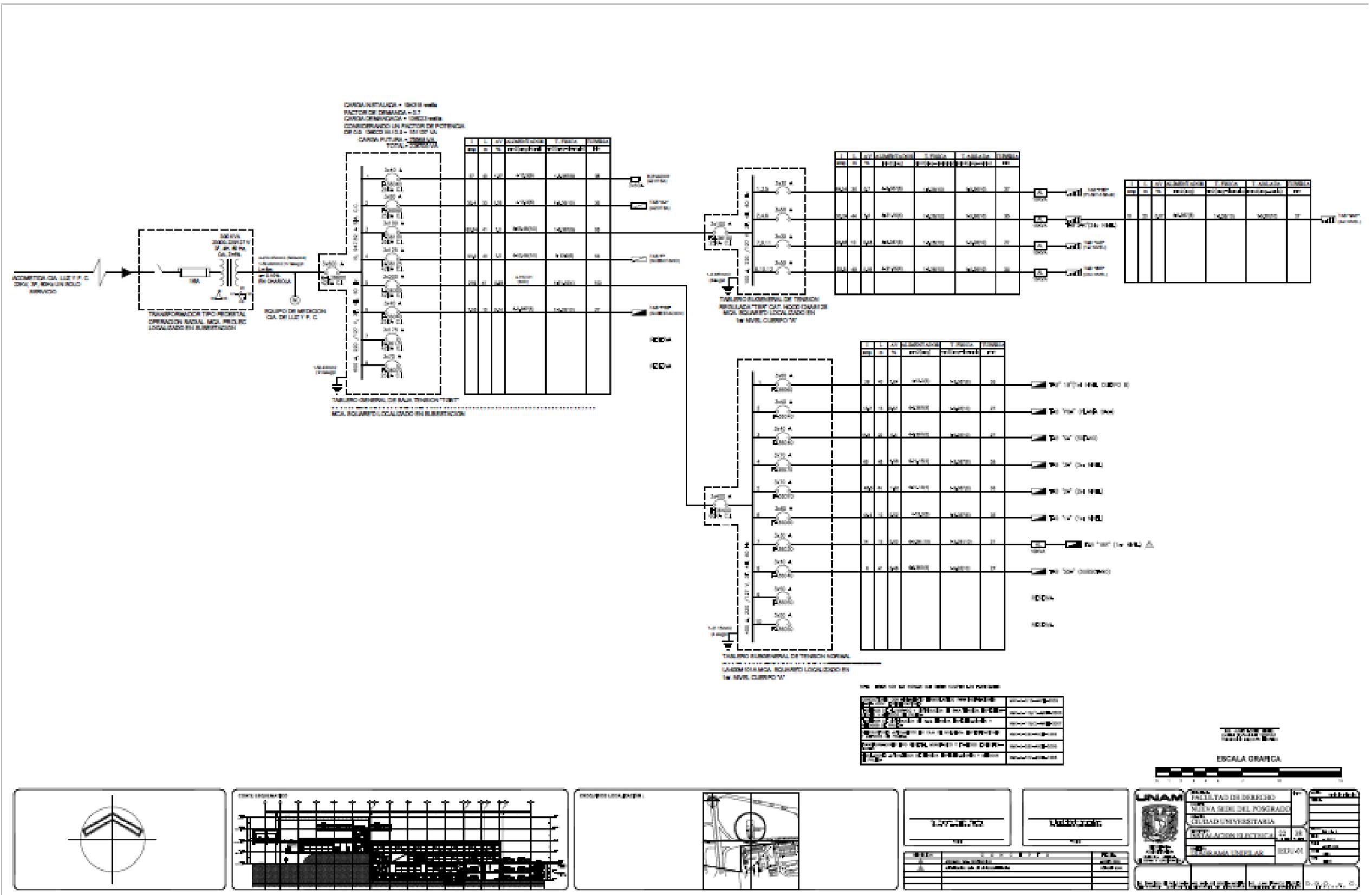
c) El espacio alrededor de los tableros debe conservarse despejado y no usarse para almacenar materiales, de acuerdo con lo indicado en 110-34.

d) El equipo de interruptores debe estar dispuesto de forma que los medios de control sean accesibles al operador.

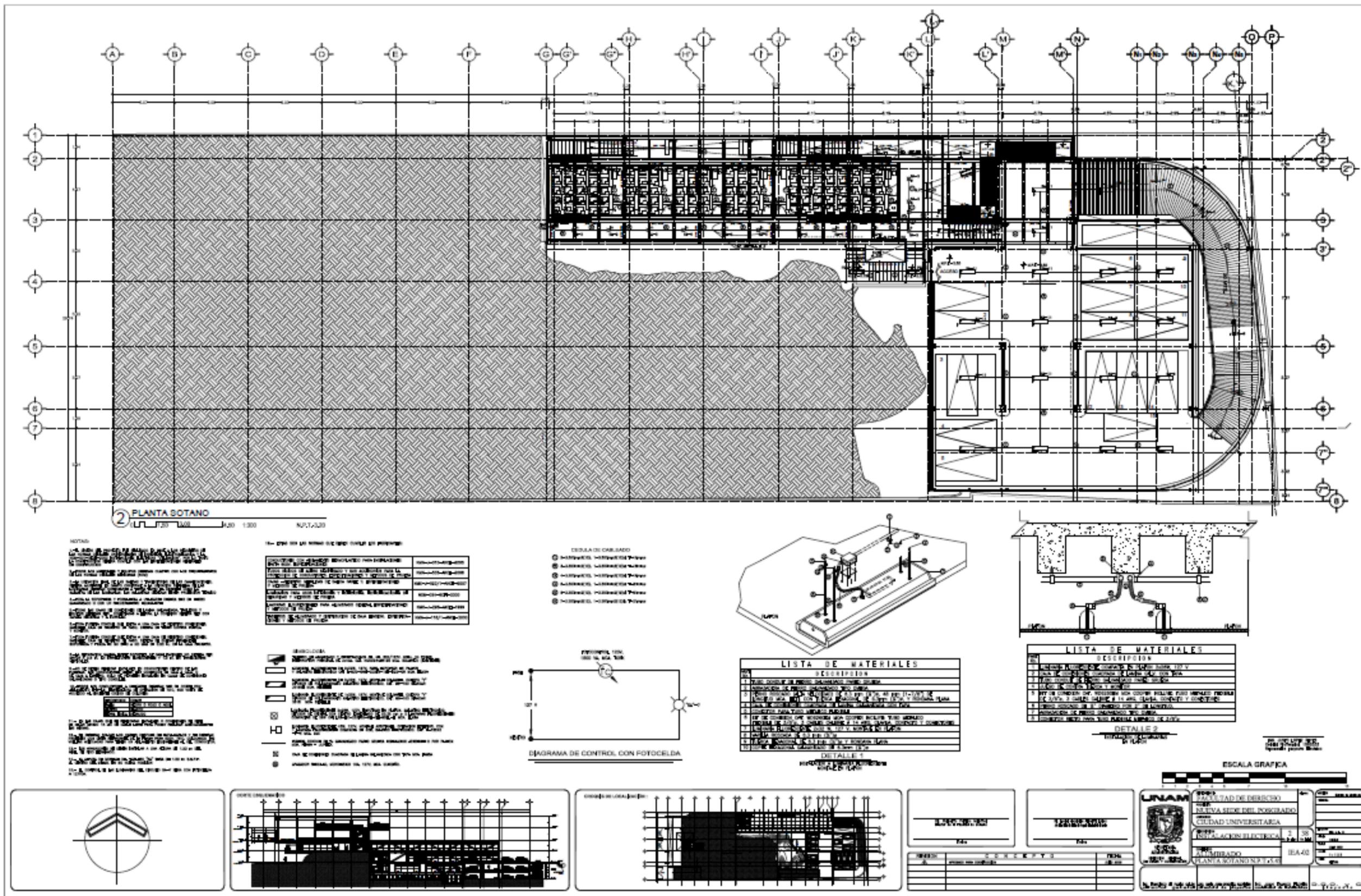
**924-10. Dispositivo general de protección contra sobrecorriente.** Toda subestación debe tener en el lado primario un dispositivo general de protección contra sobrecorriente para la tensión eléctrica y corriente del servicio, referentes a la corriente de interrupción y a la capacidad nominal o ajuste de disparo, respectivamente (ver 230-206).

