

1126
32



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**DISEÑO, OPERACIÓN Y PROTECCIÓN DE INSTALACIONES
ELÉCTRICAS INDUSTRIALES. CÁLCULOS FUNDAMENTALES
DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES**

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

HÉCTOR RICARDO GARCÍA SÁNCHEZ

ASESOR: M. EN I. BENJAMÍN CONTRERAS SANTACRUZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2003

A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES-CUAUTITLAN



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Diseño, operación y protección de instalaciones eléctricas
industriales. Cálculos fundamentales de instalaciones eléctricas
industriales.

que presenta el pasante: Héctor Ricardo García Sánchez
 con número de cuenta: 09318816-4 para obtener el título de :
Ingeniero mecánico electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Septiembre de 2003

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>M.en I. Benjamín Contreras Santacruz</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>M.en C. Ricardo Joaquín Ramírez Verdeja</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. José Gustavo Orozco Hernández</u>	<u>[Firma]</u>

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

3

AGRADECIMIENTOS

- ❖ Indudablemente agradezco pertenecer a la máxima casa de estudios, La UNAM, institución que mediante mi querida escuela La FES CUAUTITLAN me ha formado académicamente.
- ❖ A mi asesor por su tiempo y disponibilidad en la elaboración de este trabajo.
- ❖ A todos los profesores que influyeron en mi desarrollo y formación profesional, porque créanme que de todos aprendí.
- ❖ A mis amigos quienes me han acompañado en las buenas y en las malas, y con los cuales se que cuento hoy y siempre.

Lo que se enseña en escuelas y universidades no es
Educación, sino los medios de educación
Emerson

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- ❖ A mi hermano, con el que a pesar de tener una relación complicada se que nunca me abandonará y que su apoyo es incondicional.

- ❖ A mi pareja, que desde que llegó a mi vida ha tenido para mí sólo buenos detalles.

Gracias Ericka... me fortaleces para enfrentar cualquier adversidad

Educar es adiestrar al hombre para hacer buen uso de su vida,
Para vivir bien; lo cual quiere decir que es adiestrarse
Para su propia felicidad.
Antonio Maura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- ❖ Toda mi vida me he considerado una persona muy afortunada, por esta razón vivo agradecido, pero en esta ocasión, quiero dar mi mayor agradecimiento a mis padres, esos pilares invencibles en los que se basan todos mis logros y mis éxitos, porque gracias a la educación y apoyo que siempre me han brindado he llegado hasta aquí.

Elia y Rafael los amo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONTENIDO

CAPITULO 1 INTRODUCCION.	9
1.1 Conceptos generales	10
1.2 Definiciones	11
1.3 Normas	15
1.4 Simbología	16
CAPITULO 2 EQUIPO ELECTRICO	17
2.1 Material eléctrico	18
2.2 Conductores	18
2.3 Aislamiento de conductores	19
2.4 Tipos de canalizaciones	20
2.4.1 Tubo conduit metálico	20
2.4.1.1 Tubo conduit metálico rígido de pared gruesa	20
2.4.1.2 Tubo conduit metálico intermedio o semipesado	21
2.4.1.3 Tubo conduit metálico de pared delgada	21
2.4.1.4 Tubo conduit metálico flexible	21
2.4.2 Tubo conduit no metálico	22
2.4.3 Tubo de polietileno	22
2.4.4 Ductos metálicos con tapa	23
2.4.5 Charolas para cables	24
2.4.6 Bus-ducto	24
2.5 Tableros y centros de carga	24
2.6 Interruptores	25
2.6.1 Interruptores magnéticos (con disparo instantáneo)	25
2.6.2 Interruptores termomagnéticos (de tiempo inverso)	26
2.7 Accesorios	27
2.7.1 Apagadores	27
2.7.2 Contactos	28
2.7.3 Cajas eléctricas	28
2.7.4 Tapas	29

CAPITULO 3	PROYECTOS	30
3.1	Recomendaciones	31
3.2	Requerimientos de espacios obligados en el proyecto arquitectónico	32
3.3	Suministro de energía eléctrica	33
3.4	Selección de los dispositivos de protección	35
CAPITULO 4	DISEÑO DE UNA INSTALACION ELECTRICA	38
4.1	Análisis general del proyecto	39
CAPITULO 5	SELECCIÓN Y CALCULO DE LA ILUMINACIÓN	40
5.1	Niveles de iluminación	41
5.2	Selección y cálculo del número de luminarios	41
5.3	Cálculo de iluminación para la nave industrial	44
5.4	Cálculo de iluminación para las oficinas administrativas	46
5.5	Cálculo de iluminación para la oficina del almacén	49
5.6	Cálculo de iluminación para los baños	49
5.7	Cálculo de iluminación para la caseta de vigilancia	52
CAPITULO 6	CONDUCTORES, CANALIZACIONES Y PROTECCIONES PARA EL SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS.	55
6.1	Cálculo de los conductores, canalización y protección del circuito alimentador	55
6.2	Cálculo de los conductores, canalizaciones y protecciones de los circuitos derivados	57
6.2.1	Lámparas industriales	57
6.2.2	Lámparas fluorescentes	60
6.2.3	Contactos de uso general	62

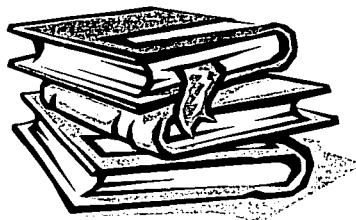
CAPITULO 7 SISTEMA DE FUERZA	65
7.1 Cálculo del sistema de fuerza	66
7.2 Cálculo de los conductores, canalización y protección para las máquinas de inyección de 60 HP	66
7.3 Cálculo de los conductores, canalización y protección para las máquinas de inyección de 30 HP	67
7.4 Cálculo de los conductores, canalización y protección para el torno paralelo de 5 HP	68
7.5 Cálculo de los conductores, canalización y protección para las bombas de agua de 5 HP	70
7.6 Cálculo de los conductores, canalización y protección para el compresor de 3 HP	71
7.7 Cálculo de los conductores, canalización y protección para la máquina soldadora de 12.8 KW	72
7.8 Cálculo de los conductores, canalización y protección para el taladro de columna de 1 ½ HP	73
7.9 Cálculo de los circuitos alimentadores	75
7.10 Cálculo de conductores, canalización y protección para el centro de control de máquinas 1 (CCM1)	75
7.11 Cálculo de las canalizaciones de los circuitos derivados del centro de control de máquinas 1 (CCM1)	77
7.12 Cálculo de conductores, canalización y protección para el centro de control de máquinas 2 (CCM2)	81
7.13 Cálculo de las canalizaciones de los circuitos derivados del centro de control de máquinas 2 (CCM2)	83
CAPITULO 8 CAIDA DE TENSIÓN	85
8.1 Cálculo de conductores por caída de voltaje de las máquinas de inyección de 60 HP	86
8.2 Cálculo de conductores por caída de voltaje de las máquinas de inyección de 30 HP	87
8.3 Cálculo de conductores por caída de voltaje de las bombas de 5 HP	87
8.4 Cálculo de conductores por caída de voltaje del compresor de 3 HP	88

8.5	Cálculo de conductores por caída de voltaje de las lámparas industriales	89
8.6	Cálculo de conductores por caída de voltaje de las lámparas Fluorescentes	89
8.7	Cálculo de conductores por caída de voltaje de los contactos de uso general	90
8.8	Cálculo de conductores por caída de voltaje del taladro de columna de 1 ½ HP	91
8.9	Cálculo de conductores por caída de voltaje del torno paralelo de 5 HP	91
8.10	Cálculo de conductores por caída de voltaje de la soldadora de 12.8 KW	92
8.11	Cálculo de conductores por caída de voltaje del centro de control de máquinas 1 (CCM1)	92
8.12	Cálculo de conductores por caída de voltaje del centro de control de máquinas 2 (CCM2)	93
8.13	Cálculo de conductores por caída de voltaje del centro de control de lámparas y contactos (CCLC)	93
CAPITULO 9 BALANCEO DEL SISTEMA		95
9.1	Balanceo de cargas	96
9.2	Diagramas unifilares	97
9.3	Planos	97
CONCLUSIONES		98
BIBLIOGRAFÍA		99
APÉNDICE		100

OBJETIVO.

Generar información actualizada para proyectar instalaciones eléctricas aplicando tablas, gráficas y normas basada en sus respectivos cálculos.

CAPITULO 1



INTRODUCCIÓN.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1 CONCEPTOS GENERALES.

Las instalaciones eléctricas tienen seis elementos principales: la central eléctrica, los transformadores, que elevan el voltaje de la energía eléctrica generada a las altas tensiones utilizadas en las líneas de transporte, las líneas de transporte, las subestaciones donde la señal baja su voltaje para adecuarse a las líneas de distribución, las líneas de distribución y los transformadores que bajan el voltaje al valor utilizado por los consumidores.

En una instalación normal, los generadores de la central eléctrica suministran voltajes de 26.000 voltios; voltajes superiores no son adecuados por las dificultades que presenta su aislamiento y por el riesgo de cortocircuitos y sus consecuencias. Este voltaje se eleva mediante transformadores a tensiones entre 138.000 y 765.000 voltios para la línea de transporte primaria (cuanto más alta es la tensión en la línea, menor es la corriente y menores son las pérdidas, ya que éstas son proporcionales al cuadrado de la intensidad de corriente). En la subestación, el voltaje se transforma en tensiones entre 69.000 y 138.000 voltios para que sea posible transferir la electricidad al sistema de distribución. La tensión se baja de nuevo con transformadores en cada punto de distribución. La industria pesada suele trabajar a 33.000 voltios (33 kilovoltios), y los trenes eléctricos requieren de 15 a 25 kilovoltios. Para su suministro a los consumidores se baja más la tensión: la industria suele trabajar a tensiones entre 380 y 415 voltios, y las viviendas reciben entre 220 y 240 voltios en algunos países y entre 110 y 125 en otros.

Las líneas de conducción se pueden diferenciar según su función secundaria en líneas de transporte (altos voltajes) y líneas de distribución (bajos voltajes). Las primeras se identifican a primera vista por el tamaño de las torres o apoyos, la distancia entre conductores, las largas series de platillos de que constan los aisladores y la existencia de una línea superior de cable más fino que es la línea de tierra. Las líneas de distribución, también denominadas terciarias, son las últimas existentes antes de llegar la electricidad al usuario, y reciben aquella denominación por tratarse de las que distribuyen la electricidad al último eslabón de la cadena.

Las líneas de conducción de alta tensión suelen estar formadas por cables de cobre, aluminio o acero recubierto de aluminio o cobre. Estos cables están suspendidos de postes o pilones, altas torres de acero, mediante una sucesión de aislantes de porcelana. Gracias a la utilización de cables de acero recubierto y altas torres, la distancia entre éstas puede ser mayor, lo que reduce el coste del tendido de las líneas de conducción; las más modernas, con tendido en línea recta, se construyen con menos de cuatro torres por kilómetro. En algunas zonas, las líneas de alta tensión se cuelgan de postes de madera; para las líneas de distribución, a menor tensión, suelen ser postes de madera, más adecuados que las torres de acero. En las ciudades y otras áreas donde los cables aéreos son peligrosos se utilizan cables aislados subterráneos. Algunos cables tienen el centro hueco para que circule aceite a baja presión. El aceite proporciona una protección temporal contra el agua, que podría producir fugas en el cable. Se utilizan con frecuencia tubos rellenos con muchos cables y aceite a alta presión (unas 15 atmósferas) para la transmisión de tensiones de hasta 345 kilovoltios.

1.2 DEFINICIONES.

En principio de cuentas, se proporcionarán algunas definiciones que servirán de antecedentes en el estudio de circuitos eléctricos, y que resultarán importantes a la hora de hacer el diseño de una instalación eléctrica.

Acometida: Se refiere a los conductores que ligan o conectan la red de distribución de la compañía suministradora con el servicio o usuario. Puede ser aérea u subterránea y se le conoce también como línea de servicio.

Apagador: Interruptor pequeño de operación manual y acción rápida que se usa para el control de alumbrado o aparatos eléctricos de baja capacidad.

Accesorio: Elemento complementario o auxiliar en una instalación o en equipo.

Apartarrayos: Aparato o dispositivo empleado para proteger equipo eléctrico conectado a circuitos que están expuestos a las sobretensiones atmosféricas o por la acción (maniobra) de interruptores.

Baja tensión: para los efectos de clasificar las instalaciones y los equipos, se adopta la siguiente convención para las categorías de tensión:

- Muy baja: 50 volts en corriente alterna entre fases y de fase a tierra.
- Baja tensión: Mayor de 50 volts y hasta 1000 volts entre conductores, o hasta 600 volts en corriente alterna de fase a tierra.
- Alta tensión: Todos los valores superiores a los de baja tensión.

Cable: Este concepto se aplica a la forma de construcción de un conductor. El cable es un conductor formado por varios filamentos (alambres delgados) torcidos, con lo cual se obtiene un conductor más flexible que un alambre de sección o calibre equivalente, por tratarse este de un conductor sólido.

Conductor: Un material que conduce o transporta electricidad puede tener la forma de una barra o ser circular y estar cubierto o aislado.

Cable aislado: Conductor formado por filamentos o grupo de conductores provisto cada uno por su propio aislamiento y envuelto el conjunto por una capa aislante y por una cubierta exterior protectora.

Canalización: En el medio o medios usados para alojar a los conductores de una instalación eléctrica, que se diseñan y construyen solo para tal fin. Las canalizaciones pueden ser de metal (fierro o aluminio), PVC o de cualquier otro material aprobado.

Carga eléctrica: Es la potencia que demanda en un momento dado un aparato o máquina, o bien un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico.

Carga continua: Cualquier carga en donde la máxima corriente es continua por tres horas o más.

Contacto: Es un dispositivo instalado en una caja de salida para alimentar cargas conectadas por cordón y clavija.

Carga conectada: Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y máquinas que consumen energía en un circuito o un sistema.

Circuito eléctrico: Es el trayecto o ruta de una corriente eléctrica. El término se utiliza principalmente para definir un trayecto continuo compuesto por conductores y dispositivos conductores, que incluye una fuente de fuerza electromotriz que transporta la corriente por el circuito. Un circuito de este tipo se denomina *circuito cerrado*, y aquellos en los que el trayecto no es continuo se denominan *abiertos*.

Circuito derivado: En una instalación de utilización de la energía eléctrica, es el conjunto de los conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que van desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador hasta las salidas de las cargas.

Circuito alimentador: Es el conjunto de los conductores y demás elementos de un circuito en una instalación, que se encuentran entre el medio principal de desconexión de la instalación y los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados.

Conductor de puesta a tierra: El conductor que se usa para conectara tierra las cubiertas metálicas de equipos, las canalizaciones metálicas y otras partes no conductoras de corriente.

Controlador: Dispositivo o grupo de dispositivos que sirven para gobernar en una forma predeterminada la potencia eléctrica de los equipos a los cuales están conectados.

Cortocircuito: Es un circuito en el que se efectúa una conexión directa, sin resistencia, inductancia ni capacitancia apreciables, entre los terminales de la fuente de fuerza electromotriz.

Ducto: Es una canalización sencilla y cerrada con cualquier forma de sección. Este término se aplica a algunos tipos especiales de canalizaciones.

Equipo eléctrico: Término general que se usa para designar aparatos, máquinas, dispositivos, etc. Que se usan en las instalaciones eléctricas para generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica.

Interruptor: Dispositivo que puede abrir un circuito eléctrico cuando circula corriente sin sufrir daño.

Luminario: Es un aparato que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una o varias lámparas, e incluye todos los accesorios necesarios para la fijación, protección y funcionamiento de dichas lámparas.

Puesta a tierra: Es la acción de conectar a tierra efectivamente a ciertos elementos de un equipo y un circuito, y también ver el efecto que esto produce.

Servicio o tipo de trabajo: Se refiere a máquinas o aparatos, y está relacionado con los regímenes de carga a los cuales se somete la máquina o aparato con su duración y orden de sucesión en el tiempo.

Sistema de tierras: Es el conjunto de conductores, accesorios, electrodos, etc. Interconectados eficazmente entre sí y que tienen como objeto conectar a tierra la carcasa de máquinas, la cubierta y otras partes metálicas de los equipos eléctricos.

Sobrecarga: Es la condición de operación de un equipo en la que la demanda de potencia excede su capacidad nominal. Esta condición, si permanece en exceso de tiempo puede dañar al equipo y, por supuesto, no considera las sobrecorrientes por corto circuito.

Sobrecorriente: Es cualquier valor de corriente que exceda la corriente nominal de un equipo o la corriente permisible de un conductor, según sea el caso.

Transformador: Es un dispositivo eléctrico que consta de una bobina de cable situada junto a una o varias bobinas más, y que se utiliza para unir dos o

más circuitos de corriente alterna (CA) aprovechando el efecto de inducción entre las bobinas. La bobina conectada a la fuente de energía se llama bobina primaria. Las demás bobinas reciben el nombre de bobinas secundarias. Un transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario se llama transformador elevador. Si el voltaje secundario es inferior al primario este dispositivo recibe el nombre de transformador reductor. El producto de intensidad de corriente por voltaje es constante en cada juego de bobinas, de forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente.

1.3 NORMAS.

El objetivo de la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas (NOM-001-SEDE-1999), NOM como se le hará referencia de ahora en adelante en este trabajo, es establecer las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra choque eléctrico, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros.



























La NOM correctamente aplicada a una instalación eléctrica nos garantiza el buen funcionamiento de la misma, por tanto, en este trabajo se mostrará el uso y aplicación de las disposiciones indicadas en esta NOM.

Es bien sabido que dicha NOM rige los diversos tipos de instalaciones eléctricas como pueden ser:

- Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda.
- Plantas generadoras de emergencia.
- Subestaciones; líneas de energía eléctrica, tanto aéreas como subterráneas.
- Casas móviles, vehículos de recreo, edificios flotantes, ferias, teatros, estudios de cinematografía, hospitales, etc.
- Cualquier instalación que requiera el uso de energía eléctrica.

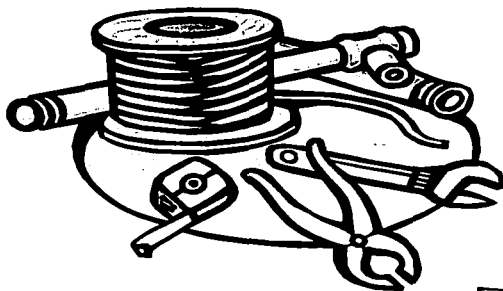
1.4 SIMBOLOGIA.

