



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS."
INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

JESUS BENITEZ MARTINEZ

ASESOR:
ING. BENJAMIN CONTRERAS SANTACRUZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1999

TESIS CON
ALLA DE ORIGEN

27/759



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

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

Iluminación e Instalaciones Eléctricas, Instalaciones
Eléctricas Industriales

que presenta el pasante: Jesús Benítez Martínez

con número de cuenta: 3601089-4 para obtener el Título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

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

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 14 de Enero de 19 99

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>2</u>	<u>Ing. Ramon Osorio Galicia</u>	<u>[Firma]</u>
<u>3</u>	<u>Ing. Casildo Rodríguez Arciniega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>4</u>	<u>Ing. Benjamín Contreras Santacruz</u>	<u>[Firma]</u>

DEDICATORIA

**LOS LOGROS Y SUEÑOS SIEMPRE SE ALCANZAN CUANDO SE
TIENE EL RESPALDO DE TODOS TUS SERES QUERIDOS**

**A ELLOS DEDICO ESTE TRABAJO POR SU APOYO Y
COMPRESION**

AGRADEZCO POR SU APOYO:

A MI MADRE

A MI HIJO

A MIS HERMANOS

A LA MEMORIA DE MI PADRE

INDICE

CAPITULO I. GENERALIDADES

Introducción.	1
1) Códigos y normas.	1
2) Charolas para cables.	2
2.1) Las charolas de paso.	2
2.2) Charolas tipo escalera.	3
2.3) Charolas tipo canal.	4
3) Ductos metálicos con tapa.	4
4) Tubos conduit metálicos.	5
4.1) Tubo conduit metálico rígido (pared gruesa).	6
4.2) Tubo conduit metálico intermedio o semipesado.	6
4.3) Tubo metálico de pared delgada (rígido ligero).	7
4.4) Tubo conduit metálico flexible.	7
5) Conductores eléctricos.	7
6) Aislamiento de los conductores.	10
7) Selección del calibre de conductores para instalaciones eléctricas de baja tensión.	11
8) Número de conductores en un tubo conduit.	11
9) Circuitos alimentadores para motores eléctricos.	12
10) Calculo de conductores para el circuito alimentador.	13
Ejemplos.	13

CAPITULO II. DIAGRAMAS Y PLANOS

1) Definición de diagramas unifilares.	18
2) Objeto de un diagrama unifilar.	18
3) Contenido de un diagrama unifilar.	19
4) Interpretación de los planos.	19
SIMBOLOGIA.	21

CAPITULO III. BALANCEO DE CARGAS

Balanceo de cargas	27
--------------------	----

CAPITULO IV MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA

1) El capacitor	29
2) La inductancia	29
3) Potencia activa.	31
4) Potencia reactiva	31
5) Potencia aparente	32
6) Definición del factor de potencia	32
7) Consecuencias de un factor de potencia bajo	34
7.1) Incrementos de perdidas en las líneas de transmisión o distribución.	35
7.2) Deficiente regulación de voltaje	35
7.3) Inversión inicial alta.	36
7.4) Penalizaciones por bajo factor de potencia	36
8) Compensacion del factor de potencia	36

CAPITULO V APLICACIONES DE LOS CONTROLADORES LOGICOS

PROGRAMABLES

1) Control, definición	41
2) Automatismo, definición	41
3) Control de lógica alambrada	41
4) Control de lógica programable	42
5) Campo de utilización de los P.L.C.	43

LISTA DE INSTRUCCIONES	45
------------------------	----

DIAGRAMAS DE ESCALERA	47
-----------------------	----

APENDICE	48
----------	----

CONCLUSION..	51
--------------	----

BIBLIOGRAFIA	52
--------------	----

I. GENERALIDADES.

Introducción:

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan.

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

En el diseño de cualquier instalación eléctrica industrial, es fundamental el conocimiento de las distintas componentes que van desde planos y diagramas hasta materiales que intervienen en la misma. De hecho, en la construcción de una instalación eléctrica, se puede decir que intervienen cientos de componentes.

1) Códigos y Normas.

El diseño de instalaciones eléctricas debe hacerse dentro de un marco legal. Un buen proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente adecuada, que respeta los requerimientos de las normas y códigos aplicables.

En México las NTIE (Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas), editadas por la Dirección General de Normas, constituyen el marco legal para el proyecto y construcción de instalaciones. Estas normas son generales y no pueden cubrir todo. En ciertos tipos de instalaciones pueden establecerse especificaciones que aumenten la seguridad o la vida de los equipos y que estén por arriba de las normas.

Existen otras normas, que no son obligatorias pero que son el resultado de experiencia acumulada y que por lo tanto pueden servir de apoyo a los proyectistas en aspectos específicos no cubiertos por las NTIE:

- a) El NEC (National Electrical Code o Código Nacional Eléctrico de Estados Unidos de Norteamérica) que por ser una norma más detallada puede ser muy útil en algunas aplicaciones específicas.
- b) El LPC (Lightning Protection Code o Código de Protecciones Contra Descargas Atmosféricas de los Estados Unidos de Norteamérica), que es un capítulo de las normas de la NFPA (National Fire Protection Association). Los proyectistas mexicanos se apoyan mucho en este código debido a que las NTIE tratan el tema con muy poca profundidad.

Existen normas para la fabricación de equipo eléctrico que también deben ser consideradas por el proyectista ya que proporcionan información relativa a las características del equipo, así como los requisitos para su instalación.

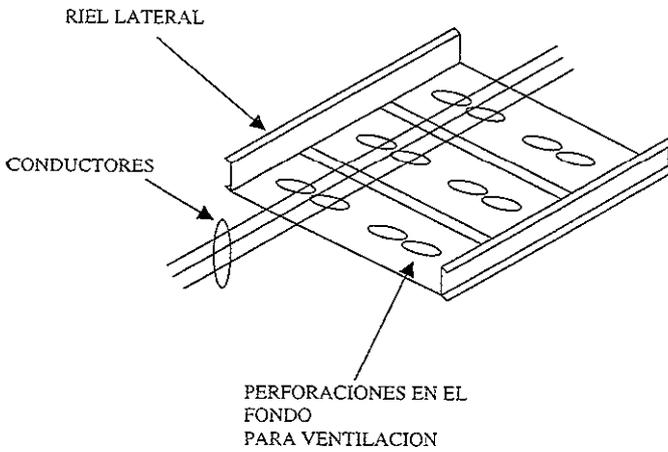
- c) En México todo el equipo eléctrico debe cumplir las normas CCONNIE (Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica).
- d) Los equipos deben cumplir con las normas nacionales, pero conviene conocer las normas del país de origen. El equipo eléctrico importado de E U A está fabricado de acuerdo con las normas NEMA (National Electrical Manufactures Association o Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico de Estados Unidos de América).

2) Charolas Para Cables.

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

2.1) Las charolas de paso.

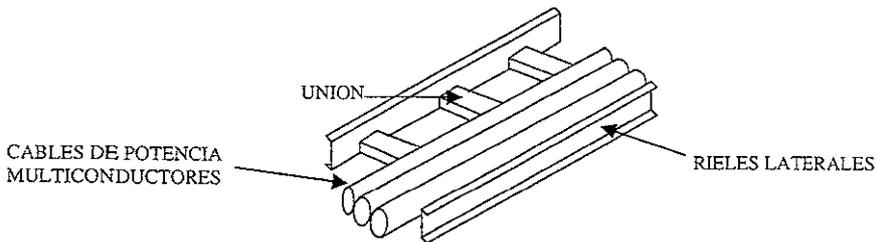
Que tienen un fondo continuo, ya sea ventilado o no ventilado y con anchos estándar, de: 15 cm, 22 cm, 30 cm, y 60 cm este tipo se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un soporte completo. En la figura siguiente se muestra este tipo.