## APÉNDICE C

### PLANOS POSGRADO DE DERECHO

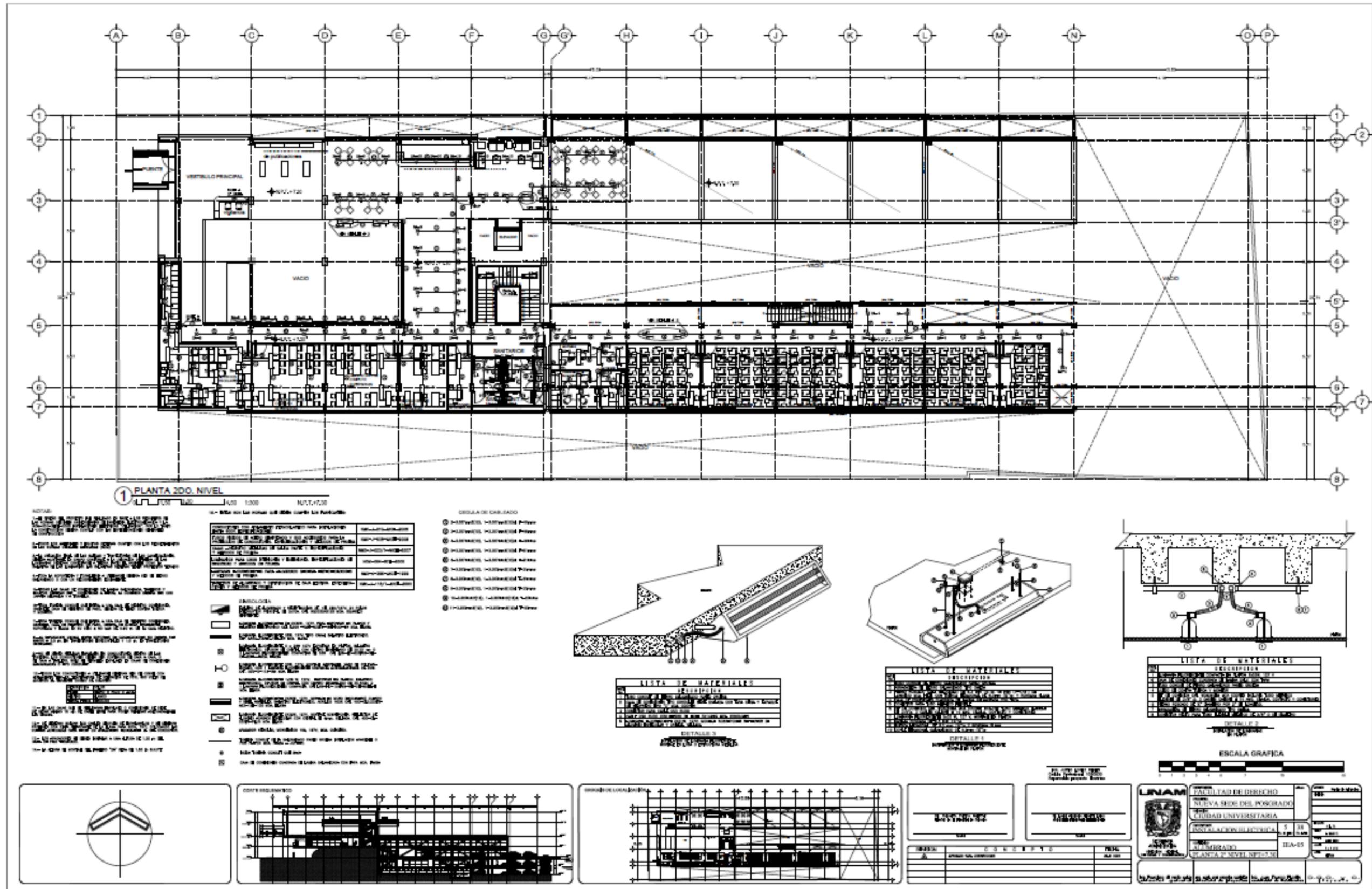












**2 PLANTA 3ER NIVEL**  
Escala: 1/400

**NOTAS:**

- 1. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 2. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 3. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 4. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 5. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 6. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 7. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 8. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 9. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 10. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 11. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 12. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 13. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 14. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 15. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 16. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 17. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 18. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 19. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.
- 20. EL AREA DE PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION Y EN LOS PASADIZOS DEBEN SER A LA ESCALA DE 1/100 PARA SU CONSTRUCCION.

**LEYENDA:**

- 1. PASADIZOS
- 2. PASADIZOS
- 3. PASADIZOS
- 4. PASADIZOS
- 5. PASADIZOS
- 6. PASADIZOS
- 7. PASADIZOS
- 8. PASADIZOS
- 9. PASADIZOS
- 10. PASADIZOS
- 11. PASADIZOS
- 12. PASADIZOS
- 13. PASADIZOS
- 14. PASADIZOS
- 15. PASADIZOS
- 16. PASADIZOS
- 17. PASADIZOS
- 18. PASADIZOS
- 19. PASADIZOS
- 20. PASADIZOS

**LISTA DE MATERIALES:**

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
ACERO	...	...
...	...	...