A continuación se muestran los símbolos más característicos empleados en el diseño de instalaciones eléctricas.

	MEDIDOR		TABLERO PRINCIPAL
	DESCONECTADOR		TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
	ACOMETIDA		TABLERO DE FUERZA
	MOTOR		INTERRUPTOR DE PRESION
	TUBERIA POR PARED O PISO		INTERRUPTOR DE NIVEL
	TUBERIA AL AIRE		INTERRUPTOR DE TEMPERATURA
	CONTACTOS		INTERRUPTOR DE FLUJO
	CONTACTO DE USO GENERAL		BOTON NORMALMENTE ABIERTO
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO		BOTON NORMALMENTE CERRADO
	LAMPARA FLUORESCENTE		TRANSFORMADOR
	FUSIBLE		TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	MAQUINA ELECTRICA		LAMPARA INCANDESCENTE
			APAGADOR SENCILLO
			TIMBRE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 2



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EQUIPO ELECTRICO

2.1 MATERIAL ELECTRICO

Los principales materiales utilizados en una instalación eléctrica industrial son:

- Conductores.
- Canalizaciones.
- Tableros.
- Interruptores.
- Accesorios

El adelanto de la tecnología, se debe principalmente al nacimiento de nuevos materiales, máquinas, aparatos, instrumentos, sistemas y nuevas normas para las instalaciones eléctricas industriales, de tal forma, que en la actualidad, el montador tiene a la mano nuevas herramientas y mayores facilidades para su trabajo, ya que las dificultades que ofrecían las instalaciones importantes, en que era necesario utilizar tubos de 4 pulgadas o más, dentro de los cuales se alojaban conductores con aislamientos frágiles, como los llamados "forro de goma" que al descuidarse su introducción, se provocaban peladuras con descargas a tierra y hasta cortos circuitos directos, han sido desplazados por los polductos, ductos, charolas y diversos accesorios como los nuevos cables y alambres de todas las secciones con aislamientos adecuados y resistentes.

2.2 CONDUCTORES.

La mayor parte de los conductores usados en las instalaciones eléctricas son de cobre (Cu) o aluminio (Al), debido a su buena conductividad y a que comercialmente no tienen un costo elevado, ya que hay otros que tienen un costo muy elevado, lo que hace antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas, aún cuando tienen mejor conductividad.

Comparativamente, el aluminio es aproximadamente un 16% menos conductor que el cobre, pero al ser mucho más liviano que este, resulta un poco más económico cuando se hacen estudios comparativos, ya que a igualdad de peso se tiene hasta cuatro veces más cantidad de conductor que el cobre.

Desde el punto de vista de las NOM, los conductores se han identificado por un número, que corresponden a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que

normalmente se sigue el sistema americano de designación AWG, siendo el más grueso el número 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 que es el más delgado usado en instalaciones eléctricas. Para conductores con área mayor del designado como 4/0, se hace una designación que esta en función de su área en pulgadas, para lo cual se emplea una unidad denominada el *Circular Mil*, siendo así como un conductor de 250 corresponderá a aquel cuya sección sea de 250000 CM. Y así sucesivamente.

Se denomina Circular Mil a la sección de un círculo que tiene un diámetro de un milésimo de pulgada (0.001 plg).

2.3 AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES.

Existe una gran variedad de aislamientos para conductores para satisfacer los requerimientos de las distintas aplicaciones. Estos tipos de aislamientos están diseñados sobre una forma estándar y todos los cables están marcados con información sobre su tamaño, ya sea expresado en AWG o KCMIL, su voltaje y su tipo de aislamiento.

El aislamiento de los cables se designa como:

- A: Aislamientos de asbesto
- MI: Aislamiento mineral
- R: Aislamiento de hule
- SA: Aislamiento de silicio-asbesto
- T: Aislamiento termoplástico
- V: Aislamiento de cambray barnizado
- X: Aislamiento de polímero sintético barnizado

Los cables también se designan por su medio de operación como:

- H: Resistente al calor hasta 75°C
- HH: Resistente al calor hasta 90°C
- Si no hay designación significa 60°C

Otra designación adicional es la siguiente:

- W: Resistente a la humedad.
- UF: Para uso subterráneo

2.4 TIPOS DE CANALIZACIONES.

Una canalización es un conducto cerrado, diseñado para contener alambres, cables o buses-ducto, pueden ser metálicas o no metálicas.

2.4.1 TUBOS CONDUIT METÁLICOS.

Los tubos conduit metálicos, dependiendo del tipo usado se pueden instalar en exteriores o interiores, en áreas secas o húmedas, dan una excelente protección a los conductores. Los tubos conduit rígidos constituyen, de hecho, el sistema de canalización más comúnmente usado, porque prácticamente se pueden utilizar en todo tipo de atmósferas y para todas las aplicaciones.

Los tipos más usados son:

- De pared gruesa (tipo rígido).
- De pared delgada.
- Tipo metálico flexible (greenfield).

2.4.1.1 TUBO CONDUIT METÁLICO RÍGIDO DE PARED GRUESA.

Este tipo de tubo conduit se suministra en tramos de 3.05 m (10 ft) de longitud, en acero o aluminio, y se encuentra disponible en diámetros desde ½ plg (13 mm) hasta 6 plg (152.4 mm), cada extremo del tubo se proporciona con rosca y uno de ellos tiene un cople. El tubo metálico de acero normalmente es galvanizado.

El tubo conduit rígido puede quedar embebido en las construcciones de concreto (muros o lozas), o bien puede ir montado superficialmente con soportes especiales. También puede ir apoyado en bandas de tuberías. Algunas recomendaciones generales para su aplicación son las siguientes:

- El número de dobleces en la trayectoria total de un conduit no debe exceder a 360°.
- Siempre que sea posible y para evitar el efecto de la acción galvánica, las cajas y conectores usados con los tubos metálicos deben ser del mismo material.
- Los tubos deben soportar cada 3.05 m y dentro de 90 cm entre cada salida.

2.4.1.2 TUBO CONDUIT METÁLICO INTERMEDIO O SEMIPESADO.

Se fabrica en diámetros de hasta 4 plg (102 mm), su constitución es similar al tubo conduit rígido de pared gruesa, pero sus paredes son más delgadas, por lo que tiene mayor espacio interior disponible. Se debe tener mayor cuidado con el doblado de estos tubos, ya que tienden a deformarse. Tienen roscados los extremos igual que el de pared gruesa y, de hecho, sus aplicaciones son similares.

2.4.1.3 TUBO CONDUIT METÁLICO DE PARED DELGADA.

Estos tubos son similares a los de pared gruesa, pero tienen su pared interna mucho más delgada. Se fabrican en diámetros hasta de 4 plg (102 mm). Se pueden usar en instalaciones visibles u ocultas, embebido en concreto o embutido en mampostería, pero en lugares secos no expuestos a humedad o ambientes corrosivos. Estos tubos no tienen sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos rígidos de pared gruesa, de hecho, usan sus propios conectores de tipo atornillado.

2.4.1.4 TUBO CONDUIT METÁLICO FLEXIBLE.

Este es un tubo hecho de cinta metálica engargolada (en forma helicoidal), sin ningún recubrimiento. Hay otro tubo metálico que tiene una cubierta exterior, de un material no metálico para que sea hermético a los líquidos. Este tipo de tubo conduit es útil cuando se hacen instalaciones en áreas donde se dificultan los dobleces con tubo conduit metálico, o bien en lugares en donde existen vibraciones mecánicas que pueden afectar las uniones rígidas de las instalaciones. Este tubo se fabrica con un diámetro mínimo de 13 mm (1/2 plg) y un diámetro máximo de 102 mm (4 plg).

2.4.2 TUBO CONDUIT NO METÁLICO.

En la actualidad, hay mucho tipos de tubo conduit no metálicos que tienen una gran variedad de aplicaciones y están contruidos de distintos materiales, tales como el cloruro de polivinilo (PVC), la fibra de vidrio, el polietileno y otros. El más usado en instalaciones residenciales es el PVC, que es un material autoextinguible, resistente al colapso, a la humedad y a los agentes químicos específicos. Se puede usar en:

- Instalaciones ocultas.
- Instalaciones visibles, cuando no se exponga el tubo a daño mecánico.
- En lugares expuestos a los agentes químicos específicos, en donde el material es resistente.

No se debe usar en áreas y locales considerados como peligrosos:

- Para soportar luminarias o equipos.
- Cuando las temperaturas sean mayores de 70°C

Estos tubos se pueden doblar mediante la aplicación de aire caliente o líquido caliente.

Las instalaciones con tubo rígido PVC, se deben soportar a intervalos no mayores que los indicados:

Tubo de 13 y 19 mm	1.20 m
Tubo de 25 a 51 mm	1.50 m
Tubo de 63 y 76 mm	1.80 m
Tubo de 89 y 102 mm	2.10 m

2.4.3 TUBO DE POLIETILENO.

El tubo conduit de polietileno debe ser resistente a la humedad y a ciertos agentes químicos específicos. Su resistencia mecánica debe ser adecuada para proporcionar protección a los conductores y soportar el trato rudo a que se ve

sometido durante su instalación. Por lo general, se le identifica por el color anaranjado. Puede operar en voltajes hasta 150 Volts a tierra, embebido en concreto o embutido en muros, pisos y techos. También se puede enterrar a una profundidad no menos de ½ m. No se recomienda su utilización oculto en techos y plafones, en cubos de edificios e instalaciones visibles.

2.4.4 DUCTOS METÁLICOS CON TAPA.

Este tipo de ductos pueden tener la tapa enbisagrada o de tipo desmontable, sirve para contener y a la vez proteger a los conductores que se colocan o alojan en el ducto, cuando este ha sido ya totalmente instalado.

Se usan como canalizaciones visibles en lugares secos, cuando se instalan a la intemperie se deben especificar a prueba de agua. Estos ductos no se deben aplicar en los casos siguientes:

- Cuando puedan estar sujetos a daño mecánico severo.
- Cuando estén expuestos a vapores o gases corrosivos.
- Cuando se instalen en lugares clasificados como peligrosos.

Para los fines de espacio de ventilación, todos los conductores alojados en un ducto, lleven o no corriente, no deben ocupar más del 40% de la sección transversal interior del ducto y no deben alojar más de 30 conductores que lleven corriente.

Debido a problemas mecánicos, los ductos metálicos se diseñan de acuerdo al peso máximo de los conductores que pueden contener, por lo que no deben instalarse conductores de un calibre mayor al calibre para el cual se ha diseñado el ducto. Los accesorios de acoplamiento se deben soportar a intervalos que no excedan entre soportes 1.5 m. Los ductos se fabrican en dimensiones estándar de: 10 x 10 cm, 15 x 15 cm 20 x 20 cm y longitudes de 150 cm, 60 cm y 30 cm.

2.4.5 CHAROLAS PARA CABLES.

Las charolas o pasos de cable son conjuntos prefabricados en secciones rectas con herrajes que se pueden unir para formar sistemas de canalizaciones. En general se tienen disponibles tres tipos de charolas para cables:

- a) Las charolas de paso. Tienen un fondo continuo, ya sea con o sin ventilación y con anchos de 15 cm, 22 cm, 30 cm y 60 cm. Este equipo se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un soporte completo
- b) Charolas tipo escalera. Estas son de construcción muy sencilla, consiste de dos rieles laterales unidos o conectados por barrotes individuales. Por lo general se usan como soporte de los cables de potencia. Se fabrican en anchos estándar de: 15 cm, 22 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm y 75 cm. Se fabrican ya sea de acero o de aluminio.
- c) Charolas tipo canal. Están constituidas de una sección de canal ventilada. SE usan por lo general para soportar cables de potencia sencillos, múltiples o bien, varios cables de control (multiconductores). Se fabrican de acero o aluminio con anchos estándar de: 7.5 cm o 10 cm.

2.4.6 BUS-DUCTO.

El bus-ducto es un ensamble prefabricado de barras, aisladores y una canalización metálica, que se usan en diferentes formas para la distribución de potencia. Se tienen disponibles en distintas formas y capacidades, y la longitud estándar es de 3.05 m.

2.5 TABLEROS Y CENTROS DE CARGA.

El origen de los tableros y centros de carga se desarrollaron como consecuencia de las siguientes necesidades:

- Dividir grandes sistemas eléctricos en varios circuitos reduciendo calibres de conductores.
- Tener medios de conexión y de protección para cada circuito eléctrico de un sistema.
- Localizar en un solo lugar los dispositivos mencionados en el punto anterior.

Por tanto, un tablero se utiliza para dividir un circuito eléctrico en varios circuitos derivados, además de proveer de un medio de conexión y desconexión manual a cada uno de los circuitos derivados, proteger a cada uno de los circuitos contra sobrecorrientes, concentrar en un solo punto todos los interruptores.

El número de hilos en un tablero queda definido por la suma de Cables de línea y neutro que lo alimentan, teniéndose las siguientes combinaciones:

- a) Una fase tres hilos.
- b) Tres fases, tres hilos.
- c) Tres fases, cuatro hilos.

El tablero se puede montar de la siguiente forma:

- Empotrar: Cuando el tablero va embebido en los muros.
- Sobreponer: Cuando el tablero se fija sobre el muro.
- Auto soportado: El tablero se fija directamente sobre el piso.

2.6 INTERRUPTORES.

En las instalaciones de baja tensión (menores de 1000 V) los interruptores en *caja moldeada* son el principal tipo usado, se pueden dividir en dos categorías: El tipo magnético y el tipo electromagnético.

2.6.1 INTERRUPTORES MAGNÉTICOS (CON DISPARO INSTANTÁNEO).

Estos interruptores pueden ser del tipo magnético sin elemento térmico, responde a valores instantáneos de corriente, producto del arranque de motores o de corrientes de corto circuito a tierra. No están equipados con protección térmica. Disparan a un valor aproximadamente 3 veces su capacidad en su valor de ajuste bajo y hasta 10 veces en su ajuste alto. Algunos interruptores de disparo instantáneo tienen valores ajustables de disparo.

Los ajustes del circuito de disparo instantáneo son modificados para permitir la corriente de arranque de motores, se usan por lo general cuando los fusibles con retardo de tiempo ajustados a 5 veces la corriente nominal o el valor bajo del ajuste del interruptor a 3 veces, no soportan la corriente de arranque del motor.

Cuando se usan interruptores con disparo instantáneo, se debe proveer al motor con protección de sobrecarga para que se cubra el requisito de protección por sobrecarga del mismo.

En los interruptores con circuito de disparo instantáneo, solo se abren en forma instantánea para corto circuito entre fases o de fase a tierra. Nunca operan con elevaciones de temperatura lentas debidas a calentamientos en los devanados. En estos casos, se debe proveer una protección contra sobrecarga.

2.6.2 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS (DE TIEMPO INVERSO).

Los interruptores de tiempo inverso tienen disparo instantáneo o térmico. La acción térmica de estos interruptores responde al calor, por ejemplo, si el sistema de ventilación no opera en forma adecuada y el motor se calienta, entonces opera la protección térmica. Cuando ocurra un corto circuito, entonces la acción magnética del interruptor detectará el valor instantáneo de corriente y dispara al interruptor. Este es el tipo de interruptor que se usa en forma más común para aplicaciones comerciales e industriales.

Un interruptor de 100 A o menos, soporta un 300% de sobrecarga por 4 segundos a 220 Volts. Un interruptor puede permitir una sobrecarga del 300% durante 9 segundos en: 440 o 480 Volts.

AJUSTES DE DISPARO DE INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS DE TIEMPO INVERSO.

Tamaño (Amperes)	Volts	Por ciento de Carga Soportada	Tiempo en Segundos
100	220	300 %	4
100	480	300 %	9
110-225	220/480	300 %	35
400-500	220/480	300 %	50
600	220/480	300 %	40

2.7 ACCESORIOS.

Algunos de los accesorios más usados son:

- Apagadores.
- Contactos.
- Cajas eléctricas.
- Tapas.

2.7.1 APAGADORES.

Un apagador se define como un interruptor pequeño de acción rápida, operación manual y baja capacidad que se usa por lo general para el control de aparatos pequeños domésticos y comerciales, así como unidades de alumbrado pequeñas. Debido a que la operación de los apagadores es manual, los voltajes nominales no deben exceder a 600 V.

Existen diferentes tipos de apagadores, el más simple es el de una vía o monopolar, con dos terminales que se usan para "prender" o "apagar" una lámpara u otro objeto desde un punto de sencilla localización. Los llamados apagadores de tres vías se usan principalmente para controlar lámparas desde dos puntos

distintos, por lo que se requieren dos apagadores de tres vías para cada instalación donde se requiere este tipo de control.

Los apagadores sencillos para instalaciones residenciales se fabrican para 127 V y corrientes de 15 Amp.

Invariablemente en cualquier instalación eléctrica todos los apagadores se deben instalar de manera tal que se puedan operar manualmente y desde un lugar de fácil acceso. El centro de la palanca de operación de los apagadores no debe quedar a más de 2 m sobre el nivel de piso en ningún caso.

2.7.2 CONTACTOS.

Los contactos se usan para enchufar (conectar) por medio de clavijas dispositivos portátiles, tales como: lámparas, taladros portátiles, radios, etc.

Estos contactos deben ser para una capacidad nominal no menor de 15 Amp para 125 V y no menor de 10 Amp para 250 V.

Los contactos pueden ser sencillos o dobles, del tipo polarizado (para conexión a tierra) y a prueba de agua. En los casos más comunes vienen sencillos pero se pueden instalar en cajas combinadas con apagadores.

Los contactos se localizan aproximadamente de 35 a 40 cm con respecto al nivel del piso (considerándose como piso terminado). En caso de cocinas en casas habitación, así como en baños es común instalar los contactos en la misma caja que los apagadores, por lo que la altura de instalación queda determinada por los apagadores, es decir, entre 1.2 y 1.35 m sobre el nivel del piso.

2.7.3 CAJAS ELÉCTRICAS.

Son la terminación que permite acomodar las llegadas de los distintos tipos de tubo conduit, cables armados, o tubos no metálicos; con el propósito de empalmar cables y proporcionar salidas para contactos, apagadores, cálidas para lámparas y luminarias en general.