2.2) Charoías tipo escalera.

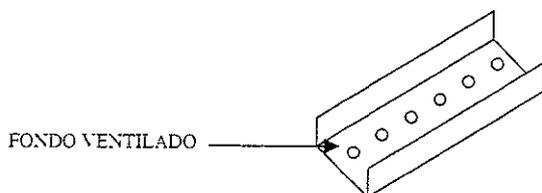
Estas son de construcción muy sencilla, consisten en dos rieles laterales unidos o conectados por "barros" individuales. Por lo general, se usan como soporte de los cables de potencia.

Se fabrican en anchos estándar, de: 15 cm, 22 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm, y 75 cm. Se fabrican ya sea de acero o de aluminio.



2.3) Charola tipo canal.

Están constituidas de una sección de canal ventilada. Se usan por lo general para soportar cables de potencia sencillos, múltiples o bien varios cables de control (multiconductores), se fabrican de acero o aluminio con anchos estándar, de: 7.5 cm, o 10 cm.



3) Ductos Metálicos con Tapa.

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

Se usan como canalizaciones visibles en lugares secos, cuando se instalan a la intemperie, se deben especificar aprueba de agua.

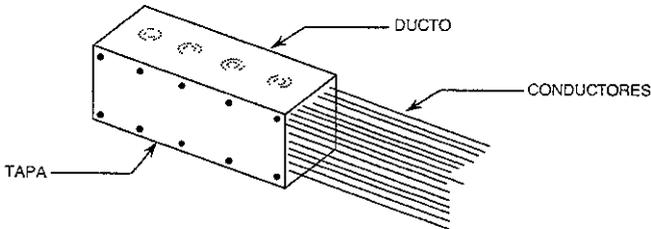
Estos ductos, no se deben aplicar en los casos siguientes:

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

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

señalización, como los usados en: estaciones de botones, lámparas de señalización y los de puesta a tierra, no se consideran como portadores de corriente

Debido a problemas mecánicos, los ductos metálicos, se diseñan de acuerdo al peso máximo de los conductores que puedan contener, por lo que no deben instalarse conductores de un calibre mayor al calibre para el cual se ha diseñado el ducto.



4) Tubos Conduit Metálicos.

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

En los ambientes corrosivos adicionalmente, se debe tener cuidado de proteger los tubos con pintura anticorrosiva, ya que la presentación normal de estos tubos, es galvanizada. Los tipos más usados son:

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

4.1) Tubo conduit metálico rígido (pared gruesa).

Este tipo de tubo conduit se suministra en tramos de 3.05 m (10 pies) de longitud en acero o aluminio y se encuentra disponible en diámetros desde ½ pulgada (13 mm), hasta 6 plg (152.4mm), cada extremo de tubo se proporciona con rosca y uno de ellos tiene un cople. El tubo metálico, de acero normalmente, es galvanizado y además, como se indicó antes, tiene un recubrimiento espacial cuando se usa en áreas corrosivas.

El tubo conduit rígido puede quedar embebido en las construcciones de concreto (muros o losas), o bien puede ir montado superficialmente con soportes especiales.

Algunas recomendaciones generales para su aplicación, son las siguientes:

- El número de dobleces en la trayectoria total de un conduit, no debe exceder a 360°.
- Siempre que sea posible, y para evitar el efecto de la acción galvánica: las cajas y conectores usados con los tubos metálicos, deben ser del mismo material.
- Los tubos se deben soportar cada 3.05 m (10 pies) y dentro de 90 cm (3 pies) entre cada salida.

4.2) Tubo conduit metálico intermedio o semipesado.

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

4.3) Tubo metálico de pared delgada (rígido ligero).

Estos tubos son similares a los de pared gruesa, pero tienen su pared interna mucho más delgada, se fabrican en diámetros hasta de 4 plg (102 mm), se puede usar en instalaciones visibles u ocultas, embebido en concreto o embutido en mampostería, pero en lugares secos no expuestos a humedad o ambientes corrosivos.

Estos tubos NO TIENEN sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos rígidos de pared gruesa. de hecho usan sus propios conectores tipo atornillado.

4.4) Tubo conduit metálico flexible.

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

5) Conductores Eléctricos.

En general la palabra "conductor" se usa con un sentido distinto al de alambre, ya que por lo general un alambre es de sección circular, mientras que un conductor puede tener otras formas (por ejemplo barras rectangulares o circulares), sin embargo, es común que a los alambres se les designe como conductores, por lo que en caso de mencionar algún conductor de forma o características distintas a los alambres, se designará específicamente con el nombre que se le conozca.

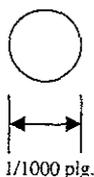
La mayor parte de los conductores usados en las instalaciones eléctricas son de cobre (Cu) o aluminio (Al) debido a su buena conductividad y que comercialmente no tiene un costo alto ya que hay otros que tienen un costo elevado que hacen antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas. aun cuando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

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

Como se menciono antes. para instalaciones eléctricas se fabrican de sección circular de material sólido o como cables dependiendo la cantidad de corriente por conducir y su utilización. aunque en algunos casos se fabrican en secciones rectangulares o tubulares para altas corrientes.

Desde el punto de vista de las normas. los conductores se han identificado por un número, que corresponden a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que normalmente se sigue el sistema americano de designación AWG (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 y 20 que es el más delgado usado en instalaciones eléctricas. Para conductores con una área mayor del designado como 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 CM. Y así sucesivamente.

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



La relación entre el Circular Mil y el área en mm^2 para un conductor se obtiene como sigue:

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

$$1/1000 \text{ plg} = 0.0254 \text{ mm}$$

Siendo el Circular Mil una área:

$$\begin{aligned} 1 \text{ CM} &= D^2 / 4 = (3.1416 \times (0.0254)^2) / 4 \\ &= 5.064506 \times 10^{-4} \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

De donde:

$$1 \text{ mm}^2 = 10^4 / 5.064506 = 1974 \text{ CM}$$

O en forma aproximada:

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ CM}$$

6) Aislamiento de los Conductores

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

El aislamiento de los cables se designa, como,

A = Aislamiento de asbesto

MI = Aislamiento mineral

R = Aislamiento de hule

SA = Aislamiento de silicio - asbesto.

T = Aislamiento termoplástico

V = Aislamiento de cambay barnizado.

X = Aislamiento de polimero sintético barnizado

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

H = Resistente al calor hasta 75°C

HH = Resistente al calor hasta 90°C

Si no hay designación, significa 60°C

W = Resistente a la humedad

UF = Para uso subterráneo

7) Selección del Calibre de Conductores para Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión.

Los conductores usados en instalaciones eléctricas deben cumplir con ciertos requisitos para su aplicación, como son:

- 1.- Límite de tensión de aplicación, en el caso de las instalaciones residenciales es: 1000 V.
- 2.- Capacidad de conducción de corriente (ampicidad), que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado y que está afectada principalmente por los siguientes factores:
 - a) Temperatura.
 - b) Capacidad de disipación del calor producido por las pérdidas en función del medio en que se encuentre el conductor, es decir, aire o tubo conduit.
- 3.- Máxima caída de voltaje permisible de acuerdo con el calibre del conductor y la corriente que conducirá, se debe respetar la máxima caída de voltaje permisible recomendada por el reglamento de obras e instalaciones eléctricas, que es el 3% del punto de alimentación al punto más distante de la instalación. Es decir 3% para el circuito alimentador o principal y 3% para el circuito derivado, sin que los dos circuitos juntos sobrepasen el 5%.

8) Número de Conductores en un Tubo Conduit.

Normalmente los conductores en las instalaciones eléctricas se encuentran alojadas ya sea en tubos conduit o en otros tipos de canalizaciones, los conductores están limitados en su capacidad de conducción de corriente por el calentamiento, debido a las limitaciones que se tienen en la disipación de calor ya que el aislamiento mismo presenta también limitaciones del tipo térmico.

Debido a estas restricciones térmicas, el número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de manera tal que permita un arreglo físico de conductores, de acuerdo a la sección del tubo conduit o de la canalización, facilitando su alojamiento de aire necesaria para disipar el

calor. Se debe establecer la relación adecuada entre la sección del tubo y la de los conductores, para esto se puede proceder en la forma siguiente:

Si A es el área interior del tubo en mm^2 o plg^2 y A_c el área total de los conductores, el factor de relleno es:

$$F = A_c/A$$

Este factor tiene los siguientes valores establecidos para instalaciones en tubos conduit:

$$F = \begin{cases} 53\% & \text{Para conductor.} \\ 31\% & \text{Para dos conductores.} \\ 43\% & \text{Para tres conductores.} \\ 40\% & \text{Para cuatro o más conductores.} \end{cases}$$

Este factor tiene su mayor utilidad en instalaciones de conductores de distinta sección o denominación en un mismo tubo conduit, en donde se podría incurrir en algún error al no considerar el espacio necesario para la disipación de calor dentro del tubo. Cuando se trata de conductores de la misma sección o calibre, el espacio requerido generalmente está implícito.

9) Circuitos Alimentadores Para Motores Eléctricos.

Los conductores que alimentan a los motores deben tener su capacidad nominal en amperes para alimentar la corriente a plena carga del motor, están sometidos a las altas corrientes de arranque (de 4 a 6 veces la nominal) y también a las corrientes de los ciclos continuos de operación.

Cuando se alimenta a un solo motor los conductores se dimensionan tomando el 125% de la corriente nominal. Sin dejar de considerar que se debe tener un sistema de arranque adecuado para no dañar los alimentadores por picos de arranque.

$$I = 1.25I_N$$

10) Calculo de Conductores Para el Circuito Alimentador.

Cuando se trata de alimentar más de un motor, las NTI establecen que el calibre del conductor alimentador para dos o más motores, se calculen para el siguiente valor de corriente:

$$I = 1.25 \times I (\text{Motor Mayor}) + \text{Suma } (I \text{ de Otros Motores})$$

Donde: I = Corriente a plena carga de cada motor.

Ejemplos:

- 1) Que tamaño de ducto se requiere para alojar: seis conductores tipo THW del No. 2/0 AWG, ocho conductores THW del No. 6 AWG y veintidós conductores vinanel 900 del No. 12 AWG.

Todos los conductores son de cobre.

El área total que ocupan los conductores de acuerdo a los datos de la tabla 1.

Tipo de Aislamiento	Número y Calibre Del Conductor AWG	Area por Conductor (cm ²)	Area Total (cm ²)
THW	6 No. 2/0	1.69	10.140
THW	8 No. 6	0.49	3.92
Vinanel 900	22 No. 12	0.079	1.74
			Total 15.8cm ²

El procedimiento que se puede aplicar, es el de obtener un multiplicador de 100 dividido por 20% de relleno que es igual a 5, es decir:

$$5 \times 15.8 = 79 \text{ cm}^2$$

Esto corresponde a una sección de ducto de $10,000 \text{ mm}^2$ (100 cm^2), es decir un ducto cuadrado de $10 \times 10 \text{ cm}$.

2) Calcula el tamaño del tubo conduit necesario para contener a los siguientes conductores tipo Vinanel 900, 2 No. 10, 4 No. 8, y 3 No. 6.

Cuando se trata de varios conductores, se debe hacer uso del concepto de factor de relleno, para lo cual, es necesario conocer el área de cada conductor. para calcular el área total de los mismos. Para esto se hace uso de la tabla 2 y se procede como sigue:

Cantidad de Conductores	Calibre AWG	Area por Conductor (mm^2)	Area Total
2	10	5.2610	10.522
3	8	8.3670	33.468
4	6	13.3030	39.909
Total de conductores = 7			Total = 83.899

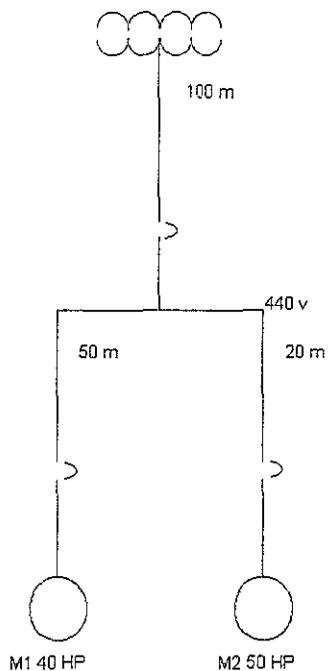
Para 7 conductores el factor de relleno, es para más de 3 conductores = 40%

El área del tubo conduit necesaria es:

$$A = A_c/F = 83.899/0.40 = 209.7475 \text{ mm}^2$$

El tamaño del tubo conduit requerido, consultando la tabla 3 de dimensiones de tubo conduit es de 19 mm de diámetro (¾ plg).

3) Calcular el calibre del conductor del circuito alimentador y de los circuitos derivados de los siguientes motores.



Para M_1 por corriente:

$$I = (746 \times 40) / (\sqrt{3} \times 440 \text{ V} \times 0.9) = 43.50 \text{ A}$$

$$I = 43.50 \times 1.25 = 54.38 \text{ A}$$

De tablas para 75°C THW en tubería se tiene un conductor del No. 6.

Por caída de tensión:

$$S = (2 \times \sqrt{3} \times L \times I) / (V_L \times \%e)$$

S = Sección transversal.

V_L = Voltaje de línea.

$\%e$ = Caída de tensión permitida.

L = Longitud del conductor.

$$S = (2 \times \sqrt{3} \times 50 \times 43.50) / (440 \times 2) = 8.56 \text{ mm}^2$$

De tablas el conductor es del No. 6.

Por lo que se escoge del No. 6.

Para M_2 :

$$I = (746 \times 50) / (\sqrt{3} \times 440 \times 0.9) = 54.38 \text{ A}$$

$$I = (54.38 \times 1.25) = 67.97 \text{ A}$$

De tablas para 75°C THW en tubería se tiene un conductor del No. 4.

Por caída de tensión:

$$S = (2 \times \sqrt{3} \times 20 \times 54.38) / (440 \times 2) = 4.28 \text{mm}^2.$$

De tablas el conductor es del No. 10.

Por lo tanto se escoge el calibre mayor, en este caso es del No. 4.

Para el alimentador:

$$I = 1.25 \times (I_{\text{MOTOR MAYOR}}) + (I_{\text{DE LOS DEMAS MOTORES}})$$

$$I = (1.25 \times 54.38) + (43.50) = 111.47 \text{ A}$$

De tablas para 75°C THW en tubería el conductor es del No. 2.

Por caída de tensión:

$$S = (2 \times \sqrt{3} \times 100 \times 111.47) / (440 \times 3) = 29.25 \text{ mm}^2$$

De tabla el calibre es del No. 2.

Por lo que se escoge calibre No. 2.

Nota: para los ejemplos anteriores ver tablas en apendice.

II. DIAGRAMAS Y PLANOS.

1) Definición de Diagramas Unifilares.

Un sistema trifásico equilibrado se resuelve siempre como un circuito monofásico, formado por una de las tres líneas y un neutro de retorno; por ésta razón, muy rara vez, es necesario representar en el esquema del circuito, más de una fase y el neutro. Con frecuencia se hace todavía otra simplificación mayor, suprimiendo el cierre del circuito por el neutro e indicando sus partes componentes por medio de símbolos normalizados, mejor que por sus circuitos equivalentes. Los parámetros del circuito no se indican y la línea de transmisión o de distribución se representa por una sola línea entre los dos extremos.

Al diagrama resultante de esta simplificación de un sistema eléctrico se le llama diagrama unifilar. Representado por medio de una sola línea simple y de símbolos normalizados, a las líneas de transmisión, distribución y aparatos asociados de un sistema eléctrico.

2) Objeto de un Diagrama Unifilar.

El objeto de un diagrama unifilar es suministrar de manera concisa los datos más significativos e importantes de un sistema eléctrico. La importancia de las diferentes características de un sistema varían según el problema que se considere y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende de el fin para el que se desea. Por ejemplo, la colocación de los interruptores y los relevadores no tienen importancia en un estudio de cargas; por otra parte, la determinación de la estabilidad de un sistema en condiciones régimen transitorio, resultantes de una falla depende de la velocidad con la que los relevadores e interruptores del circuito aíslan la parte con falla del sistema. Por tanto, la información sobre los interruptores puede ser de importancia trascendental. Algunas veces, los diagramas unificilares incluyen información sobre los transformadores de corriente y de tensión que unen los relevadores al sistema o que estén instalados para realizar medidas por medio de instrumentos. La información contenida, pues en un diagrama unifilar, varía según el problema que se estudia y según la práctica de la compañía en particular que lo prepare.

B) Contenido de un Diagrama Unifilar.

Un diagrama unifilar debe contener las siguientes características:

A) Acometida de la compañía de luz.

B) Subestaciones.

C) Tipo, tamaño, capacidad y número de conductores.

D) Características de los transformadores (KVA, tensiones, impedancias, conexión interna, tipo de enfriamiento, método de puesta a tierra).

E) Identificación de los aparatos de protección (relevadores, fusibles, interruptores, etc.).

F) Relación de transformadores de potencia y de corriente.

G) Cargas.

H) Características de capacitores industriales (KVA capacitivos, tensión).

I) Características de los motores (caballos de potencia, tensión, número de fases).

J) Características de los arrancadores (tamaño, tensión, tipo de arrancador).

K) Tablero de fuerza y de alumbrado.

L) Centro de control de motores.

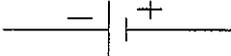
4) Interpretación de los Planos.

Los planos de una instalación eléctrica suelen constituir unos esquemas de las habitaciones de que se trate con indicación del lugar en que deben ir colocadas diversas salidas para los aparatos, enchufes y otros elementos. Como es natural, en los planos no es posible dibujar todos los enchufes, interruptores o aparatos en cada uno de los lugares en que se deban instalar, sino que se utilizan unos símbolos normalizados.

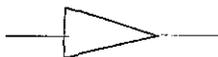
Hay determinadas normas para poder realizar un plano eléctrico, las cuales son determinadas por NITE, las normas son las siguientes:

- A) Los planos eléctricos deben ser realizados por Ingenieros Mecánicos Electricistas o Ingenieros Eléctricos.
- B) Deben tener puesta la ubicación detalladamente, así como el predio, la cédula profesional del Ingeniero responsable.
- C) Debe tener trazos firmes y claros.
- D) Los símbolos adecuados para el plano eléctrico de acuerdo a las normas antes mencionadas.
- E) Los planos deben estar en escala de 1 : 10 o 1 : 50, si es en otra escala debe de estar indicado.
- F) Debe tener los datos de el balanceo de cargas, así como el porcentaje de desbalanceo.

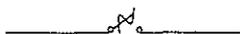
SIMBOLOGIA.

Resistencia fija	
Reactancia inductiva	
Capacitativa capacitiva Fija (condensador)	
Impedancia	
Pila	
Motores y generadores	
Motor de corriente alterna. Jaula de ardilla	M
Generador de corriente alterna	G
Motor sincrónico	M.S

Acometida



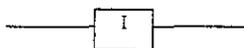
Interruptor con fusibles o cortacircuito



Cuchilla de separación



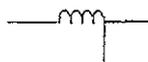
Interruptor en aceite, gas o vacío



Transformador de potencial



Transformador de corriente



Conexión a tierra



Varilla de conexión a tierra



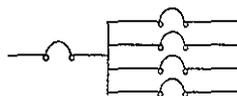
Apartarrayos



Punta de pararrayos



Tablero o centro de control de motores



Elemento térmico bimetálico



Elemento fusible



Elemento electromagnético

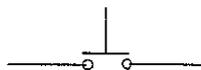


Interruptor termomagnético

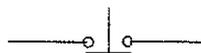


Contacto manual instantáneo, tipo botón

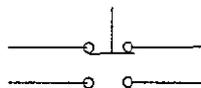
Normalmente abierto (N.A.)



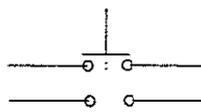
Normalmente cerrado (N.C.)



Doble (con uno N.A. y uno N.C.)

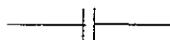


Con enlace mecánico

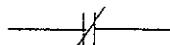


Contactos de elementos de operación
De control y de protección

Normalmente abierto

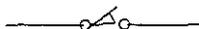


Normalmente cerrado

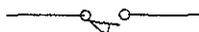


Interruptor limitador

Normalmente abierto

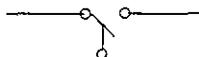


Normalmente cerrado

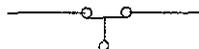


Interruptor de nivel

Normalmente abierto

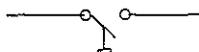


Normalmente cerrado

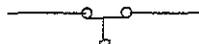


Interruptor de presión

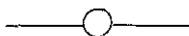
Normalmente abierto



Normalmente cerrado

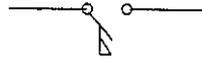


Bobina para elemento de operación
O de control

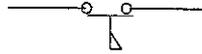


Interruptor de flujo

Normalmente abierto

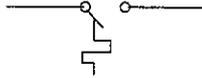


Normalmente cerrado

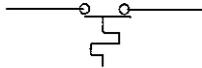


Interruptor de temperatura (termostato)

Normalmente abierto



Normalmente cerrado

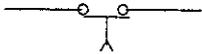


Contacto relevador de tiempo
(retraso al energizar)

Normalmente abierto

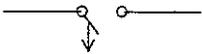


Normalmente cerrado

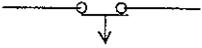


Contacto relevador de tiempo
(retraso al desenergizar)

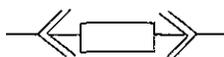
Normalmente abierto



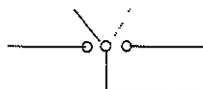
Normalmente cerrado



Elemento enchufable



Interruptor de transferencia



Estación de botones

Una unidad de control



Dos unidades de control



III. BALANCEO DE CARGAS.

En la actualidad la generación y transmisión de la energía eléctrica se hace en tres fases. Esto se debe a las ventajas económicas que un sistema trifásico tiene frente a uno monofásico. De esta manera se generan tres voltajes de la misma magnitud defasados 120° en el tiempo, lo que constituye un sistema equilibrado.

Las cargas trifásicas producen corrientes de la misma magnitud en las tres fases. Este no es el caso de las cargas monofásicas que pueden producir desequilibrios entre las corrientes que circulan por las líneas. Estas cargas que desequilibran el sistema pueden provocar que los voltajes ya no sean iguales en magnitud, y que los ángulos entre ellos cambien. Aeste fenómeno se le conoce como desbalanceo de voltaje.

Un sistema desbalanceado puede ser causa de sobrecalentamiento en los generadores y crear problemas en los equipos de los consumidores. Por esta razón las compañías responsables del suministro limitan a los consumidores para que eviten que el desbalanceo de sus cargas vaya más allá de un 5%.

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

DIAGRAMA	Circ. No.	H. T. LINE	M. S. (M. S. 0/04)	220 V 300 W	127 V 1700 W	FASES			TOTAL WATTS	
						A	B	C		
	H-1	2 X 30	1-3	7		1750	1750		3500	
	H-2	2 X 30	2-4	6		1500	1500		3000	
	H-3	2 X 30	5-7	7		1750		1750	3500	
	H-4	2 X 30	6-8	6		1500		1500	3000	
	H-5	2 X 30	9-11	6			1500	1500	3000	
	H-6	2 X 30	10-12	6			1500	1500	3000	
	H-7	2 X 30	13-15	6		1500	1500		3000	
	H-8	2 X 30	18-20	6		1500	1500		3000	
	H-9	2 X 30	21-23	6			1500	1500	3000	
	H-10	1 X 30	25	2	2	3400			3400	
	H-11	1 X 30	28	2	2		3400		3400	
	H-12	1 X 30	29	2	2			3400	3400	
TOTALS				54	6	12900	12850	12850	12850	38700

IV. MEJORAMIENTO DE FACTOR DE POTENCIA.

1) El Capacitor.

Se le denomina capacitor o condensador al elemento capaz de almacenar carga eléctrica.

El comportamiento característico de este elemento se ilustra en la figura 4.1. En ella se aprecia que al conectarle una pila a la corriente sube casi instantáneamente hasta cierto valor pico, de donde desciende exponencialmente hasta cero (quedando cargado eléctricamente). Si se logra un arreglo (resistencia ajustable) que permita una disminución paulatina del voltaje de la pila, la corriente empezará a fluir en sentido contrario y llegará a un valor negativo máximo cuando el voltaje sea cero. Si un instante después se aumenta el voltaje en sentido contrario al anterior, la corriente empieza a regresar nuevamente a cero. Es decir, la corriente siempre va un paso adelante del voltaje, en otras palabras, en el capacitor la corriente antecede al voltaje.

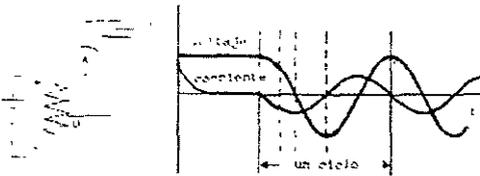


FIG. 4.1. EFECTO DE LA CAPACITANCIA EN EL VOLTAJE Y LA CORRIENTE

El voltaje que se establece en las terminales del condensador es precisamente función de la cantidad de carga eléctrica que se almacena.

2) La Inductancia.

En una inductancia la energía se almacena en forma de campo magnético. En este caso, si se aplica el voltaje de una pila a un elemento inductivo la corriente crece exponencialmente. Esta

corriente establece un campo en el núcleo del inductor que se opone a los cambios súbitos. Este fenómeno provoca un retraso en el flujo de la corriente a través de la bobina. Si al igual que en el caso anterior se tiene un arreglo de forma que se pueda disminuir el voltaje de la pila, se observa que la corriente también disminuye. Sin embargo en el momento en que el voltaje llega a cero, el campo magnético del inductor se opone a que la corriente sea cero e induce un voltaje que provoca que siga fluyendo.

En la figura 4.2 se ilustra este fenómeno. En ella se aprecia cómo los cambios de corriente van atrasados con respecto a los cambios de voltaje, por lo que se puede decir que en una inductancia el voltaje antecede a la corriente.

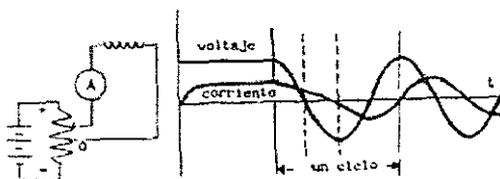


FIG. 4.2. EFECTO DE LA INDUCTANCIA EN EL VOLTAJE Y LA CORRIENTE

Si se considera una capacitancia o una inductancia ideal conectada a una fuente de voltaje alterno senoidal), el defasamiento de la corriente con respecto al voltaje será de 90° adelantado para el caso de la capacitancia, y 90° atrasado para el de la inductancia.

De esta forma la corriente y el voltaje, en un circuito cualquiera, puede tener un defasamiento eléctrico entre cero y 90° con la corriente antecediendo al voltaje, o viceversa.

3) Potencia Activa.

Si se hace circular una corriente directa de valor constante a través de una resistencia (R), la energía eléctrica se transforma en energía térmica.

De acuerdo con la ley de Joule, la energía calorífica es igual a la potencia por unidad de tiempo "t". Se tiene:

$$\text{Energía calorífica} = R \times I^2 \times t = P \times t \quad (1)$$

A esta potencia "P", que interviene en el proceso de conversión de energía eléctrica a otra forma de energía (por ejemplo: calor o trabajo), se le conoce como potencia activa.

4) Potencia Reactiva.

En el caso de circuito con un elemento puramente capacitivo o inductivo, la energía no cambia de forma, sólo se almacena. En otras palabras, la fuente entrega energía al elemento capacitivo o inductivo, el cual la almacena y a su vez la entrega cuando la fuente se desenergiza. Si el circuito está conectado a una fuente de corriente alterna, la energía pasa de la fuente al capacitor (o inductor) en el primer cuarto de ciclo y regresa a la fuente en el siguiente.

A esta energía asociada a un capacitor ideal o a un inductor ideal se le conoce con el nombre de reactiva. De la misma manera se le llama potencia reactiva "Q" a la potencia capacitiva o inductiva que multiplicada por la unidad de tiempo produce este tipo de energía. Se le llama capacitiva cuando la corriente antecede al voltaje, e inductiva cuando el voltaje antecede a la corriente. Para ambos casos (con elementos ideales) existe un defasamiento de 90° con respecto a la potencia activa.

5) Potencia Aparente.

Las instalaciones eléctricas son una combinación de elementos resistivos, inductivos y capacitivos, por lo que la potencia que se requiere tiene una componente activa y una reactiva. La suma vectorial de estas dos componentes se conoce con el nombre de potencia aparente "S".

Esta potencia es la que se utiliza para calcular las secciones de los conductores y los demás elementos de la instalación.

6) Definición del Factor de Potencia.

En las instalaciones eléctricas normalmente se encuentran dispositivos que transforman la energía en calor o en trabajo junto con elementos inductivos y capacitivos que no desarrollan trabajo. Entonces prácticamente siempre existe un ángulo entre el voltaje y la corriente que se conoce como ángulo de fase. Es importante hacer notar que este ángulo está medido en el tiempo y no en el espacio.

"El factor de potencia es el cociente de la relación del total de watts entre el total de volt - amperes, es decir, la relación de la potencia activa entre la potencia aparente.

Cuando la corriente y el voltaje son funciones senoidales y θ es el ángulo de defasamiento entre ellos, el coseno de θ es el factor de potencia (f.p.)". Entonces el f.p. depende del defasamiento entre el voltaje y la corriente, que a su vez depende de la carga conectada al circuito.

Por lo tanto, el f.p. es el factor que debe aplicarse a la potencia aparente para conocer la cantidad de ésta que se está utilizando para producir trabajo y/o calor. De esta forma, la potencia activa es igual al producto de los valores efectivos (RMS o cuadrático) del voltaje "V" y la corriente "I" por el coseno del ángulo de defasamiento entre ellos:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta \quad (2)$$

Donde: ϕ = ángulo de fase entre el voltaje y la corriente.

En la figura 4.3 se muestra el diagrama vectorial donde aparece la potencia aparente "S" con sus componentes: la potencia activa "P" y la potencia reactiva "Q".

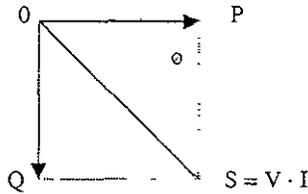


Figura 4.3. Diagrama vectorial de potencias.

De la figura se desprende que:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3)$$

Entonces el f.p. será:

$$\text{f.p.} = \cos\phi = P/S = P / \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (4)$$

La carga de una instalación está constituida principalmente por equipos eléctricos (motores y transformadores) fabricados a base de bobinas (inductancias). Por esta razón es normal encontrar que predomine la carga inductiva sobre la capacitiva, es decir, generalmente la corriente está atrasada con respecto al voltaje, por lo que es más común oír hablar del f.p. atrasado.

Se define como positiva a la potencia reactiva generada por las centrales eléctricas o por bancos de capacitores.

7) Consecuencias de un Factor de Potencia Bajo.

Para entender las consecuencias del f.p. bajo conviene considerar que la corriente que circula en los conductores puede descomponerse matemáticamente (no físicamente) en dos componentes: una que coincide con la potencia activa y otra con la potencia reactiva.

Es decir:

$$I = \sqrt{(I_a)^2 + (I_r)^2} \quad (5)$$

$$\text{f.p.} = \cos\phi = I_a/I_r \quad (6)$$

Donde:

I_a = componente activa en fase con el voltaje.

I_r = componente reactiva atrasada 90 grados con respecto al voltaje.

El f.p. disminuye o aumenta de acuerdo con la función coseno del ángulo de fase. Si se tiene una carga donde el defasamiento de la corriente (atrasada) con respecto al voltaje es muy cercano a 90°, el f.p. será muy cercano a cero y la componente reactiva de la corriente será muy grande comparada con la componente activa.

7.1) Incremento de pérdidas en las líneas de transmisión o distribución.

Para una carga en KW (activa) dada, la corriente total que circula por las líneas de transmisión y distribución será mayor para un f.p. bajo que para otro cercano a la unidad. El f.p. bajo provoca que se incrementen notablemente las pérdidas por efecto Joule (caloríficas) en las líneas ya que crecen con el cuadrado de la corriente.

$$\text{Pérdidas} = R \cdot I^2 \quad (7)$$

7.2) Deficiente regulación de voltaje.

Considerando que una línea de transmisión (incluyendo transformadores) tiene una impedancia "Z", la caída de voltaje a lo largo de la línea será igual al producto de la impedancia por la corriente:

$$\Delta v = Z \cdot I = V_0 - V_n \quad (8)$$

Donde:

V_0 = volts al principio de la línea

V_n = volts nominales que recibe el usuario

La regulación de voltaje se define en % como:

$$\% \text{ de R} = ((V_0 - V_n) / V_n) \times 100 \quad (9)$$

De esta manera para una misma impedancia la regulación de voltaje será más deficiente entre mayor sea la corriente total. Es decir, para una misma cantidad de Kilo Watts la regulación de voltaje tendrá un mayor rango de fluctuación entre menor sea el f.p..

Entonces un f.p. bajo tiene como consecuencia una deficiente regulación del voltaje.

7.3) Inversión inicial alta.

Los equipos que componen un sistema eléctrico de potencia están generalmente diseñados para suministrar su capacidad concierto f.p. . Entonces cuando el f.p. es menor al diseño se requiere de mayor potencia apárente (KVA's) para suministrar la componente reactiva y debido a la capacidad de corriente que tiene los equipos, se hace necesario reducir (en proporción directa) la cantidad de Kilowatts generados y transmitidos.

El disminuir el f.p. de diseño representa un aumento de la sección de cobre para permitir la circulación de una corriente mayor, por lo tanto el costo por Kilowatt de un generador es más alto mientras más bajo sea su f.p. nominal.

Esta situación se presenta igualmente en el resto de los equipos que constituyen una red eléctrica. Entonces la inversión inicial de una red crece conforme su f.p. de diseño disminuye.

7.4) Penalizaciones por bajo factor de potencia.

Debido a las razones expuestas en los incisos anteriores, todas las compañías de suministro eléctrico establecen un f.p. límite (ligeramente por encima del diseño de la red) y penalizan económicamente a los usuarios cuya carga tenga un f.p. menor.

8) Compensación del Factor de Potencia.

Las instalaciones eléctricas industriales cuya carga está compuesta principalmente por motores de inducción tienen un f.p. atrasado. Por esta razón resulta necesario compensar la carga inductiva con carga capacitiva.

La solución que normalmente resulta más económica y sencilla es la colocación de bancos de capacitores que proporcionen los KVA's reactivas necesarios para que el f.p. esté por arriba de lo estipulado en el contrato de suministro. De hecho las mismas compañías suministradoras utilizan éste sistema para compensar el f.p. de su red transmisión y distribución.

El f.p. también puede ser compensado utilizando motores síncronos en lugar de motores de inducción. pero una vez definidos los KVAR (reactivos) necesarios, el problema requiere más bien de un análisis económico que técnico.

La cantidad de KVAR necesarias para mejorar el f.p. se obtienen a partir de la potencia reactiva requerida por los equipos que constituyen la instalación. En muchas ocasiones esto se hace con la medición del primer mes de operación de los equipos. Considérese que las condiciones iniciales son:

$$S_1 = P/\cos\phi_1 \quad ; \quad Q_1 = \sqrt{(S_1)^2 + P^2} \quad (10)$$

Y las condiciones de operación que se desean son:

$$S_2 = P/\cos\phi_2 \quad ; \quad Q_2 = \sqrt{(S_2)^2 + P^2} \quad (11)$$

Entonces resulta que el banco de capacitores a instalar deberá suministrar una potencia reactiva trifásica:

$$Q = \sqrt{3} V \cdot I = Q_1 - Q_2 \quad (12)$$

Donde:

V = voltaje nominal aplicado al banco de capacitores.

I = corriente que debe circular por el banco.

De esta manera quedan definidas las especificaciones eléctricas del banco de capacitores.

Ejemplo.

Un sistema de 10 000 KVA trabaja con un f.p. = 0.65 y el costo del capacitor sincrónico para mejorar el f.p. es 60 dólares/KVA. Calcular el costo de elevar el f.p. hasta

-) Uno.
-) 0.90 en retraso.

solución:

-) En la carga original

$$KW = KVA \cos \phi = (10\,000 \text{ KVA}) \times (0.65) = 6500 \text{ KW}$$

$$\cos \phi_2 = 0.65$$

$$\phi_2 = 49.45^\circ$$

$$kvar = (\text{seno}) KVA = (10\,000 \text{ KVA}) (\text{sen } 49.45) = 7598.38 \text{ KVAR}$$

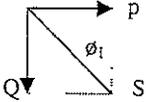
para f.p. = 1

$$KVA \text{ del capacitor sincrónico} = 7598.38 \text{ KVA}$$

$$\text{Costo del capacitor sincrónico} = (7599 \text{ KVA}) (60 \text{ dólares/KVA}) = 455940 \text{ dólares.}$$

b) Para f.p. = 0.90 = $\cos\phi_1$; $\phi_1 = 25.84^\circ$; la potencia total 6500 KW. permanece igual. Por lo

tanto, KVA del sistema final se reduce a:



$$\cos\phi_1 = P/S \quad ; \quad KVA = P / \cos\phi_1 = 6500 / 0.90 = 7222.22 \text{ KVA}$$

KVAR del sistema final se reduce a:

$$KVAR = (7222.22 \text{ KVA}) (\text{sen } 25.84^\circ) = 3147.87 \text{ KVAR}$$

Por lo tanto:

$$KVAR \text{ de corrección agregado} = (7598.38 - 3147.87) = 4450.51 \text{ KVAR}$$

$$KVA \text{ del capacitor síncrono} = (4451)(60) = 267060 \text{ dólares.}$$

V. APLICACIONES DE LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

Con la finalidad de mantenerse dentro de la competitividad, la industria y el comercio deberán de automatizar sus procesos técnicos o adoptar los requerimientos a los grados de automatización técnica actuales.

La actual tecnología de automatización presenta las siguientes tendencias:

- a.- Creación de sistemas automáticos (los que operan sin intervención personal continua).
- b.- Flexibilidad dentro de la propia automatización (respuesta a los cambios y/o demandas del mercado).
- c.- Registro de todos los datos importantes de producción para la optimización de la productividad de las maquinas.
- d.- Monitoreo individual y efectivo de las operaciones de producción.
- e.- Ligación de los sistemas de producción autónomos.
- f.- Centralización y monitoreo de todos los sistemas de producción autonomos (para el registro de datos y control de los mismos sistemas, mediante una computadora central).

La evolución de los sistemas de control por medios electrónicos de estado sólido, adicionado a las tecnologías eléctrica y neumática controladas por computadoras de control universal y programables (P.L.C.), han permitido cumplir con las exigencias anteriores pues satisfacen todos los requerimientos de control.

Cumplir con la aplicación de estas tendencias tecnológicas exige que el usuario recapacite en varios aspectos:

- La instalación, y su planeación, deberán realizarse en términos de dispositivos de control (hardware) utilizables en cualquier lugar.
- La programación (software) de los dispositivos de control.
- Conocimientos para la solución técnica de una tarea de automatización específica.
- Versatilidad de la aplicación del programa (software).

- Resolver tareas complejas de manera independiente, asegurando una respuesta rápida a las demandas del mercado.

El personal calificado capaz de realizar efectivamente con todo lo mencionado anteriormente, se hace de vital importancia para la empresa.

1) Control, Definición.

Un sistema de control es aquel en el cual se observa constantemente el cumplimiento de los parámetros establecidos para obtención de un producto final, durante y al término del proceso.

Eléctricamente se controlan parámetros de tiempos y movimientos durante el proceso de producción, tales como, arranques, paros, desplazamientos, temperaturas, conteos, tiempos de trabajo, iluminación etc. Con o sin la intervención del hombre.

2) Automatismo, Definición.

Los sistemas automáticos son aquellos en los cuales la intervención del hombre es muy reducida o casi nula. Es decir, son controles que actúan por sí mismos, verificando los parámetros establecidos, y ejecutando las operaciones necesarias.

3) Control de Lógica Alambrada.

Los elementos clásicos del procesamiento de los datos, en un tablero de control, han sido los relevadores de control, que para su funcionamiento, son conectados entre sí con cables o alambres.

La vibración de las máquinas provoca aflojamiento en los bornes de conexiones, y en los contactos un deslizamiento, causando falso – contacto en ambos, y consecuentemente fallas en el sistema de control.

La cantidad de contactos disponibles en los dispositivos de control (reeles), para un proceso pequeño resultan insuficientes, por lo que se deben de utilizar gran cantidad de ellos para cumplir con las exigencias del mismo.

Puesto que este tipo de control no es versátil para otras exigencias de producción, en caso de necesitar de otro proceso deberán de realizarse cambios en las conexiones entre los dispositivos. Este cambio que inicia con el análisis del control existente, pasa por las propuestas de solución, y que culmina con la prueba, ajustes y aprobación del nuevo control, exige una inversión muy grande de tiempo, en horas – hombre, y consecuentemente económica.

4) Control de Lógica Programable.

Los equipos que permiten una programación del control para cualquier proceso, no contienen interconexiones entre reeles, porque estos no existen físicamente dentro del equipo, sino que son conceptos lógicos, por lo que las fallas en control se reducen a problemas en los dispositivos de mando (sensores) y los dispositivos actuadores (arrancadores, válvulas, etc.).

Actualmente existe el controlador Lógico Programable (P.L.C.) que puede cumplir con las más grandes exigencias del control, por sofisticado que sea.

Se trata de un equipo electrónico que básicamente utiliza un micro procesador que procesa las señales enviadas por los sensores y recibidas en la entrada, y envía las ordenes de operación a los actuadores conectados en las salidas.

El número de “contactos lógicos” que se pueden utilizar en el P.L.C., prácticamente es ilimitado, pues esa cantidad esta sujeta ala capacidad de la memoria del controlador, lo cual nos permite realizar combinaciones sofisticadas, además de la utilización de temporizadores, contadores, registros de corrimiento, y otras funciones que tenga tal equipo.

Existe la posibilidad de programar el control de un proceso, grabarlo en una memoria y colocarla en el controlador. Si el proceso cambia, entonces se realiza el programa correspondiente, se graba

en otra memoria y se substituye ésta en el controlador. después se realizan los cambios de conexión de los mandos y actuadores. Esto requiere de invertir mucho menos tiempo, menos horas – hombre y menos economía para el cambio.

5) Campo de Utilización de los P.L.C..

Por las razones que acaban de exponerse, los P.L.C. se utilizan en la mayoría de sectores industriales.

- Metalurgia y siderurgia. Los imperativos de seguridad son aquí fundamentales. También citaremos las aplicaciones de manutención en fabricas de coque, cargamento de altos hornos, y automatización en fundición. Se encuentran igualmente P.L.C. para la solución de problemas de análisis de gas, del control de calidad y de colada continua.
- Mecánica y automóvil. Este es un sector en el cual el P.L.C. tiene una gran aplicación: se encuentra en las líneas de fabricación y montaje, en los bancos de ensayos de motores y en muy diversas máquinas: prensas, tornos automáticos, rectificadoras, máquinas transferidoras, máquinas de soldar.

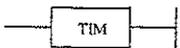
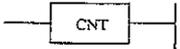
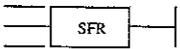
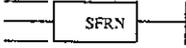
Ciertos estudios descubrieron que en 1986, el 50% de los mandos numéricos de máquinas – herramientas estaban pilotados por P.L.C.. Actualmente son el 95% y no el 50%: los ciclos son cada vez más rápidos, la tecnología cableada envejece prematuramente y se a convertido en inadecuada para este uso.

- Industrias químicas. Las aplicaciones potenciales en ellas son numerosas; actualmente los P.L.C. se utilizan en el pilotaje de unidades de producción, dosificación y mezcla de productos, y depuración de los efluentes.
Se encuentran igualmente en unidades de transformación de plásticos, o en ciertas máquinas de la industria del caucho.
- Industrias petrolíferas. Además de aplicaciones análogas a las del sector precedente, los P.L.C. pueden estar presentes en las estaciones de bombeo, en el mando y vigilancia de los oleoductos, o asignados a los parques de cargamento y a la distribución de gas y de líquidos.
- Industrias agrícolas y alimentos. Aquí se encuentran los P.L.C. principalmente en las

Estaciones de mezclas en las líneas de productos y materiales pulverulentos, de secado y de control de los productos. Una utilización importante es igualmente la de los sistemas de acondicionamiento de alimentos o de productos diversos.

- Transporte y manutención. Aquí tenemos toda una gama de procedimientos secuenciales en los cuales los P.L.C. son susceptibles de rendir valiosos servicios: triaje o selección de paquetes, correos, gestión mecanizada de parques de almacenamiento, embalajes, convoyes, paletización, ascensores, montacargas.
- Aplicaciones diversas. Sin pretensiones de exhaustividad se pueden citar otras utilizaciones de los P.L.C.. La industria textil puede tener que recurrir a ellos para las operaciones de corte automático del control de fibra, o para cadenas de manutención. Así mismo, las vidrierías o cristalerías con procedimientos secuenciales de fabricación, corte, o embalaje. Ciertos problemas de vigilancia (edificios, fábricas) y de seguridad (industria nuclear) son muy adecuadas para recibir una solución del tipo autómata. Así mismo se dispone de un mando para producción de nieve artificial en una gran estación de esquí francesa, regida y piloteada completamente por P.L.C..

LISTA DE INSTRUCCIONES

INSTRUCCION	SIMBOLO TIPO ESCALERA	FUNCION
LOD		ALMACENA UNA NUEVA DERIVACION CON UN CONTACTO TIPO N O
LOD NOT		ALMACENA UNA NUEVA DERIVACION CON UN CONTACTO TIPO N C
AND		CONTACTO EN SERIE. TIPO N O.
AND NOT		CONTACTO EN SERIE. TIPO N C
OR		CONTACTO EN PARALELO. TIPO N O
OR NOT		CONTACTO EN PARALELO. TIPO N C
AND LOD		CONEXION EN SERIE DEL RESULTADO PREVIO
OR LOD		CONEXION EN PARALELO DEL RESULTADO PREVIO
OUT		SALIDA.
TIM		TEMPORIZADOR.
CNT		CONTADOR HACIA ARRIBA O HACIA ABAJO
SFR		REGISTRO DE CORRIMIENTO HACIA ADELANTE.
SFRN		REGISTRO DE CORRIMIENTO HACIA ATRAS.

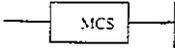
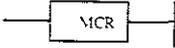
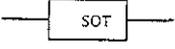
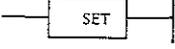
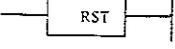
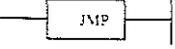
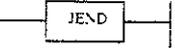
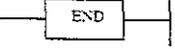
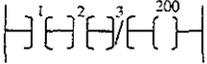
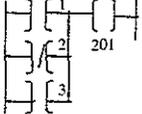
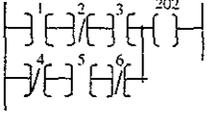
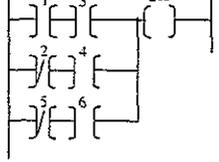
INSTRUCCION	SIMBOLO TIPO ESCALERA	FUNCION
MCS		CONTROL MAESTRO DE ARRANQUE
MCR		DESENERGIZACION DEL CONTROL MAESTRO
SOT		SALIDA MOMENTANEA DE APAGADO A ENCENDIDO
SET		ENERGIZA UNA SALIDA, REELE INTERNO, O REGISTRO DE CORRIMIENTO.
RST		DESENERGIZA UNA SALIDA, REELE INTERNO O REGITRO DE CORRIMIENTO
JMP		SALTA UN AREA DESIGNADA
JEND		FIN DEL AREA DESIGNADA POR JUMP
END		FIN DEL PROGRAMA.

DIAGRAMA DE ESCALERA	INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA
<p>CONTACTOS EN SERIE</p> 	<p>LOD 1 ----- ENTR AND 2 ----- ENTR AND NOT 3 ----- ENTR OUT 200 ----- ENTR</p>
<p>CONTACTOS EN PARALELO</p> 	<p>LOD 1 ----- ENTR OR NOT 2 ----- ENTR OR 3 ----- ENTR OUT 201 ----- ENTR</p>
<p>CONTACTOS EN PARALELO/SERIE</p> 	<p>LOD 1 ----- ENTR OR NOT 5 ----- ENTR LOD NOT 3 ----- ENTR OR 4 ----- ENTR AND SHF LOD ----- ENTR LOD 2 ----- ENTR OR NOT 6 ----- ENTR AND SHF LOD ----- ENTR OUT 202 ----- ENTR</p>
<p>CONTACTOS EN SERIE/PARALELO</p> 	<p>LOD 1 ----- ENTR AND 3 ----- ENTR LOD NOT 2 ----- ENTR AND 4 ----- ENTR OR SHF LOD ----- ENTR LOD 5 ----- ENTR AND NOT 6 ----- ENTR OR SHF LOD ----- ENTR UOT 203 ----- ENTR</p>

NOTA: ESTOS DIAGRAMAS SON PARA UN P.L.C. DE 7 SALIDAS.

APENDICE

CALIBRE AWG O MCM	SECCION TRANSVERSAL DE CONDUCTOR (mm) ²		DUCTOS DE LAMINA		
	1 VINANEL NYLON	2 NINANEL 900 TW.THW.RHW	3 DIMENSION	4 SECCION TRANSVER- SAL TOTAL (mm) ²	5 30% DE SECCION TRANSVER- SAL
14	5.90	8.30	6X6	3 600	1 080
12	7.90	10.64			
10	12.30	13.99	10X10	10 000	3 000
8	21.10	26.70	15X15	22 500	
6	34.20	49.26			
4	55.15	65.61			
2	77.00	89.42			
1/0	123.50	143.99			
2/0	147.60	169.72			
3/0	176.70	201.06			
4/0	211.20	239.98			
250	261.30	298.65			
300	302.60	343.07			
400	384.30	430.05			
500	463.00	514.72			

NOTA: DEL CALIBRE 6 EN ADELANTE SE TRATA DE CABLE.

TABLA 1.

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

CALIBRE WG CM	ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL NOMINAL			NO MAS DE TRES CABLES DE UN CONDUCTOR AISLADOS (0-2000 V) EN TUBERIA. O CABLE DE TRES CONDUCTORES O DIRECTAMENTE ENTERRADOS. TEMPERATURA AMBIENTE DE 30 °C			
	mm	75 °C	90 °C	105 °C	75 °C	90 °C	105 °C
	2.082	30	35	40	20	25	30
	3.307	35	40	48	25	30	35
	5.260	50	55	65	35	40	45
	8.367	70	80	90	50	55	60
	13.300	95	105	115	65	75	85
	21.150	125	140	115	85	95	105
	26.670	145	165	180	100	110	125
	33.620	170	190	210	115	130	145
	42.410	195	220	245	130	150	165
	53.480	230	260	290	150	170	188
	67.430	265	300	335	175	195	215
	85.010	310	350	390	200	225	245
	107.200	360	405	450	230	260	285
	126.700	405	455	505	255	290	320
	152.000	445	505	565	285	320	355
	177.300	505	570	635	310	350	388
	202.700	545	615	685	335	380	420
	253.400	620	700	780	380	430	477
	304.000	690	870	870	420	475	525
	380.000	785	885	985	475	535	590
	506.700	953	1055	1175	545	615	680

TABLA 2.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO INTERIOR (mm)	AREA INTERIOR TOTAL (mm) ²	AREA DISPONIBLE PARA CONDUCTORES (mm) ²	
m	Pulg.			40% (PARA 3 CONDUCTORES O MAS)	30% (PARA 2 CONDUCTORES)
	1/2	15.81*	196	78	59
	3/4	21.30*	356	142	107
	1	26.50*	552	221	166
	1 1/4	35.31*	979	392	294
	1 1/2	41.16*	1 331	532	399
	2	52.76*	2 186	876	656
	2 1/2	62.71**	3 088	1 235	926
	3	77.93**	4 769	1 908	1 431
	3 1/2	90.12**	6 378	2 551	1 913
2	4	102.26**	8 213	3 285	2 464

*CORRESPONDE AL TUBO METALICO TIPO LIGERO

**CORRESPONDE AL TUBO METALICO TIPO PESADO

TABLA 3.

CONCLUSION:

Las Instalaciones Eléctricas Industriales son parte fundamental en las industrias, de la precisión de cálculos en el diseño de las mismas depende en buena medida el buen funcionamiento de la instalación así como un costo menor de inversión inicial.

BIBLIOGRAFIA:

Título: Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño.

Autor: N. Bratu. E. Campero.

Editorial: Alfaomega.

Título: Elementos de Diseño de Instalaciones Eléctricas.

Autor: Gilberto Enríques Harper.

Editorial: Limusa.

Título: Maquinas Eléctricas y Transformadores. (Segunda Edición)

Autor: Irving L. Kosow.

Editorial: Prentice Hall.

Título: Autómatas Programables.

Autor: Josep Balcells. José Luis Romeral.

Editorial: Marcombo S.A.