



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

SEDE GUADALAJARA

PROYECTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA LA PLANTA
HORUS, S.A. DE C.V. LOCALIZADA EN EL FRACCIONAMIENTO
INDUSTRIAL, ZAPOPAN NORTE, GUADALAJARA, JALISCO.

CARLOS BENJAMIN BECERRA SOTO

Tesis presentada para optar por el título de Licenciado en
Ingeniería Electromecánica con Reconocimiento de Validez
Oficial de Estudios de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 00933087 con fecha 29-I-93.

Zapopan, Jal., Agosto de 1997.

CLASIF: _____
ADQUIS: 47630
FECHA: 20-08-02
DONATIVO DE _____
\$ _____



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

SEDE GUADALAJARA



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
SEDE GUADALAJARA
BIBLIOTECA

PROYECTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA LA PLANTA
HORUS, S.A. DE C.V. LOCALIZADA EN EL FRACCIONAMIENTO
INDUSTRIAL, ZAPOPAN NORTE, GUADALAJARA, JALISCO.

CARLOS BENJAMIN BECERRA SOTO

Tesis presentada para optar por el título de Licenciado en
Ingeniería Electromecánica con Reconocimiento de Validez
Oficial de Estudios de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 00933087 con fecha 29-I-93.

Zapopan, Jal., Agosto de 1997.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

SEDE GUADALAJARA

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CARLOS BENJAMÍN BECERRA SOTO

Presente

En mi calidad de Presidente de la Comisión de Exámenes Profesionales y después de haber analizado el trabajo de titulación en la alternativa tesis titulado "**PROYECTO DE LA INSTALACION ELECTRICA PARA LA PLANTA HORUS, S.A. DE C.V. LOCALIZADA EN EL FRACCIONAMIENTO INDUSTRIAL, ZAPOPAN NORTE, GUADALAJARA, JALISCO.**", presentado por usted, le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado de Examen Profesional, por lo que deberá entregar ocho ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

Atentamente

EL PRESIDENTE DE LA COMISION

Zapopan, Jal. agosto 11 de 1997



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
SEDE GUADALAJARA

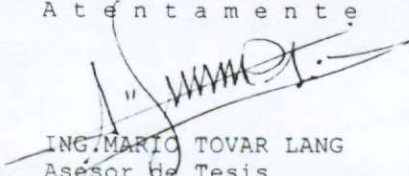
Febrero 27 de 1997

COMITE DE EXAMENES PROFESIONALES
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA
UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Hago constar que el alumno: **CARLOS BENJAMIN BECERRA SOTO**, ha terminado satisfactoriamente el trabajo de tesis titulado: "**PROYECTO DE LA INSTALACION ELECTRICA PARA LA PLANTA HORUS, S. A. DE C.V. LOCALIZADA EN EL FRACCIONAMIENTO INDUSTRIAL, ZAPOPAN NORTE, GUADALAJARA, JALISCO.**", que presentó para optar por el título de la Licenciatura en Ingeniería Electromecánica.

Se extiende la presente para los fines que convengan al interesado.

A t e n t a m e n t e



ING. MARIO TOVAR LANG
Asesor de Tesis
Escuela de Ingeniería Electromecánica

INDICE

Introducción .	6
Capítulo 1.	7
Elementos Generales de la Instalación Eléctrica.	7
1.1.-Conductores Eléctricos.	7
1.1.1.- Selección del Calibre del Conductor.	11
1.1.2.-Número de Conductores en un Tubo Conduit.	20
1.1.3.-Utilización de los Sistemas de Distribución.	21
1.2.- Canalizaciones Eléctricas.	21
1.3.-Conectores para Canalizaciones Eléctricas.	25
1.4.-Dispositivos de Protección.	27
Capítulo 2.	29
Proyecto de la Instalación Eléctrica para Fuerza.	29
2.1.- Analisis preliminar.	29
2.2.-Identificación de conductores a tierra.	31
2.3.-Instalación eléctrica de motores.	31
Capítulo 3	41
Proyecto de la Instalación Eléctrica para el Alumbrado Interior.	41
3.1 Definiciones Básicas de Iluminación.	41
3.2.- Las Fuentes Luminosas.	44
3.2.1.- Lámparas Incandescentes.	45
3.2.2 Lámparas Incandescentes con Alogenos.	46
3.2.3. Lámparas de Descarga en Gas.	47
3.2.4. Lámparas Fluorescentes .	47
3.2.5. Lámparas de Alta Intensidad de Descarga (HID).	50
3.3.- Rendimiento de las Luminarias .	55
3.4.- Curvas Fotométricas.	55
3.5.- Tipos de Iluminación.	56
3.6.- Cálculo de la Iluminación Interior.	56

Capítulo 4.	63
Corrección del Factor de Potencia y Estudio de Corto Circuito.	63
4.1.- Corrección del Factor de Potencia.	63
4.1.1.- Instalación de Capacitores.	70
4.2.- Estudio de corto circuito.	71
4.2.1.- Representación en la Red para el Estudio de Corto Circuito.	72
4.2.2.- Cambios de Base.	73
4.2.3.- Cálculo de las Corrientes de Corto Circuito.	74
4.2.4.- Cálculos para el Corto Circuito.	76
Anexos.	79
Conclusiones.	88
Bibliografía.	89

INTRODUCCIÓN

La idea del "Proyecto de la Instalación Eléctrica Para la Planta Horus, S.A. de C. V. Localizada en el Fraccionamiento Industrial, Zapopan Norte, Guadalajara, Jalisco", surgió de la necesidad existente en la sociedad por abastecer de una instalación eléctrica, a la nueva planta de la industria zapatera.

La cual diera soporte y ayuda a la primera, ya existente, para poder cumplir con sus compromisos adquiridos.

Debido a su localización esta planta va a recibir la energía eléctrica de manos de la Compañía Suministradora (C.F.E.) a un voltaje nominal de 220 /127, lo cual es bien aceptado ya que las máquinas, en su mayoría motores, que dan movimiento a las tres bandas de trabajo (Banda Cinturón, Banda Pespunte, Banda de Cortado y Preliminares) funcionan a estos niveles de tensión.

La fábrica de calzado impulsada por las tres bandas antes mencionadas realizan trabajos como el ribeteado, doblado, encintado, acentado, costura, etc.; entre otras, dichas actividades son realizadas en estaciones de trabajo consecutivas y a lo largo de tres mesas de 30m. de largo por 5m de ancho, aproximadamente.

Este trabajo ha sido dividido para la mejor comprensión del lector en cuatro capítulos; Iniciando en el primero con el conocimiento de los elementos básicos de las Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión, sus requisitos y algunas características.

Después se llega a la parte práctica comenzando con los cálculos pertinentes a la Instalación Eléctrica de fuerza, expresados en el capítulo dos, en el cual se mostrarán a base de Tablas los resultados obtenidos de realizar cálculos para la selección del calibre de los conductores, tanto por el método de Ampacidad como por Caída de Tensión, así como los cálculos para su adecuada canalización.

Debido a la importancia de la Instalación Eléctrica de Alumbrado Interior se decidió hacer un capítulo para explicar este tema el cual ha sido designado con el número tres, en este capítulo se verán algunas definiciones básicas del tema de Iluminación, así como la explicación de algunas de las fuentes luminosas más importantes, para poder finalizar con la exposición del Método Zonal, logrando el nivel de iluminación requerido.

De un modo sistemático y obligado se llegó a la realización del Capítulo Cuatro en el cual se genera el estudio para la Corrección del Factor de Potencia y el de Corto Circuito, necesarios para el bien cumplir un Proyecto de Instalación Eléctrica.

En la parte de anexos se incluyen Tablas de la Norma Oficial Mexicana (NOM), así como Curvas Fotométricas y otros materiales de soporte.

1.- ELEMENTOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

El objetivo de cualquier instalación eléctrica es proporcionar los servicios para que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformarán según sea la necesidad para su utilización final, en este caso los elementos receptores serán las máquinas y motores que moverán al proceso industrial para la fabricación de calzado.

De acuerdo a Enríquez Harper¹ una instalación eléctrica debe de tener los siguientes requisitos:

- a.- Segura.
- b.- Eficiente y Económica.
- c.- Accesible y de Fácil Mantenimiento.
- d.- Cumplir con las Normas Oficiales.

En una instalación eléctrica existen como elementos principales para conducir, proteger y controlar la energía eléctrica los siguientes:

- a.- Conductores Eléctricos.
- b.- Canalizaciones Eléctricas .
- c.- Conectores para Canalizaciones Eléctricas.
- d.- Dispositivos de Protección.

1.1.- Conductores Eléctricos:

Como requerimientos para un buen conductor eléctrico Enríquez menciona los siguientes²:

- a.- Buena Conductividad.
- b.- Propiedades Eléctricas y Mecánicas.
- c.- Aspecto Económico.

La mayor parte de conductores eléctricos utilizados en proyectos de instalaciones son de cobre o de aluminio los cuales son comercialmente los materiales con mayor conductividad y con un costo accesible para cumplir con el aspecto económico de la instalación, ya que existen otros materiales con una mayor conductividad que los antes

¹ ENRÍQUEZ, H. Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales p. 66.

² Ibid p. 67.

mencionados como lo son: el oro, la plata, el platino, etc. pero su costo esta realmente muy por encima de los seleccionados.

Cabe mencionar que el aluminio es un 16% menos conductor que el cobre, pero tiene un menor peso que el anterior, es por esta razón que su mayor uso se encuentra en las líneas de alta tensión para transmisión de energía y no será utilizado en este proyecto.

Los conductores eléctricos se fabrican en dos tipos que son alambres y cables, los primeros tienen mayor conducción y menor calibre que los segundos.

Desde el punto de vista de normas³, los conductores se han identificado por un número que corresponde a lo que conocemos como calibre y que se sigue por el sistema americano de designación A.W.G. (American Wire Gage) siendo el más grueso el número 4/0 siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, que es el número más delgado usado en las instalaciones eléctricas.

Según la Norma Oficial Mexicana el calibre más pequeño permitido para instalaciones será el calibre 12, utilizando el del calibre 14 para tramos pequeños o derivaciones y los de calibre del 16 al 20 para control.

Para conductores con un área mayor del designado con 4/0, se hace una designación que está en función de su área en pulgadas , para lo cual se emplea una unidad denominada el Circular Mil siendo así como un conductor de 250 corresponderá a aquel cuya sección sea de 250,000 C.M. y así sucesivamente.

Explicando:

$$1 \text{ Circular Mil} = \frac{1}{1000} \text{ plg.}$$

Como :

$$1 \text{ plg.} = 25.4 \text{ mm.}$$

³ PUBLICACIONES ELECTRÓNICAS DE MEXICO S.A. DE C.V. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEP-1194

Entonces:

$$\frac{1}{1000} \text{ plg.} = 0.0254 \text{ mm}$$

ya que el circular mil es un área se tiene:

$$1 \text{ C.M.} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.1416(0.0254)^2}{4} = 5.06506 \text{ E}^{-4} \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ mm}^2 = \frac{\text{E}^4}{5.06506} = 1974 \text{ C.M.}$$

En forma aproximada :

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ C.M.}$$

Los conductores empleados para las instalaciones eléctricas se fabrican con aislantes de tipo termoplástico con distintas denominaciones comerciales siendo las más comunes, por ser a prueba de agua entre otras propiedades, los siguientes: Tipo T.W. Vinanel 900, Vinanel Nylon, Vulcanel E.P., Vulcanel XLP.

En general lo que es obligatorio en la selección de un conductor serán los agentes que lo afecten durante su operación, los cuales se pueden agrupar en:

- a.- Agentes Mecánicos.
- b.- Agentes Químicos.
- c.- Agentes Eléctricos.

a.- Agentes Mecánicos:

Los agentes que pueden afectar mecánicamente a los conductores se pueden dividir en cuatro clases:

- 1.- Presión Mecánica.
- 2.- Abrasión.
- 3.- Elongación.
- 4.- Dobleza a 180°.

1.- Presión Mecánica:

Se puede presentar en el manejo de los conductores por el paso o colocación de objetos pesados sobre los conductores, el efecto puede ser una deformación permanente del aislamiento, disminuyendo el espesor del aislamiento y apareciendo fisuras que pueden provocar fallas eléctricas futuras.

2.- Abrasión:

Se entiende por abrasión el efecto de desgaste por fricción. Se presenta normalmente al introducir los conductores a las canalizaciones, cuando están mal preparadas o contienen rebabas o rebordes que puedan cortar al conductor.

3.- Elongación:

Se entiende por elongación a la distancia que en un instante dado le separa de su posición de equilibrio. La norma Oficial Mexicana dicta que no se podrá dar más de dos curvas de 90° en una trayectoria unitaria de tubería. Cuando esto se viole podrá presentarse el fenómeno de la elongación o también cuando se trate de introducir más conductores en un tubo conduit de los permitidos por las normas (Deben de ocupar el 40% de la sección disponible dejando libre la sección restante).

4.- Doble 180°:

Este fenómeno se presenta principalmente por el mal manejo del material, de tal forma que las moléculas del aislamiento que se encuentran en la parte exterior se encuentran sometidas a tensión, mientras que las de la parte inferior a compresión.

b.- Agentes Químicos:

Estos agentes pueden ser diversos y dependen de los contaminantes que se encuentren en el lugar de la instalación; se pueden identificar en cuatro tipos generales que son:

- 1.- Agua o Humedad.
- 2.- Hidrocarburos.
- 3.- Ácidos.
- 4.- Alcalis.

Como no es posible eliminar en su totalidad los contaminantes de la instalación eléctrica, lo que se hace es seleccionar los conductores eléctricos que resistan los contaminantes que se encuentren en nuestra instalación. Los problemas que se presentan debido a los agentes químicos son: disminución en el aislamiento, grietas con muestras de sulfatación en el aislamiento, con oxidación en el aislamiento o con un desprendimiento en forma de escamas.

En la tabla 1.1 se muestra las propiedades de aislamiento a la acción de contaminantes más comunes:

Tabla 1.1
Propiedades de Aislamiento a la Acción de Contaminantes

Tipo Comercial	Álcalis	Ácidos	Humedad	Hidrocarburos
T.W.	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno
Vinanel 900	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno
Vinanel Nylon	Muy Bueno	Excelente	Excelente	Inerte
Vulcanel EP	Muy Bueno	Muy Bueno	Excelente	Regular
Vulcanel XLP	Muy Bueno	Muy Bueno	Excelente	Regular

c.- Agentes Eléctricos:

Se debe de tener en cuenta la diferencia de potencial requerida dentro de los límites de seguridad. Por lo general la habilidad eléctrica de los aislamientos para conductores de baja tensión es del orden de 600 volts, que es la tensión máxima a que están especificados, por esta razón los conductores difícilmente fallan por causas meramente eléctricas.

1.1.1.- Selección del Calibre del Conductor:

Para el proyecto de la instalación eléctrica la selección adecuada del conductor que llevará corriente a una máquina o motor se hará tomando en cuenta dos factores:

- a.- La capacidad de conducción de corriente (Ampacidad).
- b.- La caída de voltaje⁴.

Estos dos factores considerados son sumamente importantes para la selección del calibre adecuado del conductor. Como es posible que los resultados en la selección de un conductor difieran considerando uno u otro de estos factores, entonces se debe tomar como bueno el que resulte de mayor sección, para que así el conductor se comporte de manera satisfactoria para el mayor factor, y cumplirá por consecuencia para el de menor área circular.

⁴ ENRÍQUEZ, H. Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales p. 77.

a.- Cálculo por Capacidad de Conducción de Corriente (Ampacidad).

La capacidad de conducción de un conductor se encuentra con dos limitantes, que son:

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

Partiendo desde el punto de vista de la conductividad existe el concepto de resistencia eléctrica del conductor dada por Resnick: " Dificultad que opone un cuerpo al paso de una corriente eléctrica a través de su masa convirtiendo la energía en calor"⁵, es por esto que es muy importante en virtud de que determina las pérdidas de potencia eléctrica al paso de la corriente según la siguiente fórmula:

$$W = R I^2 \quad (1.1)$$

donde:

W = Potencia en Watts.

R = Resistencia eléctrica en Ohms.

I = Corriente eléctrica en Ampers.

Esta potencia por un período de tiempo determinado es una energía que se disipa por calor.

Por otra parte se sabe que la resistencia eléctrica de los conductores varía por la temperatura, y que los datos de resistencia normalmente son encontrados para una temperatura de 60° C, por lo que para usar la resistencia a cualquier otra temperatura se debe corregir con la siguiente fórmula:

$$R_T = R_{60^\circ C} [1 + \alpha(T - 60)] \quad (1.2)$$

donde:

R_T = Resistencia a la temperatura deseada.

α = Coeficiente de corrosión en ohm/° C; $\alpha_{Cu} = 0.00393 \frac{\Omega}{^\circ C}$.

T = Temperatura considerada.

⁵ RESNICK, Física p. 56

La capacidad de conducción de corriente esta íntimamente ligada a la capacidad del aislamiento a temperaturas elevadas, además se debe recordar que los conductores se encuentran dentro de canalizaciones, (en la instalación que se va a estudiar, la canalización de la parte de alumbrado será en tubo conduit para la parte de alumbrado y en ductos para la parte de motores), donde se encuentran a su vez alojados otros conductores, es así que el calor generado tiende a disiparse en el medio envolvente, es decir, el propio aislamiento del conductor, el aislamiento de los conductores vecinos, el aire que esta contenido en el tubo y el tubo mismo.

En este caso, el calor generado en sobrecargas permanentes destruirá los aislamientos mucho antes que el material conductor llegue a su punto de fusión, debido a que la capacidad térmica del aislamiento es mucho menor que la del conductor, por lo que es muy importante limitar la temperatura de trabajo de los conductores hasta el punto en que el calor que se genera no llegue a la temperatura de fusión de los aislamientos, es decir, que siempre se debe trabajar al conductor por debajo de la temperatura de fusión del aislamiento.