**ESCALA GRAFICA:**

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**COMPLEMENTARIO:**

**PROYECTO DE CONSTRUCCION:**

**INFORMACION:**

**FECHA:** ...

**PROYECTISTA:** ...

**REVISOR:** ...

**APROBADO:** ...

**INSTITUCION:** ...

**BOLETA:** ...



**PLANTA SUBESTACION**

**DETALLE 1**  
MONTAJE DE CHAROLA EN SOPORTE TIPO TRAFECIO CON VARILLA ROSCADA

**CORTE D - D'**  
ESPACIAMIENTO 150mm PVC 4"

**CORTE C - C'**  
ESPACIAMIENTO 150mm PVC 4"

**CORTE E - E'**  
ESPACIAMIENTO 150mm PVC 4"

**NOTAS:**

- EL DISEÑO DEL PROYECTO FUE REALIZADO EN BASE A LOS REQUISITOS DE LAS NORMAS OFICIALES UNIVERSITARIAS DE INGENIERIA ELECTROMECANICA Y LA NOM-001-SENE-2005 INSTALACIONES ELECTRICAS UTILIZACION, POR LO TANTO LA CONSTRUCCION DEBERA CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION.
- TOODOS LOS MATERIALES Y EQUIPOS DEBERAN CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM).
- LA UBICACION FINAL DE LAS SALIDAS Y TRAYECTORIAS DE LAS CANALIZACIONES DEBERA AJUSTARSE EN CAMPO CONFORME A LA UBICACION DEFINIDA DE LOS EQUIPOS. TODOS LOS EQUIPOS DEBEN CONECTARSE SUAVEMENTE A TIERRA.
- TODA LA SOPORTERIA Y TORNILLERIA A UTILIZARSE DEBERA SER DE BARRA GALVANIZADA O CON UN REVESTIMIENTO EQUIVALENTE.
- TODAS LAS CAJAS DE CONEXIONES DE LAMINA GALVANIZADA TALLEROS Y EQUIPOS DEBERAN SER CONECTADOS A TIERRA. LA CONEXION DEBERA SER CON ZAPATA MECANICA Y A TORNILLO.
- TODA TUBERIA CONDUIT QUE ENTRA A UNA CAJA DE REGISTRO CONDICIONES, GABINETE, CAJA DE REGISTRO DE PASO, DEBERA DE TENER CONTRA TUBERIA Y MONITOR.
- TODA TUBERIA CONDUIT QUE ENTRA A UNA CAJA DE REGISTRO CONDICIONES, GABINETE, CAJA DE REGISTRO DE PASO, DEBERA DE GUARDAR PREVENIDAMENTE SOPORTADA Y FIJADA EN SU SENDO A NO MAS DE 0.90 m. DE LA CAJA REGISTRO.
- LA SEPARACION MAXIMA ENTRE SOPORTES DE CANALIZACIONES NO DEBERA SER MAYOR A 2.5 m. EN TRAYECTORIAS HORIZONTALES Y 1.5 m. EN TRAYECTORIAS VERTICALES.
- NO SE DEBEN REALIZAR EMPALMES EN CONDUCTORES, DEBEN SER CONTINUOS.
- TOODOS LOS CONDUCTORES A UTILIZARSE DEBERAN SER DE COBRE CON AISLAMIENTO TYP-LS. TEMPERATURA DE OPERACION DE 75°C, 600 VOLTS DE AISLAMIENTO AL MENOR DE CABLES.

DESCRIPCION	COLOR
FASES	NEGRO O ROJO O AZUL
NEUTRO	BLANCO
TERRA TERCA	VERDE

11.-EL CABLE DE CONEXION A TIERRA SERA CABLE 55.48mm<sup>2</sup>(1/0awg) SENDO, SE ALIQUA A LO LARGO DE LAS CHAROLAS, SE CONECTARA SOLAMENTE EN CADA TRAMO.

**LISTADO DE EQUIPO**

- TRANSFORMADOR TIPO RECTIFICAD DE 300 KVA, 23000-220/127V, 3F, 60Hz, OPERACION RAOAL, CONEXION DELTA-ESTRELLA, CLASE 0A, IMPEDANCIAS STANDARD, CON 4 SERVICIOS 2 AEREA Y 2 AEREO, MCA. PROLEC
- TALLERO GENERAL DE BAJA TENSION TOUT, 600A, 220/127V, 3F, 4H MODELO H-UNE TAMAÑO 3, CAT. MARCONERA MCA. SQUARE D
- PLANTA DE EMERGENCIA 2000W/2300VA, 220/127V, 3F, 4H TANQUE DE COMBUSTIBLE INTEGRADO EN LA BASE, EN CARCASA ACUSTICA MCA. OTOMOTORES
- TALLERO DE TRANSFORMACION 600A, 220 127V, 3F, 4H, 60Hz, EN GABINETE AUTOSOPORTADO MCA. OTOMOTORES
- REGISTRO DE CONEXION EN MEDIA TENSION 230V, CON TAPA MEDUSA PBA
- CARCASO PARA PAGA DE CABLE DE 1.0 X 1.0 X 1.0m, CON TAPA DE 0.60 X 0.40m
- SHRLE DE ENTRADA
- SHRLE DE SALIDA
- TUBO DE PVC SERVICIO PESADO DE 2" PENDINGE 25
- TRINCHERA DE 20 X 20cm CON REJILLA

**LISTADO DE CHAROLA**

- CHAROLA DE ALUMINO PARA CABLES TRAMO RECTO DE 40.64cm ANCHO, ESPACIAMIENTO 22.86cm, CAT. TR-32 MCA. COOPER
- CHAROLA DE ALUMINO PARA CABLES TRAMO RECTO DE 30.48cm ANCHO, ESPACIAMIENTO 22.86cm, CAT. TR-32 MCA. COOPER
- REDUCCION RECTA DE ALUMINO PARA CABLES 40.64cm A 30.48cm CAT. RW-43 MCA. COOPER
- SERVACION T HORIZONTAL DE ALUMINO PARA CABLES DE 40.64cm ANCHO, RADIO 30.48cm, ANCHO ESPARSION 45.72cm CAT. TQ54 MCA. COOPER
- SERVACION T HORIZONTAL DE ALUMINO PARA CABLES DE 30.48cm ANCHO, RADIO 30.48cm, ANCHO ESPARSION 40.64cm CAT. TQ44 MCA. COOPER
- CURVA VERTICAL EXTERIOR A 90° DE ALUMINO PARA CABLES DE 40.64cm ANCHO, RADIO 30.48cm, CAT. QV-141 MCA. COOPER
- CURVA VERTICAL EXTERIOR A 90° DE ALUMINO PARA CABLES DE 30.48cm ANCHO, RADIO 30.48cm, CAT. QV-341 MCA. COOPER
- CURVA HORIZONTAL A 90° DE ALUMINO PARA CABLES DE 30.48cm ANCHO, RADIO 30.48, CAT. QH41 MCA. COOPER