Las cajas se identifican por sus nombres, pero en general son funcionalmente intercambiables, con algunas pocas excepciones. Se fabrican metálicas y no metálicas, básicamente la selección de una caja depende de lo siguiente:

- El número de conductores que entran
- El tipo y número de dispositivos que se conectan a la caja
- El método de alambrado usado

Cuando se utilicen cajas o accesorios metálicos en instalaciones visibles sobre aisladores, los conductores deben entrar en ellos a través de boquillas aislantes o en alguna otra forma que proporcione una protección equivalente. En instalaciones con tubos rígidos o flexibles o con cable con cubierta metálica, las cajas o accesorios metálicos deben estar unidos a ellos por medio de accesorios aprobados para tal objeto.

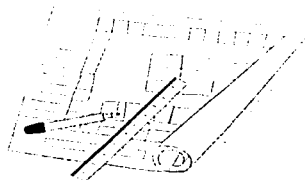
Cuando se utilicen cajas no metálicas en instalaciones visibles sobre aisladores, los conductores deben entrar a las cajas a través de orificios individuales. En caso de usarse cajas no metálicas en instalación con cable visible, este debe penetrar con todo y cubierta exterior hasta dentro de las cajas por uno de sus orificios.

2.7.4 TAPAS.

Todas las cajas de salida deben estar provistas de una tapa, a menos que los aparatos instalados tengan una cubierta ornamental, que provea una protección equivalente.

- a) En cajas de salida no metálicas deben usarse tapas no metálicas.
- b) Si se usan cubiertas ornamentales en paredes o techos de material combustible, debe intercalarse una capa de material no combustible entre dichas cubiertas y las paredes o techos.
- c) Las tapas de cajas de salida con orificios a través de los cuales pasen cordones flexibles colgantes, deben estar provistas de boquillas protectoras, o bien los orificios deben tener sus aristas bien redondeadas, de manera que los conductores no se maltraten

CAPITULO 3



PROYECTOS.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.1 RECOMENDACIONES

Las canalizaciones o tuberías donde se tengan que alimentar lámparas, contactos monofásicos o trifásicos deberán ser totalmente independientes de las canalizaciones en donde se tengan que alimentar motores (sistemas de fuerza).

Es recomendable que se cuente con dos planos como mínimo, uno para el sistema de fuerza y el otro para el sistema de alumbrado y contactos.

La localización de los motores se deberá identificar con pequeños círculos, así como un número para no confundirlos. Además de lo cuadros de carga de alumbrado y contactos, se tendrán también cuadros de carga en donde se tienen los números de los circuitos, el calibre de los conductores y su protección térmica, para la capacidad de las lámparas y los contactos, etc. Se deberá elaborar un plano de fuerza que cuente con su cuadro de carga que indique las características de los motores como: su potencia, calibre de los conductores, arrancadores, interruptores magnéticos y termomagnéticos, que son sus correspondientes protecciones.

Para poder cotizar una instalación industrial, puede tomarse como referencia que se deberá cobrar por tendido de líneas de alimentación, por colocación y conexión de interruptores, centros de carga, tableros, motores, etc. Así como también deberá tomarse en cuenta el grado de dificultad en el trabajo, que puede ser consecuencia de la construcción del local o también del medio ambiente.

Se deberán entregar dos copias heliográficas legibles, de cada plano, los cuales mostrarán las plantas de que consta la construcción; en casos de edificios que tengan más de dos pisos, se deberán indicar las condiciones verticales de los alimentadores, mediante cortes o elevaciones.

En la canalización se deberá indicar: diámetro y material de tuberías, dimensiones y material de otros ductos; calibre y número de conductores utilizados.

Emplear nomenclaturas para la designación de: tableros alimentadores, circuitos, dispositivos de protección y control, conservando la misma designación en las demás representaciones.

Hacer un diagrama unifilar donde se muestren: acometida, medidor, interruptores, arrancadores, motores, contactos, lámparas, salidas especiales, etc. Y además equipo que se tenga en fuerza y alumbrado.

Todos los planos deberán traer un cuadro de distribución de cargas para fuerza y alumbrado, indicando sus características eléctricas; debiéndose considerar 5 como mínimo para los contactos instalados en fuerza, se deberá especificar cuando así lo requieran las necesidades, contactos de mayor capacidad.

Todo motor y circuito derivado deberá estar provisto de la protección necesaria contra cortocircuito y sobrecorriente; así mismo cada motor deberá tener su arrancador a plena carga o a tensión reducida.

Deberán traer anotadas el número de cajas de conexión, considerando como de conexión la que aloja la unión de dos o más conductores que alimenten un servicio determinado.

Indicar el desequilibrio entre fases, que no deberá exceder del 5% de la mayor.

Los equipos y materiales metálicos no destinados a conducir energía eléctrica, deberán conectarse sólidamente a un sistema general de tierras adecuado.

Indicar la configuración de la maquinaria y la presentación de una memoria técnica descriptiva si esto se amerita por la importancia de las obras.

3.2 REQUERIMIENTOS DE ESPACIOS OBLIGADOS EN EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

Los espacios requeridos en una instalación se deben determinar de tal forma que no solo consideren factores de acomodamiento con respecto a otros elementos o instalaciones del local, sino que además deben de considerar la facilidad necesaria para el mantenimiento.

Los requerimientos de espacios deben preverse a partir de la elaboración esquemática del anteproyecto arquitectónico, que con coordinación adecuada puede conducir a un proyecto técnico económico óptimo, debiendo cumplir en principio con:

- a) La obligación de cumplir con las normas establecidas por el reglamento de la NOM.
- b) Los espacios motivados por la estructura.
- c) Los espacios convenientes para la correcta coordinación y elaboración de las instalaciones.
- d) Las necesidades complementarias para que las instalaciones sean accesibles en su operación, mantenimiento y supervisión.
- e) Los adicionales para la construcción o ampliación de instalaciones.
- f) Las provisiones de ventilación natural para evitar concentraciones de calor que dañen al equipo eléctrico.

3.3 SUMINISTRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

Las compañías suministradoras proporcionan la energía eléctrica en corriente alterna en baja o alta tensión, en el caso de alimentación para cargas considerables de tipo comercial o residencial e industrial, es trifásica a las tensiones y frecuencia de operación nominales ya establecidas con tolerancias con relación a los valores nominales del orden siguiente: $\pm 1\%$ en la frecuencia y $\pm 5\%$ en la tensión.

Por lo general la tensión de suministro trifásico a tres hilos en conexión delta con tensiones de: 20, 23 o 13.2 KV con valor de nivel de impulso de 150 KV para el nivel de 20/23 KV y 95 KV para 13.2 KV

Distribución.

La distribución en baja tensión se hace por medio de un sistema que el usuario prevé, de tres fases y cuatro hilos en conexión estrella con neutro conectado a tierra con tensiones de: 127, 5/220 V para edificios y algunos comercios y 440/220/127.5 V para industrias con niveles de impulso de 60 y 30 KV en cada caso.

De acuerdo con lo anterior los transformadores de distribución en las subestaciones de los usuarios deberán ser trifásicos o bancos trifásicos de transformadores monofásicos con las características siguientes:

ALTA TENSIÓN.

Tensión nominal de suministro (Acometida)	13.2, 20 o 23 KV
Clase de aislamiento	15 o 25 KV
Nivel de impulso	95 o 150 KV
Número de fases	3 con tres hilos
Conexión	Delta
Frecuencia	60 Hz
Derivaciones	Las necesarias

BAJA TENSIÓN.

Tensión nominal de salida	220/127 o 440 V
Clase de aislamiento	1.2 KV
Nivel de impulso	30 KV
Número de fases	3 con cuatro hilos
Conexión	Estrella
Frecuencia	60 Hz

En el proyecto desde luego que se incluirán además del transformador, los dispositivos, equipos y aparatos que sean necesarios para el suministro de alta tensión y la distribución en baja tensión.

3.4 SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.

Cualquier sistema de distribución de electricidad requiere una serie de equipos suplementarios para proteger los generadores, transformadores y las propias líneas de conducción. Suelen incluir dispositivos diseñados para regular la tensión que se proporciona a los usuarios y corregir el factor de potencia del sistema.

Ya que la función principal de estos elementos es proteger contra cortocircuito y contra sobrecorriente o sobrecarga, es conveniente definir ambos términos:

Cortocircuito: es un circuito en el que se efectúa una conexión directa, sin resistencia, inductancia ni capacitancia apreciables, entre los terminales de la fuente de fuerza electromotriz.

Sobrecarga o sobrecorriente: Es una corriente mayor al flujo de corriente normal dentro de un circuito.

Los cortocircuitos se utilizan para proteger todos los elementos de la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas y para realizar las operaciones de conmutación ordinarias. Estos cortocircuitos son grandes interruptores que se activan de modo automático cuando ocurre un cortocircuito o cuando una circunstancia anómala produce una subida repentina de la corriente. En el momento en el que este dispositivo interrumpe la corriente se forma un arco eléctrico entre sus terminales. Para evitar este arco, los grandes cortocircuitos, como los utilizados para proteger los generadores y las secciones de las líneas de conducción primarias, están sumergidos en un líquido aislante, por lo general aceite. También se utilizan campos magnéticos para romper el arco. En tiendas, fábricas y viviendas se utilizan pequeños cortocircuitos diferenciales. Los aparatos eléctricos también incorporan unos cortocircuitos llamados fusibles, consistentes en un alambre de una aleación de bajo punto de fusión; el fusible se introduce en el circuito y se funde si la corriente aumenta por encima de un valor predeterminado.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, deben cumplir con los siguientes requerimientos generales:

- a) Ser completamente automáticos.
- b) Transportar la corriente normal sin interrupción.
- c) Interrumpir inmediatamente las sobrecorrientes.
- d) Ser fácilmente reemplazables o reestablecidos.
- e) Ser seguros bajo condiciones normales y de sobrecorriente.

Y para cumplir como protección contra corto circuito, deben:

- Ser capaces de cerrar en forma segura sobre cualquier valor de corriente de carga o corriente de corto circuito, dentro del rango de capacidad momentánea del dispositivo.
- Ser seguros para abrir cualquier corriente que pueda circular dentro del rango de interrupción del dispositivo.
- Interrumpir automáticamente un flujo anormal de corriente dentro de su capacidad interruptiva.

Los interruptores para sistemas de voltaje superiores a 600 V se dividen en cuatro grupos básicos:

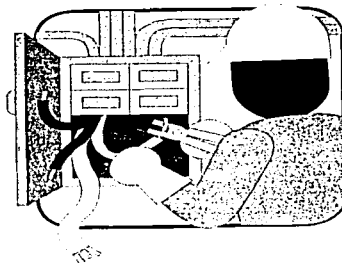
- 1) Interruptores en aire: Como su nombre lo indica interrumpen únicamente con aire entre sus contactos. Operan generalmente con voltajes entre el rango de 2400 a 34500 V y generalmente son usados en instalaciones en interiores.
- 2) Interruptores en vacío: Estos interruptores abren sus contactos eléctricos dentro de una cámara de vacío. Tienen ventajas como ser rápidos para extinguir el arco eléctrico, poco ruido de operación, larga vida de operación y reducción de riesgos de explosión en lugares peligrosos.
- 3) Interruptores en aceite: Están formados básicamente por un recipiente que contiene aceite, dentro del cual se instalan los contactos y el mecanismo de operación, de tal forma que el arco eléctrico resultante de la operación se extingue por medio del aceite. Estos interruptores se aplican por lo general dentro del rango de tensión de 2.4 a 400 KV. En voltajes superiores a 69 KV se coloca un depósito de aceite para cada polo.

- 4) **Interruptores en gas:** Se utilizan por lo general para alta tensión (hasta 765 KV); usan un gas inerte en el módulo de interrupción.

Los fusibles para sistemas mayores a 600 V se enumeran abajo:

- 1) **Fusibles de potencia limitadores de corriente:** Están diseñados para fundirse antes de que la corriente de cortocircuito tenga tiempo de alcanzar su valor pico, por lo tanto, limitan la corriente a un nivel seguro para el equipo y dispositivos que se van a proteger.
- 2) **Fusibles de potencia no limitadores de corriente:** Básicamente están contruidos de un tubo aislante con extremos atornillables y un eslabón fusible conectado entre los dos contactos en los extremos del tubo, para formar la trayectoria o paso de la corriente.
- 3) **Fusibles tipo distribución para uso en cortocircuito.** Generalmente lo usan las compañías eléctricas que distribuyen energía en las redes de distribución aérea. La mayor parte de estos fusibles están hechos con un aislador de porcelana que soporta al cartucho que contiene el elemento fusible.

CAPITULO 4



DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.1 ANALISIS GENERAL DEL PROYECTO.

A fin de ejemplificar como se pudiera hacer el cálculo y selección de luminarios, conductores, canalizaciones, instalación de maquinaria, etc. Se propone realizar el proyecto de una nave industrial, la cual será acondicionada para su uso como una fábrica de inyección de plástico. El plano correspondiente a la construcción se encuentra al final de este trabajo, y en él se puede observar las áreas de las que esta compuesta esta fábrica ya que en lo sucesivo sólo se nombrarán para hacer referencia al lugar de estudio.

CAPITULO 5



SELECCION Y CALCULO DE LA ILUMINACIÓN.

5.1 NIVELES DE ILUMINACIÓN.

A continuación se establecen los niveles de iluminación recomendados para cada una de las áreas de las que esta compuesta la compañía.

Debido a que la zona de almacén podría contener en algún momento tanto piezas muy grandes como muy pequeñas, se supondrá un nivel de iluminación de 300 luxes, de acuerdo a la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación (SMII).

De la misma forma para la zona de maquinado se considera un nivel de iluminación de 300 luxes.

El taller de mantenimiento se considera como un taller mecánico de trabajo burdo de máquinas y banco; por lo tanto le corresponde un nivel de iluminación de 300 luxes.

El comedor se diseña sin techo, para aprovechar la iluminación, ya sea natural o artificial; y como el resto de las zonas (áreas) son muy pequeñas y no requieren un nivel de iluminación superior a los 300 luxes; se optará por un arreglo general de la planta con dicho nivel.

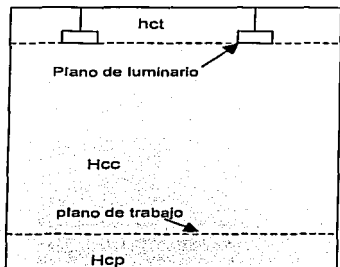
Las oficinas se iluminarán tomando en cuenta que en ellas se realizará un trabajo ordinario de oficina, con lo cual le corresponden 600 luxes como marca el SMII.

Por último, el baño y la caseta de vigilancia se iluminarán con un nivel de 100 luxes en cada área.

5.2 SELECCION Y CÁLCULO DEL NUMERO DE LUMINARIOS.

Para determinar la cantidad de luminarios a un nivel deseado, el cual ha sido establecido en el apartado anterior, nos apoyaremos del método de Lumen descrito a continuación.

Nos apoyaremos de un sencillo diagrama para establecer ciertas variables de suma importancia.



hct: Altura cavidad de techo
 hcc: Altura cavidad de cuarto
 hcp: altura cavidad de piso

NÚMERO DE LUMINARIOS

$$\text{No. Luminarios} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{lm/Lum}(\text{CU})(\text{FM})} \quad (1)$$

donde, lm/Lum: Lúmenes por luminario

E: Intensidad luminosa

CU: Coeficiente de iluminación

FM: Factor de mantenimiento

$$\text{FM} = \text{LLD} \times \text{LDD} \quad (2)$$

donde,

LLD: Factor de depreciación

LDD: Depreciación por suciedad

El coeficiente de utilización CU, para el método de cavidad zonal se calcula de tablas con ayuda de la siguiente expresión:

$$\text{RCR} = \frac{5hcc(\text{Largo} + \text{Ancho})}{\text{Area}} \quad (3)$$

Una lámpara o luminario nuevo emitirá el 100% de la intensidad luminosa para la que fue diseñado, pero conforme transcurre el tiempo la intensidad luminosa disminuirá. Cuando se habla de un promedio mantenido de iluminación se deberá considerar el factor de depreciación LLD.

El coeficiente de depreciación por suciedad se deberá tener en cuenta debido a que la acumulación de suciedad en los luminarios tiene como consecuencia una disminución en la emisión luminosa, y por consecuencia una disminución en la intensidad luminosa sobre el plano de trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El espaciamiento teórico ST es la distancia que habrá entre los luminarios que se han seleccionado, y este dato esta dado por el proveedor en sus diversos catálogos.

Para calcular el espaciamiento teórico se emplea la siguiente fórmula

$$ST = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\text{No.de Luminarios}}} \quad (4)$$

Y el arreglo se hace de acuerdo a:

$$\text{No de Columnas} = \frac{\text{Ancho}}{ST} \quad (5)$$

$$\text{No. De renglones} = \frac{\text{No.de Luminarios}}{\text{No.de Columnas}} \quad (6)$$

El número de columnas y renglones es el teórico, por lo que muy seguramente habrá que hacer un arreglo entre renglones y columnas para acercarlo lo más posible a la cantidad de luminarios calculados con anterioridad.

En la información fotométrica, el fabricante nos indica el espaciamiento recomendado SC. Con este dato calculamos el espaciamiento máximo S_{\max} que es:

$$S_{\max} = SC \times hcc \quad (7)$$

Y debemos comprobarlo con la siguiente fórmula:

$$S_{\text{real}} \leq S_{\max} \quad (8)$$

Si esta condición no se cumple, debemos hacer los cálculos con otro tipo de luminario que tenga, obviamente, otro tipo de curva.

5.3 CALCULO DE ILUMINACIÓN PARA LA NAVE INDUSTRIAL.

Para la nave industrial se tomarán los siguientes valores:

hct = 2 m

hcc = 7 m

hcp = 1 m

Reflexión en el piso de 20%

Reflexión en el techo de 30%

Reflexión en la pared de 30%

Largo de la nave a iluminar = 45 m

Ancho de la nave a iluminar = 46 m

Nivel de iluminación = 300 luxes

Calculando la intensidad luminosa tenemos:

$$I = E \times D^2 \quad (9)$$

Donde,

I: Intensidad luminosa (cd)

E: Nivel de iluminación (lx)

D: Distancia (m) = hcc

$$I = 300 (7^2) = 14\ 700 \text{ cd}$$

Se utilizarán lámparas de vapor de sodio alta presión para la nave industrial.

