



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DESARROLLO INTEGRAL DE UN PROYECTO  
ELECTRICO TIPO INDUSTRIAL CON  
CAPACIDAD DE 5 MVA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**AREA: ELECTRICA ELECTRONICA**

**P R E S E N T A:**

**JESUS ENRIQUEZ ROJAS**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. JUAN MANUEL ROJAS GOMEZ**



**MEXICO. D. F.**

**2002**

**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.

## A MI ESPOSA

*Juntos subimos la cuesta de la vida. Juntos estuvimos siempre en el dolor y en la alegría. Paseamos de la mano por los jardines floridos de la primavera. Dormimos juntos al fuego en los inviernos. Unidos vamos hacia lo invisible.*

*Mezclaste tu ser al mío, en los años y en el espacio. Tenías una voz, un cuerpo, una mirada. Ahora te has vuelto múltiple. Ahora tu vida florece en cada una de nuestras obras, esta es una de ellas. En todas perduraras en el futuro y me brindarán tus encantos.*

*Llegamos a la cumbre y descendemos por el lado opuesto. Sucederá algún día la extraña cosa de la separación. Con sus gemidos, uno llamara al otro, ¡No olvide el que se quede unos días más en la tierra, que la muerte es una ilusión de los sentidos!*

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas  
UNAM a difundir en formato electrónico e imp.  
contenido de mi trabajo recepcionado.  
NOMBRE: TERESA ENRIQUETA  
ROSAS  
FECHA: 22 JUNIO 2011  
FIRMA: Teresa

Teresa:  
Gracias por tu motivación y amor.

*A mis padres:*

*Gracias por darme la libertad de escoger el camino me gustaría recorrer, sin limitarme en lo que me proponía hacer, pues me permitió desde temprano tomar mis decisiones de lo que quería ser.*

*A mis tíos:*

*Ángel, Juan, Ana, Guadalupe, Antonio, esposas y esposos de ellos, por el ejemplo de vida que llevan de las cuáles tomare lo mejor, muy en especial a Maria Luisa y Teresa, pues gracias a su ayuda, en una etapa difícil de mi vida, me permitió continuar con mis estudios.*

*A mis hermanos:*

*Aunque la diferencia de criterios nos tiene alejados, donde quiera que me encuentre los tendré siempre en mis pensamientos, deseo que estén bien, y a ti Miguel que eres el que mucho me has ayudado, muchas gracias.*

*A mis profesores:*

*Por todos los conocimientos que me transmitieron, al Ing. Juan Manuel Rojas por darme la oportunidad de terminar con mis estudios al aceptar ser mi Director de Tesis y al Dr. Miguel Moctezuma que gracias a su apoyo y consejos logré elaborar y concluir éste trabajo.*

*A mis cuñadas:*

*Con todas sus familias, por la manera que tiene cada una de enfrentar la vida, y de una forma muy especial a ti Evita, que con tu constancia y dedicación al estudio, me motivaste a continuar adelante y llegar al final de lo que se empieza.*

*A mis primos:*

*Que son muchos y nombrarlos a todos sería difícil, y que me hacen recordar aquellos años tempranos de mi vida, que convivíamos como una gran familia, desafortunadamente con el tiempo cada uno va tomando su propio camino.*

## INDICE TEMÁTICO.

INTRODUCCION.....	5
CAP. 1 DEFINICION DEL PROYECTO.....	9
1.1.- Objetivos.....	11
1.2.- Antecedentes.....	12
1.2.1.- Ubicación e impacto ambiental.....	12
1.2.2.- Costo beneficio y mercado.....	15
1.3.- Necesidades del proyecto.....	15
1.3.1.- El proyecto en una instalación.....	15
1.3.2.- Instalación, definición y clasificación.....	17
1.3.3.- Características de una instalación.....	18
1.3.4.- Realización de una instalación.....	19
1.3.5.- Ejecución de una instalación.....	20
1.3.6.- Razones para sustituir una instalación.....	20
1.4.- Normatividad vigente, Norma Oficial Mexicana. NOM-001-SEDE-1999.....	21
1.4.1.- Artículo 110, Requisitos de instalaciones eléctricas.....	21
1.4.2.- Artículo 210, Circuitos derivados.....	21
1.4.3.- Artículo 215, Alimentadores.....	22
1.4.4.- Artículo 220, Calculo de circuitos derivados alimentadores y acometidas.....	22
1.4.5.- Artículo 230, Acometida.....	22
1.4.6.- Artículo 240, Protección contra sobrecorriente.....	23
1.4.7.- Artículo 250, Puesta a tierra.....	24
1.4.8.- Artículo 280, Apartarrayos.....	24
1.4.9.- Artículo 310, Conductores para alambrado general.....	25
1.4.10.- Artículo 384, Tableros de distribución y paneles de alumbrado y control.....	25
1.4.11.- Artículo 430, Motores, circuito de motores y sus controladores.....	25
1.4.12.- Artículo 450, Transformadores y bóvedas.....	25
CAP. 2 SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS.....	27
2.1.- Generalidades.....	29
2.2.- Tipos de fuentes luminosas.....	29
2.2.1.- Incandescentes.....	30
2.2.2.- Fluorescentes.....	31
a).- Clasificación de lámparas fluorescentes.....	31
b).- Características de comportamiento.....	32
2.2.3.- Descarga de alta intensidad HID.....	32
a).- Vapor de mercurio.....	34
b).- Aditivos metálicos.....	36
c).- Vapor de sodio alta presión.....	37
d).- Vapor de sodio baja presión.....	38

2.3.- Método de diseño de sistemas de iluminación. . . . .	40
2.3.1.- Método de lumen. . . . .	40
a).- Coeficiente de utilización (Cu). . . . .	41
b).- Factor de mantenimiento (Fm). . . . .	42
2.3.2.- Método de cavidad zonal. . . . .	43
a).- Factores de pérdida de luz. . . . .	45
b).- Ejemplo de cálculo de iluminación. . . . .	45
2.4.- Configuración de tableros, diagramas unifilares y cuadros de carga de alumbrados y contactos. . . . .	51
2.4.1.- Selección y cálculo de calibres de conductores. . . . .	51
a).- Factores a considerar durante el cálculo de calibre mínimo. . . . .	51
b).- Datos necesarios para el cálculo. . . . .	52
c).- Procedimiento general de cálculo. . . . .	52
d).- Métodos de cálculo. . . . .	55
e).- Ejemplo de selección de calibres. . . . .	57
f).- Balanceo de tableros de alumbrado. . . . .	58
2.5.- Diagramas unifilares, cuadros de carga y croquis de localización de tableros de alumbrado y contactos por áreas. . . . .	58
2.5.1.- Planta de producción:	
a).- Oficinas producción P.A. . . . .	60
b).- Oficinas producción P.B. . . . .	64
c).- Área de Proceso. . . . .	69
d).- Área de Producción. . . . .	71
e).- Almacén de producto terminado. . . . .	72
f).- Almacén seco y de materias primas. . . . .	73
g).- Compresores y tanques. . . . .	74
h).- Exteriores área de producción. . . . .	75
2.5.2.- Edificio de oficinas corporativas:	
a).- Exteriores área de oficinas. . . . .	77
b).- Alumbrado P.B. de oficinas. . . . .	78
c).- Contactos P.B. de oficinas. . . . .	80
d).- Alumbrado Primer piso de oficinas. . . . .	82
e).- Contactos Primer piso de oficinas. . . . .	84
f).- Alumbrado Segundo piso de oficinas. . . . .	86
g).- Contactos Segundo piso de oficinas. . . . .	88
2.5.3.- Centro de desarrollo. . . . .	90
2.5.4.- Áreas generales:	
a).- Comedor, baños y bodega. . . . .	93
b).- Acceso principal y caseta de vigilancia. . . . .	97
c).- Almacenes generales. . . . .	98

**CAP. 3 DETERMINACIÓN DE CARGAS, CALCULO DE ALIMENTADORES  
Y DISTRIBUCION DE FUERZA. . . . . 101**

3.1.- Determinación de cargas, tableros de alumbrado y de distribución de fuerza..	103
3.1.1.- Cálculo de alimentadores para tableros de alumbrado. . . . .	104

3.1.2.- Cálculo de alimentadores para tableros de Alumbrado, (Aplicando las Normas Oficiales Mexicanas vigentes) . . . . .	106
3.1.3.- Cálculo de alimentadores para tableros de distribución. . . . .	108
3.2.- Determinación de carga, cuarto de bombas. . . . .	111
3.2.1.- Motores. . . . .	111
3.2.2.- Cálculo de circuitos derivados de motores. . . . .	113
3.3.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas sistema de alumbrados. . . . .	118
3.4.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas C.C.M. No. 1, Servicios. . . . .	123
3.5.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas C.C.M. No. 2, Compresores. . . . .	127
3.6.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas C.C.M. No. 3, Salas frías. . . . .	129
3.7.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas C.C.M. No. 4, Producción. . . . .	132
3.7.1.- Equipos alimentados en 220 V, de Transf. 8. . . . .	135
3.7.2.- Tablero VI, Distribución en 440 V. . . . .	136
3.7.3.- Tablero 6, Alimentado de transformador 9. . . . .	138
3.7.4.- Tablero 7, Alimentado de transformador 10. . . . .	140
3.7.5.- Tablero VII, Distribución en 440 V. . . . .	142
3.7.6.- Tablero 8, Alimentado de transformador 11. . . . .	144
3.7.7.- Tablero 9, Alimentado de transformador 12. . . . .	146
3.7.8.- Tablero VIII, Distribución en 440 V. . . . .	148
3.8.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas C.C.M. No. 5, Proceso. . . . .	150
<b>CAP. 4 SUBESTACION PRINCIPAL. . . . .</b>	<b>153</b>
4.1.- Tablero general de distribución. . . . .	155
4.1.1.- Cálculo de alimentador Sistema de Alumbrados. . . . .	159
4.1.2.- Cálculo de alimentador CCM-1, Servicios. . . . .	160
4.1.3.- Cálculo de alimentador CCM-2, Compresores. . . . .	162
4.1.4.- Cálculo de Alimentador Principal No. 1 . . . . .	163
4.1.5.- Cálculo de alimentador CCM-3, Salas frías. . . . .	165
4.1.6.- Cálculo de alimentador CCM-4, Producción. . . . .	166
4.1.7.- Cálculo de alimentador CCM-5, Proceso. . . . .	168
4.1.8.- Cálculo de Alimentador Principal No. 2 . . . . .	169
4.2.- Transformadores de distribución. . . . .	171
4.2.1.- Cálculo de la capacidad de transformadores. . . . .	173
4.2.2.- Corriente total en alta tensión. . . . .	174
4.3.- Banco de capacitores. . . . .	175
4.3.1.- Componentes. . . . .	175
4.3.2.- Filtros de Armónicas. . . . .	179
4.4.- Subestación en M.T., 34.5 kV. . . . .	181
4.5.- Alimentador subterráneo M.T., 34.5 kV. . . . .	185
4.5.1.- Fabricación de cables de energía. . . . .	185
4.5.2.- Manejo y almacenamiento. . . . .	186
4.5.3.- Instalación. . . . .	187
4.5.4.- Fallas, causas y recomendaciones. . . . .	188
4.5.5.- Selección de calibres. . . . .	190
4.5.6.- Pruebas de campo. . . . .	193
4.6.- Acometida en M.T., 34.5 kV. . . . .	195



CAP. 5 SISTEMAS COMPLEMENTARIOS.....	199
5.1.- Sistema de tierras.....	201
5.1.1.- Definiciones.....	202
5.1.2.- Calculo de la corriente de corto circuito.....	205
5.2.- Pararrayos.....	206
5.3.- Monitoreo y control de la energía.....	209
APÉNDICE.....	211
CONCLUSIONES DEL TRABAJO ELABORADO.....	219
BIBLIOGRAFÍA.....	221

## INTRODUCCION

Los recién egresados al término de su carrera de ingeniería se enfrentan a un reto muy grande que es la aplicación de los conocimientos adquiridos durante su paso por la Universidad, para el caso del ingeniero electricista en el área de instalaciones, el reto es mayor, ya que por lo general tenemos muy poca literatura que nos indique o nos dé un panorama de lo que son realmente las instalaciones eléctricas de tipo industrial, Por lo tanto es difícil encontrar obras que sean iguales una de otra, todas son de diferentes características y grados de complejidad, por lo tanto en el presente trabajo se tratará de presentar un proyecto realizado en gabinetes u oficinas y llevado a la obra de construcción, en el cual estuve participando en la instalación eléctrica, pero como se encontraba indefinido en muchas áreas a medida que se iba desarrollando la construcción, se fue resolviendo con modificaciones o adiciones al proyecto todas las indefiniciones de ingeniería..

La instalación eléctrica en una planta industrial que produce artículos refrigerados, debe contar con grandes áreas frías tanto en las áreas de producción como de almacenamiento de productos terminados, y por consiguiente utiliza gran consumo de energía eléctrica, así que se requiere que el *Ingeniero Electricista* al frente de la obra eléctrica deba contar con experiencia y conocimientos, de los temas involucrados en el desarrollo de un proyecto eléctrico industrial de éste tipo.

En el capítulo uno se muestran las razones que llevaron a buscar soluciones a los problemas que se enfrentaba esta empresa con las instalaciones existentes, pues se encontraban en diferentes lugares además de ser pequeñas resultaban insuficientes para las grandes demandadas de producción exigidas por el mercado.

Al localizar un lugar que se consideró fuera la mejor opción se procedió a recopilar la información que nos permitiera saber si éste terreno contaba con todas las condiciones requeridas para la edificación de esta industria, como son vías de comunicación, recursos naturales y servicios de luz, agua, etc.

Así mismo se analizan los conceptos que definen un proyecto y que se deben tomar en cuenta para tomar decisiones de cuando llevar a cabo modificaciones o ampliaciones, de las instalaciones existentes, dándonos razones para efectuarlos y anticiparnos de los costos de las mismas.

Otro punto también muy importante es la normatividad que se debe observar al realizar una instalación eléctrica, anteriormente aunque éstas existían por lo regular no eran tomadas en cuenta, pues por lo general en la mayoría de empresas con varios años de existencia, se tienen instalaciones rudimentarias fuera de normatividad, las cuales se deben modernizar y adecuar para tenerlas normalizadas, pues debido al uso y poco mantenimiento con que cuentan, son ineficientes, por eso es que hacemos mención de los artículos que se consideran se encuentran involucrados, de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-001-SEDE-1999)vigentes.

En el capítulo dos se presenta algunos conceptos importantes para los sistemas de alumbrado, así como los métodos para efectuar los cálculos de iluminación, que mediante diagramas unifilares, cuadros de carga y croquis de localización se van definiendo por áreas para los diferentes usos y que deben estar ordenadas mediante estudios de logística para el manejo de materias primas, secuencia de producción, almacenamiento de producto terminado, etc.

Así calculando todas y cada una de las zonas según las necesidades del proyecto, se van integrando los tableros de alumbrados o centros de carga requeridos en el sistema de iluminación, a la vez que en estas definiciones se toma siempre en cuenta las normas que para cada área, están presentes en el reglamento de construcción vigente, cubriendo los requerimientos legales necesarios para éste tipo de instalaciones.

En el capítulo tres el tema central es la determinación de todas las cargas involucradas y como se distribuye el sistema de fuerza, aquí es donde se presentan los cálculos para calibres de conductores de alimentadores, canalizaciones, protecciones, etc., con toda esta información se generan los diagramas eléctricos y cuadros de carga de tableros de distribución y centro de control de motores (CCM's), aunque carece de información y detalles de cómo realizar el trabajo e incluso las trayectorias deberán suponerse para tener longitudes aproximadas para el cálculo de calibres de cables, ya que en la realidad se tiene muchos obstáculos ocasionados por otros sistemas o modificaciones de obra de última hora, que por lo general siempre resulta más fácil cambiar las canalizaciones eléctricas que cualquier otro tipo de sistema, es por lo que en la mayoría de veces existe una gran diferencia entre lo que se proyecta y lo que finalmente queda instalado.

El capítulo cuatro se refiere a la acometida en alta tensión para el suministro de energía de la planta de proceso en estudio, existiendo dos tipos de alimentación: aérea y subterránea, en éste caso se selecciona la segunda opción, pues es confiable y segura, además que en cuestión de estética es mejor al no haber postes en áreas verdes o librar construcciones ya hechas.

Así mismo se muestran los puntos en que se debe tomar especial cuidado ya que es de gran riesgo manejar voltajes elevados, además que se debe cumplir estrictamente con las normas oficiales mexicanas para las instalaciones eléctricas. Aunque se va presentando como se fueron obteniendo los resultados, desde tablero general de distribución, transformadores y banco de capacitores, subestación y acometida.

En el capítulo cinco, se mencionarán los sistemas que vienen a complementar el proyecto, uno de ellos es el sistema de tierras, indispensable en toda instalación eléctrica, sistema que anteriormente no era muy tomado en cuenta en México y debido al avance de la electrónica de los últimos años y que se ha aplicado al control y automatización de los procesos industriales, así como los sistemas de comunicación y transmisión de datos mediante el uso de PLC'S y PC'S, han hecho que éste tome una gran importancia debido a que corrientes que circulan por cables de tierra conocidas como corrientes parásitas de equipos no aterrizados correctamente producen fallas en los mismos.

Otro es el sistema de pararrayos, que es muy necesario para la protección de descargas atmosféricas, ya que el área donde se encuentra ubicada la planta es una zona de alto riesgo y contar con un sistema adecuado evita sufrir accidentes de graves consecuencias, así también se expone cual es la razón de haber seleccionado cierto tipo de pararrayos, el que se consideró más adecuado.

Un tema que se esta desarrollando últimamente es el control de la energía para optimizar su utilización ya que es donde se presentan grandes desperdicios de la misma, y mediante programas de ahorro de energía y equipos recientes que permitan el monitoreo en PC'S y puedan ser activadas y desactivadas local o remotamente en forma programada.

Para finalizar se hace una selección de equipos que existen en el mercado para el manejo de la energía y que a ultimas fechas con la apertura de los mercados contamos con una amplia variedad de ellos, y es aquí donde se requiere la experiencia y el conocimiento de los equipos para tener la capacidad de seleccionar al que mejor convenga ya sea en precios, funcionalidad, calidad, etc.

En el capítulo seis se sacan conclusiones de la elaboración del trabajo tanto escrito como de construcción, y lo que en un principio eran solo ideas, mediante la participación de muchas personas, desde ejecutivos de alto nivel en la toma de decisiones, profesionales que diseñaron, ingenieros que dirigieron y/o supervisaron en las diferentes áreas, como la construcción eléctrica, que fue el área en que fui responsable como *Ingeniero Residente de Instalaciones Eléctricas*, hasta personal que laboró como obrero en la obra, hicieron que se convirtiera en una gran realidad, así el momento de empezar a poner en marcha cada equipo e ir liberando áreas, después de haber enfrentado y resuelto todos los problemas y librado la totalidad de los obstáculos que se presentaron, es el momento de mayor satisfacción para el ingeniero, el dejar funcionando en su totalidad la planta.



# CAPITULO 1

---

## DEFINICIÓN DEL PROYECTO.

- 1.1.- Objetivos.
- 1.2.- Antecedentes.
  - 1.2.1.- Ubicación e impacto ambiental.
  - 1.2.2.- Costo-beneficio y mercado.
- 1.3.- Necesidades del proyecto.
  - 1.3.1.- El proyecto en una instalación.
  - 1.3.2.- Instalación, definición y clasificación.
  - 1.3.3.- Características de una instalación.
  - 1.3.4.- Realización de una instalación.
  - 1.3.5.- Ejecución de una instalación.
  - 1.3.6.- Razones para sustituir una instalación.
- 1.4.- Normatividad vigente: Norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-1999.
  - 1.4.1.- Artículo 110, Requisitos de instalaciones eléctricas.
  - 1.4.2.- Artículo 210, Circuitos derivados.
  - 1.4.3.- Artículo 215, Alimentadores.
  - 1.4.4.- Artículo 220, Calculo de circuitos derivados y alimentadores.
  - 1.4.5.- Artículo 230, Acometida.
  - 1.4.6.- Artículo 240, Protección contra sobrecorriente.
  - 1.4.7.- Artículo 250, Puesta a tierra.
  - 1.4.8.- Artículo 280, Apartarrayos.
  - 1.4.9.- Artículo 310, Conductores para alambrado general.
  - 1.4.10.- Artículo 384, Tableros de distribución y paneles de alumbrado y control.
  - 1.4.11.- Artículo 430, Motores, circuito de motores y sus controladores.
  - 1.4.12.- Artículo 450, Transformadores y bóvedas.



## 1.1.- OBJETIVO

El mejoramiento de las condiciones de vida en nuestra época, ha resultado en gran parte de la disponibilidad de fuentes de energía, cada vez de mayor magnitud. El panorama mundial actual emprende acciones antes ni siquiera imaginadas, porque la tecnología ha puesto en sus manos recursos energéticos tan complicados, que se requieren equipos multidisciplinarios de gran especialización para poder manejarlos en forma adecuada.

La electricidad es hoy en día es el recurso energético más popular, ya que su manejo sencillo le permite ser utilizado para fines tan elaborados como puede ser el permitir el funcionamiento de equipos electrónicos, de control de naves de misiones de investigación espacial, ó bien para ser la fuente de luz en las bombillas que iluminan las viviendas de la población que vive alejadas de las ciudades.

En la vivienda urbana actual resulta una necesidad el que la realización de una construcción, cualquiera que sea su utilización, ya sea habitacional, para trabajo, diversión, investigación, etc. Incluya como sistema primordial contar con una instalación eléctrica de máxima confiabilidad que brinde y distribuya adecuadamente la energía hasta su lugar de consumo.

Así el presente trabajo persigue el propósito de utilizar todos los temas involucrados en un proyecto eléctrico enfocado a una planta industrial, y para lo que se debe tener una metodología especial, que en nuestro caso es el resultado de las experiencias adquiridas tanto de trabajos desarrollados como de labores de investigación

Todo proyecto requiere de bases, en nuestro caso está constituido por los planos arquitectónicos, necesidades del proceso, especificaciones y requerimientos especiales, generalmente esta información es proporcionada por profesionales de las áreas correspondientes.

Para poder cumplir con nuestro objetivo nos corresponde seleccionar los medios de distribución y canalización de la energía, definir los medios de control y protección de equipo eléctrico, diseñar un sistema de seguridad para el personal y proporcionar las características del sistema de alumbrado, observando en todo momento la reglamentación eléctrica existente en el país.

Y mostrar al lector o estudiante de la carrera de Ingeniería eléctrica que el "Ingeniero Mecánico Electricista" es un profesional indispensable dentro de la organización de una empresa, para atender, dentro de las propiedades físicas, el área de instalaciones y equipos.

La planeación, programación, construcción, operación y conservación de las propiedades físicas de una empresa, son funciones de uno o varios departamentos, pudiendo ser actividad base de uno de ellos, efectuando en forma independiente o bien a través de una interacción departamental.



## 1.2.- ANTECEDENTES.

Se refiere a los diversos factores que obligaron a los empresarios a tomar en cuenta la expansión de su planta de producción, y sobre todo lo que más influyo es la creciente demanda de sus productos congelados, pues debido a que existe explosión demográfica, aunque no muy alta como en años anteriores, todavía es considerable, además la migración de la gente del campo hacia las ciudades, ocasiona que éstas crezcan a un ritmo acelerado, propiciando que las extensas áreas de asentamiento, al urbanizarse, sean recubiertas de asfalto y concreto los suelos que anteriormente eran áreas verdes evitando la recarga de los mantos freáticos, y por consiguiente se eleva la temperatura ambiental y escasea el agua potable que es el elemento vital que ayuda a mitigar la sed.

Éstas son las principales causas de que nuestro país sea uno de los más grandes consumidores de bebidas embotelladas, y los productos elaborados con líquidos endulzados y congelados como son las paletas y los helados sean también beneficiados por las mismas razones, y que han hecho que a últimas fechas aumente su demanda en un elevado porcentaje, motivo suficiente para tomar en serio como punto primordial aumentar la producción. Solo que se enfrentaron a un grave problema, se contaban con tres plantas pequeñas distribuidas en diferentes regiones, dos en el Distrito Federal y una en San Luis Potosí, con las mismas características, eran pequeñas y se encuentran en zonas céntricas y pobladas, por lo que su expansión ahí mismo resultaría muy costosa y llevar programas de mejoramiento y aumento de producción requería de áreas más amplias, pues tanto la maquinaria necesaria como el manejo de materias primas, el almacenamiento de productos elaborados, los andenes para los vehículos que distribuirán los mismos ocuparían mucho espacio. Por estas razones se decidió se localizara una área amplia que satisficiera las necesidades.

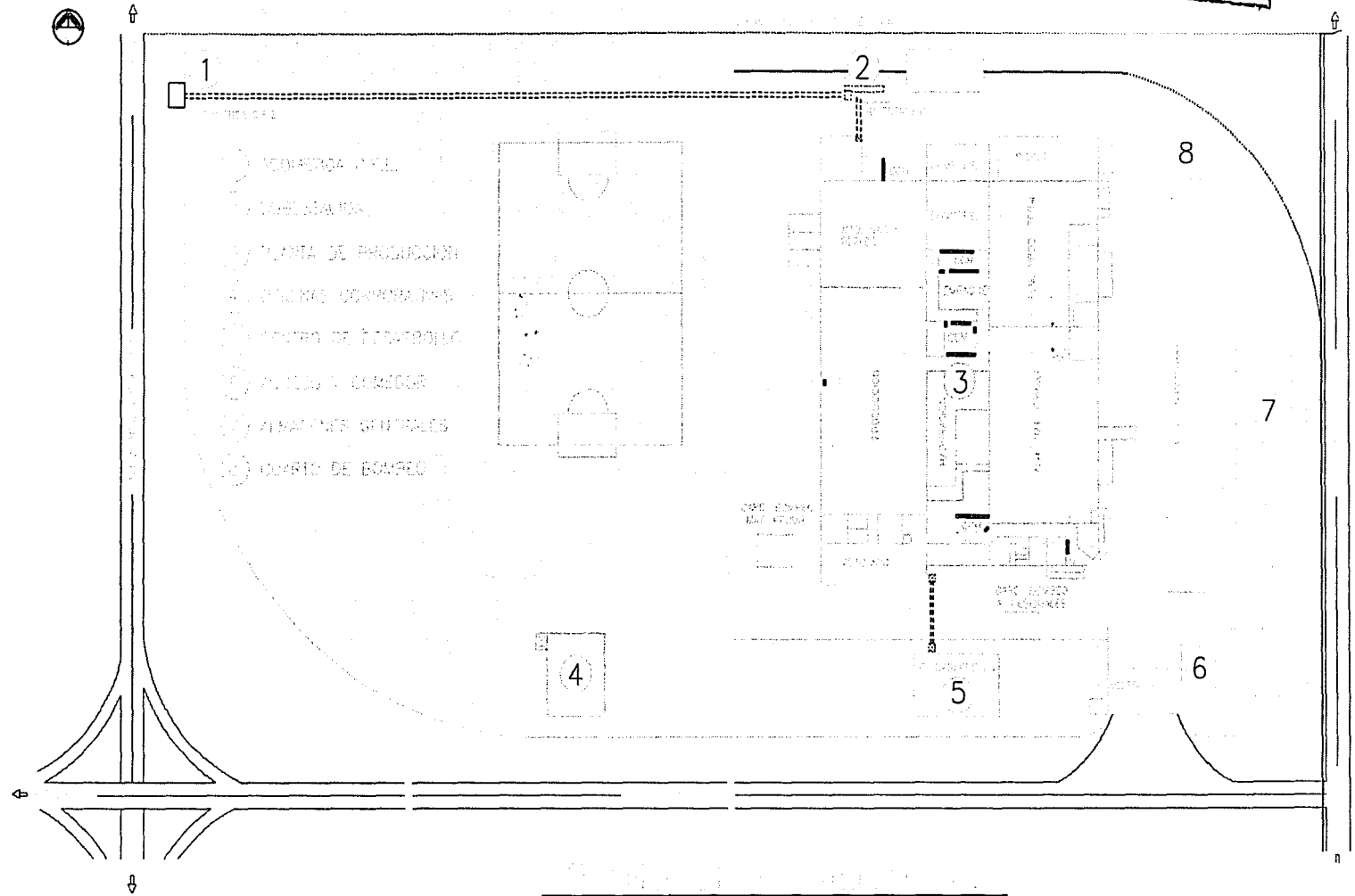
### 1.2.1- Ubicación e impacto ambiental.

Como una mejor opción se localizo y definió un lugar cercano a la carretera México-Querétaro a la altura del Municipio de Cuautitlán en el Estado de México, y se vio que contaba con importantes vías de comunicación como la autopista y la vía Gustavo Baz, además de que se encuentra cerca del mercado de consumo más grande del país como es la Cd. de México, que como centro político y económico principal, cuenta con mejores vías de comunicación que en el resto de los estados, también el área es extensa para concentrar las tres plantas y cumpliendo con muchos de los requisitos necesarios de servicio, agua, luz, etc.

Mediante el croquis de la *lamina 1*, se muestra la extensión y ubicación de la planta, así como las principales áreas de que consta el proyecto para llevar a cabo un aumento en la producción con instalaciones amplias y modernas suficientes para contemplar un crecimiento futuro.

En cuanto al impacto ambiental, existe cerca un canal de aguas negras en el cual desembocan los desechos de toda la zona industrial, siendo utilizado por esta planta para desaguar las aguas pluviales y residuales.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



STATE OF CALIFORNIA  
COUNTY OF ALBANY  
JAN 10 1907

Para adquirir el agua se cuenta con un pozo profundo de gran capacidad que en conjunto con una toma municipal abastecen la gran demanda del líquido vital. Por otra parte, para tratar de compensar el agua que se extrae del subsuelo, la legislación local exige a las empresas que se inyecte aguas residuales mediante pozos de absorción.

### **1.2.2.- Costo beneficio y mercado.**

Al hacerse un análisis de qué alternativa convenía más, si adecuar sus instalaciones existentes ó reubicarlas completamente, como los edificios donde se encontraban no eran de su propiedad, y el localizarse en zonas pobladas la primera opción quedo descartada, procediéndose a encontrar un terreno que reuniera las características adecuadas y solucionar varios de los inconvenientes que se tenían al estar establecidos en los diferentes lugares y llevar la optimización de la producción mediante programas eficientes, para poder competir con otra gran empresa que ya estaba establecida y cuyos productos ya tenían gran aceptación.

Otro de los programas que se implementó fue la de crear formas de distribución de sus productos, seleccionando estratégicamente áreas de almacenamiento en diferentes puntos de la republica mexicana cercanos a las ciudades importantes, para hacerlos llegar a los consumidores en el interior de las zonas urbanas se utilizaron diferentes formas de venta, desde rentar o consecionar locales donde sólo se venden productos de la empresa hasta la de dejar en pequeños comercios establecidos congeladores en préstamo con la condición de expender únicamente sus productos.

Para transportar los productos de la planta a los grandes almacenes de distribución, resultó más redituable contratar los servicios de líneas de transporte que cuentan con unidades de carga equipadas con cámaras refrigeradas, solo para la distribución en pequeñas cantidades dentro de las zonas urbanas si fue necesario hacerse de un parque vehicular de pequeñas unidades acondicionándolas con equipos de refrigeración.

Finalmente y sin duda un punto muy importante en el éxito de todo negocio, es la promoción que se haga de sus productos en todas las formas de publicidad utilizando los medios masivos electrónicos, la prensa escrita, los anuncios espectaculares gigantes en vías de comunicación importantes, etc. Fueron decisivos en la gran aceptación e incremento en la demanda, alcanzando en muy poco tiempo estar a la altura de la competencia, tanto en cantidad como en calidad.

### **1.3.- NECESIDADES DEL PROYECTO.**

**1.3.1.- El proyecto en una instalación.** El proyecto de una instalación lo realiza el Departamento de Proyectos ó Ingeniería de la Planta, o bien puede contratarse en forma externa. La secuencia básica general para la realización del proyecto de una instalación se presenta a continuación.

+ Análisis de la situación actual.

-Capacidad instalada.

-Rendimiento; Unidad de producto por hora (u/h)

- Eficiencia de la instalación
- Incentivos fiscales.
- Posible localización regional
- Afectaciones ambientales.
- Reglamentación oficial.

+ Mercado

-Oferta:

- Producción actual
- Distribución
- Capacidad instalada
- Rendimientos
- Capacidad en operación
- Utilidades
- Pronóstico y su distribución

-Demanda:

- Factores que la definen
- Demanda actual satisfecha y derivada
- Pronóstico de la demanda

+ Método y Procesos:

- Análisis de métodos y procesos actuales
- Modificación para su aplicación.
- Creación de nuevos métodos.
- Curvas de economías de escala
- Definición de los planes de producción

+ Anteproyecto:

Este es un análisis técnico preliminar que permite definir la factibilidad de la obra y es base para realizar su justificación económica y financiera.

- Localización
- Infraestructura
- Insumos
- Requerimientos de espacio y su distribución
- Obra civil
  - Arquitectura
  - Estructuras
- Instalaciones.
- Maquinaria y equipo productivo.
  - Servicios.
- Personal y organigrama.
- Antepresupuesto.

+ Entrega:

- Planos.
- Antepresupuesto

- Lista preliminar de materiales
- Revisión de normas, especificaciones y políticas de instalación.

+ Proyecto:

- Memoria descriptiva.
- Memoria de cálculo.
- Planos.
- Especificaciones.
- Cantidad de obra
- Presupuesto.

+ Análisis económico:

- Costo/h de una maquina.
- Costo inicial, transporte, instalación.
- Depreciación.
- Impuesto, seguros.
- Mantenimiento, refacciones.
- Consumos de energía, Lubricantes, filtros, etc.
- M.O., vacaciones, IMSS, Infonavit, % Educación, etc.
- Rendimiento (u/h).
- Costo materia prima.
- Costo de administración, espacio (útil, maniobras), servicios, supervisión, etc.
- Costo/u.

+ Análisis financiero.

- Interno – con capital propio (re inversión de utilidades, acciones, fondo de depreciación, valor de rescate del equipo).
- Externo.
- Préstamo – Corto plazo
- Bonos - Largo plazo.

**1.3.2.- Instalaciones, definición y clasificación.** Instalación es el conjunto de artefactos, conducciones y accesorios necesarios para proporcionar un servicio.

En general, para el suministro de un servicio en una zona definida, se requiere contar en ésta con instalaciones básicas de infraestructura, proporcionadas normalmente por el municipio y/o las compañías suministradoras. La infraestructura necesaria para el suministro de un servicio, está constituida por los siguientes elementos.

Producción.  
Transmisión.  
Distribución.

A su vez, estos elementos requieren de “instalaciones” para satisfacer su función.

El complemento a las instalaciones de infraestructura, para poder ser utilizado un servicio, son las "instalaciones de uso", generalmente realizadas por el propio usuario y localizadas en la superestructura.

<i>Instalación:</i>		<i>Proporcionada por:</i>
Producción		Gobierno y/o
Transmisión	Infraestructura	Compañía Suministradora
Distribución		
Uso	Superestructura	Usuario.

Las instalaciones las definimos en función del tipo de servicio que suministran, así tenemos, entre otras, las instalaciones sanitarias, instalaciones hidráulicas, instalaciones eléctricas, etc.

*Distribución de costos de inversión.*

Construcción	Obra civil		Instalaciones	Maquinaria y Equipos
	Negra	Acabados		
Fábricas	30 %	10 %	30 %	30 %
Centros Sociales	30 %	40 %	20 %	10 %
Oficinas	35 %	45 %	15 %	5 %
Vivienda	40 %	50 %	8 %	2 %

**1.3.3.- Características de una instalación.** En una instalación se debe tomar en consideración diferentes características para la realización de su proyecto, construcción operación y/o mantenimiento, las cuales definen el nivel de servicio que se va a recibir de la instalación.

La principal característica puede incluirse fácilmente en el concepto económico. Sin embargo, tratando de ser más explícitos, se enuncian las 10 características básicas:

*Economía.-* En este concepto se deben tomar en consideración la inversión inicial y los costos de operación de ésta instalación.

*Vida útil.-* Este concepto es importante tomarlo en consideración en función de la planeación del sistema y del mercado.

*Eficiencia.-* Este concepto afecta directamente los costos de operación en el concepto de insumos, principalmente consumo de energía.

*Respaldo.-* A la adquisición de una instalación es necesario contar con un buen respaldo que permita la fácil adquisición de refacciones, su reemplazo y apoyo en el mantenimiento de éstas.

*Mantenimiento.-* Es importante tomar en consideración este concepto debido a su influencia directa en los costos de operación, confiabilidad en el servicio y seguridad en el funcionamiento.

**Flexibilidad.-** En general, las instalaciones deben permitir la modificación de las condiciones normales de funcionamiento para proporcionar temporalmente un servicio no contemplado en el diseño original.

**Simplicidad.-** Una instalación simple representa ventajas para el personal de operación y mantenimiento.

**Confiabilidad.-** Esta característica representa una mayor probabilidad de poder proporcionar un servicio continuo y en cualquier momento.

**Seguridad.-** Una instalación debe operar sin riesgos para el personal.

**Adaptabilidad.-** Es una gran ventaja el contar con una instalación que permita fácilmente contemplar una ampliación y/o reemplazo, para continuar proporcionando el servicio con el menor riesgo y tiempo de suspensión de funcionamiento.

**1.3.4.- Realización de una instalación.** A los trabajos necesarios para efectuar una instalación, frecuentemente se les denomina simplemente "instalación". Estos trabajos los podemos clasificar basándose en la edad de la instalación en:

Trabajo a realizar	Nueva	Ampliación
En una instalación	Usada	Modificación Reinstalación

Instalación nueva es aquella que se utiliza por vez primera en una obra.

Instalación usada es aquella que ya ha sido utilizada.

Un trabajo en una instalación usada, es aquel que se realiza en una obra, teniendo como base una instalación existente que requiere que se le acondicione al servicio solicitado por el usuario. Este acondicionamiento puede lograrse mediante una ampliación o modificación de la instalación base.

Reinstalación es el trabajo necesario para habilitar una instalación que ha fallado, ha estado fuera de servicio, ha concluido su vida útil o ha llegado a término su vida económica, aprovechando parcialmente los elementos de la instalación base.

#### *Elementos de una instalación.*

- 1.- Suministro o Acometida
- 2.- Seccionamiento
- 3.- Control
- 4.- Protección
- 5.- Inspección
- 6.- Almacenamiento
- 7.- Regulación
- 8.- Distribución



- 9.- Conducción
- 10.- Conexión

**1.3.5.- Ejecución de una instalación.** La ejecución de una instalación se puede clasificar en función de la relación de dependencia de los ejecutores con el usuario, es decir si el personal que efectúa la instalación labora o no en la empresa que recibe los servicios de la instalación. Esta clasificación es:

- 1.- Interna
- 2.- Externa
- 3.- Mixta

La ejecución de una instalación en forma interna es aquella que se efectúa con personal de planta de la empresa. El departamento que se encarga de este trabajo es el de Ingeniería de la Planta en su área de "Construcción" o "Mantenimiento".

La ejecución de una instalación en forma externa es aquella en que se contratan los servicios de personal independiente u otra empresa para efectuar la instalación.

La ejecución de una instalación en forma mixta, es con la participación de personal de planta de la empresa y externo. En general, se recurre a la ejecución externa de una instalación, cuando:

- Requiere maquinaria, personal y/o equipo especial.
- Premura de tiempo
- Su realización representa una carga pico, es poco frecuente y/o es de gran volumen
- Su realización requiere personal adicional y existen limitaciones de contratación

### **1.3.6.- Razones técnicas para sustituir una instalación.**

+ Operación y mantenimiento.

- Incremento en el consumo de energía.
- Incremento en los costos de mantenimiento (por intensidad y frecuencia).
- Reducción en el respaldo de refacciones y servicio.
- Peligrosidad en su operación.
- Falta de garantía en el funcionamiento.

+ Obsolescencia.

-Menor beneficio en relación a la nueva disponibilidad en el mercado debido a:

- Exceso de personal.
- Exceso de desperdicios.
- Exceso de espacio.
- Equipo actual más rápido, versátil, eficiente, seguro y cómodo.
- Desplazamiento tecnológico.
- Cambio de las características del mercado, modificación del gusto del consumidor.
- Fuera de tolerancias.
- Nuevas disposiciones legales del control de la contaminación.

+ Producción.

-Saturación que impide el aumento de producción.

-Rendimiento (u/h) no afín a la línea de producción.

#### 1.4.- NORMATIVIDAD VIGENTE: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999.

En esta parte del trabajo se mostrará los artículos que se consideran tengan la mayor importancia en cuanto a instalaciones eléctricas se refiere la citada norma, además que se presenta en forma breve, pero que nos orienta del tema que se trata, y si queremos profundizar en alguno de éstos artículos, se debe a consultar dicha normatividad vigente.

##### 1.4.1.- Artículo 110, Requisitos para instalaciones eléctricas.

110-3 Instalación y uso de los equipos. Los equipos certificados o etiquetados deben usarse o instalarse de acuerdo con las instrucciones incluida en la etiqueta o certificado.

110-9 Capacidad interruptiva. Los equipos destinados a interrumpir corrientes de falla deben tener una capacidad interruptiva nominal suficiente para la tensión nominal del sistema y la corriente disponible en sus terminales de entrada.

110-10 Impedancia del circuito y otras características. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, la impedancia total, la capacidad nominal de cortocircuito de los componentes y otras características del circuito que deban protegerse, deben seleccionarse y coordinarse de tal manera que permita a los dispositivos de protección del circuito, eliminar una falla, sin que ocurran daños que se extiendan a los componentes eléctricos del mismo.

110-12c). Integridad de los equipos eléctricos y sus conexiones. Las partes internas de los equipos, incluyendo barras colectoras, terminales, aislamiento y otras superficies, no deben ser dañadas o contaminadas por materiales extraños como pintura, plastificantes, limpiadores o abrasivos.

110-14c). Temperatura de operación. La temperatura de operación del conductor, asociada con su capacidad de conducción de corriente, debe seleccionarse y coordinarse para que no exceda la temperatura de operación de cualquier elemento del sistema que tenga la menor temperatura de operación.

##### 1.4.2.- Artículo 210, Circuitos derivados.

210-8 Interruptores contra fallas a tierra (ICFT), para protección de las personas, se refiere a contactos instalados en unidades de vivienda (a), y en edificios que no sean viviendas (b), deben contar con este tipo de interruptores.

210-22 Cargas máximas. La carga total no debe exceder la capacidad nominal de un circuito y no exceder las cargas máximas especificadas en los incisos siguientes incisos:

a).- Cargas combinadas y de motores. Cuando un circuito alimente solamente cargas de motor se aplicara el artículo 430. Cuando un circuito alimente solamente equipos de aire acondicionado ó de refrigeración ó ambos, se aplicara el artículo 440. Para circuitos que alimenten cargas que consisten en equipos acondicionados por motor que estén fijos y que tengan un motor mayor de 93.25 W (1/8" de CP) de potencia en combinación con otras cargas, el cálculo de la carga deberá basarse en el 125% de la carga del motor más grande, más la suma de las otras cargas restantes.

b).- Cargas inductivas de iluminación. Para circuitos que alimentan las unidades de alumbrado con balastro, transformadores o autotransformadores, debe considerarse la corriente total que tomen dichos equipos y no solamente la de las lámparas de los mismos.

Excepción: No se requiere aplicar esta condición, si al calcular la corriente permisible en los conductores del circuito, se ha aplicado el factor de reducción por agrupamiento correspondiente.

#### **1.4.3.- Artículo 215. Alimentadores.**

215-3.- Protección contra sobrecorriente. Los alimentadores deben protegerse contra sobrecorriente de acuerdo con lo indicado en la parte A del artículo 240.

#### **1.4.4.- Artículo 220. Calculo de circuitos derivados y alimentadores.**

220-10. Disposiciones generales. 220-10 b).- Cargas continuas y no continuas. Cuando un alimentador sirve cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, el valor nominal del dispositivo de sobrecorriente no debe ser menor que la suma de las cargas no continuas más el 125 % de las cargas continuas.

#### **1.4.5.- Artículo 230. Acometidas.**

230-40. Conjunto de conductores de entrada de acometida. Cada acometida aérea o subterránea, debe alimentar solo a un conjunto de conductores de entrada de acometida.

Excepción 1: Inmuebles con más de un local pueden tener un conjunto de conductores de entrada de acometida tendidos hacia cada local o grupo de locales.

Excepción 2: Un conjunto de conductores de entrada de acometida puede alimentar a cada uno o a varios gabinetes de equipos de acometida (Cuando de 2 a 6 medios de desconexión de acometida en gabinetes separados se agrupan en un solo lugar y alimentan cargas separadas desde una acometida aérea o subterránea.

Interruptores accionados manualmente o eléctricamente. Los medios de desconexión para los conductores de acometida sin conexión a tierra, estarán formados de:

Un interruptor accionable manualmente o un interruptor termomagnético equipado con una placa u otro medio de accionamiento adecuado.

Un interruptor o un interruptor automático accionado eléctricamente, siempre que pueda ser abierto manualmente en caso de falla del suministro de energía.

Protección contra sobrecorrientes. Como parte integrante del medio de desconexión principal o adyacente al mismo. El usuario debe instalar un dispositivo de protección contra sobrecorriente en su instalación, este dispositivo de protección puede ser un juego de fusibles o un interruptor automático ambos de capacidad interruptiva adecuada al cortó circuito máximo que se pueda presentar.

Protección de equipos contra fallas a tierra. Se debe proveer protección de los equipos contra falla a tierra en las acometidas de sistemas en "Y" (estrella) sólidamente puestos a tierra de más de 150 V a tierra, sin exceder de 600 V entre fases cuando los medios de desconexión de cada acometida tenga una capacidad de 1000 A o más.

#### **1.4.6.- Artículo 240. Protección contra sobrecorriente.**

240-3. Protección de conductores. Los conductores que no sean cordones flexibles, ni alambres de aparatos se deberán proteger contra sobrecorriente de acuerdo a sus capacidades de conducción de corriente especificadas en la sección 310-15, a menos que se permita otra cosa en los incisos de este mismo artículo.

Capacidades de conducción de corriente nominales normalizadas.

Interruptores automáticos y fusibles con disparo fijo. Las capacidades de conducción de corriente nominales normalizadas de fusibles y de interruptores automáticos son: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, etc.

Interruptores automáticos con disparo ajustable. El rango de ajuste de disparo de un interruptor automático deberá estar externo y fácilmente accesible para el ajuste de tiempo largo e instantáneo y el ajuste será el máximo posible.

(b). Interruptor automático como dispositivo de sobrecorriente. Los interruptores automáticos deberán abrir todos los conductores sin conexión a tierra de l circuito.

Ubicación en el circuito. Se conectará un dispositivo de protección contra sobrecorriente en cada conductor no puesto a tierra de acuerdo a los incisos de ésta sección.

#### **1.4.7.- Artículo 250. Puesta a tierra.**

250-23 (b) Conductor puesto a tierra llevado hasta el equipo de acometida. Cuando un sistema de corriente alterna de menos de 1000 V esta puesto a tierra en cualquier punto, el conductor puesto a tierra deberá ser llevado a cada acometida en el medio de desconexión y debe estar unido al gabinete. Este conductor será tendido con los conductores de fase y su sección transversal no será menor que la sección transversal del conductor del electrodo de puesta a tierra indicado en la tabla 250-94; además en el caso de los conductores de fase de la acometida sean de sección transversal mayor a 1100 kC mil de cobre o la sección transversal de 1750 kC mil de aluminio, el conductor puesto a tierra tendrá un calibre con sección no menor al 12,5 % de la del mayor conductor de fase.

Sistema de electrodos de puesta a tierra. En cada inmueble o estructura a servirse, el sistema de electrodos de puesta a tierra se formará interconectando cada una de las partes que se indican en este artículo de la sección de (a) a (e) Los puentes de unión se dimensionarán según la sección 259-94, se instalarán de acuerdo con la sección 250-92 (a) y (b) y se conectarán como se especifica en la sección 250-115. El conductor del electrodo de puesta a tierra sin ningún empalme podrá llevarse a cualquiera de los electrodos disponibles del sistema de electrodos de puesta a tierra y será dimensionado tomando el mayor calibre requerido para todos los electrodos disponibles.

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

Cuando las secciones transversales de los conductores se dimensionan para la compensación de caída de tensión, los conductores de puesta a tierra de equipo, cuando son requeridos, deberán ajustarse proporcionalmente de acuerdo con la escala de medidas de las secciones transversales (AWG).

Cuando se instale un solo conductor de puesta a tierra de equipos para varios circuitos en la misma canalización, se le dimensionará de acuerdo con el mayor de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos dentro de la canalización.

Cuando los dispositivos de protección contra sobrecorriente consisten de un interruptor con circuito de disparo instantáneo o un motor protector de corto circuito como se menciona en la sección 430-42, el calibre del conductor de puesta a tierra de un equipo se debe basar en el dispositivo de protección de sobrecarga del motor pero no debe ser menor que la sección transversal que se menciona en la tabla 250-95.

#### **1.4.8.- Artículo 280. Apartarrayos.**

a) En circuitos de menos de 1000 V. La tensión del apartarrayos será igual o mayor que la máxima tensión de fase a tierra interrumpida a frecuencia nominal, que se pueda tener en el punto de aplicación.

En circuitos de 1 kV o más, tipo carburo de silicio. La capacidad nominal de un apartarrayos tipo carburo de silicio no será menor que el 125 % de la máxima tensión de fase a tierra que se pueda tener en el punto de aplicación.

**1.4.9.- Artículo 310. Conductores para instalaciones de uso general.**

310-15. Capacidad de conducción de corriente. a) Caso general. La capacidad de conducción de corriente para conductores de 0 a 2,000 V debe ser la especificada en las Tablas de capacidad de conducción de corriente 310-16 hasta 310-19 y sus correspondientes notas.

Las capacidades de conducción de corriente para conductores aislados con dieléctrico sólido de 2,000 V a 35,000 V, deben ser especificadas en las Tablas de capacidad de conducción de corriente 310-67 hasta la 310-84 y sus correspondientes notas.

**1.4.10.- Artículo 384. Tableros de distribución y paneles de alumbrado y control.**

Numero de dispositivos de sobrecorriente en un gabinete de alumbrado y control. En ningún gabinete o caja seccionadora para circuitos derivados de alumbrado y de aparatos, que forman parte de un gabinete de control, deben instalarse mas de 42 dispositivos de sobrecorriente (aparte de los que integran los alimentadores)

**1.4.11.- Artículo 430. Motores, circuitos de motores y sus controladores.** Las partes en que este dividido este articulo se encuentran en la figura 430-1, *ver lamina No. 2.*

**1.4.12.- Artículo 450. Transformadores y bóvedas de transformadores.**

450-3. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente de los transformadores debe cumplir con lo indicado en los incisos a) hasta d) de éste articulo. el dispositivo de protección en el secundario puede consistir de no más de 6 interruptores, o 6 juegos de fusibles agrupados. Cuando se usan varios dispositivos contra sobrecorriente, el valor total de todas las capacidades o ajustes de estos dispositivos no deben exceder el valor que se permite para un solo dispositivo de sobrecorriente.

AL SUMINISTRO

ALIMENTADOR DEL MOTOR

PARTE B  
Art. 430-24,25 y 26

PROTECCIÓN  
CIRCUITO CORTO Y  
FALLA A TIERRA

PARTE E

MEDIO DE DESCONEXION

PARTE I

PROTECCION CONTRA CIRCUITO  
CORTO Y FALLA A TIERRA DEL  
CIRCUITO DERIVADO

PARTE D

CONDUCTORES PARA EL  
CIRCUITO DEL MOTOR

PARTE B

CONTROLADOR

PARTE G

CIRCUITOS DE CONTROL  
DEL MOTOR

PARTE F

PROTECCION CONTRA  
SOBRECARGA

PARTE C

MOTOR

PARTE A

PROTECCIÓN TERMICA

PARTE C

CONTRROLADOR SECUNDARIO

PARTE B

CONDUCTORES SECUNDARIOS

Art. 430-23

RESISTOR SECUNDARIO

PARTE B  
Art. 430-23 y  
Art. 470

FIGURA 430.1

## CAPITULO 2

---

### SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS.

- 2.1.- Generalidades.
- 2.2.- Tipos de fuentes luminosas.
  - 2.2.1.- Lámparas incandescentes.
  - 2.2.2.- Lámparas fluorescentes.
  - 2.2.3.- Lámparas de descarga de alta intensidad HID.
    - a) Vapor de mercurio.
    - b) Aditivos metálicos.
    - c) Vapor de sodio alta presión.
    - d) Vapor de sodio baja presión.
- 2.3.- Método de diseño de sistemas de iluminación.
  - 2.3.1.- Método de lumen.
    - a).- Coeficiente de utilización ( $C_u$ ).
    - b).- Factor de mantenimiento ( $F_m$ ).
  - 2.3.2.- Método de cavidad zonal.
    - a).- Factores de pérdida de luz.
    - b).- Ejemplo de cálculo de iluminación.
- 2.4.- Configuración de los Tableros, diagramas unifilares y cuadros de carga de alumbrados y contactos.
  - 2.4.1.- Selección y cálculo de calibres de conductores.
    - a).- Factores a considerar durante el cálculo.
    - b).- Datos necesarios para el cálculo.
    - c).- Procedimiento general de cálculo.
    - d).- Métodos de cálculo.
    - e).- Ejemplo de selección de calibres.
    - f).- Balanceo de tableros de alumbrado.



2.5.- Diagramas unifilares, cuadros de carga y croquis de localización de tableros de alumbrado y contactos por áreas.

2.5.1.- Planta de producción.

- a).- Oficinas producción P.A.
- b).- Oficinas producción P.B.
- c).- Área de Proceso.
- d).- Área de Producción.
- e).- Almacén de producto terminado.
- f).- Almacén seco y de materias primas.
- g).- Compresores y tanques.
- h).- Alumbrado exterior área de producción.

2.5.2.- Edificio de oficinas corporativas.

- a).- Alumbrado exterior área de oficinas.
- b).- Alumbrado Planta baja de oficinas.
- c).- Contactos Planta baja de oficinas.
- d).- Alumbrado Primer piso de oficinas.
- e).- Contactos Primer piso de oficinas.
- f).- Alumbrado Segundo piso de oficinas.
- g).- Contactos Segundo piso de oficinas.

2.5.3.- Centro de desarrollo.

2.5.4.- Áreas generales.

- a).- Comedor, baños y bodega.
- b).- Acceso principal y caseta de vigilancia.
- c).- Almacenes generales.

## 2.1.- GENERALIDADES.

En la época actual, la iluminación artificial juega un papel importante en el desarrollo de todas las actividades del ser humano, como en el estudio, en el deporte, en las diversiones, en el trabajo, etc. Que implica prolongar estas acciones en la hora que la luz natural ya no esta presente.

La luz natural, es una energía radiante con capacidad para producir sensaciones visuales. Esta energía visible es una pequeñísima parte del espectro electromagnético, que es una gran cantidad de energía radiante viajando por el espacio en forma de ondas electromagnéticas.

Las funciones principales de la iluminación son las de proporcionar luminancias ambientales adecuadas y un nivel de iluminación suficiente, para asegurar un rendimiento visual optimo y así poder cumplir satisfactoriamente con la actividad que se realiza en el área iluminada.

En el proyecto eléctrico de la planta en estudio para productos refrigerados, las necesidades de iluminación son diversas por la gran variedad de actividades que en ésta se realizan, se requieren áreas para almacenamiento de materias primas, material de empaque, producto terminado, etc. Así el diseño para cada una de éstas áreas debe estar de acuerdo a la actividad que se va a desarrollar, tomándose en cuenta los niveles de iluminación recomendados por la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación y las Normas Oficiales Mexicanas.

En la actualidad se cuenta con varios tipos de Iluminación, Incandescente, fluorescente y de descarga gaseosa. Siempre puede aplicarse alguna de éstos tipos de iluminación para proporcionar las condiciones adecuadas requeridas.

## 2.2.- TIPOS DE FUENTES LUMINOSAS.

El objetivo principal de una fuente luminosa es la producción de luz, para lograrlo existen dos métodos principales que son: de Incandescencia y de Descarga Eléctrica.

En el primer método la generación de la energía luminosa se logra mediante un hilo llamado filamento, calentado hasta la incandescencia, mediante el paso de una corriente eléctrica.

El segundo método para generar energía luminosa, se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un gas o vapor.

Se analizaran comúnmente tres tipos de lámparas: Incandescentes, Fluorescentes y de Vapor, pues se considera que cualquiera de éstas puede aplicarse en la solución de iluminación en una planta industrial.

**2.2.1.- Incandescentes.-** Este tipo de fuente luminosa fue uno de los primero que se descubrieron, su funcionamiento básicamente consiste en producir luz mediante un filamento calentado hasta la incandescencia, al hacer circular una corriente eléctrica. Generalmente se emplea para la fabricación de éste filamento el Tungsteno, debido a que tiene un elevado punto de fusión, poca evaporación, buena ductibilidad y resistencia mecánica, además de excelente radiación. Posee una bombilla o cubierta de vidrio que envuelve un vacío o una atmósfera de gas inerte, y contiene una pintura ó alguna superficie metálica reflectora, para alterar la emisión lumínica de la lámpara en alguna forma.

Existe una gran diversidad de tipos de lámparas para diferentes aplicaciones: de servicio general, reflectores, decorativos, para anuncios, de tungsteno-halógeno, infrarrojos para uso rudo, etc.

**a) Algunas de sus características de operación son:**

**Eficiencia.-** Las lámparas de filamento radian entre 10 y 12 % de la energía consumida bajo la forma de luz visible y el resto en forma de energía infrarroja. Una barra de tungsteno en el punto de fusión daría 52 lúmenes por watt, en la practica se obtiene una eficiencia máxima de 33 lúmenes por watt y la mayoría esta comprendida en un rango de 12 a 22 lúmenes por watt.

**Duración.-** Este dato del fabricante se basa en promedios obtenidos al probar la vida de muchos de ellos. Según su curva típica al finalizar el periodo de vida de un grupo de lámparas el 50 % permanecerá encendida.

**Depreciación.-** La luz emitida, disminuye conforme pasa el tiempo de uso porque el tungsteno se evapora, esto ennegrece la bombilla y la corriente disminuye junto con el calentamiento del filamento.

**Efectos de la variación de voltaje.-** La eficiencia y la duración disminuye sustancialmente si el voltaje aumenta o disminuye del valor nominal.

**b) Ventajas y desventajas.** Así se concluye que mediante éste tipo de iluminación se tienen las siguientes ventajas y desventajas:

- Ventajas:**
- Filamento concentrado que semeja bastante a una fuente puntiforme, lo que permite lograr un buen control óptico.
  - Bajo costo inicial.
  - Circuitos sencillos que no necesitan equipo auxiliar y que operan con factor de potencia unitario.
  - Operación en una amplia gama de temperatura ambiente.
  - Su duración no es función de las horas de encendido por cada arranque.

**Desventajas:-** Baja eficiencia lumínica.

- Componente infrarrojo elevado, que pone en la práctica un límite superior en la cantidad de bujías-pie proporcionada por los sistemas incandescentes .
- Opera a altas temperaturas.
- La variación de voltaje las afecta en forma crítica.
- Típicamente son de corta duración.
- Están sujetas a fallas por golpes.

**2.2.2.- Fluorescentes.-** La lámpara fluorescente es esencialmente una fuente de luz de descarga eléctrica, en la cual la luz se produce por la fluorescencia o fosforescencia activada por la energía ultravioleta de un arco de mercurio.

Básicamente consiste en un bulbo tubular que tiene prensado los extremos, donde se coloca los electrodos y en el interior vapor de mercurio a baja presión como soporte del arco una pequeña cantidad de gas inerte (Argón) para el arranque. Cuando se aplica la tensión adecuada, un flujo de electrones desplazándose a gran velocidad, es impulsado desde uno de los electrodos y atraído por otro. Las colisiones entre éstos electrones y los átomos de mercurio que se encuentran en su camino, producen un estado de excitación, dando como resultado una generación de radiaciones en la región del ultravioleta.

#### **a) Clasificación de las lámparas fluorescentes.**

**Precaentadas.-** Son las que utilizan un circuito de arranque a fin de precalentar los electrodos y originar el desprendimiento de electrones, este sistema requiere de un reactor y un arrancador. El proceso de precalentamiento requiere solo unos cuantos segundos.

**Arranque Instantáneo.-** Este tipo no usa arrancador y reduce el tiempo de arranque del sistema de precalentamiento utilizando un reactor que proporciona un mayor voltaje que permite a los electrodos iniciar su función en frío.

**Arranque rápido.-** La lámpara fluorescente de arranque rápido combina las mejores características de los tipos anteriores. El precalentamiento se suministra por medio de un devanado adicional alojado en el reactor, por lo cual no se requiere arrancador y la lámpara enciende rápidamente sin necesidad de voltaje elevado.

El reactor que interviene en la operación de la lámpara proporciona corriente para calentar los electrodos (arranque rápido), voltaje suficiente para el arranque y además, limita la corriente de funcionamiento.

**Construcción.-** Las lámparas fluorescentes se construyen en varios tamaños y formas, en diversas capacidades, así como en diferentes tonos de blancos (dependiendo del tipo de fósforo utilizado) que nos proporcionan una visibilidad adecuada para las tareas que se desarrollan en los locales.

### ***b) Características de Comportamiento.***

La eficiencia lumínica promedio de las lámparas fluorescentes es de 78 lúmenes por watt. La energía luminosa disminuye en el transcurso de su vida útil, misma que varía de 7500 a 9000 hrs.

La variación en la temperatura provoca cambios en la presión del mercurio y por lo tanto en la intensidad luminosa en proporción directa.

Cuando el arco del electrodo es inestable produce interferencia en los equipos electrónicos que funcionan con ondas de radio.

Otro factor externo que afectan las bombillas fluorescentes es la humedad del medio, ya que en función de la carga electrostática se requiere un voltaje determinado para el encendido de la lámpara.

Resumiendo lo anterior tenemos:

- Ventajas:*
- Alta eficiencia.
  - Larga duración.
  - Existencia de una gran variedad de colores.

- Desventajas:*
- Mayor costo inicial por el equipo auxiliar.
  - Sensible tanto a la temperatura como a la humedad.
  - Origina interferencia en radio y ruidos sonoros.
  - Produce pocos lúmenes en relación con el tamaño físico de la lámpara.

### **2.2.3.- Lámparas de Descarga de Alta Intensidad.**

Estas lámparas son conocidas como de Descarga Eléctrica, donde la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor de gas.

*Funcionamiento.*- Consiste básicamente en la aplicación de un potencial eléctrico que ioniza el gas y permite que la corriente pase entre dos electrodos colocados en los extremos de la lámpara. Los electrones que forman la corriente o "arco de descarga" están acelerados a grandes velocidades y cuando entran en colisión con los átomos del gas alteran temporalmente su estructura atómica y la energía desprendida durante esta alteración es la que produce la luz.

*Características de operación.* Eficiencia.- Varía de 30 a 65 lúmenes por watt dependiendo de la potencia y del color.

*Depreciación.*- En una lámpara de 400 watts y transparente, fue de 17 % después de 16,000 hrs. de trabajo.

Estas lámparas tienen un tubo de descarga gaseosa, que opera a presiones y densidades de corriente suficientes para generar la radiación visible deseable para proporcionar luz. Estas lámparas se han vuelto populares principalmente por tres razones:

1. - Alta eficiencia – mas lúmenes por watt de potencia consumida.
2. - Fuentes de luz compactas – permiten un buen control de la luz con el uso de reflectores y refractores.
3. - Larga vida y mantenimiento de lúmenes – se reducen los costos de operación.

Los tres tipos principales de lámparas HID que actualmente se utilizan son: las de mercurio, aditivos metálicos y vapor de sodio alta presión. También se utilizan, para ciertas aplicaciones las lámparas de vapor de sodio de baja presión.

Las eficiencias relativas para producir luz están entre 38 y 57 lúmenes por watt en el caso de las lámparas de vapor de mercurio, entre 80 y 100 en el caso de las lámparas de aditivos metálicos y entre 80 y 140 para el caso de las lámparas de vapor de sodio de alta presión. Las lámparas de vapor de sodio de baja presión logran obtener eficiencias mayores que las mencionadas aunque no se trata ya de fuentes luminosas compactas y por lo tanto el control de su emisión luminosa se dificulta más.

*Balastro para lámparas HID.*- Estas lámparas HID tienen algo en común -- todas tienen una resistencia negativa, lo que significa que necesitan un dispositivo externo para limitar la corriente cuando se aplica voltaje o de lo contrario se destruirían rápidamente. El dispositivo que se utiliza para limitar esta corriente es el balastro.

Además, el balastro provee el suficiente voltaje para encender la lámpara y operarla en forma estable. En todos los casos el balastro hace que la lámpara funcione al voltaje adecuado independiente del voltaje de alimentación que se tenga. Esto se logra con el uso de un transformador que es parte integrante del balastro.

*Características eléctricas de las lámparas.*- Algunas características eléctricas de las lámparas tienen un efecto muy importante en la elección de los balastros y deben entenderse plenamente:

- Tensión de encendido: Las lámparas de vapor de mercurio o aditivos metálicos tienen electrodos especiales de encendido que les permite encender a voltajes relativamente bajos. El diseño de las lámparas de vapor de sodio alta presión no permite el uso de electrodos de encendido, por lo tanto se requiere un dispositivo especial de encendido que provee pulsos intermitentes de 2500 volts o más para ionizar los gases en el tubo del arco y lograr que éste se inicie.
- Corriente de encendido: Esta es la corriente disponible para la lámpara durante el primer medio minuto de calentamiento. Si la corriente es demasiado elevada, la vida de la lámpara disminuirá.

- Voltaje de operación de la lámpara: Para el caso de las lámparas de vapor de mercurio y de aditivos metálicos, la tensión de operación de la lámpara es casi constante a través de su vida. Debido a las tolerancias normales de manufactura, algunas lámparas pueden tener una variación en el voltaje de operación. Por ejemplo, la lámpara de 400 watts de vapor de mercurio tiene un voltaje nominal de operación de 135 volts, pero el voltaje de un grupo de lámparas puede variar de 125 volts a 145 volts.

Dependerá del tipo de balastro que la potencia de la lámpara varíe considerablemente con la tensión de la lámpara. El voltaje de operación de una lámpara de vapor de sodio alta presión continúa aumentando a través de la vida de la lámpara y el balastro debe ser diseñado muy cuidadosamente para minimizar el cambio de los watts de la lámpara conforme el voltaje cambia. Por ejemplo, la lámpara de vapor de sodio alta presión de 400 watts tiene un rango nominal de voltaje de 90 a 115 volts y aumenta hasta 140 volts al final de su vida.

- Potencia de operación de la lámpara: Una lámpara de vapor de mercurio o de aditivos metálicos operará a su potencia nominal solo si el voltaje de la lámpara y el voltaje de la línea son nominales. Teóricamente, el efecto total de estas variables puede causar que los watts de la lámpara varíen entre + 20 % de nominal. Sin embargo, debido a la distribución estadística de estas variables, más del 99 % de las lámparas de un grupo grande variarán no más de + 10% del nominal. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión pueden variar tanto como + 20 %, ya que el voltaje de la lámpara aumenta a través de su vida.
- Factor de cresta de la onda de corriente de la lámpara: El factor de la cresta es la razón del valor pico al valor eficaz de la corriente de operación de la lámpara. Las normas para lámparas permiten un factor de cresta máximo de 2 para el caso de las de vapor de mercurio y de 1.8 para las de aditivos metálicos o vapor de sodio alta presión. Un factor de cresta muy elevado acelerará la depreciación luminosa de las lámparas.

**a)- Lámpara de mercurio.-** Es la más fácil de controlar debido a su estabilidad. La tensión de la lámpara cambia muy poco durante su vida (menos de 3 %).

#### *Tipos de balastros:*

- Reactor serie. Es el más sencillo de los balastros, es simplemente una bobina de choque inductiva en serie con la lámpara, operada directamente a partir de una tensión de línea apropiada. Como este circuito es muy inductivo, se obtiene un factor de potencia bajo, de alrededor del 50 %. El factor de potencia puede corregirse colocando a través de la línea un capacitor. Como ventajas, puede decirse que el reactor serie es de bajo costo y tiene pocas pérdidas, y es comparativamente pequeño y ligero.

Provee una buena regulación de los watts de la lámpara con variaciones de los volts de la lámpara – alrededor de un 3 % de cambio en los watts de la lámpara cuando hay

un cambio de 11 % en los volts de la lámpara. Tiene un factor de cresta muy bajo, de alrededor de 1.4 y provee una corriente de encendido elevada para que la lámpara se caliente rápidamente.

El reactor serie tiene desventajas. Tiene un factor de potencia bajo a menos que sea corregido por medio de un capacitor bastante costoso. Los watts de la lámpara varían + 12 % cuando el voltaje de línea varía en + 5 %. Sólo puede utilizarse cuando la tensión de la línea provee las condiciones necesarias para un encendido confiable y estabilidad de la lámpara – esto sucede generalmente a 220 volts ó 277 volts para las lámparas de baja potencia y 480 volts para las lámparas de mayor potencia. La corriente de línea es mayor durante el encendido que durante la operación, lo que debe tomarse en consideración cuando se instalan fusibles o interruptores en los circuitos. Este balastro tolerará disminuciones en la tensión de línea de solamente 15 %, y en las lámparas de alto voltaje este valor disminuye hasta el 10 %. A pesar de sus inconvenientes, el reactor serie, si es adecuadamente utilizado, puede funcionar en una instalación de bajo costo con la suficiente confiabilidad.

- Autotransformador de alta reactancia. Consiste de un autotransformador más un reactor serie combinados en una sola estructura. Este balastro tiene características de operación similares a las del reactor serie, pero con la capacidad de operación a otras tensiones de línea.

Como el reactor serie, el autotransformador de alta reactancia tiene bajo factor de potencia que puede ser corregido utilizando un capacitor que opera en paralelo con un embobinado especial que permite ahorrar costos. Este balastro solamente se utiliza en aplicaciones de baja tensión de alimentación, ya que de lo contrario el costo del capacitor lo colocaría en un precio que sería más conveniente pagar para tener otros tipos de balastro que operan más satisfactoriamente.

El autotransformador de alta reactancia, disponible a 127 volts, tiene las mismas virtudes y desventajas que el reactor serie. Es inevitablemente más grande que el reactor serie, por lo que cuesta un poco más y tiene mayor pérdidas.

- Autotransformado autorregulado. Combina las características de un autotransformador de alta reactancia con el circuito de potencia constante. Al utilizar una parte del devanado primario en común con el secundario se reduce su tamaño. Debido a que solamente el devanado secundario contribuye a la buena regulación, el grado de regulación depende de la cantidad de tensión del primario que esté acoplada con el secundario.

Este autotransformador es de bajo costo, tamaño moderado y tiene un peso menor que el de potencia constante. Sus pérdidas son también menores. Su regulación es muy buena, aunque peor que la del de potencia constante, generalmente alrededor de + 5 % de cambio en la potencia de lámpara cuando se tiene + 10 % de cambio en la tensión de alimentación. Algunas de las ventajas del de potencia constante se observan en este circuito, incluyendo un buen factor de potencia, pequeña corriente



de encendido y buena tolerancia a las disminuciones bruscas de la tensión de alimentación.