**CEDULA DE CABLEADO**

① 4-253.35mm<sup>2</sup>(500kcmil) 1-55.48mm<sup>2</sup>(1/0awg) CHAROLA DE 30.48cm

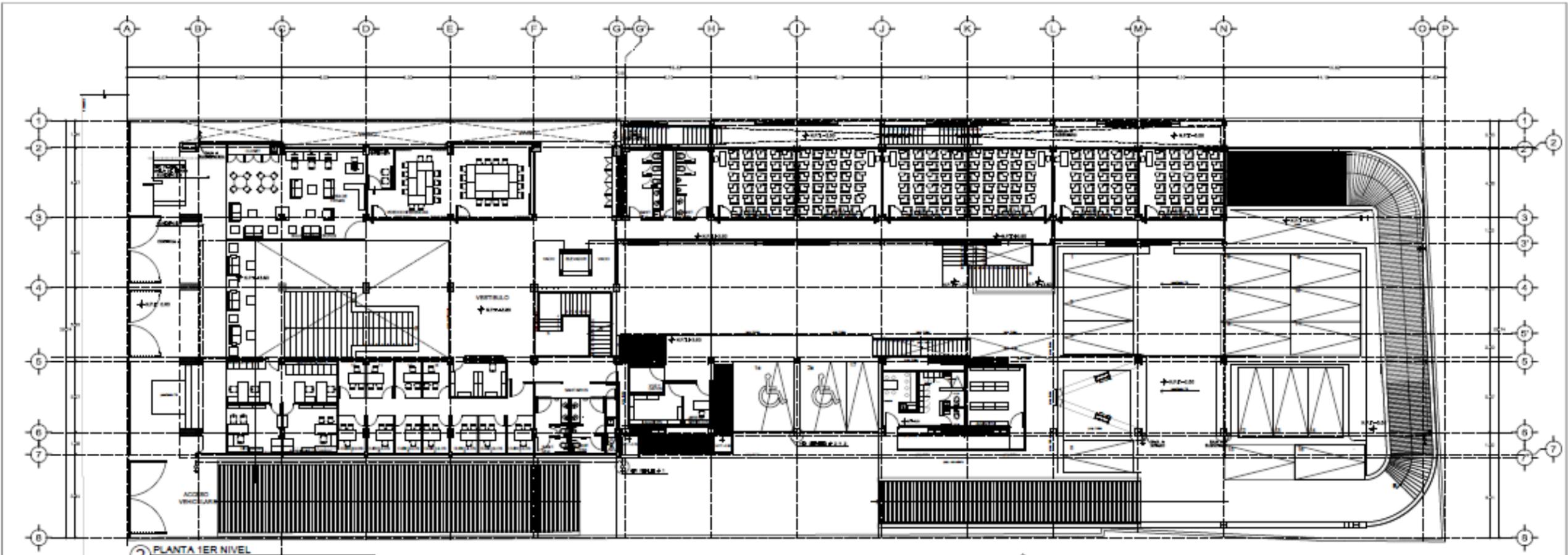
② 8-253.35mm<sup>2</sup>(500kcmil) 1-55.48mm<sup>2</sup>(1/0awg) CHAROLA DE 40.64cm

NOTA IMPORTANTE: ESTA PLANO SE COMPLEMENTA CON EL PLANO ISE-02

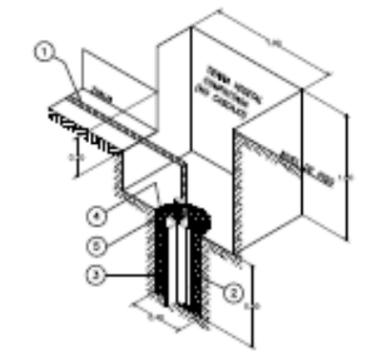
SECCION DE CONCEPTO

FECHA



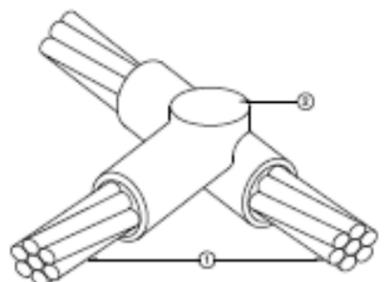


2 PLANTA 1ER NIVEL  
1:200 1:300 N.P.T.-1500



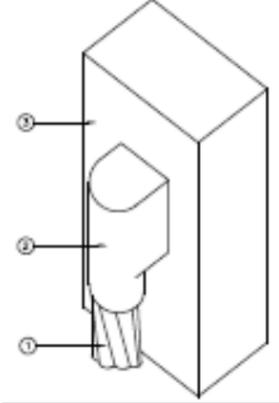
LISTA DE MATERIALES	
DESCRIPCION	
1	CONCRETO ESTRUCTURAL C-25
2	ACERO CORRUGADO GALVA 470 MPa
3	ACERO LAMINA 3.0

DETALLE 1  
ACERO CORRUGADO 470 MPa



LISTA DE MATERIALES	
DESCRIPCION	
1	ACERO LAMINA 3.0
2	ACERO LAMINA 3.0

DETALLE 2  
ACERO LAMINA 3.0



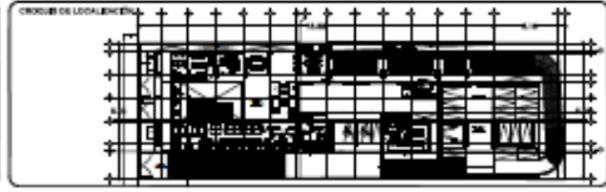
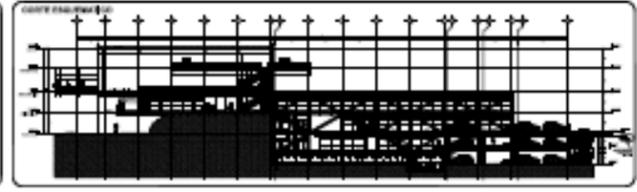
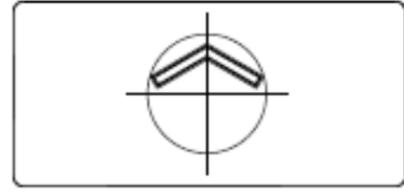
LISTA DE MATERIALES	
DESCRIPCION	
1	CONCRETO ESTRUCTURAL C-25
2	ACERO CORRUGADO GALVA 470 MPa