Se selecciona un luminario con aproximadamente el 70% o el 80% del nivel de candelas antes obtenido para 0° verticales

Se opta entonces por un luminario Prismpack catalogo 739 de Holophane, con las siguientes características:

- Lámpara 250 Watts claro
- 27500 Lúmenes
- SC = 1.3

Para calcular el número de luminarios empleamos la fórmula descrita con anterioridad:

Primero determinaremos la depreciación por suciedad (LDD) buscando en la categoría del luminario, que para este caso es categoría III, posteriormente y según el tipo de ambiente en esta ocasión será ambiente medio con lo cual busquemos en tablas el factor LDD.

Como se les dará mantenimiento cada 18 meses, correspondería un LDD de 0.82

Por otra parte el factor LLD se obtiene directamente de tablas con los datos del luminario y será para este caso en particular de 0.9

Por lo tanto

$$FM = 0.9 \times 0.82 = 0.738$$

Para calcular el CU es necesario calcular antes el factor RCR de cavidad zonal mediante la fórmula (3)

$$RCR = \frac{5(7)(45 + 46)}{45 \times 46} = 1.54$$

Con este valor y haciendo caso a los porcentajes de reflexión antes establecidos obtenemos el valor de CU (el valor se obtiene mediante una interpolación).

$$CU = 0.736$$

Ahora ya podemos calcular el número de luminarios necesarios mediante la fórmula (1):

$$No. de Luminarios = \frac{300(45)(46)}{27500(0.736)(0.738)} = 41.6$$

En este caso se redondea el valor a **42 luminarios**.

Para hacer el arreglo de los luminarios, empleemos la fórmula (4)

$$ST = \sqrt{\frac{45(46)}{42}} = 7.02 \text{ m}$$

El número de columnas con la fórmula (5)

$$\text{No.de Columnas} = \frac{46}{7.02} = 6.55$$

Para este ejercicio se redondea el valor a **7 columnas**.

El número de renglones de (6):

$$\text{No.de Renglones} = \frac{42}{7} = 6$$

Resultan por tanto **6 renglones**.

Como comprobación utilizamos la fórmula (8) para comparar los valores de espaciamiento teórico y real.

$$7.02 \leq (1.3)(7)$$

$$7.02 \leq 9.1$$

Podemos decir que el arreglo y la selección de los luminarios son correctos.

5.4 CALCULO DE ILUMINACIÓN PARA LAS OFICINAS ADMINISTRATIVAS.

Para calcular la iluminación en las oficinas administrativas, se tomarán los siguientes valores:

hct = 0 m

hcc = 2 m

hcp = 1 m

Reflexión en el piso de 20%

Reflexión en el techo de 80%

Reflexión en la pared de 50%

Largo de las oficinas a iluminar = 20 m

Ancho de las oficinas a iluminar = 5 m

Nivel de iluminación = 600 luxes

Calculando la intensidad luminosa mediante la fórmula (9) establecida con anterioridad tenemos:

$$I = 600 \times 2^2 = 2400 \text{ cd}$$

Se utilizarán lámparas fluorescentes de tipo empotrable catalogo 6163-232 de Holophane con las siguientes características:

- Lámparas fluorescentes de 64 Watts encendido rápido.
- 6080 Lúmenes
- SC = 1.3

Para calcular el número de luminarios empleamos la fórmula descrita con anterioridad:

Primero determinaremos la depreciación por suciedad (LDD) buscando en la categoría del luminario, que para este caso es categoría V, posteriormente y según el tipo de ambiente en esta ocasión será ambiente limpio con lo cual buscamos en tablas el factor LDD.

Como se les dará mantenimiento cada 18 meses, correspondería un LDD de 0.86. Por otra parte el factor LLD se obtiene directamente de tablas con los datos del luminario y será para este caso en particular de 0.82

Por lo tanto

$$FM = 0.86 \times 0.82 = 0.705$$

Para calcular el CU es necesario calcular antes el factor RCR de cavidad zonal mediante la fórmula (3)

$$RCR = \frac{5(2)(20+5)}{20 \times 5} = 2.5$$

Con este valor y haciendo caso a los porcentajes de reflexión antes establecidos obtenemos el valor de CU (el valor se obtiene mediante una interpolación).

$$CU = 0.515$$

Ahora ya podemos calcular el número de luminarios necesarios mediante la fórmula (1):

$$No.de Luminarios = \frac{600(20)(5)}{6080(0.515)(0.705)} = 27.1$$

En este caso se redondea el valor a **27 luminarios**.

Para hacer el arreglo de los luminarios, empleemos la fórmula (4)

$$ST = \frac{5(20)}{27} = 1.9 \text{ m}$$

El número de columnas con la fórmula (5)

$$No.de Columnas = \frac{20}{1.9} = 10.5$$

Para este ejercicio se tomara un valor de **9 columnas**, a pesar de que los cálculos indican que deberían ser 10 u 11 columnas. Esto se hace para poder hacer un arreglo más adecuado, porque de lo contrario se sobrepasaría con mucho el valor de iluminación ($11 \times 3 = 33$ luminarios) o por el contrario, se iluminaría en forma deficiente al colocar menos luminarios ($11 \times 2 = 22$ luminarios).

Entonces, el número de renglones, empleando la fórmula (6) será de:

$$No.de Renglones = \frac{27}{9} = 3$$

Resultan por tanto **3 renglones**.

Como comprobación utilizamos la fórmula (8) para comparar los valores de espaciamento teórico y real.

$$1.9 \leq (1.3)(2) \\ 1.9 \leq 2.6$$

Podemos decir que el arreglo y la selección de los luminarios son correctos.

5.5 CALCULO DE ILUMINACIÓN PARA LA OFICINA DEL ALMACEN.

Para calcular la iluminación en la oficina del almacén, se tomarán los siguientes valores:

hct = 0 m

hcc = 2 m

hcp = 1 m

Reflexión en el piso de 20%

Reflexión en el techo de 80%

Reflexión en la pared de 50%

Largo de las oficinas a iluminar = 7 m

Ancho de las oficinas a iluminar = 5 m

Nivel de iluminación = 600 luxes

Calculando la intensidad luminosa mediante la fórmula (9) establecida con anterioridad tenemos:

$$I = 600 \times 2^2 = 2400 \text{ cd}$$

Se utilizarán lámparas fluorescentes de tipo empotrable catalogo 6163-232 de Holophane con las siguientes características:

- Lámparas fluorescentes de 64 Watts encendido rápido.
- 6080 Lúmenes
- SC = 1.3

Debido a que se seleccionaron el mismo tipo de lámparas, y con las mismas características de ambiente y de mantenimiento, los valores serán los mismos, esto quiere decir que el factor de mantenimiento será:

$$FM = 0.705$$

Para calcular el CU es necesario calcular antes el factor RCR de cavidad zonal mediante la fórmula (3)

$$RCR = \frac{5(2)(7+5)}{7 \times 5} = 3.43$$

Con este valor y haciendo caso a los porcentajes de reflexión antes establecidos obtenemos el valor de CU (el valor se obtiene mediante una interpolación).

$$CU = 0.504$$

Ahora ya podemos calcular el número de luminarios necesarios mediante la fórmula (1):

$$No.de Luminarios = \frac{600(7)(5)}{6080(0.504)(0.705)} = 9.7$$

En este caso se redondea el valor a **9 luminarios**.

Para hacer el arreglo de los luminarios, empleemos la fórmula (4)

$$ST = \sqrt{\frac{5(7)}{9}} = 1.97 \text{ m}$$

El número de columnas con la fórmula (5)

$$No.de Columnas = \frac{7}{1.97} = 3.5$$

Para este ejercicio se tomara un valor de **3 columnas**.

Entonces, el número de renglones, empleando la fórmula (6) será de:

$$No.de Renglones = \frac{9}{3} = 3$$

Resultan por tanto **3 renglones**.

Como comprobación utilizamos la fórmula (8) para comparar los valores de espaciamento teórico y real.

$$1.97 \leq (1.3)(2) \\ 1.97 \leq 2.6$$

Podemos decir que el arreglo y la selección de los luminarios son correctos.

5.6 CALCULO DE ILUMINACIÓN PARA LOS BAÑOS.

Para calcular la iluminación en los baños se tomarán los siguientes valores, pero solo se hará para uno de los dos baños ya que estos son iguales:

hct = 0 m

hcc = 1.5 m

hcp = 1 m

Reflexión en el piso de 20%

Reflexión en el techo de 80%

Reflexión en la pared de 50%

Largo de las oficinas a iluminar = 5 m

Ancho de las oficinas a iluminar = 3 m

Nivel de iluminación = 100 luxes

Calculando la intensidad luminosa mediante la fórmula (9) establecida con anterioridad tenemos:

$$I = 100 \times 1.5^2 = 225 \text{ cd}$$

Se utilizarán lámparas fluorescentes de tipo empotrable catalogo 6163-232 de Holophane con las siguientes características:

- Lámparas fluorescentes de 64 Watts encendido rápido.
- 6080 Lúmenes
- SC = 1.3

Este tipo de luminario sobre pasa los parámetros requeridos para iluminar este cuarto, pero por su precio resulta una buena opción.

Debido a que se seleccionaron el mismo tipo de lámparas, y con las mismas características de ambiente y de mantenimiento, los valores serán los mismos, esto quiere decir que el factor de mantenimiento será:

$$FM = 0.705$$

Para calcular el CU es necesario calcular antes el factor RCR de cavidad zonal mediante la fórmula (3)

$$RCR = \frac{5(1.5)(5+3)}{5 \times 3} = 4$$

Con este valor y haciendo caso a los porcentajes de reflexión antes establecidos obtenemos el valor de CU (el valor se obtiene mediante una interpolación).

$$CU = 0.47$$

Ahora ya podemos calcular el numero de luminarios necesarios mediante la fórmula (1):

$$No.de Luminarios = \frac{100(5)(3)}{6080(0.47)(0.705)} = 0.74$$

En este caso, los cálculos indican que con un solo luminario sería suficiente, pero teniendo en cuenta que en los baños existen divisiones interiores se recomendará colocar **2 luminarios**.

Como es lógico pensar, todos los cálculos para comprobar si el luminario cumple con las mínimas restricciones estarán satisfechos ya que se puso un número mayor de luminarios al que indica la teoría. De aquí que los cálculos posteriores no se realizarán y se deducirá que el arreglo será de **2 columnas y 1 renglón**.

5.7 CALCULO DE ILUMINACIÓN PARA LA CASETA DE VIGILANCIA.

Para calcular la iluminación en la caseta de vigilancia se harán una serie de consideraciones expuestas más adelante.

Las características para iluminar esta área son las siguientes:

$hct = 0 \text{ m}$

$hcc = 2 \text{ m}$

$hcp = 1 \text{ m}$

Reflexión en el piso de 20%

Reflexión en el techo de 80%

Reflexión en la pared de 50%

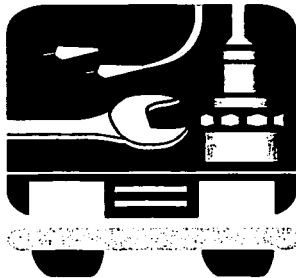
Largo de las oficinas a iluminar = 2 m

Ancho de las oficinas a iluminar = 3 m

Nivel de iluminación = 100 luxes

Partiendo del análisis hecho en la iluminación del baño, deducimos que un solo luminario con las mismas características será más que suficiente para poder satisfacer las necesidades de iluminación en la caseta de vigilancia y se colocara en el centro del cuarto.

CAPITULO 6



CONDUCTORES, CANALIZACIONES Y PROTECCIONES PARA EL SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.1 CALCULO DE LOS CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DEL CIRCUITO ALIMENTADOR.

Se diseñará un circuito exclusivo para el sistema de contactos y alumbrado de toda la planta, incluyendo las oficinas y los baños.

Como primer paso se determinará la carga total de este circuito, con ayuda del siguiente cuadro de cargas:

DESCRIPCION	CANTIDAD DE EQUIPO	CARGA INDIVIDUAL DEL EQUIPO	PERDIDAS EN EL BALASTRO*	CARGA INDIVIDUAL+ PERDIDAS	CARGA TOTAL DEL EQUIPO
Lámpara Industrial	42	250 W	62.5 W	312.5 W	13,125 W
Lámpara Fluorescente	41	64 W	16 W	80 W	3,280 W
Contactos	18	180 W	---	180 W	3,240 W
Carga Total a Instalar					19,645 W

*Las pérdidas aplican para balastos electromagnéticos y son del 25%

Ya sabemos ahora que para este circuito la carga que será instalada es de 19,645 W, con este valor calculamos la corriente máxima del circuito para los conductores alimentadores.

Para un sistema trifásico de 4 hilos se tiene:

$$I = \frac{W}{3 \times E_n \times \cos \phi} \quad (10)$$

donde,

E_n : Voltaje de fase

$\cos \phi$: Factor de potencia

$$I = \frac{19645}{3 \times 127 \times 0.9} = 57.29 \text{ Amp}$$

Basados en la NOM de acuerdo a la tabla 310-16, para este flujo de corriente le corresponde un conductor calibre AWG No.6 THW de Cobre.

Para calcular el tamaño de la canalización se debe considerar el número y calibre de los conductores que va a alojar, ya que este numero no debe exceder el porcentaje de ocupación que establece la NOM en la tabla 10-1. Para este caso será del 40% ya que se consideran cuatro conductores (incluyendo al neutro) ya que podría llegar a conducir corriente.

De acuerdo a la tabla 10-5 de la NOM el área transversal de un conductor calibre AWG No. 6 THW de cobre es de 46.8 mm²; por lo tanto, la suma de las áreas transversales incluyendo al neutro será de:

$$ATC = 4 \times 46.8 = 187.2 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la siguiente fórmula:

$$ATIT = \frac{ATC}{POC} \times 100 \quad (11)$$

Donde,

ATIT: Arrea transversal interior total del tubo conduit

ATC: Suma de las áreas transversales de cada cable que va a alojar el tubo.

POC: Porcentaje de ocupación del tubo conduit

Calculando el área del tubo de acuerdo a la fórmula (11) tenemos:

$$ATIT = \frac{187.2}{40} \times 100 = 468 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 488 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 27 mm (1"), ya que tiene una área interior de 557 mm².

Ahora determinamos el valor de la protección. Será un interruptor automático termomagnético y nos apoyamos de la siguiente expresión.

$$I_{\text{protección}} = 1.2 \times I$$

$$I_{\text{protección}} = 1.2 \times 57.29 = 68.7 \text{ Amp}$$

Entonces seleccionamos una protección de 70 Amperes.

6.2 CALCULO DE LOS CONDUCTORES, CANALIZACIONES Y PROTECCIONES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS.

Primero se deberán calcular el número de circuitos de acuerdo al arreglo que se hará, tomando en cuenta el valor de las protecciones.

6.2.1 LÁMPARAS INDUSTRIALES (PROTECCIÓN DE 15 AMPERES).

Primero se deberá calcular el valor de la carga total que podría llegar a soportar la protección seleccionada (en este caso 15 Amperes).

$$W = E_n \times I \times \cos \phi$$

$$W = 220(15)(0.9) = 2970 \text{ W}$$

Para calcular el número de luminarios que se pueden controlar con dicha protección será:

$$\text{No. de Lu min arios} = \frac{W_{\text{total}}}{W_{\text{Lu min ario}}}$$

$$\text{No. de Lu min arios} = \frac{2970}{312.5} = 9.5$$

Para poder hacer un balanceo adecuado, se recomienda instalar un número de circuitos que sea múltiplo de tres, por esta razón, decidimos que cada protección controlará 7 luminarios y así obtendremos 6 circuitos fáciles de balancear.

El siguiente paso es calcular la corriente que circulara por cada uno de los circuitos y debido a que los 6 circuitos son iguales, bastara con analizar uno de ellos.

$$I = \frac{W_{\text{Totales por circuito}}}{E_f \times \cos \phi}$$

$$I = \frac{7(312.5)}{220(0.9)} = 11.05 \text{ Amp}$$

Para este flujo de corriente y basados en la NOM tabla 310-16 observamos que le corresponde un conductor calibre AWG No. 14 THW de Cobre.

Para calcular el tamaño de la canalización se debe considerar el número y calibre de los conductores que va a alojar, ya que este numero no debe exceder el porcentaje de ocupación que establece la NOM en la tabla 10-1. Para este caso será del 40% ya que se consideran cuatro conductores (incluyendo al neutro) ya que podría llegar a conducir corriente.

De acuerdo a la tabla 10-5 de la NOM el área transversal de un conductor calibre AWG No. 14 THW de cobre es de 8.97 mm²; por lo tanto, la suma de las áreas transversales incluyendo al neutro será de:

$$ATC = 4 \times 8.97 = 35.88 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{35.88}{40} \times 100 = 89.7 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 89.7 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 16 mm (1/2"), ya que tiene una área interior de 196 mm².

Cabe señalar que el cálculo de la canalización que se acaba de realizar es tan sólo para un luminario ya que se consideraron únicamente 4 conductores (Con el neutro incluido). A continuación se calculará la canalización completa para uno de los circuitos ya que hacerlo para cada uno es bastante repetitivo.

Hasta el primer luminario la canalización debe llevar 14 conductores calibre AWG No. 14 THW de Cobre, los cuales corresponden a las dos fases por cada luminario y además deberá contener 1 conductor calibre AWG No. 14 THW de Cobre, que sería del neutro

Sabiendo que el área de sección transversal del conductor calibre AWG No. 14 THW de Cobre es de 8.97 mm^2 , tenemos:

$$ATC = 15 \times 8.97 = 134.55 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{134.55}{40} \times 100 = 336.3 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 336.3 mm^2 en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 21 mm (3/4"), ya que tiene una área interior de 344 mm^2 .

Los cálculos realizados y que no se mostrarán por no ser tan repetitivos indican que el diámetro de la canalización disminuye hasta la salida del 4° luminario, como se aprecia abajo.

A la salida del 4° luminario pasan solo 6 conductores más el neutro, esto es:

$$ATC = 7 \times 8.97 = 62.79 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{62.79}{40} \times 100 = 156.9 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 156.9 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 16 mm (1/2"), ya que tiene una área interior de 196 mm².

Debido a que es el menor diámetro que se podría seleccionar para la canalización, y que además para los luminarios que seguirían se necesitan menos conductotes concluimos que el resto de la canalización deberá ser toda de 16 mm (1/2").