Una ventaja del autotransformador autorregulado en comparación con el de potencia constante, es su conexión eléctrica entre los devanados primario y secundario.

- Transformador de potencia constante. El balastro del circuito transformador de potencia constante tiene los devanados primario y secundario eléctricamente aislados entre sí, y la limitación de la corriente se logra a través de un capacitor que esta en serie con la lámpara. El capacitor lo hace un circuito adelantado, en vez de un circuito atrasado. El balastro está diseñado de tal manera que la parte secundaria de la laminación trabaja a saturación magnética. La corriente del secundario permanece esencialmente constante cuando se tiene un rango amplio de tensiones de alimentación, lo que permite una regulación excelente de la potencia de la lámpara.

La tensión de alimentación, puede cambiar en + 13 % y originará solamente un cambio de + 3% en la potencia de la lámpara.

El factor de potencia es de alrededor del 95 %, y la corriente de línea durante el encendido es siempre menor que durante la operación estable. Las disminuciones abruptas de tensión de alimentación no representan un problema en este tipo de balastro, ya que aceptará disminuciones del 50 % durante por lo menos 4 segundos de duración.

La virtud principal del balastro transformador de potencia constante es su facilidad de aplicación. Puede instalarse en cualquier circuito con una mínima preocupación en relación con la tensión de alimentación, a la disminución de dicha tensión, al aterrizaje o la colocación de fusibles, y proveerá una excelente operación.

#### ***b) Lámparas de Aditivos Metálicos.***

Las lámparas de aditivos metálicos tienen una gran semejanza a las lámparas de vapor de mercurio y sus características eléctricas (tensión de operación y corriente) son muy similares a las lámparas de mercurio equivalentes. Los tubos del arco de éstas lámparas contienen, además del mercurio, ciertos aditivos metálicos, generalmente compuestos de haluros de yodo, que dan a la lámpara su gran eficiencia luminosa y sus características de color. Sin embargo, estos aditivos metálicos, debido a la naturaleza de su ionización, tienen dos efectos muy importantes en los requisitos hacia el balastro. Primero se requiere una elevada tensión de circuito abierto para que se inicie el arco a una temperatura especificada. Segundo, durante el ciclo de calentamiento existe un periodo de baja conducción en el plasma del arco y los requisitos de la tensión de reignición para restablecer el arco en cada medio ciclo exceden los valores generalmente disponibles en un balastro estándar de vapor de mercurio. Cuando se utiliza un balastro para vapor de mercurio con una lámpara de aditivos metálicos, esta condición existe y el arco se extinguirá, la lámpara se enfriará y tratara de encender y se continuara este ciclo. Esta condición empeorará conforme la lámpara envejece y aunque el balastro para vapor de mercurio pueda operar una lámpara nueva satisfactoriamente, generalmente habrá problemas después de unas cuantas horas de

operación. Para evitar estas deficiencias, se desarrollo un balastro especial para las lámparas de aditivos metálicos. A este balastro se le conoce como balastro adelantado con pico.

- Autotransformador autorregulado con pico. El circuito eléctrico de este balastro es idéntico al del autotransformador autorregulado para vapor de mercurio.

La gran diferencia está en el circuito magnético del secundario. Una parte del núcleo que esta bajo el devanado secundario tiene uno o más entrehierros que proveen una restricción y una saturación localizada. Estos entrehierros producen una onda de voltaje de circuito abierto de un balastro de vapor de mercurio.

El entrehierro en el balastro de aditivos metálicos provee un pico de alto voltaje que ayuda al encendido de la lámpara. Reduce el valor eficaz del voltaje del circuito abierto, lo que disminuye el tamaño físico del balastro, que estaría determinado por sus características de volts-aperes.

También provee un voltaje de sostenimiento elevado hacia la lámpara de tal manera que puede salir adelante durante el tiempo de calentamiento de la misma sin que se extinga.

Reduce el tiempo cero de la corriente de encendido, el periodo durante el cual la onda de corriente está cerca de cero en una parte apreciable de cada medio ciclo, con lo cual aumenta la estabilidad de la lámpara. Finalmente, provee un factor de cresta bajo que permite a la lámpara tener una larga vida.

El balastro de aditivos metálicos generalmente provee una buena regulación que se encuentra entre la del balastro autorregulado y la del balastro reactor serie. Para cambios de tensión de alimentación + 10 % la potencia de la lámpara variara también en + 10 %. Este balastro exhibe casi todas las ventajas del balastro autorregulado: elevado factor de potencia, baja corriente de encendido en la línea y buena tolerancia a la disminución sustancial de la tensión de alimentación.

### *c) Lámpara de vapor de sodio alta presión.*

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión son considerablemente diferentes tanto en apariencia física como en características de operación de las demás lámparas de descarga de alta intensidad. Se requieren balastros generalmente más grandes y costosos para este tipo de lámparas.

Existen dos características de la lámpara de vapor de sodio de alta presión que son la diferencia principal en lo que a requisitos del balastro se refiere. La tensión necesaria para encender la lámpara es mucho más elevada que la que se necesita para otras lámparas de descarga de alta intensidad. Esto obliga a la inclusión en el circuito de un dispositivo de arranque que provee un pulso de alta tensión de 2500 volts pico o más. También, la tensión del arco de la lámpara aumenta con la edad en un rango bastante amplio y el balastro debe

controlar la potencia de lámpara con relación a un rango específico a través del rango de la tensión de la lámpara – el trapecioide.

Los trapecoides son especificados por los fabricantes de lámparas.

El final de la vida de la lámpara generalmente sucede cuando el voltaje de lámpara aumenta de tal manera que la lámpara se apaga, momento en el cual la lámpara reciclará a intervalos regulares.

- Reactor serie. Puede ser diseñado para dar una operación satisfactoria a las lámparas de vapor de sodio de alta presión. Si se utiliza con los ignitores apropiados y la tensión de alimentación es la suficiente, dará una potencia razonablemente constante a la lámpara de vapor de sodio alta presión a través de un rango específico de tensión de operación de la lámpara.

Estos balastos son de menor costo, tamaño y peso, y pueden obtenerse en alto o bajo factor de potencia. La variación permisible de tensión de alimentación es de + 5 % exclusivamente. Pueden conectarse a tensiones de alimentación iguales o superiores a la de encendido de la lámpara y exigen excelente regulación de la línea de alimentación. Operan adecuadamente dentro de las condiciones anteriores, dentro del trapecioide ANSI correspondiente.

- Autotransformador de alta reactancia. El autotransformador de alta reactancia para lámparas de vapor de sodio de alta presión tiene las mismas características de operación que el reactor serie ya que es un reactor serie en combinación con un autotransformador, que están devanados en la misma laminación. Son adecuados para variaciones de tensión de alimentación de 5 %.
- Balastro adelantado regulado. Este balastro es similar al balastro autorregulado de mercurio, pero tiene ciertos entrehierros especiales que producen una gran reactancia de fuga y un dispositivo de arranque que provee las características de encendido que son requisito de las lámparas de vapor de sodio alta presión.

El balastro adelantado regulado puede utilizarse con tensiones de alimentación que tiene variaciones de + 10 %.

#### ***d) Lámparas de vapor de sodio baja presión.***

En las lámparas de vapor de sodio de baja presión, el arco se mantiene a través de sodio vaporizado. La luz producida por el arco de sodio de baja presión es casi monocromática, consistiendo de una línea doble en la región amarilla del espectro a 589 y 589.6 nanómetros.

El arco de las lámparas de descarga en gas, tiene una característica negativa de volts – amperes y por lo tanto se requiere un dispositivo para limitar la corriente, generalmente un balastro reactor serie y transformador simultáneos. Este tipo de balastro generalmente son

de alto factor de potencia y permite una variación en la tensión de alimentación de + 5 % manteniendo una variación en la corriente de la lámpara de + 5 %. Debido a lo anterior la potencia de la lámpara se mantiene constante.

### *Características especiales.*

-Se necesita un valor mínimo de voltaje para lograr el encendido, si aquel disminuye la lámpara se apaga. La máxima brillantez se logra después de 4 a 7 minutos de conectada.

-La temperatura ambiente no influye en su funcionamiento pero fuertes vientos o muy bajas temperaturas obligaran a utilizar un mayor voltaje

-Lámparas de aditivos metálicos.- Contienen materiales adicionales en el tubo de arco para aumentar la eficiencia y mejorar el color. Su uso se restringe a aplicaciones exteriores. La eficiencia es de 75 a 105 lúmenes por watt y la duración varia de 6.000 a 10.000 hrs. el resto de las características son similares a las de vapor de mercurio.

-Lámparas de sodio de alta presión.- Usan un tubo de arco hecho de un material especial que permite aumentar la temperatura y la presión del vapor de sodio, puede utilizarse para iluminar áreas muy grandes o exteriores, su duración es de 10,000 hrs. aproximadamente. También requiere de un reactor, el tiempo de encendido hasta alcanzar la mayor brillantez es de 15 minutos, pero su arranque es de 3 a 4 minutos solamente.

-La lámpara fluorescente es la más adecuada en los interiores debido a su color, alta eficiencia y una vida mucho mayor que la incandescente, aún cuando implica un costo mayor de equipo y de instalación, además de asegurarse de no exceder cierto nivel de ruido de 37 a 42 decibeles (en tiendas y oficinas ruidosas) eligiendo el tipo de balastro conveniente.

Por las mismas razones, además de una eficiencia aun mayor, se prefiere la lámpara de vapor de mercurio para el alumbrado exterior, ya que el área por iluminar es mucho mayor que la de los interiores.

-Las lámparas incandescentes se utilizan en los cuartos de refrigeración porque no presentan problemas a bajas temperaturas.

### 2.3.- METODOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

A continuación se muestran algunos de los métodos para el cálculo de iluminación.

**Iluminación General:** El cálculo de la iluminación básicamente, es conocer el número de luminarias para un local determinado, en función de un nivel de iluminación y tipo de luminaria. Esto implica considerar la actividad a desarrollar en dicho local atendiendo factores de reflexión, distancia de los objetos al órgano visual del observador, rapidez de movimiento en los objetos observados y cantidad de luz emitida por la fuente luminosa.

**2.3.1.- Método de lumen.** Teniendo referencia de este método, es necesario analizarlo exhaustivamente para aplicarlo como solución al alumbrado en naves industriales, almacenes, etc. Ya que estos son locales con iluminación interior, esto es posible con la ecuación siguiente:

$$L = \frac{A \times E}{Cu \times Fm \times EEPL}$$

Donde: L = Numero de luminarias.  
A = Área  
E = Nivel luminoso (en Lux)  
Cu = Coeficiente de utilización.  
Fm = Factor de mantenimiento.  
EEPL= Lúmenes por lámpara.

La aplicación de éste método en la resolución de un problema de alumbrado general, significa conocer los siguientes parámetros:

La formula básica para determinar los lúmenes necesarios para producir un nivel de iluminación deseado para un espacio conocido es:

$$E = \frac{L \times EEPL \times \text{factor de conservación} \times Cu}{\text{Área} \times \text{Luminaria}}$$

Para determinar el área por luminaria será con la siguiente formula:

$$A = \frac{L \times EEPL \times Cu \times \text{factor de conservación}}{E}$$

Analizando cada uno de los términos de las expresiones anteriores:

E.-Se define como la *densidad de flujo luminoso* que incide sobre una superficie, su unidad es el lux

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lumen}}{\text{m}^2} = \frac{\text{unidad de energía luminosa}}{\text{unidad de superficie}}$$

Cu.- *Coficiente de utilización:* Se define como la relación del flujo luminoso que llega al plano de trabajo del total de flujo generado por las luminarias, se obtiene por medio de información técnica proporcionada por los fabricantes de las lámparas, es un parámetro adimensional, se determina por el índice del local y por la reflectancia en el techo, en el piso y en paredes, siendo esta en el momento de la instalación del luminario.

Fm.- *Factor de mantenimiento*: Es el factor utilizado en el cálculo de iluminación bajo condiciones dadas de tiempo y de uso. En él se toma en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, acumulación de suciedad en las superficies del cuarto y la luminaria, depreciación de la emisión luminosa de la lámpara, procedimiento de mantenimiento y condiciones atmosféricas.

Lm.- *Lumen*: Flujo luminoso, es energía radiante en forma de luz emitida por la fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo) la unidad es el lumen, y se obtiene de los manuales proporcionados por los fabricantes de lámparas.

Fc.- *Factor de conservación o de pérdida*: Es el producto de todos los factores parciales y se define como la relación entre la iluminación existente cuando ésta alcanza su nivel mas bajo en el plano de trabajo.

Ni.- *Nivel de iluminación*: Es el valor recomendado por las normas de acuerdo a la actividad que se va a desarrollar en el área.

**a) Cu.- Factores que influyen en su determinación, (adimensional).**

- *Tipos de sistemas de iluminación*:

Directo.

Semidirecto.

Indirecto

Semindirecto.

Esto depende del tipo de luminaria con que se este diseñando.

- *Dimensiones del local y la altura de trabajo*. Están relacionadas mediante una expresión llamada *índice de cuarto*, el cual nos sirve para determinar el coeficiente de utilización correspondiente al sistema de iluminación o tipo de lámpara.

$$I_c = \frac{L \times A}{H(L+A)} \quad \text{Para alumbrado directo o semidirecto}$$

$$= \frac{3 A \times L}{2 H(L+A)} \quad \text{ó} \quad \frac{A \times L}{2/3 H(A+c)} \quad \text{Para alumbrado indirecto o semidirecto.}$$

Donde:

L.- Largo del local (m)

A.- Ancho del local (m)

H.- Altura de montaje = altura total – altura de trabajo (m)

Los índices de cuarto están reunidos en 10 grupos, asignándole a cada una letra que a continuación se muestra:

J	menos de 0.70
I	de 0.70 a 0.90
H	0.90 1.12
G	1.12 1.38
F	1.38 1.75
E	1.75 2.25
D	2.25 2.75
C	2.75 3.50
B	3.50 4.50
A	4.50 ó más

- *Reflexiones de paredes y techos.* Los techos, las paredes e inclusive los pisos se convierten en fuentes luminosas secundarias por la luz que reflejan, las superficies blancas y grises neutros, son las que menos la absorben, las amarillas y las verdes son buenas reflectoras cuando son iluminadas.

Los factores de reflexión recomendados por los fabricantes son:

Techos	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	%
Paredes	0	10	30	50	70	80	90				%
Pisos	0	10	30								%

Este tipo de información es variada de acuerdo a los fabricantes.

**b) Fm.- Factor de mantenimiento (adimensional).** Los factores que intervienen para determinar su valor son:

- Depreciación lumínica de la fuente.
- Disminución de reflexiones de superficies por suciedad.
- Suciedad en la lámpara y en la luminaria
- Lámparas quemadas.
- Voltaje en la luminaria.
- Factor del reactor.

De acuerdo a los fabricantes el factor de mantenimiento será:

Malo	0.60
Medio	0.70
Bueno	0.75

Estos datos son variables de acuerdo con el criterio del fabricante.

La secuencia necesaria para proyectar correctamente un sistema de iluminación es la siguiente:

- 1.- Conocer la actividad a realizar en el local.
- 2.- Determinar el área a iluminar, altura del local de trabajo y de montaje de lámparas
- 3.- Selección de la luminaria ó tipo del sistema de iluminación.
- 4.- Cálculo del índice de cuarto.
- 5.- Determinación de reflexiones de paredes, techo y piso, de acuerdo a su característica
- 6.- Obtención del coeficiente de utilización de tablas proporcionadas por el fabricante.
- 7.- Selección del factor de mantenimiento.
- 8.- Obtención del nivel de iluminación recomendado de acuerdo al uso del local.
- 9.- Cálculo del número de lámparas.
- 10.- Distribución de lámparas, calculando la separación entre ellas.
- 11.- Revisión de la separación entre lámparas. El fabricante proporcionará un factor que multiplicado por la altura del montaje nos da la separación máxima permitida entre los centros de las lámparas, para garantizar una distribución uniforme de la luz.

- 12.- Calcular el nivel luminoso y área por luminaria ó algún otro factor que esté involucrado en el alumbrado.
- 13.- Realizar dibujos de las áreas por iluminar y las alturas que estén involucradas.
- 14.- Tener información adecuada por fabricantes sobre las lámparas utilizadas.
- 15.- Corrección de la distribución de lámparas o si es necesario recalcular con otro tipo de luminaria y proseguir el método.

Existe una forma para seleccionar adecuadamente la altura de montaje de las lámparas y no necesariamente se aplica a todos los problemas de altura de montaje, porque en algunos casos hay que atender más las características físicas del local, así como la función a que ha sido destinado.

**2.3.2.- Método de cavidad zonal.** Fue desarrollado por la IESNA (Illuminating Engineering Society of North América) para determinar los niveles de iluminación promedio proporcionados por los luminarios localizados en un espacio cerrado.

El área más importante a iluminar es el *plano de trabajo* pues es donde se realiza la tarea visual. El método se basa en la suposición de tres cavidades, como máximo que componen el espacio a iluminar.

A las cavidades anteriores se les denomina: *lamina 3*

- *Cavidad de techo* ( $H_{CT}$ ): se le considera desde el plano del luminario hasta el techo.
- *Cavidad de cuarto* ( $H_{CI}$ ): se considera desde el plano de trabajo hasta el plano del luminario.
- *Cavidad de piso* ( $H_{CP}$ ): se considera desde el plano de trabajo hasta el piso.

Cuando los luminarios están empotrados en el techo, o si la superficie de montaje es poco profunda, no existe cavidad de techo; si el plano de trabajo coincide con el piso, no existe cavidad de piso. En cualquier caso existe la cavidad de cuarto.

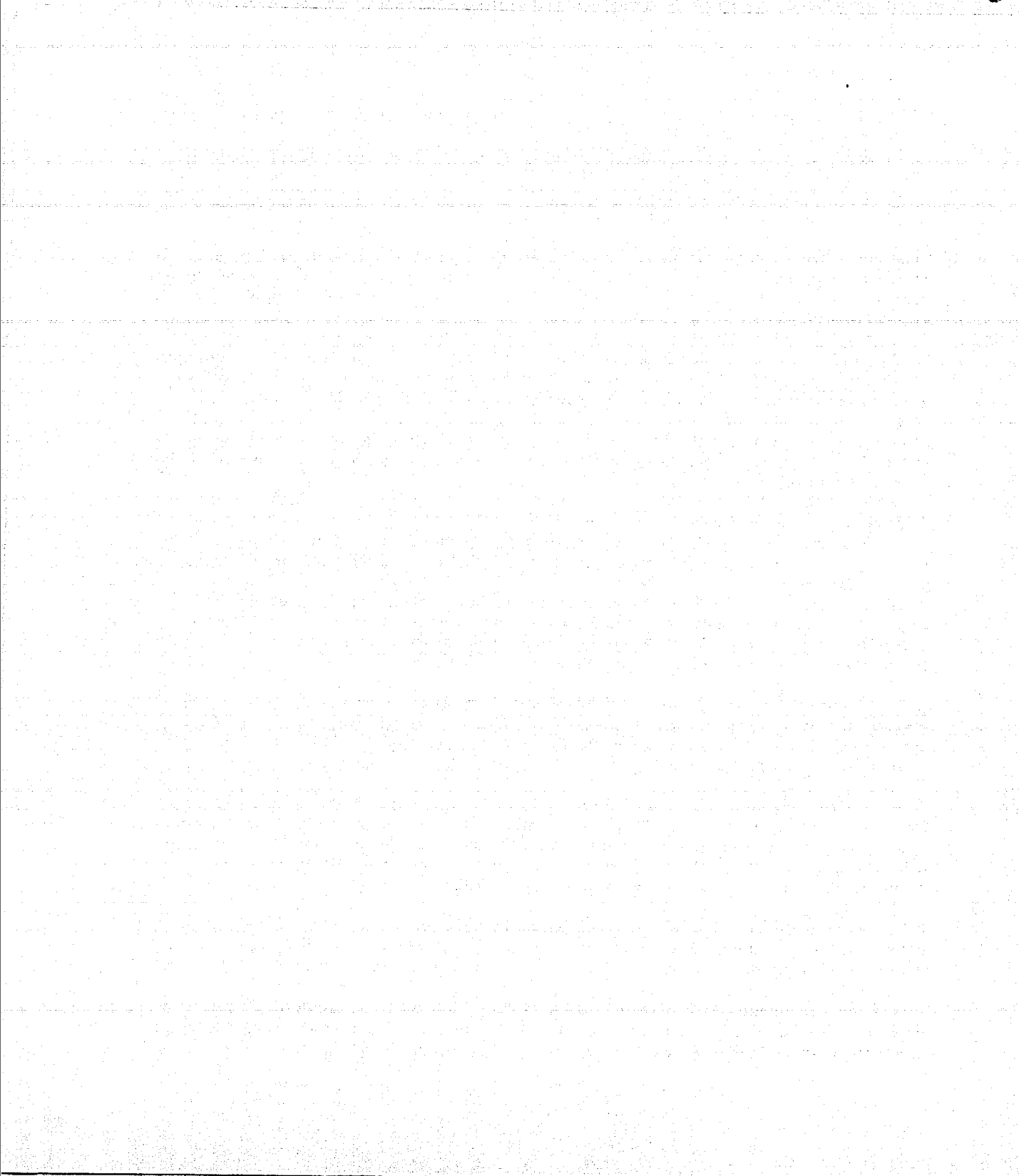
*Reflectancia efectiva de la cavidad de techo* ( $R_{CT}$ ): en tablas se proporciona la información necesaria para obtener la reflectancia efectiva de la cavidad de techo bajo cualquier condición. El valor se encuentra localizando las columnas que contienen las reflectancias de pared y techo, leyendo el valor de  $P_{ew}$  frente a la relación de cavidad de techo.

*Reflectancia efectiva de la cavidad de piso* ( $R_{CP}$ ): en la mayoría de las ocasiones podemos asumir una reflectancia de cavidad de piso igual a 20 %, sin embargo, cuando se trata con cuartos muy oscuros o de grandes dimensiones, la reflectancia de la cavidad de piso puede diferir ampliamente del 20 % y afectar el resultado de los cálculos. Para estos casos, la  $P_{ep}$  se puede obtener de tablas de la misma forma que la  $P_{ew}$ .

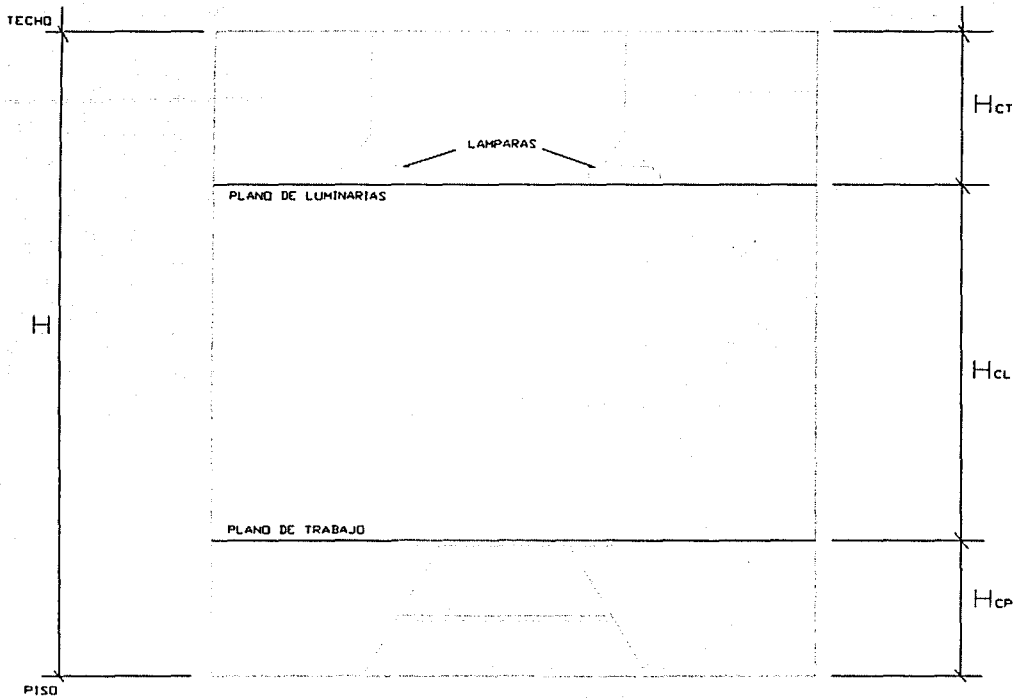
*Coefficiente de utilización* (CU): coeficiente de utilización (es el porcentaje de la luz generada por la lámpara que finalmente incide en el plano de trabajo) Este valor se determina de acuerdo a tablas que proporciona el fabricante para cada luminario.

*Ajuste del Cu:* cuando la reflectancia de la cavidad de piso es diferente del 20 %, el CU deberá corregirse con los factores de tablas, estas tablas contienen valores de reflectancias efectivas de la cavidad de pisos de 10 y 30 %, pudiendo interpolarse otros valores.





## METODO PARA DETERMINAR LA ALTURA DE MONTAJE



DONDE:

- $H_{cr}$  = Altura de la cavidad de techo
- $H_{cl}$  = Altura de la cavidad de cuarto
- $H_{cp}$  = Altura de la cavidad de piso
- $P_{cr}$  = Reflectancia efectiva de cavidad de techo
- $P_{cp}$  = Reflectancia efectiva de cavidad del piso

a) **Factores de pérdida de luz *F<sub>pl</sub>*** (LLF, Light loss factor): existen factores de depreciación del sistema de iluminación, que nos impiden tener un máximo aprovechamiento del flujo luminoso emitido por las lámparas. Dentro de los factores anteriores más importantes (porque son recuperables) tenemos a los siguientes.

**Depreciación de Lúmenes de la Lámpara *D<sub>ll</sub>*** (LLD, lumen lamp depreciation), es un valor proporcionado por el fabricante que compensa las pérdidas de los lúmenes de salida de la lámpara conforme esta envejece.

**Depreciación por polvo en el luminario *D<sub>pl</sub>*** (LDD, luminaire dirt depreciation), este valor compensa las pérdidas de luz debidas a la acumulación de polvo en las lámparas y luminarios, depende del diseño del luminario y las condiciones ambientales, se determina mediante gráficas.

**Depreciación por suciedad del cuarto *D<sub>rs</sub>*** (RSDD, room surface dirt depreciation), compensa la pérdida de reflectancia en las superficies del cuarto debido a la suciedad, se determina mediante tablas.

La multiplicación de los tres factores de depreciación da como resultado el denominado factor de pérdida de luz (*F<sub>pl</sub>*).

**Fórmulas para el cálculo:**

El método de cálculo esta basado en las definiciones de la unidad de iluminancia, el lux:

$$\text{Lux} = \frac{\text{Lumen}}{\text{Área}} \quad \text{Ec. 1}$$

En ésta ecuación se asume que el total de luz generada por la lámpara, incide sobre el plano de trabajo. En realidad, lo anterior no se cumple ya que existen diversos factores que impiden un completo aprovechamiento de la luz emitida por la lámpara (Factores de pérdida de la luz)

Tomando en cuenta estos factores de la ecuación 1 se modifica de la siguiente forma:

$$\text{Lux} = \frac{\text{Lumens} \times \text{Cu} \times \text{LLD} \times \text{RSDD}}{\text{Área}} \quad \text{Ec. 2}$$

b) **Ejemplo de cálculo de iluminación.**-A continuación se muestra, el proceso de cálculo mediante el método de cavidad zonal:

1.- Definir las condiciones bajo las cuales se diseñará el sistema de iluminación. Actualmente, es necesario considerar, entre otros, los siguientes factores:

-Clasificación del tipo de tareas visuales de acuerdo a las categorías que señala la Norma Oficial Mexicana.

-Nivel recomendado de iluminancia, de acuerdo al punto anterior y los siguientes factores de peso:

- +Edad promedio de los ocupantes.
- +Superficies reflejantes.
- +Velocidad y exactitud de la tarea a realizar.
- +Reflectancia del plano de trabajo.

- Periodo de mantenimiento (limpieza y/o reemplazo)
- Condiciones ambientales (muy limpio, limpio, regular, sucio, muy sucio)
- Reflectancia de piso, pared y techo.
- Dimensiones del cuarto (largo, ancho y alto)

Para este ejemplo, se realizarán los cálculos de iluminación a un área que se va a utilizar como sala de juntas con las siguientes características:

- Clasificación de la tarea visual según categoría es: D
- Promedio de edad: 45 Años
- Actividad importante en velocidad o exactitud.
- Reflectancia del plano de trabajo: 30 a 70 %
- De acuerdo a los 4 factores anteriores se recomienda un nivel promedio de 300 lx
- Periodo de mantenimiento (limpieza de luminario, etc.): 12 meses
- Se considera el ambiente de la sala como limpio.
- Reflectancias:

- piso: 20 %
- paredes (pw): 30 %
- techo: 70 %

-Dimensiones del cuarto:

- largo: 10 m.
- ancho: 7 m.
- alto: 4 m.

2.- Definir las alturas de cavidad de piso, cuarto y techo, en este caso se considera que el plano de trabajo se encuentra a 91 cm sobre el nivel del suelo y que la altura de cavidad de techo es de 0 m. Ya que el luminario es para empotrar. La altura de cavidad de cuarto es:

$$H_{cl} = \text{altura del cuarto} - (H_{cp} + H_{cr}) \\ = 4 \text{ m} - (0.91 \text{ m} + 0 \text{ m}) = 3.09 \text{ m.}$$

3.- Calcular las relaciones de cavidad de acuerdo a las siguientes formulas:

$$R_{cl} = \frac{5 H_{cl} (L + A)}{L \times A} = \frac{5(3.09)(10 + 7)}{10 \times 7} = 3.75$$

$$R_{cr} = \frac{5 H_{cr} (L + A)}{L \times A} = \frac{5(0.0)(10 + 7)}{10 \times 7} = 0.0$$

$$R_{cp} = \frac{5 H_{cp} (L + A)}{L \times A} = \frac{5(0.91)(10 + 7)}{10 \times 7} = 1.11$$

4.- Definir un sistema de iluminación (luminario, lámpara, balastro), de acuerdo a las necesidades de índice de rendimiento de color, índice de confort visual, temperatura de color, aplicación (oficina, industrial, etc.), densidad de carga, etc. En este caso se utilizarán lámparas F40T12 (lámpara fluorescente 40 W, tubular de 12/8" de diámetro blanco cálido. El luminario seleccionado es el troffer de 0.31 x 1.22 m.

- Característica de la lámpara:

Sistema	F40T12/WW
Lúmenes iniciales	3,050
Vida nominal (horas)	12,000
Vida económica (horas)	8,400

- Características del luminario:

Marca	Novalux
Modelo	troffer 0.31x1.22 m.
Lámparas por luminario	2
Categoría de mantenimiento	IV
S/M.H.	1.3
Tipo de distribución	Directa

5.- Calcular los factores de depreciación empleando las tablas o gráficas correspondientes (proporcionadas por el fabricante):

-D.LI.: 0.83 (según el fabricante de la lámpara)

-D.PI.: 0.90 (según tablas correspondientes a la categoría IV)

El valor se lee de la tabla en la intersección del número de meses de mantenimiento (en este caso 12) con la curva característica del medio ambiente (limpio).

-D.P.S.I.: Para obtener este valor se siguen los pasos descritos a continuación:

1º.- Determinar de tablas el porcentaje esperado de depreciación por suciedad (P.E.E.D) de la misma manera que el valor anterior (12 meses, ambiente limpio). En este caso es 10.

2º.- Utilizar este valor junto con la relación de cavidad de cuarto (R.C.I.) y el tipo de distribución del luminario en la tabla correspondiente.

En este caso se busca el valor de D.P.S.I. con una R.C.I. = 3.75, P.E.E.D = 10 y distribución directa en la tabla correspondiente. Como no existe un valor de R.C.I. = 3.75 en la tabla, se debe interpolar los valores de R.C.I. = 3 y R.C.I. = 4 de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 \text{D.P.S.I.} &= \frac{| \text{D.P.S.I.}_{(R.C.I.=4)} - \text{D.P.S.I.}_{(R.C.I.=3)} |}{R.C.I.} + \text{D.P.S.I.}_{(R.C.I.=4)} = \\
 &= \frac{| 0.97 - 0.98 |}{3.75} + 0.97 = 0.9726
 \end{aligned}$$

6.- Calcular el Cu del luminario tomando en cuenta la reflectancia de la cavidad de techo (R.C.T), la reflectancia de la pared (P.W) y la relación de cavidad de cuarto (R.C.I.). Para este ejemplo utilizaremos la tabla del fabricante para dicho luminario.

El Cu del luminario especificado para las condiciones que lo utilizaremos tiene un valor de 0.4986, el cual se obtiene interpolando de la misma forma que para el D.P.S.I. y con los valores de P.W = 30 % y R.C.I. = 3.75, cuando P.C.T = 70 %.

$$Cu = \frac{|Cu(RCL=4) - Cu(RCL=3)|}{RCL} + Cu(RCL=3) =$$

$$= \frac{|0.55 - 0.48|}{3.75} + 0.48 = 0.4986$$

7.- Calcular los lúmenes necesarios para obtener el nivel recomendado, utilizando la ec. 1

$$\text{Lumens} = \frac{\text{Lux} \times \text{Area}}{Cu \times DLL \times DPL \times DPSL} = 3.75$$

$$= \frac{(300 \text{ Lx})(10\text{m} \times 7\text{m})}{(0.4986)(0.83)(0.90)(0.9726)} = 58,000 \text{ lm.}$$

8.- Calcular el número de luminarios necesarios para proporcionar el total de lúmenes determinados en el punto anterior, tomando en cuenta la producción lumínica de cada lámpara y el número de lámparas por luminario:

- Número de lámparas por luminario: 2
- Lúmenes por lámpara: 3050
- Lúmenes por luminario: 2 x 3050 = 6,100 lm.
- Numero de luminarios necesarios: (58,000 lm)/(6,100 lm/luminario) = 9.5

En cualquier caso que se tenga un número fraccionario de luminarios se deberá tomar el entero inmediato superior, en este caso 10 luminarios.

9.- El número de luminarios puede aumentar si la distribución de los mismos así lo requiere, en este caso se puede tener una distribución simétrica a lo largo de la sala con los 10 luminarios respetando la separación máxima. La separación máxima (medida entre centros de luminarios) entre luminarios se obtiene mediante la relación S/M.H. que proporciona el fabricante para cada luminario y nos garantiza la uniformidad en la iluminación, en la expresión anterior S es la separación recomendable entre luminarios y M.H. es la altura de montaje (medida a partir del plano de trabajo, M.H. = Hcl.)

En este caso la máxima separación es:

$$S/M.H. = 1.3$$

$$S = 1.3(H.M.) = 1.3(3.09) = 4.02 \text{ m.}$$

La distribución de los luminarios se lleva a cabo tomando en cuenta la separación máxima, las dimensiones del cuarto y su forma (rectangular, cuadrada, irregular, etc.) y las dimensiones del luminario.

En este ejemplo podemos hablar de una distribución simétrica de luminarios considerando 2 filas de 5 luminarios cada una, acomodándolos de la siguiente manera:

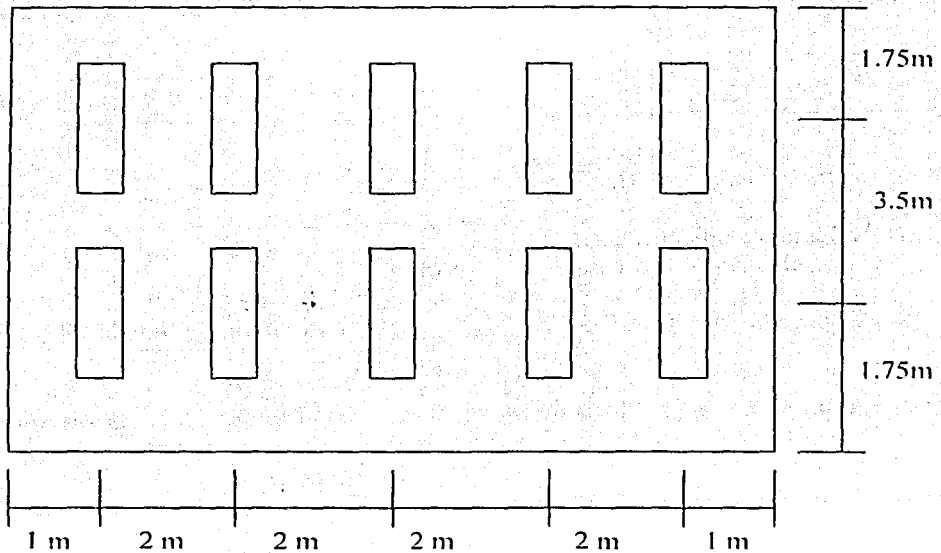
- a) La distancia entre los luminarios de una misma fila se obtiene de dividir el largo del cuarto entre el número de luminarios por cada fila.

$$d \text{ largo} = \frac{\text{Largo del cuarto}}{\text{numero de luminarios}} = \frac{10 \text{ m.}}{5} = 2 \text{ m.}$$

- b) La distancia entre las filas de luminarios se obtiene de dividir el ancho del cuarto entre el numero de filas:

$$d_{\text{ancho}} = \frac{\text{Ancho del cuarto}}{\text{numero de filas}} = \frac{7 \text{ m.}}{2} = 3.5 \text{ m.}$$

- c) La distancia de los luminarios a la pared deberá ser la mitad de las distancias anteriores, con lo cual se logra que estos queden centrados en el cuarto:



Una forma comúnmente usada en el diseño de sistemas de iluminación, es mediante el llenado del siguiente formato, el cual nos va requiriendo datos y se van ejecutando las operaciones indicadas, para así en forma ordenada ir efectuando por zona el cálculo de iluminación correspondiente, al contar con los datos que son requeridos, se efectúa el trabajo fácilmente.

## FORMATO PARA CALCULO DE ILUMINACIÓN

1.-Dimensión del local    L= \_\_\_\_\_ m;            A= \_\_\_\_\_ m;            H= \_\_\_\_\_ m.

2.-Reflectancias (%)    Techo = \_\_\_\_\_,    Paredes = \_\_\_\_\_,    Piso = \_\_\_\_\_.  
   Pr    Pw    Pp

3.-Relaciones de cavidad

$$R_{CL} = \frac{5 H_{CL} (L+A)}{L \times A} = \frac{5 \times \left( \frac{\quad}{\quad} + \frac{\quad}{\quad} \right)}{\quad \times \quad} = \quad ; \quad R_{CL} = \quad .$$

$$R_{CT} = R_{CL} \frac{H_{CT}}{H_{CL}} = \quad = \quad ; \quad R_{CT} = \quad .$$

$$R_{CP} = R_{CL} \frac{H_{CP}}{H_{CL}} = \quad = \quad ; \quad R_{CP} = \quad .$$

4.-Reflectancias Efectivas de Cavidades de Techo y Piso            P<sub>CT</sub> = \_\_\_\_\_            P<sub>CP</sub> = \_\_\_\_\_.

5.-Coeficiente de Utilización = \_\_\_\_\_ Condición de Suciedad = \_\_\_\_\_.

6.-Lumin. No. \_\_\_\_\_;  $\frac{\text{Separación}}{\text{Altura de M.}}$  = \_\_\_\_\_; Categoría de Manto: \_\_\_\_\_; Ciclo de Limpieza: \_\_\_\_\_ meses

7.-Lámpara \_\_\_\_\_; Tipo de Lámparas \_\_\_\_\_; Lúmenes: \_\_\_\_\_; Luminario = \_\_\_\_\_; Luminario = \_\_\_\_\_.

8.-Factores de Pérdida de Luz

$$D_{LL} = \quad ; \quad D_{PL} = \quad ; \quad D_{PSL} = \quad .$$

$$F_{PL} = D_{LL} \times D_{PL} \times D_{PSL} = \quad \times \quad \times \quad = \quad .$$

9.-Nivel de Iluminación Requerido: \_\_\_\_\_ Luxes.

$$10.- \text{Numero de Luminarios} = \frac{\text{Luxes} \times \text{Área}}{\frac{\text{Lúmenes}}{\text{Luminario}} \times \text{cu} \times F_{PL}} = \frac{\quad \times \quad}{\quad \times \quad} = \quad .$$

$$\text{Luxes} = \frac{\text{No. de Lumin.} \times \text{Lumin.} \times \text{cu} \times F_{PL}}{\text{Á r e a}} = \quad \times \quad \times \quad .$$

$$\text{Luxes} = \quad .$$



## 2.4.- CONFIGURACIÓN DE TABLEROS, DIAGRAMAS UNIFILARES Y CUADROS DE CARGA DE ALUMBRADOS Y CONTACTOS.

Para la ubicación de los tableros de alumbrado y contactos, se trato de buscar la forma de localizarlos en puntos estratégicos, de acuerdo a las áreas que se descaban controlar, el acceso a ellos para su operación y que las longitudes de los cables de los circuitos derivados como el alimentador mismo del tablero resultarán adecuados en cuanto a calibres y con esto los costos de ellos fuera aceptable, así se procedió a definir diferentes tableros de acuerdo a las necesidades y para ellos se obtuvieron diagramas unifilares con sus respectivos cuadros de carga, que para su determinación se requirieron de diferentes conceptos.

### 2.4.1.- Selección y cálculo de calibres de conductores.

Para el cálculo del calibre mínimo del conductor, se toma en consideración el diseño mismo de la instalación. En este tema analizaremos el cálculo de calibre mínimo para una instalación.

#### *a).- Factores a considerar durante el cálculo del calibre mínimo.*

Primeramente hay que aclarar que el calibre mínimo para una instalación no es siempre el más económico. Por ello, en este punto calcularemos calibres mínimos.

Los principales factores que se deben considerar al calcular el calibre mínimo para un conductor son:

- 1.- Que la sección del conductor pueda transportar la corriente necesaria.
- 2.- Que la caída de tensión este dentro de normas.
- 3.- Que la temperatura del conductor no dañe el aislamiento.

Es vital considerar los tres aspectos a la vez, porque en caso contrario podemos ocasionar los siguientes problemas:

#### *-Si la sección de cobre es menor:*

El conductor tendrá una mayor resistencia eléctrica, aumentando las pérdidas de corriente.

El conductor tendrá una mayor temperatura de operación, aumentando una vez más la resistencia eléctrica y deteriorando el aislamiento.

Caída de tensión en la línea mayor a la permitida, lo cual puede afectar la operación de las condiciones de carga y dañar los equipos.

#### *-Si no se protege el aislamiento:*

El aislamiento sufrirá deterioro por alta temperatura, aumentando el riesgo de fugas de corriente o de corto circuito.

Disminuirá la vida útil del conductor.

*Si no se cuida que la caída de tensión sea correcta:*

El circuito y los conductores trabajarán fuera de normas.

Pueden dañarse los equipos alimentados o no dar el servicio requerido.

**b).- Datos necesarios para el cálculo.**

Nos hemos encontrado con personas que tienen muchísima experiencia en instalaciones eléctricas y que con los años se han acostumbrado a calcular los calibres únicamente conociendo la potencia o la corriente y el voltaje. Algunos más también preguntan la longitud del circuito, y aunque es cierto que muchas veces aciertan en el cálculo del calibre correcto, es también innegable que en muchísimas otras ocasiones fallan en su cálculo, porque no tomaron en consideración todos los datos necesarios.

Consideraremos que los datos que a continuación anotamos son necesarios y suficientes para que su cálculo no tenga posibilidad de error, *lamina 4*.

Como se ve en la *lamina 4*, estos datos tienen relación directa con los factores anotados antes: conducción de corriente, protección al aislamiento y caída de tensión. Para evitar confusiones, aclararemos un poco cada uno de los datos presentados:

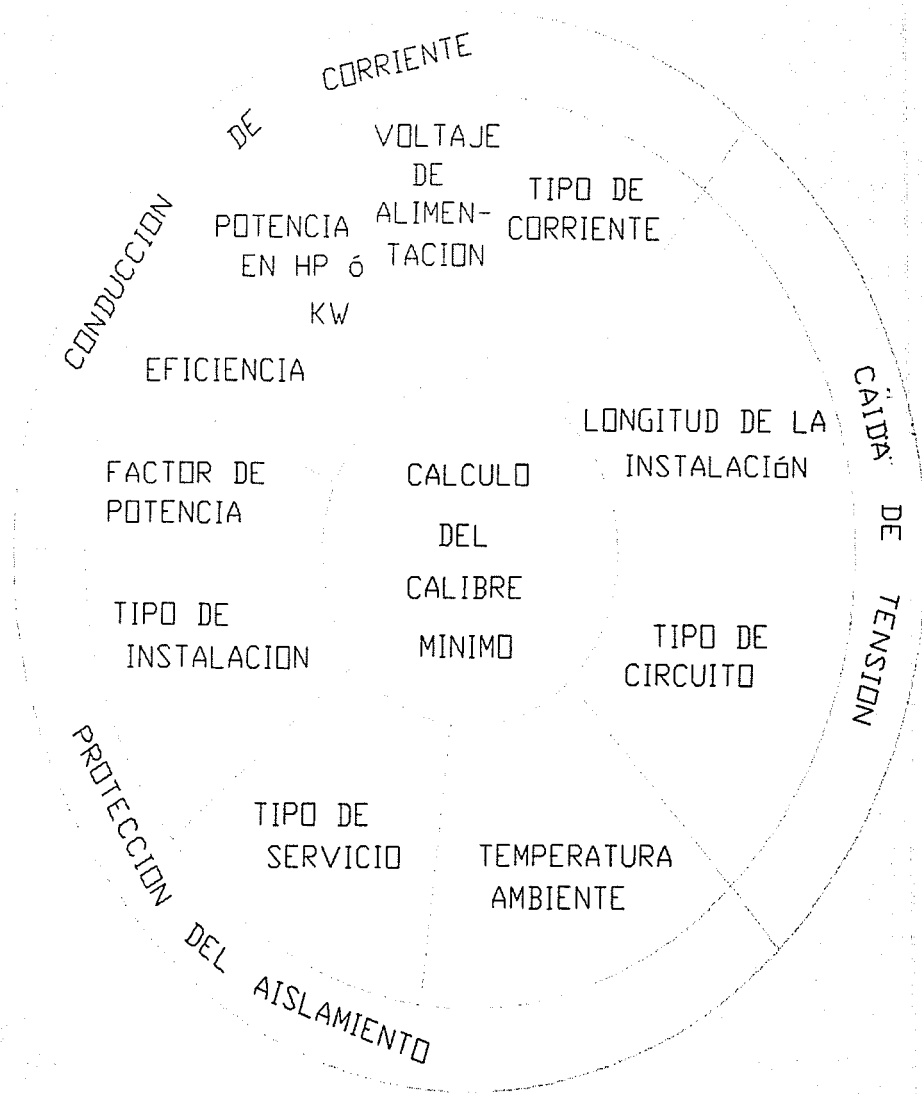
- Potencia en HP ó KW del equipo a alimentar.
- Voltaje de alimentación: 127, 220, 440 volts, etc.
- Tipo de corriente: Directa, alterna 1, 2 ó 3 fases.
- Eficiencia: del equipo a alimentar.
- Factor de potencia: del equipo a alimentar.
- Tipo de instalación: Al aire libre, en conduit, en charola, directamente enterrado, etc.
- Tipo de servicio: 24 hrs. al día, arranque y paro continuo, servicio nocturno, etc.
- Temperatura ambiente: la más caliente en verano, o la de la recámara (si se tiene alguna máquina que disipe mucho calor).
- Tipo de circuito: Alimentador o derivado, las normas oficiales mexicanas permiten un 3 % de caída de tensión para derivados y un 5 % para el conjunto del alimentador + el derivado.
- Longitud de la instalación: para calcular la caída de tensión.

**c).- Procedimiento general de cálculo.**

La forma como deben manejarse los datos anteriores para obtener un cálculo correcto del calibre del conductor, se resume en el diagrama de la *lamina 5*.

Conviene comentar que en éste diagrama (parte inferior) se distinguen una vez más los tres factores básicos en el cálculo de calibres. Para facilitar el entendimiento de este diagrama, se sigue el sentido de las flechas.

DATOS NECESARIOS



LAMINA No. 4

PASOS PARA CALCULAR CALIBRES MINIMOS

ESCOJA EL PRODUCTO DE -  
ACUERDO A SU APLICACION

DETERMINE LA CORRIENTE  
NOMINAL A PARTIR DE LA  
POTENCIA

ES  
CIRCUITO  
DE FUERZA  
SI NO

CORRIJA LA CORRIENTE  
NOMINAL CON EL FACTOR  
DE ARRANQUE

CONDUCCION DE CORRIENTE

CORRIJA LA CORRIENTE CON EL  
FACTOR POR TEMPERATURA AMB.

CORRIJA LA CORRIENTE CON EL  
FACTOR POR AGRUPAMIENTO

SELECCIONE EL CALIBRE TOMAN-  
DO EN CUENTA EL TIPO DE INS-  
TALACION

PROTECCION AL AISLAMIENTO

CALCULE LA CAIDA DE TENSION  
CON AYUDA DE LA LONGITUD

LA  
CAIDA  
DE TENSION  
ESTA DENTRO DE  
NORMAS

NO

SI

FIN

TOME UN CALIBRE  
SUPERIOR

CAIDA DE TENSION

LAMINA No. 5

*d).- Métodos de cálculo.*

El diagrama del punto anterior es genérico, pero los métodos que en la práctica se utilizan para calcular calibres mínimos son varios. Comentaremos únicamente tres.

- Método largo a partir de formulas.
- Calculador de calibres para baja tensión.
- Tablas simplificadas para cálculo de calibres.

En cuanto al calculador, es solo cuestión de consultar la regleta proporcionada por el fabricante, donde nos muestra datos como tipos de conductor, factores de corrección por temperatura, capacidad de conducción de corriente, caída de tensión y número de conductores por canalización, que para fines de aproximaciones es práctico, pero para cuestiones de proyectos de ingeniería resulta inadecuado.

Con respecto a las tablas es otra manera rápida de seleccionar calibre de conductores, puesto que ya están graficadas para diferentes voltajes y caídas de tensión, y no teniendo más complicación que la practica, nos enfocaremos en el estudio del primer método.

*- Método largo a partir de fórmulas.*

Sin duda es muy seguro, pero requiere de tablas, manuales, calculadora, etc. Y de una cantidad de tiempo considerable. Es muy utilizada por los diseñadores y proyectistas de obra eléctrica, pero creemos que para baja tensión pueden utilizarse otros métodos tan seguros como éste pero más ágiles.

A continuación una guía con los pasos que incluye éste método:

- 1.- Seleccione el tipo de conductor adecuado según sea el uso específico de la instalación, además deberá conocer si la instalación se efectuara en tubo conduit, al aire libre o en charola.
- 2.- Calcule la corriente que va a transportar el conductor con las fórmulas eléctricas usuales o si se cuenta con los datos del equipo es mejor. En el caso de motores se puede calcular la corriente por fórmulas o consultarla directamente en tablas. No se olvide de aumentar a la corriente de plena carga un 25 % adicional para cumplir con las normas, en el caso de 2 o más motores sume la corriente nominal de éstos y aumente solamente el 25 % del valor de la corriente nominal del motor más grande.
- 3.- Es necesario afectar éste valor de corriente por los factores de corrección por la temperatura y agrupamiento. Este nuevo valor de corriente, no circulará realmente por el conductor, sino que sirve para simular las condiciones adversas en las que estará trabajando.
- 4.- Con este nuevo valor de corriente afectada por los factores de corrección, localice el calibre adecuado, según sea el tipo de conductor y el tipo de instalación elegida.

5.- Una vez localizado el calibre del conductor, será necesario verificar la caída de tensión por medio de la siguiente fórmula:

$$\%e = \frac{2 \times L \times I}{V_n S} \quad \text{Donde } V_n \text{ es voltaje a neutro.}$$

$$\%e = \frac{2(1.73) \times L \times I}{V S} \quad \text{Donde } V \text{ es el voltaje entre fases.}$$

Donde: % e = Caída de tensión en por ciento.  
 L = Longitud del circuito en metros.  
 I = Corriente que circula en amperes.  
 V = Voltaje de alimentación en volts.  
 S = Área de la sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup>

Es importante recalcar que en ésta fórmula, la corriente que se utilizará, será aquella resultante en el punto 2, es decir que aquí la corriente NO DEBE estar afectada por los factores de corrección por agrupamiento y por temperatura.

6.- Si la caída de tensión es mayor del 3 % para circuitos alimentadores o derivados ó de 5 % de para la suma de alimentador + derivado, es necesario calcular un calibre superior. Esto se puede hacer despejando a S de la ecuación del punto anterior con el porcentaje de caída requerido, y una vez calculada se compara con la mediata superior del área de los conductores.

7.- Cálculo de corriente de corto circuito:

Este cálculo sirve para determinar cuanto tiempo soportará sin dañarse el aislamiento de un conductor cuando se produce un corto circuito.

Es importante conocer éste tiempo para escoger adecuadamente las protecciones de la línea.

Para conocer el tiempo máximo en el que deberá operar la protección, se puede ver la grafica ya generada de la siguiente ecuación, (Ver grafica I-I en apéndice):

$$(I/A)^2 t = 0.029 \log. \frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}$$

Donde:

I = Corriente de corto circuito en Amperes.  
 A = Área del conductor en circular mils.  
 t = Tiempo de corto circuito en segundos.  
 T<sub>1</sub> = Temperatura máxima de operación 90 °C.  
 T<sub>2</sub> = Temperatura máxima de corto circuito 150 °C.

Donde en el eje horizontal tenemos los calibres y en el vertical la corriente en miles de amperes. Dependiendo del tiempo en que opere la protección y el calibre, será la corriente que podrá soportar el conductor.

5.- Una vez localizado el calibre del conductor, será necesario verificar la caída de tensión por medio de la siguiente fórmula:

$$\%e = \frac{2 \times L \times I}{V_n S} \quad \text{Donde } V_n \text{ es voltaje a neutro.}$$

$$\%e = \frac{2(1.73) \times L \times I}{V S} \quad \text{Donde } V \text{ es el voltaje entre fases.}$$

Donde: % e = Caída de tensión en por ciento.

L = Longitud del circuito en metros.

I = Corriente que circula en amperes.

V = Voltaje de alimentación en volts.

S = Área de la sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup>

Es importante recalcar que en ésta fórmula, la corriente que se utilizará, será aquella resultante en el punto 2, es decir que aquí la corriente NO DEBE estar afectada por los factores de corrección por agrupamiento y por temperatura.

6.- Si la caída de tensión es mayor del 3 % para circuitos alimentadores o derivados ó de 5 % de para la suma de alimentador + derivado, es necesario calcular un calibre superior. Esto se puede hacer despejando a S de la ecuación del punto anterior con el porcentaje de caída requerido, y una vez calculada se compara con la mediata superior del área de los conductores.

7.- Cálculo de corriente de corto circuito:

Este cálculo sirve para determinar cuanto tiempo soportará sin dañarse el aislamiento de un conductor cuando se produce un corto circuito.

Es importante conocer éste tiempo para escoger adecuadamente las protecciones de la línea.

Para conocer el tiempo máximo en el que deberá operar la protección, se puede ver la grafica ya generada de la siguiente ecuación, (Ver grafica 1-1 en apéndice):

$$(I/A)^2 t = 0.029 \log. \frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}$$

Donde:

I = Corriente de corto circuito en Amperes.

A = Área del conductor en circular mils.

t = Tiempo de corto circuito en segundos.

T<sub>1</sub> = Temperatura máxima de operación 90 °C.

T<sub>2</sub> = Temperatura máxima de corto circuito 150 °C.

Donde en el eje horizontal tenemos los calibres y en el vertical la corriente en miles de amperes. Dependiendo del tiempo en que opere la protección y el calibre, será la corriente que podrá soportar el conductor.

Para ilustrar un poco más este método, que es el que utilizaremos para el cálculo de todos los conductores, se presenta el siguiente ejemplo:

**e) Ejemplo de selección de calibre de conductores:**

Circuito No. 1 del Tablero "A", Alumbrado y contactos oficinas de producción P. A.

- *Por capacidad de conducción:*

Carga instalada 512 W, considerando un factor de potencia (fp) = 0.85

$$I_n = \frac{\text{Carga}}{V_n \times \text{fp}} = \frac{512}{127 \times 0.85} = 4.74 \text{ A.}$$

Conductor requerido hasta un cal. 14 AWG. Con capacidad de conducción hasta 20 A. con un aislamiento de 75 °C.

La corriente nominal deberá ser modificada ( $I_m$ ) por los siguientes factores:

Factor de corrección por temperatura (FCT) = 0.94 Para 31-35 °C de temperatura amb.

Factor de corrección por agrupamiento (FCA) = 0.80 Para 4 a 6 conductores en tubería.

(De tablas I-14 y I-15 respectivamente, localizadas en apéndice).

Donde:

$$I_m = \frac{I_n}{(FCT)(FCA)} = \frac{4.74}{0.94 \times 0.80} = 6.3 \text{ A.}$$

Sigue siendo el conductor cal. 14 AWG ya que su capacidad de conducción es mayor.

- *Por caída de tensión (% e):*

Como % e no debe ser mayor a 3% para circuitos derivados ó alimentadores, o la suma de ambos no debe ser mayor al 5 %.

Considerando % e = 3, Además tenemos que: Longitud del circuito (L) = 90 m.

Calculando el área mínima del conductor de la ecuación de caída de tensión despejando S.

$$S = \frac{2 L I_n}{V_n \times \% e} = \frac{2(90)4.74}{127 \times 3} = 2.24 \text{ mm}^2$$

Le corresponde un conductor cal. 12 AWG, con área transversal S = 3.307 mm<sup>2</sup>.

Calculando la caída de tensión:

$$\%e = \frac{2(90)4.74}{127 \times 3.307} = 2.03 \% \text{ es menor al } 3 \%$$

Seleccionaremos el conductor cal 12 AWG, que cumple con ambos requisitos.



- Selección de la protección de circuitos derivados por sobrecarga.

La protección será según la capacidad de conducción de los conductores no siendo mayor al 125 %.

Calibre 12            soporta    25 A.  
                            $1.25 \times 25 = 31.2$  A.  
 Protección:           de 15 a 30 A.  
 Seleccionaremos el Interruptor de 1 x 15 A.

- Selección del conductor de puesta a tierra

Este depende de la capacidad o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc. Según la tabla 250-95 de las Normas Oficiales Mexicanas.

Para un interruptor termomagnético de 1x15 A. le corresponde un conductor de tierra cal. 14 AWG.

f).- Desbalanceo de cargas. Este desbalanceo no debe ser mayor del 5 %, para a el caso del Tablero "A", tenemos:

$$\begin{aligned} \% \text{ Desb.} &= \frac{\text{fase mayor carga} - \text{fase menor carga}}{\text{fase mayor carga}} < 5 \% \\ &= \frac{6,114 - 5,928}{6,114} \times 100 = 3.51 \% < 5 \% \end{aligned}$$

Por lo tanto cumple con la norma que nos indica que debe ser menor del 5% de desbalanceo.

## 2.5.- DIAGRAMAS UNIFILARES, CUADROS DE CARGA Y CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE TABLEROS DE ALUMBRADOS Y CONTACTOS POR AREAS

Una vez que se han realizado todos los cálculos se procede a la configuración de los cuadros de carga y diagramas unifilares, en los que se anotarán los datos que fueron utilizados y los resultados obtenidos, los cuales se irán anotando ordenadamente, conteniendo la siguiente información:

- Numero y cantidad de circuitos.
- Numero y cantidad de polos o espacios requeridos en el tablero.
- Carga y fase a donde debe conectarse el circuito .
- Numero de fases y capacidad del interruptor de protección.
- Tipo de cargas, utilizando la cantidad de columnas que se requieran.
- Corriente del circuito.
- Longitud del cable.
- Caída de tensión.
- Calibre de los cables.

- Carga total.
- Porcentaje de desbalanceo.

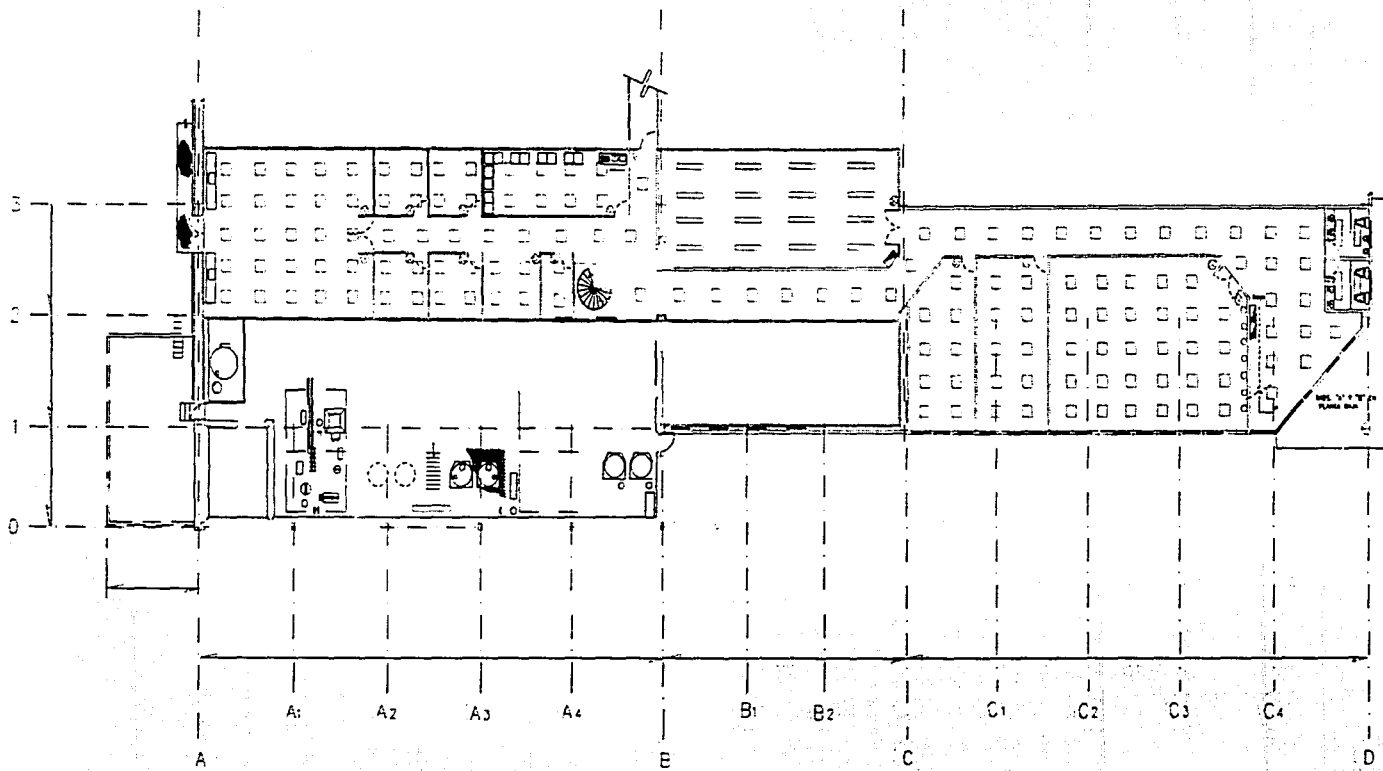
En cuanto a los diagramas unifilares la información tiene solo algunos conceptos anteriores, presentada en forma diferente, pero complementándose uno con otro.

La manera de mostrar las áreas a que corresponden dichos tableros es mediante unos esquemas con su croquis de localización, para así ubicar la zona; aunque como plano de proyecto deberán ser más elaborados conteniendo la mayor información posible, de manera que se facilite al instalador realizar su trabajo, siendo con los cuadros de carga y diagrama unifilar suficientes para ello.

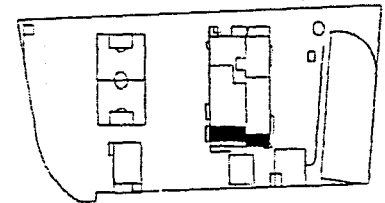
Así en el presente trabajo estamos presentado estos tres puntos por cada tablero de alumbrado y algunos equipos de servicio, que por comodidad o cercanía del tablero se incluyeron en los mismos. Además de definir las áreas en:

- Planta de producción.
- Oficinas corporativas.
- Centro de desarrollo y
- Áreas generales.

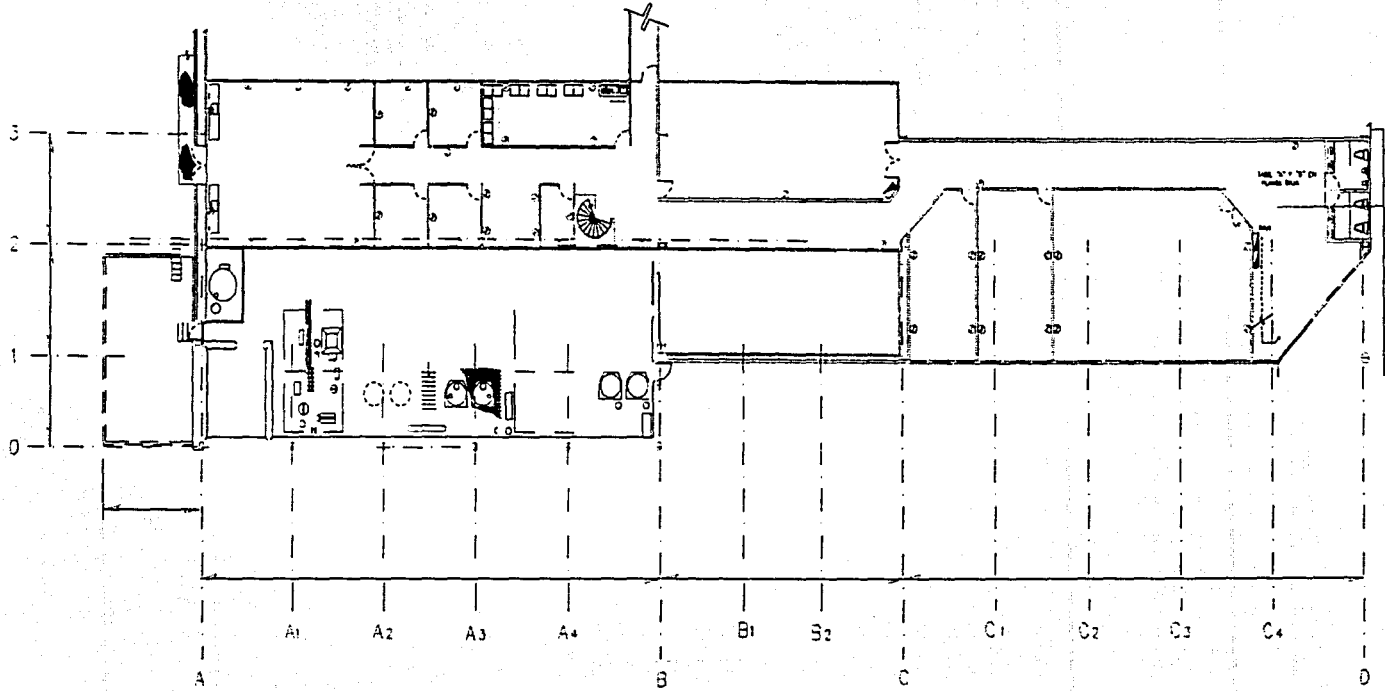
Con sus respectivos tableros de alumbrados y de distribución de fuerza.



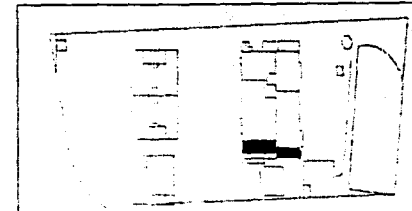
2.5.1 a).- ALUMBRADO OFICINAS P.A.



CROQUIS DE LOCALIZACION



2.5.1 d) CONTACTOS OFICINAS P.A



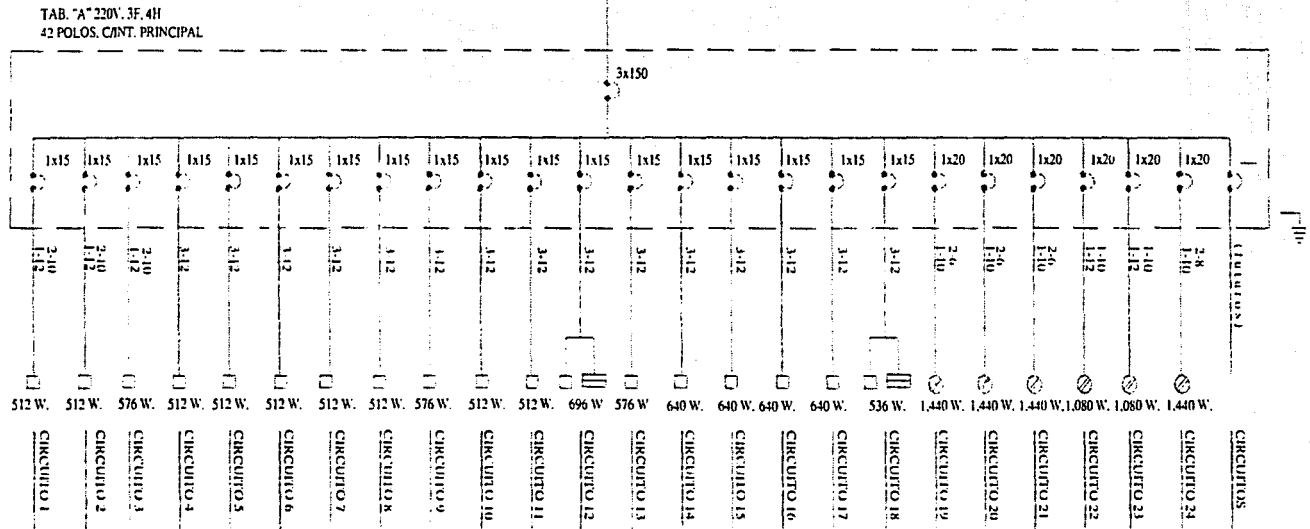
PROYECTO DE LOCALIZACION

## 2.5.1 a) TAB. "A". ALUMB. Y CONTACTOS

OFICINAS PRODUCCION PLANTA ALTA

## DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 1, INTERR. 1



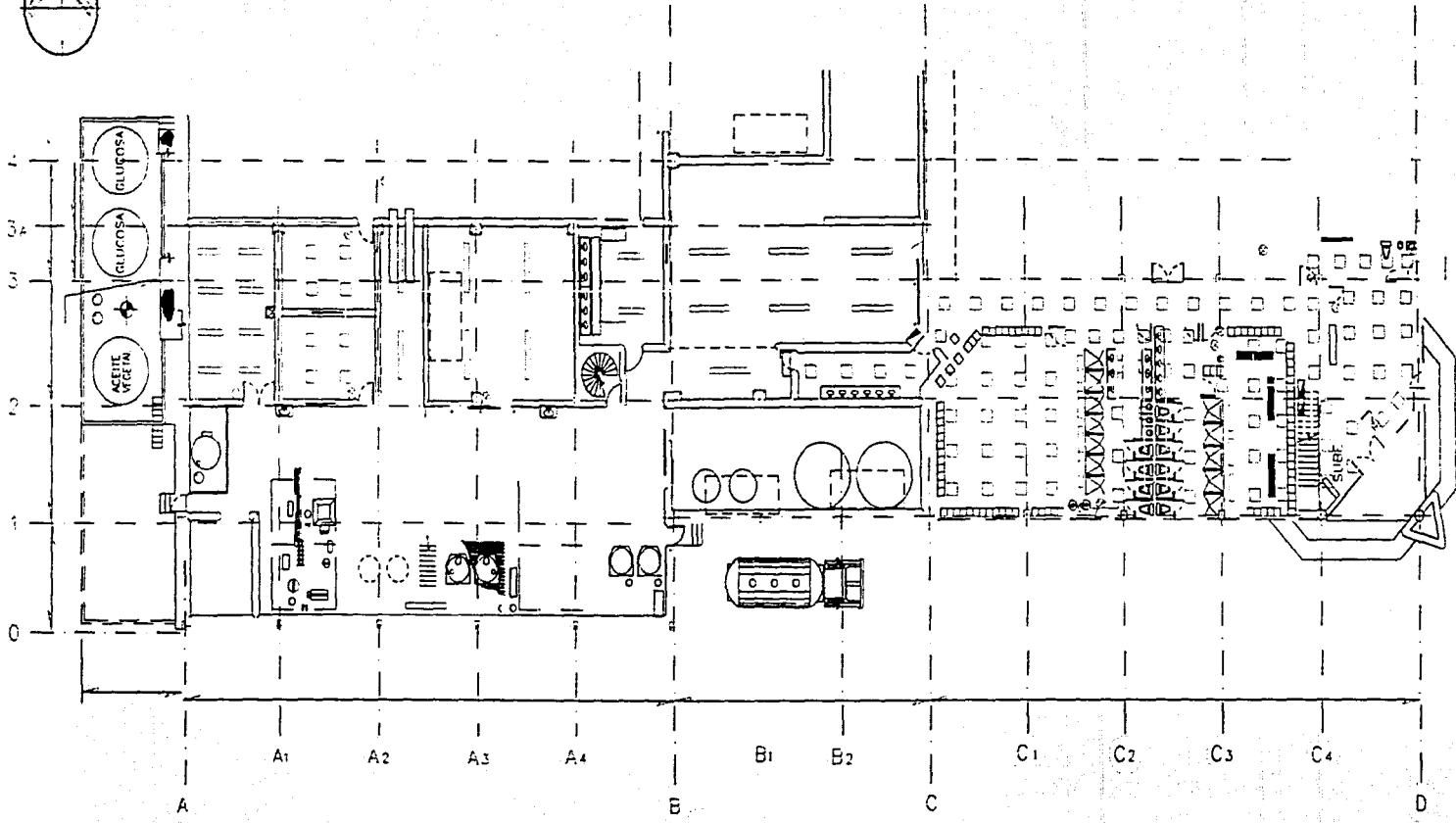
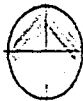
2.5.1 a) TABLERO "A"

OFICINAS PRODUCCION P. A.