DETALLE 3  
CONCRETO ESTRUCTURAL C-25  
CON ACERO CORRUGADO GALVA 470 MPa

NOTAS:  
1- EL DISEÑO DE ESTOS DETALLES DEBEN DE SER A LA ESCALA DE 1:100 PARA QUE SE PUEDA VER EL DETALLE DE LA CONSTRUCCION.  
2- TODOS LOS TUBOS Y BORNOS DEBEN SER CON LOS REFORZOS DE ACERO CORRUGADO GALVA 470 MPa.  
3- A LA ESCALA DE 1:100 DEBEN SER ALICATADO EN CHATO CONCRETO A LA ESCALA DE 1:100 DE LOS BORNOS.  
4- LOS DETALLES DE TUBOS DE BORNOS DEBEN SER DE 100x100 mm PARA SER FUNDIDOS EN UNO DE LOS LADOS DEL FUNDIDO PARA SER FUNDIDOS EN UNO DE LOS LADOS.

- SIMBOLOGIA:  
 — GUA DE CONCRETO CORRUGADO GALVA 470 MPa POR RED A 200x200 mm. A ESCALA DE 1:100. (CONCRETO)  
 ⊥ TUBO CON CONCRETO CORRUGADO GALVA 470 MPa. GUA DE 100x100 mm. A ESCALA DE 1:100.  
 ⊥ TUBO CON CONCRETO CORRUGADO GALVA 470 MPa. GUA DE 100x100 mm. A ESCALA DE 1:100.  
 ⊥ TUBO CON CONCRETO CORRUGADO GALVA 470 MPa. GUA DE 100x100 mm. A ESCALA DE 1:100.  
 ⊙ TUBO DE CONCRETO CORRUGADO GALVA 470 MPa. GUA DE 100x100 mm. A ESCALA DE 1:100.  
 ⊙ TUBO DE CONCRETO CORRUGADO GALVA 470 MPa. GUA DE 100x100 mm. A ESCALA DE 1:100.

CONCRETO CORRUGADO GALVA 470 MPa  
 ESCALA GRAFICA



EQUIPO DE DISEÑO		EQUIPO DE EJECUCION	
PROYECTO	CONCEPTO	REAL	REAL
PROYECTO	CONCEPTO	REAL	REAL

	ESTADO DE DISEÑO	ESTADO DE EJECUCION
	CIUDAD UNIVERSITARIA	ESTADO DE EJECUCION
	CIUDAD UNIVERSITARIA	ESTADO DE EJECUCION
	CIUDAD UNIVERSITARIA	ESTADO DE EJECUCION

**SIMBOLOGIA:**

- CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG. POR REDO A 0.60m DEL N.P.T. MCA. CONDUMEX
- ┆ DERIVACION CON CONECTOR SOLDABLE TIPO "TA", CABLE DE PASO 4/0 AWG A CABLE DE DERIVACION 4/0 AWG. CAT. TAC-2020 CARGA 150 MCA. CADWELD
- ┆ CONEXION A COLUMNA METALICA CON CONECTOR SOLDABLE TIPO "VB", CABLE CALIBRE 4/0 AWG A SUPERFICIE DE ACERO VERTICAL. CAT. VBC-20 CARGA 150 MCA. CADWELD
- ┆ CONEXION EN "X" HORIZONTAL CON CONECTOR SOLDABLE TIPO "XA" CABLE CALIBRE 4/0 AWG A CABLE CALIBRE 4/0 AWG. CAT. XAC-2020 CARGA 200 MCA. CADWELD
- ⊕ REJILE DE LAMINA CALIBRE 20 DE 30.05x40cm DE LONGITUD CAT. C-085 MCA. ANPASA EN REJINTO DE CONCRETO TIPO ALBARAL DE 40cm X 50cm DE LONGITUD CON TAPA
- ⊗ NEGA SALIDA DE CONDUCTOR

**NOTAS:**

- EL DISEÑO DEL PROYECTO FUE REALIZADO EN BASE A LOS REQUISITOS DE LAS NORMAS OFICIALES UNIVERSITARIAS DE INGENIERIA ELECTROMECANICA Y LA NOM-001-SENE-2005 INSTALACIONES ELÉCTRICAS "UTILIZACION", POR LO TANTO LA CONSTRUCCION DEBEA CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION.
- TODOS LOS MATERIALES Y EQUIPOS DEBIERAN CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)
- LA UBICACION FINAL DE TRAYECTORIAS DEBEA AJUSTARSE EN CAMPO CONFORME A LA UBICACION DEFINITIVA DE LOS EQUIPOS
- LOS SISTEMAS DE TIERRA, DE TIERRA AFILADA Y EL DE PROTECCION DE PARARAYOS DEBEN INTERCONECTARSE PARA EVITAR POTENCIALES PELIGROSOS

LISTA DE MATERIALES	
PART. No.	DESCRIPCION
1	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG. MCA. CONDUMEX
2	CONECTOR SOLDABLE TIPO "TA", CAT. TAC-2020 CON CARGA 150 MCA. CADWELD

**DETALLE 2**  
DERIVACION CON CONECTOR SOLDABLE TIPO "TA"

LISTA DE MATERIALES	
PART. No.	DESCRIPCION
1	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG. MCA. CONDUMEX
2	CONECTOR SOLDABLE TIPO "VB", CAT. VBC-20 CON CARGA 150 MCA. CADWELD
3	COLUMNA METALICA

**DETALLE 3**  
CONEXION A COLUMNA METALICA CON CONECTOR SOLDABLE TIPO "VB"

LISTA DE MATERIALES	
PART. No.	DESCRIPCION
1	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG. MCA. CONDUMEX
2	CONECTOR SOLDABLE TIPO "XA", CAT. XAC-2020 CON CARGA 200 MCA. CADWELD