6.2.2 LÁMPARAS FLUORESCENTES (PROTECCIÓN DE 10 AMPERES).

Primero se deberá calcular el valor de la carga total que podría llegar a soportar la protección seleccionada (en este caso 10 Amperes).

$$W = E_n \times I \times \cos \phi$$

$$W = 127(10)(0.9) = 1143 \text{ W}$$

Para calcular el número de lámparas que se pueden controlar con dicha protección será:

$$\text{No.de Luminarios} = \frac{W_{\text{Total}}}{W_{\text{Luminario}}}$$

$$\text{No.de Luminarios} = \frac{1143}{80} = 14.2$$

En este caso se decide hacer tres circuitos, dos de ellos tendrán 14 lámparas controladas con su respectiva protección y el tercero tendrá sólo 13 lámparas controladas con una protección. Esto facilitará el balanceo final.

El siguiente paso es calcular la corriente que circulara por cada uno de los circuitos y se calculará en base a un circuito de 14 lámparas, ya que por lógica los cálculos satisfecerán al circuito que sólo controla 13 lámparas.

$$I = \frac{W_{\text{Total por circuito}}}{E_f \times \cos \phi}$$

$$I = \frac{14(80)}{127(0.9)} = 9.79 \text{ Amp}$$

Para este flujo de corriente y basados en la NOM tabla 310-16 observamos que le corresponde un conductor calibre AWG No. 14 THW de Cobre.

Para calcular el tamaño de la canalización se debe considerar el número y calibre de los conductores que va a alojar, ya que este numero no debe exceder el porcentaje de ocupación que establece la NOM en la tabla 10-1. Para este caso será del 40% ya que se consideran cuatro conductores (incluyendo al neutro) ya que podría llegar a conducir corriente.

De acuerdo a la tabla 10-5 de la NOM el área transversal de un conductor calibre AWG No. 14 THW de cobre es de 8.97 mm²; por lo tanto, la suma de las áreas transversales incluyendo al neutro será de:

$$ATC = 4 \times 8.97 = 35.88 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{35.88}{40} \times 100 = 89.7 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 89.7 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 16 mm (1/2"), ya que tiene una área interior de 196 mm².

Al igual que en la canalización de los luminarios industriales, para las lámparas fluorescentes se calculará la canalización del total de conductores para que se pueda apreciar el análisis en lo que se refiere al número de conductores pero el resto de los cálculos se omitirán y se darán los resultados para las canalizaciones en el plano correspondiente.

Hasta la primer lámpara la canalización debe llevar 14 conductores calibre AWG No. 14 THW de Cobre, los cuales corresponden a las fases, una por cada lámpara y además deberá contener 14 conductores calibre AWG No. 14 THW de Cobre, uno por cada lámpara, los que serían del neutro.

Sabiendo que el área de sección transversal del conductor calibre AWG No. 14 THW de Cobre es de 8.97 mm^2 , tenemos:

$$ATC = 28 \times 8.97 = 251.16 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{251.16}{40} \times 100 = 627.9 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 627.9 mm^2 en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 33 mm (1 1/4"), ya que tiene una área interior de 965 mm^2 .

Con el propósito de no ser repetitivo, los resultados de el resto de la canalización para este y el resto de los circuitos se pueden apreciar en el plano correspondiente.

6.2.3 CONTACTO DE USO GENERAL (PROTECCIÓN DE 10 AMPERES).

Primero se deberá calcular el valor de la carga total que podría llegar a soportar la protección seleccionada (en este caso 10 Amperes).

$$W = E_n \times I \times \cos \phi$$

$$W = 127(10)(0.9) = 1143 \text{ W}$$

Para calcular el número de lámparas que se pueden controlar con dicha protección será:

$$\text{Node Lu min arios} = \frac{W_{\text{Totales}}}{W_{\text{Lu min ario}}}$$

$$\text{No. de Lu minarios} = \frac{1143}{180} = 6.35$$

En este caso se decide hacer tres circuitos y cada uno de ellos estará compuesto por 6 contactos controlados por su respectiva protección.

El siguiente paso es calcular la corriente que circulara por cada uno de los circuitos y se calculará en base a un solo circuito de 6 contactos, ya que los tres son iguales.

$$I = \frac{W_{\text{fontes por circuito}}}{E_f \times \cos \phi}$$

$$I = \frac{6(180)}{127(0.9)} = 9.45 \text{ Amp}$$

Para este flujo de corriente y basados en la NOM tabla 310-16 observamos que le corresponde un conductor calibre AWG No. 14 THW de Cobre.

Para calcular el tamaño de la canalización se debe considerar el número y calibre de los conductores que va a alojar, ya que este numero no debe exceder el porcentaje de ocupación que establece la NOM en la tabla 10-1. Para este caso será del 40% ya que se consideran cuatro conductores (incluyendo al neutro) ya que podría llegar a conducir corriente.

De acuerdo a la tabla 10-5 de la NOM el área transversal de un conductor calibre AWG No. 14 THW de cobre es de 8.97 mm²; por lo tanto, la suma de las áreas transversales incluyendo al neutro será de:

$$ATC = 4 \times 8.97 = 35.88 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{35.88}{40} \times 100 = 89.7 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 89.7 mm^2 en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 16 mm (1/2"), ya que tiene una área interior de 196 mm^2 .

Al igual que en la canalización de los luminarios, para los contactos de uso general, se calculará la canalización del total de conductores para que se pueda apreciar el análisis en lo que se refiere al número de conductores pero el resto de los cálculos se omitirán y se darán los resultados para las canalizaciones en el plano correspondiente.

Hasta el primer contacto del circuito la canalización debe llevar 6 conductores calibre AWG No. 14 THW de Cobre, los cuales corresponden a las fases, una por cada contacto y además deberá alojar 6 conductores calibre AWG No. 14 THW de Cobre, uno por cada contacto, los que serían del neutro.

Sabiendo que el área de sección transversal del conductor calibre AWG No. 14 THW de Cobre es de 8.97 mm^2 , tenemos:

$$ATC = 12 \times 8.97 = 107.64 \text{ mm}^2$$

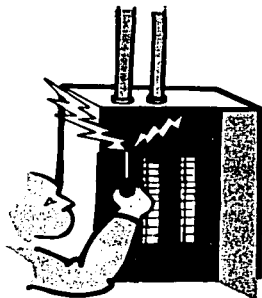
Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{107.64}{40} \times 100 = 269.1 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 269.19 mm^2 en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 21 mm (3/4"), ya que tiene una área interior de 344 mm^2 .

Con el propósito de no ser repetitivo, los resultados de el resto de la canalización para este y el resto de los circuitos se pueden apreciar en el plano correspondiente.

CAPITULO 7



CIRCUITOS DERIVADOS PARA EL SISTEMA DE FUERZA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.1 CALCULO DEL SISTEMA DE FUERZA.

Como primer paso se deberán evaluar cada una de las máquinas y motores que serán instalados en las diversas áreas, que son el área de maquinado, el taller de mantenimiento y el área de bombas y compresor.

7.2 CALCULO DE CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN PARA LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 60 HP.

Son 4 máquinas trifásicas de 60 HP de potencia total, idénticas, conectadas a una tensión de 220 Volts, con un factor de potencia de 0.9 y a una frecuencia de 60 Hz. Por lo tanto la corriente será:

$$I = \frac{HP(746)}{\sqrt{3} E_f \cos \phi}$$

$$I = \frac{60(746)}{\sqrt{3} (220) (0.9)} = 130.51 \text{ Amp}$$

Para protección en el comportamiento de arranque la NOM establece en el artículo 670-4 que la corriente con que se realizarán los cálculos de los conductores deberá ser el 125% del valor antes obtenido, esto es:

$$I = 1.25 (130.51) = 163.14 \text{ Amp}$$

A este valor de corriente y según la NOM, le corresponde un conductor calibre AWG No. 1/0 THHW de Cobre a 90 °C.

Para calcular la canalización de esta máquina en forma individual consideraremos tres conductores más un neutro del mismo calibre AWG No. 1/0 THHW de Cobre a 90 °C cuya área de sección transversal es 143 mm² según lo establecido por la NOM.

$$ATC = 4 \times 143 = 572 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATT = \frac{572}{40} \times 100 = 1430 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 1430 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 53 mm (2"), ya que tiene una área interior de 2165 mm².

Para proteger una máquina dinámica con interruptor termomagnética automática se debe hacer con el 150% de la corriente calculada con la corrección por comportamiento de arranque, esto es:

$$I = 1.5 (163.14) = 244.71 \text{ Amp}$$

Por lo tanto se deberá seleccionar una protección de 250 Amperes.

7.3 CALCULO DE CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN PARA LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 30 HP.

Son 2 máquinas trifásicas de 30 HP de potencia total, idénticas, conectadas a una tensión de 220 Volts, con un factor de potencia de 0.9 y a una frecuencia de 60 Hz. Por lo tanto la corriente será:

$$I = \frac{HP(746)}{\sqrt{3} E_f \cos \phi}$$

$$I = \frac{30(746)}{3 (220) (0.9)} = 65.26 \text{ Amp}$$

Para protección en el comportamiento de arranque la NOM establece en el artículo 670-4 que la corriente con que se realizarán los cálculos de los conductores deberá ser el 125% del valor antes obtenido, esto es:

$$I = 1.25 (65.26) = 81.58 \text{ Amp}$$

A este valor de corriente y según la NOM, le corresponde un conductor calibre AWG No. 4 THHW de Cobre a 90 °C.

Para calcular la canalización de esta máquina en forma individual consideraremos tres conductores más un neutro del mismo calibre AWG No. 4 THHW de Cobre a 90 °C cuya área de sección transversal es 62.8 mm² según lo establecido por la NOM.

$$ATC = 4 \times 62.8 = 251.2 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATT = \frac{251.2}{40} \times 100 = 628 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 628 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 35 mm (1 1/4"), ya que tiene una área interior de 965 mm².

Para proteger una máquina dinámica con interruptor termomagnético automático se debe hacer con el 150% de la corriente calculada en la corrección por comportamiento de arranque, esto es:

$$I = 1.5 (81.58) = 122.37 \text{ Amp}$$

Por lo tanto se deberá seleccionar una protección de 125 Amperes.

7.4 CALCULO DE CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN PARA EL TORNO PARALELO DE 5 HP.

Es una máquina trifásica de 5 HP de potencia total, conectadas a una tensión de 220 Volts, con un factor de potencia de 0.9 y a una frecuencia de 60 Hz. Por lo tanto la corriente será:

$$I = \frac{HP(746)}{\sqrt{3} E_f \cos \phi}$$

$$I = \frac{5(746)}{\sqrt{3} (220) (0.9)} = 10.88 \text{ Amp}$$

Para protección en el comportamiento de arranque la NOM establece en el artículo 670-4 que la corriente con que se realizarán los cálculos de los conductores deberá ser el 125% del valor antes obtenido, esto es:

$$I = 1.25 (10.88) = 13.6 \text{ Amp}$$

A este valor de corriente y según la NOM, le corresponde un conductor calibre AWG No. 14 THHW de Cobre a 90 °C.

Para calcular la canalización de esta máquina en forma individual consideraremos tres conductores más un neutro del mismo calibre AWG No. 14 THHW de Cobre a 90 °C cuya área de sección transversal es 8.97 mm² según lo establecido por la NOM.

$$ATC = 4 \times 8.97 = 35.88 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{35.88}{40} \times 100 = 89.7 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 89.7 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 16 mm (1/2"), ya que tiene una área interior de 196 mm².

Para proteger una máquina dinámica con interruptor termomagnético automático se debe hacer con el 150% de la corriente calculada en la corrección por comportamiento de arranque, esto es:

$$I = 1.5 (13.6) = 20.4 \text{ Amp}$$

Por lo tanto se deberá seleccionar una protección de 20 Amperes.

7.5 CALCULO DE CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN PARA LAS BOMBAS DE AGUA DE 5 HP.

Son 2 motores trifásicos de 5 HP de potencia total, idénticos, conectadas a una tensión de 220 Volts, con un factor de potencia de 0.9, con una eficiencia de 86% y a una frecuencia de 60 Hz. Por lo tanto la corriente será:

$$I = \frac{HP(746)}{\sqrt{3} E_f \cos \phi \eta}$$
$$I = \frac{5(746)}{\sqrt{3} (220) (0.9)(0.86)} = 12.65 \text{ Amp}$$

Para protección en el comportamiento de arranque la NOM establece en el artículo 670-4 que la corriente con que se realizarán los cálculos de los conductores deberá ser el 125% del valor antes obtenido, esto es:

$$I = 1.25 (12.65) = 15.81 \text{ Amp}$$

A este valor de corriente y según la NOM, le corresponde un conductor calibre AWG No. 14 THHW de Cobre a 90 °C.

Para calcular la canalización de este motor en forma individual consideraremos tres conductores más un neutro del mismo calibre AWG No. 14 THHW de Cobre a 90 °C cuya área de sección transversal es 8.97 mm² según lo establecido por la NOM.

$$ATC = 4 \times 8.97 = 35.88 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{35.88}{40} \times 100 = 89.7 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 89.7 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del

40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 16 mm (1/2"), ya que tiene una área interior de 196 mm².

Para proteger una máquina dinámica con interruptor termomagnético automático se debe hacer con el 150% de la corriente calculada en la corrección por comportamiento de arranque, esto es:

$$I = 1.5 (15.81) = 23.7 \text{ Amp}$$

Por lo tanto se deberá seleccionar una protección de 25 Amperes.

7.6 CALCULO DE CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN PARA EL COMPRESOR DE 3 HP:

Es un motor trifásico de 3 HP de potencia total, los dos son idénticos, conectado a una tensión de 220 Volts, con un factor de potencia de 0.89, con un factor de servicio de 1.15 y a una frecuencia de 60 Hz. Por lo tanto la corriente será:

$$I = \frac{HP(746)}{\sqrt{3} E_f \cos \phi FS}$$

$$I = \frac{5(746)}{\sqrt{3} (220) (0.89)(1.15)} = 5.74 \text{ Amp}$$

Para protección en el comportamiento de arranque la NOM establece en el artículo 670-4 que la corriente con que se realizarán los cálculos de los conductores deberá ser el 125% del valor antes obtenido, esto es:

$$I = 1.25 (5.74) = 7.17 \text{ Amp}$$

A este valor de corriente y según la NOM, le corresponde un conductor calibre AWG No. 14 THHW de Cobre a 90 °C.

Para calcular la canalización de esta máquina en forma individual consideraremos tres conductores más un neutro del mismo calibre AWG No. 14 THHW de Cobre a

90 °C cuya área de sección transversal es 8.97 mm² según lo establecido por la NOM.

$$ATC = 4 \times 8.97 = 35.88 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{35.88}{40} \times 100 = 89.7 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 89.7 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 16 mm (1/2"), ya que tiene una área interior de 196 mm².

Para proteger una máquina dinámica con interruptor termomagnético automático se debe hacer con el 150% de la corriente calculada en la corrección por comportamiento de arranque, esto es:

$$I = 1.5 (7.17) = 10.7 \text{ Amp}$$

Por lo tanto se deberá seleccionar una protección de 10 Amperes.

7.7 CALCULO DE CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA MÁQUINA SOLDADORA DE 12.8 KW.

Es una máquina trifásica de 12.8 KW de potencia total, conectadas a una tensión de 220 Volts, con un factor de potencia de 0.9, con un factor de servicio de 0.85 y a una frecuencia de 60 Hz. Por lo tanto la corriente será:

$$I = \frac{KW}{\sqrt{3} E_f \cos \phi FS}$$

$$I = \frac{12.8}{\sqrt{3} (220) (0.9)(0.85)} = 43.9 \text{ Amp}$$

En esta máquina soldadora al ser una máquina estática, no se aplica la protección en el comportamiento de arranque; y por lo tanto a este valor de corriente y según la NOM, le corresponde un conductor calibre AWG No. 8 THHW de Cobre a 90 °C.

Para calcular la canalización de esta máquina en forma individual consideraremos tres conductores más un neutro del mismo calibre AWG No. 8 THHW de Cobre a 90 °C cuya área de sección transversal es 28.2 mm² según lo establecido por la NOM.

$$ATC = 4 \times 28.2 = 112.8 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{112.8}{40} \times 100 = 282 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 282 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 21 mm (3/4"), ya que tiene una área interior de 344 mm².

Para proteger una máquina estática con interruptor termomagnético automático se debe hacer con el 125% de la corriente calculada, esto es:

$$I = 1.25 (43.9) = 54.8 \text{ Amp}$$

Por lo tanto se deberá seleccionar una protección de 60 Amperes.

7.8 CALCULO DE CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN PARA EL TALADRO DE COLUMNA DE 1 1/2 HP.

Es un motor de inducción trifásico de 1 1/2 HP de potencia, conectado a una tensión de 220 Volts a una frecuencia de 60 Hz.

Para este caso en particular nos basaremos a lo que dice la tabla 430-150 de la NOM para motores trifásicos de inducción, en la cual se establece una corriente a plena carga de 6 Amperes para las características antes mencionadas.

Para protección en el comportamiento de arranque la NOM establece en el artículo 670-4 que la corriente con que se realizarán los cálculos de los conductores deberá ser el 125% del valor antes obtenido, esto es:

$$I = 1.25 (6) = 7.5 \text{ Amp}$$

A este valor de corriente y según la NOM, le corresponde un conductor calibre AWG No. 14 THHW de Cobre a 90 °C.

Para calcular la canalización de esta máquina en forma individual consideraremos tres conductores más un neutro del mismo calibre AWG No. 14 THHW de Cobre a 90 °C cuya área de sección transversal es 8.97 mm² según lo establecido por la NOM.

$$ATC = 4 \times 8.97 = 35.88 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{35.88}{40} \times 100 = 89.7 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 89.7 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo ligero de 16 mm (1/2"), ya que tiene una área interior de 196 mm².

Para proteger una máquina dinámica con interruptor termomagnético automático se debe hacer con el 150% de la corriente calculada en la corrección por comportamiento de arranque, esto es:

$$I = 1.5 (7.5) = 11.25 \text{ Amp}$$

Por lo tanto se deberá seleccionar una protección de 15 Amperes.

7.9 CALCULO DE LOS CIRCUITOS ALIMENTADORES.

En este proyecto se colocaran 2 tableros o Centros de Control de Maquinas (CCM), y se dividirán de la siguiente forma:

- CCM 1: máquinas inyectoras, bombas y el compresor.
- CCM 2: máquinas del taller de mantenimiento (torno, taladro y soldadora).