Desde el punto de vista teórico se puede establecer las bases para el cálculo del calibre del conductor de acuerdo con su capacidad de conducción de corriente, considerando el efecto térmico. Este cálculo establece una analogía con la Ley de Ohm que dice:

$$V = R I \quad (1.3)$$

donde:

V= Caída de Voltaje.

R = Resistencia.

I = Corriente.

Además se tiene por efecto de la temperatura:

$$\Delta T = R_X W \quad (1.4)$$

donde:

Δ_T = Incremento o caída de temperatura.

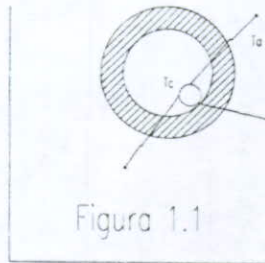
W = Calor circulante en $\frac{\text{Watts}}{\text{m}}$.

R_x = Resistencia térmica del medio en $\frac{^\circ\text{C} \cdot \text{m}}{\text{Watt}}$.

La cual establece que un incremento de temperatura es igual al calor circundante en el medio multiplicado por la resistencia térmica del mismo.

Suponiendo el caso de un conductor aislado dentro de un tubo conduit y que la temperatura ambiente " T_a " es menor que la producida por el conductor " T_c " hacia el medio ambiente pasando por su aislamiento, el aire contenido en el tubo y el tubo mismo (Véase fig. 1.1).

Cada uno de los elementos tendrá una resistencia al paso del calor de acuerdo con sus características propias.



La variación de temperatura desde el punto más caliente hasta el punto más frío está dada como:

$$\Delta T = T_c - T_a \quad (1.5)$$

Además tenemos el calor que produce el conductor por el efecto Joule:

$$W = RI^2 \text{ (Watts/m}^2\text{)}. \quad (1.6)$$

donde:

R = Resistencia del conductor en Ohm/m.

I = Corriente que circula en el conductor en Amperes.

La resistencia térmica R_x es la suma de las resistencias térmicas de los distintos medios desde el punto más caliente hacia el más frío⁶.

$$R_x = R_{x1} + R_{x2} + R_{xn} + \sum_{i=1}^n R_{xi} \quad (1.7)$$

Si sustituimos 1.5, 1.6 y 1.7 en 1.4, nos queda:

$$T_c - T_a = (RI^2) \cdot \sum_{i=1}^n R_{xi} = RI^2 \cdot R_x \quad (1.8)$$

Despejando la corriente I:

$$I = \sqrt{\frac{T_c - T_a}{R \cdot R_x}} \quad (1.9)$$

que representa el valor admisible de corriente por el conductor.

Si se expresa la resistencia del conductor como:

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (1.9-a)$$

donde:

ρ = resistividad en $\frac{\Omega \cdot m}{mm^2}$.

l = longitud en m.

s = seccion en mm^2 .

⁶ En parte tomado de KARLEKAR, Transferencia de calor pp 10-14.

La ecuación (1.9) queda:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta(T_c - T_a)}{\rho \cdot R}} \quad (1.10)$$

Con las ecuaciones (1.9) y (1.10) se pueden prefijar la temperatura de operación deseada y calcular la corriente admisible en un conductor de un calibre determinado.

Mediante el uso de fórmulas como las anteriores y por datos experimentales se han llegado a establecer las tablas de capacidad de conducción de capacidad de corriente para distintos conductores bajo distintas condiciones de instalación.

Dichas tablas se muestran en la parte de Anexos y fueron publicadas por la Norma Oficial Mexicana, con las cuales se realizará el trabajo de cálculo de conductores por ampacidad y caída de tensión para los motores que moverán el proceso de fabricación de calzado. (Vid infra capítulo 2).

b.- Cálculo de Conductores por Caída de Tensión.

Como ya se mencionó, además del cálculo por ampacidad, se requiere que la caída de voltaje global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación (sea alumbrado, fuerza, etc.), no debe exceder del 5%. La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no sea mayor de 3%.

Para desarrollar las fórmulas de caída de tensión se debemos tener en cuenta que :

W = Potencia en watts.

I = Corriente en amperes.

V_L = Voltaje entre líneas.

V_n = Voltaje entre línea y neutro.

cosΘ = Factor de Potencia.

R = Resistencia de un conductor en Ω.

ρ = Resistividad del Cu. = $\frac{1}{58} (\Omega \cdot m / mm^2)$.

l = Longitud del conductor en metros.

s = Sección d el conductor en mm².

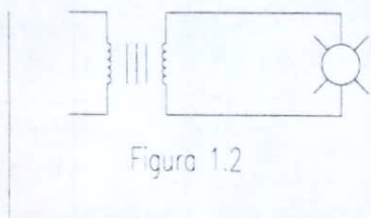
e_L = Caída de voltaje entre líneas.

e_n = Caída de voltaje entre línea y neutro.

Así pues obtenemos que:

$$\begin{aligned} e_n \% &= \frac{e_n \cdot 100}{V_n} \\ e_L \% &= \frac{e_L \cdot 100}{V_L} \end{aligned} \quad (1.11)$$

Sistema monofásico:



La potencia que consume la carga en la fig. 1.2 es:

$$W = V_n I \cos \Theta. \quad (1.12)$$

$$I = \frac{W}{V_n \cos \Theta}. \quad (1.13)$$

La caída de voltaje por resistencia en el conductor es:

$$e_n = 2 \cdot R \cdot I \quad (1.14)$$

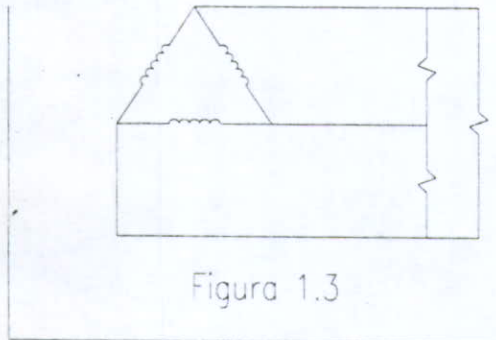
La resistencia del conductor es:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{s} = \frac{1}{50} \cdot \frac{L}{s} \quad (1.15)$$

de donde,

$$e_n \% = \frac{L \cdot I \cdot 100}{25 \cdot s \cdot V_n} = 4 \frac{L \cdot I}{V_n \cdot s} \quad (1.16)$$

Sistema Trifásico a tres Hilos:



La potencia que consume la carga trifásica en la fig. 1.3 es:

$$W = \sqrt{3} V_L I \cos \Theta. \quad (1.17)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} V_L \cos \Theta}. \quad (1.18)$$

La caída de voltaje entre líneas es:

$$e_L = \sqrt{3} \cdot R \cdot I. \quad (1.19)$$

pero:

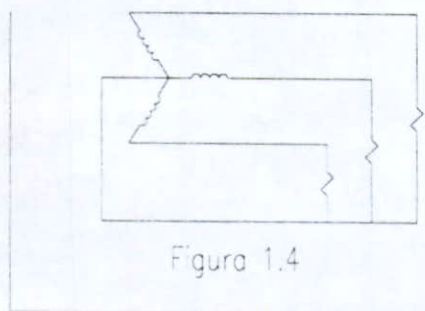
$$R = \rho \frac{L}{s} = \frac{1}{50} \cdot \frac{L}{s}.$$

$$e_L = \frac{\sqrt{3}}{50} \cdot \frac{L \cdot I}{s}. \quad (1.20)$$

El porcentaje de caída de voltaje es:

$$\begin{aligned}e_L \% &= \frac{e_L}{V_L} \cdot 100 \\e_L \% &= \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{50 \cdot s \cdot V_L} \cdot 100 \\e_L \% &= \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I}{s \cdot V_L} \quad (1.21)\end{aligned}$$

Sistema Trifásico a Cuatro Hilos :



La potencia que consume la carga trifásica en la fig. 1.4 es:

$$\begin{aligned}W &= \sqrt{3} V_L I \cos \Theta = 3 V_n I \cos \Theta \\I &= \frac{W}{\sqrt{3} V_L \cos \Theta} = \frac{W}{3 V_n \cos \Theta} \quad (1.22)\end{aligned}$$

La caída de tensión entre líneas es:

$$\begin{aligned}e_L &= \sqrt{3} \cdot R \cdot I = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{50 \cdot s} \\e_L \% &= \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{50 \cdot s \cdot V_L} \cdot 100 = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I}{s \cdot V_L} \quad (1.23)\end{aligned}$$

La caída de tensión al neutro es:

$$e_n = R \cdot I = \frac{L \cdot I}{50 \cdot s}$$
$$e_n \% = \frac{e}{V_n} \cdot 100 = \frac{L \cdot I}{50 \cdot V_n} \cdot 100$$
$$e_n \% = \frac{2 \cdot L \cdot I}{s \cdot V_n} \quad (1.24)$$

1.1.2.-Número de Conductores en un Tubo Conduit

Anteriormente se mencionó (Vid Supra inciso 1.1.1) que los conductores eléctricos están limitados en su capacidad de conducción de corriente por razones de calentamiento al existir limitaciones en la disipación de calor y debido a que su aislamiento impone una fuerte restricción por sus limitaciones de tipo térmico, el número de conductores dentro de un tubo conduit tiene que ser restringido de tal forma que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit de manera que facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de los conductores y se considere también la cantidad de aire necesaria para que los conductores se mantengan a temperaturas adecuadas en base de un buen enfriamiento.

Estas condiciones se logran estableciendo una relación adecuada entre las secciones del tubo y los conductores.

Sea A el área interior del tubo en milímetros cuadrados o pulgadas cuadradas y a el área total de los conductores, el factor de relleno F es:

$$F = \frac{A}{a} \quad (1.25)$$

Este factor tiene los siguientes valores establecidos por la Norma Oficial Mexicana:

- 53% para un solo conductor.
- 51% para dos conductores.
- 43% para tres conductores.
- 40% para cuatro o más conductores.

1.1.3.-Utilización de los Sistemas de Distribución:

-Sistemas Monofásicos:

El Sistema monofásico a dos hilos se emplea para alimentar cargas de alumbrado que no excedan a 3750 watts por circuito. También se emplea para alimentar circuitos derivados que no excedan de 20, 30 y 40 amperes.

-Sistema Trifásico a tres Hilos:

El Sistema trifásico a tres hilos se emplea generalmente para alimentar cargas trifásicas que operen con tensiones de 440 ó 220 volts, como es el caso de los motores trifásicos de 440 volts, que en operación resultan más económicos que los motores de 220 V, ya que, demandan menos corriente.

-Sistema Trifásico a cuatro Hilos:

El Sistema trifásico a cuatro hilos presenta una operación flexible de cargas trifásicas y monofásica. Es posible alimentar cargas trifásicas en tres hilos (con tensión entre líneas) y alimentar cargas monofásicas a una tensión entre fase (línea y neutro).

Debido a esta ventaja, este sistema es el más empleado para la alimentación de cargas industriales, donde existe la necesidad de manejar altos niveles de tensión.

1.2.- Canalizaciones Eléctricas:

Se debe entender por una canalización eléctrica, los dispositivos que son empleados en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que estos queden protegidos contra los agentes que los afectan durante su operación.

Los medios de canalización más empleados son⁷:

- a.- Tubos Conduit.
- b.- Ductos.
- c.- Charolas.

⁷ ENRÍQUEZ, Op. Cit. P. 112.

a.- Tubos Conduit:

Existe una gran variedad de tubos conduit, todos en tramos de 3.05 metros de largo y con cuerda en los extremos a excepción de plásticos y pared delgada. Entre los más comunes encontramos:

1.- Tubo de acero galvanizado de pared gruesa:

Este tubo está protegido tanto en el interior como en el exterior con un acabado galvanizado, puede ser usado en cualquier clase de trabajo gracias a su resistencia. Se recomienda en instalaciones industriales de tipo visible, en instalaciones a la intemperie o permanentemente húmedas.

2.- Tubo de acero galvanizado de pared delgada:

La diferencia con el primero, es que el espesor del tubo es de la mitad. No es posible trabajarlo con rosca, por lo que, la forma de conectarlo es mediante coples u otro tipo de conector.

3.- Tubo de acero esmaltado de pared gruesa:

Este tipo de tubo está protegido con esmalte para darle protección contra la oxidación, es por ello que se recomienda en instalaciones a la intemperie o para lugares permanentemente húmedos.

4.- Tubo de aluminio :

Se encuentra en pared gruesa o delgada, es más ligero que los tubos de acero, se recomienda su uso en instalaciones con armaduras del mismo material.

5.- Tubo flexible :

Es empleado en aquellas instalaciones donde es necesario hacer muchas curvas ya que se adapta perfectamente a esta situación, también es empleado en la conexión de motores o prensas que produzcan mucha vibración. Se complementa con coples de tornillo y conectores especiales. Tipos de tubos flexibles podrán ser el licuatite y el sapa.

6.- Tubo de plástico flexible:

Este tubo tiene la propiedad de ser ligero y resistente a la acción del agua, su empleo se ha desarrollado para edificios, comercios y casa habitación. Para su conexión se requieren accesorios especiales de plástico. Tipos de tubo de plástico flexible podrá ser polyducto, duraducto, etc.

b.- Ductos:

Los ductos consisten en canales de lámina de acero de sección cuadradas o rectangular con tapa, su uso se limita a lugares visibles ,ya que, no se pueden montar embutidos en pared o dentro de las lozas de concreto, razón por la que su aplicación se encuentra en la industria y en laboratorios.

Es de uso común el ducto que aventaja al tubo conduit cuando se trata de sistemas menores de distribución, en especial cuando se emplean circuitos múltiples, ofreciendo además la ventaja de ser fácil de alambrear, teniéndose un mejor aprovechamiento de la capacidad conductiva de los conductores al tener mejor disipación de calor.

Se permite un máximo de 30 conductores hasta ocupar un 20% del interior del ducto, en el caso de empalmes o derivaciones puede ser hasta un 75%. En la tabla 1.2 se muestra comparativamente la capacidad de conducción de corriente con respecto al tubo conduit.

Tabla 1.2
Capacidad de corriente de conductores en tubo conduit y ductos

Número de Conductores	Capacidad de Corriente permitida en Conduit [%]	Capacidad de Corriente permitida en Ductos[%]
1-3	100	100
4-6	80	100
7-24	70	100
25-30	60	100
31-32	60	100
43 ó más	50	100

Según la Norma Oficial Mexicana, en ductos verticales (también aplicable en charolas) los conductores deberán de estar sostenidos a intervalos no mayores que los indicados en la tabla 1.3:

Tabla 1.3
Sostén de conductores en ductos verticales

Calibres	Separación de Sostenes
Hasta calibre 1/0	30 m.
Hasta calibre 4/0	25 m.
Hasta calibre 350 MCM	18 m.
Hasta calibre 500 MCM	15 m.
Hasta calibre 750 MCM	12 m.

El empleo de ductos en las instalaciones industriales o de laboratorio ofrecen ventajas como:

- 1.- Fácil de instalar.
- 2.- Se surte en tramos de diferentes medidas lo que lo hace versátil en su instalación: 150x150, 100x100 y 65x65 milímetros.
- 3.- Se tiene facilidad y versatilidad para la instalación de conductores dentro del ducto, teniéndose la posibilidad de agregar más circuitos a las instalaciones ya existentes.
- 4.- Los ductos son 100% recuperables cuando se modifican las instalaciones, para poder volver a usarlos.
- 5.- Son fáciles de abrir y conectar derivaciones para alumbrado y fuerza.

6.- Se tiene ahorro en herramientas ,ya que, no es necesario usar tarraja, dobladora de tubos, etc.

7.- Facilitan la ampliación en las instalaciones eléctricas.

c.- Charolas:

Su uso es parecido al de los ductos con limitantes propias de los lugares donde se hace la instalación.

Se tienen las siguientes recomendaciones:

1.- Procurar alinear los conductores de manera que guarden siempre la misma posición relativa en todo el trayecto de la charola, especialmente los de grueso calibre.

2.- En caso de muchos conductores delgados conviene hacer amarres a intervalos de 1.5 a 2.0 m. aproximadamente, en el caso de calibres gruesos los amarres pueden hacerse cada 2.0 ó 3.0 m.

3.- En la fijación de conductores que vayan a través de charolas por trayectorias verticales muy largas es recomendable que los amarres se hagan con abrazaderas especiales en lugar de usar hilo.

1.3.- Conectores para Canalizaciones Eléctricas:

Se deberá de entender como conector a aquel elemento que sirve para interconectar las canalizaciones eléctricas entre sí, o con los elementos que contienen a los dispositivos de control, protección o salidas para receptores.

Estos conectores son en general de dos tipos⁸:

a.- Condulets.

b.- Cajas de Conexión.

⁸ ENRÍQUEZ. Op. Cit. P. 127.

a.- Condulets:

Son básicamente cajas de conexión y accesorios empleados en instalaciones con tubo conduit tipo visible, son fabricados con una aleación de aluminio y otros metales.

Tienen tapas que se fijan por medio de tornillos y pueden tener empaques para evitar la entrada de polvo o gases.

Se fabrican en tres tipos:

- 1.-Ordinario.
- 2.-A prueba de polvo y vapor .
- 3.-A prueba de explosión.

Entre el ordinario y el de a prueba de polvo no existe mucha diferencia, excepto en que puede tener un empaque para evitar la entrada de polvo o vapor. En el tipo a prueba de explosión las cajas tienen un margen mayor de seguridad.