**DETALLE 4**  
CONEXIONEN "X" HORIZONTAL CON CONECTOR SOLDABLE TIPO "XA"

LISTA DE MATERIALES	
PART. No.	DESCRIPCION
1	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG. MCA. CONDUMEX
2	REJINTO DE CONCRETO TIPO ALBARAL DE 40cm x 50cm LONGITUD CON TAPA
3	REJILE DE LAMINA CAL. 20 DE 30.05x40 cm. DE LONGITUD Y VARELLA DE COBRE DE 13mm x 45cm DE LONGITUD CAT. C-085 MCA. ANPASA
4	ARRASTRADERA DE COBRE PARA CONECTAR REJILE A CABLE DE DESNUDO CAT. C-297-A. MCA. ANPASA

**DETALLE 1**  
REGISTRO DE ELECTRODO A TIERRA

ESCALA GRAFICA

CORTE RAQUIMETICO

CIRCUITO DE LOCALIZACION

ING. JESUS LOPEZ REYES  
Cédula Profesional 1060533  
Responsable proyecto Electrico

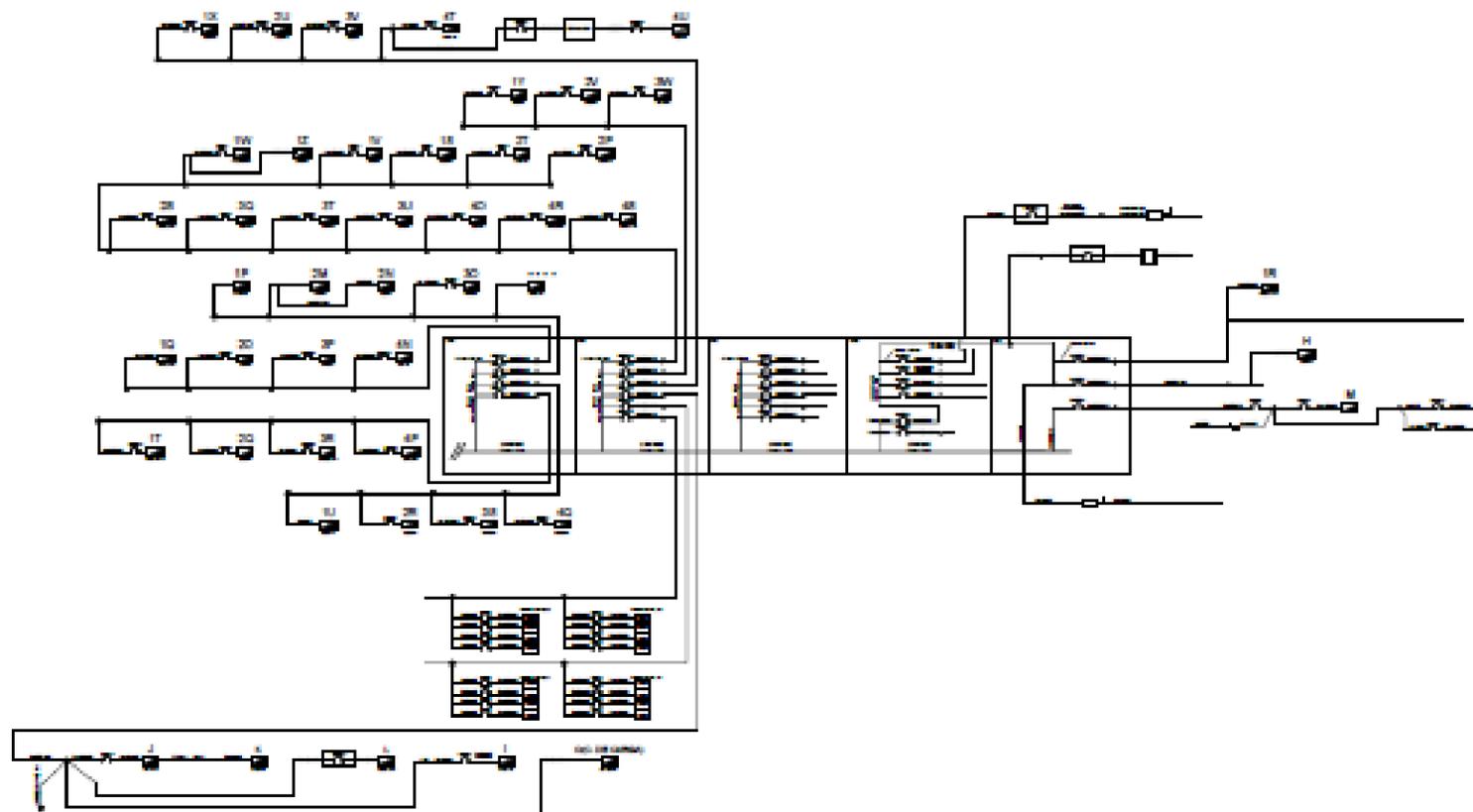
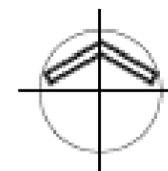
NOTA IMPORTANTE  
ESTE PLANO SE COMPLEMENTA CON EL PLANO EST-01

	FACULTAD DE DERECHO NUEVA SEDE DE POSGRADO CIUDAD UNIVERSITARIA	29 38 2024
	INSTALACION ELECTRICA MALLA DE TIERRA SUBESTACION	IEST-02