En ocasiones es conveniente incrementar el número de tableros para de esta forma reducir el diámetro de las canalizaciones, pero por otro lado también se debe considerar que múltiples tableros y canalizaciones requieren de más espacio y de mayores trayectos de conductores de alimentación. Esto será entonces cuestión de criterio propio.

7.10 CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN PARA EL CCM 1.

Siguiendo la NOM en la sección 430-24 establece que los conductores que suministren energía eléctrica a varios motores, o a motores y otras cargas, deben tener una capacidad de conducción de corriente al menos de la suma de las corrientes a plena carga nominales de todos los motores, más un 25% de la corriente nominal del motor de mayor capacidad del grupo. Lo anterior se visualiza en la fórmula siguiente:

$$I = 1.25 I_{pc} \text{ motor mayor} + \sum I_{pc}$$

Para este caso particular quedaría:

$$I = 1.25(130.5) + 130.5 + 130.5 + 130.5 + 65.26 + 65.26 + 12.65 + 12.65 + 5.74$$

$$I = 716.18 \text{ Amp}$$

A este valor de corriente le corresponde según la NOM un conductor calibre AWG No. 1750 KCMIL THHW de Cobre a 90 °C

Para calcular la canalización de los conductores de alimentación consideraremos tres conductores más un neutro del mismo calibre AWG No. 1750 KCMIL THHW

de Cobre a 90 °C cuya área de sección transversal es 1598 mm² según lo establecido por la NOM.

$$ATC = 4 \times 1598 = 6392 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{6392}{40} \times 100 = 15,980 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 15,980 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo semipesado de 155 mm (6"), ya que tiene una área interior de 18,639 mm².

Es conveniente hacer la observación que debido a la gran potencia de la maquinaria la canalización de los alimentadores es considerablemente grande; pero si bien es cierto que existen otras alternativas como poner conductores de un calibre menor aunque en mayor número, lo cual resulta en seleccionar varias canalizaciones de menor diámetro, y existe también la alternativa de que se podría seleccionar una canalización abierta (charolas), si el espacio y la colocación resultan convenientes. En este trabajo se opta por la canalización con tubo conduit semipesado en un diámetro considerable a fin de ser congruente con lo que se ha venido realizando.

Para proteger el circuito alimentador con interruptor termomagnético automático se debe hacer como se indica mediante la fórmula siguiente:

$$I = 2.5 I_{pc} \text{ motor mayor} + \Sigma I_{pc}$$

$$I = 2.5 (130.5) + 3(130.5) + 2(65.26) + 2(12.65) + 5.74$$

$$I = 879.3 \text{ Amp}$$

Por lo tanto se deberá seleccionar una protección de 900 Amperes.

7.11 CALCULO DE LAS CANALIZACIONES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS PARA EL CCM1.

Hasta este punto se han calculado las canalizaciones individuales de cada una de las máquinas; es decir el tramo de la máquina al ramal de donde se toman los conductores necesarios para esa máquina en particular. A continuación se mostrará el cálculo de los tramos de canalizaciones para todas las máquinas del área de maquinado y la sección de bombas y compresores.

Tramo 1.

Se deben considerar al número de conductores (incluyendo el neutro) de todos los dispositivos los cuales se alojarán en la canalización.

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Bomba No. 1	4	14	8.97	35.88
Bomba No. 2	4	14	8.97	35.88
Compresor	4	14	8.97	35.88
Maq. Inyección A	4	1/0	143	572
Maq. Inyección B	4	1/0	143	572
Maq. Inyección C	4	1/0	143	572
Maq. Inyección D	4	1/0	143	572
Maq. Inyección E	4	4	62.8	251.2
Maq. Inyección F	4	4	62.8	251.2
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				2,898 mm ²

Con este valor total que es el área de sección transversal de la suma de todos los conductores se calcula el porcentaje de ocupación de acuerdo a la NOM.

$$ATIT = \frac{2898}{40} \times 100 = 7245 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipésado de 103 mm (4") cuya área de 8213 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

Tramo 2.

Para esta sección de la canalización no se darán detalles, solo se mostrarán los cálculos.

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Bomba No. 1	4	14	8.97	35.88
Bomba No. 2	4	14	8.97	35.88
Compresor	4	14	8.97	35.88
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				107.64 mm ²

$$ATIT = \frac{107.64}{40} \times 100 = 269.1 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipesado de 21 mm (3/4") cuya área de 344 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

Tramo 3.

De la misma forma que en el paso anterior tenemos:

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Bomba No. 1	4	14	8.97	35.88
Bomba No. 2	4	14	8.97	35.88
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				71.76 mm ²

$$ATIT = \frac{71.76}{40} \times 100 = 179.4 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipesado de 16 mm (1/2") cuya área de 196 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

Tramo 4.

De la misma forma que en el paso anterior tenemos:

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Maq. Inyección A	4	1/0	143	572
Maq. Inyección B	4	1/0	143	572
Maq. Inyección C	4	1/0	143	572
Maq. Inyección D	4	1/0	143	572
Maq. Inyección E	4	4	62.8	251.2
Maq. Inyección F	4	4	62.8	251.2
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				2,790.4 mm ²

$$ATIT = \frac{2790.4}{40} \cdot 100 = 6976 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipesado de 103 mm (4") cuya área de 8,213 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

Tramo 5.

De la misma forma que en el paso anterior tenemos:

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Maq. Inyección A	4	1/0	143	572
Maq. Inyección B	4	1/0	143	572
Maq. Inyección C	4	1/0	143	572
Maq. Inyección D	4	1/0	143	572
Maq. Inyección E	4	4	62.8	251.2
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				2,350.8 mm ²

$$ATIT = \frac{2350.8}{40} \cdot 100 = 5877 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipesado de 91 mm (3 1/2") cuya área de 6,379 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

Tramo 6.

De la misma forma que en el paso anterior tenemos:

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Maq. Inyección A	4	1/0	143	572
Maq. Inyección B	4	1/0	143	572
Maq. Inyección C	4	1/0	143	572
Maq. Inyección D	4	1/0	143	572
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				2,288 mm ²

$$ATIT = \frac{2288}{40} \times 100 = 5720 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipesado de 91 mm (3 1/2") cuya área de 6,379 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

Tramo 7.

De la misma forma que en el paso anterior tenemos:

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Maq. Inyección A	4	1/0	143	572
Maq. Inyección B	4	1/0	143	572
Maq. Inyección C	4	1/0	143	572
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				1,716 mm ²

$$ATIT = \frac{1716}{40} \times 100 = 4290 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipesado de 78 mm (3") cuya área de 4,761 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

Tramo 8.

De la misma forma que en el paso anterior tenemos:

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Maq. Inyección A	4	1/0	143	572
Maq. Inyección B	4	1/0	143	572
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				1,144 mm ²

$$ATTI = \frac{1144}{40} \times 100 = 2860 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipesado de 63 mm (2 1/2") cuya área de 3,089 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

7.12 CONDUCTORES, CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN PARA EL CCM 2.

Siguiendo la NOM y como se menciona en el calculo anterior procederemos a calcular la corriente para el circuito alimentador del taller de mantenimiento mediante la siguiente fórmula:

$$I = 1.25 I_{pc} \text{ motor mayor} + \Sigma I_{pc}$$

Para este caso particular quedaría:

$$I = 1.25(10.88) + 5.62 + 43.9$$

$$I = 63.12 \text{ Amp}$$

En este caso en particular se aprecia que el valor de 43.9 Amp, el cual corresponde a la corriente de la soldadora es el mayor, pero al ser considerada

como una máquina estática y no presentar la falla de arranque de las máquinas dinámicas no se le aplica la corrección del 125%.

Ahora bien, a este nivel de corriente le corresponde un conductor calibre AWG No. 6 THHW de Cobre a 90° C según la NOM.

Para calcular la canalización de los conductores de alimentación consideraremos tres conductores más un neutro del mismo calibre AWG No. 6 THHW de Cobre a 90 °C cuya área de sección transversal es 46.8 mm² según lo establecido por la NOM.

$$ATC = 4 \times 46.8 = 187.2 \text{ mm}^2$$

Para cumplir con el porcentaje de ocupación que establece la NOM, se emplea la fórmula (11):

$$ATIT = \frac{187.2}{40} \times 100 = 468 \text{ mm}^2$$

Deducimos que el tubo conduit para el circuito alimentador deberá tener al menos 468 mm² en su área interior, para garantizar que se cumpla con la restricción del 40% de ocupación; por lo tanto se empleará un tubo conduit metálico tipo semipesado de 27 mm (1"), ya que tiene una área interior de 557mm².

Para calcular la protección del circuito alimentador se deberá considerar que el circuito cuenta tanto con máquinas dinámicas (250% de la corriente) como con máquinas estáticas (200% de la corriente). Para estas últimas el valor de la corrección con que se calcula la protección es menor, pero considerando que la corriente de esta máquina es tres veces mayor resulta más conveniente tomarlo de base para el cálculo de la protección. Entonces queda:

$$I = 2(43.9) + 10.88 + 5.62$$
$$I = 104.3 \text{ Amp}$$

Por lo tanto se deberá seleccionar una protección de 100 Amperes.

7.13 CALCULO DE LAS CANALIZACIONES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS PARA EL CCM2.

Se seguirá la misma metodología que se utilizó para calcular las canalizaciones del CCM 1, pero ahora para calcular la canalización de los elementos conectados al CCM2 (Taller de mantenimiento).

Tramo a.

Se deben considerar al número de conductores (incluyendo el neutro) de todos los dispositivos los cuales se alojarán en la canalización.

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Taladro	4	14	8.97	35.88
Torno	4	14	8.97	35.88
Soldadora	4	8	28.2	112.8
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				184.56 mm ²

Con este valor total que es el área de sección transversal de la suma de todos los conductores se calcula el porcentaje de ocupación de acuerdo a la NOM.

$$ATIT = \frac{184.56}{40} \times 100 = 461.4 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipesado de 27mm (1") cuya área de 557 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

Tramo b.

Se deben considerar al número de conductores (incluyendo el neutro) de todos los dispositivos los cuales se alojarán en la canalización.

MAQUINA	No. CONDUCTORES	CALIBRE (AWG)	SECCION (mm ²)	AREA TOTAL DE CONDUCTORES (mm ²)
Taladro	4	14	8.97	35.88
Torno	4	14	8.97	35.88
SUMA TOTAL DE LAS AREAS				71.76 mm ²

Con este valor total que es el área de sección transversal de la suma de todos los conductores se calcula el porcentaje de ocupación de acuerdo a la NOM.

$$ATIT = \frac{71.76}{40} \times 100 = 179.4 \text{ mm}^2$$

Con este valor mínimo de área interior de la canalización seleccionamos un tubo conduit tipo semipesado de 16 mm (1/2") cuya área de 196 mm² es la inmediata superior del valor calculado.

CAPITULO 8



CAIDA DE TENSION DEL SISTEMA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8.1 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAÍDA DE TENSIÓN PARA LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 60 HP.

No basta calcular los conductores con corriente únicamente, es decir, seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circulará por él. También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos por la NOM que son 5% en instalaciones industriales. Este valor se dividirá para abastecer tanto a los circuitos alimentadores como a los circuitos derivados y se divide de acuerdo a las conveniencias del diseñador.

La NOM establece que la caída de tensión se debe calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Para sistemas monofásicos} \quad \Delta V = \frac{2ZLI}{V_0} \times 100$$

$$\text{Para sistemas trifásicos} \quad \Delta V = \frac{\sqrt{3}ZLI}{V_f} \times 100$$

En donde,

ΔV : Caída de tensión en el cable (%)

I : Corriente eléctrica que pasa por el cable (Amp)

L : Longitud del circuito (Km)

V_0 : Voltaje de fase a tierra (V)

V_f : Voltaje entre fases (V)

Z : Impedancia eléctrica del cable (ohms/Km)

Considerando que el cálculo se hará para la máquina más alejada, deduciremos que si cumple con los niveles de caída de tensión (2% en circuitos derivados y 3% en circuitos alimentadores) estará por demás explicar que para el resto de las máquinas, las cuales se encuentra a una distancia menor, también se cumplirá la caída de tensión antes establecida, y por tanto el conductor seleccionado es el adecuado.

La máquina de inyección más alejada se encuentra a una distancia de 44.3 m (0.0443 Km) del Centro de Control de Máquinas 1.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 1/0). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(0.45)(0.0443)(130.5)}{220} \times 100 = 2\%$$

Observamos que esta es la máquina que se encuentra más alejada del CCM por lo tanto decimos que el resto de las máquinas de inyección de 60 HP también cumplen con el porcentaje de caída de tensión.

8.2 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 30 HP.

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que la máquina de inyección más alejada se encuentra a una distancia de 17.17 m (0.01717 Km) del Centro de Control de Máquinas 1.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 4). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(1.03)(0.01717)(65.26)}{220} \times 100 = 0.91\%$$

Observamos que esta es la máquina que se encuentra más alejada del CCM por lo tanto decimos que la otra máquina de inyección de 30 HP también cumple con el porcentaje de caída de tensión.

8.3 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA LAS BOMBAS DE AGUA DE 5 HP

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que la bomba de agua más alejada se encuentra a una distancia de 26.11 m (0.02611 Km) del Centro de Control de Máquinas 1.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 14). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(10.2)(0.02111)(12.65)}{220} \times 100 = 2.65\%$$

En este caso el porcentaje establecido no se cumple, por lo tanto se deberá suponer la utilización de un conductor de calibre mayor y se procede a verificar nuevamente por caída de tensión.

El valor del calibre inmediato superior es AWG No 12

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(6.56)(0.02111)(12.65)}{220} \times 100 = 1.7\%$$

Observamos que ahora este calibre ya cumple con el porcentaje de caída de tensión, y por lo tanto se empleará un calibre AWG No 12 THHW de Cobre a 90 °C para la instalación de la bomba.

8.4 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA EL COMPRESOR DE 3 HP.

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que el compresor se encuentra a una distancia de 22.5 m (0.0225 Km) del Centro de Control de Máquinas 1.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 14). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(10.2)(0.0225)(5.74)}{220} \times 100 = 1.03\%$$

Observamos que cumple con el porcentaje de caída de tensión, lo cual quiere decir que el calibre seleccionado es el adecuado.

8.5 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA LAS LÁMPARAS INDUSTRIALES.

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que la lámpara prismatic más alejada se encuentra a una distancia de 77.5 m (0.0775 Km) del Centro de Control de Lámparas y Contactos.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 14). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(10.2)(0.0775)(1.58)}{220} \times 100 = 0.98\%$$

Observamos que esta es la lámpara que se encuentra más alejada del CCLC por lo tanto decimos que el resto de las lámparas también cumplen con el porcentaje de caída de tensión.

8.6 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES.

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que la lámpara fluorescente más alejada se encuentra a una distancia de 83.1m (0.0831 Km) del Centro de Control de Lámparas y Contactos.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 14). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema monofásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{2(10.2)(0.0831)(0.69)}{127} \times 100 = 0.92\%$$

Observamos que esta es la lámpara que se encuentra más alejada del CCLC por lo tanto decimos que el resto de las lámparas también cumplen con el porcentaje de caída de tensión.

8.7 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA LOS CONTACTOS DE USO GENERAL.

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que el contacto más alejado se encuentra a una distancia de 86.7m (0.0867Km) del Centro de Control Lámparas y Contactos.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 14). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema monofásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{2(10.2)(0.0867)(1.57)}{127} \times 100 = 2.1\%$$

En este caso el porcentaje establecido no se cumple, por lo tanto se deberá suponer la utilización de un conductor de calibre mayor y se procede a verificar nuevamente por caída de tensión.

El valor del calibre inmediato superior es AWG No 12

$$\Delta V = \frac{2(6.56)(0.0805)(1.57)}{127} \times 100 = 1.4\%$$

Observamos que ahora este calibre ya cumple con el porcentaje de caída de tensión, y por lo tanto se empleará un calibre AWG No 12 THHW de Cobre a 90 °C para la de este contacto.

Debemos cerciorarnos de que para el siguiente contacto se cumpla con la caída de tensión para el calibre AWG No 14. El siguiente contacto del circuito está a 80.5 m (0.0805 Km), tenemos:

$$\Delta V = \frac{2(10.2)(0.0805)(1.57)}{127} \times 100 = 2\%$$

Y como para este contacto si se cumple decimos que para el resto de los contactos más cercanos también se cumplirá. Y utilizamos por lo tanto el conductor AWG No. 14.

8.8 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA EL TALADRO DE COLUMNA DE 1 ½ HP.

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que el taladro se encuentra a una distancia de 9.82 m (0.00982 Km) del Centro de Control de Máquinas.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 14). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(10.2)(0.00982)(6)}{220} \times 100 = 0.47\%$$

Observamos que cumple con el porcentaje de caída de tensión, lo cual quiere decir que el calibre seleccionado es el adecuado.

8.9 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA EL TORNO PARALELO DE 5 HP.

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que el torno se encuentra a una distancia de 5.6 m (0.0056 Km) del Centro de Control de Máquinas.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 14). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(10.2)(0.0056)(10.88)}{220} \times 100 = 0.49\%$$

Observamos que cumple con el porcentaje de caída de tensión, lo cual quiere decir que el calibre seleccionado es el adecuado.

8.10 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA LA SOLDADORA DE 12.8 KW.

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que la soldadora se encuentra a una distancia de 2.6 m (0.0026 Km) del Centro de Control de Máquinas.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 8). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{3(2.56)(0.0026)(43.9)}{220} \cdot 100 = 0.23\%$$

Observamos que cumple con el porcentaje de caída de tensión, lo cual quiere decir que el calibre seleccionado es el adecuado.

8.11 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA EL CENTRO DE CONTROL DE MÁQUINAS 1 (CCM1).

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que el centro de control de máquinas se encuentra a una distancia de 20.82 m (0.02082Km) del Centro de Distribución.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 1750 CMil). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{3(0.1)(0.02082)(1.58)}{220} \cdot 100 = 1.17\%$$

Observamos que cumple con el porcentaje de caída de tensión, lo cual quiere decir que el calibre seleccionado es el adecuado.

8.12 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA EL CENTRO DE CONTROL DE MAQUINAS 2 (CCM2).