En tanto a formas y tipos existen una gran diversidad para escoger según sean las necesidades de la instalación.

b.- Cajas de Conexión

El montaje de accesorios eléctricos en instalaciones de este tipo son contactos, apagadores, botones, salidas para alumbrado, etc., se fabrican de acero esmaltado o galvanizado y en los siguientes tipos:

- 1.-Cajas cuadradas de 102 mm. (4 plg.) con perforaciones para tubo de 13 mm, 19 mm, y 25 mm.
- 2.-Cajas octogonales de 80 mm. (3 1/4 plg.) con perforaciones para tubo de 13 mm. y 19 mm.
- 3.-Cajas rectangulares también conocidas como chalupas, de 92 mm. (3 5/8 plg.) de largo por 53 mm. (2 1/8 plg.) de ancho con perforaciones para tubo de 13 mm.

Las perforaciones de estas cajas están troqueladas parcialmente de tal forma que solo se abren las necesarias con un pequeño golpe, y el resto se dejan cerradas si no se van a usar, además de las perforaciones usadas para tubo conduit, se tienen otras perforaciones pequeñas en el fondo de la caja para fijar los ganchos o soportes.

Normalmente las cajas vienen acompañadas de tapas que pueden ser ciegas (lisas) o con perforaciones para tubo de 13 mm. con ranuras y ojales para fijarse a las orejas de las cajas.

1.4.-Dispositivos de Protección:

Dentro de los dispositivos de protección se tienen aquellos que deben satisfacer las normas y recomendaciones dadas por la Norma Oficial Mexicana⁹:

1.-Se debe proveer de circuitos separados para alumbrado general, para contactos y aplicaciones especiales.

2.-Las ramas de los circuitos con más de una salida no deben tener una carga que exceda al 50% de la capacidad de conducción.

3.-Ramales individuales para cada circuito.

4.-El tamaño menor del conductor en alumbrado no debe ser menor del calibre doce.

5.-De acuerdo con la capacidad de carga de cada circuito se deben instalar tableros de distribución con tantos circuitos como sea necesario.

Para esto es necesario contar con alguno de los siguientes dispositivos :

a.- Interruptores de caja de lámina:

Conocidos también como interruptores de seguridad, son interruptores de navajas con puerta y palanca exterior para la operación del interruptor.

b.- Tableros de Distribución:

Conocidos también como centros de carga, consisten en dos o más interruptores automáticos termomagnéticos.

⁹ PUBLICACIONES ELECTRÓNICAS DE MEXICO S.A. DE C.V. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEP-1194

c.- Fusibles:

Son elementos de protección que constan de un alambre o cinta de una aleación de plomo y estaño con un bajo punto de fusión, que se funde cuando se excede el límite de fusión de la aleación, para el cual fué diseñado, interrumpiendo el circuito.

d.- Interruptores Termomagnéticos:

Están diseñados para abrir el circuito en forma automática cuando ocurre una sobrecarga accionado por una combinación de elemento térmico y un elemento magnético.

El elemento térmico consta esencialmente de la unión de dos elementos metálicos de diferente coeficiente de dilatación, conocido también como par térmico, el cual al paso de una corriente se calienta y por lo tanto se deforma, habiendo un cambio de posición que es aprovechado para accionar al mecanismo de disparo del interruptor.

El elemento magnético consta de una bobina, cuyo núcleo es movable y que puede operar o disparar el mecanismo del interruptor, el circuito se abre en forma instantánea cuando ocurre una sobrecorriente. Así un interruptor termomagnético opera con sobrecargas con el elemento térmico y por sobrecorrientes por el elemento magnético.

2.- PROYECTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA FUERZA.

En el proyecto de la instalación eléctrica tanto de alumbrado como de fuerza es conveniente tomar en consideración que se debe cumplir con los siguientes requisitos:

a.- Capacidad:

Todo sistema eléctrico debe estar diseñado para satisfacer la demanda de servicio que se presente y considerar también el pronóstico de carga para instalaciones futuras.

b.- Flexibilidad:

La instalación se debe proyectar para que tenga una flexibilidad adecuada en la distribución de circuitos y para el entubado y alambrado, se debe procurar que los ductos y alimentadores en general tengan una localización tal que permita hacer cambios o modificaciones en la instalación sin que esto represente problemas técnicos o gastos excesivos para las modificaciones futuras.

c.- Accesibilidad:

En forma independiente de la localización de los motores o máquinas a alimentar, se debe proyectar en tal forma que sea accesible en su instalación, mantenimiento y servicio general.

d.- Confiabilidad:

Se refiere al grado de seguridad que se desea en el suministro de la energía eléctrica por parte de la compañía suministradora (C.F.E.). En este caso si se llegara a perder la energía eléctrica solo causaría un paro de actividad, y no fallas más lamentables; es por esta razón que no se decidió poner planta de emergencia en la instalación, confiando en el buen suministro de la energía eléctrica.

2.1.- Análisis preliminar:

Como primera aproximación se necesita analizar el sistema eléctrico desde un punto de vista general en el cual se consideren las características del tipo de construcción como son las dimensiones, es por ello que se presenta un plano de la planta en el cual se verá de modo gráfico la distribución de la planta y de los motores, para comenzar con el análisis de la instalación (Véase fig 2.1).

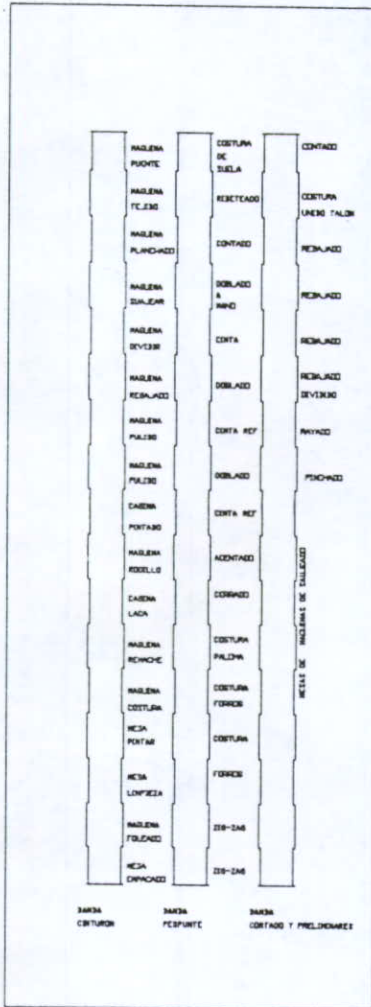


Figura 2.1

Observando los requerimientos establecidos por el proceso de fabricación de calzado de la planta Horus se proporcionó una relación de los motores para las tres distintas etapas de producción y son como se indica en la tabla 2.1.

Para mayor comprensión de este trabajo se decide tomar como conductores alimentadores la parte de los conductores de la canalización comprendida entre los medios principales de desconexión y protección contra sobrecorriente; y a los circuitos derivados como la parte de la canalización que se extiende después del último dispositivo de protección contra sobrecorriente que protege a esa parte.

2.2.-Identificación de conductores a tierra:

Un conductor neutro que lleva solamente las corrientes de desbalance de los otros conductores del mismo circuito, no se toma en cuenta para el número de conductores portadores de corriente.

En un sistema trifásico de cuatro hilos, el conductor común lleva aproximadamente la misma corriente que los otros conductores, en este caso sí se debe considerar al conductor de tierra como conductor de corriente.

Cuando la mayor parte de la carga en un sistema trifásico de cuatro hilos consiste en cargas no lineales como alumbrado, equipo de cómputo o equipo similar, se presentan corrientes armónicas en el conductor neutro, éste se considera como conductor portador de corriente.

2.3.-Instalación eléctrica de motores:

En la instalación eléctrica de motores intervienen los siguientes elementos:

a.- Corriente nominal del motor:

Se denomina corriente nominal de un motor a la corriente que demanda cuando está trabajando a plena carga. Para la obtención de esta corriente se necesita saber que la eficiencia de los motores utilizados es dada por la experiencia de 0.84, y además que los motores trabajan a un factor de potencia de 0.8, teniendo en cuenta estos datos y sabiendo que la potencia monofásica es:

Tabla 2.1

MANUFACTURERA HORUS, S.A. DE C.V.
RELACION DE MOTORES PLANTA HORUS

BANDA CINTURÓN												BANDA PESPUINTE												CORTADO Y PRELIMINARES											
MOTOR				MOTOR				MOTOR				MOTOR				MOTOR				MOTOR															
Nº	H.P.	VOLTS	FASES	FREQ.	R.P.M.	LETRA	I.P.C.	Nº	H.P.	VOLTS	FASES	FREQ.	R.P.M.	LETRA	I.P.C.	Nº	H.P.	VOLTS	FASES	FREQ.	R.P.M.	LETRA	I.P.C.												
1	0.50	127	1	60	3440	F	4.6255	1	0.50	220	1	60	14000/1700	F	4.6255	1	1.00	220	1	60	1700	F	9.2510												
2	0.50	127	1	60	3440	F	4.6255	2	0.50	220	1	60	14000/1700	F	4.6255	2	1.00	220	1	60	1700	F	9.2510												
3	1.50	220	1	60	3440	F	13.8/65	3	0.75	220	1	60	3400	F	6.9382	3	1.00	220	1	60	1700	F	9.2510												
4	1.50	127	1	60	3495	F	13.8/65	4	0.75	220	1	60	3400	F	6.9382	4	1.00	220	1	60	1700	F	9.2510												
5	0.25	127	1	60	3495	F	2.3127	5	0.75	220	1	60	3400	F	6.9382	5	1.00	220	1	60	1700	F	9.2510												
6	0.25	127	1	60	3495	F	2.3127	6	0.75	220	1	60	3400	F	6.9382	6	1.00	220	1	60	1700	F	9.2510												
7	0.25	127	1	60	3495	F	2.3127	7	0.50	220	1	60	14,25/1725	F	4.6255	7	3.00	220	1	60	1710	F	27.7520												
8	0.25	127	1	60	3495	F	2.3127	8	0.50	220	1	60	3500	F	4.6255	8	0.50	220	1	60	1680	F	4.6255												
9	1.00	220	1	60	1700	F	9.2510	9	0.50	220	1	60	3500	F	4.6255	9	0.50	220	1	60	1680	F	4.6255												
10	1.00	220	1	60	1700	F	9.2510	10	0.50	127	1	60	3450	F	4.6255	10	0.50	220	1	60	1680	F	4.6255												
11	1.00	220	1	60	1700	F	9.2510	11	0.50	127	1	60	3450	F	4.6255	11	0.50	127	1	60	1680	F	4.6255												
12	0.50	220	1	60	1050	F	4.6255	12	0.50	220	1	60	1720	F	4.6255	12	1.00	220	1	60	1370	F	9.2510												
13	1.00	220	1	60	1745/1720	F	9.2510	13	0.75	220	1	60	1725	F	6.9382	13	0.75	220	1	60	1680/3380	F	6.9382												
14	1.00	220	1	60	1745/1720	F	9.2510	14	0.75	220	1	60	1725	F	6.9382	14	0.75	220	1	60	1680/3380	F	6.9382												
								15	0.50	220	1	60	14,20/1700	F	4.6255	15	0.75	220	1	60	1680/3380	F	6.9382												
								16	0.50	220	1	60	14,20/1700	F	4.6255	16	0.75	127	1	60	1370	F	6.9382												
								17	0.75	220	1	60	14000/1700	F	6.9382	17	0.75	127	1	60	1370	F	6.9382												
																18	0.75	127	1	60	1370	F	6.9382												
																19	0.75	127	1	60	1370	F	6.9382												
																20	0.75	127	1	60	1370	F	6.9382												
																21	0.75	127	1	60	1370	F	6.9382												
																22	0.75	127	1	60	1370	F	6.9382												
																23	0.75	127	1	60	1370	F	6.9382												

$$P_{i_b} = V \cdot I \cdot \cos\theta \quad (2.1)$$

como :

$$\eta = \frac{P_{sal.}}{P_{ent.}} = 0.84 \quad (2.2)$$

despejando para la potencia de entrada:

$$P_{ent.} = \frac{P_{sal.}}{\eta} \quad (2.3)$$

Igualando (2.1) con (2.3) y despejando para I obtenemos:

$$I_{P.C.} = \frac{P_{sal.}}{V \cdot \eta \cdot \cos\theta} \quad (2.4)$$

Sabiendo que la potencia de salida normalmente se da en H.P. usamos el factor de conversión y sustituimos los valores de la eficiencia, del factor de potencia, así como el voltaje normalmente recibido por la compañía suministradora (C.F.E.) y (2.4) se convierte en:

$$I_{P.C.} = \frac{H.P. \cdot 746}{120 \cdot 0.8 \cdot 0.84} \quad (2.5)$$

Esta es la ecuación utilizada para la obtención de la corriente nominal de un motor.

b.- Corriente de arranque de un motor:

La corriente de arranque de un motor es la corriente que demanda cuando se pone en operación, y su valor es considerablemente mayor que la corriente nominal.

La corriente de arranque depende de la reactancia del motor (inductiva), que generalmente se designa por las primeras letras del alfabeto como clave, dichas letras son llamadas letras de código, y se muestran en la tabla 430-7 de la NOM, la cual se encuentra en la sección de anexos, en este caso la totalidad de los motores son de la letra F (Véase tabla 2.1).

c.- Alimentador:

El alimentador es el conductor que alimenta a un grupo de motores eléctricos y su calibre se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = 1.25 \cdot I_{P.C}(\text{motor mayor}) + \sum_{i=1}^n I_{P.C}(\text{otros motores}) \quad (2.6)$$

donde:

$I_{P.C}$ = Corriente a plena carga

$\sum_{i=1}^n I_{P.C}$ = Suma de corrientes a plena carga de los demás motores.

Por efectos de funcionalidad en la planta se instalará un tablero de distribución por cada línea de trabajo, así como uno para el alumbrado, para estar alineados con los planteamientos de la Norma Oficial Mexicana.

d.- Protección del Alimentador:

La protección de alimentador tiene por objeto proteger al conductor contra sobrecargas, ya sea por medio de fusibles o interruptores automáticos, los últimos serán utilizados en este estudio.

Se debe calcular para una corriente que tome en cuenta la corriente de arranque del motor mayor más la suma de las corrientes nominales de los otros motores.

e.- Circuitos Derivados:

Los conductores que alimentan a cada motor de la instalación reciben el nombre de circuito derivado y van desde el tablero de distribución o del alimentador a cada motor.

La norma oficial mexicana establece que se deberá sumar un 25% a la corriente nominal para incluir un factor para sobrecargas en el motor, de manera que el calibre del conductor empleado para el circuito derivado será calculado con una corriente :

$$I = 1.25 \cdot I_{P.C.} \quad (2.7)$$

Clasificación:

Los circuitos derivados se clasifican de acuerdo con la capacidad o ajuste de su dispositivo de protección contra sobrecorriente; el cual determina la capacidad nominal del circuito.

La clasificación de los circuitos derivados debe ser de 15, 20, 30, 40 o 50 amperes.

f.- Protección del circuito derivado:

La protección del circuito derivado se hace por medio de fusibles o interruptores automáticos y se debe calcular para una corriente que puede ser la corriente de arranque.

El objeto de este dispositivo es proteger al conductor, no al motor y se debe permitir el arranque del motor sin que abra el circuito.

g.- Protección del motor:

Tiene por objeto proteger al motor de sobrecargas. Para evitar que el motor se sobrecaliente permitiéndose al motor una sobrecarga del 25% de manera que la protección del motor se selecciona para una corriente que sea un 25% mayor a la corriente nominal.

Este punto solo se usará para motores mayores de 3 hp. de acuerdo a reglamentaciones de la Norma Oficial Mexicana.

h.- Control del motor:

Aparato que sirve para arrancar, controlar, o parar la operación del motor. Depende del tipo del motor, el cual deberá ser mayor de 3 hp.

Así, considerando esto, y con lo visto en el capítulo uno (Vid Supra inciso 1.1.1) podemos presentar a continuación el cálculo por ampacidad de los motores requeridos para el proceso de fabricación de calzado que se explica en la tabla 2.2.

Estos cálculos fueron elaborados con la corriente de la fórmula (2.5) la cual fue multiplicada a su vez por 1.25 que es el 25% de protección para sobrecarga, nombrada como corriente del circuito derivado, la cual está con un factor de corrección por la temperatura de operación supuesta entre 36 y 40 grados celcius del 0.88. (Véase en la sección de anexos la tabla 310-16 de la NOM).

Tabla 2.2

CÁLCULO POR AMPACIDAD

BANDA CINTURÓN							BANDA PESPUENTE							CORTADO Y PRELIMINARES						
No	I.P.C.	1.25*1.P.C.	F. TEMP	F. AGRUP	CAL. AMP.		No	I.P.C.	1.25*1.P.C.	F. TEMP	F. AGRUP	CAL. AMP.		No	I.P.C.	1.25*1.P.C.	F. TEMP	F. AGRUP	CAL. AMP.	
1	4.6255	5.7819	6.5703	6.5703	6.5703	12	1	4.6255	5.7819	6.5703	6.5703	6.5703	12	1	9.2510	11.5637	13.1406	13.1406	13.1406	12
2	4.6255	5.7819	6.5703	8.2129	8.2129	12	2	4.6255	5.7819	6.5703	8.2129	8.2129	12	2	9.2510	11.5637	13.1406	16.4258	16.4258	12
3	13.8765	17.3456	19.7109	24.6387	24.6387	10	3	6.9382	8.6728	9.8555	12.3193	12.3193	12	3	9.2510	11.5637	13.1406	16.4258	16.4258	12
4	13.8765	17.3456	19.7109	28.1585	28.1585	12	4	6.9382	8.6728	9.8555	14.0792	14.0792	12	4	9.2510	11.5637	13.1406	18.7723	18.7723	12
5	2.3127	2.8909	3.2852	6.5703	6.5703	10	5	6.9382	8.6728	9.8555	19.7109	19.7109	12	5	9.2510	11.5637	13.1406	26.2812	26.2812	10
6	2.3127	2.8909	3.2852	6.5703	6.5703	12	6	6.9382	8.6728	9.8555	19.7109	19.7109	12	6	9.2510	11.5637	13.1406	26.2812	26.2812	10
7	2.3127	2.8909	3.2852	6.5703	6.5703	10	7	4.6255	5.7819	6.5703	13.1406	13.1406	12	7	27.7530	34.6912	39.4218	78.8437	78.8437	4
8	2.3127	2.8909	3.2852	6.5703	6.5703	10	8	4.6255	5.7819	6.5703	13.1406	13.1406	12	8	4.6255	5.7819	6.5703	13.1406	13.1406	12
9	9.2510	11.5637	13.1406	26.2812	26.2812	10	9	4.6255	5.7819	6.5703	13.1406	13.1406	12	9	4.6255	5.7819	6.5703	13.1406	13.1406	12
10	9.2510	11.5637	13.1406	28.2812	28.2812	10	10	4.6255	5.7819	6.5703	13.1406	13.1406	12	10	4.6255	5.7819	6.5703	13.1406	13.1406	12
11	9.2510	11.5637	13.1406	29.2014	29.2014	10	11	4.6255	5.7819	6.5703	14.6007	14.6007	12	11	4.6255	5.7819	6.5703	14.6007	14.6007	12
12	4.6255	5.7819	6.5703	14.6007	14.6007	12	12	4.6255	5.7819	6.5703	14.6007	14.6007	12	12	9.2510	11.5637	13.1406	29.2014	29.2014	10
13	9.2510	11.5637	13.1406	29.2014	29.2014	10	13	6.9382	8.6728	9.8555	21.9010	21.9010	10	13	6.9382	8.6728	9.8555	21.9010	21.9010	10
14	9.2510	11.5637	13.1406	29.2014	29.2014	10	14	6.9382	8.6728	9.8555	21.9010	21.9010	10	14	6.9382	8.6728	9.8555	21.9010	21.9010	10
							15	4.6255	5.7819	6.5703	14.6007	14.6007	12	15	6.9382	8.6728	9.8555	21.9010	21.9010	10
							16	4.6255	5.7819	6.5703	14.6007	14.6007	12	16	6.9382	8.6728	9.8555	21.9010	21.9010	10
							17	6.9382	8.6728	9.8555	21.9010	21.9010	10	17	6.9382	8.6728	9.8555	21.9010	21.9010	10
														18	6.9382	8.6728	9.8555	24.6387	24.6387	10
														19	6.9382	8.6728	9.8555	24.6387	24.6387	10
														20	6.9382	8.6728	9.8555	24.6387	24.6387	10
														21	6.9382	8.6728	9.8555	24.6387	24.6387	10
														22	6.9382	8.6728	9.8555	24.6387	24.6387	10
														23	6.9382	8.6728	9.8555	26.1565	26.1565	10

Una vez con ese valor se procedió a utilizar el factor de corrección por agrupamiento el cual varía de acuerdo al número de conductores que llevan corriente (Véase tabla A.1 del Anexo) para así ayudados por la tabla 310-16 de capacidad de conducción de corriente de la NOM se obtuvo el calibre adecuado para el conductor en una canalización de tubo conduit por ampacidad.

El cálculo por caída de tensión fué elaborado suponiendo una caída de tensión del 3% como ya se había mencionado en el capítulo uno (Vid Supra inciso 1.1.1 b.).

Así pues con la corriente de arranque del motor y con los factores de corrección apropiados se pasó a ver las distancias físicas de conexión del motor a la del tablero de distribución mostradas en el cuadro de Cálculo por Caída de Tensión; con esos datos se utilizó la fórmula (1.16) dando un valor y comparándolo con la tabla de capacidad de conducción de corriente de la NOM se obtuvo el calibre adecuado para el conductor en una canalización de tubo conduit por caída de tensión.

Cálculos que se podrán apreciar en la tabla 2.3.

De este modo, sabiendo ya los calibres por estos dos modos se determinó la selección del adecuado calibre para su óptima operación y se determinó el área de los conductores para el cálculo de la tubería, teniendo en cuenta lo visto en el capítulo uno referente a este apartado, así se obtuvieron los valores mostrados en la tabla 2.4.

Conforme a los requisitos que debe cumplir toda instalación eléctrica se pensó en la utilización de ductos en vez de tubo conduit; dicho estudio se puede observar en la tabla 2.5 en la cual se echó mano de la ayuda de la tabla 310-17 de la NOM, las ventajas de usar ducto contra el uso de tubo conduit, es que se pone una sola medida y no se ocupan tantas reducciones bushing como en el caso del tubo conduit, pero ya que por norma un ducto no debe portar más de treinta conductores de corriente, se debe usar dos ductos, de 65*65, en la banda de Cortado y Preliminares, así como en la banda Pespunte, lo cual no ocasiona mucho problema y cumple con el requisito de poder ampliar la instalación en un futuro.

Tabla 2.3

CÁLCULO POR CAIDA DE TENSIÓN

BANDA CINTURÓN						BANDA RESPUNTE						CORTADO Y PRELIMINARES								
No	I.P.C.	1.25	F. TEMP	LONGITUD	S. CAIEN	CAL. CAIDA	No	I.P.C.	1.25	F. TEMP	LONGITUD	S. CAIEN	CAL. CAIDA	No	I.P.C.	1.25	F. TEMP	LONGITUD	S. CAIEN	CAL. CAIDA
1	4.6255	5.7819	6.5703	37	1.9016	12	1	4.6255	5.7819	6.5703	47.5	2.1843	12	1	9.2510	11.5637	13.1406	49.9	5.1282	10
2	4.6255	5.7819	6.5703	35	1.7988	12	2	4.6255	5.7819	6.5703	41	2.1072	12	2	9.2510	11.5637	13.1406	48.6	4.9955	10
3	13.8765	17.3456	19.7109	33	5.0880	10	3	6.9382	8.6728	9.8555	38.5	3.0451	12	3	9.2510	11.5637	13.1406	47.3	4.8619	10
4	13.8765	17.3456	19.7109	31	4.7787	10	4	6.9382	8.6728	9.8555	38	2.9295	12	4	9.2510	11.5637	13.1406	46	4.7263	10
5	2.3127	2.8909	3.2852	29	0.7452	12	5	6.9382	8.6728	9.8555	36.5	2.8138	12	5	9.2510	11.5637	13.1406	44.7	4.5947	10
6	2.3127	2.8909	3.2852	27	0.6938	12	6	6.9382	8.6728	9.8555	35	2.6982	12	6	9.2510	11.5637	13.1406	43.4	4.4610	10
7	2.3127	2.8909	3.2852	25	0.6424	12	7	4.6255	5.7819	6.5703	33.5	1.7717	12	7	27.7530	34.8912	39.4218	42.1	12.9822	6
8	2.3127	2.8909	3.2852	23	0.5910	12	8	4.6255	5.7819	6.5703	32	1.6446	12	8	4.6255	5.7819	6.5703	40.8	2.0969	12
9	9.2510	11.5637	13.1406	21	2.1586	12	9	4.6255	5.7819	6.5703	30.5	1.5675	12	9	4.6255	5.7819	6.5703	39.5	2.0301	12
10	9.2510	11.5637	13.1406	19	1.9530	12	10	4.6255	5.7819	6.5703	29	1.4904	12	10	4.6255	5.7819	6.5703	38.2	1.9633	12
11	9.2510	11.5637	13.1406	17	1.7474	12	11	4.6255	5.7819	6.5703	27.5	1.4133	12	11	4.6255	5.7819	6.5703	36.9	1.8965	12
12	4.6255	5.7819	6.5703	15	0.7709	12	12	4.6255	5.7819	6.5703	26	1.3363	12	12	9.2510	11.5637	13.1406	35.6	3.8563	10
13	9.2510	11.5637	13.1406	13	1.3363	12	13	6.9382	8.6728	9.8555	24.5	1.8887	12	13	6.9382	8.6728	9.8555	34.3	2.6442	12
14	9.2510	11.5637	13.1406	11	1.1307	12	14	6.9382	8.6728	9.8555	23	1.7731	12	14	6.9382	8.6728	9.8555	33	2.5440	12
							15	4.6255	5.7819	6.5703	21.5	1.1050	12	15	6.9382	8.6728	9.8555	31.7	2.4438	12
							16	4.6255	5.7819	6.5703	20	1.0278	12	16	6.9382	8.6728	9.8555	30.4	2.3436	12
							17	6.9382	8.6728	9.8555	18.5	1.4262	12	17	6.9382	8.6728	9.8555	29.1	2.2434	12
														18	6.9382	8.6728	9.8555	27.8	2.1431	12
														19	6.9382	8.6728	9.8555	26.5	2.0429	12
														20	6.9382	8.6728	9.8555	25.2	1.9427	12
														21	6.9382	8.6728	9.8555	23.9	1.8425	12
														22	6.9382	8.6728	9.8555	22.6	1.7423	12
														23	6.9382	8.6728	9.8555	21.3	1.6421	12

Tabla 2.4

CÁLCULO PARA TUBO CONDUIT

BANDA CINTURÓN						BANDA RESPUNTE						CORTADO Y PRELIMINARES					
No	CAL. AMP.	CAL. CAIDA	CAL. TOMADO	AREA CON	TUBERIA	No	CAL. AMP.	CAL. CAIDA	CAL. TOMADO	AREA CON	TUBERIA	No	CAL. AMP.	CAL. CAIDA	CAL. TOMADO	AREA CON	TUBERIA
1	12	12	12	25.140	13mm	1	12	12	12	25.140	13mm	1	12	10	10	33.240	13mm
2	12	12	12	50.280	13mm	2	12	12	12	50.280	13mm	2	12	10	10	66.480	13mm
3	10	10	10	83.520	19mm	3	12	12	12	75.420	13mm	3	12	10	10	99.720	19mm
4	12	10	10	116.760	19mm	4	12	12	12	100.560	19mm	4	12	10	10	132.960	19mm
5	10	12	10	150.000	25mm	5	12	12	12	125.700	19mm	5	10	10	10	166.200	19mm
6	12	12	12	175.140	25mm	6	12	12	12	150.840	25mm	6	10	10	10	199.440	19mm
7	10	12	10	208.380	25mm	7	12	12	12	175.980	25mm	7	4	6	4	326.640	25mm
8	10	12	10	241.620	32mm	8	12	12	12	201.120	25mm	8	12	12	12	351.760	25mm
9	10	12	10	274.860	32mm	9	12	12	12	226.260	32mm	9	12	12	12	376.920	25mm
10	10	12	10	308.100	32mm	10	12	12	12	251.400	32mm	10	12	12	12	402.080	32mm
11	10	12	10	341.340	32mm	11	12	12	12	276.540	32mm	11	12	12	12	427.200	32mm
12	12	12	12	366.480	32mm	12	12	12	12	301.680	32mm	12	10	10	10	460.440	32mm
13	10	12	10	399.720	38mm	13	10	12	10	334.920	32mm	13	10	12	10	493.680	32mm
14	10	12	10	432.960	38mm	14	10	12	10	368.160	38mm	14	10	12	10	526.920	38mm
						15	12	12	12	393.300	38mm	15	10	12	10	560.160	38mm
						16	12	12	12	418.440	38mm	16	10	12	10	593.400	38mm
						17	10	12	10	451.680	38mm	17	10	12	10	626.640	38mm
												18	10	12	10	659.880	38mm
												19	10	12	10	693.120	38mm
												20	10	12	10	726.360	38mm
												21	10	12	10	759.600	38mm
												22	10	12	10	792.840	38mm
												23	10	12	10	826.080	38mm

Tabela 2.5

CÁLCULO PARA DUCTOS

BANDA CONTURÓN							BANDA PESPINTE							CORTADO Y PRELIMINARES						
No	I.P.C.		F TEMP	CAL DUCTO	AREA DUCTO	DUCTO	No	I.P.C.		F TEMP	CAL DUCTO	AREA DUCTO	DUCTO	No	I.P.C.		F TEMP	CAL DUC	AREA DUCTO	DUCTO
	1.25	0.88						1.25	0.88						1.25	0.88				
1	4.0255	5.7819	6.5703	12	25.140	65'05	1	4.0255	5.7819	6.5703	12	25.140	65'05	2	9.2510	11.5837	13.1406	12	25.140	65'05
2	4.0255	5.7819	6.5703	12	50.280	65'05	2	4.0255	5.7819	6.5703	12	50.280	65'05	3	9.2510	11.5837	13.1406	12	50.280	65'05
3	13.9785	17.3458	18.7109	12	75.420	65'05	3	8.8382	8.8728	9.8555	12	75.420	65'05	4	9.2510	11.5837	13.1406	12	75.420	65'05
4	13.9785	17.3458	19.7109	12	100.560	65'05	4	8.8382	8.8728	9.8555	12	100.560	65'05	5	9.2510	11.5837	13.1406	12	100.560	65'05
5	2.3127	2.8608	3.2852	12	125.700	65'05	5	8.8382	8.8728	9.8555	12	125.700	65'05	6	9.2510	11.5837	13.1406	12	125.700	65'05
6	2.3127	2.8608	3.2852	12	150.840	65'05	6	8.8382	8.8728	9.8555	12	150.840	65'05	7	27.7530	34.8812	38.4218	8	207.280	65'05
7	2.3127	2.8608	3.2852	12	201.120	65'05	7	4.0255	5.7819	6.5703	12	175.980	65'05	8	4.0255	5.7819	6.5703	12	232.520	65'05
8	2.3127	2.8608	3.2852	12	251.400	65'05	8	4.0255	5.7819	6.5703	12	220.280	65'05	9	4.0255	5.7819	6.5703	12	257.880	65'05
9	8.2510	11.5837	13.1406	12	276.540	65'05	9	4.0255	5.7819	6.5703	12	251.400	65'05	10	4.0255	5.7819	6.5703	12	292.800	65'05
10	8.2510	11.5837	13.1406	12	301.880	65'05	10	4.0255	5.7819	6.5703	12	276.540	65'05	11	4.0255	5.7819	6.5703	12	307.840	65'05
11	4.0255	5.7819	6.5703	12	328.820	65'05	11	4.0255	5.7819	6.5703	12	301.880	65'05	12	9.2510	11.5837	13.1406	12	333.080	65'05
12	4.0255	5.7819	6.5703	12	351.980	65'05	12	4.0255	5.7819	6.5703	12	328.820	65'05	13	8.8382	8.8728	9.8555	12	358.220	65'05
13	9.2510	11.5837	13.1406	12	377.100	65'05	13	8.8382	8.8728	9.8555	12	351.980	65'05	14	8.8382	8.8728	9.8555	12	383.380	65'05
14	9.2510	11.5837	13.1406	12	402.240	65'05	14	4.0255	5.7819	6.5703	12	377.100	65'05	15	8.8382	8.8728	9.8555	12	408.500	65'05
15	9.2510	11.5837	13.1406	12	427.380	65'05	15	4.0255	5.7819	6.5703	12	402.240	65'05	16	8.8382	8.8728	9.8555	12	433.840	65'05
16	9.2510	11.5837	13.1406	12	452.520	65'05	16	4.0255	5.7819	6.5703	12	427.380	65'05	17	8.8382	8.8728	9.8555	12	458.780	65'05
17	9.2510	11.5837	13.1406	12	477.660	65'05	17	8.8382	8.8728	9.8555	12	452.520	65'05	18	8.8382	8.8728	9.8555	12	483.820	65'05
18	9.2510	11.5837	13.1406	12	502.800	65'05	18	8.8382	8.8728	9.8555	12	477.660	65'05	19	8.8382	8.8728	9.8555	12	509.080	65'05
19	9.2510	11.5837	13.1406	12	527.940	65'05	19	8.8382	8.8728	9.8555	12	502.800	65'05	20	8.8382	8.8728	9.8555	12	534.200	65'05
20	9.2510	11.5837	13.1406	12	553.080	65'05	20	8.8382	8.8728	9.8555	12	527.940	65'05	21	8.8382	8.8728	9.8555	12	559.340	65'05
21	9.2510	11.5837	13.1406	12	578.220	65'05	21	8.8382	8.8728	9.8555	12	553.080	65'05	22	8.8382	8.8728	9.8555	12	584.480	65'05
22	9.2510	11.5837	13.1406	12	603.360	65'05	22	8.8382	8.8728	9.8555	12	578.220	65'05	23	8.8382	8.8728	9.8555	12	609.620	65'05
23	9.2510	11.5837	13.1406	12	628.500	65'05	23	8.8382	8.8728	9.8555	12	603.360	65'05							

3.- PROYECTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA EL ALUMBRADO INTERIOR.

Considerando estimaciones de que aproximadamente el 80% de las impresiones sensoriales humanas son de naturaleza óptica, demostramos la importancia de la luz natural y artificial.

La luz es la sensación que se produce sobre el ojo humano por ondas electromagnéticas. Se trata de campos electromagnéticos alternos que transportan energía a través del espacio y se propagan bajo la forma de oscilaciones o vibraciones.

La luz eléctrica es la más cómoda, limpia, segura e higiénica de los otros tipos de luz artificial, sin embargo requiere de una correcta utilización en forma eficiente y económica. Se debe tomar en consideración que en algunos casos, la energía eléctrica que alimenta a las instalaciones proviene de energéticos primarios como el petróleo, en caso de las termoeléctricas, que constituyen fuentes no renovables.

El problema del alumbrado es obtener una buena iluminación con un menor consumo de energía eléctrica.

El conocimiento de las características de las distintas fuentes luminosas, de los aparatos o equipos de iluminación, de los métodos de cálculo y algunos otros aspectos de la iluminación debe ser de gran importancia en la elaboración de una instalación eléctrica, además de proporcionar seguridad, buen rendimiento, productividad y un ahorro de energía.

3.1 Definiciones Básicas de Iluminación:

A continuación se darán algunos conceptos básicos, explicándolos, con una interpretación lo más sencilla posible.

Se debe tomar en cuenta que existen dos Sistemas de Iluminación, uno de ellos el Sistema Métrico que tiene como base al Lux, y el otro el Sistema Tradicional que tiene referencia en las unidades de Bujía-pie; la base de conversión de un sistema al otro es: 1 Lux = 0.0929 Bujía-pie o por el contrario, 1 Bujía-pie = 10.76 Luxes.

a.- Ley del Cuadrado Inverso en la Iluminación: La Iluminación en un punto de una superficie es directamente proporcional a la intensidad luminosa de la luz incidente en ese punto e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia de la fuente (Veáse fig. 3.1).

$$E = \frac{cd}{D^2} \quad (3.1)$$

Donde:

E = Iluminación en Luxes.

cd = Candelas Dirigidas.

D = Distancia de la fuente de la luz al plano.

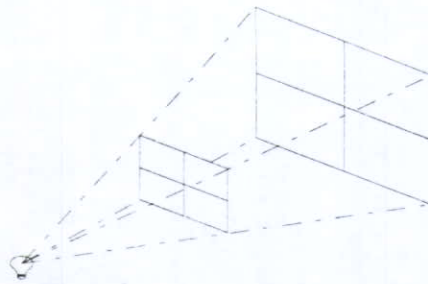


Figura 3.1

b.- Lumen: Cantidad de luz emitida por un radian sólido proveniente de una fuente de luz de una candela de intensidad.

c.- Candela: Unidad de intensidad de una fuente de luz en una dirección dada.

Enríquez la define: "Intensidad luminosa producida de 1/600,000 de metro cuadrado de un cuerpo negro radiante a la temperatura de fusión del platino, que es de 1769°C (2042 K)"¹⁰.

d.- Flujo Luminoso: El flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo. La unidad de medida será el lumen.

Prácticamente, si se considera que la fuente de iluminación es una lámpara, una parte del flujo luminoso la absorbe el propio aparato de iluminación, también se debe hacer notar que el flujo luminoso no se distribuye de manera uniforme en todas direcciones y que disminuye si sobre la lámpara se depositan polvo u otras sustancias.

El flujo luminoso se reconocerá con sus iniciales F.L.

e.- Iluminación: Se define como el flujo luminoso por unidad de superficie, se representa con el símbolo E y se cuantifica en Luxes.

$$1\text{Luz} = \frac{\text{Lumen}}{\text{m}^2}$$

Quedando así que:

$$E = \frac{\text{Flujo Luminoso}}{\text{Unidad de Superficie}} = \frac{\text{F.L.}}{\text{S}} \quad (3.2)$$

¹⁰ ENRÍQUEZ, Harper. El ABC del Alumbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión p. 91.

Se puede también decir que la iluminación de una superficie es el flujo luminoso que cubre cada unidad de la misma.

La Iluminación es el dato principal de un proyecto de instalación de alumbrado y se puede medir por medio de un instrumento llamado Luxómetro, como una idea para orientar acerca de los valores de luxes, en la parte de Anexos se encontrará una tabla sobre niveles de iluminación recomendados por la Illuminating Engineerin Society of North America.

f.- Intensidad Luminosa: Es una cantidad fotométrica de referencia. La unidad relativa de medición es la candela. En la parte del cálculo de la iluminación no se hará referencia a esta unidad.

g.- Luminancia o Brillantez: Es la intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una superficie luminosa o iluminada (fuente secundaria de luz). En otros términos, expresa el efecto de la luminosidad que una superficie produce sobre el ojo humano, ya sea fuente primarias (lámpara o aparato de iluminación) o secundaria (verbigracia: el plano de una mesa que refleja la luz) se usara la letra "L" para designarla, su medición es en candelas por metro cuadrado o candelas sobre centímetro cuadrado.

La tabla 3.1 muestra valores de iluminación que pueden tomar algunas fuentes luminosas:

Tabla 3.1
Valores de Iluminación de Algunas Fuentes Luminosas

Fuente Luminosa	Valor (CD/m^2)
Lámparas Fluorescentes	0.5 - 4
Lámparas Incandescentes	200 - 100
Lámparas de arco	Hasta 50,000
El sol	150,000

h.- Eficiencia Luminosa: Se define como eficiencia luminosa de una fuente a la relación del flujo luminoso (F.L.) expresados en Lúmenes, emitido por una fuente luminosa, y la potencia absorbida por una lámpara. Se expresa en Lúmenes sobre Watt.

Sea P = potencia; se dice que :

$$\text{Eficiencia} = \eta = \frac{\text{F.L.}}{P} \quad (3.3)$$

3.2.- Las Fuentes Luminosas:

Una buena iluminación es muy importante ya que permite un mejor desarrollo en todas las actividades y las hace menos cansadas aumentando con esto la productividad. Para que una instalación de iluminación sea plenamente eficaz se debe cumplir, entre otras cosas, con un buen nivel de iluminación.

Enríquez menciona un cierto número de condiciones como ejemplos, para lograr una buena iluminación¹¹:

- ◆ El equilibrio de la luminancia o brillantez, es decir, de la cantidad de luz reflejada por los distintos objetos en la dirección del observador.
- ◆ La selección de un color de la luz emitida por las lámparas que sea compatible con los objetos por iluminar.
- ◆ Un juego de sombras adecuado.

En general, los métodos empleados para producir radiaciones luminosas son las siguientes:

- ◆ Radiación por elevación de temperatura.
- ◆ Descarga eléctrica en el gas o en los metales al estado de vapor.
- ◆ Fluorescencia.

Al primer grupo pertenecen las lámparas incandescentes.

El principio de la descarga en gas se aplica a la lámparas de vapor de mercurio, vapor de sodio, neón, etc.

El fenómeno de la fluorescencia de ciertas sustancias por efecto del bombardeo electrónico es aplicable a las lámparas fluorescentes.

Para la selección del tipo de lámpara a emplear es necesario tener en cuenta las siguientes características:

a.- Potencia Nominal: Condiciona el flujo luminoso y el dimensionamiento de la instalación desde el punto de vista eléctrico.

¹¹ ENRÍQUEZ, Harper Op. Cit. P. 98

b.- Eficiencia Luminosa y Decaimiento del Flujo Luminoso: Durante el funcionamiento, duración de vida media y costo de la lámpara. Estos factores condicionan la economía de operación de la instalación.

c.- Gama Cromática: Condiciona la mayor o menor apreciación de los colores respecto a las observaciones a la luz natural.

d.- Temperatura de los colores: Condiciona la tonalidad de la luz. Se dice que una lámpara proporciona una luz "caliente" o "fría" si prevalecen las radiaciones luminosas de colores rosa o azul.

e.- Dimensiones del Local: Las características de la construcción y sus dimensiones condicionan al tipo y características de los aparatos de iluminación como son la dirección del haz luminoso, costo, etc.

3.2.1.- Lámparas Incandescentes:

El principio de funcionamiento de la lámpara incandescente se basa en que un filamento de tungsteno o carbón de espiral simple o doble, se lleva hasta la incandescencia con el paso de la corriente eléctrica.

Con el objeto de que no se quemara el filamento, se encierra en una ampolla o bulbo de vidrio dentro del cual se hace el vacío o se introduce un gas inerte.

El uso del vacío se realiza en las lámparas de potencia pequeña, mientras que el del gas inerte en las lámparas de mediana y gran potencia.

Se estima que una lámpara incandescente operando a su voltaje nominal, tiene una vida media de alrededor de 1,000 horas, su fabricación es en rangos de 25 watts, y su característica principal es su facilidad de utilización y su bajo costo ya que no requiere de ningún aparato auxiliar.

La eficiencia de las lámparas incandescentes normales es baja en comparación con los otros tipos de lámparas y aumenta con la potencia de la lámpara.

Entre las ventajas de las lámparas incandescentes encontramos que su encendido es inmediato y no requieren de aparatos auxiliares, además de ocupar poco espacio y tener un costo bajo. No tienen ninguna limitación para la posición de funcionamiento.

Por otro lado sus desventajas son que tienen baja eficiencia luminosa y por lo tanto su costo de operación es elevado, el calor que se disipa es en un 90% energía colorífica, la vida media es limitada, y la brillantez obtenida es intensa. En la tabla 3.2 se muestran algunas características de las lámparas incandescentes normales.

Tabla 3.2
Características de las Lámparas Incandescentes Normales

Potencia Nominal	Flujo Luminoso (Lumen)		Eficiencia Luminosa (Lumen / Watt)	
	127V	220V	127V	220V
25	220	220	8.8	8.8
40	430	350	10.8	8.8
60	750	630	12.5	10.5
100	1380	1250	13.8	12.5
150	2300	2090	15.4	14.0
200	3200	2920	16.0	14.6
300	4950	4610	16.5	15.3

3.2.2 Lámparas Incandescentes con Alógenos:

Estas constituyen un tipo particular de lámparas incandescentes, ya que se les introduce una pequeña cantidad de un alógeno (generalmente sodio) de manera que se da lugar a un proceso que incide sobre el filamento, para evitar su oxidación, obteniendo un menor decaimiento luminoso, mayor eficiencia luminosa y menor dimensión del bulbo (que es construido generalmente de cuarzo).

Su gama de potencia en fabricación es de 500 a 1000 Watts. La tabla 3.3 muestra algunas características de las lámparas con alógenos.

Con otras palabras es una lámpara incandescente formada en tres partes:

- ◆ Un filamento de alambre de tungsteno con una montura adecuada.
- ◆ Bulbo o bombilla sellada conteniendo el alógeno.
- ◆ Base que sirve de soporte mecánico.

Tabla 3.3
Características de Lámparas con Alógeno

Potencia (Watts)	Flujo Luminoso (lumens)	Eficiencia (Lumen / Watt)	Voltaje de Operación (Volts)
50	850	17.0	12
100	2000	20.0	24
150	2500	16.7	220
250	4200	16.8	220
500	9500	19.0	220
1000	22000	22.0	220
1500	33000	22.0	220
2000	44000	22.0	220

3.2.3. Lámparas de Descarga en Gas:

El grupo de fuentes luminosas de descarga en gas es muy amplio. Comprende las lámparas fluorescentes tubulares y las lámparas de vapor de mercurio o de sodio.

El principio de su funcionamiento, el tipo de luz que emiten, así como el campo de aplicación varía notablemente de un tipo a otro. Lo único que tienen en común es el paso de la corriente eléctrica en un gas.

Problemas comunes que se encuentran es este tipo de lámparas son los dispositivos requeridos para su encendido y estabilización de la descarga, el bajo factor de potencia y la necesidad de eliminar el efecto estroboscópico (parpadeo).

3.2.4. Lámparas Fluorescentes:

Las lámparas fluorescentes producen la luz debido a que existe una descarga eléctrica que excita al gas (vapor de mercurio y un poco de argón) contenido en el tubo, generando una radiación sobre todo el campo de la luz ultravioleta.

Tales radiaciones se dirigen hacia la sustancia fluorescente, normalmente fósforo, dispuesta en las paredes internas del tubo y que transforma la energía ultravioleta en energía luminosa visible. La figura 3.2 muestra algunas de las partes contenidas en las lámparas fluorescentes.

Según Enríquez las lámparas fluorescentes se pueden dividir en dos grandes familias¹²:

- ◆ Lámparas de cátodo caliente
- ◆ Lámparas de cátodo frío

Las primeras son en general a igualdad de potencia eléctrica más cortas y de mayor diámetro y tienen una eficiencia más alta. Por el contrario la lámparas de cátodo frío son más largas y delgadas y tienen una mayor duración que las de cátodo caliente. Las más usadas son las de cátodo caliente.

Las lámparas fluorescentes se diferencian, de las incandescentes en que solo requieren de un portalámparas, y en la necesidad de aparatos o dispositivos auxiliares en su circuito de alimentación.

Para el funcionamiento de todos los tipos de lámparas fluorescentes es necesario un elemento "Alimentador" que sirve, prescindiendo de su importancia para el arranque, para limitar y estabilizar la corriente de descarga, este dispositivo alimentador es conocido como "Balastra".

Cada lámpara requiere de una balastra, aunque, por lo general hay dos lámparas alimentadas por cada balastra, que absorbe una potencia variable dependiendo de del tipo de lámpara y de la tensión, la cual representa de un 15% a un 40% de la potencia total.

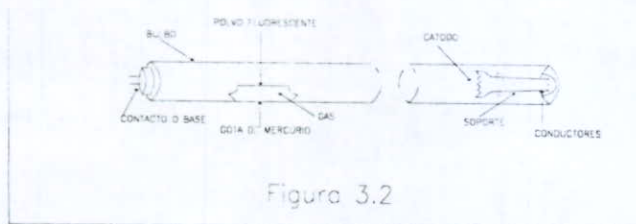


Figura 3.2

Así pues estos dispositivos auxiliares en las lámparas fluorescentes son necesarios para:

- ◆ El Arranque: Debido a que éste proporciona un voltaje lo suficientemente alto a través de la lámpara, el voltaje ioniza los gases contenidos en el bulbo, inicia la descarga, y sostiene el voltaje requerido para el precalentamiento.
- ◆ Control y regulación: Una vez encendida la lámpara, la corriente de la misma continuará incrementándose hasta que la lámpara se destruya por si misma, por lo tanto en el balastro encontramos una resistencia o impedancia característica, tal que si la corriente aumenta la impedancia también aumenta para controlarla y regularla.

¹² ENRÍQUEZ, Hasrper Op. Cit. Pp. 104-105.

- ◆ Para desconectar al circuito.

El factor de potencia del grupo Lámpara-Balastro, de las lámparas fluorescentes, resulta ser bajo, lo cual representa en igualdad de potencia y de tensión, una demanda de corriente más elevada, lo cual es desventajoso debido a que se debe utilizar un calibre mayor en el conductor el cual mayor generará pérdidas en comparación con las lámparas incandescentes.

Existen algunas lámparas fluorescentes que encienden con algunos segundos de retardo (encendido con arrancador) y otras que encienden instantáneamente.

Entre las lámparas de encendido instantáneo encontramos dos tipos:

- ◆ Con precalentamiento de electrodos:

Estas lámparas tienen eventualmente un dispositivo externo denominado "Arrancador Rápido", el cual suministra un flujo de corriente a través de los cátodos para lograr el precalentamiento.

El flujo luminoso de estas lámparas es igual al de las lámparas con arrancador (balastro) mencionadas anteriormente, pero su eficiencia es menor debido que las pérdidas son mayores en el alimentador.

- ◆ Sin precalentamiento en los electrodos:

Con Balastros especiales que absorben mayor potencia que las precalentadas, y por lo tanto su eficiencia es más baja, obteniendo el mismo flujo luminoso.

El tipo de lámpara más común entre la familia de fluorescentes son las llamadas Slim Line cuyas características se presentan en la tabla 3.4.

Tabla 3.4
Características de las Lámparas Fluorescentes Slim Line

Potencia (Watts)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Tonalidad de Colores	Flujo Luminoso (Lúmenes)
37	26	1760	Muy Blanca	2900
			Diurna	2300
			Blanca	2900
49	26	2370	Muy Blanca	4300
			Diurna	3400
			Blanca	4300
39	38	1150	Muy Blanca	2900
57	38	1760	Diurna	5500
			Blanca	4400
75	38	2360	Muy Blanca	6300
			Diurna	5000
			Blanca	6300

3.2.5. Lámparas de Alta Intensidad de Descarga (HID):

Existe una gran cantidad de este tipo de lámparas, a continuación se explicarán algunas de ellas para comprender su funcionamiento.

1.- Lámparas de Vapor de Mercurio:

Estas lámparas están constituidas por un pequeño tubo de cuarzo que contiene vapor de mercurio a una presión elevada y un gas inerte (normalmente argón) para facilitar la descarga, en los dos extremos se localiza los electrodos de los cuales dos son principales y uno o dos auxiliares.

El tubo de cuarzo, denominado también de descarga, está encerrado en un bulbo de vidrio para aislarlo del medio ambiente. El bulbo no sólo absorbe las radiaciones ultravioleta (que dañan a los ojos) que dan lugar a la formación de ozono en el aire, sino que también sirve para obtener una mejor calidad de luz cuando está revestido de polvo fluorescente.

La forma del tubo conocida como isotérmica, ha sido diseñada para permitir una distribución uniforme de la temperatura sobre la superficie.

El vidrio de los bulbos es de tipo duro de manera que resista al efecto térmico y a pequeños impactos.

Entre las ventajas importantes encontramos su buena eficiencia luminosa, que ocupan poco espacio y que tienen una duración de vida media de 6,000 a 9,000 horas, además de que no tienen limitaciones en cuanto a su posición de montaje; por el otro lado sus desventajas son: empleo de dispositivos auxiliares, su encendido no es inmediato y tarda de 4 a 5 minutos para tener la máxima emisión luminosa. Cabe mencionar que su costo es elevado.

Los principales tipos de lámparas de vapor de mercurio son los siguientes:

A.- Lámpara de Vapor de Mercurio con Bulbo Fluorescente:

En estas lámparas la parte interior del bulbo está revestida con una capa de materia fluorescente, tal sustancia fluorescente permite obtener un espacio luminoso compuesto principalmente de radiaciones color rosado con gran longitud de onda. La tabla 3.5 muestra algunas características de las lámparas de vapor de mercurio con bulbo fluorescente.

Tabla 3.5
Características de las Lámparas de Vapor de Mercurio con Bulbo Fluorescente.

Potencia (Watts)	Flujo (Lumen)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Eficiencia (Lumen/Watt)
50	2000	55	130	32
80	3850	70	155	42
125	6500	75	180	46
250	14000	90	225	52
400	24000	120	290	56

B.- Lámparas de Vapor de Mercurio con luz Mixta:

Estas lámparas proporcionan una luz mixta mercurial-incandescente, al tubo normal de descarga se le agrega un filamento metálico (conectado en serie) que asume la doble función de proporcionar radiaciones luminosas de color rosa (típica de las lámparas incandescentes) y de servir como resistencia estabilizadora de la descarga. Por tal motivo no se requiere de elementos auxiliares de alimentación.

Estas lámparas pueden ser usadas como sustituto de la lámpara incandescente de elevada potencia, debido al mayor flujo luminoso que emiten, obteniendo así una mayor eficiencia y un tiempo de vida media mayor, aproximadamente de 5,000 horas. La tabla 3.6 muestra algunas características de las lámparas de vapor de mercurio con luz mixta.

Tabla 3.6
Características de las Lámparas de Vapor de Mercurio con Luz Mixta.

Potencia (Watts)	Flujo (Lumen)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Eficiencia (Lumen/Watt)
160	3100	87	187	19
250	5600	106	230	22
500	14000	130	275	28
1000	32500	160	315	32

C.- Lámparas de Vapor de Mercurio con Alta Eficiencia Luminosa:

Estas lámparas se denominan así por tener una eficiencia luminosa de entre 70 y 140 Lumen/Watts, incluyendo las pérdidas en el alimentador.

Su utilización radica en lugares donde se requiere de un alto grado de iluminación. La tabla 3.7 muestra algunas características de las lámparas de vapor de mercurio con alta eficiencia luminosa.

Tabla 3.7
Características de las Lámparas de Vapor de Mercurio con Alta Eficiencia.

Potencia (Watts)	Flujo (Lumen)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Eficiencia (Lumen/Watt)
250	19000	46	70	70
360	28000	46	73	73
1000	80000	80	77	77
2000	170000	100	82	82
3500	300000	100	82	82

2.- Lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión:

Según Enríquez estas lámparas se encuentran disponibles en varias formas¹³:

- ◆ Con bulbo elipsoidal difundente.
- ◆ Con bulbo tubular de vidrio claro.
- ◆ Con bulbo tubular de cuarzo y dos patas de conexión.

La luz de estas lámparas da un color que los fabricantes definen como "Blanco Dorado", pero tiende un poco al amarillo fuerte.

Con relación a las lámparas de mercurio se podría decir que las lámparas de vapor de sodio tienen una eficiencia mucho mayor.

Su encendido requiere de un encendedor poco especial. Las lámparas de tipo elipsoidal se construyen con el encendedor integrado de manera que permite su inmediata sustitución por las lámparas de mercurio que tienen las mismas características.

El encendido de estas lámparas requiere de un tiempo similar a las lámparas de vapor de mercurio, pero pueden operar sin problema a temperaturas muy bajas, incluso hasta los 40° C bajo cero.

El reencendido en caliente es mucho más rápido, requiriendo de 1 a 2 minutos, dependiendo de su potencia.

El tipo de lámpara de bulbo tubular con dos patas de conexión se puede reencender en caliente en forma instantánea. La duración o tiempo de vida es del orden de 6,000 horas.

El costo de estas lámparas es superior, en igualdad de características, a la correspondiente de vapor de mercurio, pero ofrecen ventajas en número y duración.

La tabla 3.8 muestra algunas características de los distintos tipos de lámparas de vapor de sodio a alta presión.

¹³ ENRÍQUEZ, Harper. Op. Cit. p. 120

Tabla 3.8
Características de las Lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión

Potencia (Watts)	Flujo (Lumen)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Eficiencia (Lumen/Watt)
Lámparas de Bulbo Elipsoidal Difundente				
70	5800	70	155	66
150	14800	90	230	84
250	25000	90	230	90
400	47000	120	290	107
10000	120000	165	400	110
Lámparas de Bulbo Elipsoidal difundente con Sistema de Encendido				
210	19000	90	230	82
350	34000	120	290	91
Lámparas con Bulbo Tubular Claro				
150	14500	48	230	87
250	25500	48	260	92
400	48000	48	285	109
1000	130000	66	400	119
Lámparas con Bulbo Tubular de cuarzo con dos Patas				
250	25500	23	205	92
400	48000	23	205	119

3.- Lámparas de Vapor de Sodio a Baja Presión.

Estas lámparas se presentan normalmente en la forma de bulbo tubular de vidrio que contiene en su interior el tubo de descarga doblado en forma de "U".

Su color es casi amarillo ya que se encuentra dentro de la gama de los colores monocromáticos, la eficiencia de estas lámparas es muy alta y se puede considerar como la mayor entre todas las fuentes luminosas artificiales.

La utilización típica de estas lámparas se encuentra en la iluminación de áreas externas en donde la tonalidad de colores no es muy importante.

El encendido de estas lámparas es lento ya que se requiere de aproximadamente unos 10 minutos para alcanzar el 80% y otros 5 minutos para llegar al 100%. El reencendido después de que se apaga en forma momentánea, es rápido.

La tabla 3.9 muestra algunas características de las lámparas de vapor de sodio a baja presión con bulbo tubular claro.

Tabla 3.9
Características de las Lámparas de Vapor de Sodio a Baja Presión con Bulbo Tubular Claro.

Potencia (Watts)	Flujo (Lumen)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Eficiencia (Lumen/Watt)
18	1800	53	215	67
35	4800	52	310	86
55	8000	52	425	105
90	13500	66	530	116
135	22500	66	775	128
180	33000	66	1120	150

Al igual que la lámparas antes mencionadas, existen otras tantas que se basan en el mismo funcionamiento de descarga y sus características son parecidas.

3.3.- Rendimiento de las Luminarias:

El rendimiento de los aparatos de iluminación se define como la relación entre el flujo luminoso que sale del aparato y el flujo emitido por la lámpara.

El rendimiento depende de los materiales con los cuales se construyen los aparatos de iluminación, particularmente su característica de reflexión, depende también de la forma que tengan y de la forma para proteger y montar la fuente luminosa.

Otros factores que condicionan en forma notable el rendimiento de las luminarias es el estado de conservación de las características iniciales, ya que la falta de mantenimiento, por ejemplo la limpieza, hace decaer sensiblemente el nivel de iluminación.

3.4.- Curvas Fotométricas:

Cada lámpara o aparato de iluminación está caracterizado por una distribución particular del flujo luminoso. Por ejemplo, para las lámparas normales incandescentes, la distribución

del flujo es tal que la intensidad luminosa es máxima entre los 30 y 60 grados respecto al eje de la lámpara de donde la iluminación es mínima (parte superior) o máxima (parte inferior).

Las luminarias se caracterizan por un diagrama polar de intensidad luminosa llamado también curva fotométrica. Por simplicidad estas curvas se limitan a solo dos dimensiones.

En la sección de anexos se encuentra un ejemplo de una curva fotométrica para su mayor comprensión.

3.5.- Tipos de Iluminación:

Los tipos de iluminación se pueden clasificar de acuerdo a la distribución del flujo luminoso como:

A.- Iluminación Directa: El flujo luminoso es directo hacia abajo, las luminancias de este tipo tienen por lo general un rendimiento elevado, del 90 al 100%.

B.- Semidirecta: El flujo luminoso es directo en gran parte hacia abajo (60-90 %) y en parte hacia arriba (40-10 %).

C.- Mixta: El flujo luminoso está distribuido uniformemente hacia abajo (50-60 %) y hacia arriba (50-40 %).

D.- Indirecta: El rendimiento es bajo y la visión poco nítida por la falta del efecto de sombra, la iluminación hacia arriba es del 90 al 100 %.

Otra clasificación que se puede hacer de los tipos de iluminación es en base a los aparatos destinados a la iluminación, pudiendo ser:

- ◆ Iluminación General.
- ◆ Iluminación Localizada.
- ◆ Iluminación Suplementaria.

En nuestro caso se hará uso de una iluminación general, sin llegar a hacer uso de la iluminación localizada, ya que, no se requiere.

3.6.- Cálculo de la Iluminación Interior:

Antes de comenzar con el cálculo de la iluminación en la industria se deben recordar tres factores fundamentales de la iluminación de interiores:

A.- Que el nivel de iluminación sea adecuado a las características de la industria.

B.- Obtener una distribución adecuada de la luz.

C.- Saber que tipo de fuente luminosa se va a utilizar.

Conociendo esto se debe saber que calcular en forma exacta el alumbrado es difícil, ya que, intervienen muchos factores relacionados con el cambio de las condiciones físicas y el tiempo de operación de las lámparas.

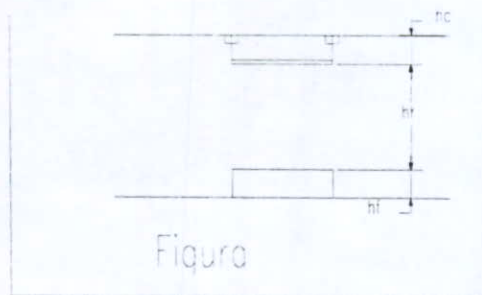
Además de factores adicionales como el polvo depositado en las luminarias o en las paredes, las prácticas de mantenimiento empleadas, etc.

Un método de cálculo puede ser mejor que otro, a continuación se le da solución al problema con el Método de Cavidad Zonal¹⁴.

Para la aplicación de este método se requiere de conocer o determinar los siguientes elementos:

a.- Considerar tres tipos de cavidades (Véase fig. 3.3):

- ♦ Cavidad del Techo (hcc)
- ♦ Cavidad del Local (hrc)
- ♦ Cavidad del Piso (hfc)



b.- Nivel de Iluminación (NI) medio que se pretende realizar: dato que se toma de la tabla 1-1, de la sección de Anexos, recomendados por la Illuminating Engineering Society of North America.

Consideremos a la fábrica dentro del tipo de Ensamblaje.

¹⁴ WESTINHOUSE. Manual del Alumbrado. pp. 109-129.

c.- Dimensiones del área a iluminar: Ancho (A) y Largo (L)

d.- Relación de cavidad (RC): Toma en consideración el ancho y el largo del local, así como la cavidad local.

$$RC = \frac{5 \cdot hrc \cdot (A + L)}{A \cdot L} \quad (3.4)$$

e.- Coeficiente de Utilización (CU): Depende del sistema de iluminación, de las características de las luminarias, de la relación de cavidad y de los valores de reflectancia tanto del techo como de las paredes del local (dato conseguido en tablas del fabricante de la luminaria véase sección de Anexos).

Este coeficiente de utilización se obtiene experimentalmente en locales prototipo y empleando lámparas y luminarias de características fotométricas similares.

f.- Coeficiente de Mantenimiento (CM): Tiene en consideración la reducción de las características fotométricas de las luminarias y el envejecimiento de las lámparas.

Varia según las condiciones ambientales de la instalación y la forma en como se efectúa el mantenimiento.

g.- Flujo luminoso (FL): El cual se calculará del siguiente modo.

$$FL = \frac{NI \cdot A \cdot L}{CM \cdot CU} \quad (3.5)$$

El procedimiento de cálculo es el que se resume a continuación:

1.- Obtener las características del local por iluminar como son: la actividad que se desarrollará en el mismo y las dimensiones de las cavidades.

2.- Obtener de las tablas de recomendaciones el nivel de iluminación (NI) en luxes.

3.- Seleccionar un tipo de lámpara, su potencia y su tonalidad.

4.- Obtener los lúmenes de la luminaria, de acuerdo a las tablas antes descritas (Vid Supra inciso 3.2).

5.- Obtener las dimensiones del local (A y L).

6.- Calcular la relación de cavidad (RC).

7.- Obtener de tablas los porcentajes de reflectancia para el piso, techo y paredes.

8.- Obtener el coeficiente de utilización (CU).

9.- Suponer un coeficiente de mantenimiento (CM).

10.- Calcular el flujo luminoso (FL).

11.- Calcular el número de lámparas requeridas.

12.- Calcular la distribución de las lámparas.

Teniendo ya una clara visión de lo que se pretende y conociendo que el nivel de iluminación recomendado para la industria de ensamblaje es 540 luxes, así como que el coeficiente de mantenimiento será de 0.7, por ser lo normal en este tipo de instalación, que las luminarias a utilizar serán lámparas fluorescentes del tipo slim line de 75 Watts, luz blanca (6300 lumens/lámpara) y que por la inspección del plano 2 (fig. 3.4) se obtienen las siguientes dimensiones:

- ♦ Cavidad del Techo (hcc) = 0.30 mts.
- ♦ Cavidad del Local (hrc) = 3.00 mts.
- ♦ Cavidad del Piso (hfc) = 0.70 mts.
- ♦ Ancho (A) = 15.0 mts.
- ♦ Largo (L) = 40.0 mts.

Podemos hacer los cálculos necesarios:

$$RC = \frac{5 * hrc * (A + L)}{A * L} \quad (3.6)$$

$$RC = \frac{5 * 3 * (15 + 40)}{15 * 40}$$

Obtenemos que:

$$RC = 1.375$$

Los porcentajes de reflectancia se supondrán como sigue:

- ♦ Techo 80
- ♦ Paredes 30

El coeficiente de utilización (CU) obtenido de la tabla de la sección Anexos es de aproximadamente 0.84, por lo que:

$$FL = \frac{NI * A * L}{CM * CU} \quad (3.7)$$

$$FL = \frac{540 * 15 * 40}{0.84 * 0.7}$$

$$FL = 551,020.40 \text{ (lumens).}$$

Número de luminarias:

$$NL = \frac{\text{Flujo Luminoso}}{\text{Lumenes por luminaria}} \quad (3.8)$$

$$NL = \frac{551,020.40}{2 * 6,300}$$

$$NL = 43.73 \text{ (lámparas).}$$

Distribución de las luminarias:

Área promedio por luminaria (AP / L):

$$\frac{AP}{L} = \frac{A * L}{NL} \quad (3.9)$$

$$\frac{A * L}{NL} = \frac{15 * 40}{43.73} = 13.72$$

Espaciamiento promedio (EP):

$$EP = \sqrt{\frac{AP}{L}} \quad (3.10)$$

$$\sqrt{\frac{AP}{L}} = \sqrt{13.72} = 3.70$$

Número de luminarias a lo largo:

$$\frac{L}{EP} = \frac{40}{3.07} = 10.81$$

Número de luminarias a lo ancho:

$$\frac{A}{EP} = \frac{15}{3.7} = 4.05$$

Redondeando quedan 4 columnas con 11 filas de luminarias.

En el plano 2 (fig. 3.4) se muestra la distribución de las luminarias; se debe mencionar que para no descuidar el aspecto económico y para conservar la flexibilidad de la instalación se va a disponer en el centro de carga de alumbrado una ampolleta térmica de 15 Amp. para cada línea.

Su conductor será del calibre 12 ya que por regulaciones en la norma oficial no se puede utilizar ninguno de menor calibre, además de ser canalizado por tubería conduit de 13 mm., utilizando el sistema de distribución monofásico.

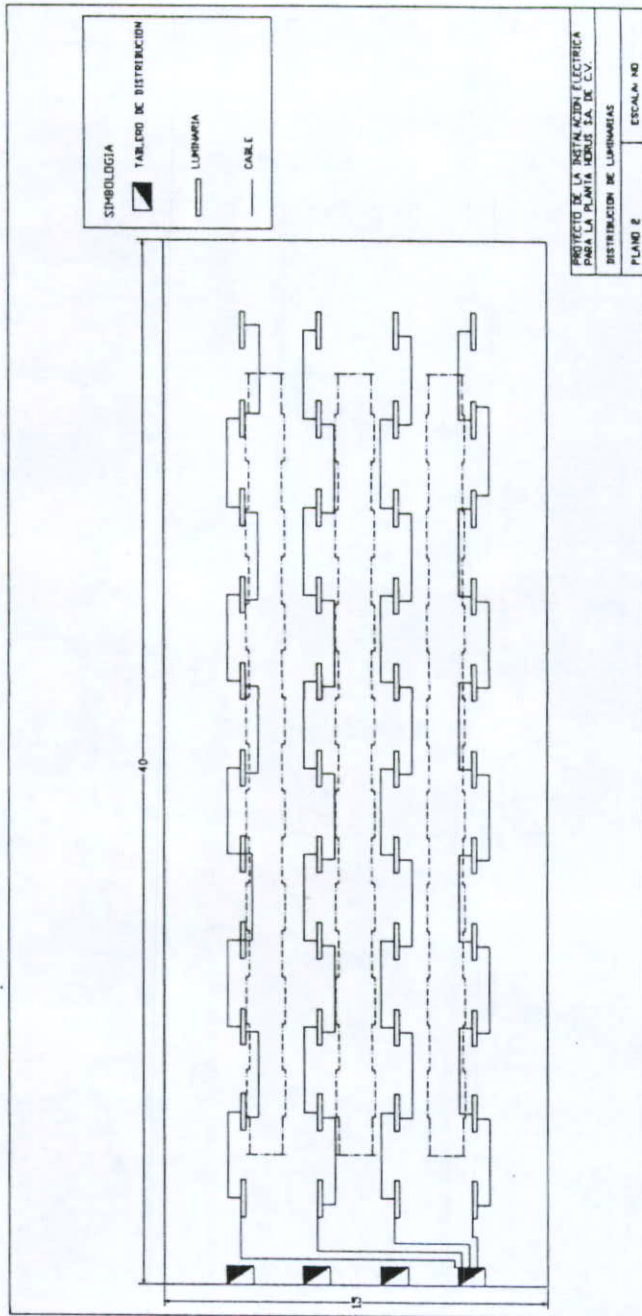


Figura 3.4

4.- CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA Y ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.

4.1.- Corrección del Factor de Potencia:

Todos los motores de inducción de corriente alterna, requieren de una corriente de magnetización en sus circuitos, esta corriente de magnetización se encuentra desfasada 90° en atraso en base a la corriente activa, la cual está en fase al voltaje.

Recordando que el método fasorial representa cantidades de voltajes y corrientes en el dominio de la frecuencia y que se representan gráficamente como vectores obtenemos que las dos corrientes del motor (la activa y la de inducción) pueden sumarse obteniendo la corriente de línea que demanda el motor y que forma un ángulo θ con respecto a la corriente activa.

El coseno de este ángulo es lo que normalmente se conoce como Factor de Potencia.

Debido a que la corriente de magnetización del motor se mantiene siempre constante sea cual sea la carga, el factor de potencia de un motor varía según la carga, siendo por consecuencia menor cuando la carga disminuye, como se observa en la figura 4.1:



Donde:

IA = Corriente Activa

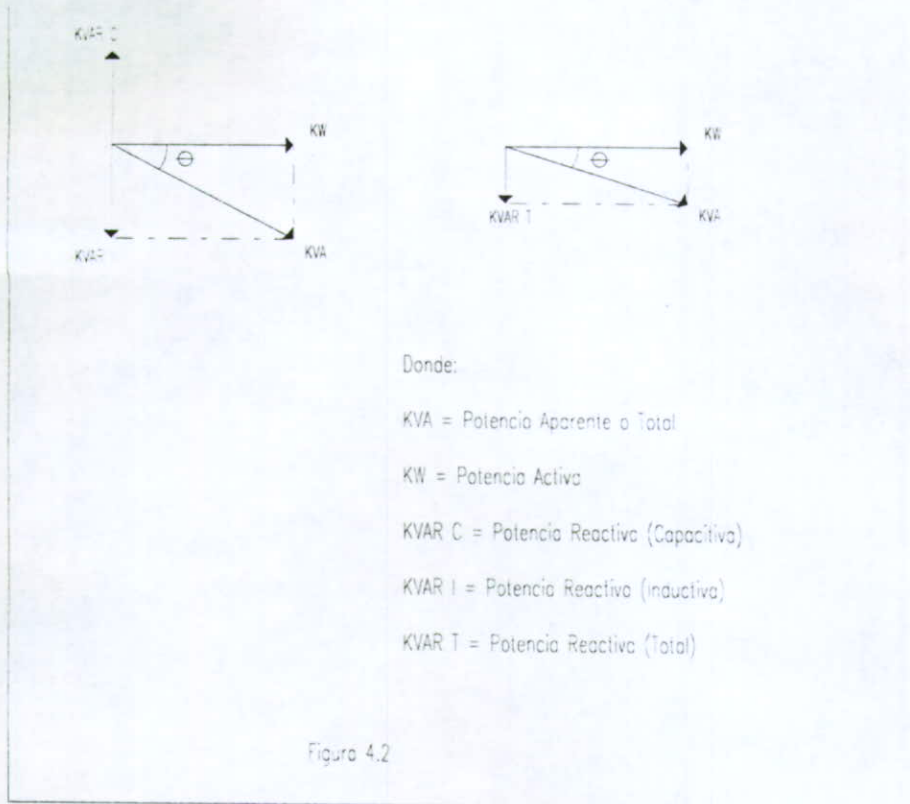
IM = Corriente de Magnetización

IL = Corriente de Línea

V = Voltaje de Fase

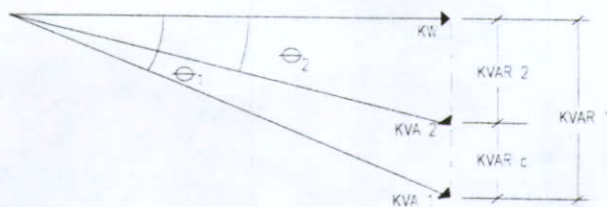
Figura 4.1

Frecuentemente se utilizan potencias en lugar de corrientes para la representación vectorial (Véase fig. 4.2) obteniéndose:



Debido a que, mientras el factor de potencia esté más cercano a la unidad, hay más aprovechamiento de la potencia y por lo tanto es mejor para la instalación, conviene que si no es posible que este valor sea unitario, esté tan próximo a la unidad como sea posible, con lo que además de cumplir con los requerimientos de la norma oficial mexicana que establece que no sea menor del 90%, se tiene ahorro en el calibre de los conductores que alimentan a los motores.

Así pues y con la ayuda de la figura 4.3 se puede observar dos condiciones de potencias con sus dos ángulos respectivos:



Donde:

KVA 1 = Potencia Aparente o Total Primera Opción

KVA 2 = Potencia Aparente o Total Segunda Opción

KW = Potencia Activa

KVAR c = Potencia Reactiva (Corregido)

KVAR 1 = Potencia Reactiva (Op. 1)

KVAR 2 = Potencia Reactiva (Op. 2)

Figura 4.3

Por lo tanto se nota que los Kilo Volt-Ampere Reactivos Corregidos se obtienen de restar los Kilo Volt-Ampere Reactivos de cada figura:

$$KVAR_c = KVAR_1 - KVAR_2 \quad (4.1)$$

Por inspección trigonométrica obtenemos:

$$\tan \theta_1 = \frac{KVAR_1}{KW} \Rightarrow KVAR_1 = KW \cdot \tan \theta_1$$

$$\tan \theta_2 = \frac{KVAR_2}{KW} \Rightarrow KVAR_2 = KW \cdot \tan \theta_2$$

Agrupando y organizando obtenemos:

$$KVAR_c = KW(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \quad (4.2)$$

Mas adelante se podrá apreciar en la tabla 4.1 los motores con los datos principales para poder realizar el estudio de Corrección de Factor de Potencia.

Realizando los cálculos que recomiendan las fórmulas y observando la tabla 4.2 se obtiene los resultados presentados.

Recordar que el factor de potencia sin capacitores es aproximadamente de 0.8 y por el tipo de carga, se buscará corregirlo a un valor de 0.95.

En el caso de tener varios motores, como este caso, debemos de sacar cantidades totales para el sistema, ayudándonos con la figura 4.3, podemos observar que los KW totales, debido a que están sobre un eje, se pueden sumar de modo aritmético, al igual que las KVAR totales, cosa que no se puede hacer con los KVA totales y es por esto que se debe usar el Teorema de Pitágoras para poder realizar la suma vectorial quedando:

$$KVA_{tot} = \sqrt{(KW)^2 + (KVAR)^2} \quad (4.3)$$

Otras fórmulas que serán de uso práctico para el Cálculo de la capacidad de KVAR Corregidos derivan de los principios de trigonometría, recordándolos y haciendo referencia a la figura 4.3 observamos que:

$$\begin{aligned} \text{sen } \theta &= \frac{KVAR}{KVA} \\ \text{y } \text{cos } \theta &= \frac{KW}{KVA} \end{aligned}$$

Despejando obtenemos los KVAR:

$$KVAR = KVA(\text{sen}\theta) \quad (4.4)$$

y respectivamente los KVA:

$$KVA = \frac{KW}{\text{cos}\theta} \quad (4.5)$$

Tabla 4.1

ESTUDIO DEL FACTOR DE POTENCIA

MOTOR	H.P.	EFICIENCIA	F. DE P.	KW	TETA	KVA	KVAR	SEN TETA
1	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
2	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
3	1.50	0.84	0.80	1.33214	36.86	1.66518	0.99894	0.5999
4	1.50	0.84	0.80	1.33214	36.86	1.66518	0.99894	0.5999
5	0.25	0.84	0.80	0.22202	36.86	0.27753	0.16649	0.5999
6	0.25	0.84	0.80	0.22202	36.86	0.27753	0.16649	0.5999
7	0.25	0.84	0.80	0.22202	36.86	0.27753	0.16649	0.5999
8	0.25	0.84	0.80	0.22202	36.86	0.27753	0.16649	0.5999
9	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
10	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
11	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
12	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
13	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
14	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
15	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
16	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
17	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
18	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
19	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
20	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
21	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
22	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
23	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
24	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
25	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999

Tabla 4.1 Continuación

26	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
27	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
28	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
29	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
30	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
31	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
32	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
33	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
34	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
35	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
36	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
37	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
38	3.00	0.84	0.80	2.66429	36.86	3.33036	1.99788	0.5999
39	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
40	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
41	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
42	0.50	0.84	0.80	0.44405	36.86	0.55506	0.33298	0.5999
43	1.00	0.84	0.80	0.88810	36.86	1.11012	0.66596	0.5999
44	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
45	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
46	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
47	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
48	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
49	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
50	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
51	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
52	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
53	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
54	0.75	0.84	0.80	0.66607	36.86	0.83259	0.49947	0.5999
ALUMBRADO			0.94	20.00000	19.94	21.27660	6.63191	0.3117

Tabla 4.2

KW TOT	56.4119	
KVAR TOT	33.9363	
KVA TOTAL	65.8329	
TETA 1	31.0272	
COS TETA1	0.8569	
TAN TETA1	0.6016	
A CORREGIR		
TETA 2	18.1930	
COS TETA 2	0.9500	
TAN TETA 2	0.3287	
KVAR c 15.3946		

4.1.1.- Instalación de Capacitores:

Entre las causas por las que se instalan capacitores en las industrias están:

- a.- Evitar las multas y pagos extras a la C.F.E.
- b.- Descarga a los circuitos ya existentes, para poder tener más ampliaciones.

Existen distintas formas de instalar los capacitores para corregir el factor de potencia y son:

- a.- Conexión del banco de capacitores en el lado de alta tensión.

Con este método se corrige el factor de potencia de toda la planta. El costo del banco de capacitores es menor debido a que es más barato comprar capacitores para alta tensión que para baja tensión.

Requiere de mayores cuidados su instalación, protección y operación, que los de baja tensión.

No se tiene un ahorro por reducción en el calibre de los conductores en alimentadores y circuitos derivados de motores instalados en el secundario del transformador.

- b.- Conexión del banco de capacitores en el lado de baja tensión.

La única desventaja que se tiene de esta conexión es que el banco de capacitores no debe sobrepasar de un rango del 10 al 20 % de los KVA's de la capacidad de transformación del transformador, debido a que entrarían en resonancia generando un alto voltaje cuando no se éste utilizando toda la carga, lo cual produciría daños, como la fundición de lámparas por la noche cuando los motores estén apagados.

Se debe recordar poner el banco de capacitores debajo del sistema de medición.

- c.- Conexión de Capacitores a las terminales del motor:

Ya se mencionó que la demanda de potencia reactiva de un motor de inducción varía con la condiciones de carga, disminuyendo apreciablemente en condiciones de baja carga. Por consiguiente, cuando se compensa individualmente este tipo de motores, el capacitor o banco de capacitores instalado no debe ajustarse a las condiciones de plena carga, ya que, esto podría originar un exceso de potencia reactiva cuando se opere el motor en condiciones de baja carga o marcha en vacío.

Por otra parte, el tamaño del banco de capacitores también se ve afectado por el fenómeno de autoexcitación del motor, que se puede originar en el momento de desconexión. Cuando se desconecta un motor de inducción al que se han instalado capacitores de potencia, la tensión entre bornes no baja rápidamente a cero, como sucede cuando se desconecta un motor sin capacitores.

Esto se debe a que la corriente de descarga de los capacitores mantiene un cierto campo magnético en las bobinas del motor, induciéndose una tensión de autoexcitación mientras el motor sigue girando por su propia inercia.

Si los capacitores están excedidos en potencia reactiva, esta tensión puede alcanzar valores más altos que la tensión nominal del motor, poniendo en peligro tanto al aislamiento del motor, como a los capacitores mismos.

Para evitar estos tipos de problemas no se realizará este método en el trabajo.

4.2.- Estudio de corto circuito:

En las instalaciones industriales se deben determinar las corrientes de corto circuito en distintos puntos para la selección del equipo de protección y de una coordinación adecuada. A pesar de que existe una literatura bastante especializada sobre el tema, este capítulo será solo una pequeña introducción al estudio del corto circuito.

Según Enríquez se entenderá por corto circuito "A una falla que se presenta en una instalación y a su vez demanda una corriente excesiva denominada corriente de corto circuito en el punto de ocurrencia."¹⁵ La falla puede ser de los siguientes tipos:

- a.- De línea a tierra (fase a tierra).
- b.- De línea a línea (fase a fase).
- c.- De dos líneas a tierra (fase a fase a tierra).
- d.- Trifásica (tres fases entre sí).

¹⁵ ENRÍQUEZ, H. Manual de las Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales. p. 309.

En este caso, el tipo de falla más probable de ocurrir es la de fase a tierra y los métodos de análisis normalmente empleados son aquellos que tratan de redes en condiciones de asimetría debido a que, a excepción de la falla trifásica, las otras son asimétricas.

En el estudio de corto circuito se deben considerar básicamente dos tipos de elementos en la red: los elementos activos (fuentes) y los elementos pasivos. Son fuentes de corto circuito aquellos elementos que suministran corriente al punto de la falla como lo son las máquinas rotatorias:

- ◆ Alternadores.
- ◆ Condensadores.
- ◆ Motores Síncronos .
- ◆ Motores de Inducción.

En este trabajo se ve clara la presencia de los motores de inducción, ya que, se encuentran por las tres líneas de trabajo.

Son elementos pasivos las impedancias de los elementos del sistema bajo estudio incluyendo la de las propias máquinas rotatorias.

4.2.1.- Representación en la Red para el Estudio de Corto Circuito:

Es indispensable en un estudio de corto circuito disponer de un diagrama unifilar en el que se representen todos los elementos de la instalación, que interesan para el estudio, como los son: generadores, motores, transformadores, líneas, cables alimentadores, tableros, etc. Para este caso se expone el diagrama al final del capítulo (Véase fig. 4.4).

Cabe mencionar que los valores de impedancia, desde la fuente hasta el punto de la incidencia, se pueden expresar tanto en:

- ◆ Ohms (Ω).
- ◆ Por ciento (%).
- ◆ Por Unidad (P.U.).

Las características más importantes consideradas en el estudio de corto circuito, además de las impedancias antes explicadas, son: la potencia en KVA y la tensión de operación.

Las relaciones para hacer los cambios entre si son:

$$Z\% = \frac{Z(\Omega) * \text{Potencia Base} * (\text{KVA})}{KV^2 * 10} \quad (4.6)$$

$$Z_{p.u.} = \frac{Z(\Omega) * \text{Potencia Base}(\text{KVA})}{KV^2 * 1000} \quad (4.7)$$

$$Z(\Omega) = \frac{Z\% * KV^2 * 10}{\text{Potencia Base} (\text{KVA})} \quad (4.8)$$

$$Z_{p.u.} = \frac{Z\%}{100} \quad (4.9)$$

Cabe mencionar que el valor por unidad de cualquier magnitud se define como el cociente de su valor a un valor base expresado como en un decimal.

Se puede observar que el valor en porciento es cien veces el valor en por unidad, la ventaja que se tiene es que estos valores son más fáciles de manejar que usando volts, amperes, volts-amperes, etc. ya que en un sistema eléctrico las impedancias de los equipos están referidas a valores bases.

En el método de por unidad, el producto de dos cantidades expresadas en por unidad dan un valor en por unidad, en cambio si están expresadas en porciento tendrán que dividirse entre cien para que el producto quede expresado en porciento.

Por la sencillez mostrada en la sección de cálculos se empleará el método de porciento.

4.2.2 Cambios de Base:

En algunos sistemas las impedancias son dadas normalmente en ohms, o en porciento referidas a sus valores nominales. En el estudio de corto circuito se ve necesario combinar en distintos arreglos (serie, paralelo) estas impedancias, por lo que se debe referir a una base común y entonces se requiere cambiar de base algunos de estos valores, para lo que se prosigue de la siguiente forma:

$$Z\%_2 = \frac{KVA_2}{KVA_1} * Z\%_1 \quad (4.10)$$

$$Z_{p.u.2} = \frac{KVA_2}{KVA_1} * Z_{p.u.1} \quad (4.11)$$

Para hacer las simplificaciones en las impedancias del sistema podemos hacer uso de lo siguiente:

a.- Cuando estén en serie:

$$Z_{TOT} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n \quad (4.12)$$

b.- Cuando estén en paralelo:

$$\frac{1}{Z_{TOT}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \dots + \frac{1}{Z_n} \quad (4.12)$$

4.2.3.- Cálculo de las Corrientes de Corto Circuito:

Para poder llegar a las ecuaciones de corrientes simétricas y asimétricas debemos, antes, conocer las potencias respectivas.

La Compañía Suministradora (C.F.E.), proporcionará datos para los cuales tenemos unas fórmulas que los relacionan del siguiente modo:

a.- Potencia de Corto Circuito(KVA):

$$Z\% = \frac{KVA_{BASE} * 100}{Potencia de corto circuito (KVA)} \quad (4.13)$$

b.- Corriente de Corto Circuito:

$$Z\% = \frac{KVA_{BASE} * 100}{i_{CC} * \sqrt{3} * KV_{NOMINALES}} \quad (4.14)$$

c.- Cuando se da la capacidad del interruptor a la entrada:

$$Z\% = \frac{KVA_{BASE} * 100}{Potencia Interruptiva (del interruptor)\{KVA\}} \quad (4.15)$$

Con este valor ya podemos determinar la potencia de corto circuito:

$$KVA_{SIMETRICOS} = \frac{KVA_{BASE}}{Z_{P.U.}} \quad (4.16)$$

o si se tienen las impedancias en porciento:

$$KVA_{SIMETRICOS} = \frac{KVA_{BASE} * 100}{Z\%} \quad (4.17)$$

Para así obtener la corriente de corto circuito simétrica:

$$I_{CC_{SIMETRICA}} = \frac{KVA_{BASE} * 100}{Z\% * \sqrt{3} * KV} \quad (4.18)$$

o si se tiene la impedancia en por unidad:

$$I_{CC_{SIMETRICA}} = \frac{KVA_{BASE}}{Z_{P.U.} * \sqrt{3} * KV} \quad (4.19)$$

o si se tiene la impedancia en ohm:

$$I_{CC_{SIMETRICA}} = \frac{KVA_{BASE} * 1000}{Z(\Omega)\sqrt{3}} \quad (4.20)$$

Para la determinación de la corriente asimétrica tenemos que multiplicar la corriente simétrica por un factor de simetría, en este caso de 1.25, recomendado para instalaciones de tipo industrial, quedando:

$$I_{CC_{ASIMETRICA}} = I_{CC_{SIMETRICA}} * 1.25 \quad (4.21)$$

Y para el caso de la potencia asimétrica obtenemos por analogía:

$$KVA_{ASIMETRICA} = KVA_{SIMETRICA} * 1.25 \quad (4.22)$$

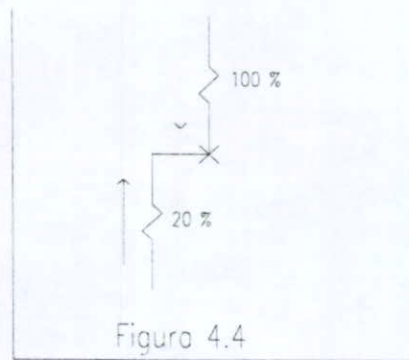
4.2.4.- Cálculos para el Corto Circuito:

Tomando 1,000 KVA de Capacidad Interruptiva, como dato de la C.F.E., normal para operaciones en baja tensión, y tomando los valores de impedancia en por ciento, se tiene:

$$Z(\%) = \frac{1000\text{KVA} * 100}{1000\text{KVA}}$$

$$Z(\%)=100\%$$

Considerando que en conjunto los motores proporcionan una impedancia de 20%, al sistema de corto circuito, se puede representar el sistema como se muestra en la figura 4.4.



Por inspección de la figura 4.4 se observa que es un sistema en paralelo, ya que, la corriente de las dos impedancias son concurrentes en el mismo punto del corto circuito, así pues obtenemos la impedancia total del sistema (Z_{TOT}):

$$Z_{TOT} = \frac{1}{100} + \frac{1}{20}$$

$$Z_{TOT}=16.66 \%$$

Con esta impedancia podemos calcular los siguientes valores:

KVA Simétricos:

$$KVA_{SIM} = \frac{1000KVA * 100}{16.66}$$

$$KVA_{SIM} = 5999.99KVA$$

KVA Asimétricos:

$$KVA_{ASIM} = 7499.99KVA$$

Corriente de Corto Circuito Simétrica:

$$I_{CC_{SIM}} = \frac{1000KVA * 100}{16.66 * \sqrt{3} * 0.127KV}$$

$$I_{CC_{SIM}} = 27287.30A$$

Corriente de Corto Circuito Asimétrica:

$$I_{CC_{ASIM}} = 34109.13A$$

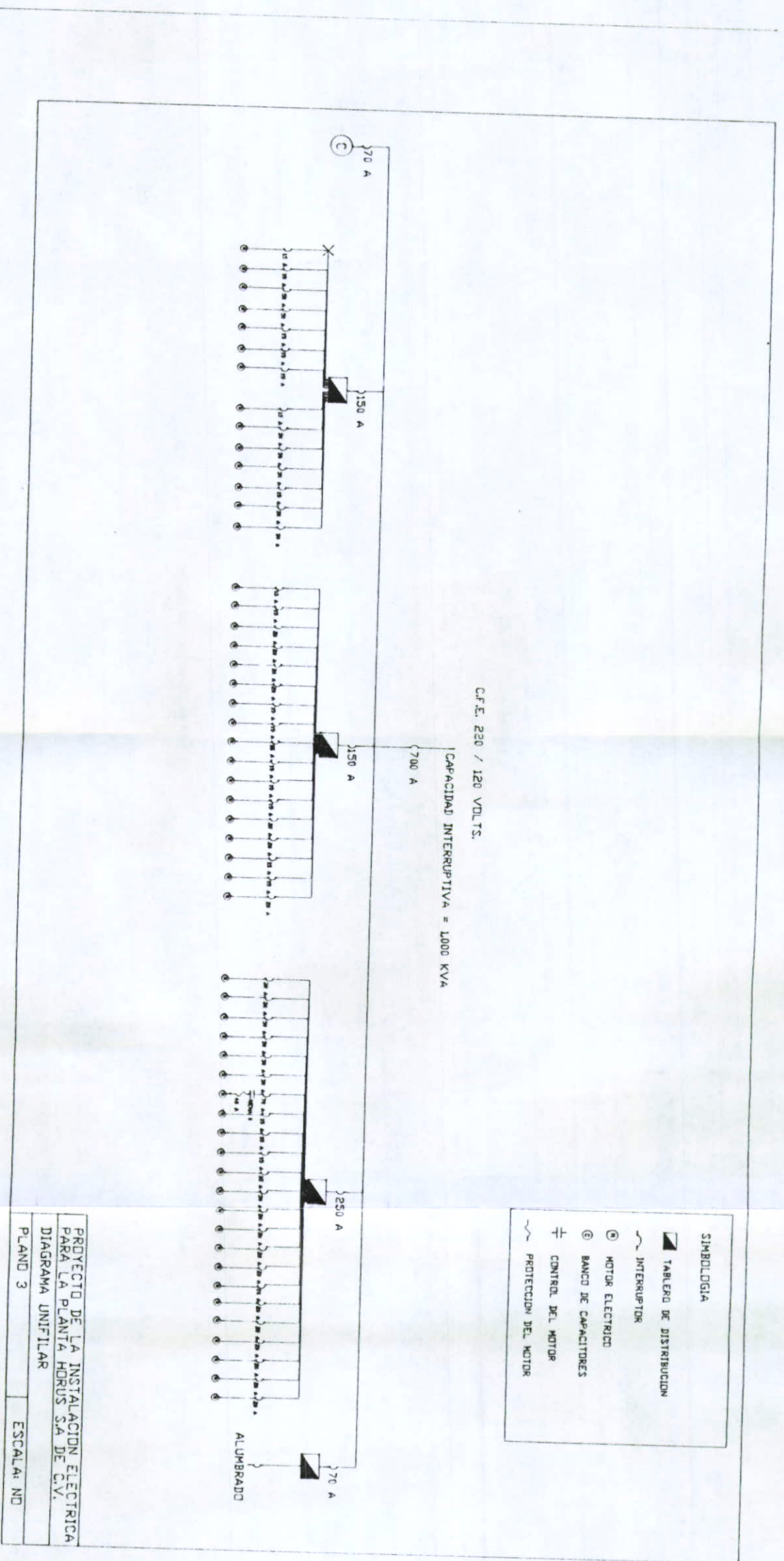


Figura 4.5

Anexos.

Tabla A.1
Factores de corrección por agrupamiento.

Número de conductores que llevan corriente	Factores de corrección por agrupamiento
4 a 6	0.80
7 a 9	0.70
10 a 20	0.50
21 a 30	0.45
31 a 40	0.40
41 y más	0.35

Tabla 1-1 Niveles de iluminación que actualmente recomienda la Illuminating Engineering Society of North America

	<i>Bujías pre sobre el trabajo que se realiza*</i>	<i>Decalux sobre el trabajo que se realiza* +</i>
MANUFACTURA DE AERONAVES		
Refacciones		
Producción		
Inspección	100	110
Soldadura	200	220
Iluminación general	50	54
Soldadura de arco de precisión	1000 ±	1080 ±
Montaje final	100	110
ENSAMBLAJE		
Preliminar (fácil de ver)	30	32
Preliminar (visibilidad difícil)	50	54
Mediana dificultad	100	110
Fino	500 ±	540 ±
Extrafino	1000 ±	1080 ±
MANUFACTURA DE AUTOMOVILES		
Montaje de estructuras	50	54
Línea de ensamble de chasis	100	110
Ensamble final, línea de inspección	200	220
Manufactura de carrocerías		
Partes	70	75
Ensamble	100	110
Terminado e inspección	200	220
EXTERIORES DE EDIFICIOS		
Entradas		
Activas	5	5.4
Inactivas	1	1.1
TRABAJOS DE QUIMICA		
ALMACEN DE CARBON (de protección)	30	32
MANUFACTURA DE EQUIPO ELECTRICO		
Impregnación	50	54
Aislamiento, embobinado y prueba	100	110
FUNDIDORAS		
Hornos de recocido, limpieza	30	32
Hechura de núcleos		
Fina	100	110
Mediana	50	54
Inspección		
Fina	500 ±	540 ±
Mediana	100	110
Moldeo		
Mediano	100	110
Grande	50	54
Vaciado	50	54

Norma Oficial NOM-001-SEMP-1994

Tabla 310-16 Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2 000 V, 60°C a 90°C. No más de 3 conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30°C.

Area de la sección transversal mm ² (AWG -kCM)	Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13).					
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
	TIPOS TW * UF *	TIPOS RHW * THW *, THHW *	TIPOS SA, SIS, FEP * FEPB * RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THWN *, XHHW * USE *	TIPOS TW * UF *	TIPOS RHW * THW *, THHW *	TIPOS SA, SIS, RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THWN *, XHHW * THHW-LS USE * THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2
	C O B R E			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.8235 (18)	.....	.....	14	.....	.....	.....
1.307 (16)	.....	.....	18	.....	.....	.....
2.082 (14)	20*	20*	25*	.....	.....	.....
3.307 (12)	25*	25*	30*	20*	20*	25*
5.260 (10)	30	35*	40*	25*	30*	35*
8.367 (8)	40	50	55	30	40	45
13.30 (6)	55	65	75	40	50	60
21.15 (4)	70	85	95	55	65	75
33.62 (2)	95	115	130	75	90	100
42.41 (1)	110	130	150	85	100	115
53.48 (1/0)	125	150	170	100	120	135
67.43 (2/0)	145	175	195	115	135	150
85.01 (3/0)	165	200	225	130	155	175
107.2 (4/0)	195	230	260	150	180	205
126.7 (250)	215	255	290	170	205	230
152.0 (300)	240	285	320	190	230	255
177.3 (350)	260	310	350	210	250	280
202.7 (400)	280	335	380	225	270	305
253.4 (500)	320	380	430	260	310	350
304.0 (600)	355	420	475	285	340	385
380.0 (750)	400	475	535	320	385	435
506.7(1 000)	455	545	615	375	445	500
FACTORES DE CORRECCION						
Temperatura ambiente °C	Para temperatura ambiente diferente de 30 °C, multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostradas arriba por el factor de corrección correspondiente en esta tabla.					
21 - 25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04
26 - 30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
31 - 35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96
36 - 40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91
41 - 45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87
46 - 50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82
51 - 55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76
56 - 60	.....	0.58	0.71	.....	0.58	0.71
61 - 70	.....	0.33	0.58	.....	0.33	0.58

Norma Oficial NOM-001-SEMP-1994

71 - 80	0.41	0.41
---------	------	------

* La protección para sobrecorriente para conductores de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, en Los Tipos marcados con un asterisco * , no debe exceder de:
15 A para 2.082 mm² (14), 20 A para 3.307 mm² (12) y 30 A para 5.260 mm² (10) para conductores de cobre.
15 A para 3.307 mm² (12), y 25 A para 5.260 mm² (10) para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre, después de que se han aplicado los factores de corrección por temperatura ambiente y agrupamiento de conductores.

Norma Oficial NOM-001-SEMP-1994

Tabla 310-17 Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables mono- conductores aislados 0 a 2 000 V, al aire libre y para una temperatura ambiente de 30 °C.

Area de la sección transversal mm ² (AWG -KCM)	Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13).					
	60°C TIPOS TW * UF *	75°C TIPOS RHW * THW *, THHW *	90°C TIPOS SA, SIS, FEP * FEPB * RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THHW-LS, TT THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2	60°C TIPOS TW *	75°C TIPOS RHW * THW *, THHW *	90°C TIPOS SA, SIS, RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THHW-LS THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2
	C	O	B	R	E	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE
0.8235 (18)	.....	.....	.....	.....	18	.....
1.307 (16)	.....	.....	.....	.....	24	.....
2.082 (14)	25*	30*	35*	40*	25*	30*
3.307 (12)	30*	35*	40*	45*	35*	40*
5.260 (10)	40*	50*	55*	60*	45*	55*
8.367 (8)	60	70	80	90	60	75
13.30 (6)	80	95	105	120	80	100
21.15 (4)	105	125	140	160	110	135
33.62 (2)	140	170	190	220	135	165
42.41 (1)	165	195	220	260	155	195
53.48 (1/0)	195	230	260	300	180	225
67.43 (2/0)	225	265	300	350	210	260
85.01 (3/0)	260	310	350	400	240	295
107.2 (4/0)	300	360	405	475	280	340
126.7 (250)	340	405	455	530	315	385
152.0 (300)	375	445	505	590	350	430
177.3 (350)	420	505	570	660	395	485
202.7 (400)	455	545	615	710	425	520
253.4 (500)	515	620	700	800	485	590
304.0 (600)	575	690	780	890	540	655
380.0 (750)	655	785	885	1000	620	750
506.7(1 000)	780	935	1055	1200	750	900

FACTORES DE CORRECCION						
Temperatura ambiente °C	Para temperatura ambiente diferente de 30 °C, multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostradas arriba por el factor de corrección correspondiente en esta tabla.					
21 - 25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04
26 - 30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
31 - 35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96
36 - 40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91
41 - 45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87
46 - 50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82
51 - 55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76
56 - 60	.....	0.58	0.71	.....	0.58	0.71
61 - 70	.....	0.33	0.58	.....	0.33	0.58
71 - 80	.....	.....	0.41	.....	.....	0.41

* La protección contra sobrecorriente para conductores de cobre, aluminio o aluminio recubierto de

cobre. en Los Tipos marcados con un asterisco * , no debe exceder de:

15 A para 2.082 mm² (14), 20 A para 3.307 mm² (12) y 30 A para 5.260 mm² (10) para conductores de cobre.

15 A para 3.307 mm² (12), y 25 A para 5.260 mm² (10) para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre.

Tabla 430-7 (b). Letras de código a rotor bloqueado.

LETRA DE CODIGO	KILOVOLT-AMPERES POR CABALLO DE POTENCIA A ROTOR BLOQUEADO		
A	0.00	--	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	-	11.19
N	11.20	-	12.49
P	12.50	-	13.99
R	14.00	-	15.99
S	16.00	-	17.99
T	18.00	-	19.99
U	20.00	-	22.39
V	22.40	-	y más.

CONCLUSIONES

Al finalizar este trabajo se llegó a la conclusión, de que, en una instalación eléctrica se deben cuidar aspectos que normalmente no tomamos en cuenta, tales como las propiedades de los conductores y algunas otras características de las instalaciones.

Se concluye que es igualmente importante el cálculo del calibre del conductor, en su parte de ampacidad como en la de caída de tensión, y no dejarse llevar por hipótesis de que, si existieran grandes distancias, observar lo obtenido por caída de tensión, y por otro lado si existen grandes cargas dejarse llevar por lo obtenido por el cálculo de ampacidad, al menos que sea muy obvio.

Después del estudio para la canalización, se observó que por comodidad y para que la instalación no pierda flexibilidad, se decidió canalizar la parte de fuerza con ductos de 65*65, en algunos casos con dos de ellos para cumplir con los requerimientos dictados por la Norma Oficial Mexicana; y la parte de alumbrado con tubo conduit, junto con sus respectivos condulets y accesorios.

Se concluye que debido a las potencias manejadas por los motores fue conveniente haber usado el Sistema Trifásico a Tres Hilos de distribución, para cubrir las necesidades de alimentación a los motores y al alumbrado.

Se observó que existe una gran cantidad y tipos de fuentes luminosas y después de su estudio se equiparó y decidió tomar el tipo Slimline, de la familia de las lámparas fluorescentes, la cual además de cubrir las necesidades de la instalación de alumbrado, nos da un buen punto de referencia para no descuidar el aspecto económico de la instalación.

El tipo de iluminación instalado fue de Iluminación Directa; sin ningún tipo de difusor en las 4 columnas con 11 filas de luminarias y con un nivel de iluminación equivalente a 540 luxes, para trabajo de ensamble, sin incurrir en la necesidad de implantar el tipo de iluminación localizada.

El estudio de factor de potencia arrojó un valor de 0.86 el cual fue corregido a 0.95 con la implantación de un banco de capacitores de 15 kVAR en el lado de baja tensión, se concluye, por tanto, que esta decisión es importante, ya que, así se evitarán las multas hechas por la C.F.E. por bajo factor de potencia.

Es necesario y de modo obligado citar las limitaciones de este proyecto, tanto por que no se requieren o por que no se ve la necesidad de implantarlas, entre estas encontramos que este proyecto es de baja tensión y que la alta tensión no es empleada por que no la demanda la carga instalada, también se observa que no existe planta de emergencia, y que no se vió, en el panorama del proyecto, el encontrar volúmetría de material ni calcular el costo.

BIBLIOGRAFIA

HARPER ENRÍQUEZ. Ed. Limusa.

El ABS del Alimbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión.

HARPER ENRÍQUEZ. Ed. Limusa.

Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales.

JOHNSON DAVID. Editorial Prentice Hall.

Máquinas Eléctricas.

KARLEKAR. Ediciones Interamericana; Segunda Edición.

Transferencia de Calor.

Lingthing Fixtures Indoor / Hazardous Location / Outdoor .

Conelec Manual.

Manual del Alumbrado Westinhouse.

Editorial Dossat; Tercera Edición.

Norma Oficial Mexicana. 001-SEMP-1994.

Publicaciones Electrónicas de México, S.A. de C.V.

RESNIK ROBERT, HOLLIDAY DAVID.

Fisca. Cia. Editora Continental; Tomo 1 y Tomo 2.

TESIS PROFESIONALES

TESINAS • MEMORIAS • INFORMES
8 DE JULIO No. 13
(ENTRE PEDRO MORENO Y MORELOS)

TELS. **614-01-22**
613-61-42

GUADALAJARA, JAL.

PASAMOS TUS TESIS
EN MAQUINA IBM



copi • offset
(TIROS CORTOS AL INSTANTE)

ESTACIONAMIENTO SOLO PARA NUESTROS CLIENTES

NADIE COMPITE CON NUESTRA CALIDAD DE IMPRESION Y TIEMPO DE ENTREGA, COMPRUEBELO!

NO TENEMOS SUCURSALES