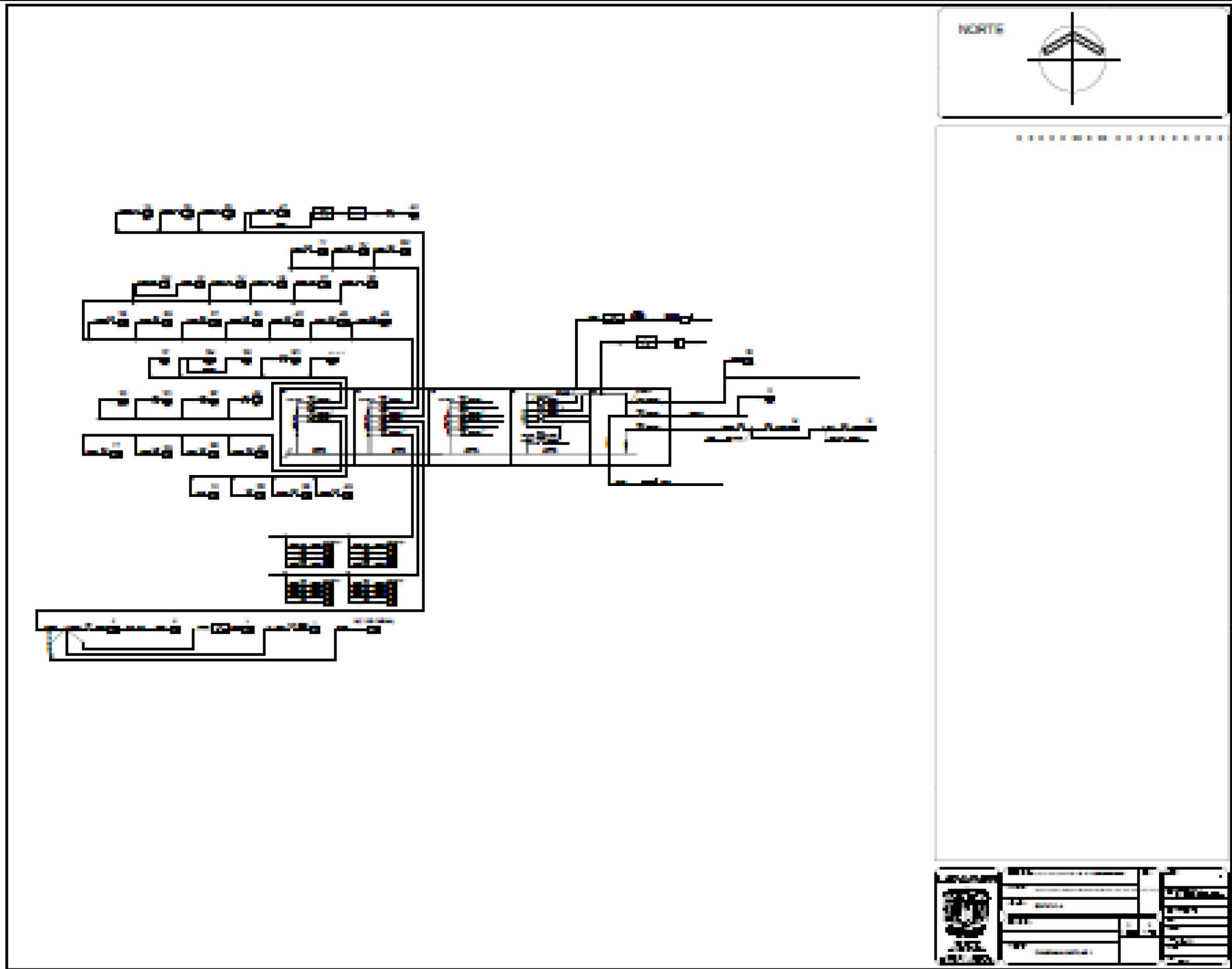
## APÉNDICE D

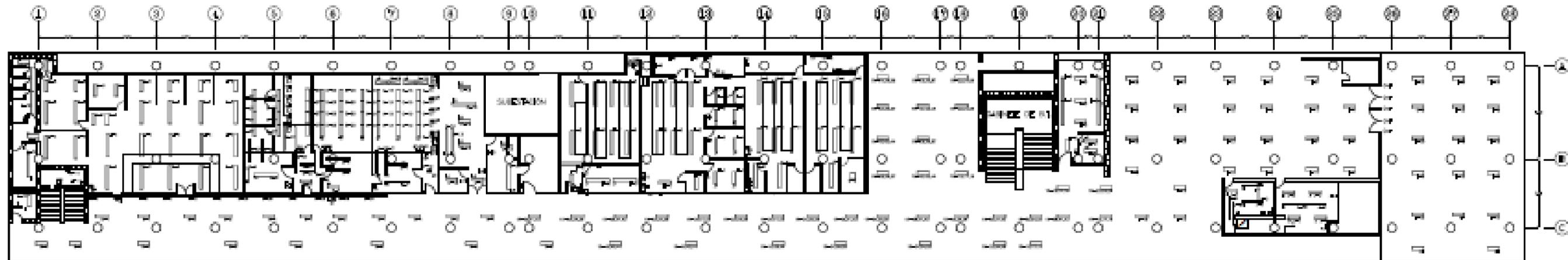
### PLANOS EDIFICIO A, FACULTAD DE QUÍMICA

NORTE



PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN	FECHA	2011
CLIENTE	SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA	PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN
PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN	PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN
PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN	PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN
PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN	PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN
PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN	PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN





### SIMBOLOGIA

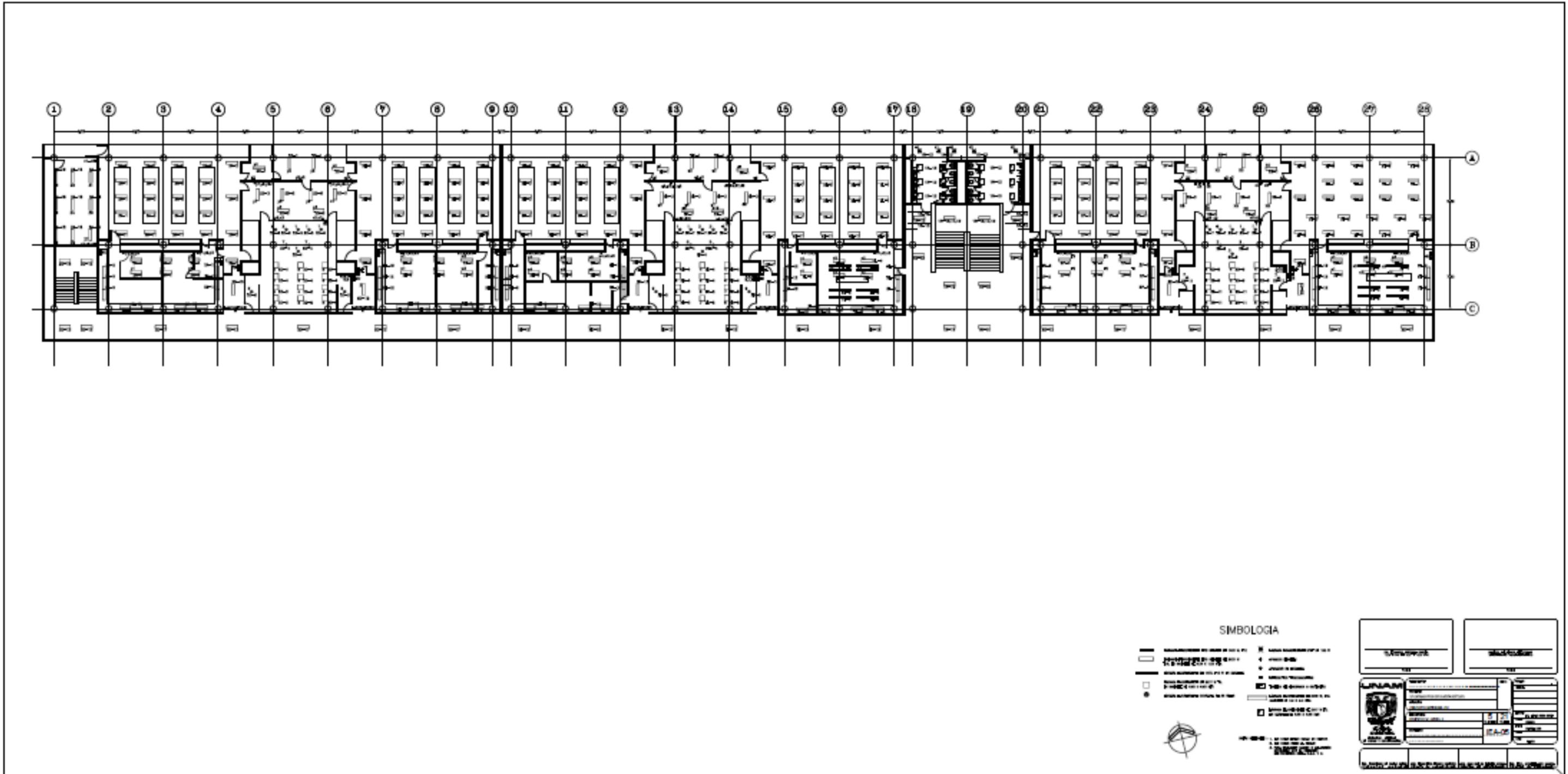
- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | LÍNEA FLUORESCENTE DE 100 W. T12                                     |  | LÍNEA DE CIMENTACIÓN T12 X 12                                 |
|  | LÍNEA FLUORESCENTE DE 100 W. T12<br>T12 EN CANAL DE 0,20 X 1,22 MTS. |  | ACABO DE PISO   |
|  | LÍNEA FLUORESCENTE DE 100 W. T12                                     |  | ACABO DE PARED  |
|  | LÍNEA FLUORESCENTE DE 100 W. T12 EN CANAL                            |  | PROTECTOR DE PUERTAS  |
|  | LÍNEA FLUORESCENTE DE 100 W. T12<br>DE 0,20 X 0,60 MTS.              |  | TUBO DE ALUMINIO Y COPPER                                     |
|  | LÍNEA FLUORESCENTE COMPLETA DE 100 W.                                |  | LÍNEA FLUORESCENTE DE 100 W. T12<br>CANAL DE 0,20 X 0,60 MTS. |
|  | LÍNEA FLUORESCENTE COMPLETA DE 100<br>DE 0,20 X 0,60 MTS.            |  | LÍNEA FLUORESCENTE DE 100 W. T12<br>DE 0,20 X 0,60 MTS.       |



NOTA TÉCNICA: 1. LAS LINEAS DEBEN SER EN NEGRO  
2. LAS LINEAS DEBEN SER AL MENOS  
3. LAS LINEAS DEBEN SER DE 0,20 X 0,60 MTS.  
4. LAS LINEAS DEBEN SER DE 0,20 X 0,60 MTS.

<p><b>PROYECTO:</b> _____</p> <p><b>FECHA:</b> _____</p> <p><b>ESCALA:</b> _____</p> <p><b>PROYECTISTA:</b> _____</p> <p><b>REVISOR:</b> _____</p> <p><b>COMPROBADO:</b> _____</p> <p><b>APROBADO:</b> _____</p>		<p><b>1 21</b></p> <p><b>IEA-01</b></p>	
<p>EL PROYECTO DE ESTE DISEÑO FUE ELABORADO POR EL INGENIERO ARQUITECTO</p>	<p>EL DISEÑO DE ESTE DISEÑO FUE ELABORADO POR EL INGENIERO ARQUITECTO</p>	<p>EL DISEÑO DE ESTE DISEÑO FUE ELABORADO POR EL INGENIERO ARQUITECTO</p>	<p>EL DISEÑO DE ESTE DISEÑO FUE ELABORADO POR EL INGENIERO ARQUITECTO</p>









---

## BIBLIOGRAFÍA Y MESOGRAFÍA

1. Secretaría de Energía, NOM-001-SEDE-2005 Utilización.
2. Secretaria de Energía, NOM-007-ENER-2004.
3. Secretaria de Energía, NOM-002-SEDE-2007.
4. Secretaría del trabajo, NOM-025-STPS-2008.
5. Comisión Federal de Electricidad, NRF-011-CFE.11.
6. Secretaría de Energía, PEC-NOM-001.
7. Secretaria de Energía, PEC-NOM-007.
8. Comisión Federal de Electricidad, NRF-011-CFE-2004.
9. Martin Raull, *"Diseño de Subestaciones"*, Facultad de Ingeniería, UNAM.
10. López Monroy Guillermo, *"SISTEMAS DE TIERRA"*, Ed. Limusa, México.
11. *"PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGETICA"*, Conae, México 2004.
12. Ruelas Gómez Roberto, *"OPTIMIZACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA"*, Fide, México.
13. BRONZE BOOK, IEEE.
14. NATIONAL ELECTRICAL CODE 2008
15. Beaty Wayne H, *"HANDBOOK OF ELECTRIC POWER CALCULATIONS"*, McGraw-Hill, Third Edition, 2001.
16. Neagu Bratu Serbán, *"INSTALACIONES ELECTRICAS, CONCEPTOS BASICOS Y DISEÑO"*, Ed. Alfaomega, México 1990.
17. *"SELECCIÓN DEL CALIBRE OPTIMO COMO UNA ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE ENERGIA"*, Grupo Condumex, México 2010.
18. *"CURVAS CARACTERÍSTICAS EN USOS FINALES EN EDIFICIOS DEL SECTOR TERCIARIO (CON USO NO RESIDENCIAL)"*, M.I. Azucena Escobedo Izquierdo, Ing. Augusto Sánchez Cifuentes, 8º congreso iberoamericano de ingeniería mecánica, México, 2007.
19. *"ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE INDICADORES ENERGÉTICOS EN EDIFICIOS DEL CAMPUS DE CIUDAD UNIVERSITARIA (CU) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE*

- MÉXICO*", M.I. Azucena Escobedo Izquierdo, Ing. Augusto Sánchez Cifuentes, México.
20. Rojas Pedro, *"LA CIUDAD UNIVERSITARIA A LA EPOCA DE SU CONSTRUCCIÓN"*, UNAM, 1979.
21. Leal Felipe, *"PATRIMONIO RENOVADO UNAM"*, México D.F. UNAM, 2007.
22. Cruces Rodríguez Oscar, *"LAMPARAS FLOURESCENTES COMPACTAS, SU TECNOLOGIA Y APLICACIÓN EN LOS PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGIA EN MÉXICO"*, Tesis de Licenciatura, 2004, UNAM.