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que el centro de control de máquinas 2 se encuentra a una distancia de 52.4 m (0.0524 Km) del Centro de Distribución.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 6). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(1.62)(0.0524)(63.12)}{220} \times 100 = 4.2\%$$

En este caso el porcentaje establecido no se cumple, por lo tanto se deberá suponer la utilización de un conductor de calibre mayor y se procede a verificar nuevamente por caída de tensión.

El valor del calibre inmediato superior es AWG No 4

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(1.03)(0.0524)(63.12)}{220} \times 100 = 2.68\%$$

Observamos que ahora este calibre ya cumple con el porcentaje de caída de tensión, y por lo tanto se empleará un calibre AWG No 4 THHW de Cobre a 90 °C para la instalación del CCM 2.

8.13 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSIÓN PARA EL CENTRO DE CONTROL DE LÁMPARAS Y CONTACTOS (CCLC).

Siguiendo los mismos pasos del apartado anterior y considerando que el centro de control de lámparas y contactos se encuentra a una distancia de 45 m (0.045 Km) del Centro de Distribución.

Teniendo en consideración el calibre del conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente (AWG 6). Tomamos el valor de la impedancia de la tabla de impedancias que se encuentra en el apéndice de este trabajo; y aplicando la fórmula de sistema trifásico calculamos la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(1.62)(0.045)(57.29)}{220} \times 100 = 3.2\%$$

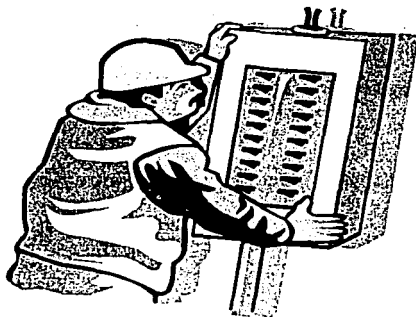
En este caso el porcentaje establecido no se cumple, por lo tanto se deberá suponer la utilización de un conductor de calibre mayor y se procede a verificar nuevamente por caída de tensión.

El valor del calibre inmediato superior es AWG No 4

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}(1.03)(0.045)(57.29)}{220} \times 100 = 2.1\%$$

Observamos que ahora este calibre ya cumple con el porcentaje de caída de tensión, y por lo tanto se empleará un calibre AWG No 4 THHW de Cobre a 90 °C para la instalación del CCLC.

CAPITULO 9



BALANCEO DEL SISTEMA Y DIAGRAMAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9.1 BALANCEO DE CARGAS.

Un sistema eléctrico siempre debe estar bien balanceado, esto es, que la diferencia entre cada una de las fases no debe ser mayor al 5%, valor que establece la NOM.

En la siguiente tabla se mostrará la asignación de las cargas para cada una de las fases del proyecto de diseño.

CIRCUIT O	ELEMENTO	PTENCIA DEL ELEMENT O	NUMERO DE ELEMENTO S	POTENCIA TOTAL (W)	FASES		
					A	B	C
1	L. Industrial	312.5	7	2187.5	2187.5		
2	L. Industrial	312.5	7	2187.5		2187.5	
3	L. Industrial	312.5	7	2187.5			2187.5
4	L. Industrial	312.5	7	2187.5	2187.5		
5	L. Industrial	312.5	7	2187.5		2187.5	
6	L. Industrial	312.5	7	2187.5			2187.5
7	L. Fluorescente	80	14	1120	1120		
8	L. Fluorescente	80	14	1120		1120	
9	L. Fluorescente	80	13	1040			1040
10	Contactos	180	6	1080	1080		
11	Contactos	180	6	1080		1080	
12	Contactos	180	6	1080			1080
WATTS TOTALES POR FASE					6575	6575	6495

Nota: Los motores y máquinas no se balancean debido a que son todos trifásicos. En cualquier otro caso se deberá balancear el sistema siguiendo los mismos parámetros.

Para poder calcular el desbalanceo de las fases nos apoyamos de la fórmula siguiente:

$$\text{Desbalanceo} = \frac{\text{watts de la fase mas cargada} - \text{watts de la fase menos cargada}}{\text{watts de la fase mas cargada}}$$

$$\text{Desbalanceo} = \frac{6575 - 6495}{6575} \times 100 = 1.2 \%$$

De esta forma comprobamos que el desbalanceo es el correcto para poder cumplir con la NOM.

9.2 DIAGRAMAS UNIFILARES.

En el estudio de sistemas eléctricos de potencia o para aplicaciones industriales, el uso de diagramas unifilares resulta de gran utilidad y representa un elemento básico para el diseño y los estudios de sistemas eléctricos. El diagrama unifilar se define como: un diagrama que indica por medio de líneas sencillas y símbolos simplificados, la interconexión y partes componentes de un circuito o sistema eléctrico.

Los diagramas unifilares correspondientes a este proyecto se aprecian en el apéndice de este trabajo.

9.3 PLANOS DE CONSTRUCCIÓN.

Los planos de construcción se muestran en el apéndice de este trabajo; en esta sección también se pueden ver los planos de la instalación eléctrica, los cuales fueron divididos por zonas, con el fin de hacer más clara su visualización.

CONCLUSIONES.

Este trabajo se enfocó a mostrar una guía práctica de cómo realizar el diseño de una instalación eléctrica industrial, basándonos en la utilización de fórmulas, normas, tablas, catálogos, etc.

Así mismo debo decir que el trabajo se apega en el aspecto de seguir lo que indica la teoría, aunque en realidad las instalaciones eléctricas industriales de hoy en día se realizan en su mayoría basándose en la experiencia de los ingenieros que están a cargo del proyecto, y por esta razón muchos de los cálculos no se realizan. Por ejemplo, en la mayoría de los casos no se determina el nivel de caída de tensión, o en algunas ocasiones se hace sólo para elementos que se consideran que podrían exceder el nivel permitido de caída de tensión.

Otro ejemplo claro de que en los diseños no se siguen los parámetros establecidos por la teoría es el hecho de que las canalizaciones en tubo conduit son del mismo diámetro de principio a fin dentro de un mismo circuito, y esto se puede explicar debido a que hacer el cálculo para cada uno de los elementos que componen el recorrido del circuito (esto es lo que establece la teoría) resulta monótono y tardado; y a su vez, esto va relacionado con el aspecto económico, porque una cotización rápida podría ser la diferencia entre realizar el proyecto o no hacerlo.

Es importante mencionar que la teoría no se puede ni olvidar ni menospreciar, porque en ella se basan todas las normas, las cuales a su vez sirven de herramienta para el diseño de una instalación eléctrica, y la realización de instalaciones eléctricas nos provee de experiencia, lo que al final de cuentas completa el ciclo.

Una ventaja que se puede encontrar en este trabajo es que se trata de hacer un diseño paso a paso, teniendo la continuidad de un proyecto completo (de principio a fin), desde la selección de luminarios y conductores, hasta su localización y sus alojamientos, así como los planos de diseño.

Por último deberé recomendar que si en un futuro este trabajo resulta de utilidad para algún compañero, no deberá olvidar que esta basado en la NOM-001-SEDE-1999, por lo tanto se tendrá que recurrir a la última revisión de la misma.

BIBLIOGRAFÍA.

- Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México
Manual de Holophane
- Catalogo Condensado 2000
Manual de Holophane
- Información Fotométrica de los Luminarios
Manual de Holophane
- Manual Técnico de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión
Conдумex
- Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999)
Instalaciones Eléctricas (utilización)
Editada por el IPN
- Instalaciones Eléctricas Industriales
Pedro Camarena M.
Ed. Continental
- Manual de Aplicación del Reglamento de Instalaciones Eléctricas
Ing. Gilberto Enríquez Harper
Ed. Limusa
- Instalaciones Eléctricas (Conceptos básicos y diseños).
Neagu Bratu Serbon, Eduardo Campero Littlewood
Ed. Alfaomega
- Proyecto de Iluminación e Instalación Eléctrica de una Nave Industrial Apoyado en el Programa Visual Básico y Profesional y en la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999)
Tesis escrita por Ángel Isaias Lima Gómez

APÉNDICE.

Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C (Extraída de la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-1999).

Tabla 310-16

Tamaño Nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor						Tamaño Nominal AWG kcmil
	60°C		75°C		90°C		
	TIPOS TW TWD CCE TWD-LV	TIPOS RHW, THW THHW, THW-LS THWN XHHW, TT	TIPOS RHH, RHW-2 THHN, THPW THHW-LS, THW-2 XHHW, XHHW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW XHHW BM-AL	TIPOS RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS	
	Cobre			Aluminio			
0 8235			14				18
1 307			18				18
2 082	20	20	25				14
3 307	25	25	30				12
5 26	30	35	40				10
8 307	40	50	55				8
13 3	55	65	75	40	50	60	6
21 115	70	85	95	55	65	75	4
26 67	85	100	110	65	75	85	3
33 62	95	115	130	75	90	100	2
42 41	110	130	150	85	100	115	1
53 48	125	150	170	100	120	135	1/0
67 43	145	175	195	115	135	150	2/0
85 01	165	200	225	130	155	175	3/0
107 2	185	230	260	150	180	205	4/0
126 07	215	265	290	170	205	230	250
152 01	240	295	320	190	230	255	300
177 34	260	310	350	210	250	280	350
202 68	280	335	380	225	270	305	400
253 35	320	390	430	260	310	350	500
304 02	355	420	475	285	340	385	600
354 69	395	460	520	310	375	420	700
390 03	40	475	535	320	385	435	750
405 37	430	490	555	330	395	450	800
456 04	435	520	585	355	425	480	900
506 71	465	545	615	375	445	500	1000
633 39	495	590	665	405	485	545	1250
760 07	520	625	705	435	520	585	1500
886 74	545	650	735	455	545	615	1750
1013 42	560	665	750	470	560	630	2000

Factores de relleno en tubo conduit (Extraída de la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-1999),

Tabla 10-1

Número de conductores	Uno	Dos	Más de dos
Todos los tipos de conductores	53	31	40

Dimensiones de tubo conduit metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (Extraída de la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-1999),

Tabla 10-4

Tamaño Nominal mm	Diámetro Interior mm	Area Interior Total mm ²
16 (1/2)	15.8	196
21 (3/4)	20.9	344
27 (1)	26.6	557
35 (1 1/2)	35.1	965
41 (1 3/4)	40.9	1313
53 (2)	52.5	2165
63 (2 1/2)	62.7	3089
78 (3)	77.9	4761
91 (3 1/2)	90.1	6379
103 (4)	102.3	8213
129 (5)	128.2	12907
155 (6)	154.1	18639

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dimensiones de los conductores aislados y cables apartados (Extrída de la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-1999).

Tabla 10-5

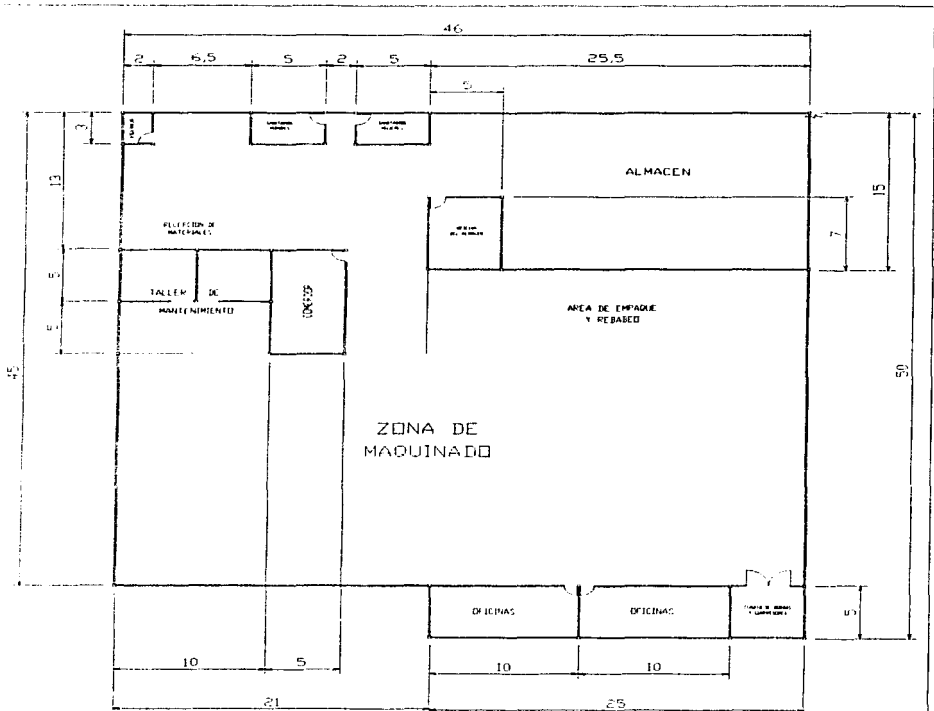
TIPO	Tamaño Nominal		Diámetro Aproximado	Area Aproximada
	mm ²	AWG		
RHH, RHW, RHW-2	2 082	14	4.14	13.5
	3 307	12	4.62	16.8
	5 26	10	5.23	21.5
	8 387	8	6.76	35.9
RHH	2 052	14	3.38	8.97
RHW	3 307	12	3.86	11.7
RHW-2	5 26	10	4.47	15.7
TW	8 387	8	5.99	28.2
THW	13 3	6	7.72	46.8
THW-LS	21 115	4	8.94	62.8
THHW	26 07	3	9.65	73.2
THHW-LS	33 62	2	10.5	86
THW-2	42 41	1	12.5	123
	53 48	1 0	13.5	143
	67 43	2 0	14.7	169
	85 01	3 0	16	201
	107 2	4 0	17.5	240
	126 67	250	19.4	297
	152 01	300	20.8	341
	177 34	350	22.1	384
	202 68	400	23.3	427
	253 35	500	25.5	510
	304 02	600	28.3	628
	354 69	700	30.1	710
	390 03	750	30.9	752
	495 37	800	31.8	792
	456 04	900	33.4	875
	506 71	1000	34.8	954
	633 39	1250	39.1	1200
	760 07	1500	42.2	1400
	886 74	1750	45.1	1598
	1013 42	2000	47.8	1795

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla de Impedancias.

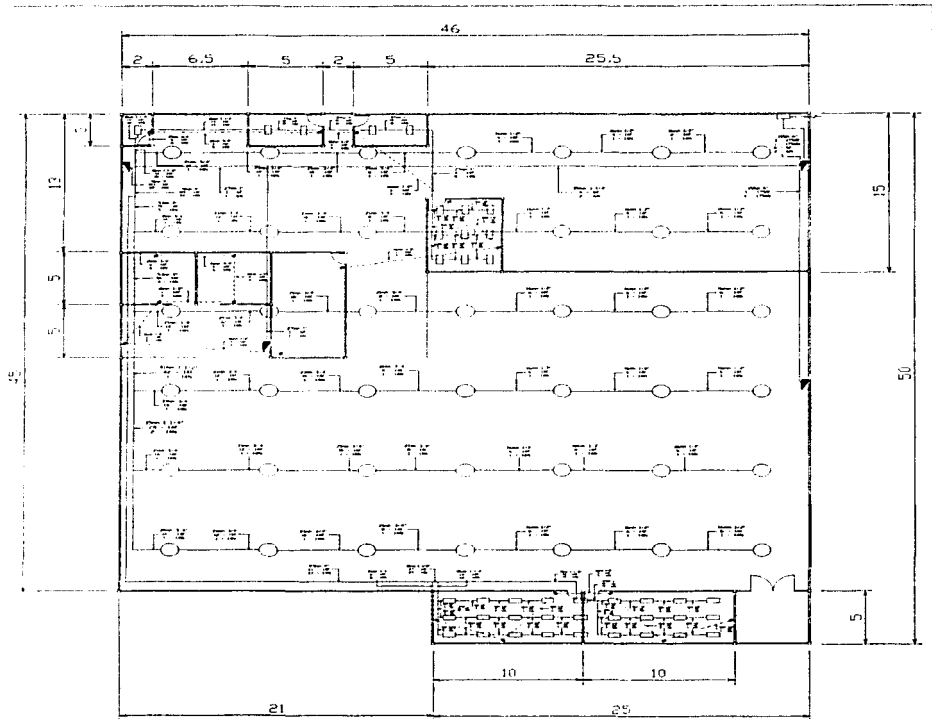
Tabla de las propiedades de impedancia para el cálculo por caída de tensión. (extraído del manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión de Condemux).