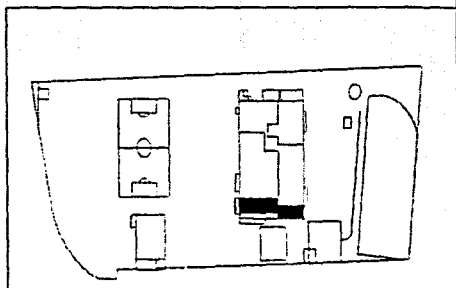
CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES														
CIRCUITO	POLO		WATS FASES.			INST.	CABLES				LONG. mis.	% e	CONDUC. CAL.	
	No.	A	B	C	2x32 W		2x39 W	2x75 W	40 W.					
1	1		512			1x15	3				4.48	90	2.09	10
2	2		512			1x15	3				4.48	90	2.09	10
3	3		576			1x15	9				5.04	85	2.32	10
4	4		512			1x15	3				4.48	90	2.09	12
5	5			512		1x15	3				4.48	90	2.09	12
6	6			512		1x15	3				4.48	90	2.09	12
7	7		512			1x15	3				4.48	90	2.09	12
8	8		512			1x15	3				4.48	90	2.09	12
9	9		576			1x15	9				5.04	85	2.32	12
10	10		512			1x15	3				4.48	90	2.09	12
11	11			512		1x15	3				4.48	90	2.09	12
12	12			696		1x15	6	4			5.04	85	2.32	12
13	13		576			1x15	9				5.04	85	2.32	12
14	14		640			1x15	10				5.60	85	2.56	12
15	15			640		1x15	10				5.60	85	2.56	12
16	16			640		1x15	10				5.60	85	2.56	12
17	17			640		1x15	10				5.60	85	2.56	12
18	18			576		1x15	9				5.04	85	2.32	12
19	19		1,440			1x20				8	12.59	90	2.30	5
20	20		1,440			1x20				8	12.59	90	2.30	5
21	21			1,440		1x20				8	12.59	90	2.30	5
22	22			1,680		1x20				6	9.45	85	1.57	10
23	23			1,080		1x20				6	9.45	85	1.57	10
24	24			1,440		1x20				8	12.59	90	2.30	5
25	25													
TOTAL			6,144	5,976	5,928		149	4	7	44				

CARGA TOTAL = 18,048 W

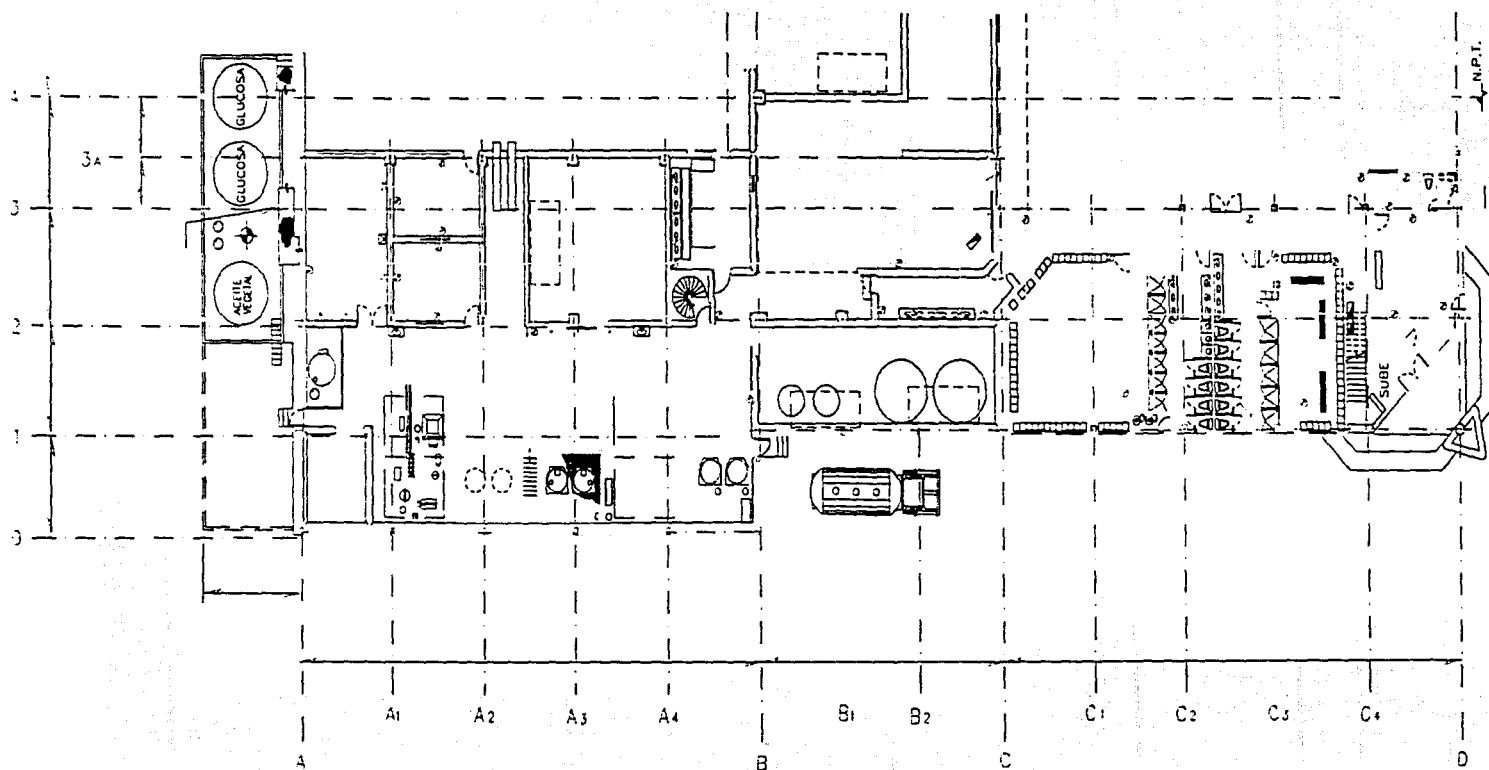
$$\text{DESBALANCEO} = \frac{6,144 - 5,928}{6,144} \times 100 = 3.51\% < 5\%$$



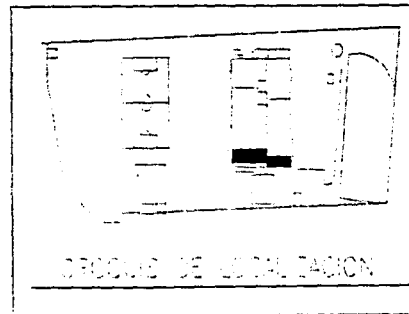
2.5.1 b) ALUMBRADO OFICINAS P.B.



CROQUIS DE LOCALIZACION



2.5.1 b) Contactos oficinas P.B.





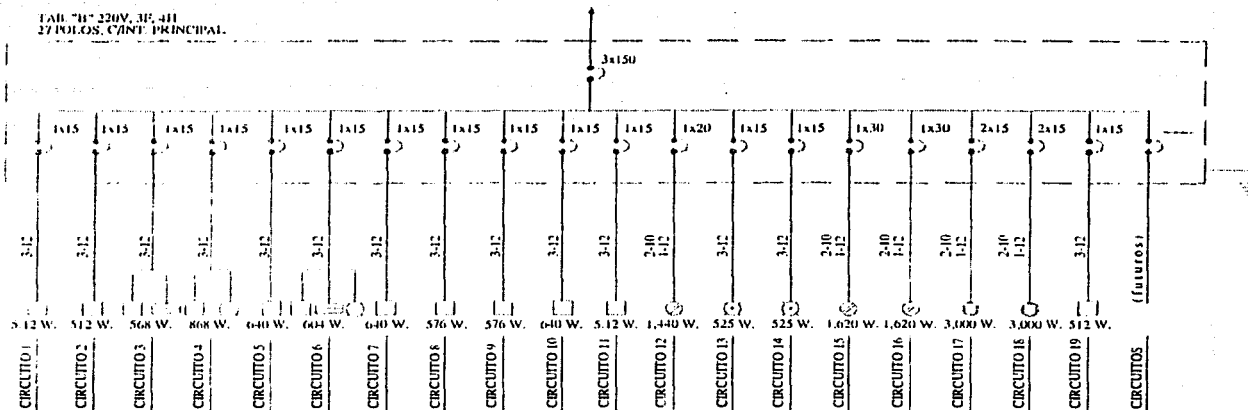
2.5.1 b) TAB. "B", ALUMB. Y CONTACTOS

OFICINAS DE PRODUCCION PLANTA BAJA

DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 1, INTERR. 2

TAB. "B" 220V. 3F. 4HI  
27 POLOS. CANT. PRINCIPAL.

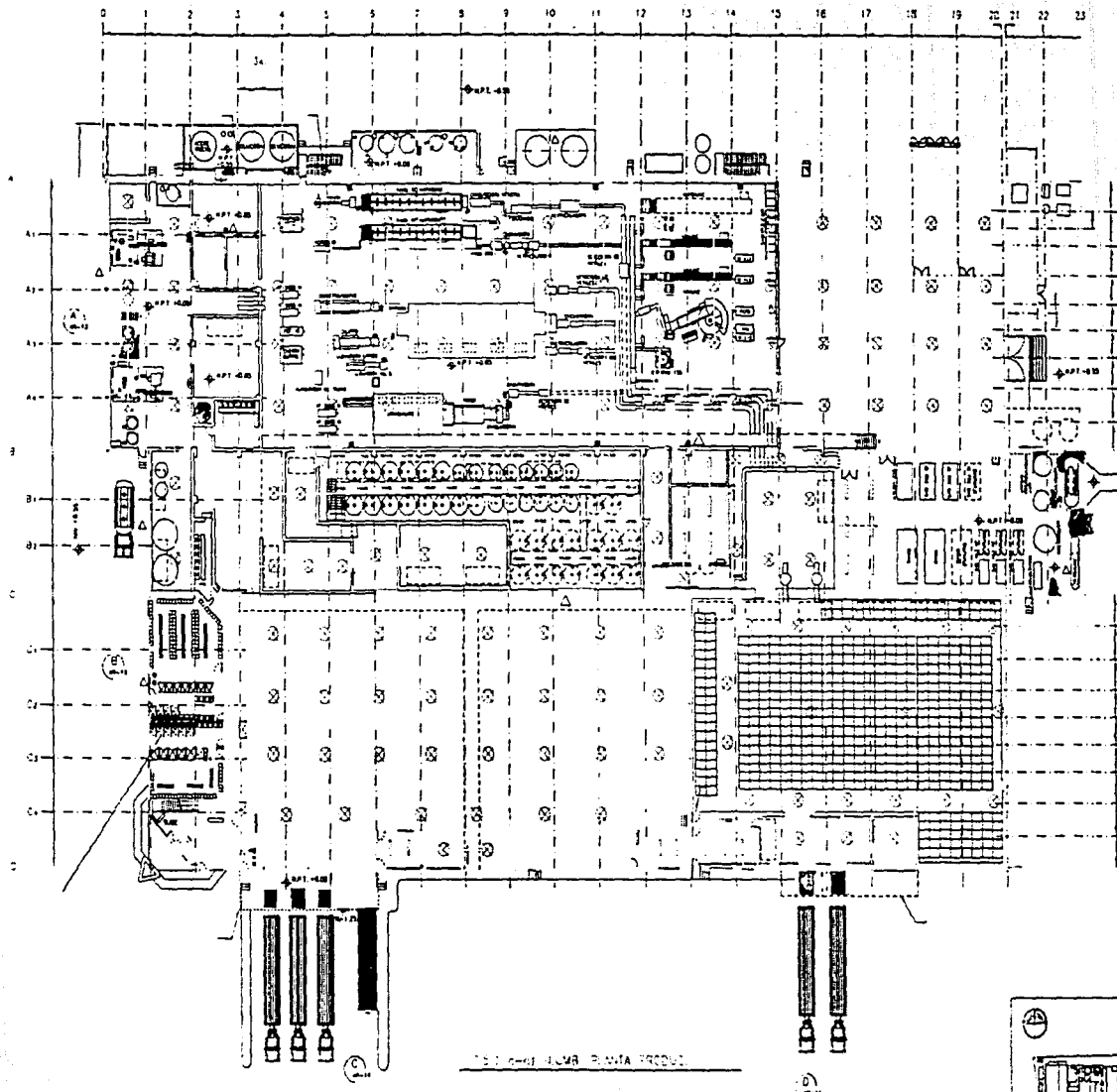


CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES

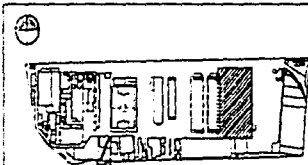
CIRCUITO	POLO No	WATS FASES.			INT.	2x32 W	2x39 W	100 W.	75 W	180 W.	3000 W	I Amp	LONGI mts	% c	CAL.
		A	B	C											
1	1	512			1x15						4.48	46	1.47	12	
2	2	512			1x15						4.48	43	1.59	12	
3	3		568		1x15	4					4.97	36	1.47	12	
4	4		868		1x15	12	4				7.69	30	1.90	12	
5	5			640	1x15	10		1			5.06	27	1.24	12	
6	6			604	1x15	4		1			5.28	20	0.87	12	
7	7				1x15	10	3								
8	8	640			1x15	9					5.04	50	2.07	12	
9	9	576			1x15	9					5.04	48	1.99	12	
10	10				1x15	10					5.60	40	2.12	12	
11	11			512	1x15	8					4.48	24	0.88	12	
12	12			1,440	1x20						12.60	26	1.70	10	
13	13	525			1x15			7	8		4.13	30	1.02	12	
14	14	525			1x15			7			4.13	28	0.95	12	
15	15				1x20				7		14.17	40	2.94	10	
16	16				1x20				7		14.17	25	1.76	10	
17	17			1,500	2x15					1	6.82	25	0.53	10	
18	18			1,500	2x15					1	6.82	24	0.51	10	
19	19				1x15	8					4.48	20	0.74	12	
SUMA	21	6,290	6,104	6,190	100	7	2	14	22	2					

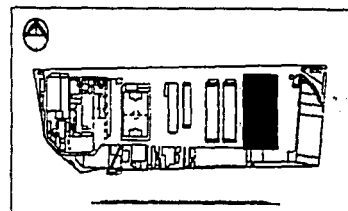
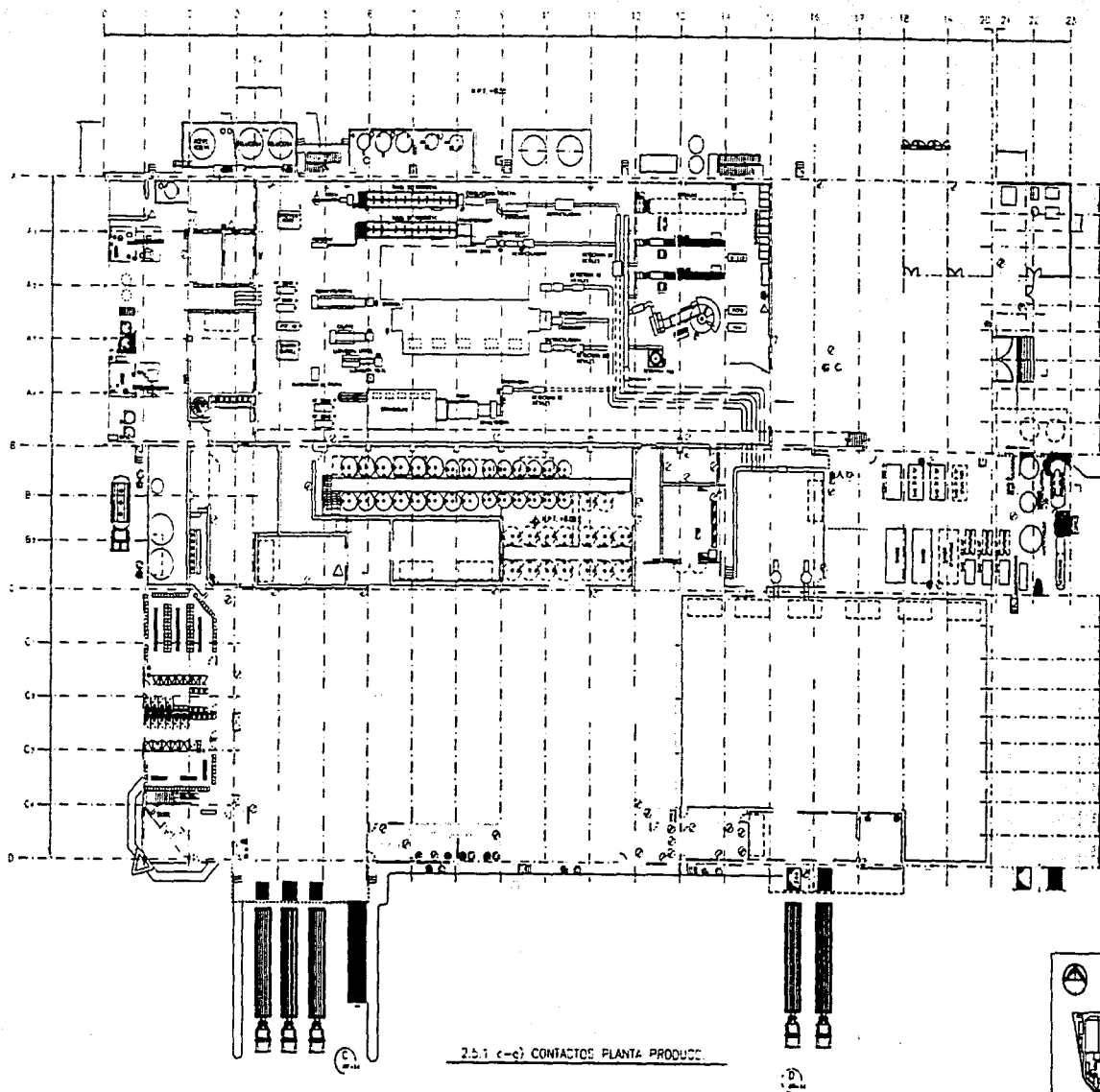
TOTALES 18,890

DESBALANCEO =  $\frac{6,104 - 6,196}{6,404} \times 100 = 3.24\% < 5.00\%$



TALLERES ALMA BLANCA PRODUCT

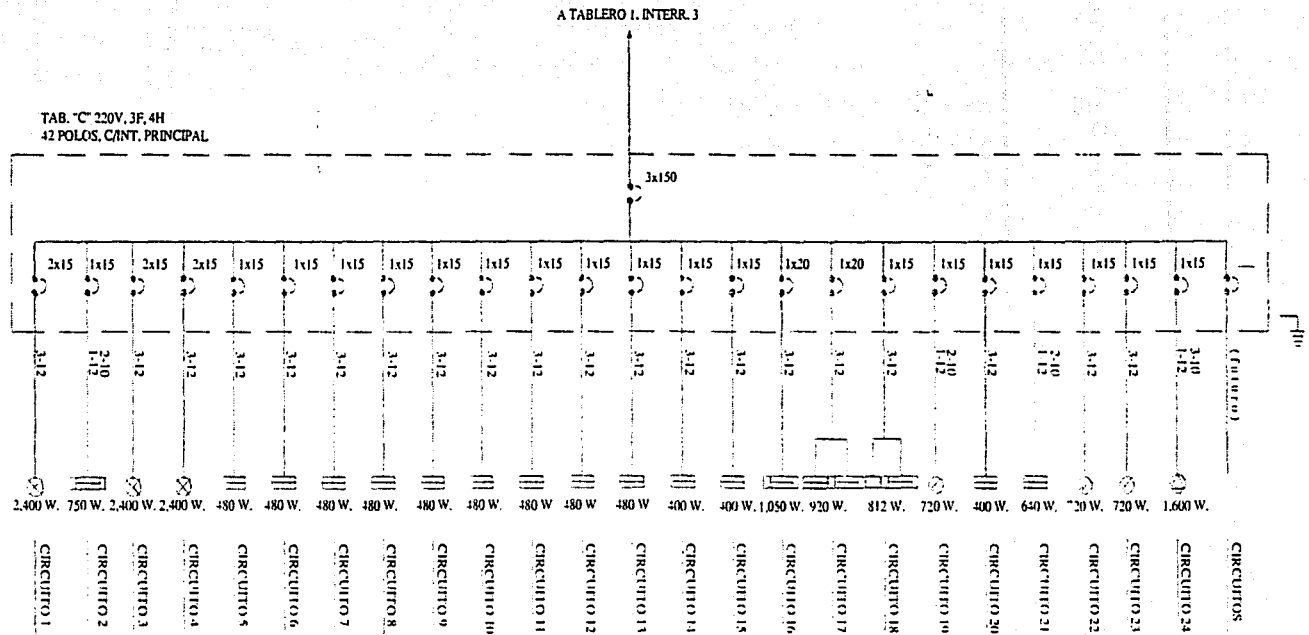




2.5.1 e) TAB."C", ALUMB. Y CONTACTOS

PROCESO, CREMAS Y MADURACION

DIAGRAMA UNIFILAR.



2.5.1 c) TAB. "C" ALUMB. Y CONTACTOS.  
Proceso, cremas y maduración.

CIRCUITO	POLO No	WATS FASES			INT.	C				180 W	400 W	I Amp	LONG. m.	% e	CONDUCT. CAL.
		A	B	C		400 W	2x32 W	2x39 W	2x75 W						
1	1	1,200			2x15	6						6.06	60	1.73	12
	3		1,200												
2	2	750			1x15							6.56	82	2.79	10
	5			1,200											
3	7	1,200			2x15	6						6.06	40	1.15	12
	4		1,200												
4	6		1,200		2x15	6						6.06	22	1.00	12
	9		480		1x15			6				4.20	30	1.04	12
5	8	480			1x15			6				4.20	39	1.35	12
	11		480		1x15			6				4.20	48	1.66	12
6	10		480		1x15			6				4.20	57	1.97	12
	13	480			1x15			6				4.20	66	2.28	12
7	12		480		1x15			6				4.20	62	2.14	12
	15		480		1x15			6				4.20	71	2.46	12
8	14	480			1x15			6				4.20	50	1.73	12
	17		480		1x15			6				4.20	68	2.35	12
9	16	400			1x15			5				3.50	15	0.43	12
	19	400			1x15			5				3.50	16	0.52	12
10	18		1,050		1x20			7				9.20	22	1.67	12
	21		920		1x20			4				8.00	35	2.30	12
11	20	812			1x15			5				7.10	45	2.63	12
	23		720		1x15			5				6.30	36	1.83	10
12	22		480		1x15			5				3.50	24	0.70	12
	25	640			1x15			8				5.60	70	2.03	10
13	24		720		1x15			4				6.30	35	1.80	12
	27		720		1x15			4				6.30	26	1.45	12
	26	533													
14	28		533		3x15							4.66	32	0.70	12
	30		533												
TOTAL		6,975	6,813	6,863		18	8	81	18	12	4				

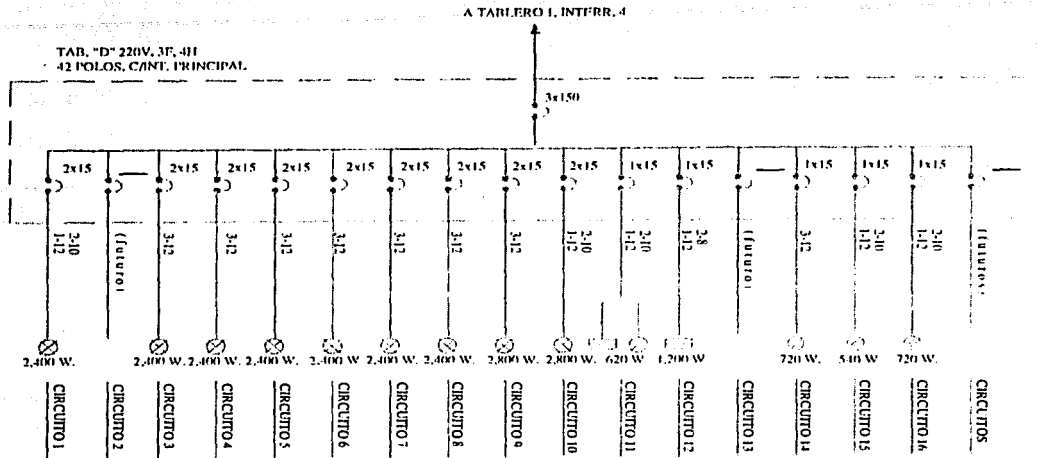
CARGA TOTAL = 20,649 W

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{6,975 - 6,813}{6,975} \times 100 = 2.32\% < 5\%$$

2.5.1 (d) TAB. "D", ALUMB. Y CONTACTOS

PRODUCCION

DIAGRAMA UNIFILAR.



CUADRO DE CARGA, CEDULA DE CABLES Y TUBERIAS.

CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES.			INT.	400 W.	180 W.	100 W.	2x30 W.	I App.	LONGI. mts.	% C	CONDUC. CAL.
		A	B	C									
1	1	1,200	1,200		2x15	6				6.06	80	1.15	10
2	2		1,200										
3	3			1,200	2x15	6				6.06	73	2.10	12
4	4			1,200	2x15	6				6.06	60	1.73	12
5	5	1,200			2x15	6				6.06	53	1.53	12
6	6	1,200			2x15	6				6.06	40	1.15	12
7	7		1,200	1,200	2x15	6				6.06	35	1.00	12
8	8	1,200			2x15	6				6.06	42	1.21	12
9	9		1,200		2x15	7				7.07	56	1.88	12
10	10			1,400	2x15	7				7.07	70	1.48	10
11	11	1,400		1,400	1x15					5.42	76	2.10	10
12	12	620			1x15			3	4	10.50	78	2.67	8
13	13		1,200		1x15				15				
14	14			720	1x15					4.70	55	2.12	12
15	15			540	1x15					4.70	85	2.07	10
16	16	720			1x15					4.70	92	2.24	10
TOTAL		8,740	8,600	8,600		56	11	3	19				

CARGA TOTAL = 26,200 W

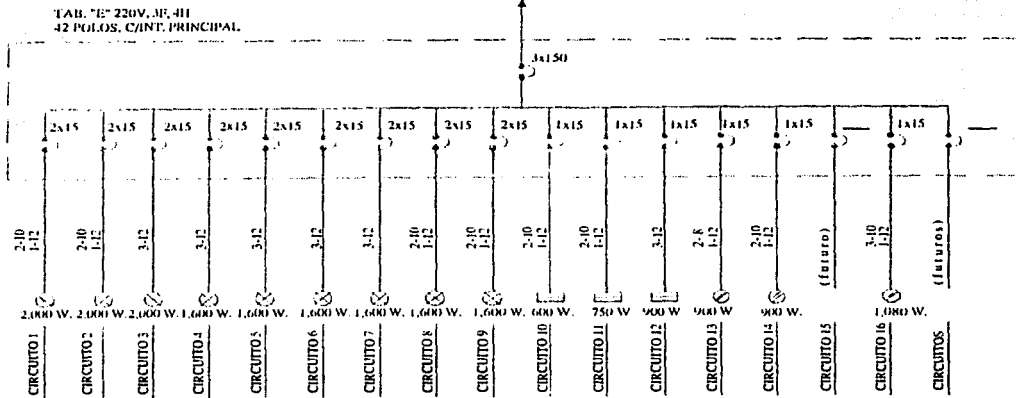
$$\text{DESBALANCEO} = \frac{R660 - R600}{R660} \times 100 = 2.90\% < 5\%$$

2.5.1 e) TAB. "E", ALUMB. Y CONTACTOS

(ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO)

DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO I, INTERR. 5



CUADRO DE CARGA, CEDULA DE CABLES Y TUBERIAS.

CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES.			INL.	400 W.	2x75 W.	180 W.	I Δ010	LONG. MTS.	% C.	CONDUC. CAL.
		A	B	C								
1	1	1,000			2x15	5			5.40	98	1.46	10
2	2	1,000			2x15	5			5.40	89	1.33	10
3	3	1,000			2x15	5			5.40	84	2.00	12
4	4			800	2x15	4			4.00	68	1.30	12
5	5			800	2x15	4			4.00	30	0.60	12
6	6			800	2x15	4			4.00	44	0.90	12
7	7			800	2x15	4			4.00	34	0.70	12
8	8			800	2x15	4			4.00	105	1.26	10
9	9			800	2x15	4			4.00	115	1.38	10
10	10			600	1x15	2			5.25	100	2.71	10
11	11		750		1x15	5			6.56	70	2.38	10
12	12				1x15	0			7.95	29	1.80	12
13	13				1x15	0		5	7.95	110	2.81	8
14	14				1x15	0		5	7.95	75	3.00	10
15	15			1,080	1x15	0		0	9.45	30	2.33	12
16	16											
TOTAL	24	7,100	6,850	6,760		29	15	10				

CARGA TOTAL = 20,730 W

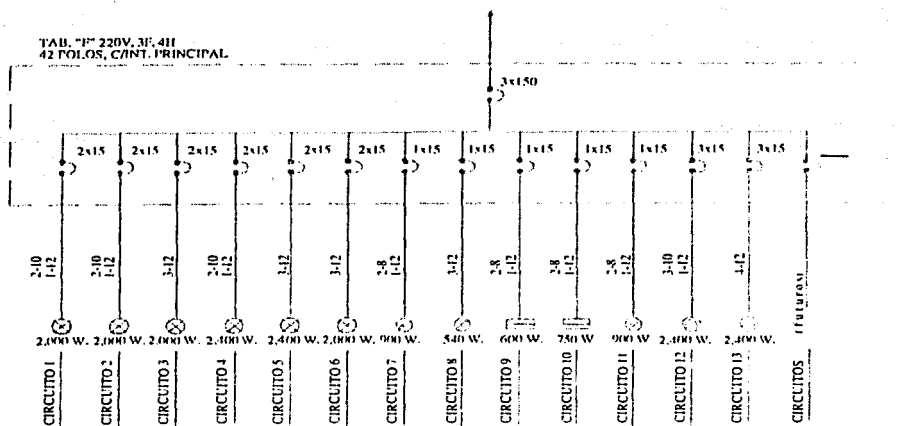
$$\text{DESBALANCEO} = \frac{7,100 - 6,760}{7,100} \times 100 = 4.50\% < 5\%$$

## 2.5.1.D TAB. "F", ALUMB. Y CONTACTOS

ALMACEN SECO Y MAT. EMPAQUE

### DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO I, INTERR. 6



CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES

CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES.				INT.	400 W.	180 W.	400 W.	2x75 W	I Amp.	LONG. mts.	% c	CAL.
		A	B	C										
1	1	1,000			2x15	5				5.00	98	1.36	10	
2	2	1,000	1,000		2x15	5				5.00	120	1.79	10	
3	3	1,000		1,000	2x15	5				5.00	76	1.80	12	
4	4	1,200		1,200	2x15	6				6.06	100	1.79	10	
5	5		1,200		2x15	6				6.06	45	1.28	12	
6	6		1,000	1,000	2x15	5				5.00	82	1.95	12	
7	7	900			1x15		5			2.87	100	2.11	8	
8	8	500			1x15		3			4.72	75	2.90	12	
9	9		600		1x15				4	5.25	125	2.10	8	
10	10		750		1x15				5	6.56	100	2.13	8	
11	11		900	900	1x15		5			2.87	125	3.00	8	
12	12	800			3x15			6		7.00	98	2.05	10	
13	13	800	800		3x15			6		7.00	80	2.66	12	
SUMA		7,240	7,150	6,900		32	13	12	9					

TOTALES 21,290

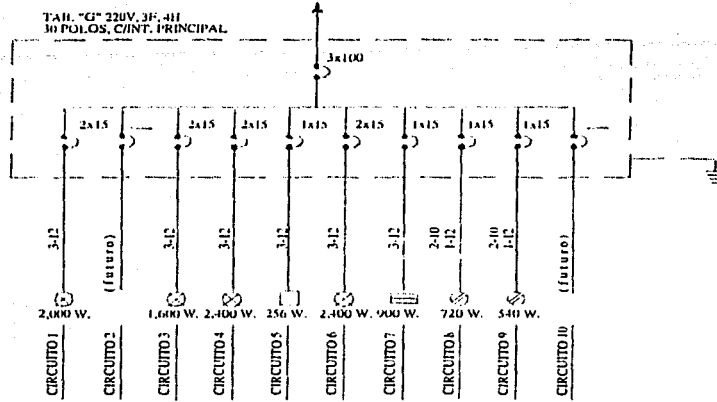
$$\text{DESBALANCEO} = \frac{7,240 - 6,900}{7,240} \times 100 = 4.69\% < 5.00\%$$



2.5.1 g) TABLERO "G" ALUMBRADO Y CONTACTOS  
COMPRESORES, TANQUES Y UMA'S EN AZUFEA

DIAGRAMA UNIFILAR.

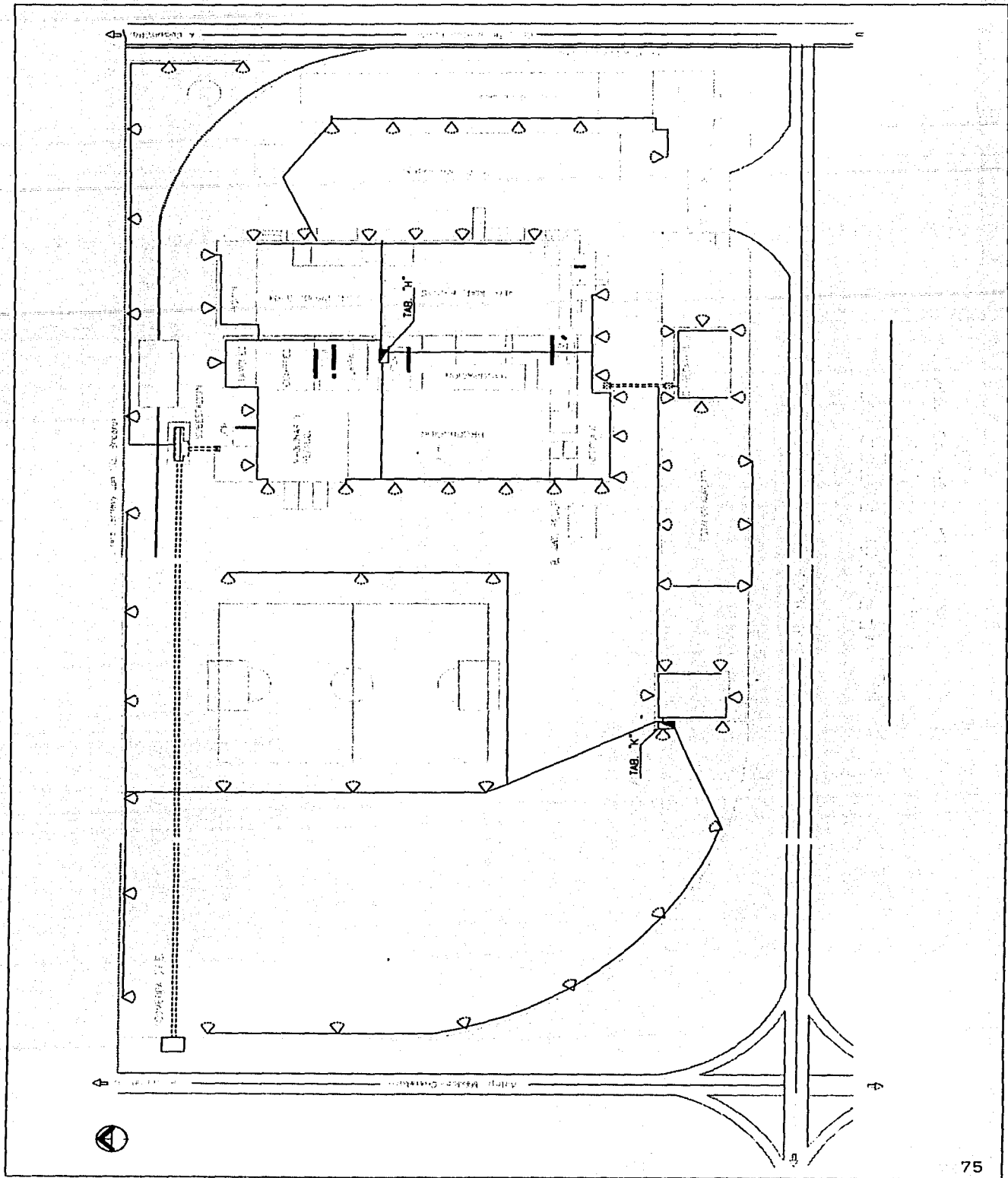
A TABLERO I, INTERR. 7



CIRCUITO	POLO No	WATS/FASES.			INST.	300 W.	2575 W.	2575 W.	180 W.	480 W.	I ΔVOL.	LONG. -mts	% c.	C.M.
		A	B	C										
1	1	1,000			2x15	5					5.05	46	1.10	12
2	2		1,000											
3	5	800			2x15	4					4.04	40	0.76	12
4	7		800											
4	4			1,200	2x15	6					6.06	60	1.73	12
5	6	1,200												
5	0			256	2x15		4				2.30	20	0.38	12
6	8	1,200			2x15	6					6.06	70	2.02	12
7	10		1,200											
7	11			900	1x15			5			7.87	30	1.94	12
8	12			720	1x15				5		6.29	30	1.30	10
9	13			540	1x15				3		4.72	30	0.73	10
10														
11														
SUMIA		3,540	3,656	3,620		21	4	5	8					

TOTALES 10,816

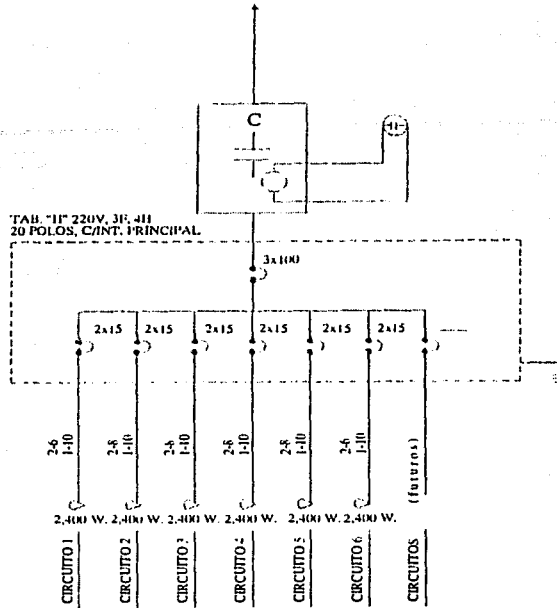
$$\text{DESBALANCEO} = \frac{3,656 - 3,540}{3,656} \times 100 = 3.17\% < 5.00\%$$



2.5.1 h) TABLERO "II" ALUMBRADO  
ALUMBRADO EXTERIOR PLANTA DE PRODUCCION

DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO I, INTERR. 8



CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES.			INT.	CABLE	L	I Δ00p	LONG. mts	% g	CAL.
		A	B	C							
1	1	1,200	1,200		2x15	6		0.06	245	3.00	6
2	2	1,200			2x15	6		0.06	120	2.37	8
	3		1,200								
3	4	1,200		1,200	2x15	6		0.06	110	2.17	8
	5			1,200							
4	6	1,200			2x15	6		0.06	130	2.57	8
	7										
5	8	1,200	1,200		2x15	6		0.06	150	2.96	8
	9			1,200							
6	10	1,200			2x15	6		0.06	190	2.36	6
	11		1,200								
7	12			1,200							
	8										
SUMA		4,800	4,800	4,800		36					

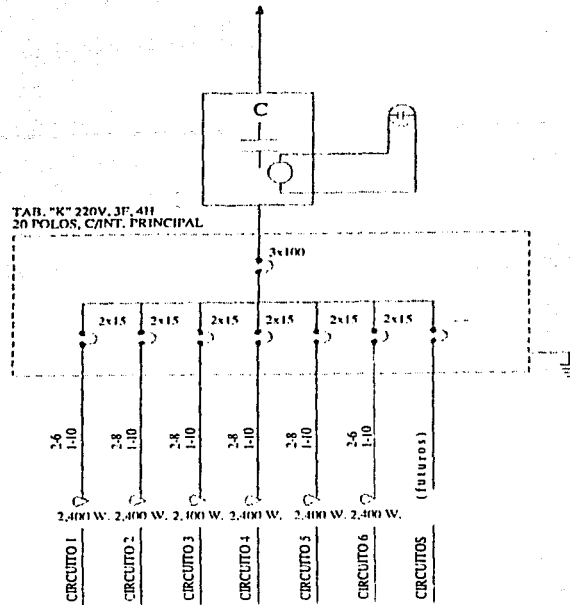
CARGA TOTAL: 14,400

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{4,800 - 4,800}{4,800} \times 100 = 0.00\% < 5.00\%$$

2.5.2 a) TABLERO "K" ALUMBRADO  
ALUMBRADO EXTERIOR OFICINAS CORPORATIVAS

DIAGRAMA UNIFILAR

A TABLERO 3. INTERR. I

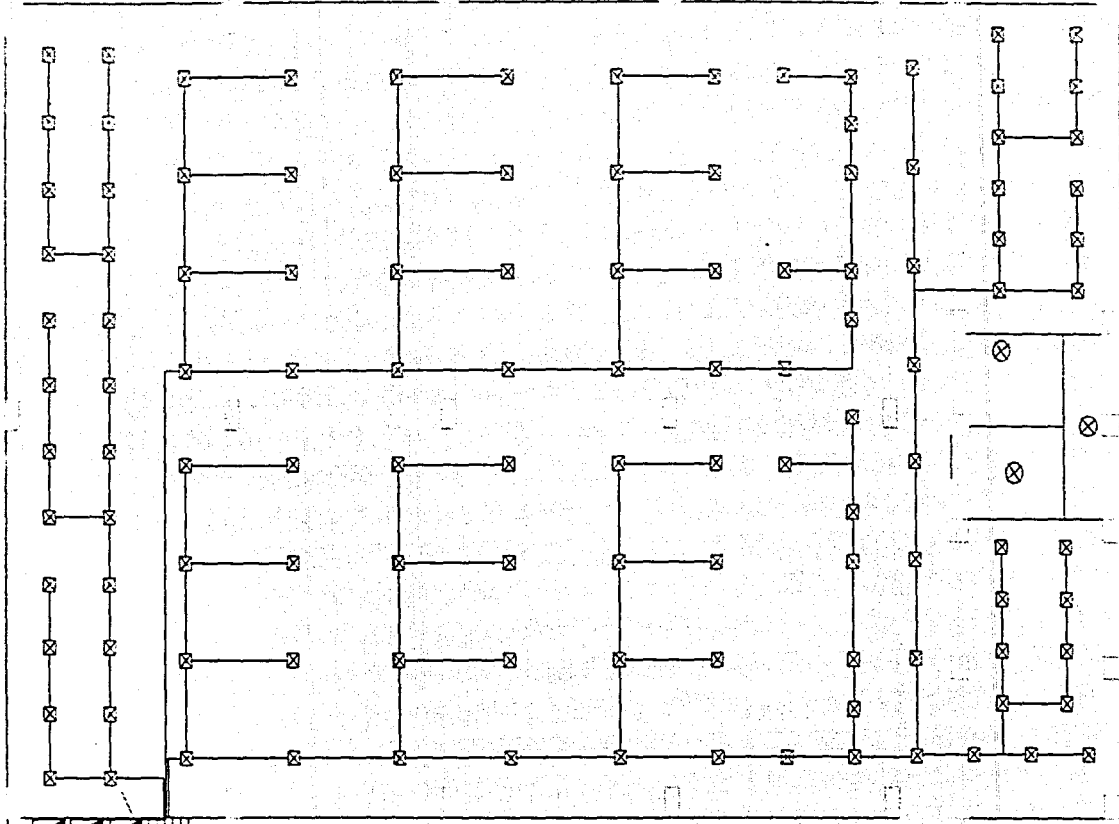


CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES

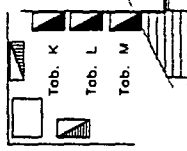
CIRCUITO	POLO No.	WATS. FASES.			INT.	CABLE	I Amp	LONG. mts.	% C	CAL.
		A	B	C						
1	1	1,200			2x15	6	6.06	220	2.73	6
	3		1,200							
	2	1,200								
2	5		1,200		2x15	6	6.06	230	2.85	6
	7			1,200						
	4	1,200								
3	6			1,200	2x15	6	6.06	180	2.21	6
	8	1,200								
	9									
4	10		1,200		2x15	6	6.06	140	2.76	8
	11		1,200							
	12			1,200						
5	1				1x15	6	6.06	190	2.36	6
	7									
	8									
SUMA		4,800	4,800	4,800		36				

CARGA TOTAL: 14,400

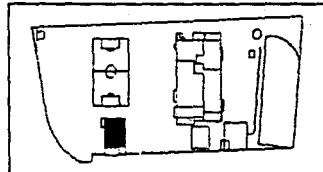
$$\text{DESBALANCEO} = \frac{4,800 - 4,800}{4,800} \times 100 = 0.00\% < 5.00\%$$



Tab. J



2.5.2 b) ALUMB. OFIC. CORPORATIVAS P.B.

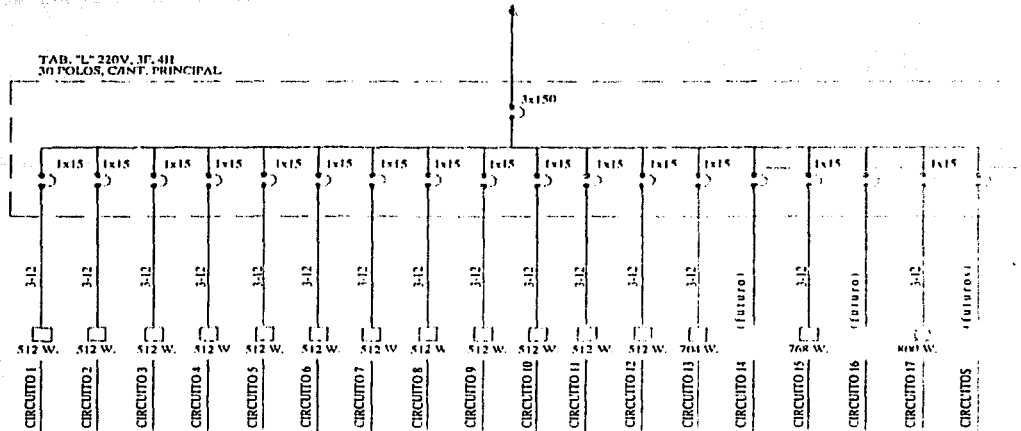


CROQUIS DE LOCALIZACION

2.5.2 b) TABLERO "L" ALUMBRADO  
 OFICINAS CORPORATIVAS PLANTA BAJA

DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 3, INTERR. 2



CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES

CIRCUITO	POLO No.	WAYS FASES:			INT.	C		L	LONG.	% C	CAL.
		A	B	C		2x12 W	100 W.				
1	1	512			1x15	R		4.48	20	0.74	12
2	2	512			1x15	R		4.48	24	0.88	12
3	3		512		1x15	R		4.48	22	0.81	12
4	4		512		1x15	R		4.48	25	0.92	12
5	5			512	1x15	R		4.48	22	0.81	12
6	6			512	1x15	R		4.48	28	1.03	12
7	7	512			1x15	R		4.48	25	0.92	12
8	8	512			1x15	R		4.48	30	1.10	12
9	9		512		1x15	R		4.48	27	0.99	12
10	10		512		1x15	R		4.48	33	1.22	12
11	11			512	1x15	R		4.48	30	1.10	12
12	12			512	1x15	R		4.48	35	1.29	12
13	13	704			1x15	11		6.16	34	1.72	12
14	14										
15	15	768			1x15	12		6.72	39	2.16	12
16	16										
17	17			800	1x15	R		6.50	48	3.49	12
SUMA		2,752	2,816	2,848			119	7			

TOTAL: 8,416 W.

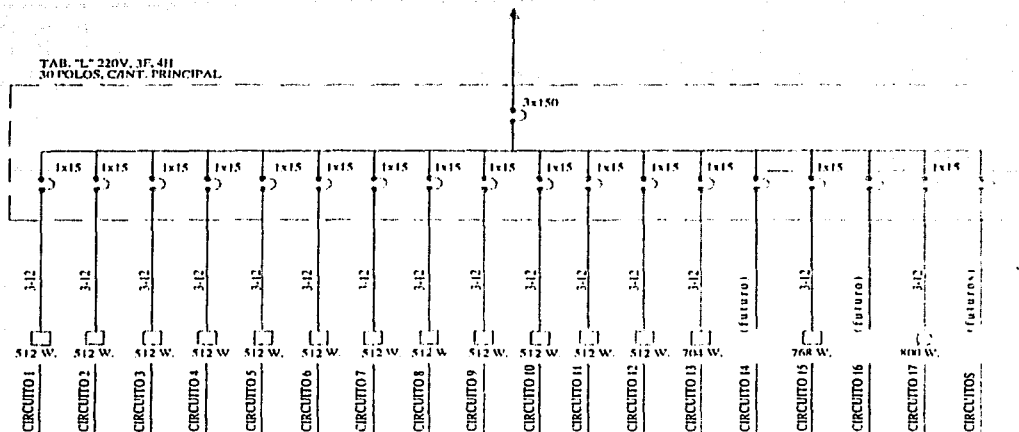
$$\text{DESBALANCEO} = \frac{2,848 - 2,752}{2,848} \times 100 = 3.37\% < 5.00\%$$

## 2.5.2 b) TABLERO "L" ALUMBRADO

OFICINAS CORPORATIVAS PLANTA BAJA

### DIAGRAMA UNIFILAR.

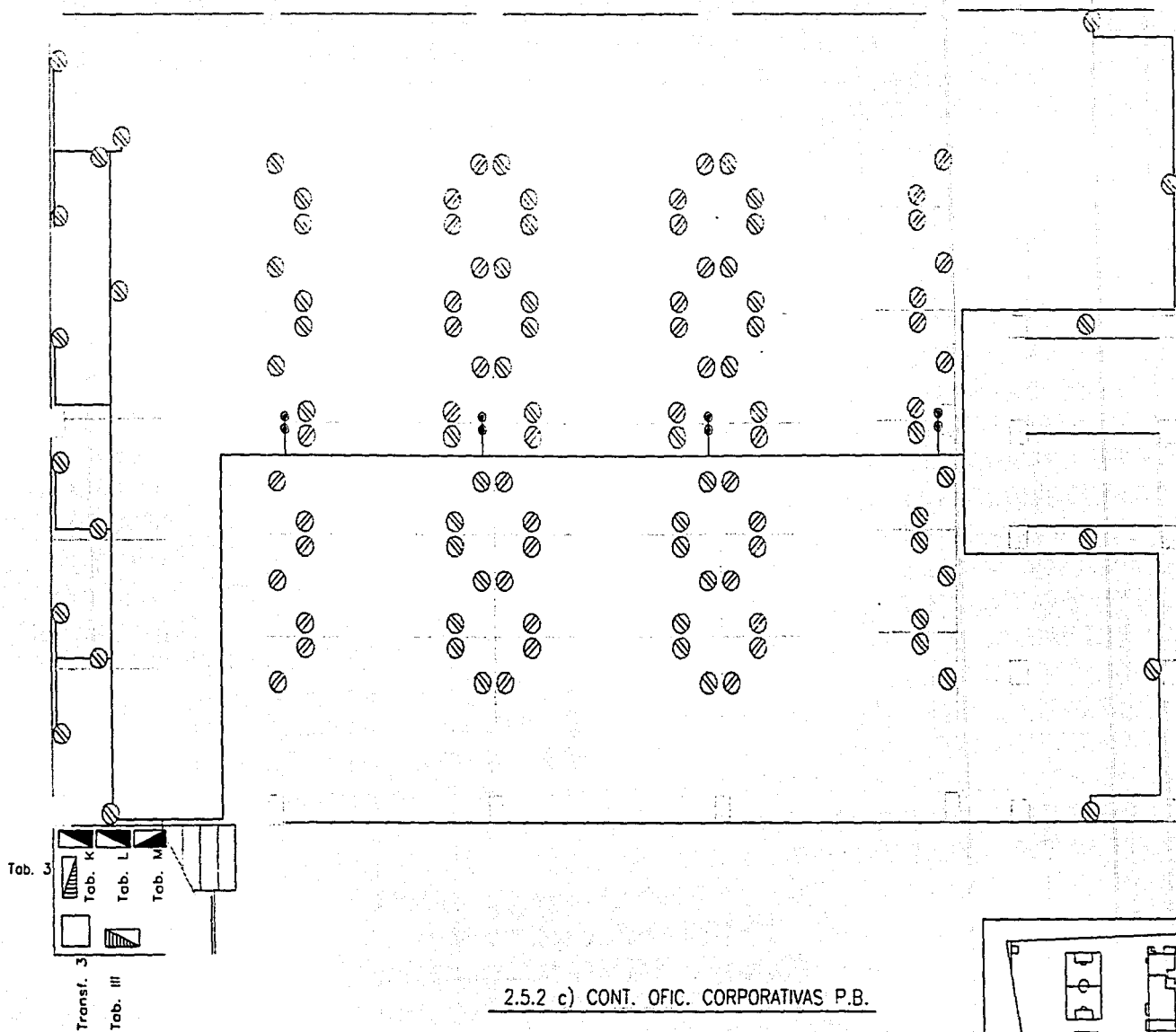
A TABLERO 3, INTERR. 2



CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES												
CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES			INT.	C		I	LONG.	% C	CAL.	
		A	B	C		2x32 W	100 W					
1	1	512			1x15				4.48	20	0.74	12
2	2	512			1x15				4.48	24	0.88	12
3	3		512		1x15				4.48	22	0.81	12
4	4		512		1x15				4.48	25	0.92	12
5	5			512	1x15				4.48	22	0.81	12
6	6			512	1x15				4.48	28	1.01	12
7	7	512			1x15				4.48	25	0.92	12
8	8	512			1x15				4.48	30	1.10	12
9	9		512		1x15				4.48	27	0.99	12
10	10		512		1x15				4.48	33	1.22	12
11	11			512	1x15				4.48	30	1.10	12
12	12			512	1x15				4.48	35	1.29	12
13	13	768			1x15		11		6.16	34	1.72	12
14	14											
15	15		768		1x15		12		6.72	30	2.16	12
16	16			800	1x15			8				
17	17								6.30	48	2.35	12
SUMA		2,752	2,816	2,848			119	7				

TOTAL: 8,416 W.

$$\text{DESALANCEO} = \frac{2,848 - 2,752}{2,848} \times 100 = 3.37\% < 5.00\%$$



CROQUIS DE LOCALIZACION

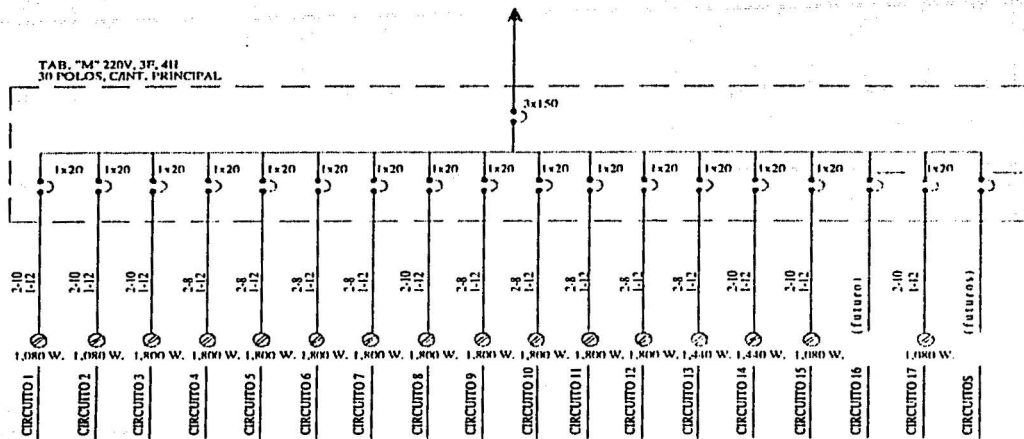


### 2.5.2 c) TABLERO "M" CONTACTOS

OFICINAS CORPORATIVAS PLANTA BAJA

#### DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 3, INTERR. 3

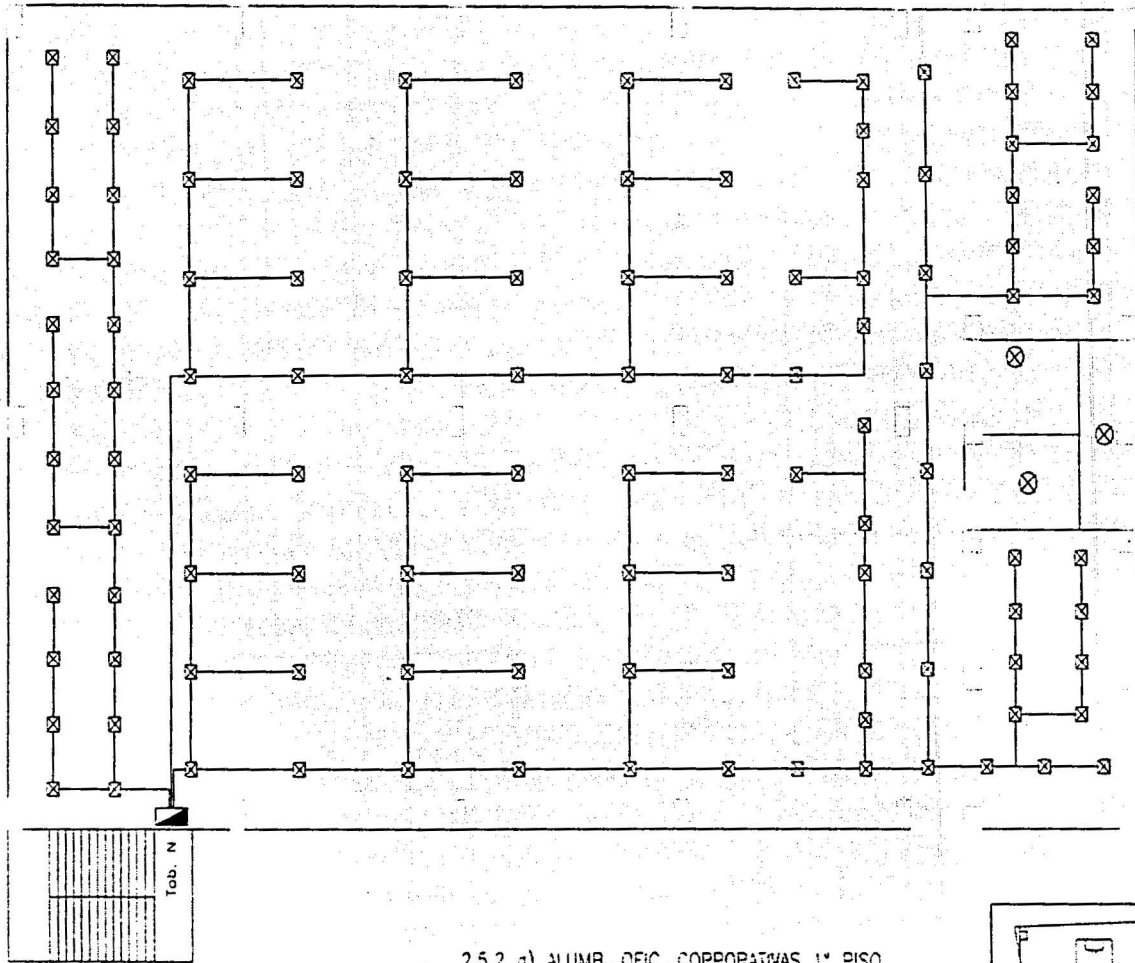


**CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES**

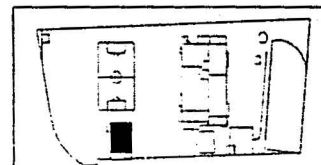
CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES			JNT.	180 W.	100 W.	I Amp.	LONG. BUS.	% C	CAL.
		A	B	C							
1	1	1,080			1x20	6	9.45	24	1.17	10	
2	2	1,080			1x20	6	9.45	36	1.76	10	
3	3		1,800		1x30	10	15.75	34	2.77	10	
4	4		1,800		1x30	10	15.75	34	2.77	8	
5	5			1,800	1x30	10	15.75	40	2.05	8	
6	6			1,800	1x30	10	15.75	40	2.05	8	
7	7	1,800			1x30	10	15.75	40	2.05	8	
8	8	1,800			1x30	10	15.75	40	2.05	8	
9	9		1,800		1x30	10	15.75	46	2.36	8	
10	10		1,800		1x30	10	15.75	46	2.36	8	
11	11			1,800	1x30	10	15.75	46	2.36	8	
12	12			1,800	1x30	10	15.75	46	2.36	8	
13	13	1,440			1x30	8	12.59	50	2.07	8	
14	14	1,080			1x20	6	9.45	56	2.74	10	
15	15		1,080		1x20	6	9.45	56	2.74	10	
16	16			1,080	1x20	6	9.45	62	3.00	10	
17	17										
SUMA		8,280	8,280	8,280		138					

TOTAL: 24,840 W.

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{8,280 - 8,280}{8,280} \times 100 = 0.00\% < 5.00\%$$



2.5.2 a) ALUMB. OFIC. CORPORATIVAS 1° PISO



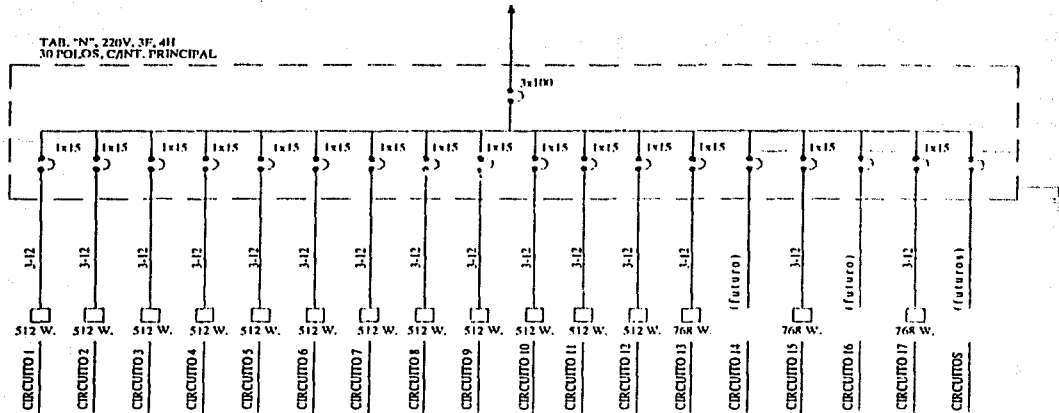
DROQUIS DE LOCALIZACION

## 2.5.2 d) TABLERO "N", ALUMBRADO

OFICINAS CORPORATIVAS PRIMER PISO

### DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 3, INTERR. 4

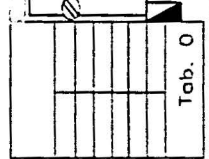
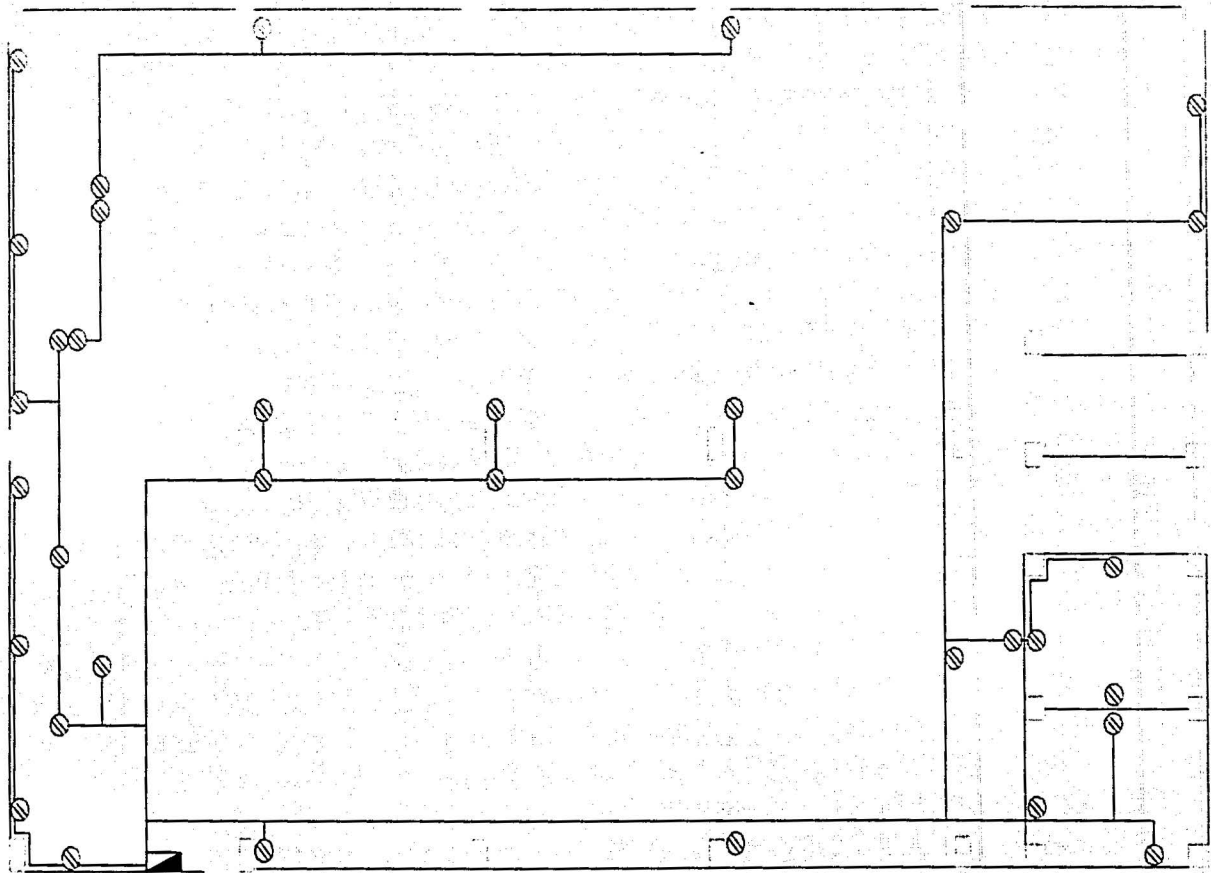


**CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES**

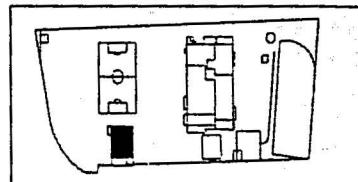
CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES.			INT.	□ 2x12 W.	○ 100 W.	I Amp.	LONG. mts.	% e	CAL.
		A	B	C							
1	1	512			1x15	R	4.48	17	0.63	12	
2	2	512			1x15	R	4.48	21	0.77	12	
3	3		512		1x15	R	4.48	19	0.70	12	
4	4		512		1x15	R	4.48	22	0.81	12	
5	5			512	1x15	R	4.48	19	0.70	12	
6	6			512	1x15	R	4.48	25	0.92	12	
7	7	512			1x15	R	4.48	22	0.81	12	
8	8	512			1x15	R	4.48	27	1.05	12	
9	9		512		1x15	R	4.48	24	0.88	12	
10	10		512		1x15	R	4.48	30	1.10	12	
11	11			512	1x15	R	4.48	27	1.03	12	
12	12			512	1x15	R	4.48	32	1.18	12	
13	13	768			1x15	12	6.72	31	1.71	12	
14	14				1x15	12					
15	15		768		1x15	12	6.72	43	2.38	12	
16	16				1x15	12					
17	17			768	1x15	12	6.72	50	2.77	12	
SUMA		2,816	2,816	2,816		133					

CARGA TOTAL: 8,448 W.

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{2,816 - 2,816}{2,816} \times 100 = 0.00\% < 5.00\%$$



2.5.2 e) CONT. OFIC. CORPORATIVAS 1° PISO



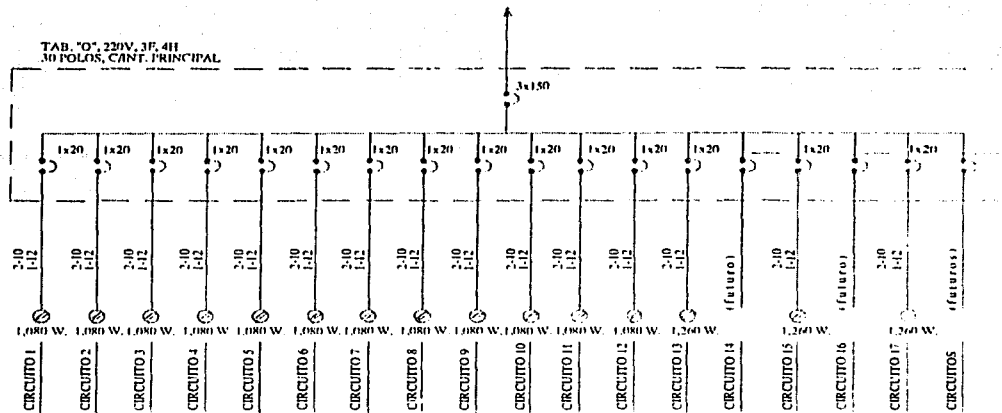
CROQUIS DE LOCALIZACION

2.5.2 e) TABLERO "O", CONTACTOS

OFICINAS CORPORATIVAS 1o. PISO

DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 3, INTERR. 5

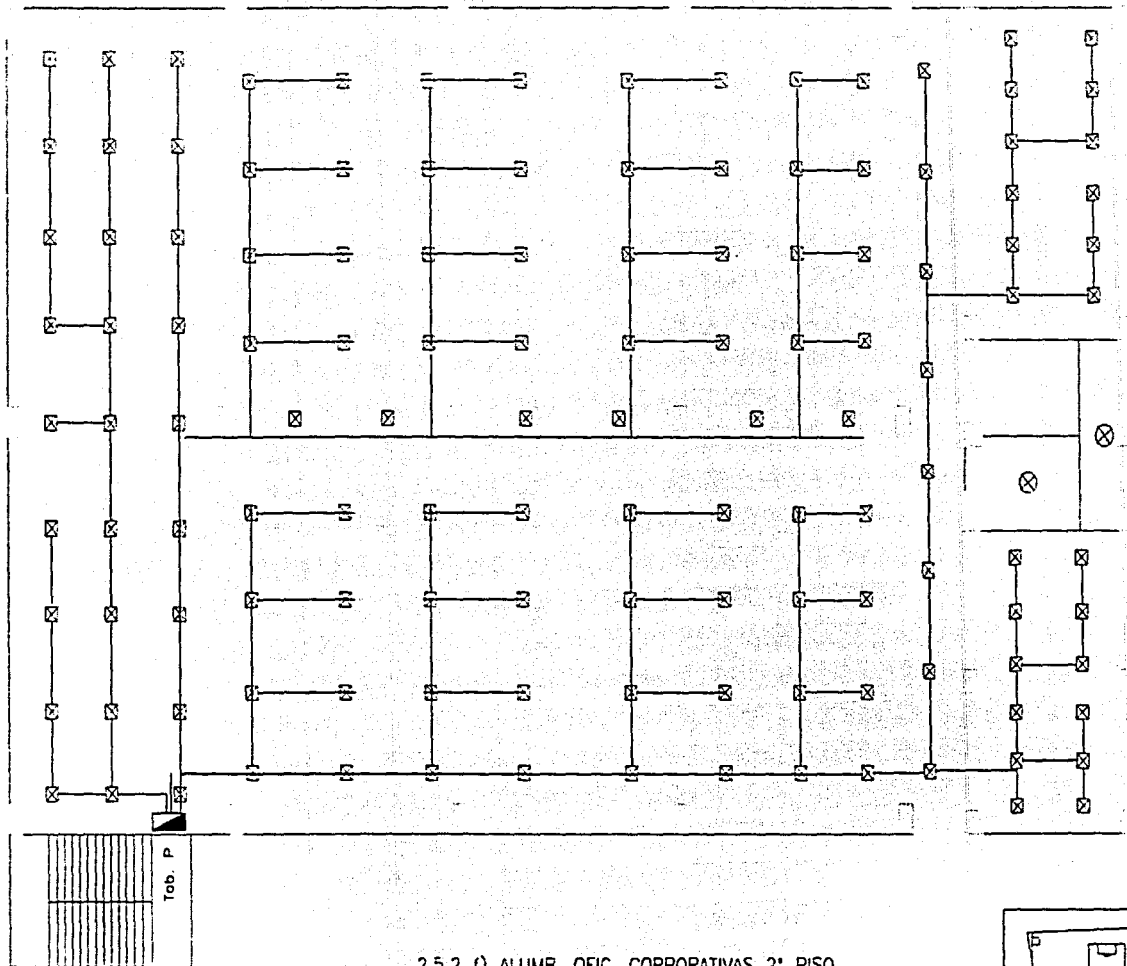


CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES

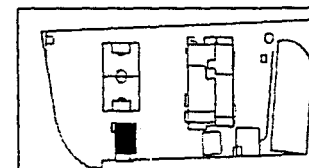
CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES.			JNT.	180 W.	100 W.	I Amp.	LONG. mts.	% c	CAL.
		A	B	C							
1	1	1,080			1x20	6	9.45	24	1.03	10	
2	2	1,080			1x20	6	9.45	32	1.57	10	
3	3		1,080		1x20	6	9.45	30	1.47	10	
4	4		1,080		1x20	6	9.45	30	1.47	10	
5	5			1,080	1x20	6	9.45	36	1.76	10	
6	6			1,080	1x20	6	9.45	36	1.76	10	
7	7	1,080			1x20	6	9.45	36	1.76	10	
8	8	1,080			1x20	6	9.45	36	1.76	10	
9	9		1,080		1x20	6	9.45	42	2.06	10	
10	10		1,080		1x20	6	9.45	42	2.06	10	
11	11			1,080	1x20	6	9.45	42	2.06	10	
12	12			1,080	1x20	6	9.45	42	2.06	10	
13	13	1,260			1x20	7	11.02	44	2.15	10	
14	14										
15	15		1,260		1x20	7	11.02	61	3.00	10	
16	16										
17	17			1,260	1x20	7	11.02	54	2.64	10	
SUMA		5,180	5,580	5,580		91					

CARGA TOTAL: 16,740 W.

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{5,580 - 5,580}{5,580} \times 100 = 0.00\% < 5.00\%$$



2.5.2 1) ALUMB. OFIC. CORPORATIVAS 2º PISO

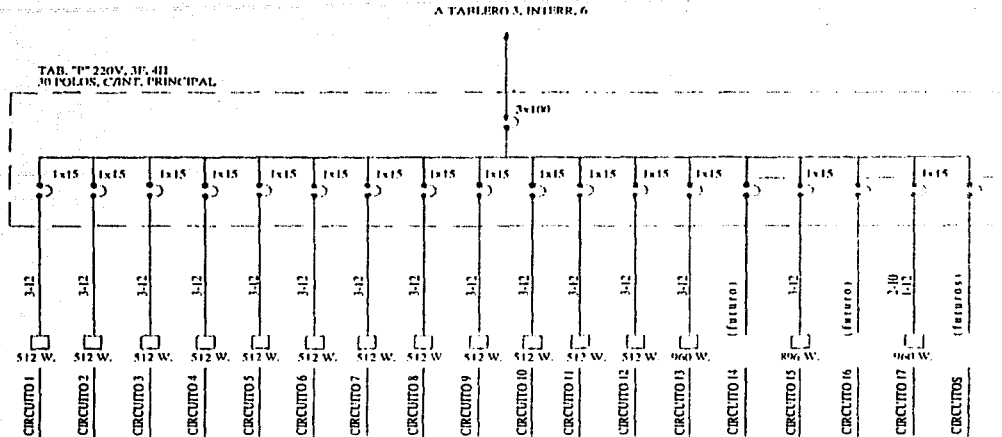


CROQUIS DE LOCALIZACION

## 2.5.2 D) TABLERO "P", ALUMBRADO

OFICINAS CORPORATIVAS SEGUNDO PISO

### DIAGRAMA UNIFILAR.

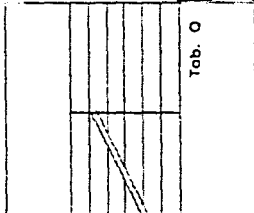
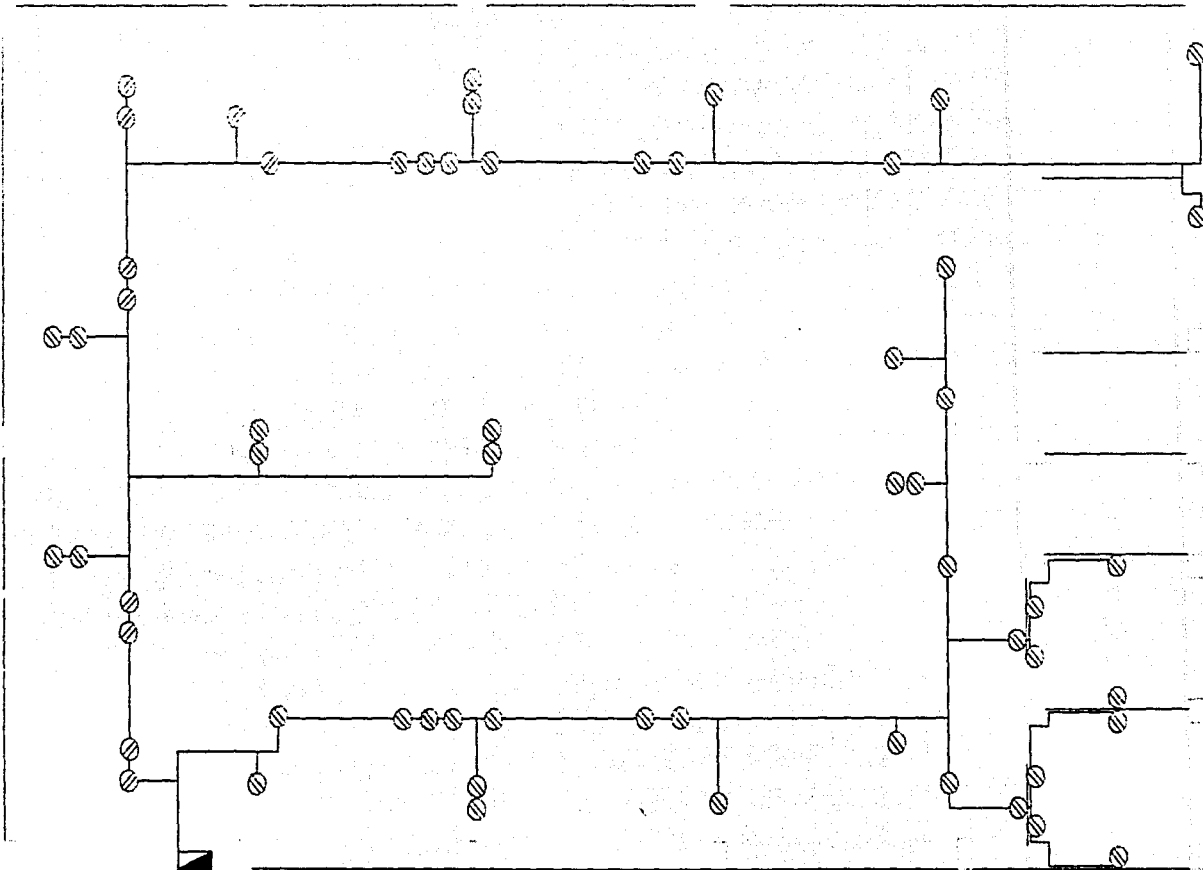


#### CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES

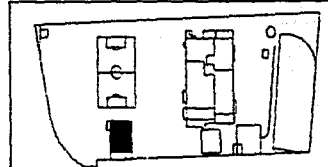
CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES.			JNT.	CABLE		I Amp.	LONG. metros	% C	CAL.
		A	B	C		3x32 W.	100 W.				
1	1	512			1x15	8		4.48	17	0.63	12
2	2	512			1x15	8		4.48	21	0.72	12
3	3		512		1x15	8		4.48	20	0.74	12
4	4		512		1x15	8		4.48	23	0.85	12
5	5			7.12	1x15	8		4.48	23	0.85	12
6	6			512	1x15	8		4.48	26	0.96	12
7	7	512			1x15	8		4.48	25	0.92	12
8	8	512			1x15	8		4.48	28	1.03	12
9	9		512		1x15	8		4.48	28	1.03	12
10	10		512		1x15	8		4.48	32	1.18	12
11	11			512	1x15	8		4.48	14	0.51	12
12	12			512	1x15	8		4.48	11	1.25	12
13	13	960			1x15	15		6.72	12	2.21	12
14	14										
15	15		896		1x15	14		6.72	12	2.71	12
16	16			960	1x15	15		6.72			
17	17				1x15	15		6.72			
SUMA		3,008	2,944	3,008		140					

CARGA TOTAL: 8960 W.

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{3,008 - 2,944}{3,008} \times 100 = 2.13\% < 5.00\%$$



2.5.2 g) CONT. OFIC. CORPORATIVAS 2° PISO



CROQUIS DE LOCALIZACION

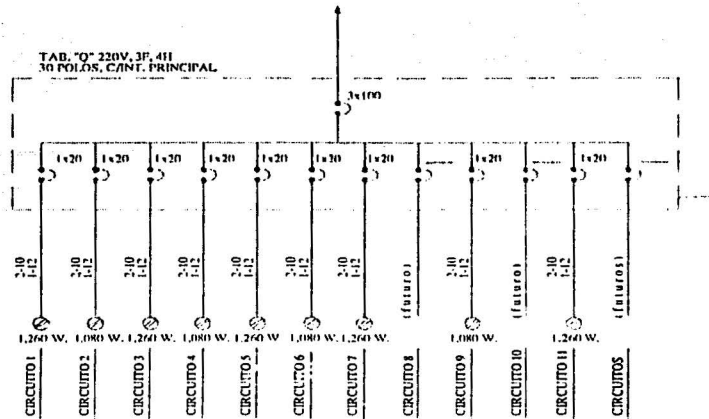


2.5.2 g) TABLERO "Q", CONTACTOS

OFICINAS CORPORATIVAS SEGUNDO PISO

DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 3, INTERR. 7

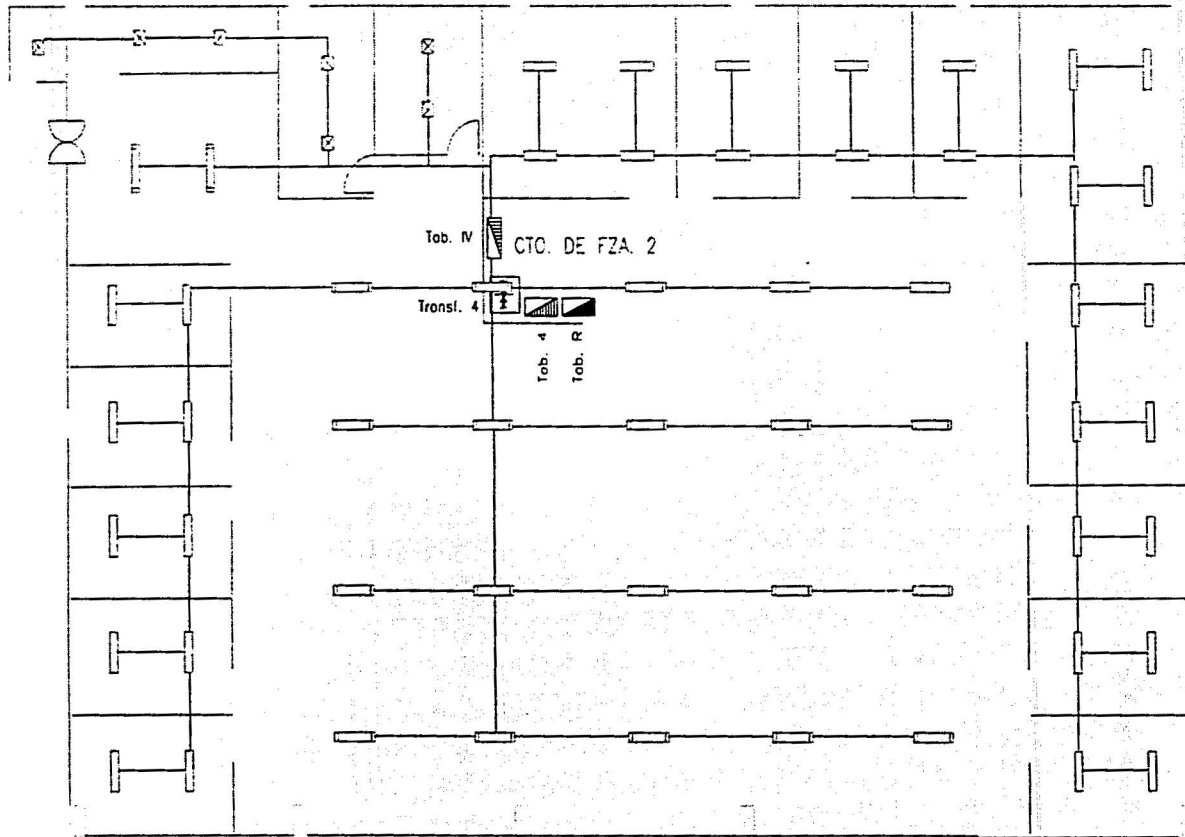


**CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES**

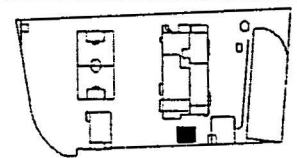
CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES:			INT.	180 W.	100 W.	I	LONGI.	% C	CAL.
		A	B	C							
1	1	1,260			1x20	7		11.02	21	1.03	10
2	2	1,080			1x20	6		9.45	32	1.57	10
3	3		1,260		1x20	7		11.02	28	1.60	10
4	4		1,080		1x20	6		9.45	40	1.96	10
5	5			1,260	1x20	7		11.02	48	2.74	10
6	6			1,080	1x20	6		9.45	60	3.00	10
7	7	1,260			1x20	7		11.02	38	2.17	10
8	8										
9	9		1,080		1x20	6		9.45	48	2.35	10
10	10										
11	11			1,260	1x20	7		11.02	52	2.97	10
12	12										
SUMA		3,600	3,420	3,600		59					

CARGA TOTAL: 10,620 W.

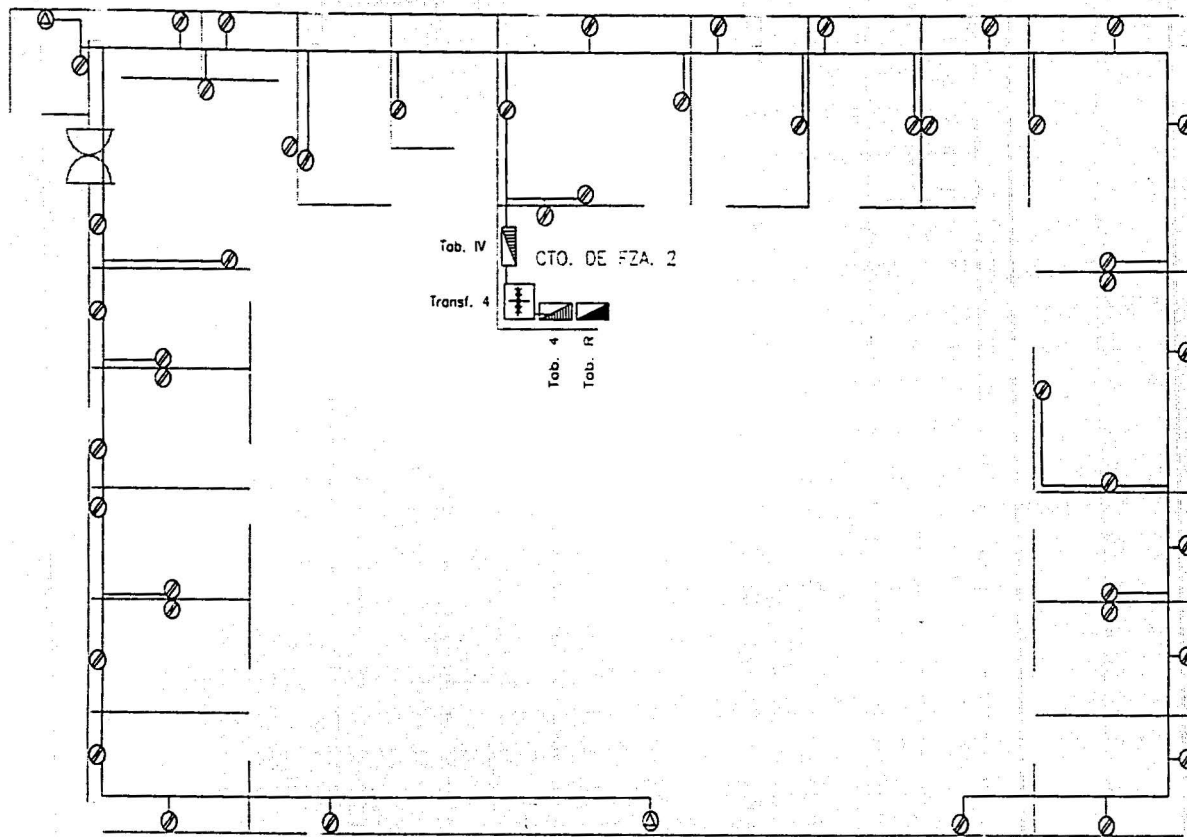
$$\text{DESBALANCEO} = \frac{3,600 - 3,420}{3,600} \times 100 = 5.00\% \approx 5.00\%$$



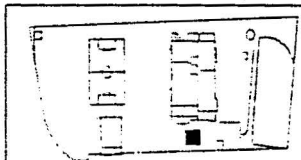
2.5.3 ALUMBRADO CENTRO DE DESARROLLO



CROQUIS DE LOCALIZACION



2.5.3 CONTACTOS CENTRO DE DESARROLLO



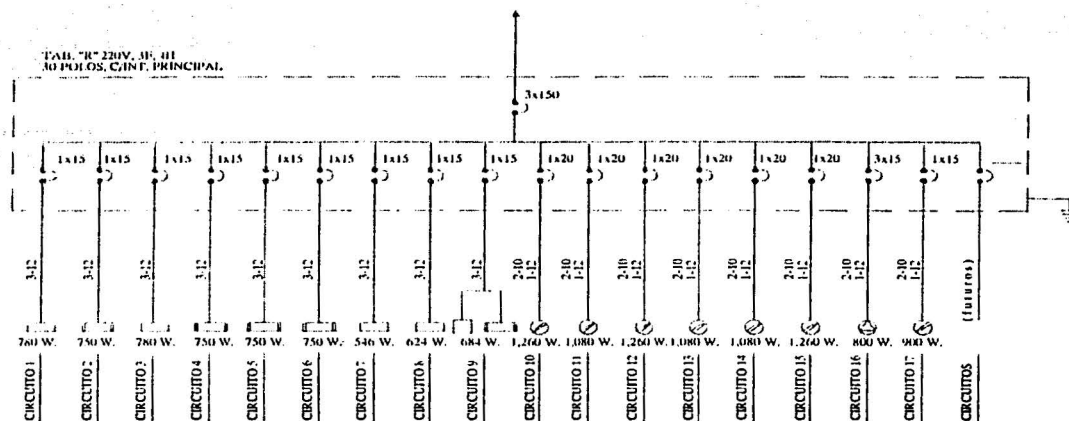
CIRCUIS DE LOCALIZACION

### 2.5.3 'TABLERO "R" ALUMBRADO Y CONTACTOS

CENTRO DE DESARROLLO

#### DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 4, INTERR. 1

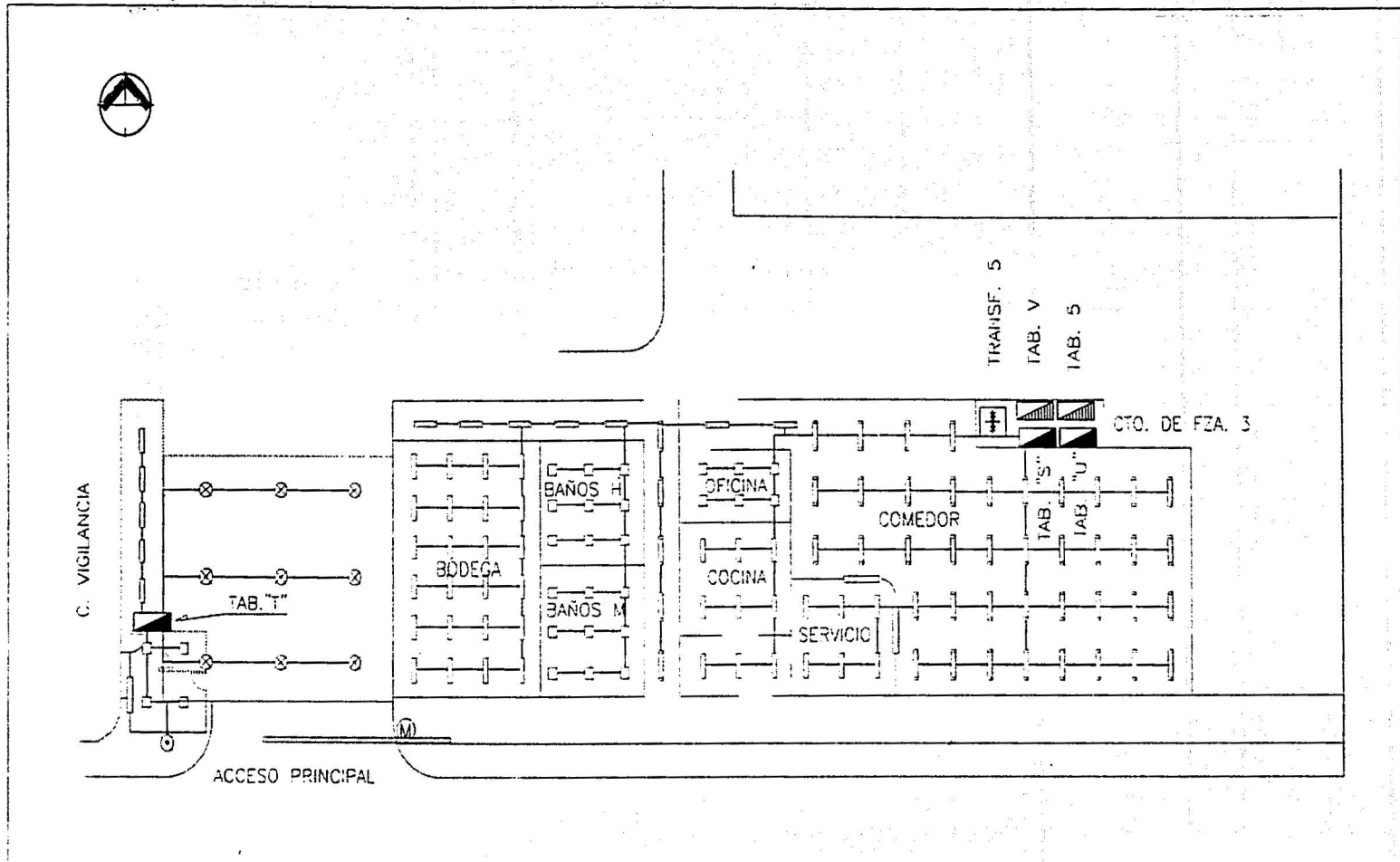


CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES

CIRCUITO	POLO No.	WATS-FASES			INT.	1 1/2 2x12 W	2 2x12 W 10	3 2x12 W	180 W	480 W	LONG	%	CAL.	
		A	B	C										
1	1	780			1x15					6.80	45	2.40	12	
2	2	750			1x15			5		6.56	40	2.16	12	
3	3		780		1x15		10			6.80	35	1.96	12	
4	4		750		1x15			5		6.56	16	1.94	12	
5	5			750	1x15			5		6.56	32	1.73	12	
6	6			750	1x15			5		6.56	27	1.46	12	
7	7				1x15		7			7.77	34	1.33	12	
8	8	516			1x15		8			5.46	23	1.08	12	
9	9		748		1x15	7		2		5.98	25	1.23	12	
10	10		1,260		1x20				7	11.02	48	2.74	10	
11	11			1,080	1x20				6		36	1.76	10	
12	12			1,260	1x20				7		39	2.23	10	
13	13	1,080			1x20				6		9.45	28	1.67	10
14	14	1,080			1x20				6		9.45	34	1.67	10
15	15		1,260		1x20				6		14.02	22	1.25	10
16	16		266.67						7					
17	17	206.67		266.67	3x15					2	4.04	30	0.63	10
SUM.		5,126.67	5,006.67	5,006.67	1x15	7	35	22	5	2	7.87	32	1.30	10

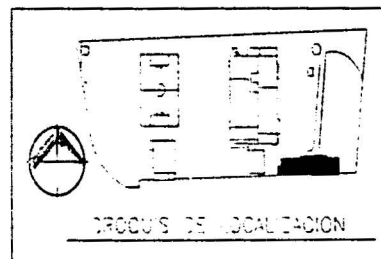
CARGA TOTAL: 15,198 W.

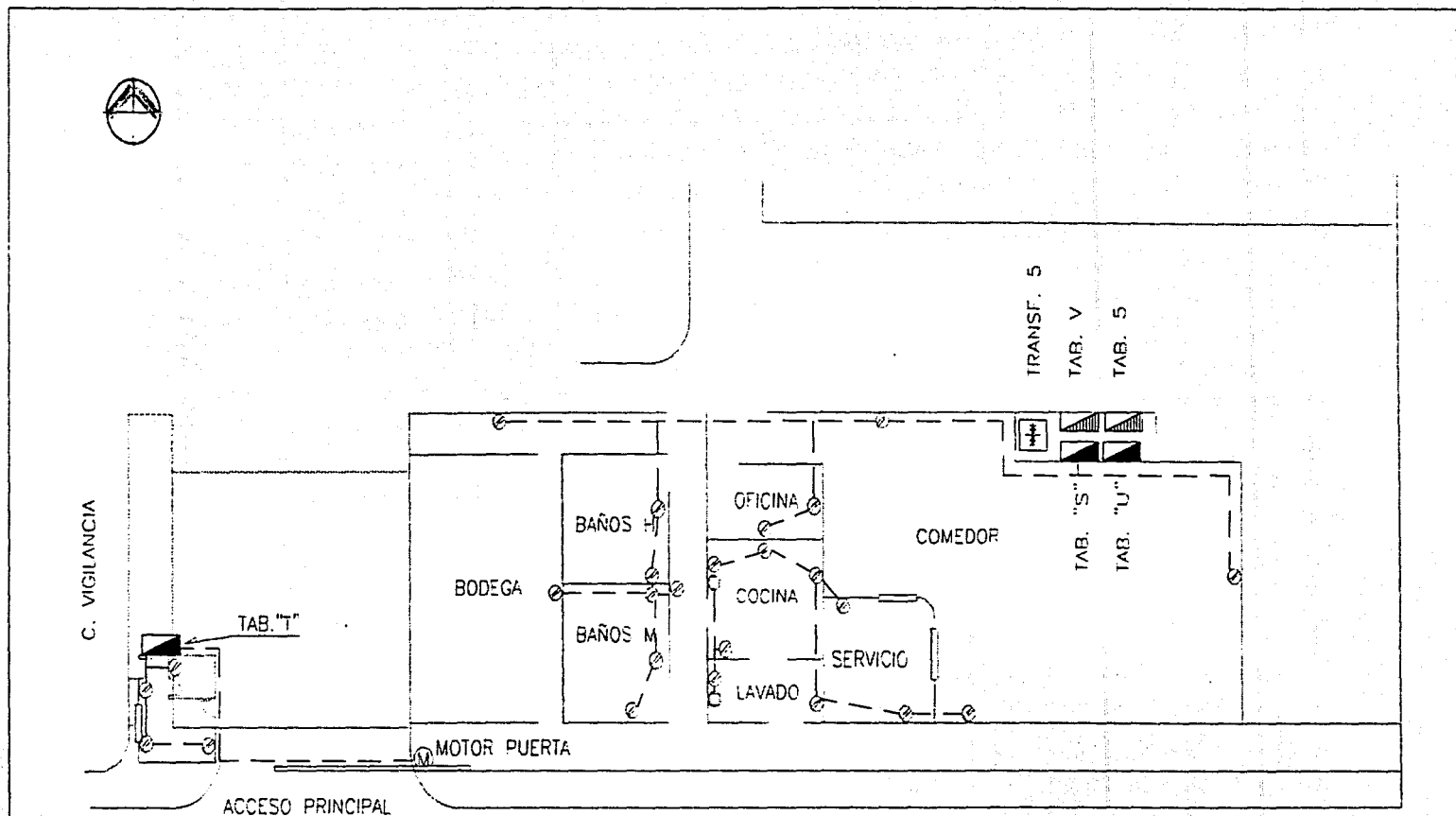
$$\text{DESBALANCEO} = \frac{5,126.67}{5,126.67} \times 100 = 2.34\% < 5.00\%$$



### 2.5.4 AREAS GENERALES (ALUMBRADO)

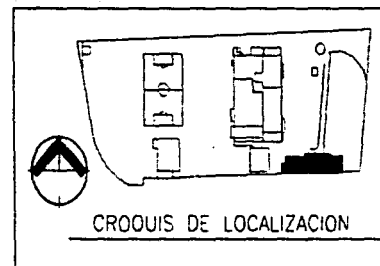
- 2.5.4 a) COMEDOR, COCINA, BAÑOS Y BODEGA
- 2.5.4 b) ACCESO PRINC. Y CASETA DE VIGILANCIA.





#### 2.5.4 AREAS GENERALES (CONTACTOS)

- 2.5.4 a) COMEDOR, COCINA, BAÑOS Y BODEGA  
 2.5.4 b) ACCESO PRINC. Y CASETA DE VIGILANCIA.



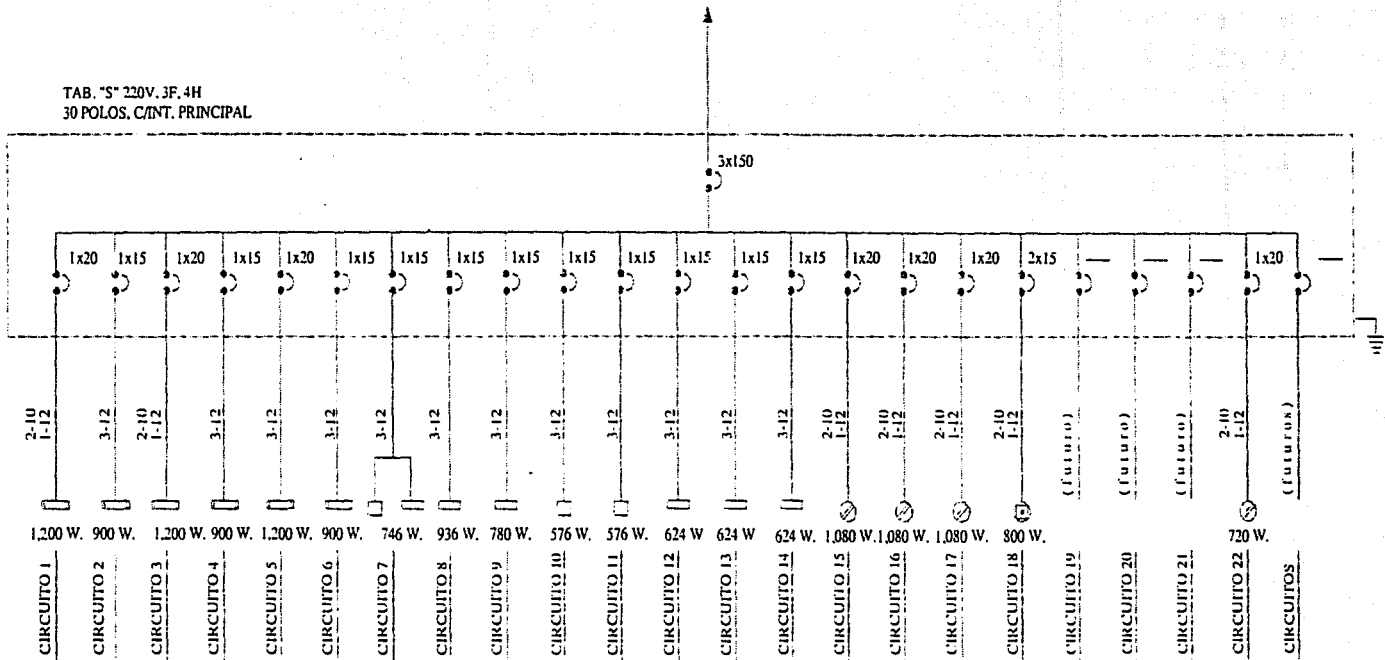
2.5.4 a) TABLERO "S", ALUMB. Y CONTACTOS.

COMEDOR, COCINA, BAÑOS Y BODEGA.

DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 5, INTERR. 1

TAB. "S" 220V. 3F. 4H  
30 POLOS. C/MNT. PRINCIPAL



2.5.4 a) TABLERO "S", ALUMB. Y CONTACTOS.  
COMEDOR, COCINA, BAÑOS Y BODEGA

CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES																
CIRCUITO	POLO		WATS FASES.			INT.	2x32 W	2x39 W	2x75 W	40 W	180 W	400 W	I Amp.	LONG. mts.	% e	CONDUC. CAL.
	No.	A	B	C												
1	1	1,200			1x20			8					10.50	42	2.28	10
2	2	900			1x15			6					7.90	30	1.95	12
3	3		1,200		1x20			8					10.50	36	1.96	10
4	4		900		1x15			6					7.90	30	1.95	12
5	5			1,200	1x20			8					10.50	30	2.59	12
6	6			900	1x15			6					7.90	20	1.30	12
7	7	746			1x15	8	3						6.53	28	1.50	12
8	8	936			1x15		12						8.19	32	2.16	12
9	9		780		1x15		10						6.82	40	2.24	12
10	10		576		1x15	9							5.04	55	2.28	12
11	11			576	1x15	9							5.04	44	1.82	12
12	12			624	1x15		8						5.46	46	2.07	12
13	13	624			1x15		8						5.46	52	2.34	12
14	14	624			1x15		8						5.46	66	3.00	12
15	15		1,080		1x15					6			9.45	44	2.15	10
16	16		1,080		1x15					6			9.45	38	1.85	10
17	17			1,080	1x15					6			9.45	38	1.86	10
18	18		400													
	20	400			2x15						2		4.69	45	0.46	10
19	19															
20	22															
21	21															
22	24			720	1x15					4			6.30	45	2.20	10
TOTAL		5,430	5,616	5,500		26	49	42		22	2					

CARGA TOTAL = 16,546 W

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{5,616 - 5,430}{5,616} \times 100 = 3.31\% < 5\%$$

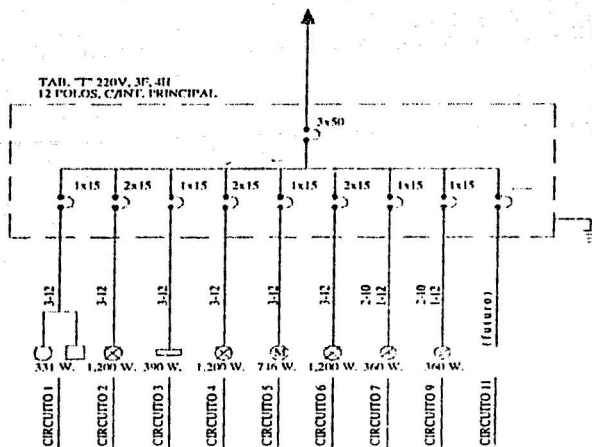


**2.5.4 b) TABLERO "T", ALUMB. Y CONTACTOS**

ACCESO PRINCIPAL Y CASETA DE VIGILANCIA

**DIAGRAMA UNIFILAR.**

A TABLERO 5, INTERR. 2



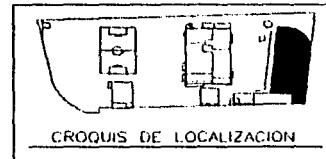
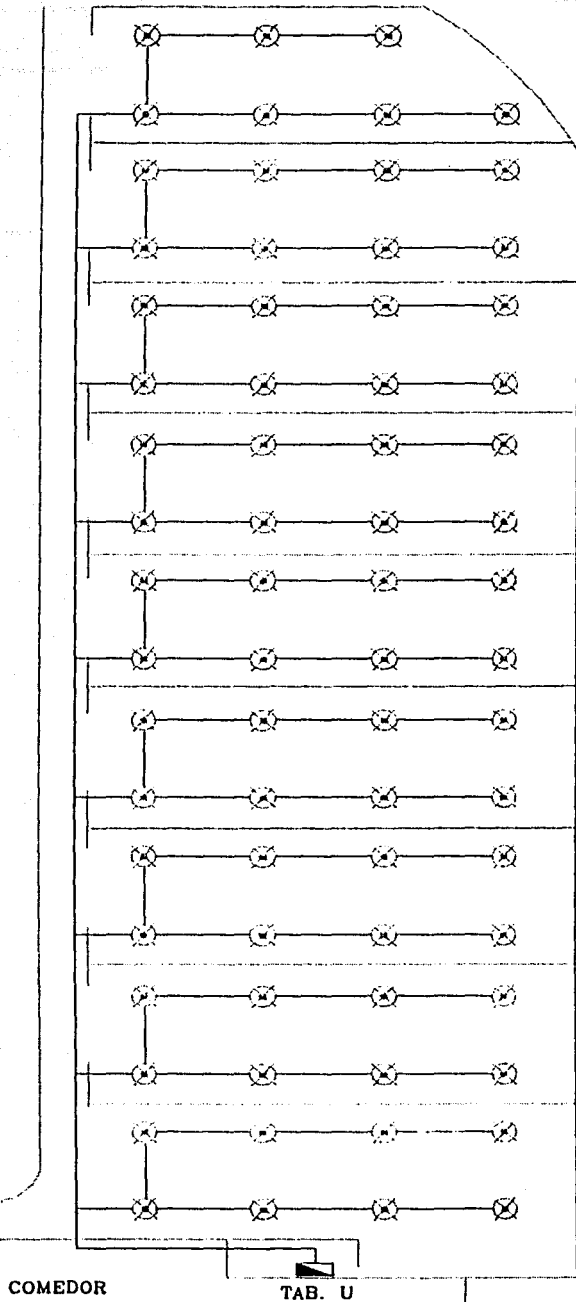
**CUADRO DE CARGA Y CEDULA DE CABLES**

CIRCUITO	POLO No.	WATS FASIS			JNT.	400 W.	2x32 W.	2x39 W.	75 W.	180 W.	L.H.P.	I Amp.	LONG. mts.	% c	CAL.
		A	B	C											
1	1	331			1x15							5.05	46	1.10	12
2	2	600			2x15	3						5.05	46	1.10	12
3	3		300		1x15		5					5.05	46	1.10	12
4	4			600	2x15	3						4.04	40	0.76	12
5	5			716	1x20							6.06	60	1.73	12
6	6		600		2x15	3						6.06	60	1.73	12
7	7	360			1x15					2		6.06	70	2.02	12
9	9		360		1x15					2		6.06	70	2.02	12
11	11											7.87	30	1.94	12
												6.29	40	1.30	10
												4.72	30	0.73	10
SUMA		1,891	1,950	1,946		9	4	5	1	4	1				

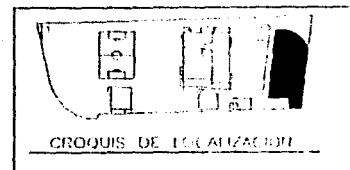
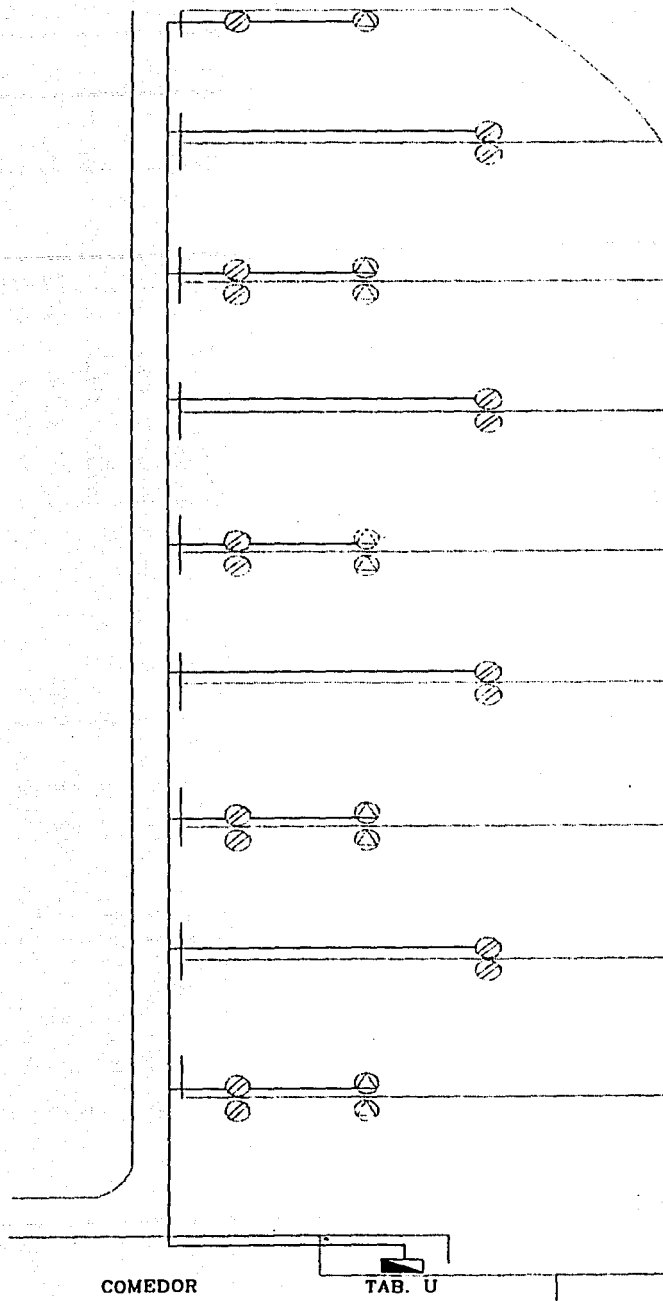
CARGA TOTAL: 5,787 W.

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{1,950 - 1,891}{1,950} \times 100 = 3.02\% < 5.00\%$$

2.5.4 c) ALMACENES GENERALES  
ALUMBRADO



**2.5.4 c) ALMACENES GENERALES**  
CONTACTOS

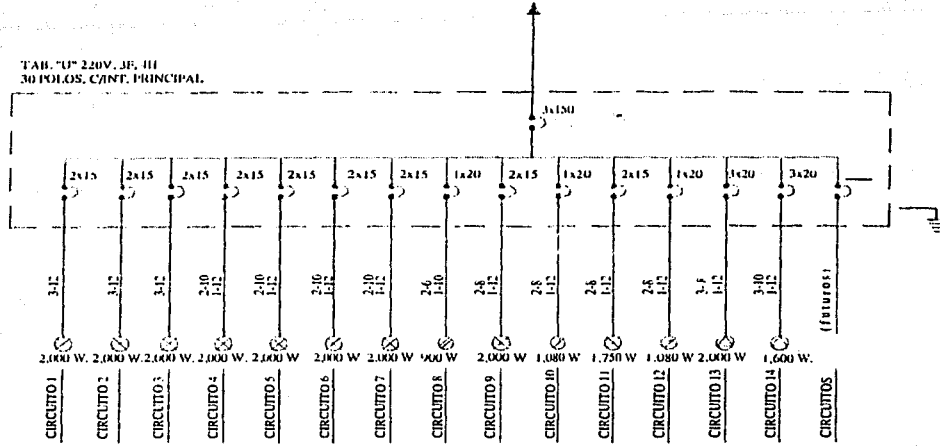


2.5.4 c) TABLERO "U", ALUMB. Y CONTACTOS.

ALMACENES Y TALLERES GENERALES.

DIAGRAMA UNIFILAR.

A TABLERO 5, INTERR. 3



CUADRO DE CARGA, CEDULA DE CABLES Y TUBERIAS.

CIRCUITO	POLO No.	WATS FASES			INT.	CABLES			LONG. PUL.	% CB. C.	CONDUC. CAL.	
		A	B	C		250 W.	180 W.	300 W.				
1	1	1,000			2x15	8			5.05	44	1.83	12
2	2	1,000	1,000		2x15	8			5.05	56	2.33	12
	4											
3	5	1,000		1,000	2x15	8			5.05	68	2.83	12
	7											
4	6	1,000		1,000	2x15	8			5.05	80	2.09	10
	8											
5	9	1,000	1,000		2x15	8			5.05	92	2.41	10
	11											
6	10	1,000	1,000		2x15	8			5.05	104	2.72	10
	12											
7	13	1,000		1,000	2x15	8			5.05	115	3.08	10
	15											
8	14	900		1,000	1x20	5			7.87	130	2.10	6
	17											
9	16	1,000		1,000	2x15	8			5.05	128	2.10	8
	19											
10	18	1,000	1,000		1x20	6			9.45	97	3.00	8
	21											
11	21	875		875	2x15	7			4.42	140	2.02	8
	23											
12	25	1,000		1,000	1x20	6			9.45	65	2.00	8
	25											
13	27	667		667	3x20		5		5.83	100	2.47	8
	29											
14	20	533		533	3x20		4		4.66	65	1.57	10
	22											
15	24			533								
	24											
TOTAL		8,100	8,155	8,155		71	17	9				

CARGA TOTAL = 21,410 W

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{8,155 - 8,100}{8,155} \times 100 = 0.67\% < 5\%$$

## CAPITULO 3

---

### DETERMINACION DE CARGAS, CÁLCULO DE ALIMENTADORES Y DISTRIBUCION DE FUERZA

- 3.1.- Determinación de cargas, tableros de Alumbrado y de distribución de fuerza.
  - 3.1.1.- Cálculo de alimentadores para tableros de alumbrado.
  - 3.1.2.- Cálculo de alimentadores para tableros de Alumbrado, (Aplicando las Normas Oficiales Mexicanas vigentes).
  - 3.1.3.- Cálculo de alimentadores para tableros de distribución.
- 3.2.- Determinación de carga, cuarto de bombas.
  - 3.2.1.- Motores.
  - 3.2.2.- Cálculo de circuitos derivados de motores.
- 3.3.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas sistema de alumbrados.
- 3.4.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas CCM-1, Servicios.
- 3.5.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas CCM-2, Compresores.
- 3.6.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas CCM-3, Salas frías.
- 3.7.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas CCM-4; Producción.
  - 3.7.1.- Equipos alimentados en 220 V, de Transformador No.8
  - 3.7.2.- Tablero VI, Distribución en 440 V.
  - 3.7.3.- Tablero 6, Alimentado de transformador 9.
  - 3.7.4.- Tablero 7, Alimentado de transformador 10.
  - 3.7.5.- Tablero VII, Distribución en 440 V.
  - 3.7.6.- Tablero 8, Alimentado de transformador 11.
  - 3.7.7.- Tablero 9, Alimentado de transformador 12.
  - 3.7.8.- Tablero VIII, Distribución en 440 V.
- 3.8.- Diagrama unifilar y cuadro de cargas CCM-5, Proceso.



### 3.1.- DETERMINACIÓN DE CARGA, TABLEROS DE ALUMBRADOS Y DE DISTRIBUCIÓN DE FUERZA.

Una vez que se han realizado todos los cálculos para obtener los diagramas unifilares y cuadros de carga de los tableros de alumbrado, se procede al cálculo de los alimentadores de éstos tableros, los cuales ordenaremos de la misma manera en cuadros de carga con sus respectivos diagramas unifilares. Además utilizándose para su canalización los siguientes tipos:

- a) Charolas tipo escalera.
- b) Charola de lamina con fondo plano
- c) Charola de malla electrosoldada.
- d) Tubería conduit galvanizada.

#### *Charola tipo escalera.*

1.- Se considera un sistema de soportería para cables tipo "Charola", a una estructura rígida y continua especialmente construida para soportar cables, tubos y otras canalizaciones, las cuales pueden ser de metal u otros materiales no combustibles.

2.- Las charolas para cables pueden usarse para soportar cables de fuerza, alumbrado, control y señalización que tenga aislamiento y cubierta apropiada para este tipo de instalación.

3.- Cuando se instalan a la intemperie o en condiciones ambientales desfavorables, tanto las charolas como los cables deben ser adecuados para las condiciones existentes.

4.- No se permite su instalación en cubos de ascensores o en aquellos lugares donde estén expuestos a daños mecánicos severos o en áreas clasificadas como peligrosas a menos que los cables estén específicamente probados para tal uso.

5.- Las charolas para cables deben tener suficiente rigidez y resistencia mecánica para proporcionar un soporte adecuado a todo el alambrado conteniendo en ellas; si son metálicas, deben estar protegidas contra la corrosión o ser construidas de un material resistente a ellas así como incluir los accesorios necesarios para los cambios de dirección y de nivel que requieran en una instalación.

Así mismo en la fabricación se debe contemplar los requerimientos señalados en las normas vigentes nacionales (NOM-001 SEDE 1999), NMX-J511-ANCE-1999 e internacionales: National Electric Code (NEC), National Electrical Manufacturers Association (NEMA VE1-1991).

Por lo tanto el propósito principal de las charolas es el soporte para cables y ayuda al Ingeniero o Proyectista en el diseño y especificación de instalaciones eléctricas de alta calidad, seguras y que cumplan con las normas técnicas y legales vigentes.

*Charola de lumina con fondo plano y de malla electrosoldada.* Por norma los cables se pueden canalizar por medio de charola cuando son de calibres mayores a 2, por lo tanto como se utilizo bastantes cables con calibres menores a este calibre se utilizaron cables multiconductores,

*Tubería conduit galvanizada.*- Por norma se debe utilizar tubería pared gruesa con un diámetro no menor a 19 mm (3/4) en todo tipo de industria.

Mediante el dibujo de la *lamina 6* podremos ubicar la localización de todos los tableros y equipos eléctricos más importantes del sistema de distribución de fuerza.

### 3.1.1.- Cálculo de Alimentadores para Tableros de Alumbrados.

Alimentador Tablero A, Alumbrado y contactos oficinas de producción P.A.:

Carga total = 18,040 W., Considerando un factor de potencia (fp) = 0.85

$$I_n = \frac{\text{Carga (W)}}{1.73 \times V \times F.P.} = \frac{18,040}{1.73 \times 220 \times 0.85} = 55.7 \text{ Amp.}$$

Estimación de la demanda máxima. Según su uso, el factor de demanda para oficinas F.D. es 0.65; con un exceso sobre 5,000 W.

$$\begin{aligned} E_{DM} &= (\text{Carga total} - \text{Exceso}) \times F.D. + \text{Exceso} \\ &= (18,040 \text{ W} - 5,000) \times 0.65 + 5,000 = 13,476 \text{ W.} \end{aligned}$$

-*Por capacidad de conducción:* Considerando fp = 0.85; la corriente esperada será de:

$$I_e = \frac{\text{Carga (W)}}{1.73 \times V \times F.P.} = \frac{13,476}{1.73 \times 220 \times 0.85} = 41.65 \text{ A.}$$

Le corresponde un conductor cal. 8 con capacidad  $I_c = 50 \text{ Amp.}$

Esta corriente esperada será modificada por:

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0.94 \text{ De tabla I-14 con } 31\text{-}35^\circ\text{C de temp. ambiente para } 75^\circ\text{C de aislamiento.} \\ F_{ca} &= 0.80 \text{ De tabla I-15 para 4-6 conductores.} \end{aligned}$$

$$I_m = \frac{I_e}{(F_{cr})(F_{ca})} = \frac{41.65}{0.94 \times 0.80} = 55.38 \text{ A.}$$

Como la capacidad de conducción del cable cal. 8 AWG, es menor que la corriente esperada, se debe utilizar un calibre mayor. Con el calibre 6 AWG, que tiene capacidad de conducción de 65 A. se cumple la condición.

-*Por caída de tensión:* Considerando como: % e < 2% Para alimentadores.

Además L = 130 m. y con  $I_e = 41.65 \text{ Amp.}$

Calculando el área mínima del conductor S, despejando de la ecuación de caída de tensión,

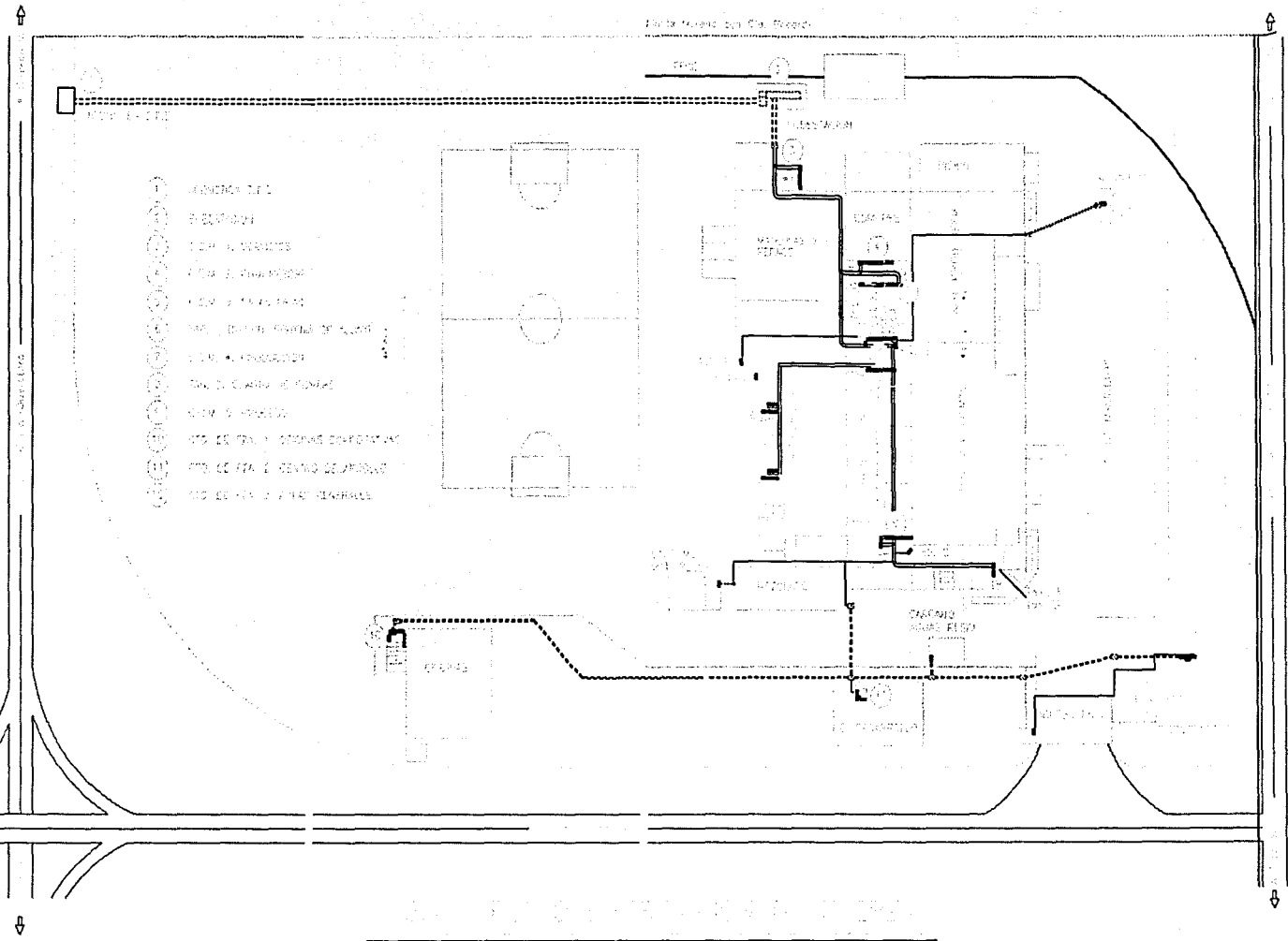
$$S = \frac{2(1.73)L I_e^2}{V \times \%e} = \frac{2 \times 1.73 \times 130 \times 41.65^2}{220 \times 2} = 42.57 \text{ mm.}$$

Le corresponde un cable cal. 1/0 con una S = 53.48 mm.





**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



Calculando la caída de tensión con el área del conductor seleccionado.

$$\%e = \frac{2 \times 1.73 \times L \times I_e}{V \times S} = \frac{2 \times 1.73 \times 130 \times 41.65}{220 \times 53.48} = 1.59 \% \text{ menor al } 2\%$$

El cable cal. 1/0 cumple con las dos condiciones.

- *Cálculo del conductor neutro.* Debe soportar la corriente máxima de desbalanceo, que es igual a la corriente de la fase más cargada, en este caso es la fase A con 6,144 W.

$$I = \frac{\text{Carga (W)}}{V \times \text{F.P.}} = \frac{6,144}{127 \times 0.85} = 57 \text{ Amp.}$$

Para  $I = 57 \text{ A}$ , le corresponde un conductor cal. 4 AWG, con capacidad de conducción de 70 A. como neutro.

- *Protección por sobrecorriente (Psc):* Será la capacidad del conductor no siendo mayor al 125 %

Cable cal. 1/0 capacidad de 150 A. En tubo conduit, para aislamiento de 75 °C,

$$1.25 \times 150 = 187 \text{ A.}$$

Psc puede ser no menor a  $125\%(I_n) = 1.25(55.7) = 69.6 \text{ A}$ , hasta 187 A.

Consideraremos el interruptor de 3x150 A. termomagnético.

- *Protección por corto circuito (Pcc)* Considerando un interruptor termomagnético, la protección no deberá exceder el 400% de la corriente nominal  $I_n$ .

$$Pcc = 4 \times 55.7 = 222.8 \text{ A. deberá seleccionarse no mayor a } 3 \times 200 \text{ A.}$$

- *Conductor de puesta a tierra.* Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de 3 x 150 A. le corresponde un conductor cal 6 desnudo.

- *Canalización.* Para tubo conduit los conductores alimentadores no deben ocupar más del 40 % del área interior de la canalización:

3 conductores cal. 1/0	3 x 152.7 =	458.1
1 conductor cal. 4	1 x 70.1 =	70.1
1 conductor cal.6 desn.	1 x 13.3 =	<u>13.3</u>
Total		541.5 mm

$$541.5 \text{ ---- } 40 \%$$

$$A \text{ ---- } 100 \%$$

2

$A = 1,354 \text{ mm}$ , Le corresponde un tubo de 51 mm de diam. (2") nominal con un área interior total de 2,186 mm

Una vez que se han obtenido de esta forma los datos de todos los alimentadores, más adelante se procederá a presentarlos ordenadamente mediante tablas que nos muestren fácilmente los resultados.

**3.1.2.- Selección de calibre de conductores en Alimentadores para Tableros de Alumbrado, (Aplicando las Normas Oficiales Mexicanas vigentes, en ejemplo anterior).**

1.- Tablero "A", Alumbrados y contactos oficinas de producción planta alta.

- Por capacidad de conducción:

Carga total instalada (C<sub>T</sub>) = 18,048 W, considerando fp = 0.85:

$$I_n = \frac{C_T}{1.73 \times V \times fp} = \frac{18,048}{1.73 \times 220 \times 0.85} = 55.79 \text{ A.}$$

Considerándose como carga continua al alumbrado que permanecerá más de 3 horas encendidas y no continua a alumbrado de áreas de uso no diario y contactos, del Tab."A" seleccionamos las cargas:

Tablero "A"			
No. Cto.	C. continua.	C. no continua	Servicio.
1		512	Alumb. Sala de juntas
2		512	Alumb. Sala de juntas
3		576	Alumb. Sala de juntas
4	512		Alumb. Cubículos
5	512		Alumb. Cubículos
6	512		Alumb. Cubículos
7	512		Alumb. Pasillos.
8	512		Alumb. Pasillos.
9	512		Alumb. Pasillos.
10	512		Alumb. Pasillos.
11	512		Alumb. Pasillos.
12	696		Alumb. Pasillos.
13	576		Al. Sala de descanso.
14	640		Al. Sala de descanso.
15	640		Al. Sala de descanso.
16		640	Al. S. de Capacitación.
17		640	Al. S. de Capacitación.
18		536	Al. S. de Capacitación.
19		1,440	Contactos.
20		1,440	Contactos.
21		1,440	Contactos.
22		1,080	Contactos.
23		1,080	Contactos.
24		1,440	Contactos.
SUMAS	6,712	11,336	Watts.

De normas:

Capacidad del conductor (Cc) no debe ser menor al 125%(Suma de cargas continuas) + (suma de cargas no continuas):

$$C_c = 1.25(6,712) + 11,336 = 8,390 + 11,336 \\ = 19,726 \text{ W.}$$

Aplicando el Factor de demanda (FD), que para alumbrado de oficinas es 0.65

Estimación de la demanda máxima (EDM):

$$EDM = C_c \times FD = 19,726 \times 0.65 = 12,822 \text{ W}$$

Además considerándose un Factor de Potencia (fp) = 0.85

$$I_e = \frac{C_c}{1.73 \times V \times fp} = \frac{12,822}{1.73 \times 220 \times 0.85} = 39.6 \text{ A.}$$

Conductor necesario: hasta un cable cal.8 AWG con capacidad de conducción de 50 A. con un aislamiento de 75 °C, instalado en tubería.

Este valor será afectado por:

(FCT) = 0.94, para 31-35 °C de Temp. amb. en conductor de 75°C de aislamiento.

(FCA) = 0.80, para 4 a 6 conductores.

Obtenemos la corriente modificada (Im):

$$I_m = \frac{I_e}{(FCT)(FCA)} = \frac{39.6}{0.94 \times 0.80} = 52.6 \text{ A}$$

El conductor será cal. 6 AWG, cuya capacidad de conducción es de 65 A. que es mayor a la que demanda el circuito.

- Por caída de tensión (% e): Como tenemos el circuito monofásico.

con:  $I_e = 39.6$ , y  $L = 130 \text{ m}$ .

Además considerando % e = 2 %, ya que la caída en derivados o alimentador no debe ser mayor a 3, ó la suma de ambos no debe ser mayor al 5% repartidos razonablemente.

Calculando el área mínima del conductor, despejando a S de la ecuación correspondiente:

$$S = \frac{2(1.73)L I_e}{V \times \% e} = \frac{2(1.73)(130)39.6}{220 \times 2} = 40.5 \text{ mm}^2$$

De tablas obtenemos que el cable con sección transversal inmediato superior corresponde a un conductor cal. 1 AWG. con  $S = 42.41 \text{ mm}^2$ . Solo que éste calibre no es comercial, así que seleccionaremos el conductor cal. 1/0, con  $S = 53.48 \text{ mm}^2$

Calculando con el área del conductor seleccionado, la caída de tensión

$$\frac{2(1.73)(130)39.6}{220 \times 53.48} = 1.51\%$$

%e = 220 x 53.48 = 1.51 % que es menor al 3% considerado de norma.  
Seleccionamos entonces el conductor cal 1/0 AWG, que cumple con ambos requisitos.

- *Selección de la protección de circuitos derivados por sobrecarga.*

La protección será según la capacidad de conducción de los conductores no siendo mayor al 125 %, considerando protección con interruptor termomagnético.

Cable calibre 1/0, Capacidad: 150 A.  
1.25 x 150 = 187.5 A.  
Protección de 3x75 a 3x175 A.  
Seleccionaremos el de 3x150 A.

- *Protección por corto circuito (Pcc):* Considerando la protección con interruptor termo magnético no deberá exceder el 400 % de Ie.

$$Pcc = 4 \times 39.6 = 158.4 \text{ A. No deberá ser no mayor.}$$

- *Selección del conductor de puesta a tierra.* Este depende de la capacidad o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc. Según tabla 250-95 de las Normas Oficiales Mexicanas, corresponde para el interruptor de 3 x 150 A. un conductor cal. 6 AWG.

Como se puede observar, el resultado es muy similar, estando cubierto un poco más por el primer método, aunque claro que mucho depende del Factor de Demanda (fd) y el Exceso sobre que se considere, como muchas veces como diseñador no sabemos cuales serán cargas continuas y no continuas para el segundo método, utilizamos el primero.

### 3.1.3.- Cálculo de alimentadores de tableros de distribución.

Ejemplo: Tablero 1, Distribución de fuerza para tableros de alumbrado en planta de producción.

Carga total instalada(C<sub>TI</sub>) = 153 kW; considerando fp = 0.85

$$De \text{ In} = \frac{C_{TI} \times 1000}{1.732 \times V \times fp} = \frac{153 \times 1000}{1.732 \times 220 \times 0.85} = 472.4 \text{ A.}$$

Estimación de la demanda máxima (EDM):

Considerando Factor de Demanda (FD) = 70 %  
Exceso (Ex) = 40 kW.

$$De \text{ la ecuación: } EDM = (C_{TI} - Ex) \times FD + Ex \\ = (153 - 40) \times 0.70 + 40 \\ = 119 \text{ kW.}$$

- *Selección del conductor por capacidad de conducción.* Calculando la corriente esperada (Ie), además considerando fp = 0.85

$$I_e = \frac{E_{DM} \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{119 \times 1000}{1.732 \times 220 \times 0.85} = 367 \text{ A.}$$

Conductor necesario: 500 kCM con capacidad de 380 A., no más de 3 conductores con aislamiento de 75 °C, en tubería conduit.

Por facilidad de instalación en tubería, condulets y conexión en los interruptores de los equipos se recomienda utilizar dos conductores por fase:

$$I_c = I_e / 2 = 367 / 2 = 183.5 \text{ A. por conductor.}$$

Le corresponde un calibre de 3/0 AWG con capacidad de conducción de 200 A. en tubería, con aislamiento de 75 °C.

Aplicando los factores de corrección por:

Temperatura FCT = 0.94 De tabla 1-14 para 31-35 °C de Temp. ambiente.

Agrupamiento FCA = 0.80 De tabla 1-15 en tubería, con cables de 4-6.

Corriente modificada (Im):

$$I_m = \frac{I_c}{F_{CT} \times F_{CA}} = \frac{183.5}{0.94 \times 0.80} = 244 \text{ A.}$$

Correspondiendo en vez del cal. 3/0 AWG, uno de 250 kCM con capacidad de 255 A.

- *Por caída de tensión,* considerando % e menor o igual a 2 %, con longitud (L) = 10 m.

Calculando el área mínima del conductor (S)

$$S = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times \% e} = \frac{2(1.732) 10 \times 183.5}{220 \times 2} = 14.44 \text{ mm}^2$$

Corresponde al conductor cal. 4 AWG, con S = 21.15 mm<sup>2</sup>.

El conductor que cumple con ambos criterios es el de 250 kCM. Utilizándose dos conductores por fase.

Calculando la caída de tensión con el área del conductor seleccionado S = 126.64 mm<sup>2</sup>:

$$\% e = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times S_m} = \frac{2(1.732) 10 \times 183.5}{220 \times 126.64} = 0.23 \% \text{ es menor a } 2\%.$$

- *Cálculo del conductor neutro.* Debe soportar la corriente máxima de desbalanceo, que es igual a la corriente de la fase más cargada, para obtenerla se debe sumar por fase las cargas de los equipos conectados:

EQUIPO No.	FASES		
	A	B	C
TAB. A	6,144	5,976	5,928
B	6,290	6,404	6,196

C	6,975	6,813	6,863
D	9,364	9,224	9,406
E	7,100	6,850	6,780
F	7,240	7,150	6,900
G	3,540	3,656	3,620
H	<u>4,800</u>	<u>4,800</u>	<u>4,800</u>
TOTALES:	51,453	50,873	50,493

La fase más cargada es la A.

Carga total (CT) = 51,453 W; considerando  $f_p = 0.85$

$$\text{De } I = \frac{Cr}{V \times f_p} = \frac{51,453}{127 \times 0.85} = 476 \text{ A.}$$

Utilizando dos conductores  $I = 476/2 = 238 \text{ A}$ , le corresponde un cable de 250 kCM, con capacidad de 255 A como neutro, en tubería, con aislamiento de 75 °C.

- *Protección de sobrecarga (Psc).* Debe corresponder con la capacidad de conducción del cable no siendo mayor a 125 %.

Cable de 250 kCM, capacidad: 255 A. x 2 cond. = 510 A.  
 $1.25 \times 510 = 637 \text{ A}$ .  
 Psc menor o igual que 600 A.

Consideraremos el interruptor termomagnético de 3 x 500 A.

- *Protección contra corto circuito (Pcc).* Considerando el interruptor termomagnético no deberá exceder del 400 % de  $I_n$ .

Pcc menor o igual que:  $4 \times I_n = 4 \times 472 \text{ A} = 1,880 \text{ A}$ .

Podría seleccionarse el de 3 x 800 u 3 x 1,800 de capacidad interruptiva.

- *Conductor de puesta a tierra.* Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de 3 x 500 A. le corresponde un conductor cal 1/0 desnudo.

- *Desbalanceo de cargas de tablero.* - No debe ser mayor del 5 %, para el caso del ejemplo del Tablero 1.

$$\begin{aligned} \% \text{ Desb.} &= \frac{\text{fase mayor carga} - \text{fase menor carga}}{\text{fase mayor carga}} < 5 \% \\ &= \frac{51,453 - 50,493}{51,453} \times 100 = 1.86 \% < 5 \% \end{aligned}$$

Por lo tanto cumple con la norma que nos indica que debe ser menor del 5% de desbalanceo.

### 3.2.- DETERMINACION FUERZA CUARTO DE BOMBAS.

En esta parte de la planta se va a requerir el alimentador a los equipos de bombeo, así como también definir el tablero para dichos equipos, su alimentador y un transformador, ya que se decidió instalar equipos alimentados en 220 V. por consiguiente es necesario tener en cuenta algunos conceptos de los equipos, como el cálculo de los alimentadores de estos equipos.

#### 3.2.1.- Motores.

Actualmente el motor de inducción trifásico es el más usado en la industria por su bajo costo de mantenimiento, la simplicidad de operación y su construcción sólida.

Para obtener la máxima eficiencia y confiabilidad de éste tipo de motores se debe tener un considerable cuidado en su selección, aplicación, control y protección, con lo cual trabajará libre de problemas por muchos años con tan solo brindarle un poco de atención para mantenerlo limpio y correctamente lubricado.

Dentro de los motores que se construyen normalmente se tienen los de fabricación estándar con diferentes tipos como:

- A prueba de goteo (APG).
- Totalmente cerrado con ventilación exterior (TCCVE).
- A prueba de explosión (APE).
- Rotor devanado, etc.

#### *Definición de las letras en las armazones.*

T - Flecha estándar para acoplamiento directo o por banda de los motores de línea T armazón más compacta.

Siendo a partir de 1965 cuando Westinghouse la lanzó al mercado, teniendo una aceptación universal. En este nuevo diseño se incorporaron nuevos materiales con mejor tecnología, lo cual influyó para que éste tipo de motores tuviera mejor funcionamiento y una vida más larga.

TS - Flecha corta estándar para acoplamiento directo.

TC - Acoplamiento por brida "C".

TD - Acoplamiento por brida "D".

TP - Acoplamiento por brida "P" (motores verticales generalmente)

TX - Motores de rotor devanado, para servicio intermitente.

ST - Armazón en carcasa rolada (steel frame).

H - Acoplamiento directo para 2 polos.

S - Acoplamiento directo para 4 polos.

L - Acoplamiento directo para 6 polos.

U - Transmisión por banda.

B - Transmisión por banda.



Otras letras que se pueden encontrar en motores de inducción son:

Y - Dimensiones especiales de montaje.

Z - Todas las dimensiones de montaje estándar excepto la extensión de la flecha.

*Letras código para corriente de arranque.*

Este es un valor que ha establecido Nema y representa las condiciones de arranque a pleno voltaje en KVA (Kilo Volts Amperes) por CP. El conocimiento de esta corriente de arranque permite una mejor selección del tamaño del cable, fusible, interruptor, etc. Durante la instalación del Motor.

Letra código	KVA/CP a rotor bloqueado a voltaje pleno.		
A	0.10	-	3.14
B	3.15	-	3.54
C	3.55	-	3.99
D	4.00	-	4.49
E	4.50	-	4.99
F	5.00	-	5.59
G	5.60	-	6.29
H	6.30	-	7.09
J	7.10	-	7.99
K	8.00	-	8.99
L	9.00	-	9.99
M	10.00	-	11.99
N	11.20	-	12.49
P	12.50	-	13.99
R	14.00	-	Hacia arriba.

Definiciones usuales.

*Factor de potencia.*

Los circuitos de los motores de inducción son reactivos o inductivos y son aquellos en que la corriente (I) va retrasada en el tiempo con respecto a la tensión o voltaje (V) un cierto ángulo  $\Theta$ , el desfásamiento está dado por el coseno de  $\Theta$  y es llamado factor de potencia.

$$F.P. = \cos \Theta$$

Conviene evidentemente que el factor de potencia del motor se aproxime todo lo posible a 1.0 lo que significa que el ángulo de desfásamiento debe ser lo más reducido posible.

### *Par de arranque.*

También conocido como par a rotor bloqueado, es el esfuerzo de giro producido por el motor al instante de arrancar.

### *Par máximo.*

Como su nombre indica es el máximo par que el motor desarrollará al aplicarle el voltaje y frecuencia nominales.

### *Eficiencia.*

Es la calidad que tiene el motor para transformar la energía mecánica, matemáticamente la podemos definir como:

$$\eta = \frac{\text{Potencia de salida (C.P.)}}{\text{Potencia de entrada (Watts)}}$$

Donde 1 C.P. = 746 W.

### **3.2.2.- Cálculo de circuitos derivados de motores.**

Para el motor de 50 HP del sistema de bombeo.

Características del motor:

Potencia: 50 HP  
Tensión: 220 V  
Fases: 3  
Eficiencia: 0.90  
F.P.: 0.85

1.- *Corriente nominal.* Se puede obtener de las siguientes formas:

- Por medio de tablas estandarizadas proporcionadas por el fabricante.
- Tomar el valor de placa del motor, es el mas confiable.
- Calcular mediante la siguiente formula:

$$I_{pc} = \frac{HP \times 0.746}{1.73 \times kV \times F.P. \times \eta} = \frac{50 \times 0.746}{1.73(0.22)(0.85)(0.9)} = 127.96 \text{ A}$$

2.- *Selección de conductores.*

- Por capacidad de corriente:

El factor para la selección del conductor según normas no debe ser menor del 125 %  $I_{pc}$ .

$$I_c = 1.25 (127.96) = 159.25 \text{ A.}$$

Le corresponde un conductor cal. 2/0 AWG, con capacidad hasta 175 A., y aislamiento de 75 °C, canalizado con tubería conduit.

Este valor es necesario afectarlo por:

$$\text{Factor de corrección por agrupamiento (FCA)} = 1.0$$

$$\text{Factor de corrección por temperatura (Fcr)} = 0.94$$

$$\frac{159.25}{}$$

$$I_m = (0.94)(1.0) = 169.4 \text{ A.}$$

Se observa que el conductor sigue siendo de cal. 2/0 AWG.

- Por caída de tensión:

Calculando la sección transversal mínima, con  $L = 15 \text{ m}$ ,  $I_{pc} = 127.96 \text{ A.}$ , y  $\% e = 2$

$$S = \frac{2(1.73)(15)(127.96)}{220 \times 2} = 15.1 \text{ mm.}^2$$

Que corresponde a un cable cal. 4 AWG, con  $S = 21.15 \text{ mm}^2$

Seleccionaremos el conductor cal. 2/0 AWG, que cumple con ambos criterios.

Como la distancia es muy corta, la selección por ampacidad es la más adecuada; en distancias mayores generalmente es por caída de tensión.

Calculando la caída de tensión con el cable seleccionado, que tiene  $S = 67.43 \text{ mm.}^2$

$$\%e = \frac{2 \times 1.73 \times 15 \times 127.96}{220 \times 67.43} = 0.44 \%$$

3.- *Protección contra sobrecarga.* Será de 125 % la capacidad del conductor

$$I_c = 1.25 \times 175 = 218 \text{ A.}$$

Cuando este valor es insuficiente para el arranque del motor se puede seleccionar un valor inmediato superior siempre que no exceda el 140 %  $I_{pc}$ .

Se debe seleccionar un valor entre 175 y 200 A; utilizaremos el de  $3 \times 175 \text{ A.}$

4.- *Tamaño del arrancador.* Según la tabla, *Lamina 7:* Corresponde a un tamaño 4.

5.- *Protección contra corto circuito.* Con el interruptor termomagnético utilizado no deberá exceder el 400 % de  $I_{pc}$ .

$$P_{cc} < 4(127.96) = 511.84$$

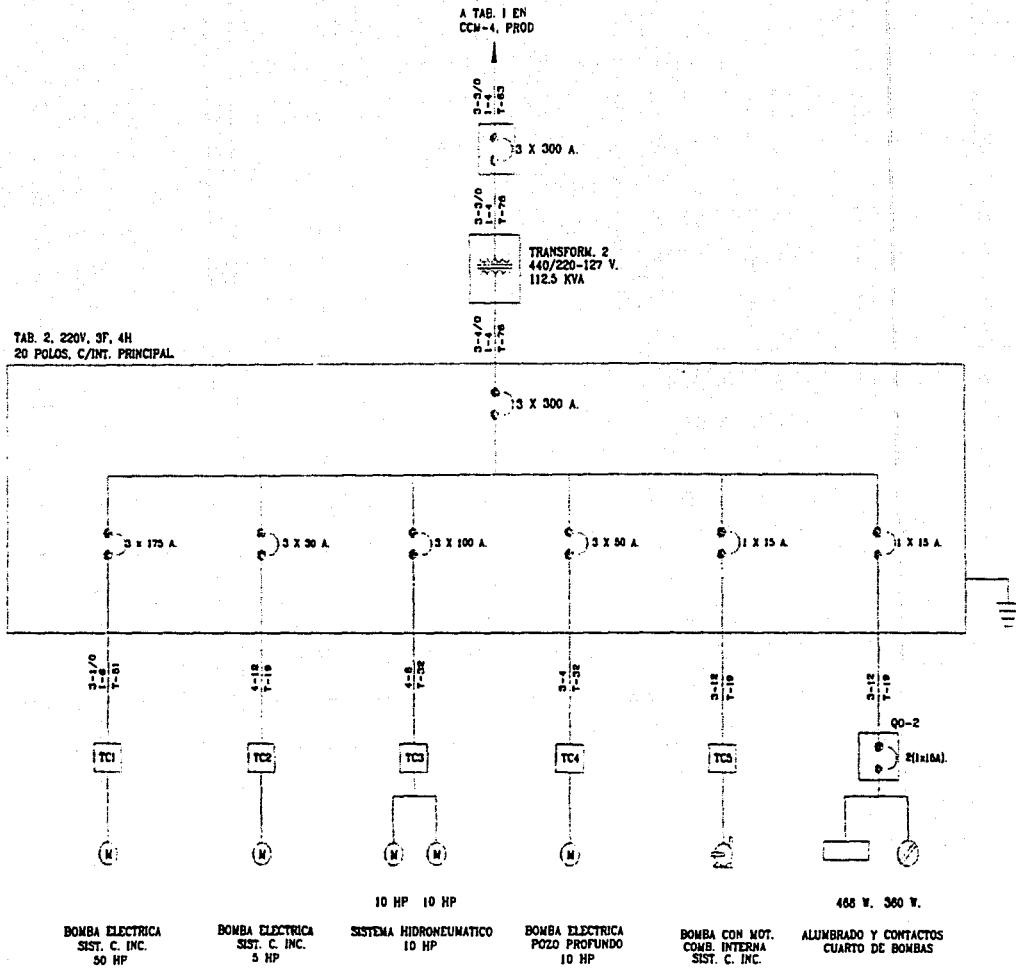
Le corresponde un interruptor con capacidad interruptiva menor de 500 Amp.

6.- *Cable de tierra.* Para el interruptor de  $3 \times 175 \text{ A.}$  le corresponde un cable cal. 6 AWG.

## CAPACIDAD POR TAMAÑOS DE ARRANCADORES MAGNETICOS

No. Polos	TAMAÑO	1 FASE 127 V	2 FASES 220 V	No. POLOS	3 FASES 220 V	3 FASES 440 V
2	00	1/3	1	3 Y 4	1 1/2	2
2	0	1	2	3 Y 4	3	5
2	1	2	3	3 Y 4	7 1/2	10
2	2	3	7 1/2	3 Y 4	15	25
2	3	7 1/2	15	3 Y 4	30	50
2	4	-	-	3 Y 4	50	100
2	5	-	-	3 Y 4	100	200
2	6	-	-	3 Y 4	200	400
2	7	-	-	3 Y 4	300	600

LAMINA No. 7



3.2 TAB. 2, CUARTO DE BOMBAS

DIAG. UNIFILAR. CUARTO DE BOMBAS		
No.	FECHA	OBSERVACIONES
PLANOS DE REFERENCIA:		

## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

**3.2 TAB. 2: 220 V, 3F, 4H C/INT. PRINC.  
20 POLOS, CUARTO DE BOMBAS.**

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
1	CTO.B.	CTO.B.	50			220	130	3x150	3	1/0	1	6	15	0.56	T-51	B. ELEC. SIST. CONTRA INC.
2	CTO.B.	CTO.B.	5			220	15.2	3x30	3	12	1	12	14	1.75	T-19	B. ELEC. S. C. I. JOCKEY
3	CTO.B.	CTO.B.	2(10)			220	2(28)	2(3x50)	3	6	1	8	16	1.83	T-32	SIST. HIDRONEUMATICO
4	CTO.B.	POZO	10			220	28	3x50	3	4	1	3	80	2.9	T-32	BOMBA POZO PROFUNDO
5	CTO.B.	CTO.B.		0.10		127	0.92	1x15	2	12	1	12	15	0.10	T-19	T.C. BOMBA. COMB.INT.
6	CTO.B.	CTO.B.		0.83		127	7.7	1x20	2	12	1	12	20	1.27	T-19	AL. Y CTOS. CTO. BOMBAS

### ALIMENTACION TAB. 2

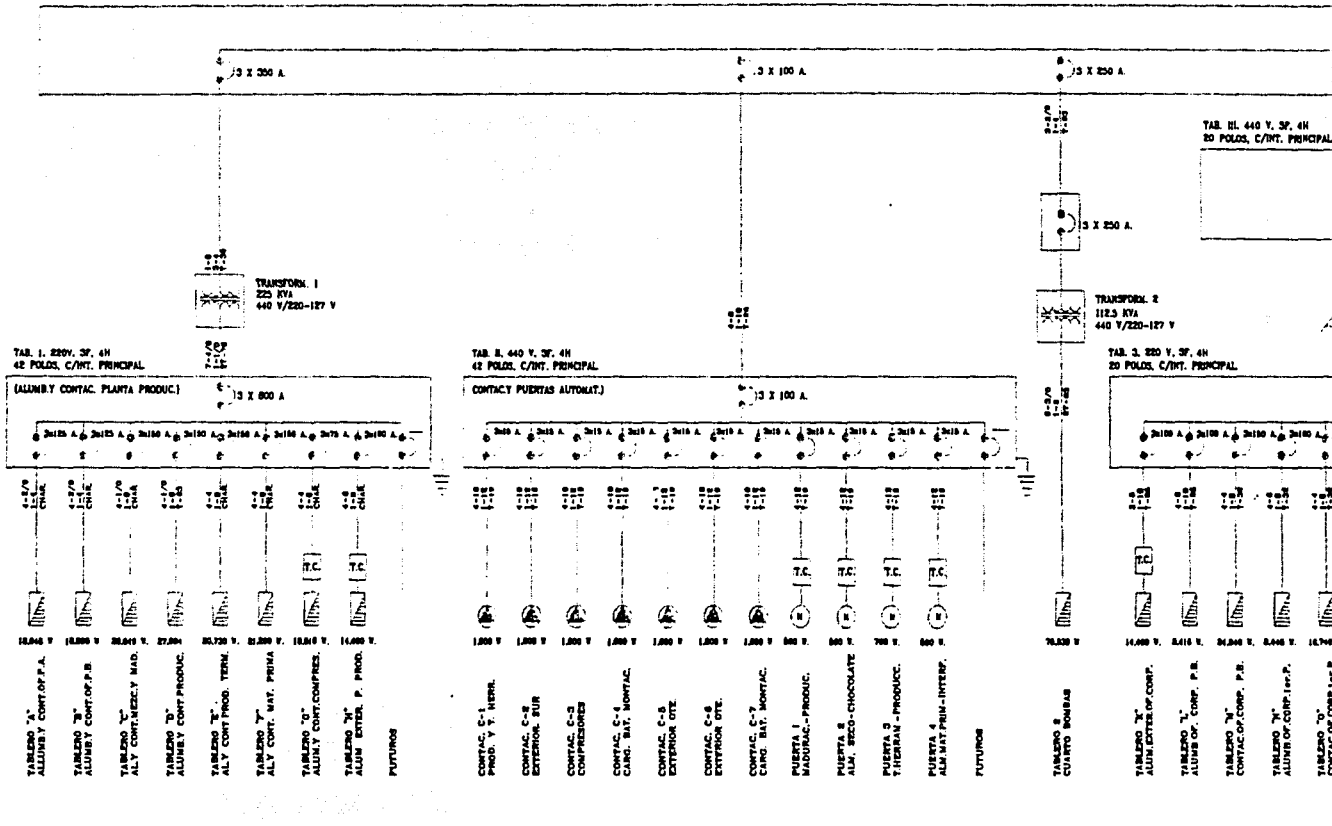
TA-2	CTO.B.	CTO.B.	85	0.93		220	238	3x500	3	250	1	2	10	0.50	T-63	FZA. CUARTO DE BOMBAS
------	--------	--------	----	------	--	-----	-----	-------	---	-----	---	---	----	------	------	-----------------------

### TRANSFORMADOR 2

CAPACIDAD: 112.5 KVA.  
TENSION: 440/220-127 V.  
CORRIENTE: 147/295 AMP.

P.TR	CCM-4	CTO.B.			112	440	147	3x300	3	3/0	1	4	120	3.00	T-63	FZA. TRANSFORMADOR 2
S.TR	CTO.B.	CTO.B.			112	220	295	3x600	6	3/0	1	2	10	0.50	2T-63	ALIMENTACION TABLERO 2

TAB. I 440 V, 3F, 4H



TAB. III 440 V, 3F, 4H  
20 POLOS, C/WT. PRINCIPAL

TRANSFORM. 2  
112.5 KVA  
440 V/220-127 V

TAB. III 440 V, 3F, 4H  
20 POLOS, C/WT. PRINCIPAL

CONTINUA SIGUIENTE PAGINA

DIAGRAMA UNIFILAR

3.3 SISTEMA DE ALAMBRAO Y CONTACTOS

PLANTA EN GENERAL

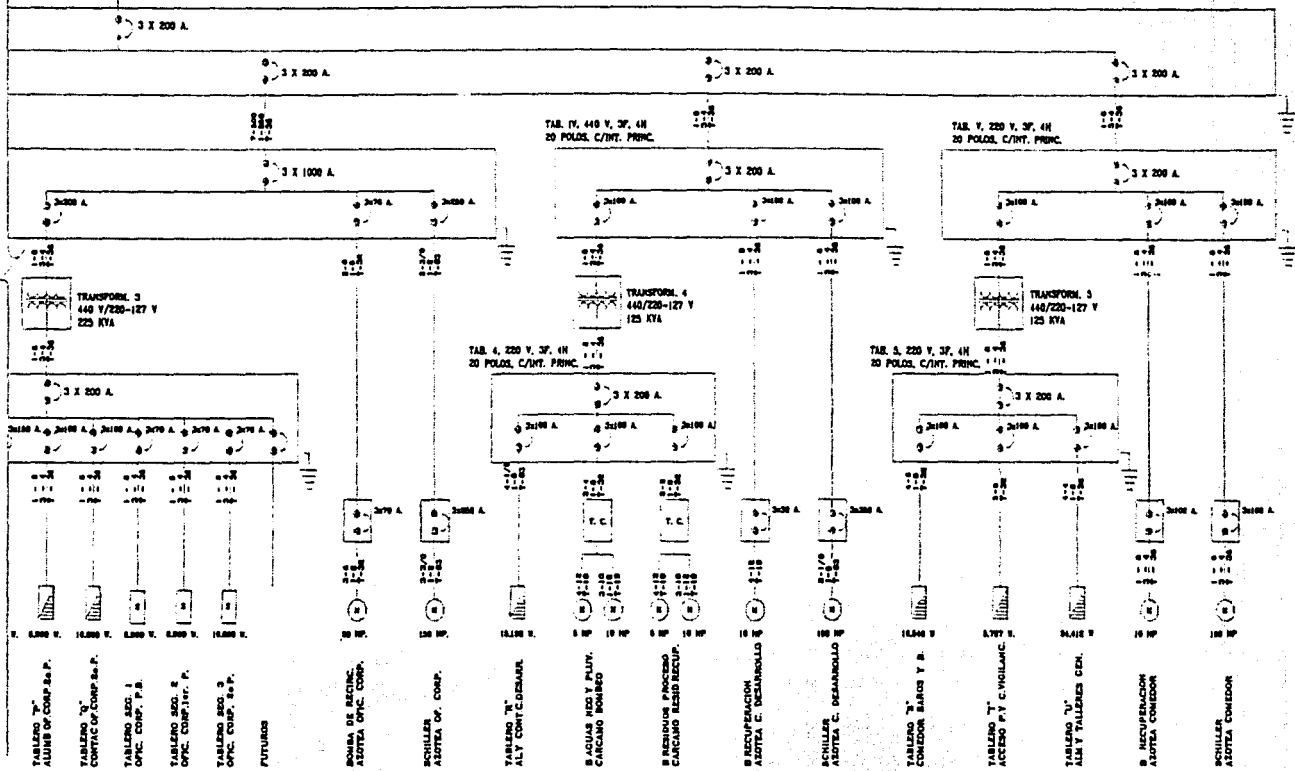


DIAGRAMA UNIFILAR

3.3 SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

PLANTA DE GENERAL

(CONTINUACION)

DIAGRAMA UNIFILAR ALUMBRADOS Y CONTACTOS

No. \_\_\_\_\_ LINEA \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

PLANOS DE REFERENCIA:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

3.3.- TAB.I: 440V, 3F, 4H  
DISTRIB. FZA. SIST. ALUMB. PLANTA

Circ Tab	EQUIPO								CONDUCTORES					SERVICIOS		
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A	INT.	FUERZA		TIERRA		LONG	%e	CANA LIZAC	
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL	MTS			
II	CCM-4	CCM-4		13.64		440	22.4	3x75	3	8	1	10	15	0.54	T-25	CTOS Y PTAS AUTOM
III	CCM-4	CTO F-1	170		225	440	638	3x1200	6	500	1	500	180	3.00	4T-76	FZA OFIC CORPORAT
IV	CCM-4	CTO F-2	110		112	440	280	3x600	3	350	1	2	135	2.90	3T-51	FZA C DESARROLLO
V	CCM-4	CTO F-3	110		75	440	232	3x500	3	500	1	1/0	200	2.49	3T-51	FZA COM ACC PRINC

ALIMENTACION TAB. I

TA-I	SEPR	CCM-4	390	13.64	412	440	1.173	3x2000	9	500	1	500	135	2.84	CH	FZA ALUMB Y CTOS
------	------	-------	-----	-------	-----	-----	-------	--------	---	-----	---	-----	-----	------	----	------------------

TAB.II: 440V, 3F, 4H, C/INT. PRINC  
CONTAC. Y PUERTAS AUTOM. P. PRODUC.

1	CCM-4	PRD Y H		1.50		440	2.33	3x15	4	10	1	12	130	0.80	T-19	CONT PROD Y M HERR
2	CCM-4	EXT SUR		1.50		440	2.33	3x15	4	10	1	12	105	0.64	T-19	CONT AREA EXT SUR
3	CCM-4	COMPR		1.50		440	2.33	3x15	4	10	1	12	64	0.38	T-19	CONT COMP Y M HERR
4	CCM-4	ALM SEC		1.50		440	2.33	3x15	4	10	1	12	110	0.67	T-19	CONT ALMACEN SECO
5	CCM-4	EXT OTE		1.50		440	2.33	3x15	4	10	1	12	110	0.67	T-19	CONT A EXT ORIENTE
6	CCM-4	EXT OTE		1.50		440	2.33	3x15	4	10	1	12	110	0.67	T-19	CONT A EXT ORIENTE
7	CCM-4	PRD TER		1.50		440	2.33	3x15	4	10	1	12	108	0.67	T-19	CONT PROD I OTE
8	CCM-4	PRODUCC		0.56		440	1.50	3x10	3	12	1	12	90	0.55	T-19	PTA AUT. PROD. CHOC
9	CCM-4	A SECO		0.56		440	1.50	3x10	3	12	1	12	74	0.45	T-19	P ALM SECO. CHOCOL
10	CCM-4	M HERR		0.74		440	2.00	3x10	3	12	1	12	35	0.27	T-19	P PROD. T. M HERRAM
11	CCM-4	AL MAT P		0.56		440	1.50	3x10	3	12	1	12	30	0.18	T-19	P ALM M PRIM. MAT EMP

ALIMENTACION TAB. II

T-II	CCM-4	CCM-4		13.64		440	22.37	3x70	3	8	1	10	15	0.54	T-25	C TRIF Y PTAS AUTOM
				20.00		440	31.00	3x70	3	6	1	8	15	0.86	T-25	

TAB. III. 440V, 3F, 4H, C/INT. PRINC  
FUERZA A OFICINAS CORPORATIVAS

TR-3	CTO-F	CTO-F			225	440	295	3x600	3	300	1	2	12	0.30	T-76	AL Y C OFIC CORP
BR	CTO-F	AZOT	20			440	27	3x50	3	6	1	8	80	2.21	T-32	BOMBA RECIRCULAC
SCH	CTO-F	AZOT	150			440	180	3x300	3	3/0	1	2	70	2.15	T-63	SCHILLER

ALIMENTACION TAB. III

T-III	CCM-3	CTO-F	170		225	440	638	3x1200	6	500	1	500	180	3.00	4T-76	FUERZA A OFIC CORP
-------	-------	-------	-----	--	-----	-----	-----	--------	---	-----	---	-----	-----	------	-------	--------------------

TAB. IV. 440 V, 3F, 4H  
ALUM. CTOS Y CENTRO DE DESARROLLO

TR-4	C DES	C DES			112.5	440	147	3x350	3	1/0	1	6	10	0.37	T-63	FZA TRANSFORM 4
BR	C DES	AZOTEA	10			440	13.6	3x30	3	12	1	12	25	1.40	T-12	BOMBA RECIRCULAC
SCH	C DES	AZOTEA	100			440	120	3x200	3	1/0	1	6	30	0.92	T-63	SCHILLER

ALIMENTACION TAB. IV

TA-4	CCM-4	C DES	110		112.5	440	280	3x600	3	350	1	2	135	2.90	3T-51	FUERZA C. DESARR
------	-------	-------	-----	--	-------	-----	-----	-------	---	-----	---	---	-----	------	-------	------------------

TAB. V. 440 V, 3F, 4H  
ALUMB. Y CONT. COMEDOR, ACCESO Y ALM. GRALES.

TR-5	C F-3	CTO F-3			75	440	98	3x250	3	2	1	8	12	0.47	T-38	FZA COM Y ACC PRIN
BR	C F-3	AZOTEA	10			440	13.6	3x30	3	12	1	12	20	1.12	T-19	BOMBA RECIRCULAC
SCH	C F-3	AZOTEA	100			440	120	3x200	3	1/0	1	6	25	0.76	T-63	SCHILLER

ALIMENTACION TAB. V

TA-5	CCM-4	CTO F-3	110		75	440	232	3x600	3	500	1	1/0	200	2.49	3T-51	FZA COM Y AC PRINC
------	-------	---------	-----	--	----	-----	-----	-------	---	-----	---	-----	-----	------	-------	--------------------

## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

3.3.- TAB.1: 220V, 3F, 4H, C/INT.PRINC  
SIST. ALUM. Y CONTAC PLANTA

Circ Tab	EQUIPO								CONDUCTORES						CANALIZAC.	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A	INT.	FUERZA		TIERRA		LONG	%E		
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL	MTS			
A	CCM-4	OF P	18.4	220	52.6	3x150	4	1/0	1	4	130	1.35	CH	AL Y CTOS OF P A		
B	CCM-4	OF P	18.9	220	55.1	3x150	4	1/0	1	4	130	1.40	CH	AL Y CTOS OF P B		
C	CCM-4	CCM-5	20.7	220	60.2	3x150	4	1/0	1	6	96	2.95	CH	AL Y CTOS MEZCL		
D	CCM-4	PROD.	28.0	220	81.6	3x150	4	1/0	1	6	70	2.91	T-63	AL Y CTOS PRODUCT		
E	CCM-4	CCM-4	20.7	220	60.4	3x150	4	4	1	8	15	1.17	CH	AL Y CTOS P TERM		
F	CCM-4	CCM-4	21.3	220	62.1	3x150	4	4	1	8	15	1.20	CH	AL Y CTOS ALM SEC		
G	CCM-4	CCM-2	10.8	220	31.5	3x100	4	4	1	8	60	2.44	T-38	AL Y CTOS COMPR		
H	CCM-4	CCM-4	14.4	220	42.0	3x100	4	6	1	8	20	1.72	T-32	AL EXI PLANTA PRO		

ALIMENTACION TAB. 1

TA-1	CCM-4	CCM-4	153	220	446	3x800	8	4/0	1	1/0	10	0.60	2T-63	FZA TAB 1 ALUMB PROD
------	-------	-------	-----	-----	-----	-------	---	-----	---	-----	----	------	-------	----------------------

TRANSFORMADOR 1

CAPACIDAD: 225 KVA.  
TENSION: 440/220-127 V.  
CORRIENTE: 295/590 AMP.

P TR	CCM-4	CCM-4	225	440	295	3x800	3	300	1	2	10	0.26	1-76	FZA TRANSI 1
S TR	CCM-4	CCM-4	225	220	590	3x1,000	8	300	1	2/0	10	0.53	2T-76	ALIM TABLERO 1

TAB.2: 220, 3F, 4H C/INT. PRINC.  
FUERZA CUARTO DE BOMBAS.

1	CTOB	CTOB	50	220	130	3x150	3	1/0	1	6	15	0.56	T-51	B ELEC SIST C INC
2	CTOB	CTOB	5	220	15.2	3x30	3	12	1	12	14	1.75	T-10	B ELEC S C T JOCKEY
3	CTOB	CTOB	2(10)	220	2(28)	2(3x50)	3	6	1	8	16	1.83	T-32	SIST HIDRONEUMAT
4	CTOB	POZO	10	220	28	3x50	3	4	1	8	80	2.9	T-32	B POZO PROFUNDO
5	CTOB	CTOB	0.10	127	0.92	1x15	2	12	1	12	15	0.10	T-19	T CONT BOMBA COMBI
6	CTOB	CTOB	0.83	127	7.7	1x20	2	12	1	12	20	1.27	T-19	AL Y CTOS CTO BOMBAS

ALIMENTACION TAB. 2

TA-2	CTOB	CTOB	85	0.93	220	238	3x500	3	250	1	2	10	0.50	T-63	FZA CTO BOMBAS
------	------	------	----	------	-----	-----	-------	---	-----	---	---	----	------	------	----------------

TRANSFORMADOR 2

CAPACIDAD: 112.5 KVA.  
TENSION: 440/220-127 V.  
CORRIENTE: 147/295 AMP.

P TR	CCM-3	CTOB	112	440	147	3x300	3	3/0	1	4	120	3.00	1-63	FZA TRANSFORMADOR 2
S TR	CTOB	CTOB	112	220	295	3x600	6	3/0	1	2	10	0.50	2T-63	ALIM TABLERO 2

TAB. 3: 3, 220 V, 2 F, 4 H  
ALUM. CTOS Y FZA. OFIC CORP

K	CF-1	CF-1	14.40	220	44.5	3x100	4	8	1	10	12	1.74	T-32	AL EXI OF CORP
L	CF-1	CF-1	8.41	220	26	3x125	4	8	1	10	13	1.10	T-32	ALUMB P B OF CORP
M	CF-1	CF-1	24.84	220	77	3x175	4	4	1	8	14	1.39	T-32	CTOS P B OF CORP
N	CF-1	1° P	8.45	220	26	3x125	4	6	1	8	20	1.07	T-25	ALUMB 1° PISO OF CORP
O	CF-1	1° P	16.74	220	52	3x175	4	4	1	8	21	1.40	T-32	CTOS 1° PISO OF CORP
P	CF-1	2° P	8.96	220	28	3x125	4	6	1	8	24	1.38	T-32	ALUMB 2° PISO OF CORP
Q	CF-1	2° P	10.22	220	33	3x175	4	4	1	8	25	1.06	T-32	CTOS 2° PISO OF CORP
S-1	CF-1	P B	8.0	220	25	3x75	4	4	1	8	84	2.70	T-32	TAB SEGURIDAD P B
S-2	CF-1	1° P	8.0	220	25	3x75	4	4	1	8	81	2.6	T-32	TAB SEGURIDAD 1° P
S-3	CF-1	2° P	8.0	220	25	3x75	4	4	1	8	78	2.5	T-32	TAB SEGURIDAD 2° P

ALIMENTACION TAB. 3

TA-3	CF-1	CF-1	116.42	360	3x300	8	2/0	1	1/0	10	0.7	2T-63	ALUM Y CTOS OFIC CORP
------	------	------	--------	-----	-------	---	-----	---	-----	----	-----	-------	-----------------------

TRANSFORMADOR 3

CAPACIDAD: 225 KVA.  
TENSION: 440/220-127 V.  
CORRIENTE: 295/591 AMP.

PRI SEC	CF-1	CF-1	225	440	295	3x600	3	300	1	2	10	0.26	1-76	FZA TRANSFORMADOR 3
	CF-1	CF-1	225	220	591	3x1200	8	300	1	2/0	10	0.53	2T-76	ALIM TABLERO 3

## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

**TAB. 4 : 220V, 3F, 4H, C/INT.PRINC  
CENTRO DE DESARROLLO**

EQUI No.	EQUIPO						INT	CONDUCTORES				LONG.	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS	
	ALIMENTADO		POTENCIA			V		A	FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT					CAL
R	C DES	C DES		15.2		220	149		4	1/0	1	6	10	0.75	T-63	AL Y CTOS C DESARR
		B-1	5			220	15		3	12	1	12	13	1.07	T-19	B AGUAS NEG Y PLUV
		B-2	10			220	27		3	10	1	12	10	1.29	T-19	B AGUAS NEG Y PLUV
BC	C DES	CARG B	15			220	42		3	4	1	8	40	2.17	T-32	FZA BOMP AGUAS N
		B-1	5			220	15		3	12	1	12	10	1.23	T-19	B RESIDUOS P/REC
		B-2	10			220	27		3	10	1	12	12	1.68	T-19	B RESIDUOS P/REC
BR	C DES	CARG R	15			220	42		3	2	1	8	60	2.04	T-32	FZA RESIDUOS

**ALIMENTADOR TAB. 4**

TA-4	C DES	C DES	30	15.2		220	233		3	4/0	1	2	12	0.71	T-63	AL Y CONT C DESRRO
------	-------	-------	----	------	--	-----	-----	--	---	-----	---	---	----	------	------	--------------------

**TRANSF. 4**

CAPACIDAD: 112.5  
TENSION: 440/220-27V  
CORRIENTE: 247/295 V

PRI	C DES	C DES			112.5	440	147		3	1/0	1	6	10	0.37	T-63	PRIM TRANSF 440 V
SEC	C DES	C DES			112.5	220	295		6	1/0	1	2	10	0.75	T-63	SEC TRANSF 220 V

**TAB. 5 . 220 V, 3F, 4H  
ALUMB. Y CTOS. AREAS GENERALES.**

S	CTO F	CTO F		16.5		220	48.2		4	6	1	8	15	1.47	T-32	AL Y CTOS COMEDOR
T	CTO F	C VIG		5.8		220	16.8		4	8	1	8	35	1.91	T-25	AL Y CTOS ACCESO PRIM
U	CTO F	CTO F		24.4		220	71.2		4	4	1	8	17	1.56	T-38	AL Y CTOS ALM GRALES

**ALIMENTADOR TAB. 5**

TA-5	CTO F3	CTO F3		46.7		220	136		4	1/0	1	4	15	1.04	T-63	ALIM TAB 5. A GRALES
------	--------	--------	--	------	--	-----	-----	--	---	-----	---	---	----	------	------	----------------------

**TRANSF. 5**

CAPACIDAD: 75 KVA  
TENSION: 440/220-127V  
CORRIENTE: 98/196 A

PRI	CTO F3	CTO F3			75	440	98		3	2	1	8	12	0.47	T-38	PRIM TRANSF 440 V
SEC	CTO F3	CTO F3			75	220	196		4	3/0	1	4	12	0.80	T-63	SEC TRANSF 220V

### 3.4 CENTROS DE CONTROL DE MOTORES.

Los Centros de Control de Motores (CCM'S) Proveen el método más adecuado para agrupar el control de motores eléctricos, equipos de automatización y distribución en un paquete compacto y económico.

Los centros de control de motores consisten de una o más secciones verticales con estructura autosoportada completamente cerradas con frente muerto. Estas secciones dan alojamiento a las unidades removibles que toman su alimentación a través de un arreglo de barras horizontales y verticales que distribuyen la energía a todas y cada una de ellas.

Las unidades de CCM'S consisten de componentes tales como combinaciones arrancadoras para motores, interruptores alimentadores derivados, tableros de distribución de alumbrado, etc. Cada unidad es montada en forma independiente aislada entre sí y con puertas independientes.

#### *Ventajas de los CCM'S Removibles.*

Un centro de control de motores del tipo removible presenta las siguientes ventajas.

##### *Funcionalidad:*

- Los diseños de fábrica están probados para ofrecer el mejor desempeño en el control y protección de sus motores.
- Las unidades en comportamientos separados evitan que un fallo en una de ellas, se extienda a las demás, permitiendo la continuidad del proceso.
- La intercambiabilidad permite minimizar los tiempos muertos por mantenimiento, ya que una unidad puede ser reemplazada fácilmente por otra de repuesto y permitir al personal de mantenimiento la reparación de la original.
- La individualidad de las unidades permite localizar fácilmente cual unidad esta fallando.

##### *Seguridad:*

- La concentración de unidades arrancadoras en un solo gabinete, evita el esparcimiento de equipos de fuerza instalados adyacentes a las máquinas, con lo que se reducen los riesgos de contacto con equipos energizados.
- Los diferentes interbloques evitan que personal no autorizado tenga acceso a los equipos.
- Los bloqueos con candado evitan que la unidad sea energizada cuando la maquinaria esta en mantenimiento.
- La robustez en los diseños de soportería para las barras (buses), permiten soportar los esfuerzos mecánicos producidos por los niveles de corriente de corto circuito más comunes.

##### *Flexibilidad:*

- La flexibilidad en configuración permite reacomodar las unidades de acuerdo a las necesidades de identificación de los motores del proceso.

- La estructura de los CCM'S permite la interconexión entre unidades (Alambrado clase II), para un control integral del proceso.
- El sistema de puesta a tierra de las unidades y los gabinetes permite minimizar el ruido eléctrico y poder combinar equipo electrónico con equipo electromecánico.
- La homogeneidad de las unidades permite reducir el refaccionamiento necesario y optimizar su uso.
- La flexibilidad de configuración permite integrar otros equipos como tableros de alumbrado y transformadores de control de tipo seco.
- Los arreglos en CCM'S permiten la integración de equipo con nuevas tecnologías, permitiendo actualizar los equipos existentes.

#### *Clasificación de Alambrado según NEMA.*

La National Electrical Manufacturers Association NEMA, Clasifica a los CCM's por su alambrado como:

- Clase I. CCM's con unidades cuyo alambrado es independiente uno de otro, es decir no existen interalambrados entre unidades.
- Clase II. CCM's con unidades cuyo alambrado interactúa con el de otras unidades, es decir, existen interalambrados entre unidades, con el fin de tener un sistema de control completo con enlaces, bloqueos y secuencias.

Así mismo, dentro de esta clasificación se tienen tres tipos:

- Tipo A. Las unidades no incluyen bloques de tablillas terminales, es decir, el alambrado es de terminal a terminal de los dispositivos (sólo en Clase I).
- Tipo B. Las unidades incluyen bloques de tablillas terminales en dos modalidades:  
  - Tipo BD. Únicamente tablillas para control.
  - Tipo BT. Incluye tablillas de Control y Fuerza.
- Tipo C. Emplea unidades con alambrado tipo B, las cuales son alambradas de fábrica hasta un compartimento con tablillas terminales maestras en la parte superior o inferior de cada sección vertical.

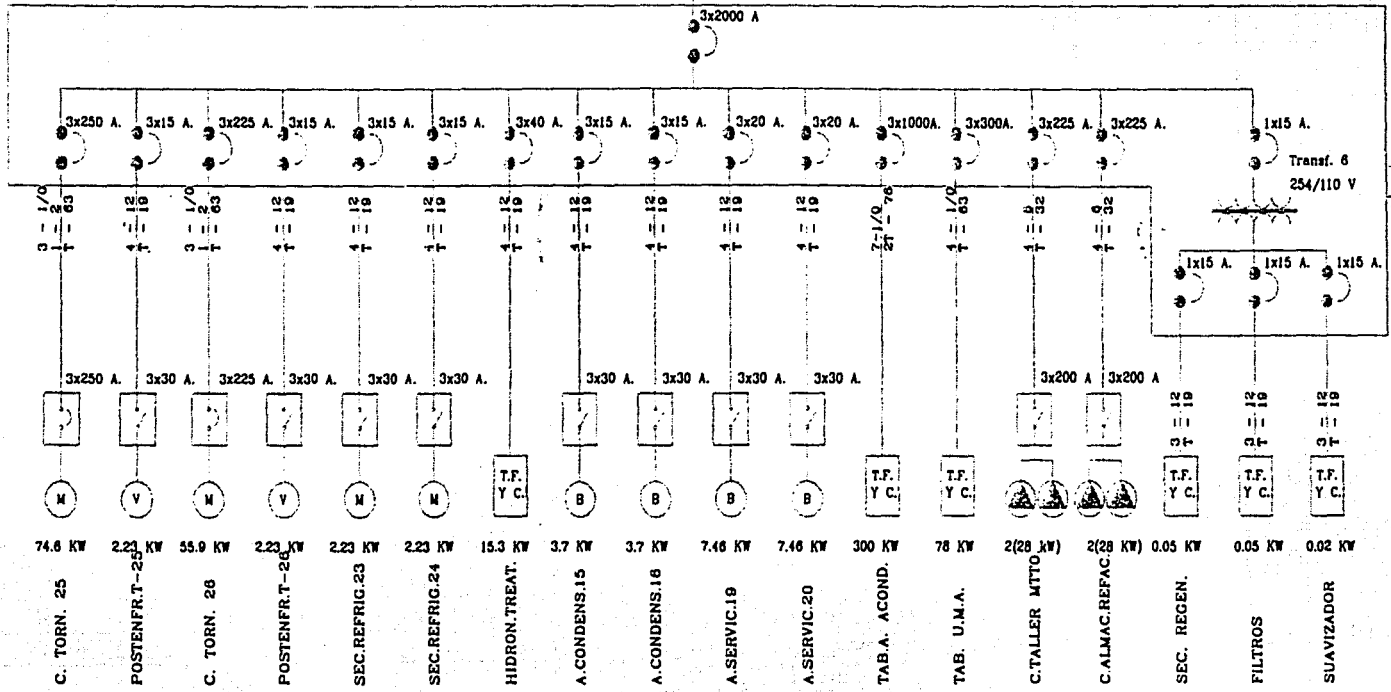
Con estos conceptos nos podemos dar una idea del uso y tipos de CCM's que podemos hallar en el mercado, y así en su momento dado poder seleccionar el más adecuado, aunque también se requiere de conocer varias marcas para poder evaluar costos y ventajas o desventajas entre ellas, por lo general son los vendedores los que nos pueden apoyar en la selección de los mismos, el cliente solo debe dar las características de los equipos a utilizar además de la forma de control como se va a operar.

En lo que respecta a nuestro trabajo solo mostraremos la carga que requieren los equipos conectados a cada uno de ellos, correspondientes a el área o servicio que presta, en cuanto al control por cuestión de extensión no se tocara, pues esto corresponde al departamento de ingeniería de proceso, como van a operar todos y cada uno de los equipos, mediante PLC's, o sistemas de control automáticos computarizados, que también es un área amplia e interesante y que debe estar en constante comunicación con el departamento a cargo de instalaciones eléctricas para la operación y buen funcionamiento de los equipos.

A S.E. INTERRUPTOR No. 2

C.C.M. I, SERVICIOS  
440 V, 3 F, 4 H

7 - 500  
CHART



3.4.- C.C.M. No.1, SERVICIOS.

DIAGRAMA UNIFILAR

DIAGRAMA UNIFILAR C.C.M. I

No.	PAGINA	AREA

PLANOS DE REFERENCIA:

## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

3.4 CCM-1: 440V, 3F, 4H, C/INT.PRINC  
AREA DE SERVICIOS.

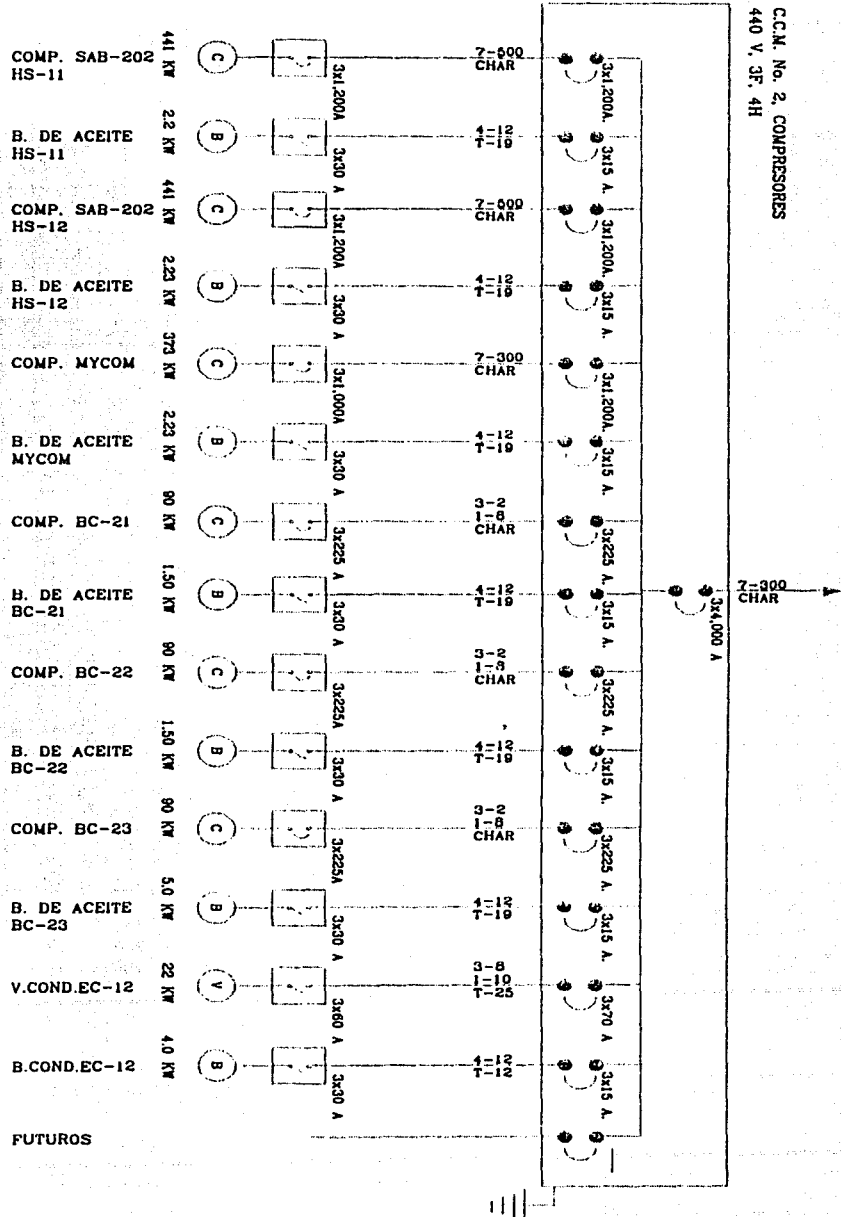
EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
CT-25	CCM-1	SUAVIZ	74.6			440	122	3x250	3	1/0	1	6	18	0.56	T-63	COMPRES. TORNILLO 25
PENF	CCM-1	SUAVIZ	2.23			440	3.6	3x15	3	12	1	12	14	0.21	T-19	POSTENFRIADOR TORN. 25
CT-26	CCM-1	SUAVIZ	55.9			440	92	3x225	3	1/0	1	6	16	0.37	T-63	COMPRES. TORNILLO 26
PENF	CCM-1	SUAVIZ	2.23			440	3.6	3x15	3	12	1	12	15	0.23	T-19	POSTENFRIADOR TORN. 26
SR23	CCM-1	SUAVIZ	2.23			440	3.6	3x15	3	12	1	12	10	0.15	T-19	SECAD. REFRIGERAD. 23
SR24	CCM-1	SUAVIZ	2.23			440	3.6	3x15	3	12	1	12	12	0.17	T-19	SECAD. REFRIGERAD. 24
HIDR	CCM-1	SUAVIZ	15.3			440	25	3x40	3	12	1	12	7	0.75	T-19	HIDRON. WATER TREAT.
AC15	CCM-1	SUAVIZ	3.7			440	7.2	3x15	3	12	1	12	6	0.18	T-19	B. AGUA CONDENSAD.15
AC16	CCM-1	SUAVIZ	3.7			440	7.2	3x15	3	12	1	12	7	0.20	T-19	B. AGUA CONDENSAD.16
AS19	CCM-1	SUAVIZ	7.46			440	13.6	3x20	3	12	1	12	9	0.50	T-19	B. AGUA SERVICIOS 19
AS20	CCM-1	SUAVIZ	7.46			440	13.6	3x20	3	12	1	12	8	0.45	T-19	B. AGUA SERVICIOS 20
AA-1	CCM-1	PRODU	300			440	492	3x1000	6	4/0	1	4/0	70	2.19	2T-76	TAB.AIRE ACONDICIONADO
AA-2	CCM-1	EXT-PR	78			440	128	3x300	3	1/0	1	1/0	60	1.95	T-63	UNID. MANEJADORA AIRE
CT-1	CCM-1	T.MAQ	2(28)			440	2(46)	3x225	3	6	1	6	32	3.00	T-32	CONTAC. TRIFAC. 440 V
CT-2	CCM-1	T.HERR	2(28)			440	2(46)	3x225	3	6	1	6	28	2.64	T-32	CONTAC. TRIFAC. 440 V
	CCM-1	SUAVIZ	0.05			110	0.6	1x15	2	12	1	12	18	0.1	T-19	SECAD. REGENERACION
	CCM-1	SUAVIZ	0.05			110	0.6	1x15	2	12	1	12	20	0.11	T-19	FILTROS.
	CCM-1	SUAVIZ	0.20			110	2.3	1X15	2	12	1	12	10	0.22	T-19	SUAVIZADOR
TR-6	CCM-1	CCM-1	0.75			254	3.7	1x15	2	12	1	12	2	0.03	-	PRIM. TRANSF. 440/110 V
			0.75			110	8.5	1X15	2	12	1	12	2	0.16	-	SECUND. TRANSFORM.

## ALIMENTACION CCM-1

CCM1	S.E.PR	CCM-1		668		440	1095	3x2000	6	500	1	500	45	1.32	CH	FZA. CCM-1 SERVICIOS
------	--------	-------	--	-----	--	-----	------	--------	---	-----	---	-----	----	------	----	----------------------

C.C.M. No. 2, COMPRESORES  
440 V. 3F. 4H

A SUBESTACION INTER. No.3



3.5.- C.C.M. No. 2, COMPRESORES

DIAGRAMA UNIFILAR

DIAGRAMA UNIFILAR C.C.M. 2

No. PAGINA AREA

PLANOS DE REFERENCIA:



## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

3.5 CCM-2: 440V, 3F, 4H, C/INT. PRINC.  
COMPRESORES.

EQU No.	EQUIPO								CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A	INT	FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
CS-11	CCM-2	COMPR	441	440	720	3x1200	6	500	1	500	40	1.55	CH	COMP.SAB.202 HS-11		
BA-1	CCM-2	COMPR	2.23	440	3.60	3x15	3	12	1	12	40	0.35	T-19	B. ACEITE COMPRES. HS-11		
CS-12	CCM-2	COMPR	441	440	720	3x1200	6	500	1	500	37	1.43	CH	COMP.SAP.202 HS-12		
BA-2	CCM-2	COMPR	2.23	440	3.60	3x15	3	12	1	12	37	0.32	T-19	B. ACEITE COMPRES. HS-12		
MYC	CCM-2	COMPR	373	440	610	3x1200	6	300	1	300	34	0.93	CH	COMPRESOR MYCOM		
BA-3	CCM-2	COMPR	2.23	440	3.60	3x15	3	12	1	12	34	0.29	T-19	B. ACEITE COMP. MYCOM		
BC-21	CCM-2	COMPR	90	440	145	3X225	3	2	1	8	30	1.76	CH	COMPRESOR BC-21		
BA-4	CCM-2	COMPR	1.50	440	2.40	3x15	3	12	1	12	30	0.29	T-19	B. ACEITE COMP. BC-21		
BC-22	CCM-2	COMPR	90	440	145	3X225	3	2	1	8	32	1.87	CH	COMPRESOR BC-22		
BA-5	CCM-2	COMPR	1.50	440	2.40	3x15	3	12	1	12	32	0.31	T-19	B. ACEITE COMP. BC -22		
BC-23	CCM-2	COMPR	90	440	145	3x225	3	2	1	8	34	1.98	CH	COMPRESOR BC-23		
BA-6	CCM-2	COMPR	1.5	440	2.1	3x15	3	12	1	12	34	0.20	T-19	B. ACEITE COMP. BC-23		
EC-12	CCM-2	COMPR	22	440	36	3x70	3	8	1	10	48	2.81	T-25	VENT. CONDENS EC-12		
B.EC	CCM-2	COMPR	4	440	6.5	3x13	3	12	1	12	48	1.28	T-19	B. CONDENS. EC-12		

## ALIMENTACION CCM-2 A

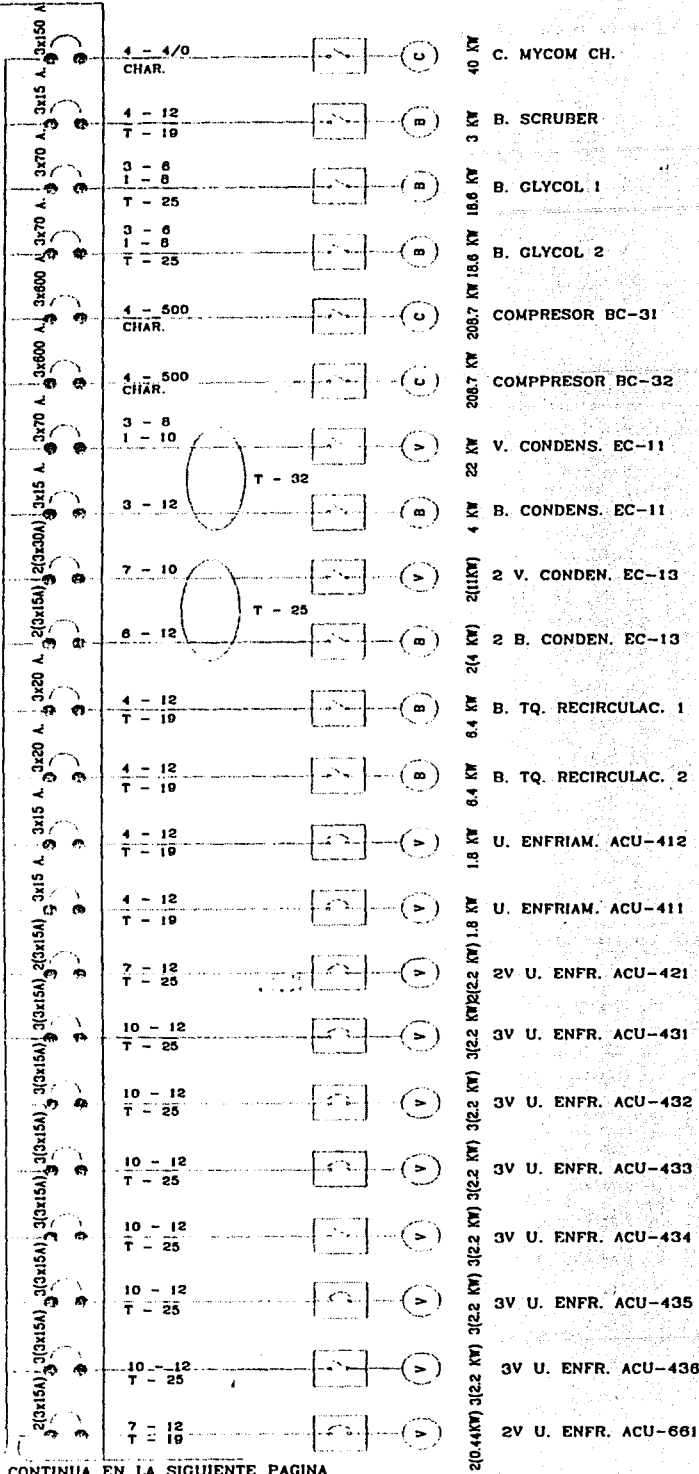
CM2A	S.E.	CCM-2	1561	440	2543	3x4000	15	500	3	500	120	3.28	CH	FZA. CCM-2 A, COMPRES.
------	------	-------	------	-----	------	--------	----	-----	---	-----	-----	------	----	------------------------

A S. E. INTERRUPTOR 3

CCM-3, 440 V, 3F, 4H  
C/INT. PRINCIPAL

10-1  
10-4  
10-6  
10-8

3 X 200 A.



CONTINUA EN LA SIGUIENTE PAGINA

3.6 - C.C.M. No. 3. SALAS FRIAS

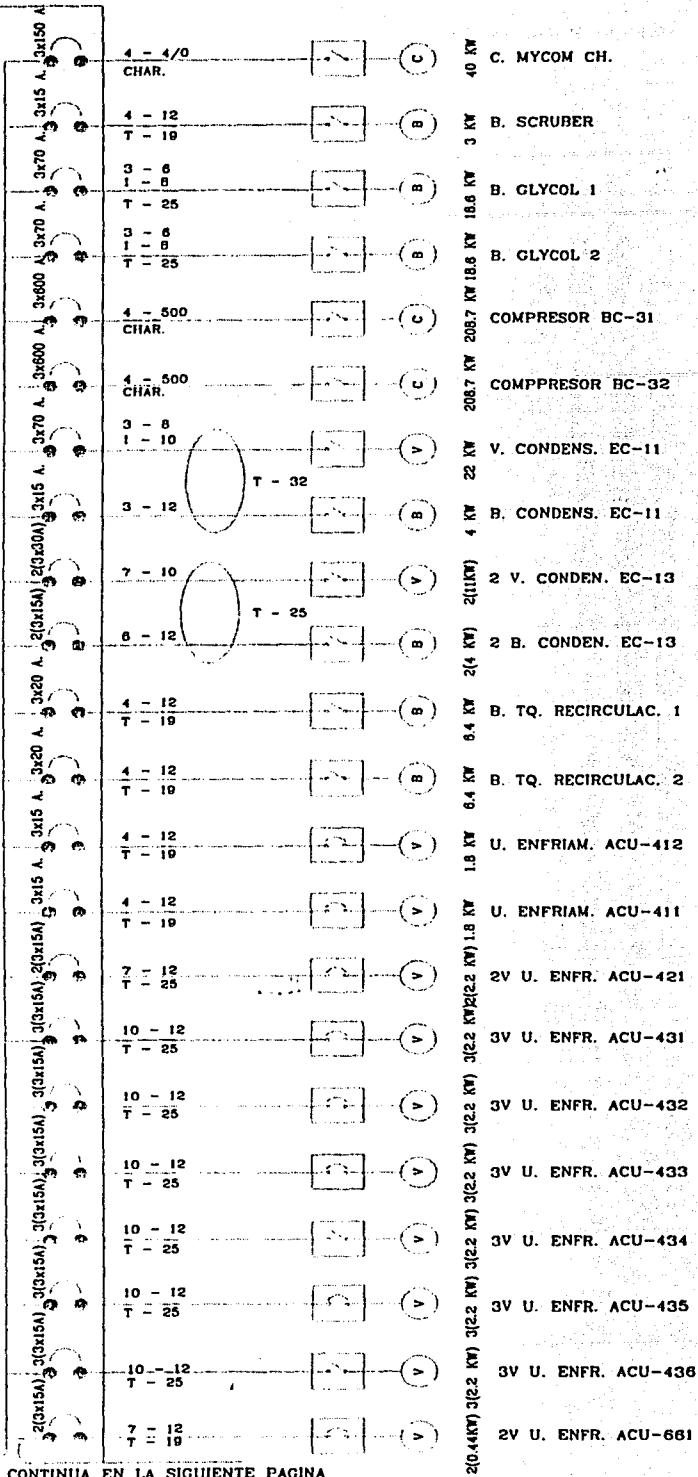
DIAGRAMA UNIFILAR

A S. E. INTERRUPTOR 3

CCM-3. 440 V. 3F. 4H  
C/INT. PRINCIPAL

10  
11  
12  
13  
14  
15  
16

3 X 200 A.

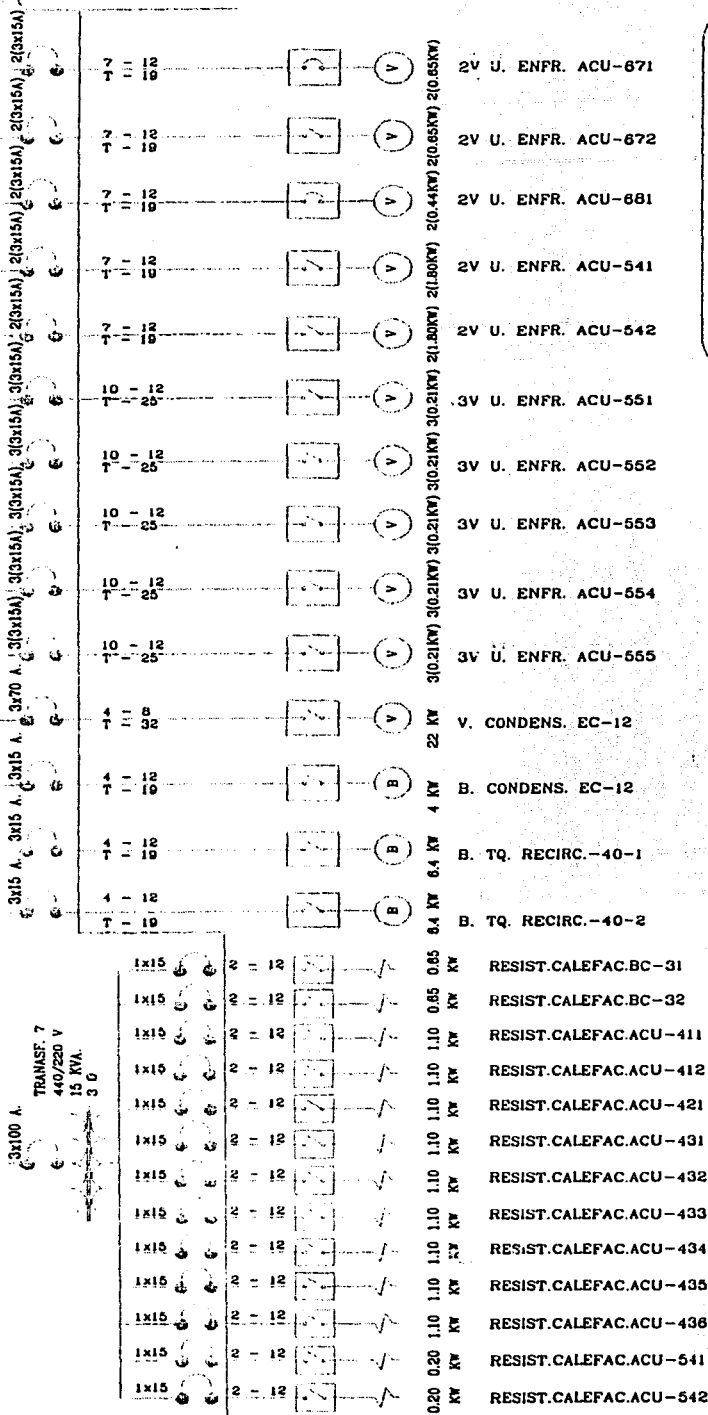


CONTINUA EN LA SIGUIENTE PAGINA

3.6.- C.C.M. No. 3, SALAS FRIAS

DIAGRAMA UNIFILAR

VIENE DE PAGINA ANTERIOR



3x100 A.  
 TRANSF. 7  
 440/220 V  
 15. KVA.  
 30

DIAGRAMA UNIFILAR CCM-3. SALAS FRIAS

No.	PAGINA	AREA

PLANOS DE REFERENCIA:

3.6.- C.C.M. No. 3. SALAS FRIAS (CONT.)

DIAGRAMA UNIFILAR

## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

3.6 CCM-3: 440V, 3F, 4H, C/INT.PRINCIPAL  
SALAS FRIAS

CIRC TAB	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LON	%e	CAN ALIZ	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
MYC	CCM-3	COMPR		40		440	65	3x150	3	4/0	1	4/0	38	0.31	CH	COMPRES MYCOM CH
B SCR	CCM-3	TANO		3.0		440	5.0	3x15	3	12	1	12	44	0.90	T-19	BOMBA SCRUBER
B GL-1	CCM-3	TANO		18.6		440	30	3x70	3	6	1	8	40	1.23	T-25	BOMBA GLYCOL 1
B GL-2	CCM-3	TANO		18.6		440	30	3x70	3	6	1	8	41	1.26	T-25	BOMBA GLYCOL 2
BC-31	CCM-3	COMPR		208		440	341	3x600	3	500	1	500	15	0.27	CH	COMPRESOR BC 31
BC-32	CCM-3	COMPR		208		440	341	3x600	3	500	1	500	18	0.32	CH	COMPRESOR BC 32
VEC-11	CCM-3			22		440	36	3x70	3	8	1	10	45	2.64	T-32	VENT CONDENSAD EC-11
BEC-11	CCM-3			4		440	6.56	3x15	3	12	1	12	45	1.22		BOMB CONDENSAD EC-11
VEC-13	CCM-3			2(11)		440	2(18)	2(3x30)	6	10	1	10	52	2.48	T-25	2 VENT CONDENS EC-13
BEC-13	CCM-3			2(4)		440	2(6)	2(3x15)	6	12	1	12	52	1.28		2 BOMB CONDENS EC-13
B IO-1	CCM-3	TANO		6		440	10	3x20	3	12	1	12	35	1.44	T-19	BOMB TANO RECIRC 2
B IO-2	CCM-3	TANO		6		440	10	3x20	3	12	1	12	35	1.44	T-19	BOMB TANO RECIRC 2
V-411	CCM-3	EMPAQ		1.8		440	2.95	3x15	3	12	1	12	15	0.18	T-19	VENT UNID ENF ACU 411
V-412	CCM-3	EMPAQ		1.8		440	2.95	3x15	3	12	1	12	18	0.22	T-19	VENT UNID ENF ACU 412
V-421	CCM-3			2(2)		440	2(3)	2(3x15)	6	12	1	12	45	0.55	T-25	2 VENT U ENFR ACU 421
V-431	CCM-3	ALMP T		3(2)		440	3(3)	3(3x15)	9	12	1	12	30	0.37	T-25	3 VENT U ENFR ACU 431
V-432	CCM-3	ALMP T		3(2)		440	3(3)	3(3x15)	9	12	1	12	26	0.32	T-25	3 VENT U ENFR ACU 432
V-433	CCM-3	ALMP T		3(2)		440	3(3)	3(3x15)	9	12	1	12	22	0.27	T-25	3 VENT U ENFR ACU 433
V-434	CCM-3	ALMP T		3(2)		440	3(3)	3(3x15)	9	12	1	12	22	0.27	T-25	3 VENT U ENFR ACU 434
V-435	CCM-3	ALMP T		3(2)		440	3(3)	3(3x15)	9	12	1	12	26	0.32	T-25	3 VENT U ENFR ACU 435
V-436	CCM-3	ALMP T		3(2)		440	3(3)	3(3x15)	9	12	1	12	30	0.37	T-25	3 VENT U ENFR ACU 436
V-661	CCM-3			2(5)		440	2(8)	2(3x15)	6	12	1	12	85	0.28	T-19	2 VENT U ENFR ACU 661
V-671	CCM-3			2(7)		440	2(1)	2(3x15)	6	12	1	12	105	0.43	T-19	2 VENT U ENFR ACU 671
V-672	CCM-3			2(7)		440	2(1)	2(3x15)	6	12	1	12	105	0.43	T-19	2 VENT U ENFR ACU 672
V-681	CCM-3			2(5)		440	2(8)	2(3x15)	6	12	1	12	95	0.13	T-19	2 VENT U ENFR ACU 681
V-541	CCM-3	CAM FR		2(2)		440	2(3)	2(3x15)	6	12	1	12	60	0.74	T-19	2 VENT U ENFR ACU 541
V-542	CCM-3	CAM FR		2(2)		440	2(3)	2(3x15)	6	12	1	12	55	0.68	T-19	2 VENT U ENFR ACU 542
V-551	CCM-3	MADUR		3(2)		440	2(3)	2(3x15)	9	12	1	12	55	0.07	T-19	3 VENT U ENFR ACU 551
V-552	CCM-3	MADUR		3(2)		440	2(3)	2(3x15)	9	12	1	12	50	0.06	T-19	3 VENT U ENFR ACU 552
V-553	CCM-3	MADUR		3(2)		440	2(3)	2(3x15)	9	12	1	12	45	0.05	T-19	3 VENT U ENFR ACU 553
V-554	CCM-3	MADUR		3(2)		440	2(3)	2(3x15)	9	12	1	12	40	0.05	T-19	3 VENT U ENFR ACU 554
V-555	CCM-3	MADUR		3(2)		440	2(3)	2(3x15)	9	12	1	12	35	0.04	T-19	3 VENT U ENFR ACU 555
VEC12	CCM-3			22		440	36	3x100	3	8	1	8			T-32	VENT CONDENSAD EC-12
BEC-12	CCM-3			4		440	5.50	3x15	3	12	1	12			T-19	BOMB CONDENSAD EC-12
BTR-1	CCM-3	TANO		6		440	10	3x20	3	12	1	12			T-19	BOMB TO RECIRC 39-1
BTR-2	CCM-3	TANO		6		440	10	3x20	3	12	1	12			T-19	BOMB TO RECIRC 39-2
TR-7	CCM-3	CCM-3		5		440	6.56	3x15	3	12	1	12				ALIM TRANSF 7 EN CCM

### ALIMENTAC. CCM-3

CCM2B	S E	CCM-3		672		440	1103	3x2000	6	500	1	500	125	2.14	CHAR	FZA CCM-3R SALAS FRIAS
-------	-----	-------	--	-----	--	-----	------	--------	---	-----	---	-----	-----	------	------	------------------------

### RESISTENCIAS DE DIFUSORES

RC-31	CCM-3	COMPR		0.65		110	1.06	1x15	2	12	1	12	15	0.15	T-19	RESIST CALEFAC COM 31
RC-32	CCM-3	COMPR		0.65		110	1.06	1x15	2	12	1	12	18	1.18	T-19	RESIST CALEFAC COM 32
R-411	CCM-3	EMPAQ		1.1		110	10	1x20	2	12	1	12	18	1.71		RESIST U ENFR ACU 411
R-412	CCM-3	EMPAQ		1.1		110	10	1x20	2	12	1	10	25	2.38		RESIST U ENFR ACU 412
R-421	CCM-3	ALMP T		1.1		110	10	1x20	2	10	1	10	48	2.87		RESIST U ENFR ACU 421
R-431	CCM-3	ALMP T		1.1		110	10	1x20	2	10	1	10	34	2.03		RESIST U ENFR ACU 431
R-432	CCM-3	ALMP T		1.1		110	10	1x20	2	12	1	12	30	2.80		RESIST U ENFR ACU 432
R-433	CCM-3	ALMP T		1.1		110	10	1x20	2	12	1	12	26	2.47		RESIST U ENFR ACU 433
R-434	CCM-3	ALMP T		1.1		110	10	1x20	2	12	1	12	26	2.47		RESIST U ENFR ACU 434
R-435	CCM-3	ALMP T		1.1		110	10	1x20	2	12	1	12	30	2.60		RESIST U ENFR ACU 435
R-436	CCM-3	ALMP T		1.1		110	10	1x20	2	10	1	10	34	2.03		RESIST U ENFR ACU 436
R-541	CCM-3	CAM FR		0.20		110	1.8	1x15	2	12	1	12	64	1.10		RESIST U ENFR ACU 541
R-542	CCM-3	CAM FR		0.20		110	1.8	1x15	2	12	1	12	59	1.01		RESIST U ENFR ACU 542

### ALIMENTACIÓN RESISTENCIAS

RESIS	CCM-3	CCM-3		11.6		110	105	3x100	3	10	1	10	3	0.63	-	RESIST U ENFR RIAMIENTO
-------	-------	-------	--	------	--	-----	-----	-------	---	----	---	----	---	------	---	-------------------------

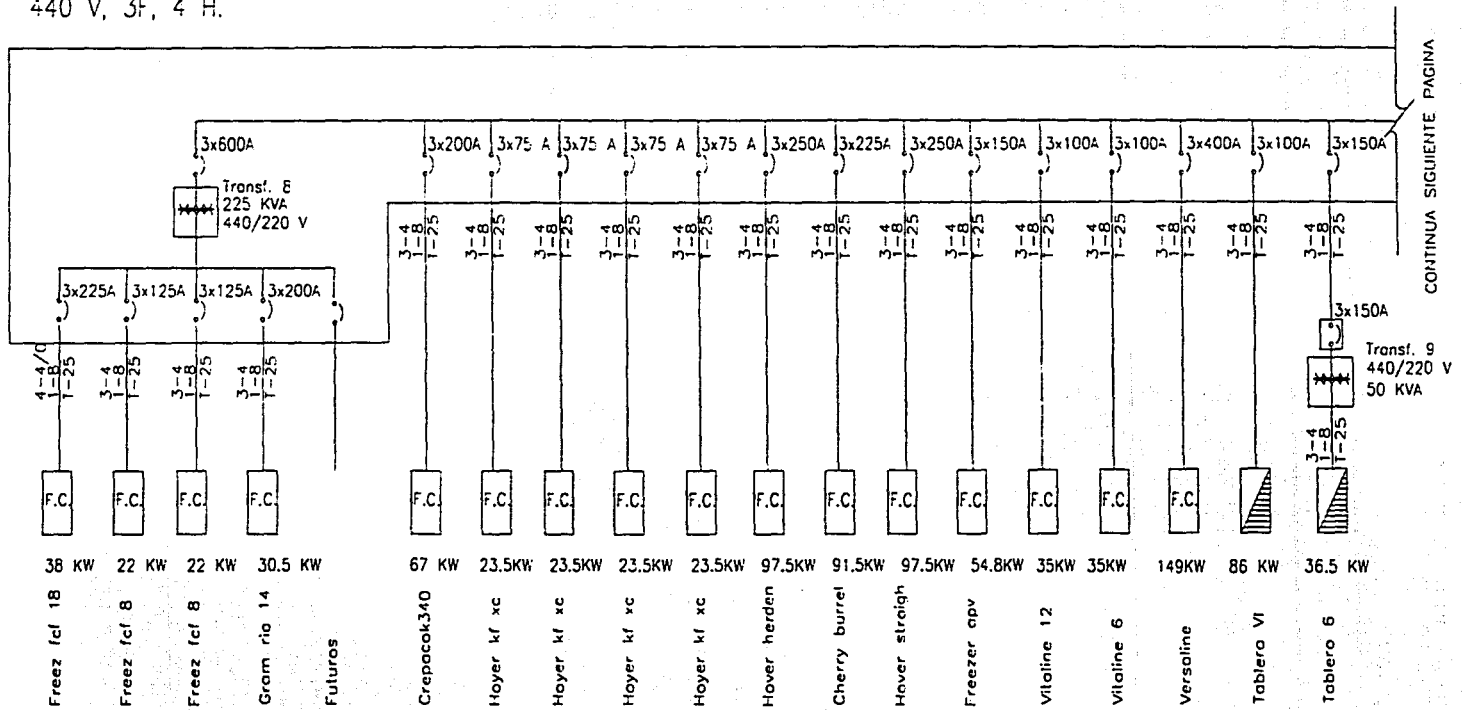
### TRANSFORMADOR 7, (RESISTENCIAS)

440/110 V, 3 F.  
5 KVA

PRI	CCM-3	TR-7		5		440	6.56	3x15	3	12	1	12	1	0.01	-	FZA TRANSF 7 EN CCM 2B
SEC	TR-7	CCM-3		5		110	45.5	3x100	3	10	1	10	3	0.82	-	ALIM RESISTENCIAS

C.C.M. No. 4, PRODUCCION

440 V, 3F, 4 H.

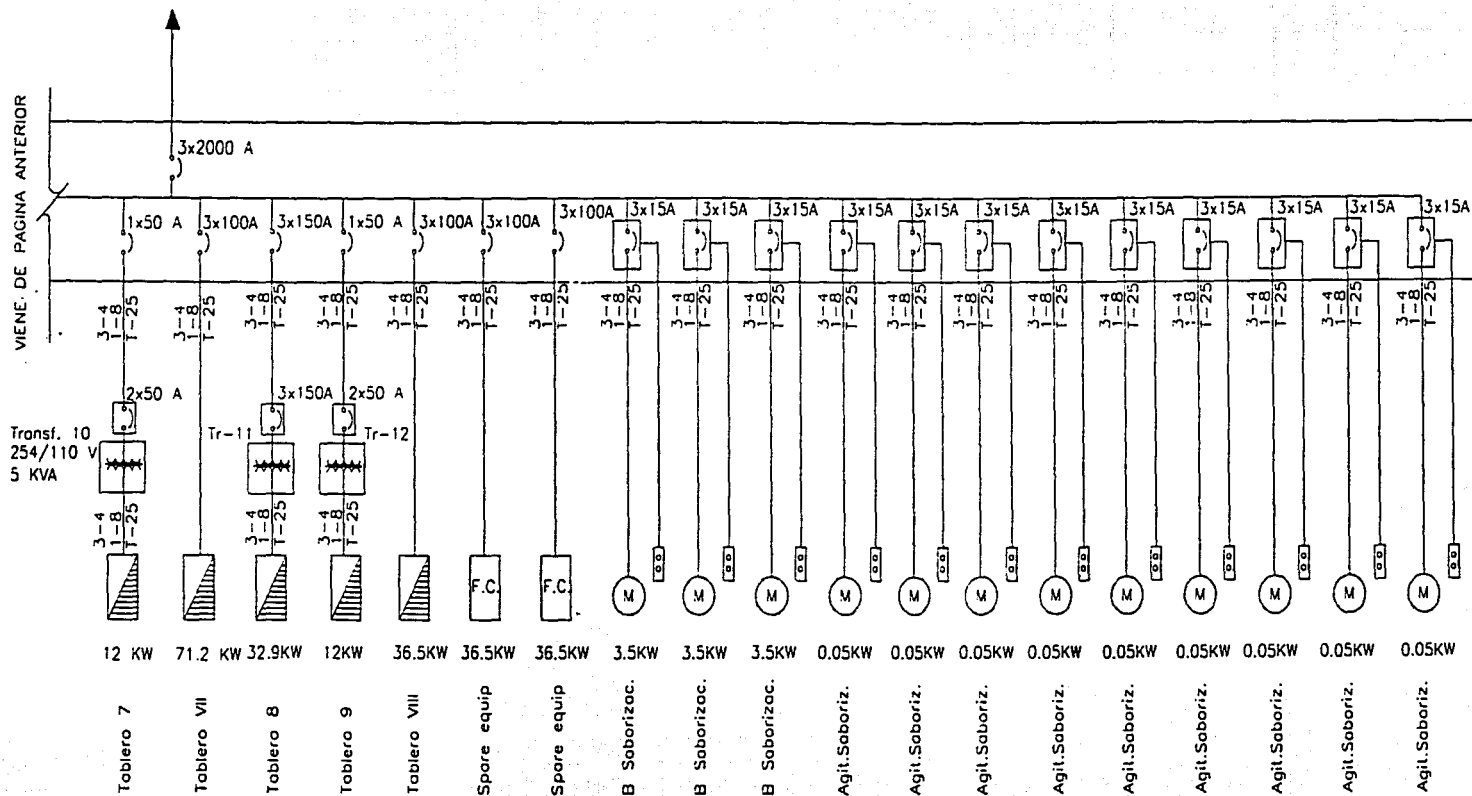


CONTINUA SIGUIENTE PAGINA

3.7.- C.C.M. No. 4, PRODUCCION

DIAGRAMA UNIFILAR

A S.E. INTERRUPTOR 5



3.7.- C.C.M. No. 4, PRODUC. (CONTINUAC.)

DIAGRAMA UNIFILAR

## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

3.7.- C.C.M. 4: 440 V, 3 F. 4 H. C/INT. PRINC.  
AREA DE PRODUCCION.

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
TR-8	CCM-4	CCM-4		225	440	295	3x600	3	3/0	1	4	4	0.11	T-64	TRANSF.8. EN CCM-4	
C340F	CCM-4	PROD	67		440	110	3x250	3	1/0	1	6	109	1.76	CH	CREPACO K340 FREEZ.	
H200	CCM-4	PROD	23.5		440	39	3x100	3	4	1	6	101	1.47	CH	HOYER 200 XC FREEZ.	
H200	CCM-4	PROD	23.5		440	39	3x100	3	4	1	6	99	1.44	CH	HOYER 200 XC FREEZ.	
H200	CCM-4	PROD	23.5		440	39	3x100	3	4	1	6	97	1.41	CH	HOYER 200 XC FREEZ.	
H200	CCM-4	PROD	23.5		440	39	3x100	3	4	1	6	99	1.44	CH	HOYER 200 XC FREEZ.	
HT300	CCM-4	PROD	97.5		440	160	3x400	3	1/0	1	6	78	1.83	CH	H.HARDEN.TUN.HT-300	
CBVP	CCM-4	PROD	91.5		440	150	3x300	3	1/0	1	6	84	1.85	CH	CHER.BURREL.VP9-3G	
SL-N	CCM-4	PROD	97.5		440	160	3x300	3	1/0	1	6	80	1.80	CH	H.STRAIGHTLINE SL-N	
EX -A	CCM-4	PROD	54.8		440	90	3x225	3	2	1	8	66	1.38	CH	FREEZ. APV EX-AUSTR.	
V-12	CCM-4	PROD	35		440	50	3x175	3	4	1	8	69	1.28	CH	VITALINE 12 FILAS	
V-6	CCM-4	PROD	35		440	50	3x175	3	4	1	8	66	1.22	CH	VITALINE 6 FILAS	
VL	CCM-4	PROD	149		440	245	3x600	3	3/0	1	4	76	1.71	CH	VERSALINE	
TA-VI	CCM-4	MZ-PROD	86		440	140	3x150	3	2	1	6	84	2.75	CH	TAB. DISTRIB. VI. PROD.	
TR-9	CCM-4	MZ-PROD		50	440	65	3x150	3	2	1	8	82	1.15	CH	TR-9. TAB. DIST. 6. 220V	
TR-10	CCM-4	MZ-PROD		5	254	20	1X50	2	6	1	8	84	1.63	CH	TR-10. TAB. DIST. 7. 110V	
TA-VII	CCM-4	MZ-PROD	71.2		440	116	3x250	3	4	1	6	60	2.59	CH	TAB. DISTRIB. VII. PROD.	
TR-11	CCM-4	MZ-PROD		50	440	65	3x150	3	4	1	8	65	2.5	CH	TR-11. TAB. DIST. 8. 220V	
TR-12	CCM-4	MZ-PROD		5	254	20	1x50	2	8	1	10	60	1.92	CH	TR-12. TAB. DIST. 9. 110V	
TA-VIII	CCM-4	MZ-PROD	40.5		440	67	3x150	3	4	1	6	48	1.20	CH	TAB. DIST. VIII. PROD.	
FUT-1	CCM-4	PROD	36.5		440	60	3X150								ESP. EQUIPO FUTURO 1	
FUT-2	CCM-4	PROD	36.5		440	60	3X150								ESP. EQUIPO FUTURO 2	
BS-1	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	BOMBA SABORIZAC. 1	
BS-2	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	BOMBA SABORIZAC. 2	
BS-3	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	BOMBA SABORIZAC. 3	
AS-1	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	AGITADOR SABORIZ. 1	
AS-2	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	AGITADOR SABORIZ. 2	
AS-3	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	AGITADOR SABORIZ. 3	
AS-4	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	AGITADOR SABORIZ. 4	
AS-5	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	AGITADOR SABORIZ. 5	
AS-6	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	AGITADOR SABORIZ. 6	
AS-7	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	AGITADOR SABORIZ. 7	
AS-8	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	AGITADOR SABORIZ. 8	
AS-9	CCM-4	PROD	3.5		440	6	3X15	3	12	1	12	72	1.01	CH	AGITADOR SABORIZ. 9	

## ALIMENTADOR CCM-4, PRODUCCION

CCM-4	S.E.	CCM-4	1270	440	2084	3X4000	12	500	2	500	125	2.02	CH	FZA. CCM-4. PRODUC.
-------	------	-------	------	-----	------	--------	----	-----	---	-----	-----	------	----	---------------------



## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

### 3.7 CCM-4, PRODUCCION. EQUIPOS EN 220 V:

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
FR18	CCM-4	PROD.		38		220	125	3x250	3	4/0	1	2	87	2.14	CHAR	FREEZER FCF-18
F8-1	CCM-4	PROD.		22		220	72	3x150	3	2	1	8	66	2.22	CHAR	FREEZER FCF8-1
F8-2	CCM-4	PROD.		22		220	72	3x150	3	2	1	8	68	2.29	CHAR	FREEZER FCF8-2
G-14	CCM-4	PROD.		31		220	100	3x250	3	2	1	8	57	2.66	CHAR	GRAM RIA 14

### ALIMENTACION

EQ	CCM-4	TR-8		113		220	370	3x500	3	4/0	1	2	3	0.16	-	FZA, EQ. 220V, PRODUCCION
----	-------	------	--	-----	--	-----	-----	-------	---	-----	---	---	---	------	---	---------------------------

### TRANSFORMADOR 8

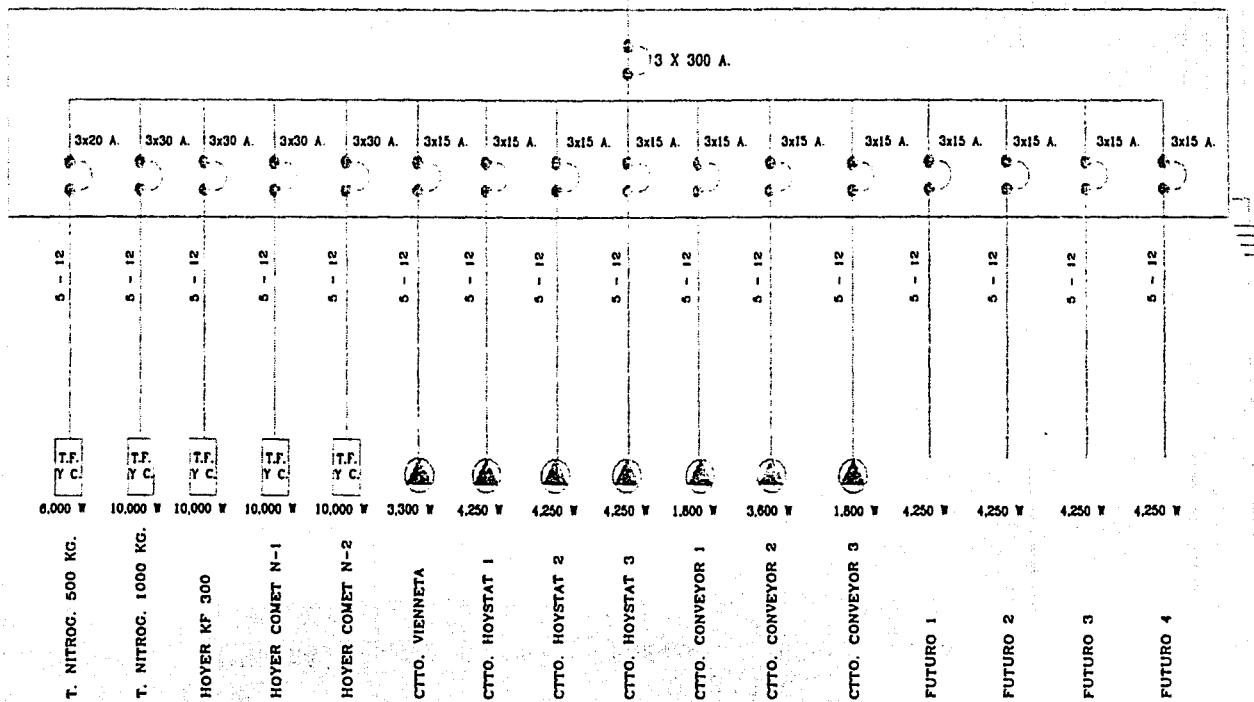
CAPACIDAD 225 KVA  
TENSIÓN 440/220 V  
No. FASES 3

PRI.	CCM-4	TR-8			225	440	295	3x600	3	3/0	1	4	4	0.11	-	FZA, TRANSF. 8, EQ. PROD.
SEC.	TR-8	EQ 220V			225	220	590	3X1200	6	3/0	1	3/0	3	0.17	-	ALIM. EQ. PRODUC. 220 V.

TAB. VI, 440V, 3F, 4H  
42 POLOS, C/INT. PRINCIPAL

A CCM-4 PRODUCCION

1 1 6  
1 1 6  
CHAR.



3.7.1 TAB. VI, DISTRIB. PRODUCCION  
EQUIPOS EN 440 V.

DIAGRAMA UNIFILAR TAB. VI

No.	FECHA	OBSERVACIONES
PLANOS DE REFERENCIA:		

## CEDULA DE CABLES Y CONDUIT

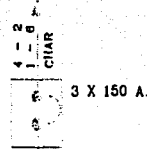
3.7.1 TAB. VI: 440, 3F, 4H C/INT.  
TAB. DIST. PRODUC.

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
TN500	T-VI	PRODUC		6		440	10	3x20	4	12	1	12	23	054	CH	TUNEL NITROGENO 500KG.
TN100	T-VI	PRODUC		10		440	16	3x30	4	12	1	12	20	0.57	CH	TUNEL NITROGENO 1000KG
KF300	T-VI	PRODUC		10		440	16	3x30	4	12	1	12	18	0.68	CH	HOYER KF 300
CN-1	T-VI	PRODUC		10		440	16	3x30	4	12	1	12	21	0.80	CH	HOYER COMET N-1
CN-2	T-VI	PRODUC		10		440	16	3x30	4	12	1	12	26	0.98	CH	HOYER COMET N-2
VTA	T-VI	PRODUC		3.0		440	5	3X15	4	12	1	12	32	0.38	CH	CONT. PARA VENETA
HYT-1	T-VI	PRODUC		4.25		440	7	3X15	4	12	1	12	30	0.49	CH	CONT. PARA HOYSTAT-1
HYT-2	T-VI	PRODUC		4.25		440	7	3x15	4	12	1	12	27	0.49	CH	CONT. PARA HOYSTAT-2
HYT-3	T-VI	PRODUC		4.25		440	7	3x15	4	12	1	12	36	0.59	CH	CONT. PARA HOYSTAT-3
CVY-1	T-VI	PRODUC		1.80		440	3	3X15	4	12	1	12	26	0.18	CH	CONT. PARA CONVEYOR -1
CVY-2	T-VI	PRODUC		3.60		440	6	3x15	4	12	1	12	19	0.27	CH	2 CONT. PARA CONVEYOR -2
CVY-3	T-VI	PRODUC		1.80		440	3	3x15	4	12	1	12	23	0.16	CH	CONT. PARA CONVEYOR -3
FU-1	T-VI	PRODUC		4.25		440	7	3x15								CTTO. FUTURO 1
FU-2	T-VI	PRODUC		4.25		440	7	3x15								CTTO. FUTURO 2
FU-3	T-VI	PRODUC		4.25		440	7	3x15								CTTO. FUTURO 3
FU-4	T-VI	PRODUC		4.25		440	7	3x15								CTTO. FUTURO 4

### ALIMENTACION TAB-VI

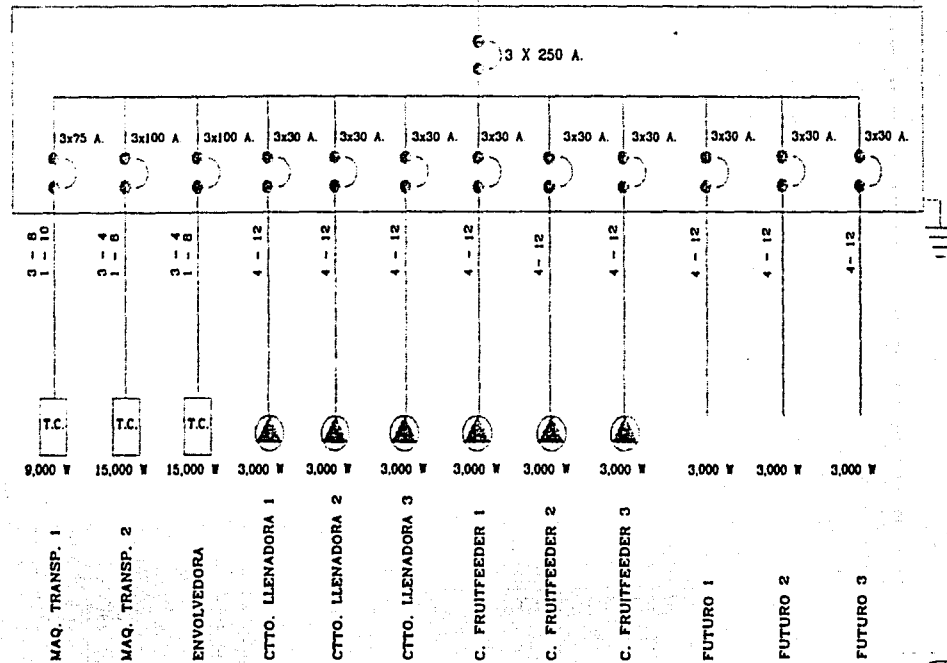
T-VI	CCM-3	MZ PROD.		86		440	140	3x300	4	2	1	8	84	2.75	CH	ALIM. TAB. VI, PRODUCCION
------	-------	----------	--	----	--	-----	-----	-------	---	---	---	---	----	------	----	---------------------------

## A CCM-4, PRODUCCION



TRANSF. 9  
440/220 V  
50 KVA.  
3 Ø

TAB. 6, 220V, 3F, 4H  
42 POLOS, C/INT. PRINCIPAL



## 3.7.2 TAB. No. 6, DISTRIB. PRODUCCION

EQUIPOS EN 220 V.

DIAG. UNIFILAR TAB. 6, PRODUC.

No.	FECHA	OBSERVACIONES
PLANOS DE REFERENCIA:		

## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

**3.7.2 TAB. 6: 220 V, 3F, 4H C/INT. PRINC.  
42 POLOS, DISTRIBUCION PRODUC.**

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
MT-1	TA-6	PROD.		9		220	30	3x75	3	8	1	10	26	1.06	CH	MAQ. TRANSPORTADORA 1
MT-2	TA-6	PROD.		15		220	50	3x100	3	4	1	8	33	1.22	CH	MAQ. TRANSPORTADORA 2
ENV	TA-6	PROD.		15		220	50	3x100	3	4	1	8	38	1.41	CH	ENVOLVEDORA
LL-1	TA-6	PROD.		3		220	10	3x30	3	12	1	12	30	1.42	CH	CTTO. LLENADORA No.1
LL-2	TA-6	PROD.		3		220	10	3x30	3	12	1	12	27	1.28	CH	CTTO. LLENADORA No.2
LL-3	TA-6	PROD.		3		220	10	3x30	3	12	1	12	24	1.18	CH	CTTO. LLENADORA No.3
FR-1	TA-6	PROD.		3		220	10	3x30	3	12	1	12	30	1.42	CH	CTTO. FRUITFEEDER No.1
FR-2	TA-6	PROD.		3		220	10	3x30	3	12	1	12	30	1.42	CH	CTTO. FRUITFEEDER No.2
FR-3	TA-6	PROD.		3		220	10	3x30	3	12	1	12	30	1.42	CH	CTTO. FRUITFEEDER No.3
FU-1	TA-6	PROD.		3		220	10	3x30								CTTO. FUTURO No.1
FU-2	TA-6	PROD.		3		220	10	3x30								CTTO. FUTURO No.2
FU-3	TA-6	PROD.		3		220	10	3x30								CTTO. FUTURO No.3

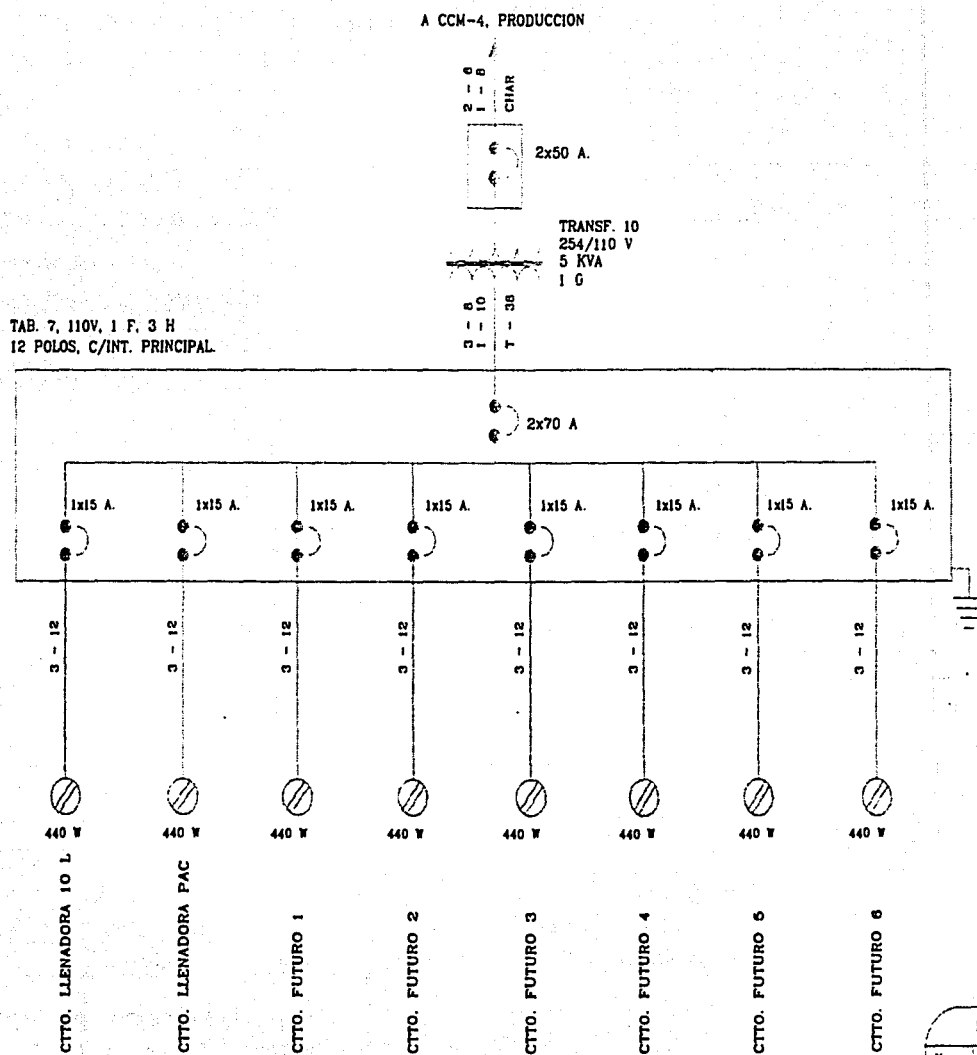
### ALIMENTACION TAB-6

TA-6	TR-9	TA-6		66		220	130	3x250	3	2	1	6	8	0.48	T-38	ALIM. TAB. 6, PRODUCCION
------	------	------	--	----	--	-----	-----	-------	---	---	---	---	---	------	------	--------------------------

### TRANSFORMADOR 9

CAPACIDAD 50 KVA.  
TENSION 440/220 V  
No. FASES 3

PRI.	CCM-3	MZPROD		50		440	131	3x150	3	2	1	6	82	1.15	CH	FZA. TRANSF. 9, PRODUC.
SEC.	TR-9	TAB. 6		50		220	65	3x250	4	2	1	6	8	0.48	T-38	ALIM. TAB. 6, PRODUCCION



3.7.3 TAB. No. 7, DISTRIB. PRODUCCION.

EQUIPOS EN 110 V.

DIAG. UNIF. TAB. 7, PRODUC.

No.	FECHA	OBSERVACIONES

PLANOS DE REFERENCIA:

### CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

3.7.3 TAB. 7: 110 V, 1 F, 3 H, C/INT. PRINC.  
12 POLOS, DISTRIB. PRODUCCION.

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
LL-1	TA-7	PROD.		0.44		110	5	1x15	2	12	1	12	33	1.57	CH	CTTO. LLENADORA 10 L
LL-2	TA-7	PROD.		0.44		110	5	1x15	2	12	1	12	31	1.47	CH	CTTO. LLENADORA PAC
FU-1	TA-7	PROD.		0.44		110	5	1x15							CH	CTTO. FUTURO 1
FU-2	TA-7	PROD.		0.44		110	5	1x15							CH	CTTO. FUTURO 2
FU-3	TA-7	PROD.		0.44		110	5	1x15							CH	CTTO. FUTURO 3
FU-4	TA-7	PROD.		0.44		110	5	1x15							CH	CTTO. FUTURO 4
FU-5	TA-7	PROD.		0.44		110	5	1x15							CH	CTTO. FUTURO 5
FU-6	TA-7	PROD.		0.44		110	5	1x15							CH	CTTO. FUTURO 6

#### ALIMENTACION TAB-7

TA-7	TR-10	TA-7		3.52		110	40	2x50	2	8	1	10	9	1.35	T-25	ALIM. TAB. 7, PRODUCCION
------	-------	------	--	------	--	-----	----	------	---	---	---	----	---	------	------	--------------------------

#### TRANSFORMADOR 10

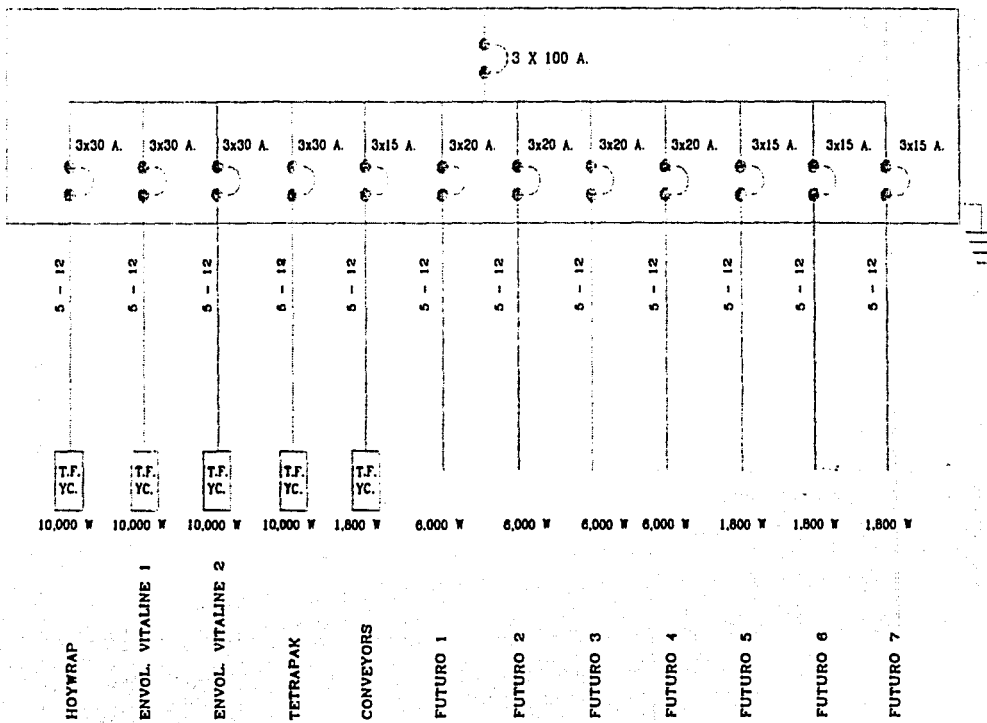
CAPACIDAD 5 KVA  
TENSIÓN 254/110 V  
No. FASES 1

PRI	CCM-3	MZ.PRO		5		254	19	2x50	2	6	1	8	84	1.63	CH	FZA. TRANSF. 10, PRODUC.
SEC	TR-10	TAB.7		5		110	45	2x70	2	8	1	10	9	1.52	T-25	ALIM. TAB. 7, PRODUCCION

## A CCM-4, PRODUCCION

TAB. VII. 440V. 3F. 4H  
42 POLOS, C/INT. PRINCIPAL

1 - 1/0  
1 - 0  
CIAR.



3.7.4 TAB. VII. DISTRIB. PRODUCCION.  
EQUIPOS EN 440 V.

## DIAGRAMA UNIFILAR, TABLERO VII

No.	FECHA	OBSERVACIONES

PLANOS DE REFERENCIA:



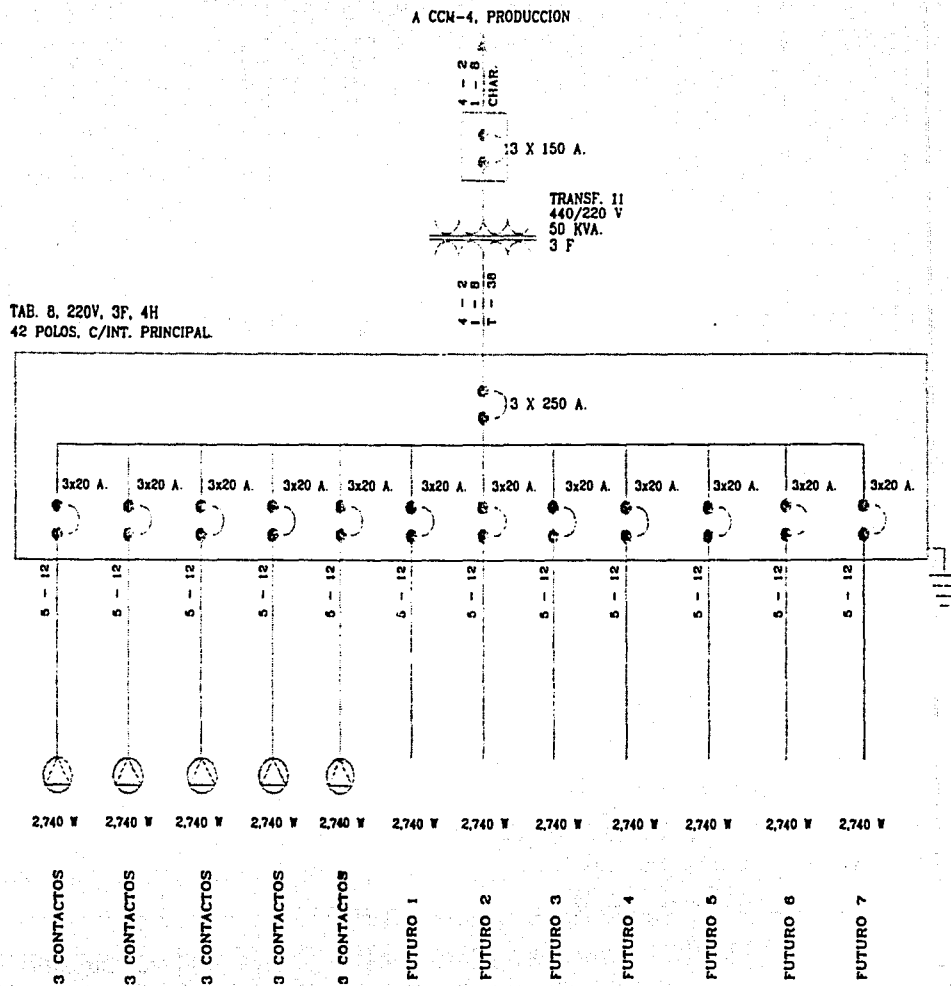
### CEDULA DE CABLES Y CONDUIT

3.7.4 TAB. VII: 440, 3 F, 4 H, C/INT. PRINC.  
TAB. DIST. PRODUC.

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
HYW	T-VII	PRODUC		10		440	16	3x30	4	12	1	12	25	0.95	CH	HOYRAP
VL-1	T-VII	PRODUC		10		440	16	3x30	4	12	1	12	22	0.83	CH	ENVOLVED. P/VITALINE 1
VL-2	T-VII	PRODUC		10		440	16	3x30	4	12	1	12	22	0.83	CH	ENVOLVED. P/VITALINE 2
TRP	T-VII	PRODUC		10		440	16	3x30	4	12	1	12	34	1.29	CH	TETRAPAK
CVY	T-VII	PRODUC		1.8		440	3	3x15	4	12	1	12	80	0.57	CH	CONVEYOR
FU-1	T-VII	PRODUC		6		440	10	3X20								FUTURO 1
FU-2	T-VII	PRODUC		6		440	10	3X20								FUTURO 2
FU-3	T-VII	PRODUC		6		440	10	3x20								FUTURO 3
FU-4	T-VII	PRODUC		6		440	10	3x20								FUTURO 4
FU-5	T-VII	PRODUC		1.8		440	3	3X15								FUTURO 5
FU-6	T-VII	PRODUC		1.8		440	3	3x15								FUTURO 6
FU-7	T-VII	PRODUC		1.8		440	3	3x15								FUTURO 7

#### ALIMENTACION TAB-VII

TA-VII	CCM-4	MZ PROD.		71.2		440	116	3x250	4	4	1	6	60	2.59	CH	ALIM. TAB. VII, PRODUCCION.
--------	-------	----------	--	------	--	-----	-----	-------	---	---	---	---	----	------	----	-----------------------------



TAB. 8. 220V. 3F. 4H  
42 POLOS. C/INT. PRINCIPAL.

3.7.5 TAB. No. 8, DISTRIB. PRODUCCION  
EQUIPOS EN 220 V.

DIAG. UNIFILAR TAB. 8. PROD.

No.	FECHA	OBSERVACIONES

PLANOS DE REFERENCIA:

## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

**3.7.5 TAB. 8: 220 V, 3F, 4H C/INT. PRINC.  
42 POLOS, DISTRIBUCION PRODUC.**

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG.	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
CT-1	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20	4	12	1	12	27	1.15	T-19	3 CONTACTOS 1
CT-2	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20	4	12	1	12	25	1.07	T-19	3 CONTACTOS 2
CT-3	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20	4	12	1	12	28	1.19	T-19	3 CONTACTOS 3
CT-4	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20	4	12	1	12	35	1.49	T-19	3 CONTACTOS 4
CT-5	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20	4	12	1	12	40	1.71	T-19	3 CONTACTOS 5
FU-1	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20								FUTURO No. 1
FU-2	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20								FUTURO No. 2
FU-3	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20								FUTURO No. 3
FU-4	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20								FUTURO No. 4
FU-5	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20								FUTURO No. 5
FU-6	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20								FUTURO No. 6
FU-7	TA-8	PROD.		2.7		220	9.0	3x20								FUTURO No. 7

### ALIMENTACION TAB-8

TA-8	TR-11	TAB-8		32.9		220	108	3x250	4	2	1	8	8	0.44	T-38	ALIM. TAB. 8. PRODUCCIÓN
------	-------	-------	--	------	--	-----	-----	-------	---	---	---	---	---	------	------	--------------------------

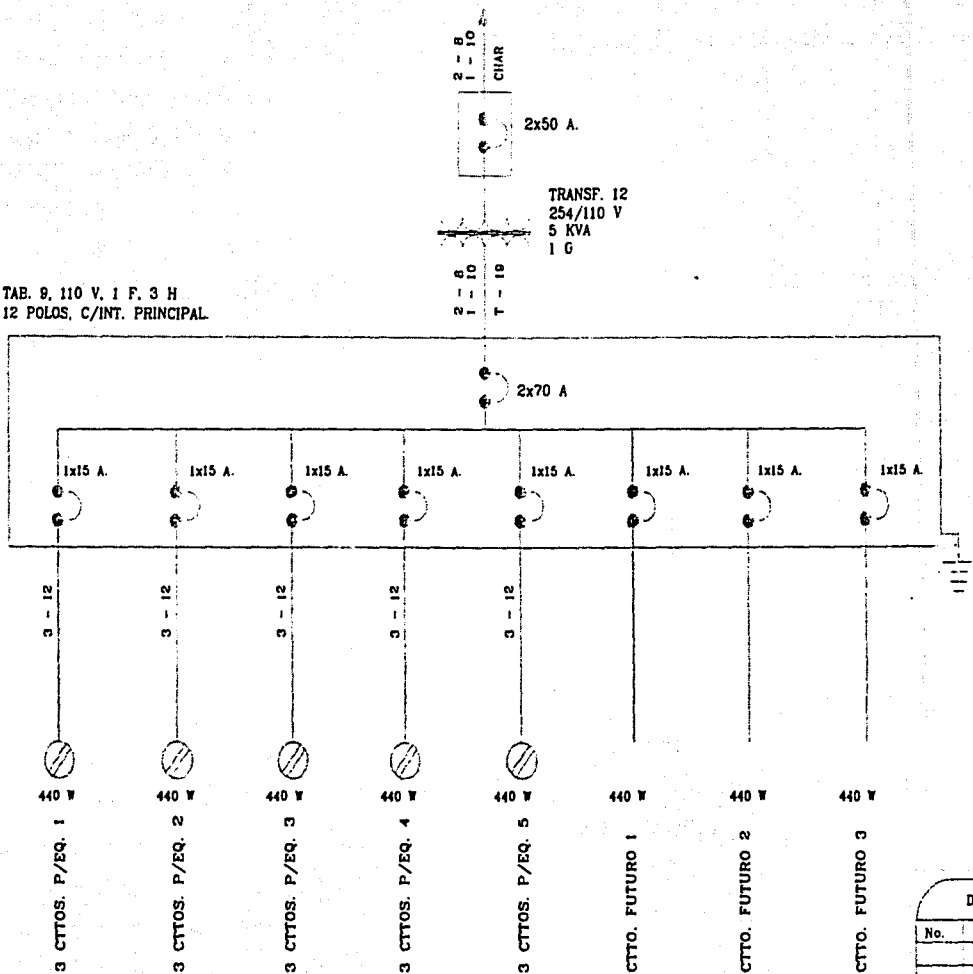
### TRANSFORMADOR 11

CAPACIDAD 50 KVA.  
TENSIÓN 440/ 220 V  
CORRIENTE 65/131 A

PRI.	CCM-3	MZ.PROD.		50		440	65	3x150	4	6	1	8	65	2.5	CH	FZA. TRANSF. 11, PRODUC.
SEC.	TR-11	TAB-8		50		220	131	3x250	4	2	1	8	8	0.24	T-38	ALIM. TAB. 8. PRODUCCIÓN.

A CCM-4. PRODUCCION

TAB. 9. 110 V. 1 F. 3 H  
12 POLOS, C/INT. PRINCIPAL.



3.7.6 TAB. No. 9. DISTRIB. PRODUCCION  
EQUIPOS EN 110 V

DIAC. UNIFILAR TAB. 9. PRODUC.		
No.	FECHA	OBSERVACIONES
PLANOS DE REFERENCIA:		

### CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

**3.7.6 TAB. 9: 110 V, 1 F, 3 H, C/INT. PRINC.  
12 POLOS, PRODUCCION.**

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
CT-1	TA-9	PROD.		0.44		110	5	1x15	2	12	1	12	27	1.28	T-19	3 CONTACTOS 1
CT-1	TA-9	PROD.		0.44		110	5	1x15	2	12	1	12	25	1.19	T-19	3 CONTACTOS 2
CT-1	TA-9	PROD.		0.44		110	5	1x15	2	12	1	12	28	1.33	T-19	3 CONTACTOS 3
CT-1	TA-9	PROD.		0.44		110	5	1x15	2	12	1	12	35	1.66	T-19	3 CONTACTOS 4
CT-1	TA-9	PROD.		0.44		110	5	1x15	2	12	1	12	40	1.9	T-19	3 CONTACTOS 5
CT-1	TA-9	PROD.		0.44		110	5	1x15								FUTURO 1
CT-1	TA-9	PROD.		0.44		110	5	1x15								FUTURO 2
CT-1	TA-9	PROD.		0.44		110	5	1x15								FUTURO 3

#### ALIMENTACION TAB-9

TA-9	TR-12	TA-9		3.52		110	40	2x70	2	8	1	10	6	0.90	T-19	ALIM. TAB. 9, PRODUCCION
------	-------	------	--	------	--	-----	----	------	---	---	---	----	---	------	------	--------------------------

#### TRANSFORMADOR 12

CAPACIDAD      5 KVA  
TENSION        254/110 V  
No. FASES      1

PRI.	CCM-4	MZ-PROD		5		254	19.7	2x50	2	8	1	10	60	1.92	CH	FZA. TRANSF. 12, PRODUC.
SEC.	TR-12	TAB-9		5		110	45.5	2x70	2	8	1	10	6	1.03	T-19	ALIM. TAB. 9, PRODUCCION

A CCM-4. PRODUCCION

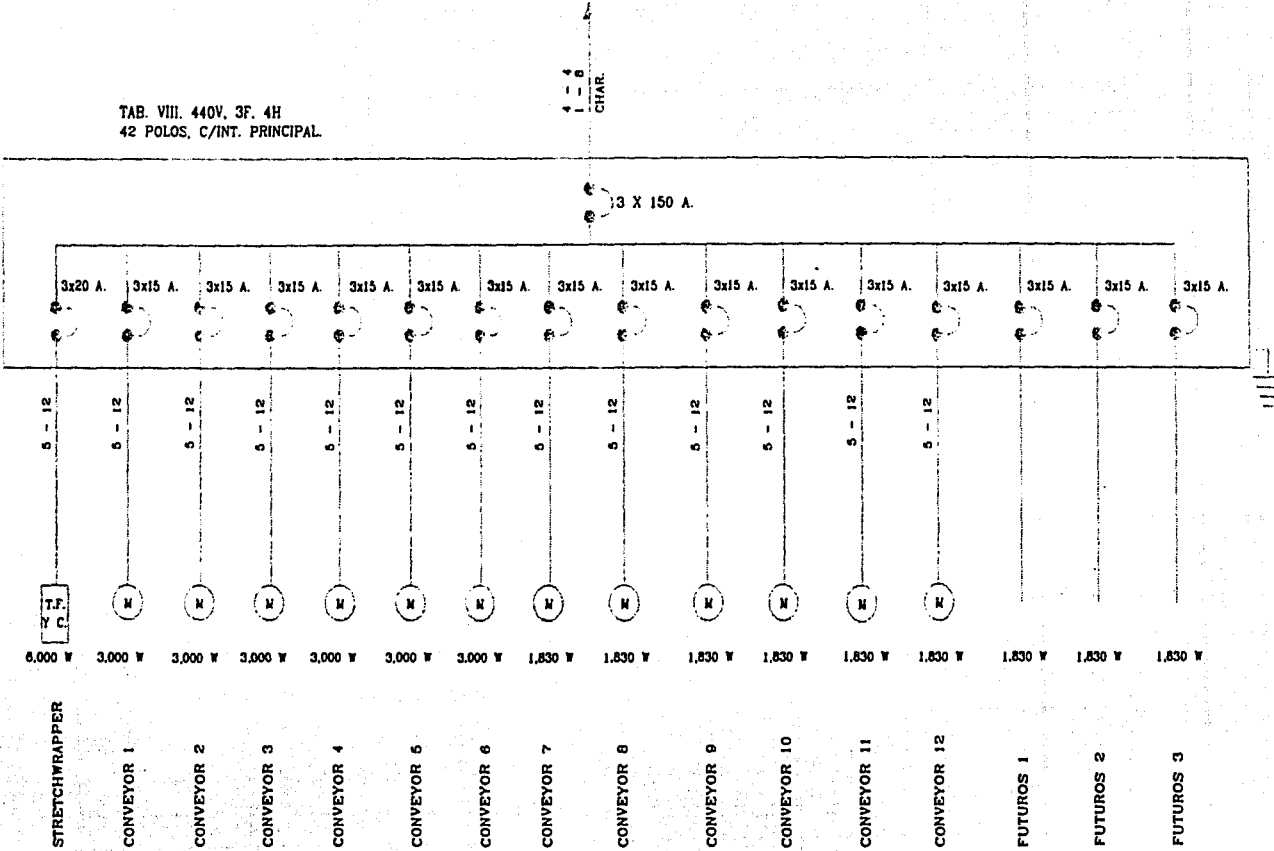
TAB. VIII. 440V. 3F. 4H  
42 POLOS, C/INT. PRINCIPAL.3.7.7 TAB. VIII. DISTRIB. PRODUCCION  
EQUIPOS EN 440 V.

DIAGRAMA UNIFILAR TABLERO VIII. PRODUC.

No. FECHA OBSERVACIONES

PLANOS DE REFERENCIA:

## CEDULA DE CABLE Y CONDUIT

### 3.7.7 TABLERO VIII: 440V, 3F, 4H, C/INT.PRINC EQUIPOS DE PRODUCCION.

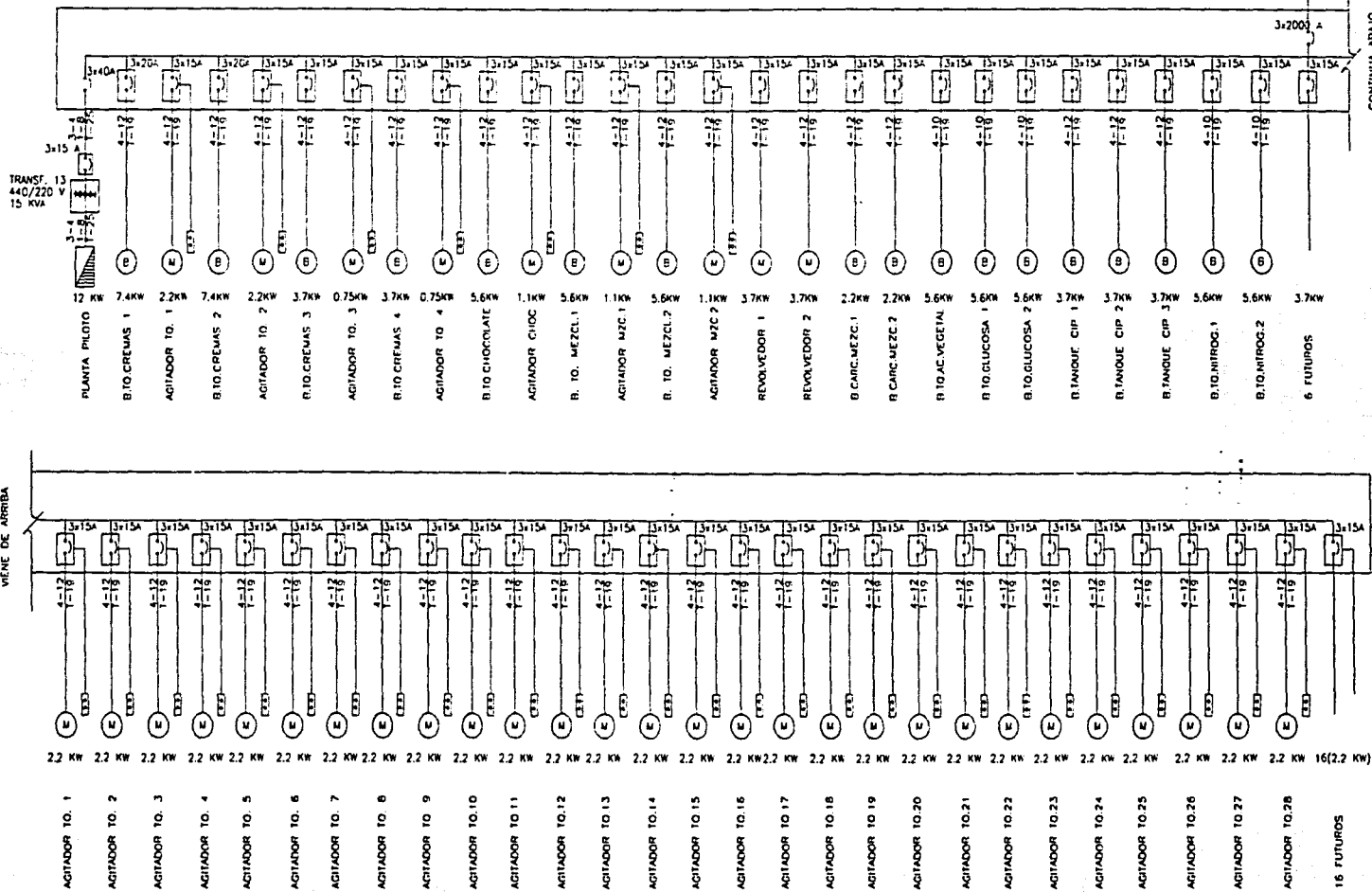
EQ. No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LONG.	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
STW	T-VIII	PROD.		6.0		440	10	3x20	4	12	1	12	40	0.95	CH	STRETCHWRAPPER.
CVY-1	T-VIII	PROD		3.0		440	5	3x15	4	12	1	12	40	0.48	CH	CONVEYOR 1
CVY-2	T-VIII	PROD		3.0		440	5	3x15	4	12	1	12	40	0.48	CH	CONVEYOR 2
CVY-3	T-VIII	PROD		3.0		440	5	3x15	4	12	1	12	40	0.48	CH	CONVEYOR 3
CVY-4	T-VIII	PROD		3.0		440	5	3x15	4	12	1	12	40	0.48	CH	CONVEYOR 4
CVY-5	T-VIII	PROD		3.0		440	5	3x15	4	12	1	12	40	0.48	CH	CONVEYOR 5
CVY-6	T-VIII	PROD		3.0		440	5	3x15	4	12	1	12	40	0.48	CH	CONVEYOR 6
CVY-7	T-VIII	PROD		1.83		440	3	3x15	4	12	1	12	40	0.29	CH	CONVEYOR 7
CVY-8	T-VIII	PROD		1.83		440	3	3x15	4	12	1	12	40	0.29	CH	CONVEYOR 8
CVY-9	T-VIII	PROD		1.83		440	3	3x15	4	12	1	12	40	0.29	CH	CONVEYOR 9
CY-10	T-VIII	PROD		1.83		440	3	3x15	4	12	1	12	40	0.29	CH	CONVEYOR 10
CY-11	T-VIII	PROD		1.83		440	3	3x15	4	12	1	12	40	0.29	CH	CONVEYOR 11
CY-12	T-VIII	PROD		1.83		440	3	3x15	4	12	1	12	40	0.29	CH	CONVEYOR 12
FUT-1	T-VIII	PROD		1.83		440	3	3x15								FUTURO 1
FUT-2	T-VIII	PROD		1.83		440	3	3x15								FUTURO 2
FUT-3	T-VIII	PROD		1.83		440	3	3x15								FUTURO 3

### ALIMENTACION TAB. VIII.

T-VIII	CCM-4	MZ-PROD		40.5		440	67	3x150	4	4	1	8	48	1.20	CH	ALIM. TAB. VIII, PRODUC.
--------	-------	---------	--	------	--	-----	----	-------	---	---	---	---	----	------	----	--------------------------

A SE. INTERRUPTOR E

CCM 5. PROCESO  
440 V. 3 F. 4 H.



3.8.- C.C.M. No. 5. PROCESO

DIAGRAMA UNIPILAR



**CEDULA DE CABLE Y CONDUIT**

**3.8.- CCM-5: 440V, 3F, 4H, C/INT.PRINCIPAL  
AREA DE PROCESO.**

EQUI PO	EQUIPO							CONDUCTORES				LON	%e	CAN ALIZ	SERVICIOS	
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A	INT	FUERZA		TIERRA					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT					CAL
P.PIL	CCM-5	CCM-5			15	440	19	3x40	3	6	1	8	10	0.11	T-25	ALIM PLANTA PILOTO
TO1C	CCM-5	CREMAS	7.4			440	13.6	3x20	3	12	1	12	25	0.80	1-19	B TANQUE CREMAS 1
AGC1	CCM-5	CREMAS	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	25	0.26	1-19	AGITADOR TO 1 CRF-MAS
TO2C	CCM-5	CREMAS	7.4			440	13.6	3x20	3	12	1	12	28	0.89	1-19	B TANQUE CREMAS 2
AGC2	CCM-5	CREMAS	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	28	0.29	1-19	AGITADOR TO 2 CREMAS
TO3C	CCM-5	CREMAS	3.7			440	7.2	3x15	3	12	1	12	32	0.55	1-19	B TANQUE CRF-MAS 3
AGC3	CCM-5	CREMAS	0.75			440	2.0	3x15	3	12	1	12	32	0.15	1-19	AGITADOR TO 3 CRF-MAS
TO4C	CCM-5	CREMAS	3.7			440	7.2	3x15	3	12	1	12	35	0.56	1-19	B TANQUE CRF-MAS 4
AGC4	CCM-5	CREMAS	0.75			440	2.0	3x15	3	12	1	12	35	0.16	1-19	AGITADOR TO 4 CREMAS
TOCI1	CCM-5	CIOCC	5.6			440	10	3x15	3	12	1	12	29	0.69	1-19	MEZCLADOR CHOCO/AITE
AGCH	CCM-5	CIOCC	1.1			440	2.65	3x15	3	12	1	12	29	0.18	1-19	AGITADOR MEZCL CHOCO
TOM1	CCM-5	MEZC	5.6			440	10	3x15	3	12	1	12	38	0.90	1-19	B TANQUE MEZCLADO 1
AGM1	CCM-5	MEZC	1.1			440	2.65	3x15	3	12	1	12	38	0.24	1-19	AGITADOR TO MEZCLADO 1
TOM2	CCM-5	MEZC	5.6			440	10	3x15	3	12	1	12	45	1.06	1-19	B TANQUE MEZCLADO 2
AGM2	CCM-5	MEZC	1.1			440	2.65	3x15	3	12	1	12	45	0.28	1-19	AGITADOR TO MEZCLADO 2
RE1	CCM-5	MEZC	3.7			440	7.2	3x15	3	12	1	12	50	0.85	1-19	REVOLVEDORA 1 EN MEZC
RE2	CCM-5	MEZC	3.7			440	7.2	3x15	3	12	1	12	55	0.93	1-19	REVOLVEDORA 2 EN MEZC
CM1	CCM-5	MEZC	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	60	0.64	1-19	B CARGAMO MAI RECIP 1
CM2	CCM-5	MEZC	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	64	0.68	1-19	B CARGAMO MAI RECIP 2
AV	CCM-5	TO V	5.6			440	10	3x15	3	12	1	12	59	1.39	1-19	B TANQUE AGIT/ V. GE. IAI
GLC1	CCM-5	TO G1	5.6			440	10	3x15	3	12	1	12	62	1.47	1-19	B TANQUE DE GLUCOSA 1
GLC2	CCM-5	TO G2	5.6			440	10	3x15	3	12	1	12	62	1.47	1-19	B TANQUE DE GLUCOSA 2
TCIP-1	CCM-5	CIP	3.7			440	7.2	3x15	3	12	1	12	79	1.35	1-19	B TANQUE 1 CIP
TCIP-2	CCM-5	CIP	3.7			440	7.2	3x15	3	12	1	12	83	1.41	1-19	B TANQUE 2 CIP
TCIP-3	CCM-5	CIP	3.7			440	7.2	3x15	3	12	1	12	87	1.47	1-19	B TANQUE 3 CIP
T-NIT1	CCM-5	TO NIT	5.6			440	10	3x15	3	10	1	10	95	1.42	1-19	B TANQUE 1 NITROGENO
T-NIT2	CCM-5	TO NIT	5.6			440	10	3x15	3	10	1	10	99	1.48	1-19	B TANQUE 2 NITROGENO
G-FUT1	CCM-5		6(3.7)			440	6(7.2)	6(3x15)								G FUTUROS
AG-1	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	41	0.74	CH	TANQUE 1 MADURACION
AG-2	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	35	0.63	CH	TANQUE 2 MADURACION
AG-3	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	44	0.79	CH	TANQUE 3 MADURACION
AG-4	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	38	0.69	CH	TANQUE 4 MADURACION
AG-5	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	47	0.85	CH	TANQUE 5 MADURACION
AG-6	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	41	0.74	CH	TANQUE 6 MADURACION
AG-7	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	50	0.90	CH	TANQUE 7 MADURACION
AG-8	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	44	0.79	CH	TANQUE 8 MADURACION
AG-9	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	53	0.95	CH	TANQUE 9 MADURACION
AG-10	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	47	0.85	CH	TANQUE 10 MADURACION
AG-11	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	56	1.00	CH	TANQUE 11 MADURACION
AG-12	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	50	0.90	CH	TANQUE 12 MADURACION
AG-13	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	59	1.06	CH	TANQUE 13 MADURACION
AG-14	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	53	0.95	CH	TANQUE 14 MADURACION
AG-15	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	62	1.11	CH	TANQUE 15 MADURACION
AG-16	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	56	1.00	CH	TANQUE 16 MADURACION
AG-17	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	65	1.17	CH	TANQUE 17 MADURACION
AG-18	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	59	1.06	CH	TANQUE 18 MADURACION
AG-19	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	68	1.27	CH	TANQUE 19 MADURACION
AG-20	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	62	1.11	CH	TANQUE 20 MADURACION
AG-21	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	71	1.27	CH	TANQUE 21 MADURACION
AG-22	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	65	1.17	CH	TANQUE 22 MADURACION
AG-23	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	74	1.33	CH	TANQUE 23 MADURACION
AG-24	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	68	1.22	CH	TANQUE 24 MADURACION
AG-25	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	77	1.38	CH	TANQUE 25 MADURACION
AG-26	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	71	1.27	CH	TANQUE 26 MADURACION
AG-27	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	80	1.44	CH	TANQUE 27 MADURACION
AG-28	CCM-5	MADUR	2.2			440	4.5	3x15	3	12	1	12	74	1.33	CH	TANQUE 28 MADURACION
16FUT	CCM-5	MADUR	16(2)			440	16(4)	3x15								16 FUTUROS TO MADURAC

**ALIMENTACION CCM-5**

CCM-5	SE	CCM-3	218	15	440	447	3x600	6	500	1	500	195	1.13	CHAR	FZA CCM-5 PROCESO
-------	----	-------	-----	----	-----	-----	-------	---	-----	---	-----	-----	------	------	-------------------

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

100 30571  
100 30571  
100 30571

# CAPITULO 4

---

## SUBESTACION PRINCIPAL.

- 4.1.- Tablero general de distribución.
  - 4.1.1.- Cálculo de alimentador Sistema de Alumbrados.
  - 4.1.2.- Cálculo de alimentador CCM-1, Servicios.
  - 4.1.3.- Cálculo de alimentador CCM-2, Compresores.
  - 4.1.4.- Cálculo de Alimentador Principal No. 1
  - 4.1.5.- Cálculo de alimentador CCM-3, Salas frías.
  - 4.1.6.- Cálculo de alimentador CCM-4, Producción.
  - 4.1.7.- Cálculo de alimentador CCM-5, Proceso.
  - 4.1.8.- Cálculo de Alimentador Principal No. 2
  
- 4.2.- Transformadores de distribución.
  - 4.2.1.- Cálculo de la capacidad de transformadores.
  - 4.2.2.- Corriente total en alta tensión.
  
- 4.3.- Banco de capacitores.
  - 4.3.1.- Componentes.
  - 4.3.2.- Filtros de Armónicas.
  
- 4.4.- Subestación en M. T., 34.5 kV.
  
- 4.5.- Alimentador subterráneo M. T., 34.5 Kv.
  - 4.5.1 Fabricación de cables de energía.
  - 4.5.2 Manejo y almacenamiento.
  - 4.5.3 Instalación.
  - 4.5.4 Fallas, causas y recomendaciones.
  - 4.5.5 Selección de calibres.
  - 4.5.6 Pruebas en campo.
  
- 4.6.- Acometida en M. T., 34.5 kV.



#### 4.1.- TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN.

Estos equipos proporcionan los medios convenientes para la distribución de la energía eléctrica, para usarse como equipo de acometida, o como en nuestro caso que es utilizado como centro principal de distribución de ésta instalación tipo industrial.

Estos gabinetes son estructuras totalmente cerrados, autosoportados y contienen interruptores para la protección contra sobrecorriente de circuitos derivados, aunque difieren un poco en cuanto a marcas en su configuración y construcción, se mostrara el caso del equipo instalado, de FPower de Federal Pasific, cuyos tableros son modulares, que están formados por 5 secciones básicas:

##### LVME PLUS.

- Sección principal.
- Sección alimentadores derivados (fuerza).
- Sección principal /enlace.

##### LVME/HCBD PLUS.

- Sección combinación.

##### HCBD PLUS.

- Sección distribución.

En estas secciones básicas se contienen dispositivos para la protección contra sobrecorriente de dos tipos:

- Interruptores automáticos de caja moldeada FPower.
- Interruptores de potencia Masterpact NW.

El tablero de distribución por ser FPower modular y aceptar dos tipos de interruptores nos ofrece:

- Acceso total por el frente y por atrás.
- Capacidad nominal hasta 6,300 Amp.
- Voltaje de 600 Vca o 250 Vcd.
- Construcción tipo 1 a tipo 3R (bajo requerimiento).
- Compartimiento para medición.
- Secciones auxiliares o de transición.
- Totalmente ensamblado en fábrica.

LVM PLUS: Este es el equipo que se utilizará en nuestro trabajo

- Sección de alimentadores derivados (fuerza).**

Se recomienda para sistemas de distribución donde la capacidad y el tipo y protección adecuada es con interruptores derivados Masterpact NW.

Este tipo de sección puede alojar en su interior hasta cuatro interruptores derivados, de 800 Amp. de montaje fijo y operación manual bajo requerimiento especial.

La capacidad de corriente nominal máxima por sección es de 3,200 Amp. y por su característica modular pueden realizarse arreglos en varias secciones, a través de la barra principal estándar hasta 4,000 Amp.

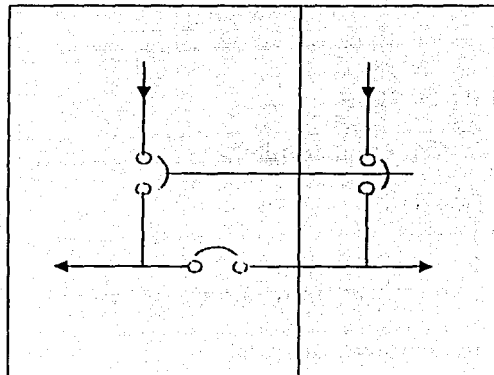
En el orden de los sistemas de distribución en baja tensión se ubican estas secciones de alimentadores derivados, que contienen interruptores Masterpact NW después de las secciones principales, es decir son alimentadas por secciones principales con interruptores de mayor capacidad, normalmente de acuerdo a la capacidad total del sistema.

#### **-Sección de interruptor principal-enlace.**

En sistemas de distribución se consideran más de una acometida o fuente de alimentación, como en nuestro caso desde dos transformadores, con el propósito de proveer una continuidad en el servicio, sobre a todo en sus cargas críticas.

Estos tableros ofrecen en esta sección principal-enlace cumplir con esta función, en una misma sección es posible alojar un interruptor principal y un interruptor de enlace de la misma capacidad con o sin unidad de control como se requiera, ya que su operación normalmente es abierto y únicamente cerrará cuando alguno de los dos interruptores principales abre por alguna falla, el que esta en la misma sección o el que esta en otra sección principal, de esta manera conecta al bus principal que esta dividido, permitiendo la continuidad del servicio.

En seguida mostramos el arreglo de esta sección



A SUBESTACION

3 - 1/0  
1 - 1/0 D

CHAR.

TABLERO GENERAL DE DISTRIB.  
440 V, 3 F, 4 H

TRANSF. I  
34.5 kV/440 V  
2.5 MVA  
3 Ø

24 - 500  
2 - 400  
2 - 350 T.  
CHAR.

ALIMENTADOR 1

3x5000 3x1200 3x1200 3x2000

3x3000 3x1200 3x2500 3x800 3x4000

TRANSF. II  
34.5 kV/440 V  
2.5 MVA  
3 Ø

18 - 600  
1 - 500 D  
CHAR.

ALIMENTADOR 2

6 - 500  
2 - 400  
1 - 3/0 D  
CHAR.

6 - 350  
1 - 3/0 D  
CHAR.

12 - 500  
1 - 250 D  
CHAR.

6 - 500  
1 - 3/0 D  
CHAR.

12 - 400  
1 - 350 D  
CHAR.

3 - 500  
1 - 1/0 D  
CHAR.



CCM 1

CCM 2

CCM 3

CCM 4

CCM 5

665 kW

668 kW

1,561 kW

672 kW

1270 kW

230 kW

INT. ELECTROMAG. 1

TAB. I, ALUMB.Y CTOS.

CCM-1, SERVICIOS

CCM-2 COMPRESORES

INT. ELECTROMAG. 3  
ENLACE

CCM-3, SALAS FRIAS

CCM-4 PRODUCCION

CCM-5 PROCESO

INT. ELECTROMAG. 2

4.1.- TAB. GENERAL DE DISTRIBUCION

DIAGRAMA UNIFILAR

DIAG. UNIF. TAB. GENERAL DE DISTRIB.

No. FECHA OBSERVACIONES

PLANOS DE REFERENCIA:

## CEDULA DE CABLES Y CONDUIT

4.1.- TAB. GEN. DE DISTRIB. 440 V. 3F, 4H C/INT.  
EN SUBESTACION PRINCIPAL.

## SECCION "A"

EQU No.	EQUIPO							INT	CONDUCTORES				LON	%e	CANA LIZAC	SERVICIOS
	ALIMENTADO		POTENCIA			V	A		FUERZA		NEUTRO+T					
	DE	A	HP	KW	KVA				CANT	CAL	CANT	CAL				
S.A.	S.E.	CCM-4		685		440	1.057	3x1200	6	500	2+1	400+3/0	130	1.62	CHAR	ALIM.SIST GEN.DE ALUMB.
CCM1	S.E.	C.C.M.-1		668		440	1.031	3X1200	6	350	0+1	0+3/0	45	0.69	CHAR	ALIM.C.C.M.-1.SERVICIOS
CCM2	S.E.	C.C.M.-2		1561		440	2.410	3x2000	12	500	0+1	0+250	110	1.62	CHAR	ALIM.C.C.M.-2.COMPRES

## ALIMENTADOR 1

AL-1	TR-I	T.G.D.		2914		440	4.498	3x5000	24	500	2+2	400+350	15	0.23	CHAR	ALIMENTAC.SECCION "A"
------	------	--------	--	------	--	-----	-------	--------	----	-----	-----	---------	----	------	------	-----------------------

## SECCION "B"

CCM3	S.E.	C.C.M.-3		672		440	1.044	3x1200	6	500	0+1	0+3/0	105	1.40	CHAR	ALIM.C.C.M.-3.SALAS FRIAS.
CCM4	S.E.	C.C.M.-4		1270		440	1.960	3x2500	12	400	0+1	0+350	140	1.87	CHAR	ALIM.C.C.M.-4.PRODUCCION.
CCM5	S.E.	C.C.M.-5		230		440	355	3x600	3	500	0+1	0+1/0	195	1.74	CHAR	ALIM.C.C.M.-5.PROCESO.

## ALIMENTADOR 2

AL-2	TR-II	T.G.D.		2172		440	3.359	3x4000	18	500	0+1	0+500	25	0.35	CHAR	ALIMENTAC. SECCION "B"
------	-------	--------	--	------	--	-----	-------	--------	----	-----	-----	-------	----	------	------	------------------------



#### 4.1.1.- Cálculo de alimentadores, Sistema de Alumbrado.

Carga total instalada (CTI) = 685 kW; considerando  $f_p = 0.85$

$$\text{De In} = \frac{CTI \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{685 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} \\ = 1,057 \text{ A.}$$

Estimación de la demanda máxima (EDM):

Considerando Factor de Demanda (FD) = 70 %

Exceso sobre (Ex) = 140 kW.

De la ecuación:  $EDM = (CTI - Ex) \times FD + Ex$   
 $= (685 - 140) \times 0.70 + 140$   
 $= 521 \text{ kW.}$

- Por capacidad de conducción, considerando  $f_p = 0.85$

$$I_e = \frac{EDM \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{521 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 804.3 \text{ A.}$$

Conductor necesario: cal. 800 kCM con capacidad de 815 A., un solo conductor al aire libre o en charola, con aislamiento de 75 °C.

Por facilidad de instalación y conexión en los interruptores de los equipos se recomienda utilizar dos conductores por fase, quedando:

$$I_c = I_e/2 = 804/2 = 402 \text{ A. por conductor.}$$

Le corresponde un calibre de 250 kCM con capacidad de conducción de 405 A. En charola, con aislamiento de 75 °C.

Factores de corrección por:

Temperatura  $F_{CT} = 0.94$  De tabla 1-14, para 31-35 de temperatura ambiente.

Agrupamiento  $F_{CA} = 0.74$  De tabla 1-16 en charola, con cantidad de cables de: 6 horizontal y 2 vertical.

Capacidad de conducción modificada:

$$I_m = \frac{I_c}{F_{CT} \times F_{CA}} = \frac{402}{0.94 \times 0.74} = 578 \text{ A.}$$

Correspondiendo en vez del cal. 250 kCM. uno de 500 kCM con capacidad de 620 A.

- Por caída de tensión, considerando % e menor o igual a 2, con longitud (L) = 130 m.

Área mínima del conductor (S)

$$S = \frac{2(1.73) L I_c}{V \times \% e} = \frac{2(1.732) 130 \times 402}{440 \times 2} = 206 \text{ mm}^2$$

Corresponde al conductor cal. 500 kCM, con  $S = 253.4 \text{ mm}^2$ , que cumple con ambos criterios. Utilizándose dos conductores por fase.

Calculando la caída de tensión con el área del conductor seleccionado:

$$\% e = \frac{2(1.732)I_e L_c}{V \times S} = \frac{2(1.732) 130 \times 402}{440 \times 253.4} = 1.62 \% \text{ es menor a } 2\%.$$

- *Cálculo del conductor neutro.* Debe soportar la corriente máxima de desbalanceo, que es igual a la corriente de la fase más cargada.

$$\text{Para } I = \frac{1,057}{2}, = 528.5 \text{ A. (Utilizando dos conductores cal. 400 kCM), como neutro.}$$

- *Protección de sobrecarga (Psc).* Se seleccionara según la capacidad de conducción del cable y no ser mayor del 125 %

Cable cal. 500 kCM, capacidad: 620 A. x 2 conductores = 1,240 A.

$$1,240 \times 1.25 = 1,550 \text{ A.}$$

Psc menor o igual que 3 x 1500 A.

Consideraremos el interruptor termomagnético de 3 x 1,200 A.

- *Protección contra corto circuito (Pcc).* Considerando el interruptor termomagnético no deberá exceder del 400 % de Ie.

$$Pcc \text{ menor o igual que: } 4 \times I_e = 4 \times 804 \text{ A} = 3,216 \text{ A.}$$

Podría seleccionarse el de 3 x 2,500 ó 3 x 3,000 de capacidad interruptiva.

- *Conductor de puesta a tierra.* Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de 3 x 1,200 A. le corresponde un conductor cal 3/0 desnudo.

#### 4.1.2.- Cálculo de alimentador, CCM-1, Servicios.

Carga total instalada (C<sub>TI</sub>) = 668 kW; considerando f<sub>p</sub> = 0.85

$$\text{De } I_n = \frac{C_{TI} \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{668 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 1,031 \text{ A.}$$

Estimación de la demanda máxima (EDM):

Considerando Factor de Demanda (F<sub>D</sub>) = 60 %

Exceso (Ex) = 100 kW.

$$\begin{aligned} \text{De la ecuación: } EDM &= (C_{TI} - Ex) \times F_D + Ex \\ &= (668 - 100) \times 0.60 + 100 \\ &= 441 \text{ kW.} \end{aligned}$$

- *Por capacidad de conducción,* considerando f<sub>p</sub> = 0.85

$$I_e = \frac{EDM \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{441 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 680.8 \text{ A.}$$

Conductor necesario: cal. 600 kCM con capacidad de 690 A., un solo conductor al aire libre o en charola, con aislamiento de 75 °C.

Por facilidad de instalación y conexión en los interruptores de los equipos se recomienda utilizar dos conductores por fase, quedando:

$$I_c = I_e/2 = 680/2 = 340 \text{ A. por conductor.}$$

Le corresponde un calibre de 4/0 AWG con capacidad de conducción de 360 A. En charola, con aislamiento de 75 °C.

Factores de corrección por:

Temperatura  $F_{CT} = 0.94$  De tabla 1-14

Agrupamiento  $F_{CA} = 0.74$  De tabla 1-16 en charola, con cantidad de cables de: 6 horizontal y 2 vertical.

Corriente de conducción modificada:

$$I_m = \frac{I_c}{F_{CT} \times F_{CA}} = \frac{340}{0.94 \times 0.74} = 489 \text{ A.}$$

Observándose que en vez del cal. 4/0 AWG, será uno de 350 kCM con capacidad de 505 A.

- *Por caída de tensión*, considerando % e menor o igual al 2 %, con longitud (L) = 45 m, calculando la sección mínima del conductor (S)

$$S = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times \% e} = \frac{2(1.732) \times 45 \times 340}{440 \times 2} = 60 \text{ mm}^2$$

Corresponde a un conductor cal. 2/0 AWG, con S = 67.43 mm<sup>2</sup>.

Como por capacidad de conducción, el calibre es mayor, y cumple con ambos criterios, el conductor seleccionado es cal. 350 kCM. Utilizándose dos conductores por fase.

Calculando la caída de tensión, con el área del conductor S = 177.3 mm<sup>2</sup>:

$$\% e = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times S} = \frac{2(1.732) 45 \times 340}{440 \times 177.3} = 0.68 \% \text{ es menor al } 2.0\%$$

- *Protección de sobrecarga (Psc)*. Será según la capacidad de conducción del cable y no ser mayor del 125 %

Para cable cal. 350 kCM: capacidad: 505 A. x 2 cond. = 1,010 A.

$$1,010 \times 1.25 = 1,262 \text{ A.}$$

Psc menor o igual que 3 x 1,200 A.

Consideraremos el interruptor termomagnético de 3 x 1,200 A.

- *Protección contra corto circuito (Pcc)*. Considerando el interruptor termomagnético no deberá exceder del 400 % de Ie.

Pcc menor o igual que: 4 x Ie = 4 x 680 A = 2,723 A.

Podría seleccionarse el de 3 x 2,500 de capacidad interruptiva.

- *Conductor de puesta a tierra*. Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de 3 x 1,200 A. le corresponde un conductor cal. 3/0 AWG desnudo.

#### 4.1.3.- Cálculo de alimentador CCM-2, Compresores.

Carga total instalada ( $C_{TI}$ ) = 1,561 kW; considerando  $f_p = 0.85$

$$\text{De } I_n = \frac{C_{TI} \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{1,561 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 2,410 \text{ A.}$$

Estimación de la demanda máxima (EDM):

$$\begin{aligned} \text{Considerando Factor de Demanda (FD)} &= 60 \% \\ \text{Exceso (Ex)} &= 250 \text{ kW.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{De la ecuación: } EDM &= (C_{TI} - Ex) \times FD + Ex \\ &= (1,561 - 250) \times 0.60 + 250 \\ &= 1,036 \text{ kW.} \end{aligned}$$

- Por capacidad de conducción, considerando  $f_p = 0.85$

$$I_c = \frac{EDM \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{1,036 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 1,600 \text{ A.}$$

Por facilidad de instalación y conexión en los interruptores de los equipos se recomienda utilizar cuatro conductores por fase, quedando:

$$I_c = I_c/4 = 1,600/4 = 400 \text{ A. por conductor.}$$

Le corresponde un calibre de 250 kCM con capacidad de conducción de 405 A. En charola, con aislamiento de 75 °C.

Factores de corrección por:

Temperatura  $F_{CT} = 0.94$  De tabla 1-14

Agrupamiento  $F_{CA} = 0.70$  De tabla 1-16 en charola, con cantidad de cables de: 5 horizontal y 3 vertical.

Corriente de conducción modificada:

$$I_m = \frac{I_c}{F_{CT} \times F_{CA}} = \frac{400}{0.94 \times 0.70} = 607 \text{ A.}$$

Correspondiendo en vez del cal. 250 kCM, el cal. 500 kCM con capacidad de 620 A.

- Por caída de tensión, considerando %  $e$  menor o igual al 2 %, con longitud ( $L$ ) = 110 m.

Calculando el área mínima del conductor ( $S$ )

$$S = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times \% e} = \frac{2(1.732) 110 \times 400}{440 \times 2} = 173 \text{ mm.}^2$$

Corresponde a un conductor cal. 350 kCM con  $S = 177.3 \text{ mm.}^2$

Como por capacidad de conducción el calibre es mayor que por caída de tensión, el conductor seleccionado es cal. 500 kCM, que cumple con ambos criterios, utilizándose cuatro conductores por fase.

Calculando la caída de tensión con el área del conductor seleccionado,  $S = 253.4 \text{ mm}^2$ :

$$\% e = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times S} = \frac{2(1.732) 110 \times 400}{440 \times 253.4} = 1.62 \% \text{ es menor al } 2. \%$$

- *Protección de sobrecarga (Psc)*. Debe corresponder con la capacidad de conducción del cable y no ser mayor del 125 %

Cable cal. 500 kCM: capacidad:  $620 \text{ A.} \times 4 \text{ cond.} = 2,480 \text{ A.}$

$$2,480 \times 1.25 = 3,100 \text{ A.}$$

Psc menor o igual que  $3 \times 3,000 \text{ A.}$

Consideraremos el interruptor termomagnético de  $3 \times 2,000 \text{ A.}$

- *Protección contra corto circuito (Pcc)*. Considerando el interruptor termomagnético no deberá exceder del 400 % de  $I_e$ .

$$Pcc \text{ menor o igual que: } 4 \times I_e = 4 \times 1,600 \text{ A} = 6,400 \text{ A.}$$

Podría seleccionarse el de  $3 \times 5,000$  ó  $3 \times 6,000$  de capacidad interruptiva.

- *Conductor de puesta a tierra*. Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de  $3 \times 2,000 \text{ A.}$  le corresponde un conductor de 250 kCM desnudo.

#### 4.1.4.- Cálculo de Alimentador I, De transformador I a T.G.D.

Carga total instalada ( $C_{TI}$ ) = 2,914 kW; considerando  $f_p = 0.85$

$$\begin{aligned} \text{De } I_n &= \frac{C_{TI} \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{2,914 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} \\ &= 4,498 \text{ A.} \end{aligned}$$

Estimación de la demanda máxima (EDM):

$$\begin{aligned} \text{Considerando Factor de Demanda (F}_D) &= 60 \% \\ \text{Exceso (E}_x) &= 490 \text{ kW.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{De la ecuación: EDM} &= (C_{TI} - E_x) \times F_D + E_x \\ &= (2,914 - 490) \times 0.60 + 490 \\ &= 1,944 \text{ kW.} \end{aligned}$$

- *Por capacidad de conducción*, considerando  $f_p = 0.85$

$$I_e = \frac{EDM \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{1,944 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 3,000 \text{ A.}$$

Por facilidad de instalación y conexión en los interruptores de los equipos se recomienda utilizar ocho conductores por fase, quedando:

$$I_c = I_e/8 = 3,000/8 = 375 \text{ A. por conductor.}$$

Le corresponde un calibre de 250 kCM con capacidad de conducción de 405 A. En charola, con aislamiento de 75 °C.

Factores de corrección por:

Temperatura  $F_{CT} = 0.94$  De tabla 1-14

Agrupamiento  $F_{CA} = 0.65$  De tabla 1-16 en charola, con cantidad de cables de: 6 horizontal y 4 vertical.

Corriente de conducción modificada:

$$I_m = \frac{I_c}{F_{CT} \times F_{CA}} = \frac{375}{0.94 \times 0.65} = 613 \text{ A.}$$

Correspondiendo en vez del cal. 250 kCM, el cal. 500 kCM con capacidad de 620 A.

- Por caída de tensión, considerando % e menor o igual al 2 %, con longitud (L) = 20 m.

Área mínima del conductor (S)

$$S = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times \% e} = \frac{2(1.732) 20 \times 375}{440 \times 2} = 30 \text{ mm.}^2$$

Corresponde a un conductor cal. 2 AWG con  $S = 33.6 \text{ mm.}^2$

Como por capacidad de conducción el calibre es mayor que por caída de tensión, el conductor seleccionado es de 500 kCM, cumpliendo con ambos criterios. utilizándose ocho conductores por fase.

Calculando la caída de tensión con el área del conductor seleccionado,  $S = 253.4 \text{ mm}^2$ :

$$\% e = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times S_m} = \frac{2(1.732) 20 \times 375}{440 \times 253.4} = 0.23 \% \text{ es menor al } 2 \%$$

- *Protección de sobrecarga (Psc)*. Debe corresponder con la capacidad de conducción del conductor y no ser mayor del 125 %

Cable de 500 kCM: capacidad: 620 A. x 8 cond. = 4,960 A.

$$4,960 \times 1.25 = 6,200 \text{ A.}$$

Psc menor o igual que 3 x 6,000 A.

Consideraremos el interruptor termomagnético de 3 x 5,000 A.

- *Protección contra corto circuito (Pcc)*. Considerando un interruptor termomagnético no deberá exceder del 400 % de  $I_c$ .

$$Pcc \text{ menor o igual que: } 4 \times I_c = 4 \times 3,000 \text{ A} = 12,000 \text{ A.}$$

Podría seleccionarse el de 3 x 10,000 de capacidad interruptiva.

- *Conductor de puesta a tierra*. Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de 3 x 5,000 A. le corresponde un conductor de 700 kCM desnudo, o por facilidad de cableado el equivalente el área transversal con dos cables de 350 kCM.

#### 4.1.5.- Cálculo de alimentador CCM-3, Salas Frías

Carga total instalada (CTI) = 672 kW; considerando  $f_p = 0.85$

$$\begin{aligned} \text{De } I_n &= \frac{CTI \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{672 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} \\ &= 1,044 \text{ A.} \end{aligned}$$

Estimación de la demanda máxima (EDM):

Considerando Factor de Demanda (FD) = 80 %  
Exceso (Ex) = 100 kW.

$$\begin{aligned} \text{De la ecuación: } EDM &= (CTI - Ex) \times FD + Ex \\ &= (672 - 100) \times 0.80 + 100 \\ &= 557 \text{ kW.} \end{aligned}$$

- Por capacidad de conducción, considerando  $f_p = 0.85$

$$I_e = \frac{EDM \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{557 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 860 \text{ A.}$$

Conductor necesario: cal. 900 kCM con capacidad de 870 A., un solo conductor al aire libre o en charola con aislamiento de 75 °C.

Por facilidad de instalación y conexión en los interruptores de los equipos se recomienda utilizar dos conductores por fase:

$$I_c = I_e/2 = 860/2 = 430 \text{ A. por conductor.}$$

Le corresponde un calibre de 300 kCM con capacidad de conducción de 445 A. En charola, con aislamiento de 75 °C.

Factores de corrección por:

Temperatura  $F_{CT} = 0.94$  De tabla 1-14

Agrupamiento  $F_{CA} = 0.74$  De tabla 1-16 en charola, con cantidad de cables de: 6 horizontal y 2 vertical.

Corriente de conducción modificada:

$$I_m = \frac{I_c}{F_{CT} \times F_{CA}} = \frac{430}{0.94 \times 0.74} = 618 \text{ A.}$$

Correspondiendo en vez del cal. 300 kCM, uno de 500 kCM con capacidad de 620 A.

- Por caída de tensión, considerando % e menor o igual al 2 %, con longitud (L) = 105 m.

Calculando el área mínima del conductor (S)

$$S = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times \% e} = \frac{2(1.732) 105 \times 430}{440 \times 2} = 177.7 \text{ mm}^2$$

Corresponde a un conductor cal. 400 kCM con  $S = 202.7 \text{ mm}^2$ .

Como por capacidad de conducción el calibre es mayor que por caída de tensión, el conductor seleccionado será de 500 kCM, que cumple con ambos criterios, utilizándose dos conductores por fase.

Calculando la caída de tensión con el área del conductor seleccionado, con  $S = 253.4 \text{ mm}^2$ :

$$\% e = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times S m} = \frac{2(1.732) 105 \times 430}{440 \times 253.4} = 1.40 \% \text{ es menor al } 2 \%$$

- *Protección de sobrecarga (Psc)*. Debe corresponder con la capacidad de conducción del conductor y no ser mayor del 125 %

Cable cal. 500 kCM, capacidad:  $620 \text{ A.} \times 2 \text{ cond.} = 1,240 \text{ A.}$

$$1,240 \times 1.25 = 1,550 \text{ A.}$$

Psc menor o igual que  $3 \times 1500 \text{ A.}$

Consideraremos el interruptor termomagnético de  $3 \times 1,200 \text{ A.}$

- *Protección contra corto circuito (Pcc)*. Considerando el interruptor termomagnético no deberá exceder del 400 % de  $I_c$ .

$$Pcc \text{ menor o igual que: } 4 \times I_c = 4 \times 860 \text{ A} = 3,440 \text{ A.}$$

Podría seleccionarse el de  $3 \times 2,500$  ó  $3 \times 3,000$  de capacidad interruptiva.

- *Conductor de puesta a tierra*. Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de  $3 \times 1,200 \text{ A.}$  le corresponde un conductor cal 3/0 desnudo.

#### 4.1.6.- Cálculo de alimentador CCM-4, Producción.

Carga total instalada ( $C_{TI}$ ) = 1,270 kW; considerando  $f_p = 0.85$

$$De \text{ In} = \frac{C_{TI} \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{1,270 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 1,960 \text{ A.}$$

Estimación de la demanda máxima (EDM):

Considerando Factor de Demanda ( $F_D$ ) = 65 %

$$\text{Exceso (Ex)} = 200 \text{ kW.}$$

$$\begin{aligned} \text{De la ecuación: EDM} &= (C_{TI} - \text{Ex}) \times F_D + \text{Ex} \\ &= (1,270 - 200) \times 0.65 + 200 \\ &= 895 \text{ kW.} \end{aligned}$$

- *Por capacidad de conducción*, considerando  $f_p = 0.85$

$$I_c = \frac{EDM \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{895 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 1,382 \text{ A.}$$

Por facilidad de instalación y conexión en los interruptores de los equipos se recomienda utilizar cuatro conductores por fase, quedando:

$$I_c = I_c/4 = 1,382/4 = 345 \text{ A. por conductor.}$$



Le corresponde un calibre de 4/0 kCM con capacidad de conducción de 360 A. En charola, con aislamiento de 75 °C.

Factores de corrección por:

Temperatura  $F_{CT} = 0.94$  De tabla 1-14

Agrupamiento  $F_{CA} = 0.70$  De tabla 1-16 en charola, con cantidad de cables de: 5 horizontal y 3 vertical.

Corriente de conducción modificada:

$$I_m = \frac{I_c}{F_{CT} \times F_{CA}} = \frac{345}{0.94 \times 0.70} = 524 \text{ A.}$$

Correspondiendo en vez del cal. 4/0 AWG, uno de 400 kCM con capacidad de 545 A.

- *Por caída de tensión*, considerando %  $\epsilon$  menor o igual al 2 %, con longitud (L) = 140 m. Calculando el área mínima del conductor (S)

$$S = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times \% \epsilon} = \frac{2(1.732) 140 \times 345}{440 \times 2} = 190 \text{ mm}^2$$

Corresponde a un conductor cal. 400 kCM, con  $S = 202.7 \text{ mm}^2$ . Además cumple con ambos criterios. Utilizándose dos conductores por fase.

Calculando la caída de tensión, con el área del conductor  $S = 202.7 \text{ mm}^2$ :

$$\% \epsilon = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times S_m} = \frac{2(1.732) 140 \times 345}{440 \times 202.7} = 1.87 \% \text{ es menor al } 2 \%$$

- *Protección de sobrecarga (Psc)*. Debe corresponder con la capacidad de conducción del cable y no ser mayor del 125 %

Cable cal. 400 kCM, capacidad: 545 A. x 4 cond. = 2,180 A.

$$2,180 \times 1.25 = 2,725 \text{ A.}$$

Psc menor o igual que 3 x 2,700 A.

Consideraremos el interruptor termomagnético de 3 x 2,500 A.

- *Protección contra corto circuito (Pcc)*. Considerando el interruptor termomagnético no deberá exceder del 400 % de  $I_e$ .

$$P_{cc} \text{ menor o igual que: } 4 \times I_e = 4 \times 1,382 \text{ A} = 5,528 \text{ A.}$$

Podría seleccionarse el de 3 x 5,000 de capacidad interruptiva.

- *Conductor de puesta a tierra*. Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de 3 x 2,500 A. le corresponde un conductor cal. 350 kCM desnudo.

#### 4.1.7.- Cálculo del alimentador del CCM-5, Proceso.

Carga total instalada (C<sub>TI</sub>) = 230 kW; considerando fp = 0.85

$$\text{De } I_n = \frac{C_{TI} \times 1000}{1.732 \times V \times fp} = \frac{230 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 355 \text{ A.}$$

Estimación de la demanda máxima (EDM):

Considerando Factor de Demanda (FD) = 75 %  
Exceso (Ex) = 90 kW.

$$\begin{aligned} \text{De la ecuación: } EDM &= (C_{TI} - Ex) \times FD + Ex \\ &= (230 - 90) \times 0.75 + 90 \\ &= 195 \text{ kW.} \end{aligned}$$

- Por capacidad de conducción, considerando fp = 0.85

$$I_e = \frac{EDM \times 1000}{1.732 \times V \times fp} = \frac{195 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 301 \text{ A.}$$

Conductor necesario: cal. 3/0 AWG, con capacidad de 310 A., un solo conductor al aire libre o en charola con aislamiento de 75 °C.

Factores de corrección por:

Temperatura F<sub>CT</sub> = 0.94 De tabla 1-14

Agrupamiento F<sub>CA</sub> = 0.79 De tabla 1-16 en charola, con cantidad de cables de: 3 horizontal y 2 vertical.

Corriente de conducción modificada:

$$I_m = \frac{I_e}{F_{CT} \times F_{CA}} = \frac{301}{0.94 \times 0.79} = 405 \text{ A.}$$

Correspondiendo en vez del cal. 3/0 kCM, uno de 250 kCM con capacidad de 405 A.

- Por caída de tensión, considerando % e menor o igual al 2 %, con longitud (L) = 195 m.

Calculando el área mínima del conductor (S)

$$S = \frac{2(1.732) L I_e}{V \times \% e} = \frac{2(1.732) 195 \times 301}{440 \times 2} = 231 \text{ mm}^2$$

Corresponde a un conductor de 500 kCM, con S = 253.4 mm<sup>2</sup>, que cumple con ambos criterios

Calculando la caída de tensión con el área del conductor seleccionado, S = 253.4 mm<sup>2</sup>:

$$\% e = \frac{2(1.732) L I_e}{V \times S} = \frac{2(1.732) 195 \times 301}{440 \times 253.4} = 1.82 \% \text{ es menor al } 2 \%$$

- Protección de sobrecarga (Psc). Debe corresponder con la capacidad de conducción del cable y no ser mayor del 125 %

Cable cal. 500 kCM, capacidad: 620 A. x 1.25 = 775 A.

Psc menor o igual que 3 x 700 A.

Consideraremos el interruptor termomagnético de 3 x 600 A.

- *Protección contra corto circuito (Pcc).* Considerando el interruptor termomagnético no deberá exceder del 400 % de  $I_e$ .

Pcc menor o igual que:  $4 \times I_e = 4 \times 301 \text{ A} = 1.204 \text{ A}$ .

Podría seleccionarse el de  $3 \times 1.200$  de capacidad interruptiva.

- *Conductor de puesta a tierra.* Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de  $3 \times 600 \text{ A}$ . le corresponde un conductor cal 1/0 AWG desnudo.

#### 4.1.8.- Cálculo de Alimentador 2, del Transformador II al T.G.D.

Carga total instalada ( $C_{TI}$ ) = 2,172 kW; considerando  $f_p = 0.85$

$$\begin{aligned} \text{De } I_n &= \frac{C_{TI} \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{2.172 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} \\ &= 3,359 \text{ A.} \end{aligned}$$

Estimación de la demanda máxima (EDM):

Considerando Factor de Demanda (FD) = 60 %

Exceso (Ex) = 390 kW.

$$\begin{aligned} \text{De la ecuación: } EDM &= (C_{TI} - Ex) \times FD + Ex \\ &= (2,172 - 390) \times 0.60 + 390 \\ &= 1,459 \text{ kW.} \end{aligned}$$

- *Por capacidad de conducción,* considerando  $f_p = 0.85$

$$I_e = \frac{EDM \times 1000}{1.732 \times V \times f_p} = \frac{1,459 \times 1000}{1.732 \times 440 \times 0.85} = 2,252 \text{ A.}$$

Por facilidad de instalación y conexión en los interruptores de los equipos se recomienda utilizar seis conductores por fase, quedando:

$$I_c = I_e/6 = 2,252/6 = 375 \text{ A. por conductor.}$$

Le corresponde un calibre de 250 kCM con capacidad de conducción de 405 A. En charola, con aislamiento de 75 °C.

Factores de corrección por:

Temperatura  $F_{CT} = 0.94$  De tabla 1-14

Agrupamiento  $F_{CA} = 0.68$  De tabla 1-16 en charola, con cantidad de cables de: 6 horizontal y 3 vertical.

Corriente de conducción modificada:

$$I_m = \frac{I_c}{F_{CT} \times F_{CA}} = \frac{375}{0.94 \times 0.68} = 587 \text{ A.}$$

Correspondiendo en vez del cal. 250 kCM, otro de cal. 500 kCM con capacidad de 620 A.

- *Por caída de tensión*, considerando % e menor o igual al 2 %, con longitud (L) = 30 m.  
Calculando el área mínima del conductor (S)

$$S = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times \% e} = \frac{2(1.732) 30 \times 375}{440 \times 2} = 44.3 \text{ mm}^2$$

Corresponde a un conductor cal. 1/0 AWG con S = 53.48 mm<sup>2</sup>.

Como por capacidad de conducción el calibre es mayor que por caída de tensión, el conductor seleccionado es de 500 kCM, que cumple con ambos criterios, utilizándose seis conductores por fase.

Calculando la caída de tensión con el área del conductor seleccionado, S = 253.4 mm<sup>2</sup>:

$$\% e = \frac{2(1.732) L I_c}{V \times S} = \frac{2(1.732) 30 \times 375}{440 \times 253.4} = 0.35 \% \text{ es menor al } 2 \%$$

- *Protección de sobrecarga (Psc)*. Debe corresponder con la capacidad de conducción del cable y no ser mayor del 125 %

Cable de 500 kCM, capacidad: 620 A. x 6 cond. = 3,720 A.

$$3,720 \times 1.25 = 4,650 \text{ A.}$$

Psc menor o igual que 3 x 4,500 A.

Consideraremos el interruptor termomagnético de 3 x 4,000 A.

- *Protección contra corto circuito (Pcc)*. Considerando el interruptor termomagnético no deberá exceder del 400 % de I<sub>c</sub>.

$$Pcc \text{ menor o igual que: } 4 \times I_c = 4 \times 2,252 \text{ A} = 9,008 \text{ A.}$$

Podría seleccionarse el de 3 x 8,000 de capacidad interruptiva.

- *Conductor de puesta a tierra*. Según la tabla 250-95 de las Normas oficiales mexicanas para el interruptor de 3 x 4,000 A. le corresponde un conductor de 500 kCM desnudo.

#### 4.2.- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.

Los transformadores son equipos que se requieren para modificar la tensión de la energía eléctrica de la red de distribución de la compañía suministradora a la tensión utilizada en los equipos del usuario, como su uso es común en una instalación del tipo industrial, ya que la mayoría de las empresas medianas o grandes, cuentan con subestaciones propias, considero necesario tomar en cuenta los siguientes puntos:

*Conexiones.-* Es importante el conocimiento de las conexiones de los transformadores, ya que cualquier error en la aplicación de éstas puede resultar en daños al sistema, al transformador mismo y al equipo al que se tenga conectado.

*Marcas terminales.-* Viendo al transformador desde el lado de alta tensión, para el (los) devanado (s) de alta tensión, las terminales deben marcarse de derecha a izquierda, como  $H_0$  (cuando exista),  $H_1$ ,  $H_2$ , etc. Para el (los) devanado (s) de baja tensión, las terminales deben marcarse como  $X_0$  (cuando exista),  $X_1$ ,  $X_2$ , etc. Si se tiene más de dos devanados, las marcas serán H, Y, Z y siempre H corresponderá al devanado de mayor tensión.

Además de identificar los devanados por su voltaje, las marcas sirven para indicar la dirección del voltaje inducido.

Teniendo en alta tensión marcas  $H_1$ ,  $H_2$ , y en baja tensión marcas  $X_1$ ,  $X_2$ , el voltaje en cada devanado es inducido como si el voltaje en  $H_1$  fuera positivo con respecto a  $X_2$ .

*Polaridad.-* La polaridad indica el sentido del flujo de corriente en las terminales de alta tensión con respecto a la dirección del flujo de corriente en las terminales de baja tensión.

Para transformadores monofásicos, la polaridad se define teniendo un par de terminales adyacentes de los dos devanados conectados entre sí y aplicando voltaje a uno de los devanados de modo que:

-Si el voltaje inducido en las otras dos terminales es mayor que el voltaje de alta tensión, la polaridad es **ADITIVA**.

-Si el voltaje inducido en las otras dos terminales es menor que el voltaje de alta tensión, la polaridad es **SUBTRACTIVA**.

Para transformadores trifásicos, no es suficiente el marcado de terminales para indicar la polaridad, ésta se define por las conexiones internas entre las fases así como por la localización relativa de las terminales. Usualmente se designa por medio de un diagrama vectorial mostrando el *desplazamiento angular* de los devanados, donde los vectores representan los voltajes inducidos.

El desplazamiento angular de un transformador polifásico, es el ángulo expresado en grados, entre el vector que representa la tensión de línea a neutro en la fase correspondiente en el lado de baja tensión. Se toma como dirección de rotación del ángulo el sentido contrario a las manecillas de un reloj.

*Factores de diseño.*- El crecimiento de los sistemas eléctricos de potencia, lo cual hace cada vez más común la conexión y desconexión entre sistemas, da como resultado una exposición de los transformadores a falta de magnitud cada vez mayor.

En su operación, los transformadores están expuestos a esfuerzos dieléctricos, térmicos y mecánicos como son las sobretensiones, las sobrecargas y los cortocircuitos, respectivamente.

En el diseño de estos equipos, se consideran 3 aspectos básicos para garantizar una operación confiable.

- Capacidad dieléctrica.

El efecto de las sobretensiones en los transformadores es generalmente indirecta, ya que éstas golpean primero la línea creando ondas viajeras que posteriormente se introducen al transformador a través de sus terminales, provocando esfuerzos dieléctricos.

La respuesta a estos esfuerzos se denomina "Distribución de voltaje impulso", y es función de los campos eléctricos y magnéticos distribuidos en forma continua a lo largo del espacio devanado.

Las sobretensiones atacan con mayor fuerza las primeras vueltas del devanado, por lo que el diseñador emplea dispositivos (blindajes) en esta zona para lograr la distribución de voltaje de impulso más adecuada.

- Capacidad térmica.

La vida útil de un transformador está en función de la vida de sus aislamientos. La capacidad (kVA) nominales se define en base de servicio continuo, a carga constante, a una determinada temperatura ambiente y con una sobre elevación promedio de la temperatura de devanados. El deterioro de los aislamientos está gobernado por la temperatura y en el tiempo de exposición de ésta, por lo que su envejecimiento térmico puede significar la terminación de la vida del transformador. Por lo anterior, el calor generado por el conjunto núcleo-bobinas debe ser disipado antes de permitir que los devanados lleguen a una temperatura que cause el deterioro excesivo de sus aislamientos.

En el diseño, se determina el sistema más adecuado para lograr que la temperatura del transformador, como conjunto, se mantenga por debajo de la cual el aislamiento se vuelve quebradizo, se destruye y falla. Para esto, se combinan la posición de las bobinas, el dimensionamiento de ductos para circulación del aceite y la superficie de disipación del tanque, aprovechando al máximo la transferencia térmica por convección.

- Capacidad mecánica.

Entre dos conductores transportando corrientes en sentidos opuestos, existe una fuerza de repulsión. En el caso de los transformadores ocurre este efecto, ya que las corrientes de los devanados primario y secundario están defasados  $180^\circ$ , de manera que la fuerza total entre devanados varía en proporción directa con el cuadrado de los amper-vueltas por devanado.

A corriente nominal estas fuerzas son pequeñas, pero en condiciones de corto circuito alcanzan valores sumamente peligrosos, si consideramos que, según las normas, un

transformador debe soportar entre 15 y 25 veces su corriente nominal, por un tiempo de 4 a 2 segundos respectivamente, durante un cortocircuito. Para controlar estas fuerzas, en el diseño se contemplan arreglos tales como la división de los devanados en grupos para tener valores de amper-vueltas reducidos por grupo y poder realizar el alineamiento de centros eléctricos entre bobinas. Esto permite a su vez diseñar mecánicamente, tanto las estructuras aislantes como las metálicas (herrajes y tanque).

**Capacidad nominal.**- Se da en KVA y se selecciona por:

$$C_T = \frac{C_i \times f_d \times k \times R}{f_p}$$

Donde:

- $C_i$  = Capacidad instalada en kW.
- $f_d$  = Factor de demanda.
- $C_{ifd}$  = Demanda máxima de la instalación.
- $k$  = Reserva para prevenir los arranques del motor o motores más grandes.
- $R$  = Reserva prevista para ampliaciones futuras kW.
- $f_p$  = Factor de potencia estimado.
- $C_T$  = Capacidad del transformador.

#### 4.2.1.- Cálculo de la capacidad de los Transformadores.

-Para el Transformador I, considerando:

$$f_d = 60 \%, \quad k = 1, \quad R = 1.17, \quad \text{y} \quad f_p = 0.85$$

$$C_T = \frac{2,914 \times 0.6 \times 1 \times 1.17}{0.85} = 2,400 \text{ kVA,}$$

Considerando el valor cercano superior comercial seleccionaremos el de 2,500 kVA.

-Cálculo de la protección:

$$I_P = \frac{\text{kVA}}{1.73 \times \text{kVP}} = \frac{2,500}{1.73 \times 34.5} = 41.8 \text{ A.}$$

Como la protección no puede ser mayor al 200% de la  $I_P$ , tenemos:

$$\text{Prot. menor que } 2 \times 41.8 = 83.6 \text{ A.}$$

Consideraremos un fusible de 80 A.

Debe contar con capacidad interruptiva adecuada (consultando los MVA's de corto circuito de la C.F.E. trifásico cuyo valor aproximado es de 1,000 MVA simétricos, para líneas de 34.5 kV.

- La corriente en el secundario esta dado por:

$$I_s = \frac{\text{kVA}}{1.73 \times \text{kVs}} = \frac{2,500}{1.73 \times 0.44} = 3,284 \text{ A.}$$

-Para el Transformador II, considerando:

$$F_d = 60 \%, \quad k = 1, \quad R = 1.30, \quad \text{y} \quad f_p = 0.85$$

$$C_T = \frac{2,172 \times 0.6 \times 1 \times 1.30}{0.85} = 1,993 \text{ kVA},$$

Considerando el valor cercano superior comercial correspondería el de 2,000 kVA, pero quedaría muy justo, así que se decidió instalar otro de 2,500 kVA similar al primero.

- Cable de alimentación a transformadores. Se utilizó un cable cal 1/0 AWG, que es el más pequeño que se fabrica para 35 kV con capacidad de 257 A, monopolar instalado en charola, marca *Conductores Monterrey*, tipo Polycon XLPE.

**4.2.2 Corriente total en alta tensión:** Esta dada por la suma de las corrientes de ambos transformadores.

$$I_T = I_{TI} + I_{TII} = 2(41.8) = 83.6 \text{ A}.$$

Utilizándose el mismo tipo de conductor de energía cal 1/0 AWG XLP



### 4.3.- BANCO DE CAPACITORES.

La potencia reactiva es cara y no productiva. Los motores, transformadores, hornos de inducción, lámparas fluorescentes, soldadoras, etc., consumen tanto potencia activa como potencia reactiva.

Como resultado de este consumo, sin capacitores, la corriente es mucho mayor de la que realmente se necesita.

Desde un punto de vista eléctrico, esto provoca una reducción de la capacidad disponible de transformadores y cables.

Desde una perspectiva financiera, ocasiona un costo extra de la energía sin beneficio alguno y por lo tanto una reducción en las ganancias.

Al instalar capacitores para la corrección del factor de potencia y obtener uno superior al 0.90 %, evita el cargo por parte de la Cfa. de Luz ó CFE. La forma común de efectuarlo es mediante Banco de Capacitores Fijos, los cuales entregan una potencia reactiva constante sin importar las variaciones de carga del sistema eléctrico.

Lo anterior puede provocar problemas de sobrecompensación y el consecuente sobrevoltaje en las líneas, y por lo tanto, en los equipos instalados, reduciendo con esto su vida útil, al envejecer paulatinamente los aislamientos y pudiendo ocasionar fallas catastróficas.

Aunque las condiciones de operación de una instalación sean constantes: Durante las horas de descanso, comida, cambio de turno, sábados y domingos, vacaciones, paros por mantenimiento, etc., existen variaciones fuertes de carga, que provocan sobrevoltajes y sobrecompensaciones si no se desconectan los capacitores. Asimismo, durante las interrupciones en el suministro de energía por parte de la compañía suministradora, por cortos periodos de tiempo, se presenta este fenómeno.

La solución óptima para la corrección del factor de potencia, son los Bancos Automáticos de Capacitores, los que mantienen constante el factor de potencia en un valor deseado, aunque se produzcan variaciones de carga.

**4.3.1.- Componentes.** Básicamente, un Banco Automático para la regulación del factor de potencia está formado por los siguientes elementos:

1. - Regulador automático de VAR'S. El cual tiene 5 funciones:

a). - Determinar el factor de potencia deseado, para lo cual mide la potencia reactiva necesaria y controla la conmutación (conexión) de los diferentes pasos de capacitores, de acuerdo al factor de potencia deseado.

b). - Medición del factor de potencia ( $\cos \phi$ ). Para lo que sensa los valores de corriente y voltaje y realiza la medición por el método de integración.

c). - Ajuste del factor de potencia deseado. Esto se realiza por medio de un control, colocado en la carátula del regulador y graduado en valores de cos  $\phi$  (0.7 inductivo a 0.95 capacitivo).

d). - Ajuste de sensibilidad C/K. Esto se efectúa con un control igualmente colocado en la carátula y es para darle al regulador la sensibilidad, de acuerdo al TC y los valores de potencia reactiva de cada paso. Es decir se le indica cuando debe iniciar a conectar pasos y cuando conecta y desconecta un paso.

e). - Cuenta con un indicador de factor de potencia que puede ser analógico o digital.

Prácticamente, el regulador reacciona a cambios de 2/3 el valor de la corriente de paso.

El tiempo entre la conexión de cada paso es de aproximadamente 40 segundos. Por lo tanto no hay problema en los transitorios de voltaje.

El ajuste C/K se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C/K = 360 Q/VK$$

Donde:

Q = Valor de un paso en KVAR.

V = Voltaje nominal del sistema.

K = Relación del transformador de corriente.

2. - Interruptor termomagnético general de la capacidad adecuada.  
Cuya función es proteger de manera general todo el banco automático.

3. - Contactores.  
Los cuales son controlados por el regulador de VAR'S y su propósito es conectar y desconectar los pasos de capacitores.

Mecánicamente: para tener una gran cantidad de operaciones.

Eléctricamente: para resistir la corriente transitoria de conexión.

4. - Fusibles.  
Su función es la de proteger a cada capacitor independientemente de la protección que les brinda el interruptor general.

5. - Un banco de capacitores.  
Formado por varias unidades, (para el caso más común del Banco Automático de 5 pasos).

Cada capacitor cuenta con resistencias, las que lo descargan cuando éste se desconecta, a un valor de 50 volts en aproximadamente un minuto.

Así los capacitores proporcionan un ahorro considerable en el costo de la energía debido a lo siguiente:

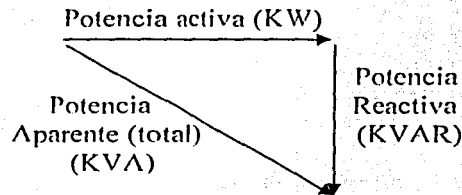
- Reducen el monto del recibo de energía al eliminar las penalizaciones por bajo factor de potencia
- Disminuyen las pérdidas por calentamiento en cables y transformadores.
- Incrementan la capacidad de conducción de corriente de los cables.
- Mayor potencia disponible en los transformadores.
- Mejoran la regulación de voltaje en cables.

Como ya se mencionó anteriormente, la gran mayoría de los equipos eléctricos son cargas inductivas (motores, transformadores, etc.) requiriendo por lo tanto dos componentes de potencia.

Potencia Activa o de trabajo (Kilowatts KW), que es la potencia que el equipo convierte en trabajo útil.

Potencia Reactiva o no productiva (Kilovoltsamperes reactivos KVAR's), que proporciona el flujo magnético necesario para el funcionamiento del equipo, pero no se transforma en trabajo útil.

Por lo tanto, la potencia total aparente que consume el equipo está formada por estas dos componentes:



De donde se desprende que el factor de potencia es la relación entre la potencia activa y la potencia total consumida por el equipo o carga.

$$\text{Factor de potencia (fp)} = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia total}}$$

Significado del bajo factor de potencia.

Un bajo factor de potencia es provocado por cargas inductivas las cuales requieren grandes cantidades de potencia reactiva o no productiva, causando muchos problemas al usuario.

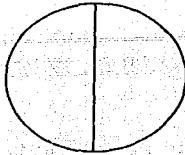
Incremento del costo de la energía.

Cuando se trabaja con un bajo factor de potencia, es necesario por parte de la compañía suministradora, incrementar la capacidad de generación y transmisión para poder manejar la componente de potencia reactiva. Este incremento de costo asociado con el suministro de esta potencia reactiva, es repercutido al usuario a través de tarifas de energía altas (penalizaciones). En México se penaliza cuando el factor de potencia es inferior a 0.9

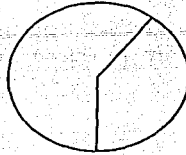
### Capacidad restringida del sistema.

La función principal de un sistema eléctrico, es suministrar potencia activa a la carga. Cuando el sistema se utiliza también para transportar la potencia reactiva, su función básica se restringe severamente. De hecho, es común que el 50 % de la capacidad del sistema se use para transportar la potencia reactiva.

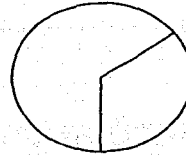
141 KVA  
F.P. = 0.7



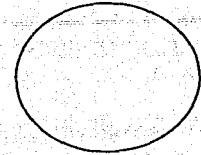
1225 KVA  
F.P. = 0.8



111 KVA  
F.P. = 0.9



100 KVA  
F.P. = 1.0



Reducción del calibre del conductor requerido para transportar los mismos 100 KW (potencia activa) con valores de factor de potencia de 0.7 a 1.0.

### Mayores pérdidas en el sistema.

El flujo de potencia reactiva a través del sistema provoca un incremento de pérdidas (calentamiento de conductores), consumiendo potencia, lo que posteriormente provoca un incremento en el costo de la energía.

### Incremento de la caída de voltaje.

En la medida que se incrementan las pérdidas, aumenta la caída de voltaje, es decir, una disminución en el valor de voltaje en la carga, con lo cual el equipo tiende a demandar más corriente provocando sobrecalentamiento y envejecimiento prematuro.

El bajo factor de potencia sigue siendo una de las principales oportunidades para reducir los costos de la energía en la facturación eléctrica, el cálculo de un banco de capacitores no implica grandes consideraciones del entorno eléctrico o cálculos complejos, sin embargo el desarrollo de nuevas tecnologías en electrónica para aplicaciones de ahorro de energía y/o de control ha propiciado que las armónicas produzcan un efecto en los capacitores conocido como resonancia en paralelo, el cual está asociado con altas corrientes o tensión que llegan a ser destructivos para las máquinas (PC, motores, transformadores, etc.) instaladas en la planta.

Los tipos de compensación que podemos realizar en baja tensión principalmente son tres:

1.- *Compensación individual por carga.* Es recomendable cuando la potencia de los motores es significativa con respecto a la potencia (kVA) requerida en la instalación. Definitivamente aquí los beneficios de instalar banco de capacitores son notables, en la eliminación de multas, la reducción de pérdidas en los conductores y en los calibres, en cuestión de mantenimiento será necesario incluir en nuestra agenda una rutina para la supervisión de los capacitores, considerando que la modernización llegó en pro del ahorro de la energía y con ella comienza con la sustitución de los arrancadores a tensión plena, o de tensión reducida por arrancadores electrónicos, el más utilizado los variadores de

velocidad, que además son excelentes ahorradores en aplicaciones de bombeo o aire acondicionado.

Cuando se realice este tipo de compensaciones siempre tenga presente que un banco de capacitores fijo con un variador electrónico de velocidad, o un arrancador de estado sólido no son la mejor pareja. Si la distorsión armónica esta creando problemas en la red, la solución debe ser un banco de capacitores antirresonante o un filtro. Para determinar la capacidad del banco se deben de observar varias condiciones antes de determinar si la solución es local y se deba hacer de manera global.

*2.- Compensación por zonas.* Este tipo de compensación se recomienda cuando la instalación es bastante amplia y donde las trayectorias de la carga/tiempo difieren de una parte de la instalación, los bancos de capacitores se conectan al bus de distribución donde se encuentran el grupo de cargas.

Las ventajas además de la eliminación de multas, son que se reduce la demanda aparente kVA, se libera capacidad en el transformador el cual es capaz de aceptar mas carga, el calibre de los conductores de alimentación en el bus local pueden ser reducidos o se puede tener más capacidad para cargas futuras y finalmente la pérdida en los mismos cables se ve reducida.

Entre las desventajas, la corriente reactiva continúa fluyendo a corriente descendente donde se han instalado los capacitores y es la razón por la que los calibres de estos conductores y las pérdidas no son mejoradas por este tipo de compensación. Otro problema puede ser cuando las cargas tienen grandes cambios, pudiéndose presentar un riesgo de sobrecompensación y de sobretensión.

*3.- Compensación global.* Se recomienda cuando la carga es continua y estable, los bancos de capacitores se instalan en la subestación principal y funcionan en periodos de carga normal.

Los beneficios continúan siendo la eliminación de multa, disminución de la demanda de potencia activa en kVA y disponibilidad en el transformador para cargas futuras.

Las desventajas son las mismas que en el caso de compensación por zona.

En nuestro proyecto se decidió que la tercera opción era la más adecuada, instalándose un banco de capacitores en la subestación principal, mediante el cuadro de la *lámina 8*, nos muestra como se debe seleccionar la capacidad del banco de capacitores de acuerdo al factor de potencia que se tiene y el que se desea obtener.

**4.3.2.- Filtros de Armónicas.** Los equipos para control de velocidad de motores de corriente continua que usan tiristores, los equipos variadores de frecuencia para control de velocidad en motores de corriente alterna, los equipos rectificadores de corriente (unidades ininterrumpibles de energía o equipos No Break), Utilizados en sistemas de computación: todos ellos producen armónicas; es decir, formas de onda de voltaje y corriente con valor de frecuencia mayores que la onda fundamental que es de 60 Hz.

En la actualidad, el incremento en la utilización de estos equipos, han dado como resultado una gran cantidad de armónicas al sumarse a la onda fundamental, la distorsionan y provocan sobrevoltajes y sobrecorrientes, así como resonancia.

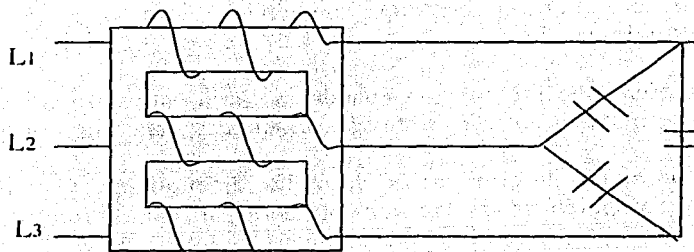
Esta es de una magnitud tan grande que daña los equipos eléctricos instalados, tales como transformadores, motores, circuitos impresos, integrados: tiristores, capacitores, diodos, etc., ocasionando fallas totales y severas.

Estos sobrevoltajes y sobrecorrientes no pueden ser detectados por equipos de medición convencionales, ya que todos ellos están diseñados para frecuencias de 60 Hz., por lo que las armónicas al ser de frecuencias mayores (180 Hz, 300 Hz para la 3ª y 5ª armónica por ejemplo) pasan despercebidos para estos equipos de medición.

La manera de detectarlos es utilizando un analizador de armónicas, el cual reconoce diferentes valores de frecuencia, habiendo algunos equipos que pueden sentir hasta la 50ª armónica. Las más peligrosas y frecuentes son: 3ª, 5ª, 7ª, 11ª y 13ª.

La forma de eliminar las armónicas es filtrándolas, instalando reactores o inductancias debidamente calculadas y de acuerdo a la frecuencia de la armónica o armónicas detectadas.

Los reactores se instalan en serie con los capacitores, como se muestra en la sig. Figura



#### 4.4.- SUBESTACIÓN DE MEDIANA TENSIÓN 34.5 kV. TIPO INTERIOR.

Definición.- Conjunto de equipos instalados en un solo lugar cuyo fin es enlazar para utilizar la energía eléctrica (tensión, corriente, CA-CD, frecuencia, etc.)

Elementos principales de las subestaciones: *ver Lámina 8.*

1. *Acometida.*- Conductores que ligan la red de distribución del suministrador con el punto donde se conecta la instalación del usuario.

Clasificación:

- a).- Acometida aérea.
- b).- Acometida subterránea.
  - Si la acometida está canalizada (tubo, ducto, trinchera, etc.) no debe llevar otros conductores (excepto de tierras).
  - Las acometidas no deben cruzar otros edificios.
  - Para un inmueble debe existir una sola acometida.

Todos los casos especiales deben ajustarse a lo indicado por la compañía suministradora con base en la ley del servicio público de energía eléctrica.

2. *Equipo de medición.*- Conjunto de aparatos propiedad del suministrador o usuario, tales como equipo de medición, transformadores de instrumentos y gabinetes que se encuentran al término de la acometida.

Localización.

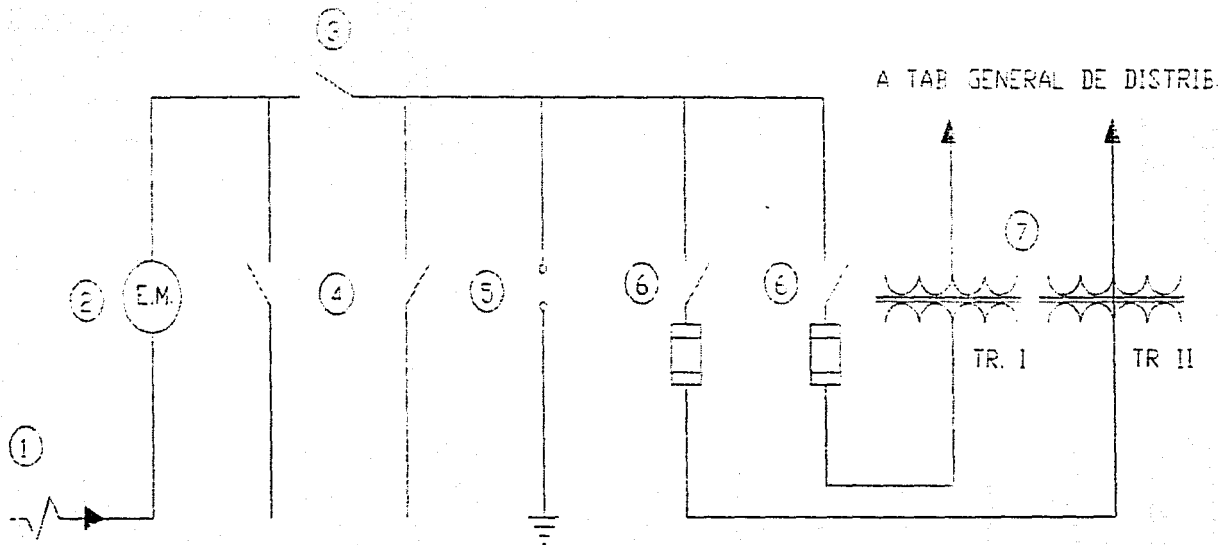
- a).- Alta tensión.
  - 1).- Acometida Aérea.- En la parte superior del gabinete que alberga el equipo de medición el cual debe ser de dimensiones adecuadas.
  - 2).- Acometida Subterránea.- Por la parte inferior mediante un registro para la recepción de la acometida.
    - En este caso se requiere de un gabinete con dimensiones adecuadas para la ubicación del equipo de medición y,
    - De un registro subterráneo para la recepción de los cables de la acometida.

La acometida en los anteriores casos, consta solo de 3 conductores activos.

- b).- Baja tensión.
  - La ubicación del equipo de medición en el lado de baja tensión, ocasiona un recargo adicional del 2% en la facturación mensual del usuario.
  - Se instala empotrado en el muro o en el interior de una sección del gabinete de distribución, como lo indique el suministrador.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DIAGRAMA GENERAL S.E



- ① ALIMENTACION T. M.
- ② EQUIPO DE MEDICION
- ③ CUCHILLA DE PASO
- ④ CUCHILLA DE PRUEBA

- ⑤ APARTARRAYOS
- ⑥ MEDIO DE DESCONEXION Y PROTECCION PRINCIPAL
- ⑦ TRANSFORMADORES



### 3. Cuchillas de paso:

- Son equipos que tienen la función de desconectar un circuito y aislar las partes energizadas.
- Normalmente son de operación sin carga y acción simultánea (en S.E. compactas).
- Se instala un juego antes del interruptor principal.
- Permiten cambiar sin peligro los fusibles y dar mantenimiento al interruptor, además por reglamento deben instalarse entre el E.M. y medio de protección y desconexión general.

4. *Cuchilla de prueba.*- En subestaciones grandes conviene instalar otros dos juegos de cuchillas desconectadoras, con el propósito de que permitan intercalar el equipo de medición de prueba y así no se interrumpa el servicio.

5. *Apartarrayo.*- Su función es cortar las sobretensiones ocasionadas por:

- Switcheo.
- Descargas atmosféricas.
- Contacto con líneas de mayor tensión.

+ Se conectan entre fase y tierra.

+ Se instalan antes de equipos importantes como:

- Interruptores.
- Banco de capacitores.
- Transformadores.

+ Su tensión de operación debe ser similar a la de equipos e instalaciones que protege.

Uno de los conceptos importantes para su selección; es el factor de aterrizado:

- 0.8 - Sistema rígidamente conectado a tierra.
- 1.0 - Sistema con neutro aislado.
- 1.1 - Sistema conectado a tierra a través de una resistencia.

+ Son descargadores de caída catódica tipo autovalvula para tensión de extinción determinada.

+ El objeto o misión de los apartarrayos, es preservar el aislamiento de la instalación debidas a las sobretensiones mencionadas.

### 6.- *Medios de desconexión y protecciones.*-

+ Tienen 2 funciones básicas:

- Desconectar la energía aun con carga.
- Proteger contra sobrecorrientes o corto circuito.

+ En los edificios son:

- Del tipo en aire con fusibles, principalmente.
- Pueden ser del tipo en aceite.

- + El mecanismo de disparo del interruptor o los fusibles, debe ser de un valor o ajuste que permita proteger a los equipos, buses o líneas.

**Para transformadores:**

- No debe excederse del 250 %  $I_{nr}$ .
  - Debe ajustarse más si se desea protección contra sobrecarga.
- + Debe instalarse un interruptor para proteger y desconectar cualquier equipo importante:
    - Transformadores.
    - Líneas.
    - Bancos de capacitores.
  - + Debe contar con capacidad interruptiva adecuada (consultar los MVAcc trifásicos con C.F.E.).
  - + El medio de protección y desconexión puede ser un corta circuitos.
  - + Se utiliza principalmente en subestaciones abiertas (tipo azotea)
  - + La desconexión debe hacerse con pértiga y normalmente se hace sin carga.
  - + Evita la necesidad de la cuchilla de paso.
  - + Si es tipo expulsión no debe instalarse en interiores.

#### 4.5.- ALIMENTADOR SUBTERRANEO EN TENSION MEDIA 34.5 kV.

El acelerado crecimiento de los sistemas eléctricos, requiere de suministro de bienes, equipo y accesorios de reconocida calidad, para garantizar la continuidad y confiabilidad del suministro del vital fluido eléctrico tan importante en toda la esfera de la actividad humana.

Entre uno de los elementos de los sistemas eléctricos que desempeñan una función de transmisión o distribución de energía eléctrica, están los cables de energía, es por ello que se ha desarrollado tecnología especial para el diseño y fabricación de conductores eléctricos que cumplan satisfactoriamente con normas y especificaciones tales como:

CFE, CLYF, PEMEX, NOM, NMX, AEIC, ICEA Y UL

Para cumplir con los requerimientos de calidad establecidos se llevan a cabo investigaciones y desarrollo a fin de obtener los mejores diseños y parámetros de proceso que permitan superar los requisitos mecánicos, eléctricos y ambientales que deben cumplir los cables de energía.

El avance tecnológico de los nuevos elementos para la fabricación de conductores eléctricos, permiten mejorar las instalaciones subterráneas para alta tensión.

Estos adelantos tecnológicos han permitido la aplicación principalmente de dos aislamientos del tipo seco, para cables de alta y baja tensión, mismos que han desplazado a los aislamientos de papel impregnado en aceite. Estos aislamientos han reducido el costo de los conductores, y simplificado su manejo, instalación y elaboración de accesorios.

Estos aislamientos son:

Polietileno de cadena cruzada XLP  
Etileno Propileno EP

**4.5.1.- Fabricación de cables.** En instalaciones subterráneas, se utilizan los cables de tipo Poliphel XLP o Poliphel EP que están contruidos de la siguiente forma.

*Conductor.-* Cobre o aluminio compreso o compacto, siendo su función conducir la energía eléctrica entre dos puntos de la instalación.

*Pantalla sobre el conductor.-* Semiconductor extruido directamente sobre el conductor y en tandem con el aislamiento, siendo su función la de distribuir uniformemente el campo eléctrico en la superficie exterior del conductor, evitando con esto la concentración de esfuerzos eléctricos en la superficie del mismo.

*Aislamiento.-* El aislamiento es la parte más importante de un cable de energía sin restar importancia a los demás elementos que lo componen, ya que el aislamiento evita que el cable se destruya no solo así mismo sino a gran cantidad de dispositivos anexos. El

aislamiento es extruido directamente sobre la pantalla sobre conductor, siendo su función la de controlar el campo eléctrico que se presenta en el conductor.

Los materiales comúnmente utilizados son el Etileno Propileno EP y el Polietileno de cadena cruzada XLP.

*Pantalla sobre aislamiento.-* Semiconductor extruido directamente sobre el aislamiento, siendo su función la de distribuir uniformemente el campo eléctrico hacia el interior del aislamiento, evitando la concentración de esfuerzos eléctricos en el interior del mismo.

*Pantalla metálica.-* Aplicada sobre la pantalla sobre aislamiento formando entre ambas la denominada "Pantalla Electroestática", siendo su función la de confinar el campo eléctrico al interior del aislamiento evitando con esto gradientes de potencial peligrosos en la superficie de los cables y como protección del sistema.

*Cinta separadora.-* Material no higroscópico, no metálico, que actúa como separador facilitando la separación de la cubierta protectora de la pantalla metálica.

*Cubierta protectora.-* El material de la cubierta protectora debe ser de materiales compatibles con el aislamiento; los más utilizados son: PVC, PE, Y Neopreno. La función de la cubierta es la de dar protección mecánica al cable y sobre ésta se graba la identificación del mismo tanto el voltaje de operación como el calibre y otros datos de importancia.

Dependiendo de las condiciones de operación y contaminación del terreno es necesario en algunas situaciones utilizar armaduras, las cuales pueden ser hechas con una capa de plomo, un fleje de acero o una malla de alambre de acero cubriendo el 100 % del cable, a este tipo de cables se les conoce como cables armados.

#### **4.5.2.- Manejo y almacenamiento.**

Debido a que un cable de energía esta constituido por elementos que se comportan de acuerdo a leyes físicas, químicas y mecánicas, es importante considerar un manejo y almacenamiento adecuados para proteger al mismo, estas consideraciones son válidas para todo tipo de cables: energía, control, instrumentación, telecomunicaciones, etc.

*Manejo.-* Durante el manejo de un cable debemos evitar radios de curvatura menores a los especificados, a fin de prevenir posibles dobleces agudos al cable para lo cual se recomienda el uso de poleas. Se debe mover el carrete sin tocar directamente el cable, aplicando la fuerza directamente sobre el empaque y no sobre el cable.

Se debe evitar maltratar el cable con objetos punzo cortantes, aplastarlo o golpearlo.

Se deben retirar los clavos, grapas o puntas filosas de las balonas del carrete.

Se debe evitar desembobinar el carrete de manera rápida, a fin de no perder el control de velocidad del desembobinado.

**Almacenamiento.-** El local utilizado para el almacenamiento de cables debe tener un piso firme que soporte el peso de los carretes.

-Se debe proteger a los cables de manera que se debe revisar en forma periódica que tengan sus extremos debidamente sellados.

-Se debe proteger al cable de daño mecánico y de posibles derrame de líquidos (químicos o derivados del petróleo) que afectan la integridad del cable.

-Se deben respetar las consideraciones del almacenamiento y manejo adecuado de los carretes como se indica a continuación:

- 1.- El carrete debe soportar el peso del cable cuando sea transportado.
- 2.- Se debe tener cuidado de utilizar un balancín o una flecha con suficiente longitud.
- 3.- Los carretes se deben manejar con el equipo apropiado para evitar daño mecánico.
- 4.- El carrete siempre debe soportar el peso del cable aún almacenado.

#### **4.5.3.- Instalación.**

La instalación de cables de energía puede efectuarse de diferentes formas siendo las más comunes:

**Directamente enterrado.-** En este tipo de instalación los cables se encuentran en contacto directo con el subsuelo y la tierra circundante le sirve para disipar el calor generado por los mismos.

El cable se coloca directamente en la zanja donde quedará alojado, cayendo por gravedad y sin ninguna tensión sobre una cama de arena cernida de 10 cms. de espesor y cubriéndolo con otra capa del mismo espesor, sobre esta capa se debe colocar una cinta identificadora que indica la presencia de cables de energía debajo de ella, el resto de la excavación se rellena con el material extraído, procurando quitar las piedras y desechos de la construcción. Cuando se tengan empalmes, estos deberán ser elaborados perfectamente siguiendo las indicaciones y recomendaciones del fabricante de estos accesorios, debiéndose tener perfectamente localizaciones ya que son puntos débiles en la instalación.

**En ducto.-** Los cables se encuentran en contacto directo con el aire contenido dentro del ducto y este es el que sirve para disipar el calor generado por los mismos y transmitirlo al material del ducto y a su vez al medio circundante. Generalmente se instalan de uno a tres cables por ducto.

En la construcción de los ductos es indispensable que se eviten los filos en las terminaciones de los mismos, esto se logra emboquillándolos, se debe evitar la introducción de materiales o elementos extraños a la instalación, como pudieran ser piedras o trozos de cemento en las guiones, se deben dar las pendientes adecuadas a los ductos

para evitar tener agua estancada dentro de los mismos, se deben alinear las salidas en los registros evitándose con esto los dobleces pronunciados en los cables durante su instalación.

Previo al jalado del cable en el ducto, se recomienda efectuar limpieza en la superficie interior, además de verificar que esté completamente libre, se puede realizar con un mandril cubierto con material textil, durante la instalación se recomienda utilizar tubos flexibles, poleas o guías temporales tanto como sea necesario para evitar cortes en los extremos filosos.

*En trinchera.*- Las instalaciones en trinchera se hacen en dos formas; en ménsulas sobre las paredes de las trincheras directamente en el suelo, los cables se encuentran en contacto directo con el aire y este les sirve para disipar el calor generado por los mismos.

En el caso de la instalación de cables sobre ménsulas, el espaciamiento entre estas debe ser de una longitud tal que evite la formación de catenarias en el cable, se debe utilizar soportes de porcelana sobre las ménsulas sujetando los cables a estas.

En el caso de la instalación de cables directamente en el suelo de la trinchera, se deben colocar de modo tal que se evite daño mecánico.

#### **4.5.4.- Fallas causas y recomendaciones.**

Debido a que los cables durante el proceso de instalación son manejados en toda su longitud, aumenta la posibilidad de una falla siendo la más común la causada por algún daño mecánico, a continuación se mencionan los casos típicos y las recomendaciones a fin de evitar fallas en el sistema.

*Machucos.*- Estos se producen al descargar los carretes en lugares no apropiados dejándolos caer desde la plataforma del transporte, se recomienda utilizar el equipo adecuado para manejar los carretes.

*Incrustación de pantalla metálica.*- Esta se produce al almacenar los carretes inadecuadamente, por lo que es necesario alinear los carretes durante su almacenamiento para evitar que se golpeen unos con otros al rodar, se recomienda no apoyarse contra el cable cuando rueda los carretes, evite cualquier tipo de impacto o sobrepeso contra el carrete.

*Piquetes y cortaduras.*- Estos se producen al jalar el cable sobre objetos punzocortantes, se recomienda quitar astillas, clavos, pernos de la superficie interior del carrete y evitar rodar el carrete sobre objetos filosos.

*Deslizamiento entre elementos del cable.*- Este se produce al desembobinar el cable aplicando sobre el mismo una tensión de jalado mayor a la permisible, lo que origina un deslizamiento entre los elementos del cable, se recomienda utilizar un desembobinador adecuado al igual que un destorcedor que evite la torsión del cable durante el jalado, del cual debe efectuarse lentamente 15 m/min y de manera uniforme utilizando un malacate y

un sistema de tracción adecuado, el cual puede estar acoplado directamente al conductor central (ojillo de tracción) o sobre la cubierta exterior (malla o calcetín).

Cuando se termine la operación de jalado, corte el extremo del cable sobre el cual se aplicó la tensión, ya que en esta longitud, tanto el aislamiento, cubierta exterior y demás elementos han sido estrechados.

*Fricción.*- Esta se presenta en cualquier tipo de instalación al momento de jalar el cable sobre rodillos, poleas o la parte interior de la canalización, el coeficiente dinámico de fricción entre la cubierta exterior y rodillos o poleas es de 0.15 y para el caso de ductos lubricados es de 0.3 a 0.8, se recomienda utilizar los lubricantes adecuados para instalación en ductos y utilizar rodillos y poleas en buen estado.

*Presión lateral.*- Esta se presenta en cualquier tipo de instalación y se define como la fuerza radial ejercida sobre el cable en una curva cuando el cable esta siendo jalado dentro de la canalización o cuando esta desplazándose sobre poleas o rodillos, se recomienda no exceder el valor de presión lateral de 750 Kg/m para cables de hasta 15 Kv y de 450 Kg/m para más de 15 Kv.

#### 4.5.4 a).- Radio mínimo de curvatura.

Cuando un cable es doblado, todos sus elementos son sometidos a un esfuerzo mecánico; el que se presenta cuando el cable es doblado permanentemente sin aplicación de tensión (coca) el cual es diferente al que se presenta cuando el cable es jalado sobre la curva.

Es importante limitar el radio de curvatura ya que cuando se rebasaban los límites elásticos pueden dañarse y reducir su vida útil de los mismos, el radio mínimo de curvatura para cables de energía monoconductores con pantalla metálica a base de cintas aplicadas helicoidalmente es de 12 veces el diámetro total del cable, para cables multiconductores es de 10 veces y para cables con pantalla metálica a base de alambre o cables sin pantalla metálica es de 8 veces, se recomienda respetar los Radios mínimos de curvatura.

#### 4.5.4 b).- Tensión máxima de jalado.

Cuando un cable es jalado, todos sus elementos son sometidos a un esfuerzo mecánico, resultando importante limitar la tensión de jalado ya que cuando se rebasa el límite elástico de los elementos del cable puede presentarse un daño mecánico no muy severo y no detectable durante las pruebas en campo, pero que puede reducir la vida útil del cable, se recomienda no exceder los valores de tensión máxima de jalado indicados a continuación.

TIPO DE CONDUCTOR	Kg.
Cobre cualquier temple o aluminio Temple duro, con ojillo de tracción	7.15 x área del conductor en mm <sup>2</sup> o 0.003624 x área del conductor en Circular mils.
Aluminio temple semiduro, con Ojillo de tracción	5.371 x área del conductor en mm <sup>2</sup> o 0.002721 x área del conductor en Circular mils.

Cable con cubierta de plomo utilizando Malla o calcetín. 0.0703 x cada cm<sup>2</sup> de área de plomo

Cable con cubierta termoplástica utilizando malla o calcetín. 453.6

#### *Cálculo de tensión de jalado.*

La condición más crítica de tensión de jalado se presenta en una instalación en ducto por lo que en esta sección se presentarán las fórmulas aplicables a este tipo de instalación.

Tensión de jalado en tramo recto.

$$T = L \times W \times f$$

Donde:

T = Tensión máxima de jalado en Kilogramos.

L = Longitud del tramo recto en metros.

W = Peso del cable por unidad de longitud.

f = Coeficiente de fricción.

Tensión de jalado en tramo curvo.

$$T = T_1 e^{fa}$$

Donde:

T = Tensión máxima de jalado en Kilogramos.

T<sub>1</sub> = Tensión tramo recto anterior en Kilogramos.

e = Base de logaritmos neperianos.

f = Coeficiente de fricción.

a = Angulo de curvatura en radianes.

#### **4.5.5.- Selección del calibre de cables de energía.**

La Selección del calibre del conductor se puede efectuar de diferentes maneras, siendo las más comunes:

*Por Ampacidad.-* Esta está referida a tablas en las cuales se tienen valores obtenidos mediante la aplicación de expresiones matemáticas, desarrolladas por Neher y MMc Grath donde están consideradas el tipo de instalación, la temperatura ambiente, el factor de carga, la resistividad térmica del terreno, etc.

*Por caída de tensión.-* La selección del calibre por caída de tensión debe considerarse cuando la longitud del circuito es considerable y se requiere limitar la caída de tensión en el sistema. Para el cálculo de la caída de tensión se utiliza la siguiente expresión:

$$V = ZI$$



un sistema de tracción adecuado, el cual puede estar acoplado directamente al conductor central (ojillo de tracción) o sobre la cubierta exterior (malla o calcetín).

Cuando se termine la operación de jalado, corte el extremo del cable sobre el cual se aplicó la tensión, ya que en esta longitud, tanto el aislamiento, cubierta exterior y demás elementos han sido estrechados.

*Fricción.*- Esta se presenta en cualquier tipo de instalación al momento de jalar el cable sobre rodillos, poleas o la parte interior de la canalización, el coeficiente dinámico de fricción entre la cubierta exterior y rodillos o poleas es de 0.15 y para el caso de ductos lubricados es de 0.3 a 0.8, se recomienda utilizar los lubricantes adecuados para instalación en ductos y utilizar rodillos y poleas en buen estado.

*Presión lateral.*- Esta se presenta en cualquier tipo de instalación y se define como la fuerza radial ejercida sobre el cable en una curva cuando el cable esta siendo jalado dentro de la canalización o cuando esta desplazándose sobre poleas o rodillos, se recomienda no exceder el valor de presión lateral de 750 Kg/m para cables de hasta 15 Kv y de 450 Kg/m para más de 15 Kv.

#### 4.5.4 a).- Radio mínimo de curvatura.

Cuando un cable es doblado, todos sus elementos son sometidos a un esfuerzo mecánico; el que se presenta cuando el cable es doblado permanentemente sin aplicación de tensión (coca) el cual es diferente al que se presenta cuando el cable es jalado sobre la curva.

Es importante limitar el radio de curvatura ya que cuando se rebasaban los límites elásticos pueden dañarse y reducir su vida útil de los mismos. el radio mínimo de curvatura para cables de energía monoconductores con pantalla metálica a base de cintas aplicadas helicoidalmente es de 12 veces el diámetro total del cable. para cables multiconductores es de 10 veces y para cables con pantalla metálica a base de alambre o cables sin pantalla metálica es de 8 veces. se recomienda respetar los Radios mínimos de curvatura.

#### 4.5.4 b).- Tensión máxima de jalado.

Cuando un cable es jalado, todos sus elementos son sometidos a un esfuerzo mecánico, resultando importante limitar la tensión de jalado ya que cuando se rebasa el límite elástico de los elementos del cable puede presentarse un daño mecánico no muy severo y no detectable durante las pruebas en campo, pero que puede reducir la vida útil del cable. se recomienda no exceder los valores de tensión máxima de jalado indicados a continuación.

TIPO DE CONDUCTOR	Kg.
Cobre cualquier temple o aluminio Temple duro, con ojillo de tracción	7.15 x área del conductor en mm <sup>2</sup> . o 0.003624 x área del conductor en Circular mils.
Aluminio temple semiduro, con Ojillo de tracción	5.371 x área del conductor en mm <sup>2</sup> o 0.002721 x área del conductor en Circular mils.

Donde:

- V = Caída de tensión en Volts.
- Z = Impedancia del cable en Ohms.
- I = Corriente en el conductor en Amperes.

La impedancia del cable se calcula mediante:

$$Z = R + (X_L)$$

Donde:

- R = Resistencia óhmica a la CA a 90 °C en ohms/Km.
- X<sub>L</sub> = Reactancia inductiva en ohms/Km.

Nota.- La impedancia del cable considera únicamente la resistencia óhmica y la reactancia inductiva ya que la reactancia capacitiva en derivación se considera despreciable debido a que las longitudes de los circuitos son generalmente menores a 10 Km. y por lo tanto se considera una línea de transmisión corta.

De tabla se puede obtener el valor de resistencia óhmica del conductor a la CD a 20 °C y con el factor de corrección por temperatura se calcula la resistencia óhmica a la temperatura de operación del conductor.

La resistencia óhmica a la CA es mayor a la CD debido al efecto de proximidad y superficial.

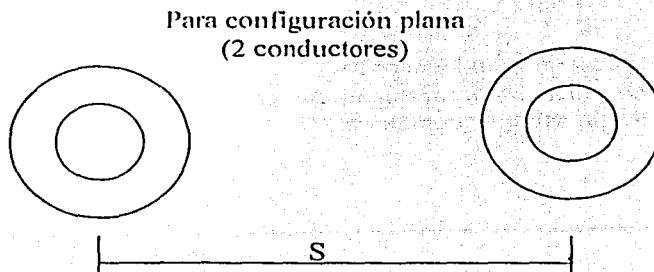
La reactancia inductiva se calcula mediante:

$$X_L = 2\pi fL$$

Donde:

- X<sub>L</sub> = Reactancia inductiva en Ohms/Km.
- f = Frecuencia del sistema en Hz.
- L = Inductancia en Henrys/Km.

La inductancia total depende básicamente de la configuración geométrica de la instalación de los cables la cuál puede ser plana o en trébol.



$$L = 2 \times 10^{-4} \frac{\ln S}{\text{RMG}}$$

Donde:

L = Inductancia en Henrys/Km.

S = Separación entre centros.

RMG = Radio medio geométrico.

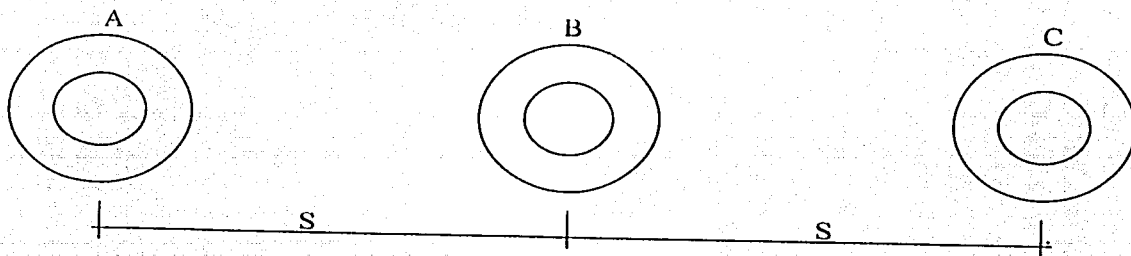
Los radios medios geométricos de conductores más usuales son:

Construcción del Conductor	RMG
Alambre sólido	0.779 r
Cable de 7 hilos	0.726 r
19 hilos	0.758 r
37 hilos	0.768 r
61 hilos	0.772 r
91 hilos	0.774 r
127 hilos	0.776 r

Donde:

r = Radio del conductor

Para configuración plana  
(circuito trifásico)



$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{\text{DMG}}{\text{RMG}}$$

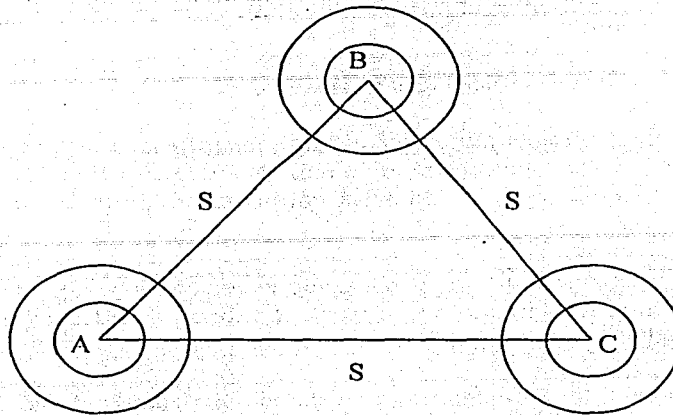
Donde:

L = Inductancia en Henrys/Km.

DMG = Distancia Media Geométrica ( $\sqrt[3]{2 \times S}$ ).

RMG = Radio Medio Geométrico.

Para configuración trébol.



Donde:

$$L_A = L_B = L_C = L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{S}{\text{RMG}}$$

Donde:

- L = Inductancia en Henrys/Km.
- S = Separación entre centros.
- RMG = Radio Medio Geométrico.

#### 4.5.6.- Pruebas en campo.

La función de un cable de energía es transmitir ésta de un punto de alimentación a otro de consumo, la cual se debe llevar a cabo en forma continua, confiable y eficiente.

La continuidad y confiabilidad del suministro de energía eléctrica depende por un lado, de la instalación y por otro de la calidad de la mano de obra.

Respecto a la calidad de los materiales tenemos como referencia las pruebas que se realizan en fábrica, es decir existe la garantía de que el material de que sale de planta cumple con los estándares de calidad requeridos, sin embargo no se garantiza que las operaciones que se realizan durante su transporte, almacenamiento e instalación cumpla con el grado de calidad necesarios. Es por ello que se hace indispensable la realización de pruebas en campo para determinar que cierta instalación pueda entrar en servicio y su operación será confiable y adecuada.

Las pruebas en campo se llevan a cabo para la aceptación o para el mantenimiento de una red.

Para ambos casos las pruebas que se realizan en campo consisten en:

*Inspección visual.*- La inspección visual se lleva a cabo para verificar que las conexiones a tierra estén efectuadas firmemente, que los soportes de los cables, terminales y empalmes sean los adecuados y para determinar el punto que servirá de base para la realización de las pruebas eléctricas de campo.

*Pruebas eléctricas.*- Las pruebas eléctricas consisten en:

-Faseo: Se lleva a cabo para determinar que el cable identificado con una cierta fase (A, B, y C) sea el mismo en toda la trayectoria de la red, esta identificación es importante, sobre todo cuando existen equipos en la red tales como transformadores, seccionadores y/o derivadores.

-Continuidad: Esta prueba permite asegurarnos que el conductor y la pantalla electrostática son continuos a lo largo del circuito bajo prueba. La discontinuidad en cualquiera de los elementos mencionados es una posibilidad potencial de falla.

-Resistencia de aislamiento: Para determinar el estado que guarda el aislamiento del cable es necesario realizar la prueba de aislamiento. Esta prueba es importante efectuarla ya que evidencia presencia de humedad o contaminantes en el aislamiento del sistema de cables, o falla franca en los accesorios del sistema bajo prueba.

-Alta tensión en CD: La verificación de la integridad del aislamiento del sistema de cables se realiza mediante la aplicación de alto voltaje en corriente directa. Si existiera algún defecto mínimo tanto en el aislamiento de los cables como en la mano de obra ejecutada durante la instalación, con ésta se evidenciaría cualquier falla o deterioro en el aislamiento de los cables.

Para determinar la integridad del aislamiento de cables se puede aplicar alto voltaje en CD o en CA, usualmente se aplica en campo CD debido a que el equipo de CD es mucho más pequeño y ligero que el de CA. Para salidas de voltaje de CA, en campo se requiere que el equipo tenga la suficiente capacidad en KVA para suministrar la corriente de carga capacitiva que requiere el sistema bajo prueba.

La prueba de alta tensión de CD se efectúa mediante un equipo llamado "High Pot" el cual consta de una fuente de CD y consola de control.

La aplicación del voltaje de prueba se alcanza mediante incrementos idénticos de voltaje por pasos de voltaje inicial aplicado.

Para nuestro caso el voltaje de prueba se alcanza mediante incrementos en pasos, la duración de cada incremento es uniforme y lo suficientemente largo para que la corriente capacitiva y de absorción se estabilice y se pueda obtener la lectura de la corriente de fuga del aislamiento de los cables.

Una vez alcanzado el voltaje de prueba este se sostiene y se aplica durante 15 minutos para el caso de pruebas de aceptación y de 5 minutos para pruebas de mantenimiento, tomando

#### 4.6.- ACOMETIDA EN MEDIANA TENSION 34.5 kV.

**Definición.-** Conductores que ligan la red de distribución del suministrador con el punto donde se conecta la instalación del usuario.

**Clasificación:**

- a).- Acometida aérea.
- b).- Acometida subterránea.

Los siguientes puntos al realizar una acometida son muy importantes:

- Si la acometida está canalizada (tubo, ducto, trinchera, etc.) no debe llevar otros conductores (excepto de tierras).
- Las acometidas no deben cruzar otros edificios.
- Para un inmueble debe existir una sola acometida.

Todos los casos especiales deben ajustarse a lo indicado por la compañía suministradora con base en la ley del servicio público de energía eléctrica.

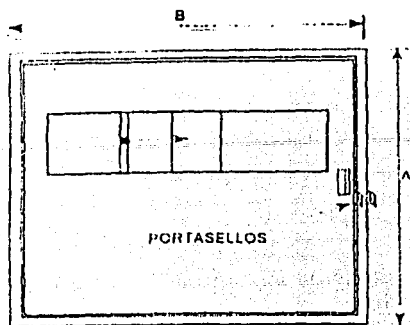
En nuestro caso la acometida será aérea, colocándose un poste en el límite del predio para recibir el transformador para los equipos de medición de la C.F.E. ya que el contrato se realizó en mediana tensión, para lo cual se solicitó al usuario suministrara dicho poste además de la construcción de un murete que albergara el nicho donde se instalaran los equipos de medición con las especificaciones referidas en su formato, *ver lamina 9*.

Para el instructivo de instalación y especificación del material utilizado para vestir el poste, la C.F.E cuenta con otro formato que extiende al usuario marcando en la lista de materiales cuales suministrará el cliente y cuales la Cia. Suministradora, *ver lamina 10 y 11*

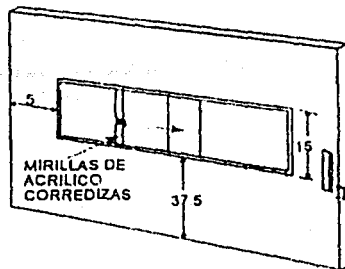


**MURETE PARA NICHOS PARA LA INSTALACION DE EQUIPOS DE MEDICION EN SERVICIOS DE FUERZA**

**DETALLE DE LA PUERTA DE PROTECCION DEL NICHOS**



ACOTACIONES: Cm



**OBSERVACIONES**

EL MATERIAL A UTILIZAR DEBE SER DE ALUMINIO

LA PUERTA DE PROTECCION DEBE SER MONTADA EN UN MARCO DEL MISMO MATERIAL, EL CUAL DEBE QUEDAR FIJO AL MURETE

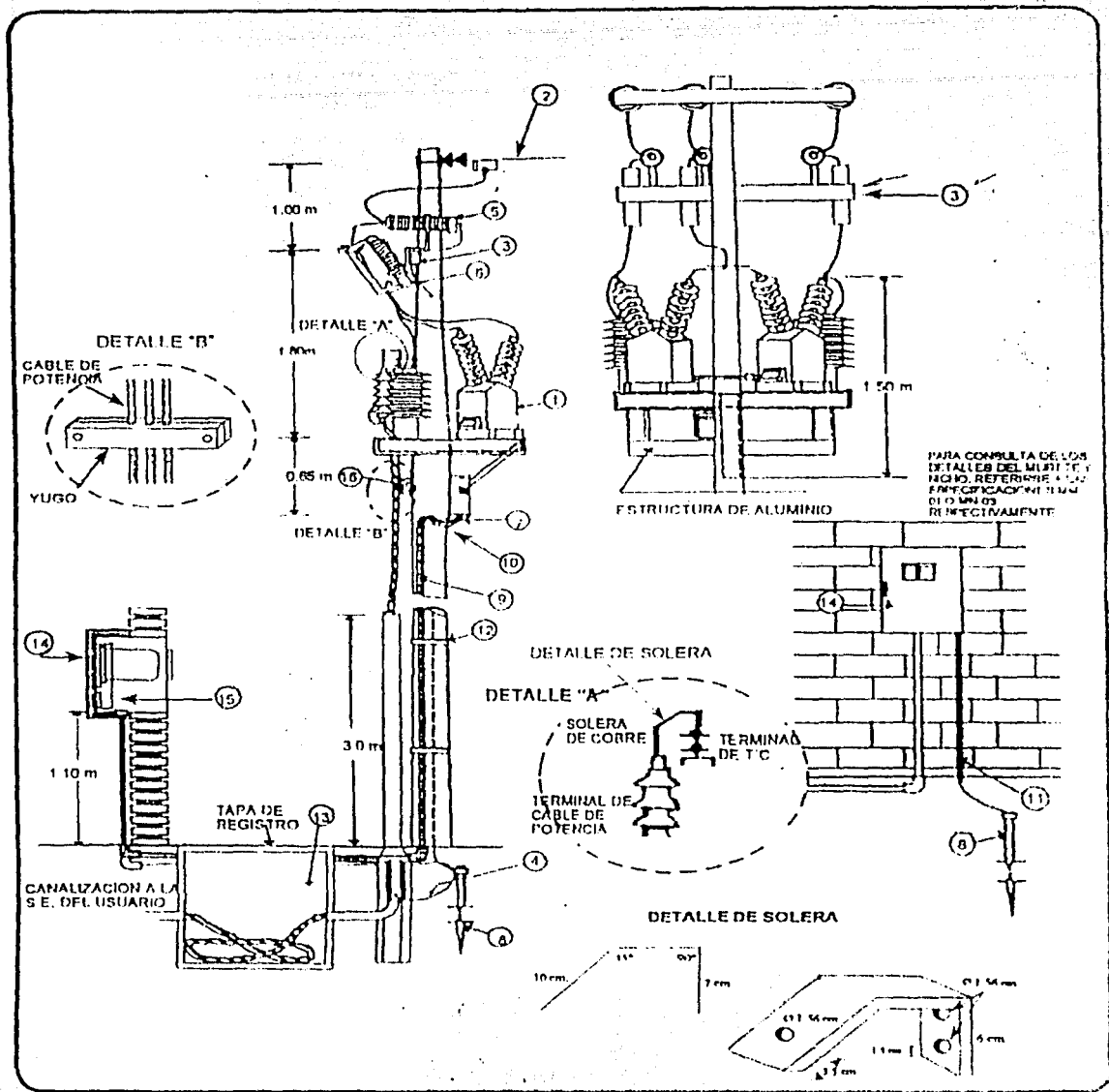
EN CASO DE REQUERIRSE LA INSTALACION DE DOS BASES DEBE PROCEDERSE DE ACUERDO A LO SIGUIENTE:

- A. SI LOS MEDIDORES SON AUTOCONTENIDOS DEBEN INSTALARSE 2 BASES 7-200 A ALAMBRADAS EN SERIE.
- B. SI LOS MEDIDORES SON NO AUTOCONTENIDOS, SOLO DEBE ADQUIRIRSE LA BASE DOBLE Y FIJARLA OBSERVANDO LAS RECOMENDACIONES HECHAS EN LA CORRESPONDIENTE ESPECIFICACION

**SELECCION DE LAS DIMENSIONES DEL NICHOS Y MURETE SEGUN EL TIPO DE EQUIPO DE MEDICION.**

MEDICION	1 BASE				2 BASE			
	NICHOS			ANCHO (C) MURETE	NICHOS			ANCHO (C) MURETE
	A	B	FONDO		A	B	FONDO	
AUTOCONTENIDO	90	50	40	90	90	90	40	130
TC'S EN GARGANTA	70	50	40	90	70	70	40	110
TC'S EN NICHOS	90	50	40	90	90	90	40	130
ECM	70	50	40	90	70	70	40	110

NOTA: PARA SELECCIONAR EL NICHOS Y EL MURETE ADECUADO EL SERVICIO ES NECESARIO CONSULTAR CON EL DEPARTAMENTO DE MEDICION DE LA ZONA



Lamina 10





**DISPOSICIONES GENERALES**

I - EL SERVICIO SE PROPORCIONARA SIEMPRE AL LIMITE DE LA PROPIEDAD, CON EL NICHOS DEL MEDIDOR DANDO EL FRENTE A LA CALLE SIN IMPEDIMENTO FISICO PARA TENER ACCESO EN FORMA PERMANENTE.

II - LOS TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO DEBEN QUEDAR INSTALADOS EN EL POSTE DEL USUARIO EL CUAL ESTARA AL LIMITE DE LA PROPIEDAD.

III - EL ENTUBADO DE LOS TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO HASTA EL NICHOS DE MEDICION DEBE SER COMPLETO SIN EXISTIR REGISTROS.

IV - DEBEN UTILIZARSE MATERIALES NORMALIZADOS Y QUE NO ESTÉN RECHAZADOS POR EL LABORATORIO DE C.F.E.

V - LA PROPIEDAD DEBE ESTAR MARCADA EN FORMA PERMANENTE CON EL NO OFICIAL QUE PROPORCIONA OBRAS PUBLICAS MUNICIPAL.

VI - LOS APARTARRAYOS Y CORTACIRCUITOS FUSIBLES SE INSTALARAN EN EL POSTE RECEPTOR DE LA ACOMETIDA.

VII - PARA SERVICIOS QUE SE CONTRATEN COMO TARIFAS HONARIAS DEBE HABILITARSE EN EL NICHOS UNA EXTENSION DE LINEA TELEFONICA DIRECTA.

VIII - EL VALOR DE RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS AL CUAL SE CONECTAN LOS APARTARRAYOS, TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO Y EQUIPO DE MEDICION DEBE SER IGUAL O MENOR A 10 OHMS Y DEBE SER AVALADA POR LA UNIDAD DE VERIFICACION MEDIANTE CONSTANCIA DE MEDICIONES.

IX - EL CABLE DE POTENCIA DE LA ACOMETIDA DEBE SER REVISADO Y AVALADO POR LA UNIDAD DE VERIFICACION RESPONSABLE DE LA OBRA.

**EL USUARIO INSTALARA POR SU CUENTA**

- 1 - Transformadores de instrumentos separados de la capacidad requerida y voltaje adecuado
- 2 - Acometida en media tension de acuerdo a especificaciones de C.F.E.
- 3 - Cruzeta para montaje de cortacircuitos
- 4 - Alambre de cobre No. 4 AWG.
- 5 - Apartarrayos de oxido de zinc de 30 Kv., clase intermedia, de 5 KA, en el valor cresta de impulso.
- 6 - Cortacircuito fusible de potencia de la capacidad que se requiere según la carga.
- 7 - Reducción, contratuerca y monitor según se requiera.
- 8 - Varilla COPPERWELD DE 3 m. Con conector.
- 9 - Tubo conduit galvanizado pared gruesa de 38 mm. de diámetro, codos y contratuercas de igual medida.
- 10 - Tubo flexible tipo liquidtight 38 mm. Llevando reducción a 19 mm.
- 11 - Tubo conduit galvanizado pared gruesa de 13 mm. Para la bajada a tierra con contratuerca.
- 12 - Fleje inoxidable de 16 mm.
- X 13 - Registro de 1 x 1 x 1m De acuerdo a especificación C.F.E.
- X 14 - Nicho de acuerdo a la especificación No MN-03
- X 15 - Base enchufe doble o simple de 13 terminales 20 amperes con block de pruebas de acuerdo a la recomendación del departamento de medición.
- 16 - Yugo de madera tratada de acuerdo al calibre del cable de potencia para fijarlo al poste.
- 17 - Zapatas para conexión de los TC'S. De acuerdo al calibre del conductor adecuado a la carga mínimo (4 AWG)

**C.F.E INSTALARA POR SU CUENTA**

- A) Cable control del calibre y número de hilos adecuado.
- B) Medidor de KWH, KW y KVARH de acuerdo a las necesidades.
- C) Sellos de plástico tipo candado

# CAPITULO 5

---

## SISTEMAS COMPLEMENTARIOS.

### 5.1.- Sistema de tierras.

#### 5.1.1.- Definiciones.

#### 5.1.2.- Cálculo de corriente de corto circuito.

### 5.2.- Pararrayos.

#### 5.2.1.- Pararrayos tipo dipolo.

#### 5.2.2.- Electrodo electroquímico.

### 5.3.- Monitoreo y control de la energía.



## 5.1.- SISTEMA DE TIERRAS.

Al proyectar un sistema eléctrico de distribución, se pone especial énfasis en los métodos mejores para conducir el fluido eléctrico, como en la mejor manera de distribuirlo. Se aplican los conocimientos tecnológicos de modo de tener el mejor control y la mejor protección para los circuitos eléctricos de control. Se busca la mejor coordinación de los elementos de protección para lograr que el sistema eléctrico resulte eficiente, confiable, seguro y versátil.

Todo el conjunto de elementos constituyentes del sistema eléctrico, esta prácticamente a la vista y de fácil acceso, pero existe una sección de los sistemas eléctricos (nos referimos al sistema de tierras) a la cual es muy conveniente dirigir nuestra atención. Es necesario aplicar nuestros conocimientos teórico-prácticos para seleccionar el mejor sistema para poder descargar segura y adecuadamente las corrientes resultantes de una falla a tierra, y no permitir situaciones peligrosas para el equipo y personal de las instalaciones eléctricas.

En el pasado, prevalecía el criterio de que cualquier objeto aterrizado ya fuera que formara parte de un sistema de tierras o que por opinión propia era parte de una "buena tierra" podría ser tocado con toda seguridad. Aparentemente este punto de vista era sólido, ya que si una estructura metálica, estaba conectada mecánicamente a una red hidráulica, en amplio contacto con el terreno, uno podría con plena seguridad apoyarse en ella. La experiencia de varios años, arrojó otros resultados.

Los propósitos principales por los que las canalizaciones o estructuras metálicas que conducen conductores energizados, deben estar interconectados a un sistema de tierras son:

1.- Mantener una diferencia de potencial baja entre las partes metálicas cercanas dentro de una determinada área y asegurar que ninguna persona corra peligro de sufrir descargas eléctricas.

2.- proveer de un camino efectivo las corrientes de falla a tierra las cuales deberán fluir sin evidencia de esfuerzos térmicos.

Por lo tanto, todas las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos, armazones de motores, deberán ser puestos a tierra para satisfacer los requerimientos anteriores.

En caso de una falla de aislamiento a lo largo de un conductor de un circuito eléctrico, entre el conductor energizado y alguna porción metálica (tubo conduit o charola), si la parte metálica no fue apropiadamente aterrizada, podría existir un potencial de suficiente magnitud tal que genere daños por descargas eléctricas a quienquiera que toque dichas partes.

## 5.1.- SISTEMA DE TIERRAS.

Al proyectar un sistema eléctrico de distribución, se pone especial énfasis en los métodos mejores para conducir el fluido eléctrico, como en la mejor manera de distribuirlo. Se aplican los conocimientos tecnológicos de modo de tener el mejor control y la mejor protección para los circuitos eléctricos de control. Se busca la mejor coordinación de los elementos de protección para lograr que el sistema eléctrico resulte eficiente, confiable, seguro y versátil.

Todo el conjunto de elementos constituyentes del sistema eléctrico, esta prácticamente a la vista y de fácil acceso, pero existe una sección de los sistemas eléctricos (nos referimos al sistema de tierras) a la cual es muy conveniente dirigir nuestra atención. Es necesario aplicar nuestros conocimientos teórico-prácticos para seleccionar el mejor sistema para poder descargar segura y adecuadamente las corrientes resultantes de una falla a tierra, y no permitir situaciones peligrosas para el equipo y personal de las instalaciones eléctricas.

En el pasado, prevalecía el criterio de que cualquier objeto aterrizado ya fuera que formara parte de un sistema de tierras o que por opinión propia era parte de una "buena tierra" podría ser tocado con toda seguridad. Aparentemente este punto de vista era sólido, ya que si una estructura metálica, estaba conectada mecánicamente a una red hidráulica, en amplio contacto con el terreno, uno podría con plena seguridad apoyarse en ella. La experiencia de varios años, arrojó otros resultados.

Los propósitos principales por los que las canalizaciones o estructuras metálicas que conducen conductores energizados, deben estar interconectados a un sistema de tierras son:

1.- Mantener una diferencia de potencial baja entre las partes metálicas cercanas dentro de una determinada área y asegurar que ninguna persona corra peligro de sufrir descargas eléctricas.

2.- proveer de un camino efectivo las corrientes de falla a tierra las cuales deberán fluir sin evidencia de esfuerzos térmicos.

Por lo tanto, todas las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos, armazones de motores, deberán ser puestos a tierra para satisfacer los requerimientos anteriores.

En caso de una falla de aislamiento a lo largo de un conductor de un circuito eléctrico, entre el conductor energizado y alguna porción metálica (tubo conduit o charola), si la parte metálica no fue apropiadamente aterrizada, podría existir un potencial de suficiente magnitud tal que genere daños por descargas eléctricas a quienquiera que toque dichas partes.

### 5.1.1.- Definiciones:

*Electrodo de tierra.*- Es un conductor embebido en tierra, usado para mantener al potencial de la tierra, los conductores conectados al electrodo, y para disipar en la tierra todas las corrientes a ellas conducidas.

*Red de tierras.*- Es una red de conductores desnudos enterrados, usados para establecer un potencial uniforme dentro y alrededor de un establecimiento cualquiera. Debe quedar ligado solidamente a los electrodos de tierra.

*Conductor de tierra.*- Es usado para conectar a la red de tierra las carcazas de los equipos, canalizaciones o partes metálicas por donde pasan circuitos energizados.

De acuerdo a la norma existen tres requisitos para una conexión a tierra física:

1. - Para limitar los voltajes causados por descargas atmosféricas o por contacto accidental con conductores de más alto voltaje.
2. - Para estabilizar el voltaje durante las operaciones normales de equipo eléctrico, electrónico y maquinaria eléctrica en general.
3. - Para facilitar operación de los dispositivos de sobrecorriente tales como fusibles, relés; bajo condiciones de falla a tierra.

La preocupación de la norma oficial mexicana, para salvaguardar la seguridad de los usuarios, existen razones adicionales muy importantes, tales como Legales, éstas se pueden resumir en:

- Seguridad de las personas que utilizan el equipo o sistema.
- Protección del equipo conectado al sistema.
- Operación correcta del equipo especialmente cuando se administran datos, sistemas de computo, telefonía, comunicación.

Por ley: Exigido por ley (autoridades competentes).

- Leyes locales o estatales.
- Requisitos de construcción.
- Regulaciones federales (normas actuales).

Por economía: Ahorro y bajo costo de mantenimiento.

Una instalación y un cableado correcto en los sistemas de tierras físicas proporcionan protección legal para:

- Contratistas de obras eléctricas.
- La empresa encargada de la operación.
- Ingenieros electricistas.

Las compañías de seguros insisten que las instalaciones y las prácticas de operación cumplan con los requisitos de seguridad mínimos antes de emitir una póliza de seguro.

Un cableado y una conexión a tierra correcta son menos costosas que:

- Pagar por accidentes personales.
- Reparar o reemplazar equipo que ha sufrido daño.
- Pérdidas de entradas financieras debido al mal funcionamiento de equipo eléctrico.

Para el caso de los conectores utilizados también en toda ésta estructura o equipos sometidos a corriente eléctrica estén bien aterrizados deben tomar en cuenta cuatro razones muy importantes:

1. - Garantizar la seguridad del personal cercano de operación.
2. - Proporcionar un paso de retorno seguro durante situaciones de sobrecarga (corto circuito, sobretensiones, rayos, etc.).
3. - Sostener un voltaje estable de referencia para asegurar la operación eficaz y segura del equipo.
4. - Cumplir con los estándares, códigos y normas en vigor.

La mayoría de las autoridades reglamentarias del mundo requieren o fomentan una resistencia a tierra de menos de 10 ohm para la seguridad. Hay una tendencia hacia lograr una resistencia de 5 ohm o menos para equipo a base de semiconductores, debido a su alta sensibilidad a cambios de voltaje.

En sistemas de fuerza comerciales e industriales, cuando se trata de equipos electrónicos es muy común que los ingenieros especifiquen una resistencia a tierra de menos de 1 ohm debido al constante riesgo de fallas eléctricas y sobretensiones.

Los sistemas de tierra por diseño deben soportar el peor caso de falla en un equipo o lugar determinado. El sistema de tierra y sus componentes deben tolerar la carga más alta a la que podría estar sometido. Con esto es claro que la selección adecuada de los componentes del sistema de tierra (varilla para tierra, reller e intensificador GAP, Conductores y conectores), son vitales para lograr el nivel de confiabilidad y seguridad. Como con cualquier sistema compuesto de varios elementos individuales las conexiones de estos componentes se prestan a ser un eslabón potencialmente débil de todo el sistema.

En la guía IEEE - 80 están los requisitos que los componentes del sistema de tierra deben tener:

- a). -Tolerar la máxima corriente de falla posible, y por la duración de tal falla las conexiones del sistema no deben fundirse o deteriorarse.

- b). -Tener un alto grado de fuerza mecánica, especialmente en lugares donde los conductores están sometidos a fuerzas externas.
- c). -Tener excelente conductividad eléctrica con poca o ninguna caída de voltaje sobre la conexión.

La fórmula de Onderdonk, muestra estas relaciones matemáticamente. Como esta mencionado en el estándar 80 de la IEEE, la temperatura ambiental se supone estar en 40 °C, el punto de fusión del cobre es de 1083 °C y la duración de falla típica es de 3 segundos (la clasificación típica de la mayoría de los mecanismos de control).

Con estas suposiciones se puede simplificar la ecuación a solamente el área de la sección transversal, magnitud de la falla, duración de la falla y una constante.

$$I = 343.5 A \sqrt{\frac{\text{Log} \frac{234 + T_m}{234 + T_a}}{S}} \quad I = \frac{A}{K S}$$

$$A = K \times I / S$$

Donde:

- I = Magnitud de la corriente de falla, Amperes.
- A = Área de la sección transversal del conductor, mm.
- T = Temperatura ambiental, °C (normalmente 40 °C)
- T = Temperatura máxima permitida del conductor en °C, (ver tabla 1)
- S = Duración de la falla, Segundos.
- K = Constante (ver tabla 2)

Si sustituimos una temperatura máxima permitida de diferentes tipos de conectores por el punto de fusión del conductor, podemos derivar un valor constante del conector como esta mostrado en la tabla 1. Ya que se proporciona una adhesión molecular, la temperatura máxima permitida sería igual como el punto de fusión del conductor.

La tabla 2, muestra la mínima área de la sección transversal requerida de conectores diferentes bajo un rango de carga de corriente de falla de mas de 3 segundos. Demostrando lo superior que son los conectores

Una más alta capacidad de conducción de corriente. Mayor tolerancia a la temperatura y todo esto con una conexión mas compacta.

Estas ventajas son además de la confiabilidad permanente, la alta resistencia a corrosión y a la facilidad de su instalación.



### 5.1.2.- Cálculo de corriente de corto circuito:

- Para protección de los conductores.

Este cálculo sirve para determinar cuanto tiempo soportará sin dañarse el aislamiento de un conductor cuando se produce un corto circuito.

Es importante conocer éste tiempo para escoger adecuadamente las protecciones de la línea.

Para conocer el tiempo máximo en el que deberá operar la protección, se puede ver la grafica ya generada de la siguiente ecuación, *ver grafica I-1 en apéndice:*

$$(I/\Lambda)^2 t = 0.029 \log. \frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}$$

Donde:

I = Corriente de corto circuito en Amperes.

$\Lambda$  = Área del conductor en circular mils.

t = Tiempo de corto circuito en segundos.

T<sub>1</sub> = Temperatura máxima de operación 90 °C.

T<sub>2</sub> = Temperatura máxima de corto circuito 150 °C.

Donde en el eje horizontal tenemos los calibres y en el vertical la corriente en miles de amperes. Dependiendo del tiempo en que opere la protección y el calibre, será la corriente que podrá soportar el conductor.

## 5.2.- SISTEMA DE PARARRAYOS.

Actualmente es requisito la instalación de un sistema de pararrayos y electrodos en toda planta industrial, de acuerdo al nuevo reglamento de de obras e instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE 1999 Art. 250 y Art 2403.

Un sistema de pararrayos consiste en la instalación de varios pararrayos que cubren cierta área, dependiendo del tipo utilizado se calculará la cantidad requerida de ellos hasta proteger la totalidad del inmueble o terreno.

Por ser más comunes y a la vez los que son más confiables mencionaremos al:

**5.2.1.- Pararrayos tipo dipolo**, consiste de una barra magnetizada de fierro sólido cuya superficie esta totalmente niquelada, cuyo extremo superior termina en punta. Por debajo de esta punta se encuentra un disco de fierro magnetizado, cubierto con material plástico y en el extremo inferior de la barra se encuentra un manguillo de hule vulcanizado que tiene por objeto aislar la barra del mástil que la soporta. Por debajo de este manguillo se encuentra un dispositivo de conexión para conectar el cable que une al pararrayos con los electrodos de conexión a tierra.

Todos los elementos metálicos que integran el pararrayo están altamente magnetizados. Esta magnetización produce un campo magnético de gran densidad el cual amortigua la descarga atmosférica y la conducen a tierra a través del cable y electrodos anteriormente mencionados, evitando la dispersión iónica que pudiera causar daños personales o materiales.

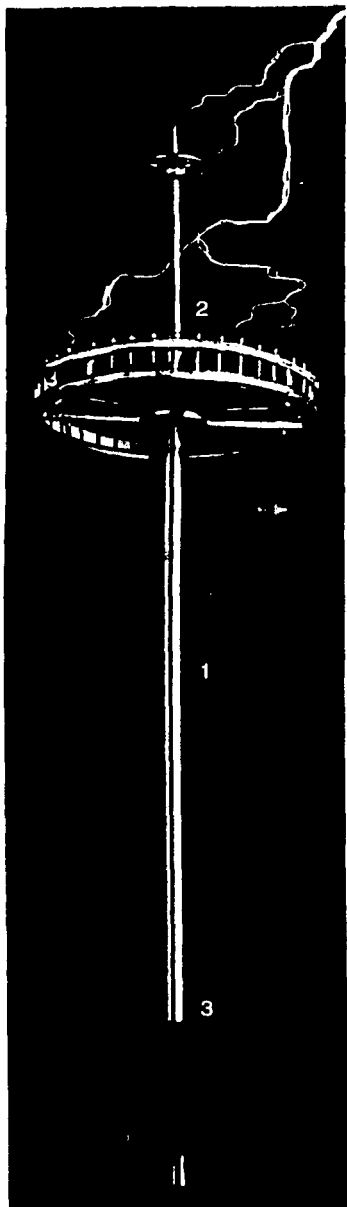
*Operación.-* Se hará, cuando atraiga una descarga en el pararrayos, así se obtiene la protección al área calculada, siempre y cuando se encuentre debidamente conectada a un electrodo de conexión a tierra.

**5.2.2.- Electrodo electroquímico**, de conexión a tierra. Es también parte importante para el mantenimiento de en buenas condiciones de las instalaciones eléctricas, equipos eléctricos, computadoras, etc.

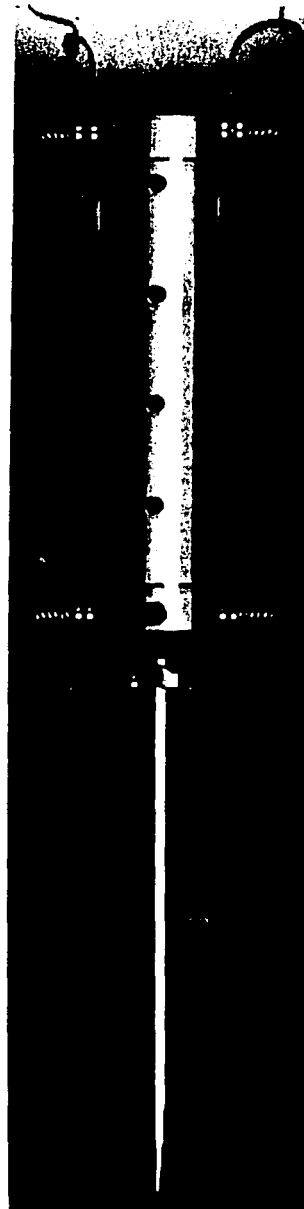
Si se encuentra voltaje en el neutro, es acumulativo de corriente estática y esto es lo que provoca un corto circuito, con la instalación adecuada de un electrodo, se absorbe la corriente estática de los equipos electrónicos y eléctricos.

El electrodo de conexión a tierra consta de dos elementos con los cuales se obtiene una doble conexión a tierra, que ofrece mayor eficiencia y confiabilidad, el primero se encuentra en la parte inferior del electrodo y consiste de una barra de acero cobrizado, la cual permite una penetración más profunda en el subsuelo; el otro elemento se encuentra en la parte superior del electrodo y consiste en un tubo de cobre que contiene una solución química que fluye de inmediato a lo largo de la barra a través de los orificios que se encuentran a lo largo del tubo, penetrando en el subsuelo proporcionando una mejor conexión a tierra., *ver los siguientes dibujos.*

pararrayo tipo dipolo



electrodo electroquimico



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE LA PLATA

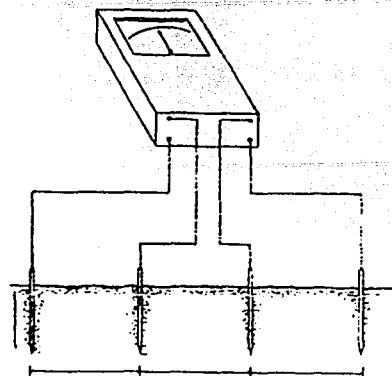
Para determinar cuantos electrodos se deben colocar en un sistema de aterrizamiento se utiliza la fórmula de Wenner con las instrucciones y grafica siguientes:

**INSTRUCCIONES:**

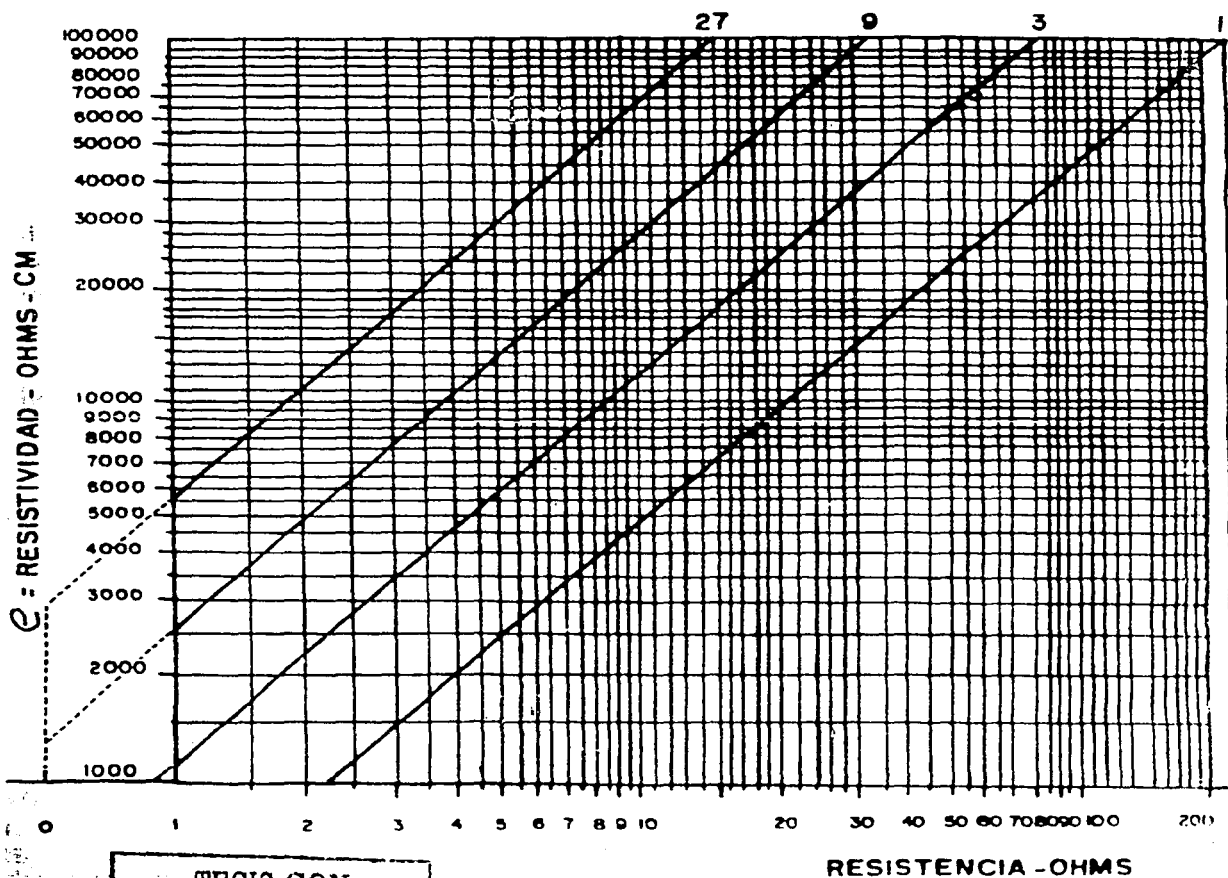
Mida la resistividad del terreno con un terrómetro de cuatros puntas, donde desea colocar una Tierra Electroquímica Ramiesa®, ahora aplique la siguiente fórmula de Wenner:

$$\rho = 2 \times \pi \times D \times R$$

Ahora, revise la tabla inferior, usted ya sabe cuantos electrodos debe colocar, según la resistencia que desee obtener.



**ELECTRODO DE CONEXION A TIERRA**



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### 5.3.- MONITOREO Y CONTROL DE LA ENERGIA.

Hoy en día existen varios organismos que realmente estudian y comprenden el uso y la calidad de la energía que se utiliza. No consideran la energía como un gasto adicional, sino como la materia prima de un proceso, la monitorean constantemente y mas aún, la mejoran, eliminan los desperdicios, reducen los costos e incrementan su calidad, cuentan con todas las herramientas de medición para evaluar sus costos, los costos por cada interrupción y el impacto por contaminación armónica, adicionalmente, pueden distribuir sus costos por operación.

Algunas empresas han implementado programas para mejorar su eficiencia y utilización denominada Proceso de Administración de la Energía, mediante el cual se han dado cuenta que el verdadero costo de la calidad de la energía, es como la calidad de los productos.

Para el proceso de administración de la energía, se parte de una premisa "No se puede manejar o administrar lo que no se ve". Los costos tradicionales de la energía como son el recibo de la luz y equipo eléctrico son los más fáciles de administrar. Los costos ocultos como son los tiempos muertos y la calidad de la energía son mas difíciles de medir y por lo tanto de administrar.

El proceso de administración de la energía es un ciclo que, una vez que se comienza a ahorrar dinero y resulta útil, se mantiene cerrado en un proceso de mejora y crecimiento continuo en una instalación.

La base para una efectiva administración de energía es la instalación permanente de un sistema de control y monitoreo de potencia, poderoso pero fácil de utilizar. A menos que se tenga una gran suerte, un disturbio eléctrico se puede presentar justo cuando no se este preparado para registrarlo o medirlo, lo que implica que se puede perder una oportunidad de implementar una mejora en el sistema.

Un sistema de monitoreo permanente capturará cualquier fenómeno y se deberá incluir una plataforma de software adecuado que ayude a hacer el análisis de la información. Preferentemente, deberá tener comunicaciones avanzadas y capacidad de integrarse a una red para compartirla información con otros departamentos.

Con la información actualizada de las instalaciones y diagramas unifilares, se puede tener una buena idea de los puntos en que se necesita medir permanentemente. Asegurarse de medir en las acometidas, en los enlaces con los sistemas de respaldo para emergencias, así como en las cargas críticas. Prácticamente no existe límite para el número de puntos de medición más allá de la capacidad de interpretar toda la información.

Es por ello que el software que se utilice juegue un papel muy importante en la etapa del manejo de la información a través de reportes prediseñados y tablas personalizadas.

Una vez instalado y operando el sistema de monitoreo y control, se estará listo para determinar las áreas de oportunidad y mejora en el sistema eléctrico. Se sugiere enfocar los esfuerzos en tres principales áreas:

- *Ahorro de energía.*- Por lo general, el ahorro de energía va ligada al control de la demanda.
- *Mejora en la productividad.*- Deberá enfocarse en mejorar la eficiencia tanto del equipo como de su mantenimiento, así como en la mejora de la calidad de la energía.
- *Confiabilidad del sistema.*- Requiere de una atención especial a los detalles y a la actualización constante. Enfocándose en detectar enlaces o uniones débiles, analizar la posibilidad de poner sistemas ó alimentaciones redundantes y, sobretodo, poner atención a los niveles de contenido de armónicas para que éstas no den dolores de cabeza (que suelen llegar en los momentos menos esperados).

Así se concluye que los beneficios de la calidad de la energía son directamente proporcionales a las intenciones de invertir en el proceso de la Administración de la Energía que ayuda a monitorear el desempeño de las inversiones en equipo de potencia y sus costos por una mala calidad de la Energía. El proceso de la Administración de la Energía es el camino que permite identificar y controlar los costos, así como implementar el proceso de mejora continua en los sistemas de distribución. La clave para lograr ahorros se basa en la instalación del sistema de monitoreo y control que entregue información de manera regular, precisa y confiable.

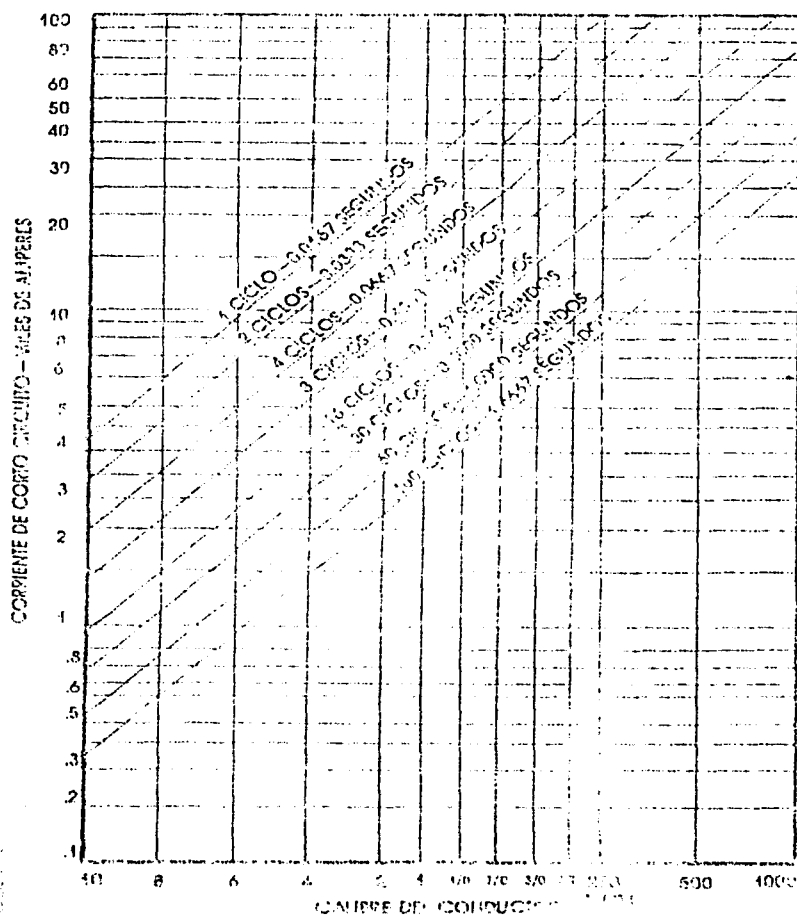
La inversión requerida para el proceso de Administración de la Energía depende de los costos reales de energía. Una inversión típica de oscila entre el 5 y el 10 % de los costos anuales de la energía y, en ocasiones, menos que eso.

Los verdaderos costos resultan gratis según la experiencia que se tiene de diferentes compañías que han obtenido ahorros de energía o realizando mejoras en la Calidad de ésta, pagando cualquier inversión en el proceso durante el primer año. Para esto, existen en el mercado una diversidad de productos que ayudan a corregir el factor de potencia, atenuar o aislar el efecto de las armónicas, suprimir picos de voltaje, eliminar el efecto de los apagones, etc.

# APENDICE

GRAFICA I-1

CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES CON AISLAMIENTO A 90°C Y CONDUCTOR DE COBRE



**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

CONDUCTOR DE COBRE  
AISLAMIENTO TI EN S (CLASIFICACION 90°C)

CURVAS BASADAS SOBRE LA SIGUIENTE FORMULA

$$\left[ \frac{I}{A} \right]^2 = 1.0297 \cdot 10^4 \left[ \frac{1}{t} + 2.34 \right] \left[ \frac{1}{T_1 + 2.34} \right]$$

DEFINICION

- I = Corriente de corto circuito en amperes
- A = Area del conductor en cm²
- t = Tiempo en corto circuito en segundos
- T<sub>1</sub> = Temperatura máxima de operación - 90°C
- T<sub>2</sub> = Temperatura máxima de corto circuito - 150°C

CONFIDENTIAL  
NO FORN DISSEM



**TABLAS DE FACTORES DE CORRECCION, CAIDA DE TENSION UNITARIA, CAPACIDADES DE TUBERIA CONDUIT.**

**TABLA I-14**

**FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA**

TEMPERATURA AMBIENTE	FACTOR		
	temperatura de operación del conductor		
°C	60°C	75°C	90°C
30	1.00	1.00	1.00
31 - 35	0.91	0.94	0.95
36 - 40	0.82	0.88	0.91
41 - 45	0.71	0.82	0.87
46 - 50	0.58	0.75	0.82
51 - 55	0.41	0.67	0.76
56 - 60	--	0.58	0.71
61 - 70	--	0.35	0.59

**TABLA I-15**

**FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO PARA CABLES EN TUBERIA CONDUIT (SEGUN IEEE 61)**

Número de Conductores	factor
1 a 3	1.00
4 a 6	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
43 y más	0.50

Nota: estos valores se aplican en el caso de ser todos conductores para corriente alterna y conductores neutro que transportan tan sólo la corriente de balanceo de otros conductores. No se toman en cuenta para los factores de corrección por agrupamiento (Según IEEE 61).

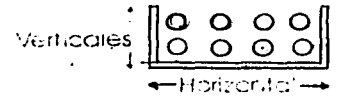
TABLA F-16

**FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO DE CABLES EN CHAROLAS**

TESIS CON  
FOLIA DE ORIGEN

Cables con separación mantenida de 1/4 a 1 vez el diámetro del cable

Número de Cables Verticalmente	Número de Cables Horizontalmente					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83	0.82
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75	0.74
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69	0.68
4	0.77	0.72	0.68	0.67	0.66	0.65
5	0.75	0.70	0.65	0.65	0.64	0.63
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62	0.61



Ej. 4 horizontal y  
2 vertical

Factor = 0.76

TABLA F-17

**NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES QUE PUEDEN ALOJARSE EN TUBO CONDUIT**

Tipo de conductor	Cantidad de conductores AWG / MM <sup>2</sup>	Diámetro nominal de tubo (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
THW y THW (con cubierta)	14	9	13	25	45	61					
	12	8	14	22	39	54					
	12	7	12	20	35	48	78				
	10	6	11	17	30	41	68				
	10	5	10	15	27	37	61				
THW y THW (con cubierta)	10	4	6	13	23	32	52				
	8	2	3	7	13	17	26	40			
	14	6	10	16	29	40	65				
	12	5	9	15	26	36	59				
	12	4	6	13	24	33	54				
THW y THW (con cubierta)	12	4	7	12	21	29	47				
	10	4	7	11	19	26	43	61			
	10	3	6	9	17	23	38	53			
	8	1	3	5	10	13	22	32	49		
	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	
THW y THW (con cubierta)	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
	1/0	--	1	1	2	3	5	8	12	16	21
	2/0	--	1	1	1	3	5	7	10	14	18
	3/0	--	1	1	1	2	4	6	9	12	15
THW y THW (con cubierta)	4/0	--	--	1	1	3	5	7	10	13	17
	250	--	--	1	1	1	2	4	6	8	10
	300	--	--	--	1	1	2	3	5	7	9
	350	--	--	--	1	1	1	3	4	6	8
	400	--	--	--	1	1	1	2	4	5	7
500	--	--	--	1	1	1	1	3	4	6	

TABLA 33. FACTORES DE DEMANDA APROXIMADAMENTE USUALES

Comercial		Industrial	
Comercio	F. D.	Industria	F. D.
Alumbrado Público	1.00	Acetlano (Fca. de)	0.70
Apartamentos	0.35	Armadoras de autos	0.70
Bancos	0.70	Carpinterías (Talleres de)	0.65
Empleos	0.50	Carne (Empacadoras)	0.80
Casinos	0.95	Cartón (Productos de)	0.50
Corteos	0.30	Cemento (Fca. de)	0.65
Escuelas	0.70	Cigarrillos (Fca. de)	0.60
Garajes	0.60	Dulces (Fca. de)	0.45
Hospitales	0.40	Fundición (Talleres de)	0.70
Hoteles chicos	0.50	Galletas (Fca. de)	0.55
Hoteles grandes	0.40	Hielo (Fca. de)	0.90
Isotermas	0.60	Herrería (Talleres de)	0.50
Mercados	0.80	Imprentas	0.60
Multifamiliares	0.25	Jabón (Fca. de)	0.60
Oficinas	0.65	Lámina (Fca. Artículos)	0.70
Restaurantes	0.65	Lavandería mecánica	0.80
Teatros	0.60	Niquelado (Talleres de)	0.75
Tiendas	0.65	Maderería	0.65
		Marmolería (Talleres de)	0.70
		Mecánico (Taller)	0.75
		Muebles (Fca. de)	0.65
		Pan (Fca. mecánica de)	0.55
		Papel (Fca. de)	0.75
		Periódicos (Rotativas)	0.75
		Pinturas (Fca. de)	0.70
		Química (Industria)	0.50
		Refinerías (Petróleo)	0.80
		Refrescos (Fca. de)	0.55
		Textiles (Fca. telas)	0.65
		Vestidos (Fca. de)	0.45
		Zapatos (Fca. de)	0.75

**CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMITIDA PARA  
CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS DE 0 A 2 000 VOLTS 60° C, 75° C y 90° C  
( TEMPERATURA AMBIENTE 30° C )**

*ALLOWABLE AMPACITIES OF INSULATED COPPER CONDUCTORS RATED 0 THROUGH 2 000 V, 60°, 75° AND 90°  
(AMBIENT TEMPERATURE OF 30° C)*

AREA TRANS. CROSS SECTION (mm <sup>2</sup> )	CALIBRE  SIZE (AWG o KCM)	NO MAS DE 3 CONDUCTORES EN UN CABLE, EN UN CANALIZACION O DIREC- TAMENTE ENTERRADOS <i>NOT MORE THAN 3 CONDUCTORS IN CABLE, RACE WAY DIRECTLY BURIED</i>			MONOCONDUCTORES AISLADOS AL AIRE LIBRE <i>SINGLE INSULATED CONDUCTORS IN FREE AIR</i>		
		60° C	75° C	90° C	60° C	75° C	90° C
0,823 5	18			14			18
1,307	16			18			24
2,082	14	20	20	25	25	30	35
3,307	12	25	25	30	30	35	40
5,260	10	30	35	40	40	50	55
8,367	8	40	50	55	60	70	80
13,30	6	55	65	75	80	95	105
21,15	4	70	85	95	105	125	140
26,67	3	85	100	110	120	145	165
33,62	2	95	115	130	140	170	190
42,41	1	110	130	150	165	195	220
53,48	1/0	125	150	170	195	230	260
67,43	2/0	145	175	195	225	265	300
80,01	3/0	165	200	225	260	310	350
107,2	4/0	195	230	260	300	360	405
126,7	250	215	255	290	340	405	455
152,0	300	240	285	320	375	445	505
177,3	350	260	310	350	420	505	570
202,7	400	280	335	380	455	545	615
253,4	500	320	380	430	515	620	700
304,0	600	355	420	475	575	690	780
354,7	700	385	460	520	630	755	855
380,0	750	400	475	535	655	785	885
405,4	800	410	490	555	680	815	920
456,0	900	435	520	585	730	870	985
506,7	1 000	455	545	615	780	935	1 055

Corrección del factor de potencia

El 10 de Noviembre de 1991, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, que el factor de potencia, mínimo a observar por los usuarios debe ser 0.9, evitando de ese modo cargos por bajo factor de potencia

Factor de multiplicación por el valor de la carga en kW  
Para obtener kVAr necesarios para corregir el factor de potencia deseado

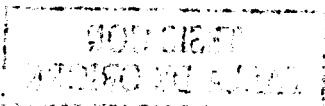
FACTOR DE POTENCIA EXISTENTE %	FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO					
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %	75 %
50	1.732	1.403	1.247	1.112	0.982	0.850
52	1.643	1.314	1.158	1.023	0.893	0.761
54	1.558	1.229	1.073	0.938	0.808	0.676
55	1.518	1.189	1.033	0.898	0.768	0.635
56	1.479	1.150	0.994	0.859	0.729	0.597
58	1.404	1.075	0.919	0.784	0.654	0.522
60	1.333	1.004	0.848	0.743	0.583	0.451
62	1.265	0.936	0.780	0.645	0.515	0.383
64	1.201	0.872	0.716	0.581	0.451	0.319
65	1.168	0.839	0.683	0.548	0.418	0.295
66	1.139	0.810	0.654	0.519	0.389	0.257
68	1.078	0.749	0.593	0.458	0.270	0.195
70	1.020	0.691	0.535	0.400	0.214	0.135
72	0.964	0.635	0.479	0.344	0.159	0.082
74	0.909	0.580	0.424	0.289	0.132	0.027
75	0.882	0.553	0.397	0.262	0.105	
76	0.855	0.526	0.370	0.235	0.058	
78	0.802	0.413	0.317	0.182		
80	0.750	0.421	0.265	0.130		
82	0.699	0.369	0.213	0.078		
84	0.646	0.317	0.161			
85	0.620	0.291	0.135			
86	0.594	0.265	0.109			
88	0.540	0.211	0.055			
90	0.485	0.165				
92	0.426	0.097				
94	0.363	0.034				
95	0.329					

EJEMPLO: Factor de potencia existente 0.70, factor de potencia deseado 0.95; potencia consumida 500 kW. Para determinar la potencia reactiva total (kVAr), y corregir el factor de potencia a 0.95; de la tabla tomar el factor de multiplicación 0.691 correspondiente al factor de potencia existente de 70 % y el deseado de 95 %. Por lo tanto:  $0.691 \times 500 = 345.5$  kVAr; se deberán seleccionar los capacitores (a la tensión de utilización, volts) cuya potencia sea la inmediata superior comercial existente. Por ejemplo 350 kVAr a 450 V c.a.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla 250-05 Sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc.  No mayor en (amperes)	Sección transversal		Sección transversal	
	Cobre		Aluminio	
	mm <sup>2</sup>	AWG KMC	mm <sup>2</sup>	AWG KCM
15	2.082	14	3.307	12
20	3.367	12	5.260	10
30	5.260	10	8.367	8
40	5.260	10	8.367	8
60	5.260	10	8.367	8
100	8.367	8	13.30	6
200	13.30	6	21.15	4
300	21.15	4	33.62	2
400	27.67	3	42.41	1
500	33.62	2	53.48	1/0
600	42.41	1	67.43	2/0
800	53.48	1/0	85.01	3/0
1000	67.43	2/0	107.2	4/0
1200	85.01	3/0	126.7	250
1600	107.2	4/0	177.3	350
2000	126.7	250	202.7	400
2500	177.3	350	304	600
3000	202.7	400	304	600
4000	253.4	500	405.4	800
5000	354.7	700	612	1200
6000	405.4	800	612	1200



## CONCLUSIONES.

---

Como en todo proyecto, primero surge una necesidad que se debe buscar la manera de satisfacerla y se comienzan a generar ideas que se deberán ir analizando, así se inicia el diseño, que mediante croquis, dibujos, cálculos matemáticos en un escritorio se va concretando lo que será el anteproyecto, conocido como ingeniería básica, que nos mostrará las necesidades de consumo de energía requerida en cada equipo y en cada área tanto de iluminación como de fuerza, y así tener un estimado de la capacidad del alimentador que se deberá solicitar a la compañía suministradora, además de que se hacen arreglos de las trayectorias de distribución en toda la planta, y mediante los cálculos correspondientes se definen la capacidad y el calibre de los conductores que deberán usarse, el tipo de canalización, etc. Con estos datos se procede a cuantificar o cubicar la totalidad de los materiales a utilizar, generándose una lista de conceptos que servirán tanto para hacerse un estimado de inversión, como al someterse a concurso entre constructoras, se tenga la mayor de la certeza de que se compite con el mismo tipo de materiales y realizarse las mismas actividades en la construcción, así mientras más completo sea el anteproyecto, se tendrá menos indefiniciones en la instalación.

Aunque por lo general debe revisarse las veces que sea necesario, para apegarse lo mas cercano a lo real y proceder a definir todos los detalles por mínimos que sean, principalmente cuando se inicia o esta en desarrollo la obra civil e ir previendo trabajos que se deberán desarrollar a la par y no tener problemas futuros, además estar en comunicación con las demás áreas que intervendrán en el desarrollo de la obra y efectuar chequeos cruzados y evitar interferencias con otros servicios, ya que de ocurrir éstos en obra, las instalaciones eléctricas son las que se modificaran, pues son las que supuestamente tienen menos repercusión, a la solución de todos estos problemas se le llama ingeniería de detalle y es un afinamiento de la ingeniería básica.

A pesar de todo este proceso de revisión del proyecto corrección de planos, dibujos y diagramas eléctricos, al momento de efectuarse la instalación, siempre habrá diferencias, que serán de mayor consideración mientras mas incompleta sea la ingeniería de detalle y que repercutirá económicamente en los presupuestos que se tenían contemplados, así la compañía constructora deberá tener especial cuidado al hacer sus presupuestos pues de esto depende las ganancias o pérdidas en una obra. Estos detalles que se presentan entre lo que es el proyecto y lo que es la construcción del mismo definen que tanta experiencia tiene el ingeniero en diseñar y el ingeniero residente o constructor deberá advertir con anticipación el mayor numero de variaciones e indefiniciones a modo de tomar las debidas medidas para solucionarlas

personas sin laborar por falta de definiciones en la obra, ó efectuar trabajos que después tengan que ser desmantelados por modificaciones.

Así desde el principio se definió el trabajo que se pretendía realizar, cómo se deben dejar las cosas bien definidas, investigar los problemas legales de la propiedad, los servicios con que se cuenta, qué modificaciones o tramites se deben hacer para no tener contratiempos una vez empezado el trabajo.

Por consiguiente el trabajo escrito que se esta presentando es el resultado de todas estas indefiniciones, pues se hicieron muchas correcciones al proyecto original, cambiando desde circuitos derivados de alumbrados, arreglos de lámparas, tableros con sus respectivos interruptores y alimentadores, etc. Mostrando en forma ordenada con diagramas unifilares y cuadros de carga de todos los equipos que intervienen en la distribución y manejo de la energía eléctrica tal y como quedaron instalados, y a la fecha ya se encuentra en operación esta planta, con una presencia muy importante en el mercado comercial.

Desafortunadamente me fue imposible tomar fotografías del desarrollo de la obra pues estaba prohibido hacerlo, ya que me hubiese gustado mostrar diferentes momentos en los cuales era impresionante ver la cantidad enorme de conductores de todos los calibres concentrarse en los centros de fuerza correspondiente y me hubiese haberlos incluido en el presente trabajo, para hacerlo un poco mas real y no solo mostrar números y textos.

El haber hecho esta recopilación de todas las modificaciones que se hicieron, me he dado cuenta de que el trabajo que se realizó aunque hecho sobre presión es altamente confiable, teniendo la certeza de que operará satisfactoriamente sin problema alguno, aunque me hubiese gustado disponer de más tiempo para explicar algunos problemas que enfrenté y como logré resolverlos y sobre todo la gran experiencia que obtuve de este gran proyecto.



## BIBLIOGRAFIA

---

- 1.- Fundamentos de instalaciones eléctricas, autor: Gilberto Enriquez Harper, Editorial Limusa, Edición 1986.
- 2.- Apuntes de curso "Mantenimiento industrial" de Educación continua de la Facultad de Ingeniería. UNAM.
- 3.- Apuntes asignatura "Instalaciones Eléctricas e Iluminación", Facultad de Ingeniería, UNAM.
- 4.- Catalogo para lámparas de mercurio, aditivos metálicos y de vapor de sodio alta y baja presión. Fabricante: Lumisistemas, G.E.
- 5.- Apuntes asignatura "Motores y transformadores", Facultad de Ingeniería, UNAM.
- 6.- Catalogo para cables de energía. Fabricante: Conductores eléctricos "CONELEC".
- 7.- Catalogo para Centros de Control de Motores CCM's. Fabricante: Federal Pacific.
- 8.- Catalogo de Banco de Capacitores Automáticos. Fabricante: ABB Sistemas, S.A. de C.V.
- 9.- Catalogo subestaciones de tensión media 34.5 kV. Fabricante: Siemens.
- 10.- Catalogo para cables de baja tensión. Fabricante: ConduMex.
- 11.- Catalogo general equipos eléctricos de distribución y control, fabricante Eaton Cutler-Hammer, edición 2001.
- 12.- Catalogo "Productos de Distribución Baja y Media Tensión", Fabricante, Federal Pacific, Edición Julio 2001.