Tamaño nominal del conductor		Reactancia inductiva (ohm/km)		Resistencia en corriente alterna a 75°C (ohm/km)			Impedancia (ohm/km)		
mm ²	AWG	Conduit PVC o Al	Conduit Acero	Conduit PVC	Conduit Al	Conduit Acero	Conduit PVC	Conduit Al	Conduit Acero
2 082	14	0 190	0 240	10 2	10 2	10 2	10 2	10 2	10 2
3 307	12	0 177	0 233	6 56	6 56	6 56	6 56	6 56	6 57
5 26	10	0 164	0 207	3 937	3 94	3 94	3 94	3 94	3 94
8 367	8	0 171	0 213	2 559	2 56	2 56	2 56	2 56	2 57
13 3	6	0 167	0 210	1 608	1 61	1 61	1 62	1 62	1 62
21 115	4	0 157	0 197	1 017	1 02	1 02	1 03	1 03	1 04
26 67	3	0 154	0 194	0 820	0 820	0 820	0 835	0 835	0 843
33 02	2	0 148	0 187	0 673	0 656	0 656	0 641	0 673	0 682
42 41	1	0 151	0 187	0 492	0 525	0 525	0 515	0 546	0 557
53 48	1 0	0 144	0 180	0 394	0 427	0 394	0 419	0 450	0 433
67 43	2 0	0 141	0 177	0 328	0 328	0 328	0 357	0 357	0 373
85 01	3 0	0 138	0 171	0 253	0 259	0 259	0 288	0 302	0 310
107 2	4 0	0 135	0 167	0 203	0 220	0 207	0 244	0 258	0 266
126 67	250	0 135	0 171	0 171	0 187	0 177	0 217	0 230	0 246
152 01	300	0 135	0 167	0 144	0 161	0 148	0 187	0 210	0 223
177 34	350	0 131	0 164	0 125	0 144	0 128	0 181	0 193	0 208
202 68	400	0 131	0 161	0 108	0 125	0 115	0 170	0 181	0 198
253 35	500	0 128	0 157	0 685	0 1105	0 095	0 156	0 166	0 184
304 02	600	0 128	0 157	0 075	0 092	0 082	0 149	0 158	0 178
380 03	750	0 125	0 157	0 062	0 079	0 069	0 139	0 147	0 172
506 71	1000	0 121	0 151	0 049	0 062	0 059	0 131	0 136	0 162



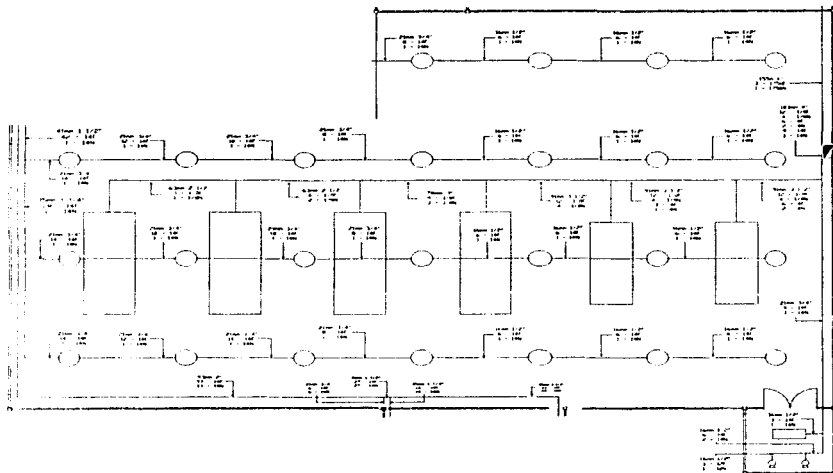
ESC. CIN	UNAM	FES-CUOTITLAN	M. Ricardo Garcia S.
ACOT: m	PROYECTO PARA TESIS		Revisor: J. Benjamin Contreras
20/08/03	PLANO DE CONSTRUCCION		HOJA 1/1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



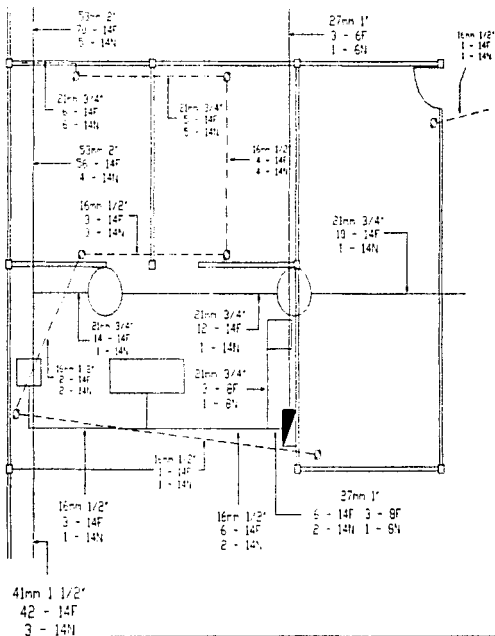
ESC: SIN	UNAM	FES-CUUTITLAN	M. Ricardo Garcia S.
ACD: m	PROYECTO PARA TESIS		Reviso: I. Benjamin Contreras
20/08/03	PLANO GLOBAL DEL SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS		HOJA 1/10

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



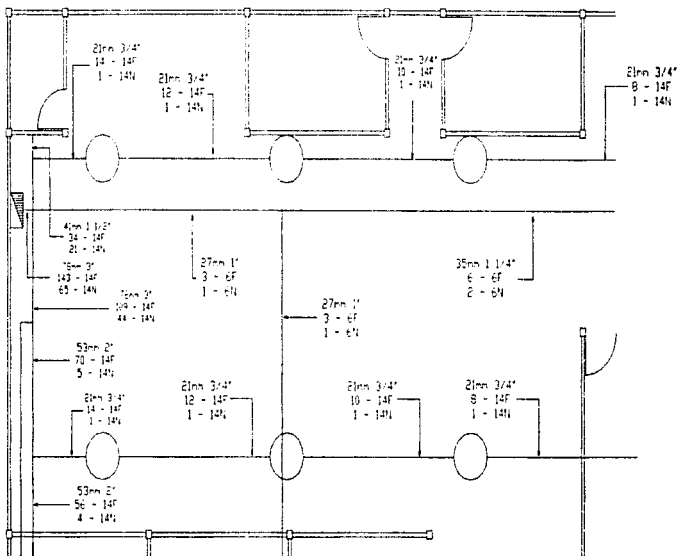
ESC: SIN	UNAM	FES-CUUTILAN	II. Ricardo Garcia S.
ACOT: n	PROYECTO PAPA TESIS		Reviso: I. Benjamin Contreras
20/02/03	AREA DE MAQUINADO		HOJA 3/10

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

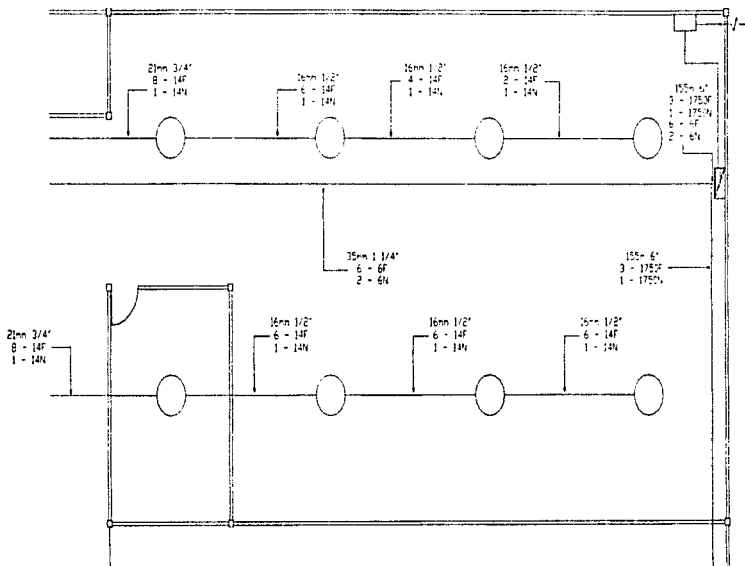


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESC: SIN	UNAM	FES-CUUTITLÁN	H. Ricardo García S.
ACDT: n	PROYECTO PARA TESIS		Revisó I. Ezequiel Contreras
20/08/03	AREA DE TALLER Y COMEDOR		HOJA 4/10



ESC SIN	UNAM	FES-CUUTITLAN	H Ricardo García S.
ACOT: m	PROYECTO PARA TESIS		Revisó Benjamin Contreras
20/08/03	AREA DE RECEPCION DE MATERIALES		HOJA 5/10

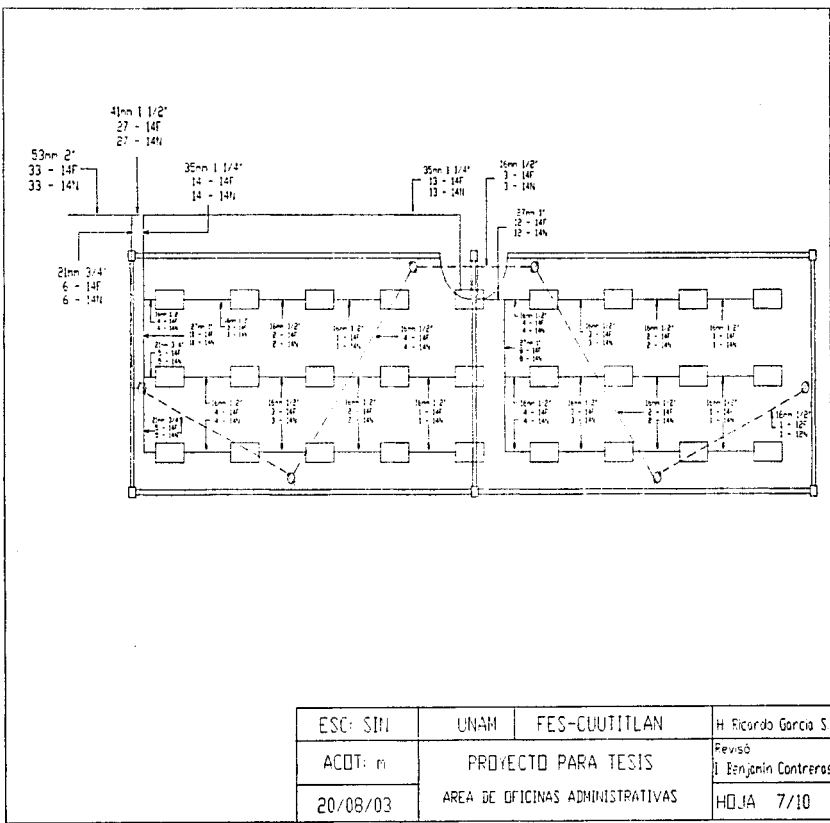


**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

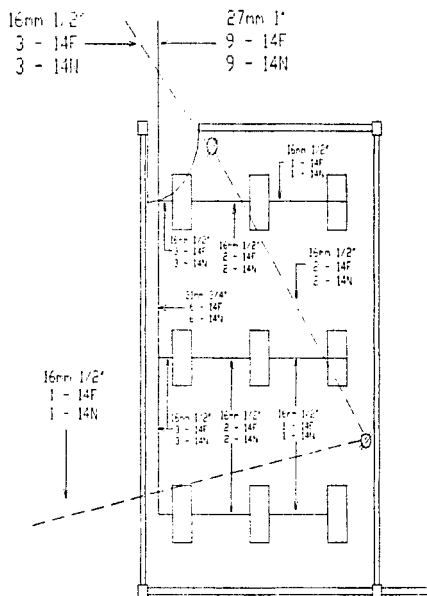
ESC: SIN	UNAM	FES-CUUTITLAN	H Ricardo Garcia S.
ACDT: m	PROYECTO PARA TESIS		Revisó: I. Benjamín Contreras
20/08/03	AREA DE ALMACEN		HOJA 6/10

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

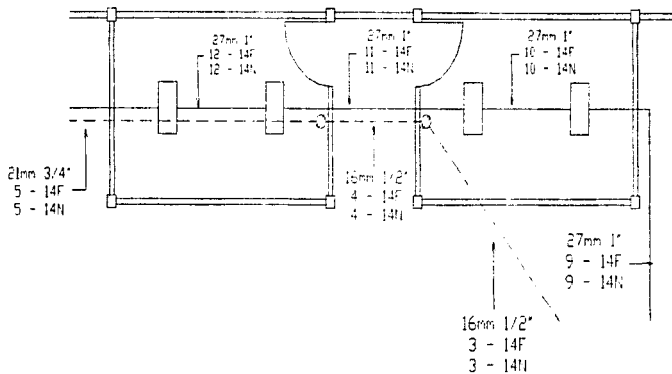
111



ESC: SIN	UNAM	FES-CUUTITLAN	H. Ricardo Garcia S
ACOT: m	PROYECTO PARA TESIS		Revisó J. Benjamín Contreras
20/08/03	AREA DE OFICINAS ADMINISTRATIVAS		HQJA 7/10

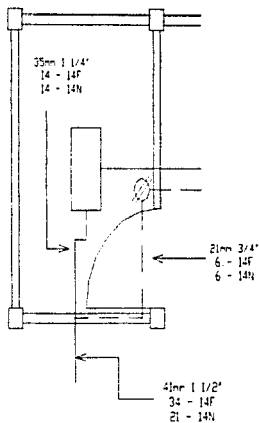


ESC. SIN	UNAM	FES-COQUITLAN	H Ricardo Garcia S.
ACOT. m	PROYECTO PARA TESIS		Revisó Benjamin Contreras
20/08/03	AREA DE LA OFICINA DEL ALMACEN		HOJA 8/10



TESIS CON
FALLA DE CARGEN

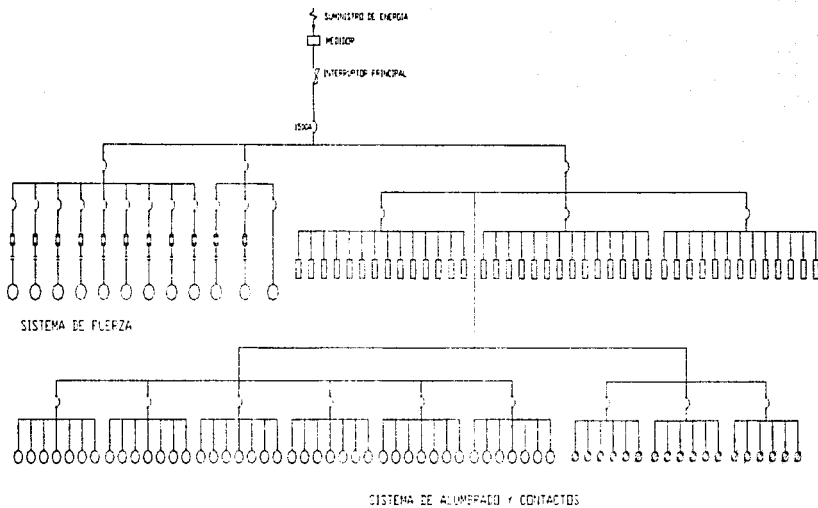
ESC: SIN	UNAM	FEC-CUUTITLAN	H. Ricardo Garza S.
ACDT: n	PROYECTO PARA TESIS		Fuente H. Enrique Contreras
20/08/03	AREA DE BARRIOS		HOJA 9/10



ESC: S74	LUNAM	FES-CUUTITLAN	M. Ricardo Garcia S
ACDI - n	PROYECTO PARA TESIS		Pedro I. Benjamin Contreras
20/08/03	AREA DE CASETA DE VIGILANCIA		HOJA 10/10

TESIS CON
FALLA DE CAUSEN

DIAGRAMA UNIFILAR DE TODA LA PLANTA



115

LEIDO CON
FALLA DE ORIGEN

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE FUERZA

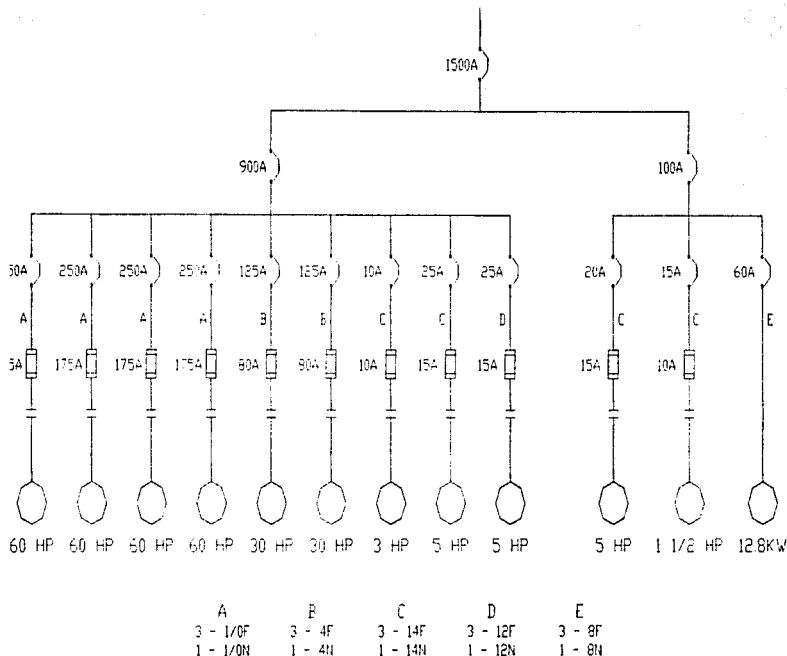
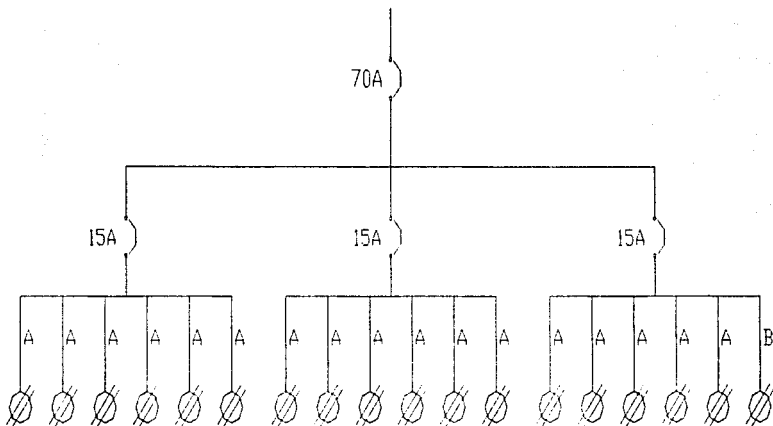


DIAGRAMA UNIFILAR DE CONTACTOS

117



CONTACTOS SENCILLOS DE 180 W

A E

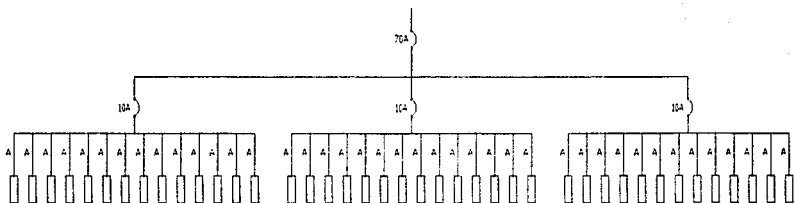
1 - 14F 1 - 12F

1 - 14N 1 - 12N

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIAGRAMA UNIFILAR DE ILUMINACION FLUORESCENTE

118



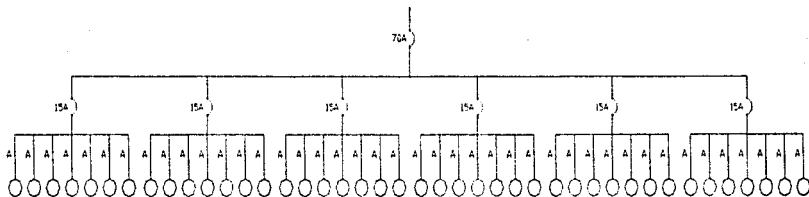
A
1 - 14F
1 - 14N

LAMPARAS DE CALITE SERIE 85-3
84 W ENCHUFO R40D
FABRICANTE HOLDFORCE

TESIS CON
FALLA DE
CORTEN

DIAGRAMA UNIFILAR DE ILUMINACION INDUSTRIAL

119



A
2 - 14F

LAMPARAS FREEMARK
250 W VAPOR DE SODIO ALTA PRESION
FABRICANTE "OLESHAW"

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN