

14  
2-27



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

SELECCION Y PROYECTO DEL SISTEMA  
DE ALIMENTACION PARA UNA  
ESTACION DE BOMBEO DE ACEITE CRUDO

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
PRESENTA

*Jesús García Tejeda*

CUAUTITLAN IZCALLI

1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## T E M A :

### "SELECCION Y PROYECTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACION PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE ACEITE CRUDO"

- CAP. 1 INTRODUCCION
- CAP. 2 CALCULO Y SELECCION DEL EQUIPO HIDRAULICO
- CAP. 3 CALCULO Y SELECCION DE MOTORES
- CAP. 4 CALCULO ELECTRICO DE LA DERIVACION DE LA LINEA
- CAP. 5 SUBESTACION
- CAP. 6 ALUMBRADO PROPIO DE LA ESTACION DE BOMBAS
- CAP. 7 COSTOS, CONCLUSIONES

## INTRODUCCION

### CAPITULO PRIMERO

CALCULO Y SELECCION DEL EQUIPO HIDRAULICO  
SELECCION DE BOMBAS  
CALCULO DE BOMBAS

### CAPITULO SEGUNDO

CALCULO Y SELECCION DE MOTORES  
SELECCION DE MOTORES  
CALCULO DE MOTORES  
TUBERIAS

### CAPITULO TERCERO

CALCULO ELECTRICO DE LA DERIVACION DE LA LINEA  
CALCULO ELECTRICO

### CAPITULO CUARTO

SUBESTACION  
DATOS CARACTERISTICOS DEL GENERADOR Y TRANSFORMADOR  
CALCULO DEL CORTO CIRCUITO  
DATOS PARA EL CALCULO DE CORTO CIRCUITO  
SELECCION DEL INTERRUPTOR  
PEDIDO DEL INTERRUPTOR  
CARACTERISTICAS DE LOS INTERRUPTORES DE ALTA TENSION  
TRANSFORMADOR  
EQUIPO DE CONTROL MOTOR DE INDUCCION  
MEDIOS Y METODOS DE ARRANQUE  
RESTAURADOR  
CUCHILLAS - FUSIBLE  
TABLERO DE CONTROL  
EQUIPO DE PROTECCION

## CAPITULO QUINTO

ALUMBRADO PROPIO DE LA ESTACION DE BOMBAS

ALUMBRADO EN LA SALA DE MOTO BOMBAS

CALCULO DE ALUMBRADO

## CAPITULO SEXTO

COSTOS, CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

Dentro de la economía de un país es de fundamental importancia para su desarrollo las industrias básicas, entre de ellas las que suministran energéticos, base de desarrollo de toda la economía.

La más importante de las industrias básicas con que cuenta nuestro país, es la del petróleo; pues el 93% de la energía que se consume es suministrada por la paraestatal conocida como Petróleos Mexicanos.

Entre los Distritos de Explotación que Petróleos Mexicanos tiene agrupados en las tres zonas administrativas del país (Sur, Centro y Norte) se encuentra el Distrito Poza Rica de la Zona Centro, -- donde se localiza nuestro objeto de estudio.

Ante el actual costo del gas natural, se justifica el creciente interés prestado por todos los países a aquellos que producen predominantemente dicho energético.

Tal interés fue la motivación principal de nuestro Gobierno en la construcción de un gasoducto para transportar el fluido desde los yacimientos productores del sureste hasta los grandes centros industriales del norte del país, de este modo podrá eventualmente colocarse a México como exportador de gas natural, contando también con un formidable argumento político en el foro internacional.

Aprovechando los conocimientos adquiridos en la Facultad de Estudios Superiores "CUAUTITLAN" y la experiencia de PETROLEOS MEXICANOS se proyectará una Estación Central de Bombeo de Aceite Crudo.

La transportación de la materia prima a los centros de refinación adquiere en los momentos actuales importancia vital, dado el desarrollo adquirido por PEMEX en sus proyectos de Explotación y Refinación. Por lo que el presente trabajo se plantea como una aportación importante para dicho desarrollo de la más importante de las industrias en nuestro país.

## CAPITULO I

### SELECCION EQUIPO HIDRAULICO

#### SELECCION DE BOMBAS

La selección de un equipo de bombas en la actualidad, representa un problema bastante complicado, en virtud de la gran variedad -- del diseño y tipos existentes de bombas que los fabricantes han -- lanzado al mercado, teniendo para cada caso particular, problemas e innumerables soluciones.

De acuerdo con la Tabla 1 de clasificación de las bombas y para -- nuestro caso en particular, hacemos notar que el tipo de bombas -- que más se adapta a nuestras condiciones es la bomba centrífuga y -- la bomba rotatoria (dependiendo de la densidad de fluido que se -- desee bombear).

#### CLASIFICACION DE BOMBAS

				Auto Cebantes
		FLUJO RADIAL	SIMPLE SUCCION	Cebadas p/Medios Externos
	CENTRIFUGAS	FLUJO MIXTO	DOBLE SUCCION	Unipaso Impulsor Abierto
BOMBAS DE PRESION DINAMICA				Multipaso Impulsor Cerrado
		FLUJO AXIAL	SIMPLE SUCCION	Unipaso Impulsor Abierto
				Multipaso Impulsor Cerrado
	PERIFERICAS	UNIPASO	AUTO CEBANTES	
		MULTIPASO	CEBADAS P/MEDIOS EXTERNOS	
	ESPECIALES	ELECTROMAGNETICAS		



	PISTON	DOBLE ACCION	Simple Vapor Doble
RECIPROCANTES	EMBOLO	SIMPLE ACCION	Simple . Doble Potencia
		DOBLE ACCION	Triple Multiple
BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	DIAFRAGMA	SIMPLE	Operada p/Fluido
		MULTIPLE	Operada Mecánicamente
ROTATORIAS	ROTOR SIMPLE	ASPAS PISTON MIEMBRO FLEXIBLE TORNILLO	
	ROTOR MULTIPLE	ENGRANES LOBULOS BALANCINES TORNILLOS	

### BOMBAS CENTRIFUGAS (Generadoras de Presión Dinámica)

Las bombas generadoras de presión dinámica, comunmente llamadas - bombas centrífugas, son unos dispositivos que tienen por objeto - elevar el nivel de agua de uno inferior a otro superior, mediante fuerza centrífuga.

Su funcionamiento es el siguiente: El líquido, entra al cuerpo de la bomba por la tubería de succión, pasa a través de los álabes - de un rodete impulsor que gira a gran velocidad el cual le comuni ca una fuerza centrífuga impulsándolo contra las paredes del cuer po de la bomba hacia la tubería de succión, teniéndose con ésto - una elevación constante. El trabajo de elevación que se necesita es comunicado al líquido mediante la fuerza centrífuga que se de-

sarrolla por medio de la rotación del rodete en el trayecto entre la entrada y la salida del líquido.

En cuanto a la presión de descarga que se pueda alcanzar con la bomba centrífuga, se puede decir que es muy variable y depende -- del diámetro del impulsor, así como de el número de revoluciones de dicho impulsor.

Por lo general, estas bombas se utilizan para manejar líquidos -- claros y que estén libres de sólidos abrasivos.

Una de las ventajas de dichas bombas es que el gasto de descarga es uniforme y por lo tanto pueden trabajar a grandes velocidades -- sin el peligro de que se presenten presiones de energía.

Sabiendo la presión a la cual se va a trabajar, se selecciona la bomba adecuada. Las bombas que se apegan a las necesidades de --- nuestro proyecto son:

Bombas Centrífugas y la Bomba Rotatoria (Tornillo)

Las Bombas Centrífugas se clasifican como sigue:

- A) De Flujo Radial
- B) De Flujo Axial
- C) De Flujo Mixto

Según el número de pasos se subdividen en:

- a) Simplex

**b) Multiplex**

Según el tipo de carcaza:

a) Horizontal

b) Vertical

Según el tipo de Succión:

a) Sencilla

b) Doble

**BOMBAS DE FLUJO RADIAL.-** En estas bombas, la columna se desarrolla íntegramente por efecto de la fuerza centrífuga, impartida a las partículas del líquido por las aspas del impulsor giratorio.- Su aplicación es muy amplia ya que existen diseños para todas las capacidades y servicios.

Existen los tipos siguientes:

**Bomba Tipo Voluta.-** En este tipo de bomba, el impulsor descarga en una caja espiral que se expande progresivamente, proporcionada en tal forma que la velocidad del líquido, se reduce gradualmente. Por este medio parte de la energía de la velocidad del líquido se convierte en presión estática.

**Bomba Tipo Turbina.-** También se conoce como Bombas Periféricas o Regenerativas. En este tipo de bombas se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes, a velocidades muy altas, en el canal anular en que gira el impulsor.

**Bomba Tipo Difusor.**- El difusor es un anillo estacionario que tiene una serie de álabes direccionales que rodean el rotor o impulsor. Los pasajes en expansión gradual formada entre los álabes, cambian la dirección del flujo del líquido y convierten la energía de velocidad en columna de presión.

**BOMBAS DE FLUJO AXIAL.**-También se conocen como Bombas de Hélice o de Propulsor. Su columna la desarrollan por la acción del impulsor o elevación de las paletas o álabes sobre el líquido. Su construcción es muy semejante a las de turbina hélice.

**BOMBAS DE FLUJO MIXTO.**- Estas bombas desarrollan su columna parcialmente por el impulsor de los álabes sobre el líquido. Pueden ser de varios pasos a fin de aumentar la carga manométrica cuando esto es necesario. Generalmente, una bomba centrífuga de escurrimiento mixto de capacidad normal, genera por paso, una carga doble o triple de la que puede dar una centrífuga de propulsor del mismo tamaño. Su funcionamiento y curvas características son muy semejantes a las bombas de escurrimiento axial. Su rendimiento máximo lo desarrollan cuando se bombea contra una carga manométrica de 40 a 60% de la carga que desarrolla cuando el gasto es nulo.

Esta característica origina una menor carga para el motor cuando aumenta la carga manométrica de trabajo obteniéndose a la vez un bombeo más uniforme. La aplicación de estas bombas está ampliamente generalizada para servicios de bombeo de gran capacidad, con columnas manométricas elevadas, su uso es muy común para suminis-

tros de agua, irrigación, inyección de aguas a calderas, etc.

Cuando se hace necesario bombear agua clara y limpia, siempre será posible prácticamente, emplear a cualquier tipo de bomba, pero en forma generalizada, las bombas centrífugas presentan las siguientes ventajas sobre las reciprocantes para una misma capacidad.

- 1.- El gasto de descarga es uniforme, sin pulsaciones, como en las reciprocantes.
- 2.- Los gastos por concepto de mantenimiento son menores.
- 3.- El espacio ocupado es muchísimo menor.
- 4.- El peso es menor y por lo tanto hay más facilidad para ejecutar maniobras.
- 5.- Su costo es más económico
- 6.- Se pueden acoplar directamente a motores eléctricos, debido a su alto número de (elevaciones). Revoluciones.
- 7.- Operación menos ruidosa.
- 8.- Cimentaciones sencillas.

Presentan las siguientes desventajas:

- 1.- La succión es más difícil en algunas de ellas, siendo necesario cebarse.
- 2.- Su rendimiento es de 10 a 15% menor que el correspondiente a bombas reciprocantes.

BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.- Las bombas de desplazamiento-positivo o de columna de agua se emplean en aquellos casos en que

se requieren muy altas cargas, a este tipo pertenecen las bombas de émbolo con movimientos alternativos y las rotativas positivas como las de engrane, las de disco con álabes radiales, la Hi-Lift que trabaja por extrusión del líquido, etc.

Cualquiera que sea el tipo, se trata de un acarreo de líquido de la aspiración a la descarga, empujándolo hacia una tubería para levantar una columna de agua o crear unas condiciones de presión si la tubería se encuentra cerrada. En este caso debe instalarse como protección, una válvula de límite de presión (check), que comunica la descarga con la aspiración si se sobrepasa un cierto valor de la presión definida, con las condiciones de la instalación impidiendo así sobrecargas peligrosas o simplemente instalando un interruptor de presión.

Estas bombas rotativas positivas tienen su aplicación en la alimentación de calderas, sistemas de refrigeración y torres de enfriamiento, así como en las lecherías, cerveceras, lavanderías, destilerías, hoteles, bares, etc.

**BOMBAS ROTATORIAS.**- En las bombas rotatorias no existen válvulas ni partes reciprocantes. El desalojamiento del líquido se obtiene por la acción combinada de los elementos giratorios (engranes, aspas, pistones, levas, segmentos, tornillos, etc.) dentro de una caja fija. En una bomba rotatoria, el líquido es atraído y empujado contra la caja fija en una forma semejante a como lo hace el pistón de una bomba recíprocante.

Una de las ventajas de estas bombas es que el gasto de descarga es casi uniforme y por lo tanto pueden trabajar a grandes velocidades.

Otra de las ventajas es que no necesita cebarse, es decir no es necesario llenar previamente el tubo de succión y el cuerpo de la bomba, para que ésta pueda iniciar su funcionamiento como sucede con las bombas centrífugas.

Aunque por lo general se les considera como bombas para líquidos viscosos, no se limitan a solo este servicio, sino que pueden manejar cualquier líquido que esté libre de sólidos abrasivos; estas bombas se construyen solamente para baja capacidad.

Las bombas rotatorias hasta  $7 \text{ kg/cm}^2$  se consideran de baja presión, de  $7$  a  $35 \text{ kg/cm}^2$  de presión moderada y más de  $35 \text{ kg/cm}^2$  de alta presión.

Las de capacidad desde fracción de litros hasta  $190/\text{pm}$  son bombas de volumen pequeño. Las de  $190$  a  $1900/\text{pm}$  son de volumen moderado y las de más de  $1900/\text{pm}$  son de volumen grande.

**BOMBAS DE TORNILLO.**- En las bombas de tornillo, un simple impulsor helicoidal largo, de diámetro pequeño y de forma especial, acciona en uno o más impulsores luces contenidas en un envolvente, de tal manera que desplazan axialmente el líquido bombeado. Hay contactos superficiales múltiples, más bien que contactos de línea entre los tornillos y, ello hace mínimas las fugas. Esta cons

trucción permite el funcionamiento a velocidad muy grande. Como cuando en la ilustración, se emplean hélices a derecha e izquierda, la carga de bombeo se equilibra y el empuje queda eliminado.

No se requieren cojinetas de eje ni engranaje, reguladores o distribuidores debido a la forma de los impulsores. El desgaste de los elementos rotatorios puede ser rápido con líquidos de poco valor lubricante.

BOMBAS RECIPROCANES.- Estas bombas descargan una cantidad definida de líquido entre el cuerpo de la bomba, para después ser desalojado mediante la acción de un pistón por la tubería de descarga

Debido a que el llenado y el vaciado de los receptáculos de volumen determinado causa fricción por resbalamiento entre las paredes estacionarias del receptáculo y las partes móviles, no es recomendable el uso de estas bombas.

Para líquidos que contengan arenas o materiales en suspensión, -- una ventaja de estas bombas es que su velocidad de rotación es relativamente baja y cuando deben ser movidas por motor eléctrico -- hay necesidad de intercalar transmisión de engranes o poleas, a fin de poder reducir la velocidad entre el motor y la bomba.

#### GASTO NECESARIO

Como lo mencionamos anteriormente, nuestra función es bombear --- "aceite crudo" a las distintas refinerías existentes en el país --



para su procesamiento y obtención de productos derivados de éste. De aquí la importancia de nuestra estación de bombeo.

A continuación se dan algunos datos aproximados del gasto que tenemos que hacer a las refinerías.

Gasto a la Ciudad de México y Refinería de Atzacapotzalco: -----  
175 000 BPD.

Tipo de crudo enviado de acuerdo a su denominación particular en el mezclado o pozoleo que tienen características muy parecidas -- (como densidad, peso específico, etc).

Gasto a refinerías de Tula y Salamanca: 100 000 BPD. El tipo de crudo es también de las características antes mencionadas.

A la Refinería de Ciudad Madero se tiene un gasto de: 12 500 BPD-aproximadamente. A esta refinería se manda un aceite crudo pesado que hemos denominado Faja de Oro.

Finalmente se tiene un gasto inferior, que se ha considerado de esta manera, ya que al lugar al cual se manda, se encuentra comprendido en esta Zona de Poza Rica, este sitio es denominado Distrito Industrial y el gasto es variable, fluctuando entre valores de 2 500 a 5 000 BPD.

Con estos datos nos ponemos a considerar las condiciones de diseño de nuestras bombas, consultando diversos catálogos.

## CALCULO BOMBAS

Consultando el catálogo general del fabricante de la bomba, nuestro cálculo lo haremos en base a la comparación de lo que nos puede ofrecer cada bomba de acuerdo con su gráfica.

Q = Capacidad  
GPM = Galones por minuto  
Psi = Libras por pulg<sup>2</sup>  
Ef = Eficiencia  
BPD = Barril por día

Q = 50 000 BPD      1 Barril = 42 galones

que equivalen a:

Q = 1 458.33 GPM

la presión a la que se estará operando será:

P = 63 kg/cm<sup>2</sup>

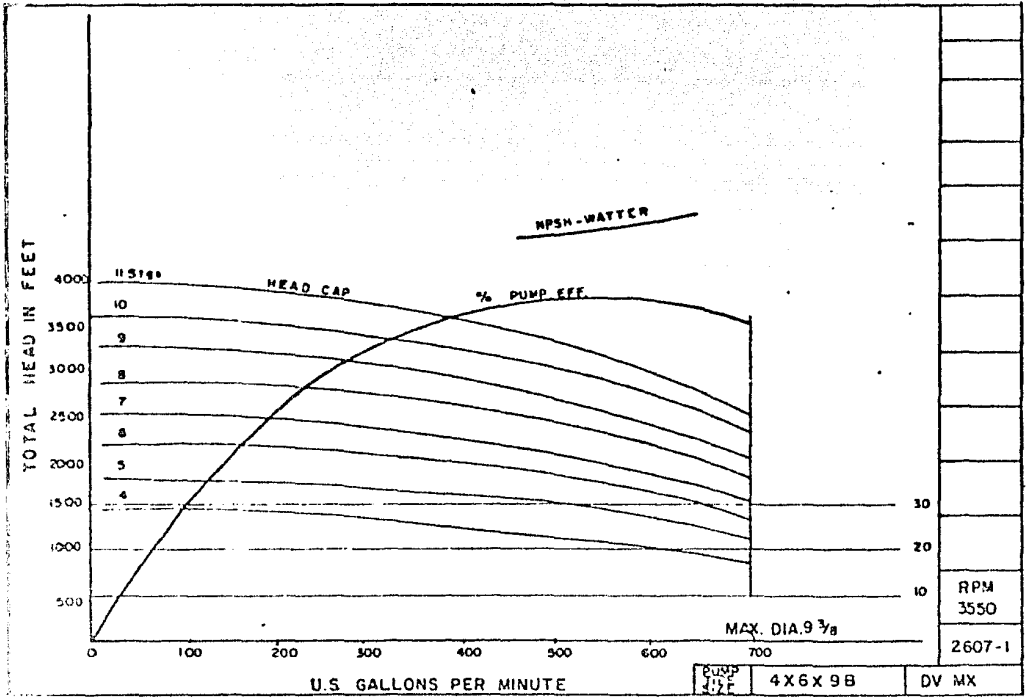
que equivalen a:

P = 894.6 psi

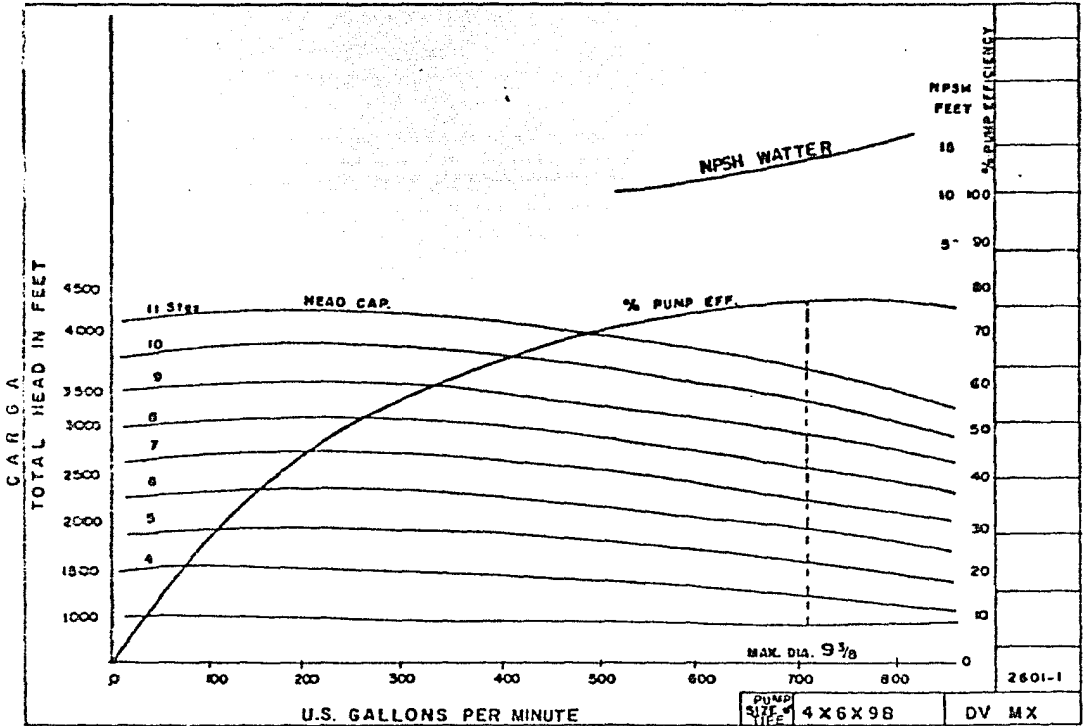
Con estos datos nos encontramos en función de calcular la potencia total en H.P.

$$\text{HP} = \frac{\text{GPM} \times \text{psi}}{1.715 \times \text{Ef}}$$

$$\overline{\text{HP}} = \frac{1458.33 \times 894.6}{1.715 \times 0.78}$$



LAMINA #1



LAMINA # 2

HP = 975.27 HP = 1000

HP = 1000

El rendimiento lo hemos obtenido a partir de las gráficas proporcionadas por el catálogo general del fabricante de la bomba que para este tipo de bombas resultó ser del 78%.

La bomba se va a acoplar a un motor de Inducción Jaula de Ardilla a prueba de explosión.

Presión diferencial 63.2 kg/cm<sup>2</sup>

HP = 959

Presión de succión 0.0 kg/cm<sup>2</sup>

Carga 731 m.

ϕ Resp 0.866 Rot ECW

Temperatura 37.8°C

Consultando el catálogo general del fabricante de la bomba nuestro cálculo lo haremos en base a la comparación de lo que nos puede ofrecer cada bomba de acuerdo a su gráfica.

Q = 25 000 BPD

1 Barril = 42 galones

que equivalen

Q = 729.16 GPM

La presión a la que estamos operando será:

$$P = 61 \text{ kg/cm}^2$$

que equivalen a  $P = 866.2 \text{ Psi}$

Con estos datos nos encontramos en función de encontrar y calcular la potencia total en HP.

$$\text{HP} = \frac{\text{G.P.M.} \times \text{Psi}}{1.715 \times \text{Ef}}$$

$$\text{HP} = \frac{729.16 \times 866.2}{1.715 \times 0.75}$$

$$\text{HP} = 491 = 500 \text{ HP}$$

El rendimiento lo hemos obtenido a partir de las gráficas proporcionadas por el catálogo general del fabricante de la bomba que para este tipo de bomba resultó ser del 75%.

Cálculo Teórico del No. de Pasos:

$$N_s = \frac{0.0149 \times N \times Q}{H^{3/4}}$$

Considerando que:

$$Q = 2759.87 \text{ r.p.m.}$$

$$N_s = 90$$

$$N = 3550$$

$$H = \frac{0.0149 \times 3550 \times 2759.87}{90} \quad 4/3$$

$$H = 30.87^{4/3} = 96.86 \text{ Mts H}_2\text{O}$$

Pero tenemos que para una presión de  $63 \text{ kg/cm}^2$  será:

$$\begin{aligned} \text{Altura} &= P = 735 \text{ m} \\ \text{No. Pasos} &= \frac{735}{96.86} = 7.588 = 8 \text{ pasos} \end{aligned}$$

O sea que para el diseño de nuestra bomba necesitamos una bomba - de 8 pasos o impulsores para poder dar la altura de carga mencionada.

A continuación damos los datos característicos de nuestra bomba - según catálogo del fabricante de la bomba.

4 x 6 x 8B

r.p.m. = 3550

HP = 487

Capacidad 46 Hs/seg

Pres. diferencial  $63.1 \text{ kg/cm}^2$

Pres. succión  $0.0 \text{ kg/cm}^2$

Carga 735 mts.

Temperatura  $37.8^\circ\text{C}$

G. Resp. 0.858 Rot ECW

Selección de Capacidad de la Bomba de Tornillo

Q = 12 500 BPD gasto necesario

Q = 364.58 GPM

La presión a la que estaremos operando será:

$$P = 20 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 996.12 \text{ lbs/pulg}^2$$

Con estos datos nos encontramos en función de calcular la potencia:

$$HP = \frac{GPM \times Psi}{1.715 \times Ef}$$

GPM = Galones por minuto  
Psi = Libras por pulg<sup>2</sup>  
Ef = Eficiencia

Así que:

$$HP = \frac{362.58 \times 996.12}{1.715 \times 0.85}$$

O sea que para satisfacer este gasto, hemos hecho uso de bombas de tornillo de 250 HP de las cuales únicamente ocuparemos dos: -- una para la Refinería de Cd. Madero y otra para la Refinería México, quedando dos bombas restantes para el Stand By de cuando se les de mantenimiento a las bombas que se encuentran en operación.

Hemos utilizado este tipo de bomba ya que el crudo que deseamos bombear es muy pesado y nuestras bombas se adaptan a estas condiciones.

Para el bombeo del crudo al Distrito Industrial, se tienen bombas centrífugas de 50 HP de las cuales se utilizan 2 quedando la otra para entrar en operación en el momento en que se dé mantenimiento a cualquiera de las bombas que estén trabajando.



Los datos característicos son los siguientes:

Marca: Worthington de México, S.A.

H.P. 50 R.P.M. 3550

GCAR 104A GRUPO: 10-5/16

Movida por motor a prueba de Explosión:

H.P. 50 Fases = 3 Hertz = 60

Volts 220/440 R.P.M. = 1 800

Armazón 3650 Tipo: E

Amps. Bajo voltaje: 124

Accesorios Principales de Bombas Centrífugas:

a) Una válvula de pié que sirva para evitar que el agua salga de la tubería de succión cuando la bomba no trabaje.

Esta válvula está combinada con una coladera cuyo objeto es -- evitar que entren a la bomba materias extrañas.

b) Una válvula de retención instalada al principio de la tubería de descarga y que se emplea para iniciar el trabajo de la bomba y para controlar la descarga de la misma.

c) Un manómetro conectado con la tubería de descarga para medir.

d) Un medidor de vacío instalado en la tubería de succión.

e) Una o varias llaves para cebar la bomba.

f) Llaves de purga que puedan instalarse en cada paso, de tal manera que todo el aire contenido en la bomba pueda ser expedido al cebar la bomba.

Válvulas de Disco.- Para presiones moderadas, se usan generalmente válvulas de disco sobre asiento de perilla como se ilustra.

Los asientos son metálicos, con asiento roscado de conicidad suave en el encaje de la válvula. Las válvulas de alas de superficie cónica se emplean para grandes presiones, contra la presión con más facilidad que las válvulas planas, las válvulas de esfera y casquete se usan para líquidos viscosos.

Válvulas para Bombas de Alta Velocidad.- Para estas bombas, es muy usada la válvula de doble lumbrera, o tipo de anillo, las que usan en las bombas de alta velocidad. En el cierre, la válvula de una sola lumbrera, tiene que desplazar una cantidad de líquido proporcionar al cuadrado del diámetro de la válvula, a través del área o superficie de salida, la cual es proporcionar a la primera potencia del diámetro para conseguir una mayor superficie de salida con el pequeño levantamiento admisible a altas velocidades de la bomba y reducir la cantidad del líquido que la bomba haya de desplazar en el cierre. Se usa la válvula de tipo de anillo o de doble lumbrera, excepto para muy pequeñas capacidades. La corriente del asiento anular es radialmente hacia afuera alrededor de la válvula y radialmente hacia adentro y a través del agujero central de la válvula.

## CAPITULO II

### CALCULO Y SELECCION DE MOTORES

#### A) SELECCION DE MOTORES

La selección de un determinado conversor de energía se ve afectada por el costo de la misma, el costo de los sistemas auxiliares, el costo de las partes de repuesto y mantenimiento por los efectos del ruido y por la vibración y humo en la vecindad de la instalación.

Los motores se clasifican en:

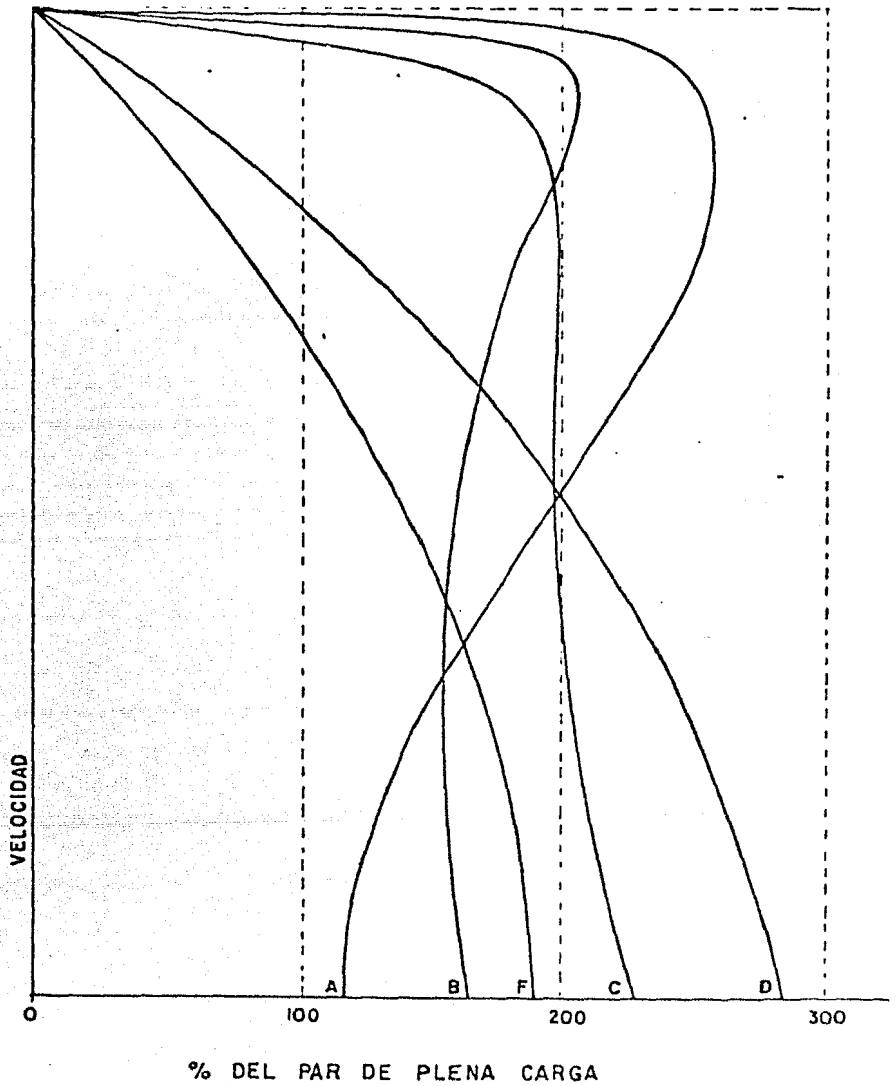
- a) Vapor
- b) Turbina de Vapor
- c) Combustión Interna (Gasolina, Gas o Diesel)
- d) Turbina de Gas
- e) Eléctricos

#### MAQUINAS DE VAPOR

Su uso es casi obsoleto, su operación es sumamente costosa y no son propios para altas velocidades.

#### TURBINAS DE VAPOR

Debido a sus condiciones de trabajo y por ser de alta velocidad la turbina de vapor, se puede aplicar directamente a una



CURVA DE CLASIFICACION DE LOS MOTORES

bomba centrífuga. Deben considerarse como aplicables cuando -- llenen los siguientes requisitos:

- a) Arranque rápido de la bomba, como ejemplo, en instalaciones de emergencia.
- b) Cuando el vapor de descarga se aprovecha en procesos derivados y en otros equipos.
- c) Cuando se trabaja en arenas húmedas y calientes.
- d) Cuando se necesita velocidad variable.
- e) Cuando la velocidad necesaria es del orden de 12,000 rpm.

Además requieren para su funcionamiento de la intervención de generadores de vapor y una gran dotación de agua. Su costo de mantenimiento es bajo, cuando el vapor de escape tiene otros - usos. Su costo inicial es alto.

#### MAQUINAS DE COMBUSTION INTERNA

Aún cuando las máquinas de combustión interna rara vez pueden ser mejores que un motor eléctrico, desde el punto de vista me ramente económico, son sumamente recomendables para diversas - instalaciones, tales como las localizadas en lugares aislados - donde no se disponga de energía eléctrica. Su utilización es - frecuente para unidades portátiles o de emergencia.

Son comparativamente de baja velocidad, muy voluminosas, ruido

sas. Los gases de escape son tóxicos. Su costo inicial es elevado. Requieren de un edificio más grande para su protección y mantenimiento intensivo.

Tienen la ventaja de que su velocidad puede ser variable.

Otros inconvenientes son: el suministro de agua, combustible y lubricantes, así como el mantenimiento de sus sistemas auxiliares.

#### TURBINA DE GAS

Es una máquina de reciente introducción al campo industrial en algunos casos en forma experimental todavía, por el hecho de que únicamente se habrá usado en la aviación a grandes alturas en donde se demostró su eficiencia. Sus principales desventajas son su enfriamiento y el ruido producido por la admisión de aire y el escape, también su alta contaminación.

Realmente para su buena eficiencia, la turbina debe admitir la entrada de vapor de agua a temperatura y presiones elevadísimas; se debe contar con un ciclo de tratamiento de agua, con condensador, torres de enfriamiento y bombas de agua para su circulación, por lo que se hace demasiado costosa su operación.

Una turbina de gas de tipo simple, consta de un compresor de aire, una cámara de combustión, una turbina y varios dispositivos auxiliares que dependen de las características de velocidad, alimentación de combustible y puesta en marcha.

El funcionamiento de las turbinas de gas se presentan varias limitaciones de índole práctica, las cuales determinaron en gran parte la actuación de cada clase de máquinas motrices. Entre estas limitaciones, merecen citarse la temperatura y velocidad de los álabes, rendimiento del compresor, rendimiento de la turbina y la transmisión del calor. (En ciclos con regulación).

Entre sus aplicaciones, además de su empleo en aviación, la turbina de gas se emplea en grandísima escala en bombas de larga tubería, destinada al transporte del producto del petróleo, pues debido a su proceso de combustión continuo, permite emplear como combustible, cualquier tipo de aceite, gas o gasolina. La única limitación consiste en el producto de la combustión no corroen en los álabes o se depositen en el aparato.

El gran consumo específico de combustible en las turbinas de gas es una de las principales desventajas que se les atribuye, así como: enfriamiento, el ruido producido por la admisión del aire y escape, alta velocidad que obliga a usar costosos equipos reductores de velocidad, el alto costo de adquisición y su mantenimiento y sobre todo, la de personal de operación suficientemente capacitado para su manejo.

#### MOTOR ELECTRICO

El reciente auge por la utilización en la industrialización --

el país, ha traído consigo la electrificación a gran escala, -- porque cuenta con grandes centrales hidroeléctricas, así como termoeléctricas.

Esto trae como resultado que la energía eléctrica sea sumamente económica a la vez que aparta muchas ventajas, siendo las principales:

- a) Facilidad de operación
- b) Reducción en los costos de equipo
- c) Menor tamaño y por consiguiente una casa de bombas más pequeña.
- d) Cimentaciones sencillas y económicas.
- e) Casi exentos de vibraciones y ruidos.
- f) Menor número de operaciones
- g) Pequeño mantenimiento
- h) Velocidad adecuada para acoplarse directamente a las bombas comerciales.
- i) No necesita incrementador de velocidad
- j) Facilidad de protección
- k) Equipos auxiliares mínimos

Tomando en cuenta las ventajas obtenidas de los motores eléctricos comparados con otros tipos y debido a que se dispone de



la energía eléctrica, ya que se cuenta con una subestación reductora tomada de la línea de alimentación de 66 KV.

### SELECCION DEL MOTOR ELECTRICO

El motor tiene la característica de transformar la energía eléctrica en energía mecánica. A continuación se expone un cuadro representativo de los diferentes tipos de motores eléctricos.

	CORRIENTE	SERIE	
	DIRECTA	PARALELO	
MOTOR	CORRIENTE	SINCRONOS	
ELECTRICO	ALTERNA	ASINCRONOS	ROTOR DEVANADO
		MONOFASICOS	ROTOR DE JAULA DE ARDILLA
		TRIFASICOS	

Seleccionaremos un motor asincrono (Inducción)

Estos motores conocidos también como de campo giratorio y de inducción, constituyen el tipo más difundido de máquinas eléctricas, puesto que presentan una gran simplicidad de construcción, una excepcional robustez, no requieren complicadas maniobras de puesta en marcha y soportan notables sobrecargas.

Respecto a la selección de uno de rotor devanado y otro de motor de jaula de ardilla, nos inclinamos mejor por el segundo o

sea el de tipo jaula de ardilla, debido a su fortaleza y simplicidad a la presencia de colector y al hecho de que sus características de funcionamiento se adaptan bien como marcha de velocidad constante.

La clasificación de los motores de inducción del tipo jaula de ardilla es de la siguiente forma:

Por el número de fases, se clasifican en general como:

- a) Trifásicos
- b) Bifásicos
- c) Monofásicos

Por el tipo de rotor, pueden ser:

- a) De rotor devanado
- b) de rotor de jaula de ardilla

Elementos que constituyen un motor de inducción:

- 1.- Estator
- 2.- Rotor
- 3.- Carcaza

Equipo auxiliar:

- a) Tapas anterior y posterior
- b) Chumaceras
- c) Tornillos de suspensión

d) Caja de conexiones

e) Base o soporte

#### MOTORES ELECTRICOS

Para aplicaciones estacionarias, el medio más común para mover bombas son los motores de corriente alterna (C.A.). Cuando --- exista alguna razón para no usar motores de(C.A.) se usan de - corriente continua (C.D.). El motor de C.D. es muy eficaz en - servicio marino en toda clase de embarcaciones.

#### CARACTERISTICAS DE CARGA

Hay dos características importantes de la bomba, por lo que -- respecta a la elección del motor: el par de arranque requerido en operación normal y los requisitos de velocidad.

Muchas bombas reciprocantes operan a velocidad constante, pero en algunas aplicaciones, la variación de la velocidad permite un ajuste fácil de la capacidad de la bomba.

Los motores eléctricos para mover bombas son generalmente unidades de Jaula de Ardilla y de arranque a voltaje pleno, por - que también se usan algunos motores de C.D. También se usan mo - tores de rotor devanado asíncronos.

Los desarrollos más recientes en motores sellados "enlatados"- y de entre hierro axial, así como bombas electromagnéticas, es - tán ejerciendo notable influencia en el diseño, tanto en bom -

bas grandes como en pequeñas.

En algunos motores enlatados, el flujo de agua los atraviesa completamente, simplificando las conexiones de la tubería de la bomba. Los motores de entre hierro axial se reducen prácticamente al espesor de una tortilla, permitiendo una fácil instalación y mantenimiento.

Ambos tipos son a prueba de escapes, un factor muy importante en aplicaciones de procesos.

Motores de Corriente Alterna. Los motores de inducción de rotor devanado, ofrecen 4 ventajas:

- a) Control de velocidad con variaciones de velocidad hasta el 50% de la plena; a 40% del caballaje normal.
- b) Alto par de arranque con bajos KVA en cargas pesadas.
- c) Alta disipación de calor en el reostato de arranque, que -- permite grandes pérdidas por deslizamiento durante el arranque sin que el motor peligre.
- d) Cargas de tipo amortiguado por la operación de alto deslizamiento, lo que da un efecto de volante muy deseable en las cargas pico.

Los motores de rotor devanado se usan frecuentemente cuando se requiere la operación periódica para velocidad reducida.

Los motores síncronos modernos son unidades de doble propósito son un medio eficiente para mover las bombas y al mismo tiempo suministran un medio práctico para mejorar el factor de potencia de una planta.

Un motor síncrono se puede aplicar a cualquier carga que pueda moverse satisfactoriamente por un motor Jaula de Ardilla diseño B de NEMA.

Otras cargas para las cuales está particularmente bien adaptado el motor síncrono, son las que requieren un KVA bajo de arranque para controlarle a velocidad variable en donde se permite un acoplamiento de deslizamiento.

Los requisitos de protección contra sobre velocidad o rotación en sentido contrario para el motor, pueden ser mayores que lo normal.

Por ejemplo, cuando el motor se detiene, el líquido se descarga.

## ESTATOR

El estator de los motores de inducción está formado por paquetes de láminas de acero al silicio troqueladas.

El estator representa una de las partes del circuito magnético del motor y el contenido sílico al igual que en núcleos de transformadores depende de la densidad de flujo usuales.

Está construído por paquetes de lámina troquelada en forma de ranura, con objeto de que el embobinado del estator pueda dejarse en dichas ranuras, desde luego que la forma de las ranuras varía de acuerdo con el tamaño del motor, tipo o fabricante.

En las ranuras del estator, pueden considerarse en forma análoga al transformador como circuito primario.

## ROTOR

El rotor de los motores de inducción, puede ser de dos tipos:

1.- Rotor Jaula de Ardilla

2.- Rotor Devanado

### 1.- ROTOR DE JAULA DE ARDILLA

Este tipo de rotor recibe este nombre debido a que tiene la forma de una jaula de ardilla. En este caso, el embobinado está construído por barras que se vacían sobre el rotor destinado para este fin, las barras por lo general son de aluminio y al quedar fundidas en el rotor debido a la forma que se les dá, quedan unidos entre sí en corto circuito en la forma de una jaula de ardilla.

### 2.- ROTOR DEVANADO

El rotor devanado recibe este nombre debido a que su embobina

do está devanado en las ranuras.

Está construído también por paquetes de láminas troqueladas y montadas sobre la flecha eje; las bobinas se devanan sobre -- las ranuras y su arreglo depende del número de polos (el mismo que el estator) y de fases.

#### FLECHA

Es el elemento que porciona la energía mecánica a la carga.

#### CARCAZA O SOPORTE

La carcaza recibe también el nombre de soporte, por ser el elemento que contiene al estator y a los auxiliares del motor.

#### EQUIPO AUXILIAR

Los auxiliares del motor de inducción son elementos necesarios para el funcionamiento y dependen del tipo de motor.

Desde el punto de vista de conversión de energía, al motor se le puede definir como sigue:

El motor de inducción es un elemento que convierte la energía --- eléctrica en energía mecánica por el principio de inducción electromagnética.

#### MOTOR DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA

Este tipo de motor de inducción es el que más se adapta en todas-

las industrias en donde se requiere operar más carga con bajo par de arranque y velocidad constante.

Existen varias clases de motores de inducción de Jaula de Ardilla y según la clase puede variar la corriente que toma el motor durante el arranque desde 2 hasta 7 veces la corriente de plena carga.

Las aplicaciones industriales de este motor son las siguientes:

- a) Para accionar bombas centrífugas, incluyendo las de pozo profundo, en cuyo caso es indispensable utilizar motores de flecha hueca.
- b) Para accionar sistemas de ventilación y extracción, incluyendo los ventiladores instalados en las cámaras de calderas que operan con tiro forzado.
- c) Para accionar algunas máquinas herramientas portátiles.

#### CLASIFICACION DE LOS MOTORES

En el "National Electric Code" y en las normas de la Asociación Nacional de fabricantes de material eléctrico de los Estados Unidos (NEMA), los motores se clasifican designándolos mediante el uso de las letras de acuerdo con la intensidad de la corriente de arranque y la nominal A, B, C, D, E, F. Estas letras deben figurar en la placa de características de los motores y por medio de-



ellas se determina la capacidad de los interruptores fusibles y otros aparatos de protección del motor.

NEMA	National Electric Manufactures Association
TIPO A	Motores de Par normal y corriente de arranque normal
TIPO B	Motores de par normal y corriente de arranque reducida
TIPO C	Motor de par elevado y corriente de arranque reducido
TIPO D	Motor con gran deslizamiento
TIPO E	Motor con par de arranque y corriente de arranque reducidos.

#### MOTORES DE JAULA DE ARDILLA

Los motores de Tipo A, están proyectados para resistir la plena tensión en el arranque y tienen el mismo par de arranque por máximo y deslizamiento que los motores del Tipo B.

La corriente de arranque son mayores que en las que se indican en la tabla.

A menudo los reglamentos locales exigen arrancadores a voltajes reducidos para este tipo de motor, especialmente para potencias superiores a 5 CV.

Los motores de Tipo B el más extendido de todos los tipos se proyectan, y generalmente se aplican para arrancar a plena tensión.

Tienen el par de arranque y el par máximo que se consignan en la Tabla No. 15, que representa el límite superior de su campo de --

aplicación.

Las corrientes de arranque concuerdan con las de la Tabla No. 16.

El deslizamiento a plena carga es menor del 5% excepto en los motores con 10 o más polos, que puedan tener un deslizamiento mayor ligeramente.

Los motores Tipo C, están calculados para el arranque a plena tensión y generalmente están provistos con un devanado rotórico en doble jaula de ardilla.

#### MOTOR JAULA DE ARDILLA

##### ARRANQUE.

Si un motor Jaula de Ardilla se le aplica la tensión nominal a las terminales del estator desarrolla un par de arranque de acuerdo con:

$$T = \frac{K_Y^2 R_Y}{R_R^2 + X_Y^2}$$

Los pequeños motores se pueden arrancar conectándolos directamente a la red con caídas de poca importancia de alimentación.

Los grandes motores también se pueden arrancar directamente sin ningún daño o variación que perjudique a la alimentación siempre y cuando la fuente de alimentación tenga capacidad suficiente.

Cuando las líneas de alimentación son de capacidad limitada en --

comparación con la corriente de arranque del motor, existe la posibilidad de que debido a la gran corriente, la caída de tensión de la línea, el motor no está arrancando, y puede no desarrollar el par suficiente para acelerar la carga y como resultado puedan absorber corriente excesiva en el rotor y en el estator.

Operando el sistema de protección. Si por lo general un motor de inducción absorbe 6 veces ( $I_n$ ) la corriente nominal a tensión nominal.

Por lo que podemos auxiliarnos de un método de arranque.

- a) Arranque por autotransformador a tensión reducida
- b)  $\gamma - \Delta$
- c) Devanados divididos
- d) Rotor doble jaula

El par de arranque y el par máximo son los que se indican con las tablas 15, que representan el límite superior de su campo de aplicación.

#### VENTAJAS DE LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA

- 1.- Costo inicial bajo
- 2.- Su rotor es de construcción simple
- 3.- Es compacto y ocupa poco espacio para su instalación.
- 4.- No produce chispas que puedan provocar incendios
- 5.- Lleva poco equipo de control, ya que no necesita control en el rotor.

## DESVENTAJA DE LOS MOTORES TIPO JAULA DE ARDILLA

- 1.- Su corriente de arranque es relativamente alta
- 2.- El par de arranque en un motor dado es fijo

## PETROLEOS MEXICANOS DE ACUERDO A SUS NORMAS PRESENTA

Normas de los motores trifásicos de inducción con inducido en corto circuito o de Jaula de Ardilla, constituyen el tipo preferido de accionamiento de bombas centrífugas, sopladores, compresoras de alta velocidad, etc.

Estos motores se deben considerar:

Horizontales: De velocidad única par normal

Verticales: De velocidad múltiple, de contra marcha, síncronos-  
de rotor devanado.

El tipo de Carcaza: El diseño totalmente cerrado en friado por ---  
aire, se considera normal.

Estos motores deben ser equipados con ventiladores antichispas.

Cálculo para la selección del motor:

120F = NP	No. rpm = 3550	No. rpm = 3550
	H.P. = 1000	H.P. = 500
	H.P. = 250	rpm = 1150

$$P = \frac{120 \times F}{N} = \frac{120 \times 60}{3550} = 2.02 \text{ Polos} = 2 \text{ Polos } F=60 \text{ Hertz}$$

No. Polos = 2 para motores de 500 y 1000 H.P.

$$P = \frac{120 \times 60}{1150} = 446 \text{ Polos}$$

No. Polos para bombas de tornillo = 6 polos

Consultando: No. 50 H.P. = 1750

$$\text{No. Polos Bombas } 50 \text{ H.P.} = \frac{120 \times 60}{1750} = 4.114 = 4 \text{ Polos}$$

No. Polos Bombas de 50 H.P. = 4 polos

Consultando a diferentes catálogos para poder ver qué motor se -- adapta de mejor manera a las condiciones de nuestras bombas, llegamos a la conclusión de que los motores de inducción rotor de tipo jaula de ardilla General Electric son los que mejor se adaptan a nuestras bombas Byron Jackson de 1000 y 500 H.P.

Mientras que el motor de inducción Allis Chalmers nos adapta a -- las bombas de tornillo de 250 H.P.

Y finalmente para nuestras bombas de 50 H.P. el motor que se adapta a nuestras condiciones es el fabricado por Motors A.S. que es a prueba de explosión.

Las bombas de 500 y 1000 H.P. para su buena operación necesitan -- 3550 rpm con lo que a partir de esto calculamos la velocidad real del motor, conociendo como anteriormente hemos hecho el número de

polos.

$$N = \frac{120 \times F}{P} = \frac{120 \times 60}{2} = 3,600 \text{ rpm}$$

Para las bombas de 250 HP tipo rotatorias de tornillo y sabiendo que el número de polos que es igual a 4, tenemos que:

$$N = \frac{120 \times F}{P} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ rpm}$$

Consultando el catálogo del fabricante de la bomba tendremos los siguientes datos característicos:

MOTOR DE INDUCCION GENERAL ELECTRIC

HP	=	1000	FASES	=	3
VOLTS	=	2300	HERTZ	=	60
AMPS	=	214	TIPO	=	K
RISE	=	75°C	FRAME	=	6394 DS
RPM	=	3585	FACTOR S=	=	1.15

Para mover bombas centrífugas de 1000 HP.

MOTOR DE INDUCCION GENERAL ELECTRIC

HP	=	500	FASES	=	3
VOLTS	=	2300	HERTZ	=	60
AMPS	=	111	TIPO	=	K
RISE	=	75°C	FRAME	=	82115
RPM	=	3585	FACTOR DE SERV.=	=	1.0

Para mover bombas centrífugas de 500 H.P.

MOTOR DE INDUCCION THE LOUIS ALLIS Co.

MILWAUKEE WISS. U.S.A.

H.P.	=	250	FASES	=	3
VOLTS	=	2 300	HERTZ	=	60
AMPS	=	57	FRAME	=	589
RISE	=	55°C	FACTOR DE SERV.	=	1'-

Para mover bombas de tornillo de 250 H.P.

#### SELECCION DE MOTORES

El suministro de energía eléctrica desde el tablero de control de la subestación hasta los motores, se va a llevar a cabo a través de cables conductores que necesitan ser capaces de conducir la cantidad de energía necesaria y en algunos casos de sobre carga.

La distribución de la energía eléctrica se hace más capaz y con mayor cantidad de ventajas por medio de cables subterráneos.

Los cables en comparación con las líneas eléctricas aéreas, presentan una mayor ventaja, capacidad y mayor inductancia porque los conductores de los cables, separados por dieléctricos de alta constante dieléctrica están muy cercanos entre sí.

Los cables están formados por varios conductores, cableados y aislados y rodeados por papel celulosa impregnados de materias re

sinosas y oleosas.

El conjunto está contenido en una vaina de plomo revestida de yute alquitranado.

Este anillo de plano, que preserva a los conductores de la humedad, se inyecta sobre el cable bien caliente por medio de prensas hidráulicas especiales, mientras el cable sale de la autoclave -- donde ha sido secado.

#### CALCULO DE ALIMENTADORES

El cálculo del calibre de los conductores eléctricos de regulación de voltaje es muchas veces el factor que limita la selección del calibre y de el aislamiento del conductor aún cuando las pérdidas por calor en un cable determinan la corriente máxima que és ta puede conducir con seguridad y eficiencia.

Muchos circuitos son limitados a corrientes más bajas, con objeto de guardar la caída de voltaje dentro de los límites razonables.

Es necesario también considerar el efecto de calentamiento de los cables cuando circula por los mismos una corriente de corto circuito.

El calibre del conductor debe ser lo suficientemente grueso para permitir circular la corriente de corto circuito por un tiempo su ficiente que permita a los interruptores de circuito abrir antes-



de que el aislamiento del mismo sea dañado por el calentamiento.

**Reglas generales sobre la aplicación de la protección contra sobrecorriente para los conductores de alimentación:**

Los conductores en los circuitos eléctricos deben estar protegidos, contra condiciones de flujo excesivo de corriente. Esa protección se debe proporcionar de acuerdo con las capacidades de conducción de corriente de los conductores en los casos en que se necesitan ciertos ajustes o clasificaciones más altas de los dispositivos de protección.

No se debe usar un dispositivo de sobrecorriente en un conductor conectado permanentemente a tierra.

La protección contra sobrecorriente para un conductor debe localizarse en el punto en que el conductor recibe su alimentación.

En circuitos eléctricos donde se conducen corrientes de valor considerable debe tenerse en cuenta la reactancia y la resistencia, en lo relativo a caída de voltaje.

La caída de voltaje por reactancia en circuitos de corriente alterna depende del calibre de los conductores, de la distancia entre los mismos, de su posición de la frecuencia, de la corriente y de la presencia de materiales magnéticos, tales como los ductos de acero.

PEMEX establece ciertas normas y definiciones para las canaliza -

ciones eléctricas subterráneas. En estas normas se establecen los requisitos mínimos para el diseño de canalizaciones subterráneas que alojan los conductores de energía eléctrica desde los centros de distribución de fuerzas hasta los equipos de utilización en alta tensión.

Siendo esta canalización un conjunto enterrado de elementos requeridos para alojar a los conductores de energía eléctrica, incluyendo además los conductores a los elementos en que se alojan y conectan así como el revestimiento de la tubería.

Para el diseño se establecen en los conductores:

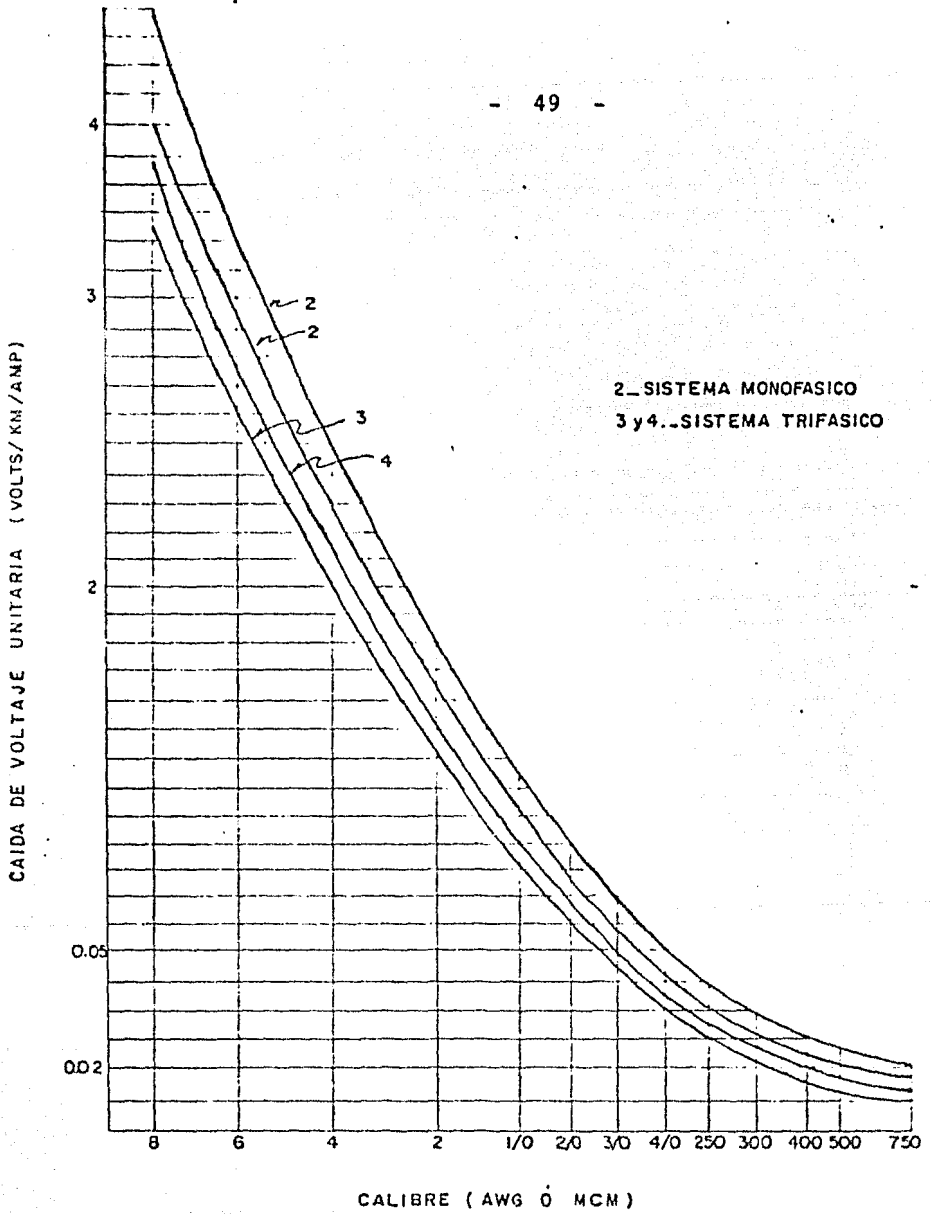
Material: Los conductores de calibre mayor al No. 12 AWG deberán ser cableados.

Los conductores menores del No. 12 AWG podrán ser sólidos.

Aislamiento para los conductores en circuitos de 600 Volts o menores: El aislamiento será de termoplástico para 75°C mínimo. Para los conductores en circuitos mayores de 600 Volts el aislamiento será de:

- a) Polietileno de cadena cruzada
- b) Etileno propileno
- c) Cloruro de Polivinilo

Además, llevará cubierta de plomo y chaqueta de cloruro de polivinilo debiendo incluir pantalla a los cables para 6 kv o mayores, -



LAMINA # 4

que por alguna razón especial no lleven cubierta de plomo.

Capacidad: La capacidad de conducción será la calculada teniendo en cuenta el número de conductor instalado, el factor aplicable por temperatura y la caída de tensión.

## TUBERIAS

TIPO.- Las tuberías subterráneas de 101 mm de diámetro o menores deben ser de tubo metálico rígido, pared gruesa, de duro galvanizado por inmersión, con rosca y cople.

Las tuberías menores de 101 mm de diámetro, pueden ser metálicas, de PVC y de asbesto cemento.

Las tuberías metálicas paralelas con circuitos polifásicos nunca se alojarán conductores en una sola fase por tubo.

DIAMETROS NOMINALES.- Los diámetros nominales de las tuberías metálicas rígidas y PVC que deben usarse en canalizaciones subterráneas son 25, 38, 51, 70 y 101 mm.

PERDIDAS EN TUBERIAS.- Las pérdidas de carga en las tuberías son de dos clases primarias y secundarias.

Las pérdidas primarias son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería (copa límite), rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o de las partículas de fluido entre sí (régimen turbulento) tienen lugar en flujo uni

forme, por tanto principalmente en los tramos de tubería de sección constante.

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma, que tienen lugar en las transiciones (estrechamientos o expansiones de la corriente) codos, válvulas y en toda clase de accesorios de tubería.

CURVAS.- Las trayectorias continuas de tubería sin cajas, no deben tener mas curvas que el equivalente a 360°.

Las curvas hechas en campo, deben tener como mínimo el radio de 300 mm.

Se recomienda que sean de fábrica las curvas de 90° para tuberías de 38 mm o mayores.

Selección de área utilizable. El área de la sección recta interior de la tubería que puede ser ocupada por los conductores, debe ser igual o menor a la especificada.

53% para un conductor

31% para dos conductores

40% para tres o más conductores

CALCULOS DE PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO Y PROTECCION  
CONTRA SOBRECARGA EN MOTORES DE 1 000 H.P.

$$I_n = \frac{0.746 \times \text{HP}}{3 \text{ Kv} \cos\theta}$$

$$I_n = \frac{746 \times 1\ 000}{3 \times 2400 \times 0.85} \quad I_n = 211.13 \text{ amp}$$

De acuerdo con la fracción 28-10 del reglamento, la corriente para el cálculo de los alimentadores será del 125% de la corriente a plena carga:

$$I_{125\%} = 211.13 \times 1.25 = 263.91 \text{ Amps}$$

La instalación será en tubo "conduit" metálico por lo que consultamos las tablas de la Anaconda Pirelli en las que se relaciona la corriente admisible de los conductores en el calibre, cuando están instaladas en un conduit.

Obtenemos un conductor cuyo calibre es de un cable de cobre forrado (PVC) de 300 M.C.M. a 75°C.

Tres de estos conductores se pueden alojar en un tubo de 2.5 pulgadas (63.5 mm), calculamos la caída de voltaje en el conductor considerando una longitud de 25 m aproximadamente.

De las Tablas de Anaconda Pirelli. Donde relacionan la caída uni-

taria de voltaje dada en Volts/km-amp contra el calibre del conductor, obtenemos para un conductor de 300 M.C.M. una caída de 0.04 Volts/km-amp. por lo tanto la caída de voltaje será:

$$C = 0.04 \times 0.025 \times 211.13 = 0.211 \text{ Volts}$$

Para obtener una relación de voltaje:

$$\frac{0.211}{2.400} = 0.00009$$

Siendo esta cantidad de voltaje muy despreciable comparada con el voltaje de operación.

El elemento técnico para cualquier capacidad se calcula al 115% de la corriente a plena carga.

$$I_{115\%} = 211.13 \times 1.15 = 242.79 \text{ Amp.}$$

Es decir, este es amperaje del elemento térmico.

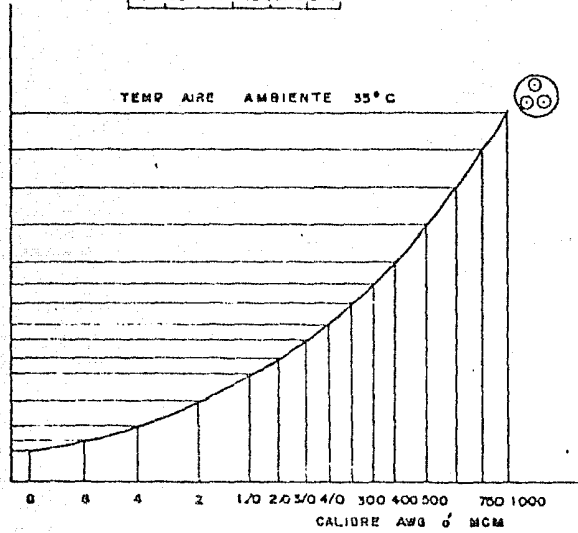
Para calcular el fusible de acuerdo con la Tabla de Anaconda Pirelli el fusible se calcula para un 300% de la carga nominal, por lo tanto:

$$I_{300\%} = 3.0 \times 211.13 = 633.39 \text{ Amp.}$$

Valor del fusible calculado:

FACTOR DE CORRECCION PARA  
TEMPS. AMBIENTE

1°C	10	20	30	40	50
K	1.27	1.17	1.08	0.93	0.79





Fusible comercial = 600 Amps

Interruptor = 3 x 600 Amps

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

El objeto de esta protección es de proteger al conductor no al motor, y debe permitir el arranque del motor sin que abra el circuito, se selecciona de acuerdo con tablas proporcionadas por el fabricante.

CALCULO DE PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO Y PROTECCION  
CONTRA SOBRECARGA EN MOTORES DE 500 H.P.

In = 105.56 Amp

$I_{125}$  = 131.95 Amp

Calibre conductor 1/0 a 75°C

Tubo Galvanizado 2" (50.8 mm)

Elemento térmico  $I_{1154}$  = 121.394 Amps

Fusible calculado = 316.68 Amps

Fusible comercial = 300 Amp

Interruptor 3 x 400 Amps

CALCULO DE PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO Y PROTECCION  
CONTRA SOBRECARGA EN MOTORES DE 250 H.P.

$$I_n = 52.784 \text{ Amps}$$

$$I_{125\%} = 65.975 \text{ Amps}$$

$$\text{Calibre conductor} = \text{No. 6 a } 75^\circ\text{C}$$

$$\text{Tubo galvanizado} = 1''\varnothing (25.4 \text{ mm})$$

$$\text{Elemento térmico} = I_{115\%} = 60.70 \text{ Amp}$$

$$\text{Fusible calculado} = 158.352 \text{ Amp}$$

$$\text{Fusible comercial} = 300 \text{ Amp}$$

$$\text{Interruptor} = 3 \times 400 \text{ Amps}$$

CALCULO DE PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO Y PROTECCION  
CONTRA SOBRECARGA EN MOTORES DE 50 H.P.

$$I_n = 10.556 \text{ Amp}$$

$$I_{125\%} = 13.195 \text{ Amp}$$

$$\text{Calibre conductor} = \text{No. 12 a } 75^\circ\text{C}$$

$$\text{Tubo galvanizado} = 0.5'' \varnothing (12.7 \text{ mm})$$

$$\text{Elemento térmico} = I_{115\%} = 12.139 \text{ Amp}$$

$$\text{Fusible calculado} = 31.668 \text{ Amp}$$

$$\text{Fusible comercial} = 30 \text{ Amps}$$

$$\text{Interruptor} = 3 \times 30 \text{ Amp}$$

### CAPITULO III

#### CALCULO ELECTRICO DE LA DERIVACION DE LA LINEA

Con respecto a la alimentación de la energía será tomada de la línea de transmisión que va de la planta termoeléctrica de la C.F.E (Manantial) hasta los Campos "Hallazgo".

Esta línea de transmisión es de 66 Kvolts con calibre 750 M.C.M. de cobre.

La línea de transmisión pasa aproximadamente a 1 000 m o sea, un kilómetro de distancia del lugar donde sería tomada la alimentación.

Características del cable en el tramo B-A

Calibre	750 000 C.M.	AGSR
Diámetro	0.997 pulg	25.3 mm
Resistencia a 20°C	0.3377/cond/km	
Radiómetro geométrico	0.0319 pies = 9.729 mm	ymg
Longitud	10 km	

Corrección de la resistencia por la variación de temperatura 50°C empleando la fórmula:

$$R^2 = R^1 (1 + \alpha (t_2 - t_1))$$

de donde:

$$R_1 = \text{Resistencia a la temperatura } T_1 (20^\circ\text{C}) = 0.3377/\text{km}$$

$$R_2 = \text{Resistencia a la temperatura } T_2 \text{ en ohms}$$

$$T_2 = \text{Temperatura actual} = 50^\circ\text{C}$$

$$= \text{Coeficiente de corrección por temperatura}$$

$$= 0.00393 \text{ a } 20^\circ\text{C y } 100\% \text{ de conductividad}$$

$$= 0.00393 \times 0.97 = 0.00382 \text{ a } 20^\circ\text{C y } 97\% \text{ de conductividad}$$

substituyendo valores:

$$R^2 = 0.3377 (1 \times 0.00382 \ 50-20) \ \Omega/\text{km} = 0.3764 \ \Omega/\text{km}$$

La caída del voltaje por resistencia será:

$$I_T = \frac{45\ 000}{\sqrt{3} \times 69 \times 0} = \frac{45\ 000}{1.732 \times 69} = 376.465 \text{ amp.}$$

$$R_1 = 0.3764 \times 10 = 3.764$$

$$V = R I = 3.764 \times 376.485 = 1.417.04 \text{ volts}$$

caída por resistencia

La caída del voltaje por reactancia será:

$$L = (4.605 \text{ Log } \frac{a}{n} + 0.5) \times 10^{-4} \text{ henrios } \Omega/\text{km}$$

$$X = WL = 2\pi fL = 2\pi f (4.605 \text{ log } \frac{a}{n} + 0.5) \times 10^{-4} \ \Omega/\text{km}$$

Para obtener la distancia requerida entre conductores tienen la distribución equidistante, se hace lo siguiente:

3 m                    A +  
3 m                    B + 6 m  
3 m                    C +

La línea de transmisión tiene sus conductores en paralelo y se --  
tendrá que sacar la distancia entre AB, BC y AC.

$$AB = 3 \text{ m}$$

$$BC = 3 \text{ m} \quad \text{Deq} = a = \sqrt[3]{3 \times 3 \times 6} = 3 \sqrt[3]{2}$$

$$AC = 6 \text{ m} \quad \text{Deq} = 3.78 \text{ m}$$

El radio medio geométrico (r.m.g.) = 0.9729 cm

F = Frecuencia - 60 c/s

De la fórmula anterior se tiene que:

$$X = \omega L = 2\pi f \times 60 (4.605 \log \frac{378}{0.9729} + 0.5) \times 10^{-4} \Omega/\text{km}$$

$$X = 2\pi \times 60 (4.605 \log . 388.52 + 0.5) \times 10^{-4} \Omega/\text{k},$$

$$X = 2\pi \times 60 (11.924 + 5) \times 10^{-4} \Omega/\text{km}$$

$$X = 2 \times 60 (12.424) \times 10^{-4} \Omega/\text{km}$$

$$X = 0.4683 \Omega/\text{km}$$

Para 10 km

$$X_T = 0.4683 \Omega / \text{km} \times 10 \text{ km} = 4.683 \Omega$$

$$I^1 \theta = I (\cos \theta - \text{sen } \theta)$$

$$ZI = (R + jX) I (\cos \theta - \text{sen } \theta)$$

$$\cos \theta = 0.85 \quad \text{sen } \theta = 0.527 \quad \theta = 32^\circ$$

Substituyendo valores tendremos:

$$ZI = (3.764 + j 4.863) \times 376.465 \times (0.85 - 0.527 j)$$

$$ZI = 376.405 (3.2 - 1.983 J + 3.98J - 2.467 j^2)$$

$$ZI = 376.465 (5.667 + 1.997 J)$$

$$ZI = 376.465 \times \frac{(5.667)^2 + (1.997)^2}{2}$$

$$ZI = 376.465 \times \sqrt{32.11 + 3.988} = 376.465 \sqrt{36.097}$$

$$ZI = 376.465 \times 6 = 2.258 \text{ Volts}$$

$$VB = \frac{69\ 000}{\sqrt{3}} = 39\ 838.33 \text{ Volts a lo neutro a la salida de la subestación.}$$

$$VA = VB = ZI = 39.838.33 - 2\ 258 = 37\ 580.33 \text{ Volts}$$

$$VA \text{ Fases} = 37\ 580.33 \times \sqrt{3} = 65\ 089.13 \text{ Volts entre fases en el punto de derivación.}$$

Cálculo eléctrico del ramal de la línea:

Las características para el cálculo son las siguientes:

Capacidad de la línea	7 500 KVA
Voltaje de transmisión	66 KV
Factor de Potencia	0.85 (atrás)
Frecuencia	60 e/s
Longitud	1 km
No. circuitos	1 circuito

Con los datos obtenidos anotados, se procede considerando para -

que funcionen, que las pérdidas eléctricas sean pequeñas y que la regulación no pase del 5% máximo.

El primer paso consiste en saber la cantidad de amperes que circulan por la línea. Estos se calculan de acuerdo con la carga y el voltaje de llegada a la subestación reductora empleando la fórmula siguiente:

$$I = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3}\text{kv}} = \frac{7\ 500}{1.732 \times 66} = 65.66 \text{ amps}$$

Resultan 65.66 amp por fase, los que circularán con los cuales se determina el calibre del conductor.

Para seleccionar el conductor adecuado, es necesario tener presente dos aspectos importantes: Primero es: que el conductor debe tener capacidad suficiente para transportar determinada cantidad de amperes sin que se produzca un sobrecalentamiento excesivo; el segundo es aquel relacionado con las características físicas del conductor; éste debe tener una resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a los que va a estar sometido cuando es instalado en las estructuras y que soporte las condiciones climatológicas propias de la región.

De acuerdo a lo anterior, se procede a calcular los perímetros del tramo de la línea.

SELECCION DEL CONDUCTOR

Corriente calculada = 65.66 amps

De acuerdo con el catálogo de Condumex de la Anaconda Pirelli, se seleccionó el conductor con las siguientes características:

Cable de cobre duro, desnudo, 97% de conductividad, formado de 7-hilos. Calibre 2/0.

Capacidad en Amperes = 375 amp máximo tomando en cuenta una sobre elevación de temperatura de 35°C sobre la del ambiente que es de 25°C.

Resistencia Ohmica = 0.2618  $\Omega$ /cond/km a 50°C y C.A. a 60 c/s.

Sección transversal = 67.43 mm<sup>2</sup>

Diámetro 0.414 pulg = 10.5156 mm

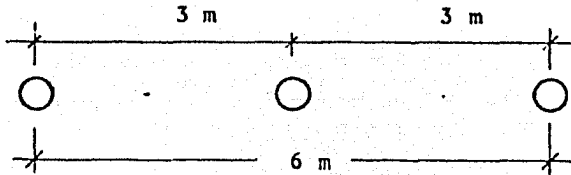
Peso: 600 kg/km

Carga de Ruptura: 2503 kg ó 37.2 kg/mm<sup>2</sup>

La selección de este calibre de conductor depende, aparte de la capacidad para conducir la corriente, la resistencia que debe presentar el conductor a los esfuerzos a los que va a estar sometido en la puesta de líneas aéreas, así como el peso propio del conductor donde está dicha derivación o línea de transmisión.

Disposición del tramo de línea, distancia equivalente y radio medio geométrico. Para nuestro caso, emplearemos una disposición -- asimétrica en la siguiente forma:





La figura muestra la separación entre centros de conductores.

El Código Nacional Eléctrico, especifica una separación entre conductores suministradores de 127 cm con una flecha de 2.0 m, en un claro de 100 m, a 16°C y sin viento.

Por otro lado señala la necesidad de prever un espacio suficiente para subir a arreglar algún desperfecto, en voltajes arriba de 15 000 voltios prevee una distancia de 90 cm como mínimo a la parte viva.

Tomando en cuenta lo anterior y considerando que las estructuras están formadas por 2 postes de concreto soportando las crucetas por los extremos, optamos por elegir una separación entre conductores de 3.0 m.

La distancia requerida equivalente para este tipo de línea y, para una separación de 3.0 y 6.0 m entre centros, resulta ser:

$$r = Deq = 3 \times 3 \times 6 = 3.78 \text{ m} = 378 \text{ cm}$$

$$r = \text{Radio medio geométrico de la tabla } 0.01252 \text{ pies} = 0.3818 \text{ cm.}$$

Debido a las características, ésta se considera como línea cortas es decir que el valor de la capacidad es muy pequeña, por lo que-

se introduce un error insignificante.

En los cálculos al despreciar el efecto de dicha capacitancia, la línea no sufre alteraciones, pudiendo tratarse como una simple impedancia concentrada y constante cuyo valor en cada fase es:

$$Z = R + J x$$

$$\text{Carga} = 7\ 500 \text{ KVA}$$

$$3Q = 60 \text{ c/s}$$

$$\text{f.p.} = \cos \theta = 0,85 \text{ (atrasado)}$$

Para ésto, necesitamos conocer el voltaje final ( $E_c$ ) conocido el voltaje al principio del normal de la línea o sea, 66 kv, se procede a calcular el voltaje final.

$$V_{cf} = \frac{66 \text{ kv}}{1,73} = 38,10 \text{ kv}$$

$$I_c = \frac{7\ 500}{\sqrt{3} \times 66} = 65,6 \text{ amp}$$

$$R = 0,2618 \text{ OHM/cond/km a } 50^\circ\text{C y } 60 \text{ c/s}$$

$$R_T = 0,2618 \times 1 \text{ km} = 0,2618 \text{ OHM/cond}$$

$$V^0 = I_c \times R_T = 65,6 \times 0,2618 = 17,17 \text{ Volts}$$

La caída de voltaje por reactancia sería de:

$$X = \omega L = 2\pi fL$$

$$L = (4,605 \log \frac{a}{n} + 0,5) \times 10^{-4} \text{ henrios/km}$$

$$X = 2 \pi f (4,605 \log \frac{a}{n} + 0,5) \times 10^{-4} \ \Omega/\text{km}$$

$$X = 2 \pi f \times 60 (4.605 \log \frac{378}{0.58188} + 0.5) \times 10^{-4} \quad \Omega/\text{km}$$

$$X = 2\pi = 60 (4.605 \log 990 + 0.5) 10^{-4} \quad \Omega/\text{km}$$

$$X = 2\pi \times 60 \times 14.3 \times 10^{-4} \quad \Omega/\text{km}$$

$$X = 0.539 \text{ OHMS/km} = 0.867 \text{ OHMS/milla}$$

$$X = 0.539 \times 1 \text{ km} = 0.539 \text{ OHMS/cond}$$

$$V_x = I_c = 0.539 \times 65.6 = 35.35 \text{ volts}$$

$$ZI = (R + jX) I (\cos \theta - j \text{sen} \theta) \quad \cos \theta = 0.85$$

$$\text{sen} \theta = 0.527$$

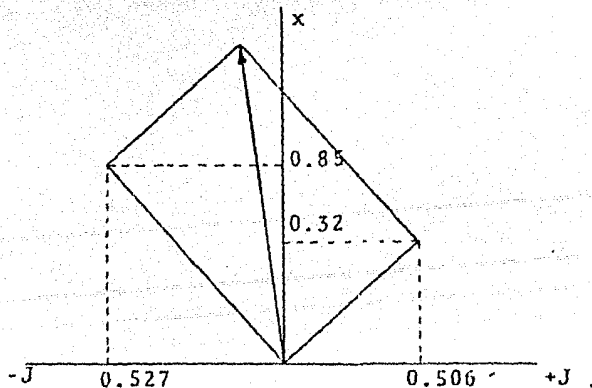
$$\theta = 32^\circ$$

$$ZI = (0.2618 + 0.539 j) 65.6 (0.85 - j 0.527)$$

$$ZI = 65.6 (0.222 - 0.138 j + 0.458 j - 0.284 j^2)$$

$$ZI = 65.6 (0.506 + 0.32 j) = 65.6 \sqrt{(0.506^2 + (0.32)^2)}$$

$$ZI = 65.6 (0.5986) = 3927 \text{ voltios}$$



Comprobando el voltaje supuesto al final de la línea es correcto:

$$V_{af} = (V_e - I_c Z_{ac}) \sqrt{3} = (30.100 - 0.03927) \sqrt{3} =$$

$$38.061 \sqrt{3} = 65.921 \text{ kVolts.}$$

CAPITULO IV

SUBESTACION

DATOS CARACTERISTICOS DEL GENERADOR Y TRANSFORMADOR C.F.E. (MANANTIAL).

GENERADOR

Potencia	KVA	35 294	45 880
Velocidad	R.P.M.	3 600	
Presión de Hidrógeno	atm sobre presión.	0.035	2.5
Corriente	Amperes	1475	1 920
Factor de Potencia		0.85	
Tensión	Volts	13 800	
Frecuencia	Ciclos/seg	60	
Eficiencia			
Fp - 1		98.2	98.5
Fp = 0.85		98.5	98.1
Corriente de Exc.	Amps.	495	570
Tensión de Exc.	Volts	185	215
Potencia de Exc.	KW	92	122

Valor de corriente de pico para el corto circuito asimétrico.	Amps.	36	300
Reactancia subtransitoria %	10.4	13.5	
Relación de corto circuito	0.8	0.615	
Incremento de voltaje al pasar de plena carga a operación.	F.P. = 1	23	20
En vacío	F.P. = 0.86	20	32
Cantidad de gas refrigerante	cm <sup>3</sup> /seg	15	
Temperatura gas frío	0°C	40	
Elev. de Temperatura	0°C	26	11

#### TRANSFORMADORES DE BLOQUE

Capacidad 45 MVA                      69 KV ± 5%/13.8 kv

Con refrigeración aire forzado.

B.C. 66 K - 300 mm<sup>2</sup>

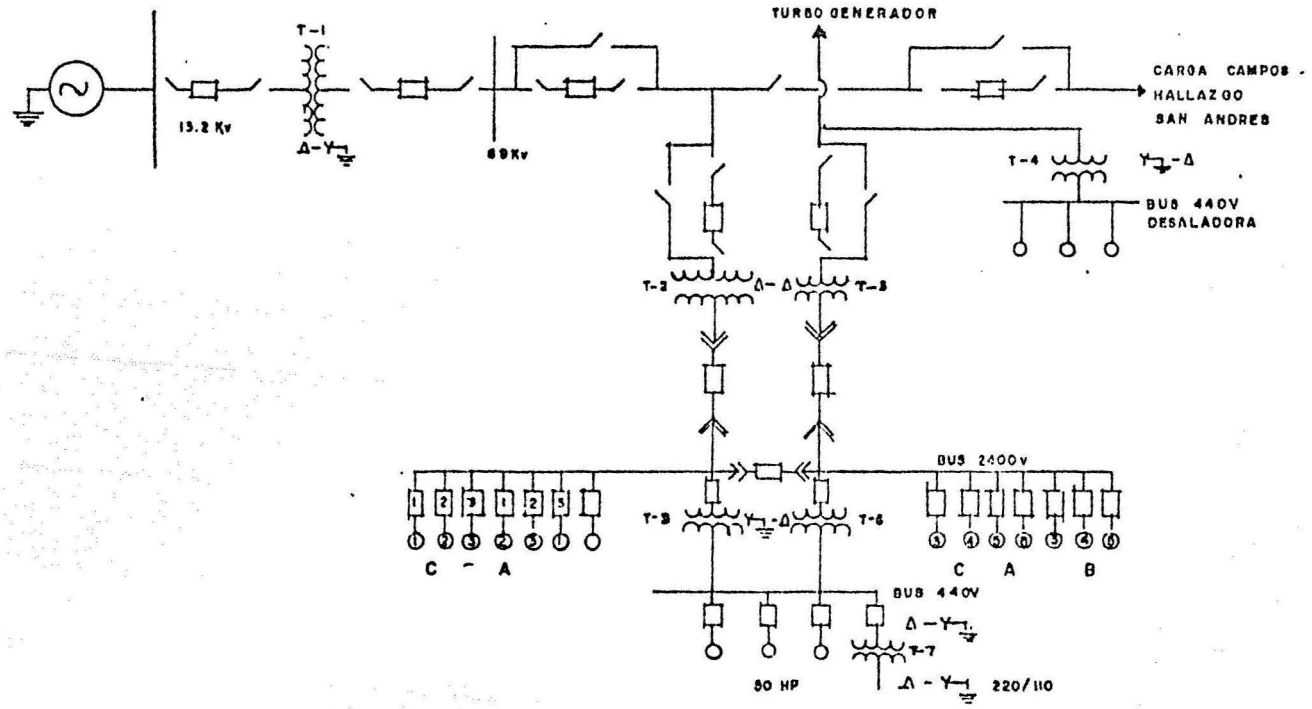
Interruptores 1 500 kva tensión trabajo 66 kv máx. 69 a 800 amp.

Apartarrayos    Tensión nominal 79 kv máx. normal 76 kv

Corriente nominal - 10 kA

Voltaje descarga - 175 KV a 5 KA

Voltaje descarga - 187 KV a 10 KA



MOTO-BOMBAS	
A	1000 HP
B	500 HP
C	250 HP

FESG - CUAUTITLAN	
DIAGRAMA UNIFILAR	
LAMINA N°	
	6

TRANSFORMADOR SIEMENS SHUCKERWERKE A G ALEMANIA

Tipo KLUM 1633 N/60 No. T 99/63 Año 1961 BD 532/59

Pot. nominal KVA 54 880 Clase PT Frecuencia 60 c/s

Corriente 74 085 servicio permanente

Tensión nominal V 69 000/13 800 Grupo de conexiones Y 05

Voltaje 67 305 Serie 60/20

Intensidad nominal a 382 1920 clase de aislamiento

Tensión corto circuito 10.9% Intensidad corto circuito KA

CL de protección duración máx. de corto circuito seg. 13

CL de refrigeración autorefrigerado temp. ambiente 42.5°C

Peso total = 56.1 Peso aceite T 10.4

EQUIPO QUE SE TIENE PARA EL CALCULO DE CORTO CIRCUITO

G <sub>1</sub>	35 000 KVA	10.4%
----------------	------------	-------

Turbo-Gen. PEMEX	10 000	
------------------	--------	--

T <sub>1</sub>	45 000 KVA	12.5%
----------------	------------	-------

T <sub>2</sub>	7 500 KVA	7.09%
----------------	-----------	-------

T <sub>3</sub>	7 500 KVA	7.09%
----------------	-----------	-------

T <sub>4</sub>	750 KVA	4.20%
----------------	---------	-------



T <sub>5</sub>	750 KVA	4.20%
T <sub>6</sub>	750 KVA	4.20%
M <sub>1</sub> - M <sub>5</sub>	1 000 H. P.	24.00%
M <sub>1</sub> - M <sub>5</sub>	500 H. P.	20.00%
M <sub>1</sub> - M <sub>4</sub>	250 HiP	16.00%
M <sub>1</sub> - M <sub>3</sub>	50 H. P.	6.00%
L <sub>1</sub>	10 km	6.00Ω
L <sub>2</sub>	1 km	0.80Ω
L <sub>3</sub> 400 MCM(AL)	40 km	13.28Ω

Pcc 3p = 10 000 kva

Carga San Andrés = 10 000 kva

Campos "Hallazgo"

Pcc Ø = 8 000 kva

Valores de las impedancias calculadas

Refiriéndonos a una potencia base de 35 000 KVA tendremos que:

$$XG1 - 10.4\% \quad Z_{pu} = 0.104$$

$$XT_1 - 12.5\% \quad Z_{pu} = Z\% \times \frac{\text{Potencia base}}{\text{Potencia dada}} = \frac{0.125 \times 35\ 000}{45\ 000}$$

$$= 0.0972$$

$$XT_2 - 7.09\% \quad Z_{pu} = Z_{pu} - \frac{0.709 \times 35\ 000}{7\ 500} = 0.3308$$

$$XT_3 - 7.09\% \quad Z_{pu} = \frac{0.0709 \times 35\ 000}{7\ 500} = 0.3308$$

$$XT_4 = 4.2\% \quad Z_{pu} = \frac{0.042 \times 35\ 000}{750} = 1.876$$

$$XT_5 - 4.2\% \quad Z_{pu} = \frac{0.042 \times 35\,000}{750} = 1.876$$

$$XT_6 - 4.2\% \quad Z_{pu} = \frac{0.042 \times 35\,000}{750} = 1.876$$

Suponiendo que  $I_{HIP} = IKVA$  para  $fp = 0.85$  N 90%

$$Xn1 \quad M5 \quad 1\,000 \text{ HP} \quad 24\% \quad Z_{pu} = \frac{0.24 \times 35\,000}{1\,000} = 8.40$$

$$Xm1 \quad M5 \quad 500 \text{ HP} \quad 20\% \quad Z_{pu} = \frac{0.20 \times 35\,000}{500} = 14.00$$

$$Xm1 \quad M4 \quad 250 \text{ HP} \quad 16\% \quad Z_{pu} = \frac{0.16 \times 35\,000}{250} = 22.40$$

$$Xm1 \quad M3 \quad 50 \text{ HP} \quad 6\% \quad Z_{pu} = \frac{0.06 \times 35\,000}{50} = 42.00$$

$$XL1 \quad 6R \quad Z_{pu} = \frac{Z_R \times MVAL}{(KVh)^2} = \frac{6 \times 35}{(766)^2} = 0.0482$$

$$XL2 \quad 0.8R \quad Z_{pu} = \frac{0.8 \times 35}{(66)^2} = 0.0064$$

$$XL3 \quad 13.28 \quad Z_{pu} = \frac{13.28 \times 35}{(66)^2} = 0.1067$$

Carga San Andrés 10 000 KVA

$$Z_{pu} = \frac{10\,000}{35\,000} = 0.286 \text{ p.u.}$$

CALCULO DE CORTO CIRCUITO

FUENTES DE CORTO CIRCUITO

Generadores

Motores síncronos

Motores de Inducción

La corriente de corto circuito está limitada solamente por la impedancia del generador y la del corto circuito comprendido entre el generador y la falla.

¿Cómo se producen las corrientes de corto circuito?

Durante un corto circuito, los generadores continúan produciendo tensión, porque la excitación del campo se mantiene y el motor -- primario hace girar el generador a una velocidad prácticamente -- igual a la normal, la tensión generada produce una corriente de -- corto circuito de gran magnitud que circula desde el generador ha -- cia el punto de falla.

Los motores síncronos, por estar contruídos fundamentalmente como los generadores, es decir que tiene un campo excitado por corriente continua y un arrollamiento en el estator en que circula corriente alterna, son capaces de producir corrientes de corto -- circuito.

Normalmente los motores síncronos absorben corriente alterna de la línea y transforman energía eléctrica en energía mecánica.

La construcción del motor síncrono es semejante al de un generador que puede producir energía eléctrica en la misma forma que un generador, accionando el motor síncrono con otro motor primario.

Durante el corto circuito, la tensión se abate, reduciéndose a un valor muy bajo; en consecuencia, el motor síncrono conectado a él

deja de entregar energía a la carga mecánica y comienza a disminuir su velocidad.

Sin embargo la inercia de la carga en el motor tiende a evitar el cambio brusco de velocidad; en otras palabras la energía de inercia de rotación de la carga y del motor mueven al motor síncrono en forma similar a la que podría serlo un motor primario que accionara a un generador, el motor síncrono se transforma entonces en un generador y suministra la corriente de corto circuito durante muchos ciclos después de producida la falla en el sistema.

El valor de la corriente de corto circuito es prácticamente igual a la corriente de arranque con la tensión normal.

#### REGIMENES BASICOS DE LOS INTERRUPTORES

El tiempo total (de algunos ciclos) que requiere el interruptor para abrir el circuito e interrumpir la corriente de corto circuito está formado por intervalos parciales que se requieren para:

- 1.- Que se ciérren los contactos de los reelevadores de protección.
- 2.- Que la bobina de desganche mueva su núcleo para liberar el mecanismo correspondiente.
- 3.- Que se separen los contactos del interruptor.
- 4.- Que el dispositivo interrumpa la corriente de corto circuito en la cámara de arco. Durante todo este tiempo, las corrientes

tes de corto circuito producen elevados esfuerzos mecánicos -  
en el interior del interruptor y en otras partes del circuito

Estos esfuerzos se producen simultáneamente, en fase con la co --  
rriente y varían de acuerdo con el cuadrado de la intensidad.

La corriente de corto circuito es máxima durante el primer ciclo,  
por consiguiente, los esfuerzos mecánicos en los interruptores --  
son máximos durante el primer medio ciclo en que circula la co --  
rriente de corto circuito.

Como el mecanismo se tarda 4 ó 5 ciclos para actuar, la corriente  
de corto circuito, generalmente es menor que la del primer medio-  
ciclo.

Lo que ha conducido a establecer dos regímenes de corriente de --  
corto circuito en los interruptores.

- 1.- El régimen de trabajo instantáneo que se relaciona con su ca-  
pacidad para soportar los esfuerzos mecánicos.
- 2.- El régimen de interrupción relacionado con su capacidad para-  
interrumpir la circulación de la corriente de corto circuito-  
en sus elementos de corte.

#### DATOS PARA EL CALCULO DE CORTO CIRCUITO

La máxima corriente de corto circuito la proporciona la energía -  
eléctrica (generadores) y el error que se comete al despreciar al

guna de las fuentes (motores, línea, condensadores, etc); en un sistema pequeño como el de este caso, es de poca consideración, simplificando en gran parte los cálculos, además, cuando se selecciona un interruptor, se toma la potencia interruptiva próxima superior, lo que en la mayoría de los casos compensa el error cometido.

El equipo con el que se cuenta, se nota en el esquema adyacente.

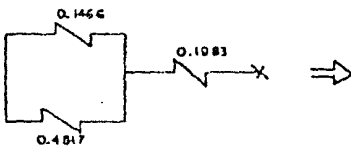
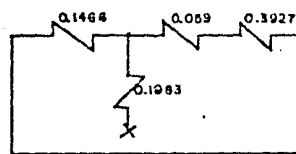
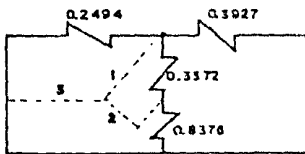
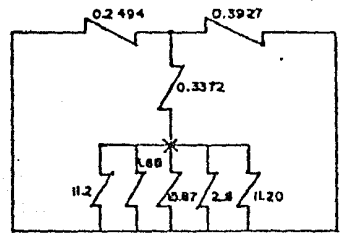
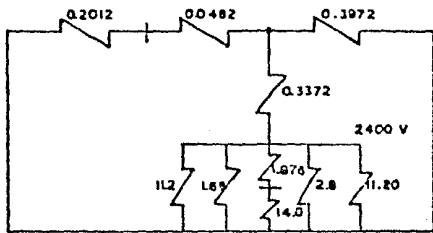
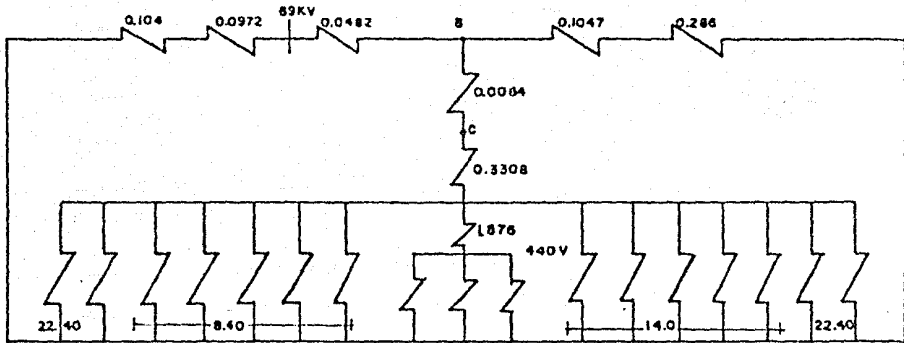
Los motores alimentados desde una subestación pueden tener potencia que varíen desde una fracción de HP, hasta varios miles de HP y, todos los motores que funcionan en el momento en que se produce el corto circuito contribuyen a la corriente de falla total y, por consiguiente, deben ser tenidos en cuenta.

Para estos motores se conectan y desconectan del circuito y es prácticamente imposible predecir cuáles estarán en la línea en el momento en que se produzca el corto circuito.

Es necesario tener en cuenta además que resultaría poco práctico el obtener las características de todos los pequeños motores. En estos casos se puede emplear con resultados satisfactorios el procedimiento de representar la reactancia combinada de un grupo de motores de diverso tipo.

En los sistemas de tensiones de menos de 600 watts se supondrá que la potencia máxima de los motores que funcionan en cualquier instante, es del 59% del régimen en KVA combinado el transforma

EL PRIMER PASO PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE UN CORTO CIRCUITO, LO CONSTITUYE LA PROPORCION DE UN DIAGRAMA UNIFILAR QUE MUESTRA TODAS LAS FUENTES DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO, CON VOLTAJES DE FASE A NEUTRO Y CORRIENTE DE LINEA.

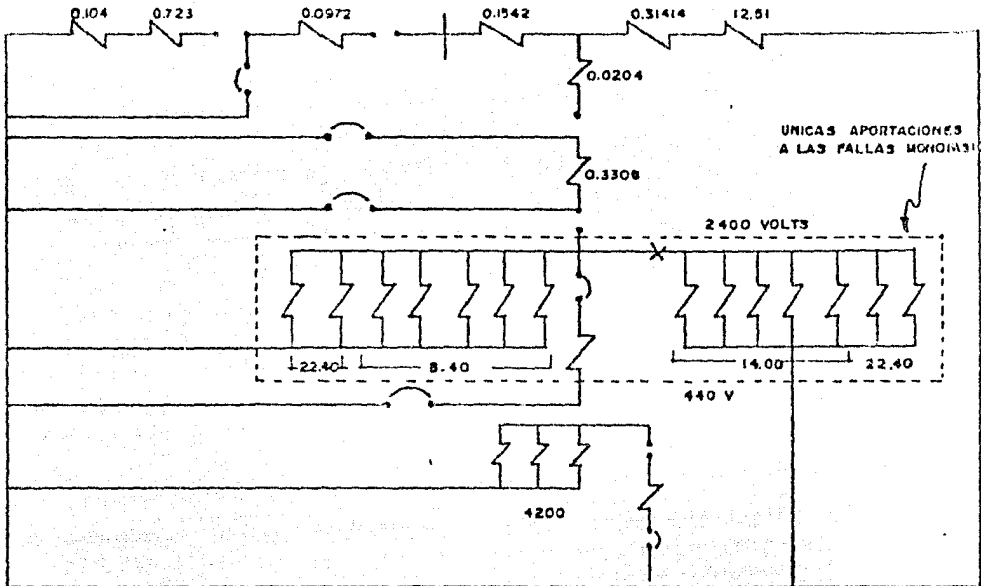


POTENCIA BASE 35 000 KVA

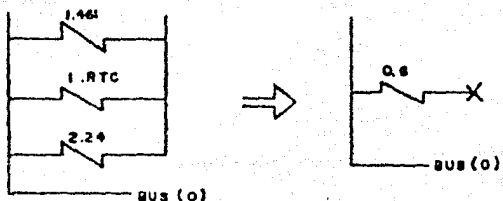
$$P_{cc\ 3\ \phi} = \frac{KVA_B}{Z_{pu}} = \frac{35\ 000}{0.3089}$$

$$P_{cc\ 3\ \phi} = 113\ 272.42\ KVA$$

$$I_{cc\ 3\ \phi} = \frac{P_{cc\ 3\ \phi}}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{113\ 272.48}{\sqrt{3} \times 2.4} = 27\ 249.9\ Amp$$



BUS O



$$P_{cc} 3\phi = \frac{3 \times MVAb}{2 X_1 + X_0}$$

$$P_{cc} 3\phi = \frac{3 \times 35}{2(0.3449) + 0.6} = \frac{105}{1.2898} = 81.407 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} \phi = \frac{MVAb \times 10^3}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{81407}{\sqrt{3} \times 2.4} = 19584. \text{ A}$$

**CALCULO DE CORRIENTE EN UN PUNTO ESPECIFICO DE PROTECCION Y DE VOLTAJE**



dor reductor y en el caso de sistemas con tensión de más de 600 - voltios se supondrá que la potencia máxima de los motores que funcionan en cualquier instante es el 100% del régimen en KVA, combinado del transformador reductor a generador.

El primer paso para realizar el estudio de un corto circuito, lo constituye la proporción de un diagrama unifilar que muestra todas las fuentes de corriente de corto circuito, con voltajes de fase a neutro y corriente de línea.

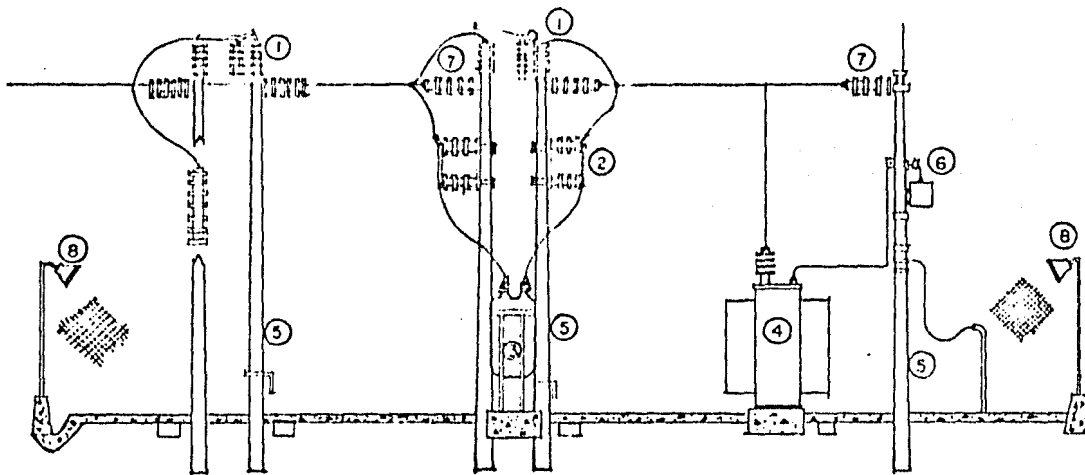
En la transformación de la energía eléctrica, ya sea con fines industriales, comerciales o de uso residencial, intervienen una --- gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico.

Todo este conjunto se conoce con el nombre de subestación eléctrica.

Una subestación eléctrica no es mas que un conjunto de instrumentos y dispositivos que permiten cambiar las características de la energía eléctrica (voltaje y corriente) y los elementos que constituyen a éste se pueden clasificar en principales y secundarios.

Los elementos principales son: Transformador, interruptor de potencia, restaurador, cuchilla fusible, cuchilla desconectadora, - apartarrayos, condensadores, transformadores de instrumentos.

Los elementos secundarios son: Cables de potencia, cables de control, alumbrado, estructuras, herrajes, equipo contra incendio, - equipo de filtrado de aceite, sistema de fierro.



### MATERIAL

1. CUCHILLAS DESCONECTADORAS DE OPERACION SIMULTANEA 80KV 600AMP
2. CUCHILLAS DESCONECTADORAS SOLIDAS
3. INTERRUPTOR EN ACEITE 69KV 600AMP
4. TRANSFORMADOR TRIFASICO KVA
5. POSTE DE CONCRETO REFORZADO 106 M (35 Pies)
6. CUCHILLA DESCONECTADORA PORTAFUSIBLE 2.4 KV
7. AISLADOR TIPO SUSPENSION PARA 66 KV
8. REFLECTOR DE HAZ AMPLIO

### SIMBOLOGIA

- CUCHILLA DESC. DE OPER. SIMULTANEA
- CUCHILLA DESC. SOL. DE OPER. CON GARROCHA
- CUCHILLA PORTAFUSIBLE
- TRANSFORMADOR
- MUFA DE ENTRADA
- INTERRUPTOR EN ACEITE
- MOTORES
- LAMPARA
- CABLE
- ALAMBRE
- REGISTRO DE TIERRA

FES CUAUTITLAN	
SUBESTACION	REDUCTORA
CAPITULO	TESIS PROF.
8	

- CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES
- a) Por su operación
    - 1.- De corriente alterna
    - 2.- De corriente continúa
  
  - b) Por su servicio
    - 1.- Receptores de devanadores.
    - 2.- Receptores reductoras
    - 3.- De enlace o distribución.
    - 4.- De switcheo
    - 5.- Convertidoras o rectificadoras.
  
  - c) Por su construcción.
    - 1.- Tipo de intemperie
    - 2.- Tipo blindado
    - 3.- Tipo interior

La subestación será reductora debido a que la línea que opera a - 66 000 voltios, por lo que será necesario instalar un transformador de capacidad reductiva de 66 000/2 400 voltios, para que los motores se encuentren alimentados a este voltaje que es en sí un voltaje de operación.

#### SELECCION DEL INTERRUPTOR

El control más económico y más empleado para los motores Jaula de Ardilla es el arranque directo sobre la línea.

Este tipo de control tiene como inconvenientes la aplicación súbita de un par mayor que el de plena carga, lo que puede matar a la flecha y, la caída de voltaje en la línea del motor, debido a la-

alta corriente de arranque del mismo.

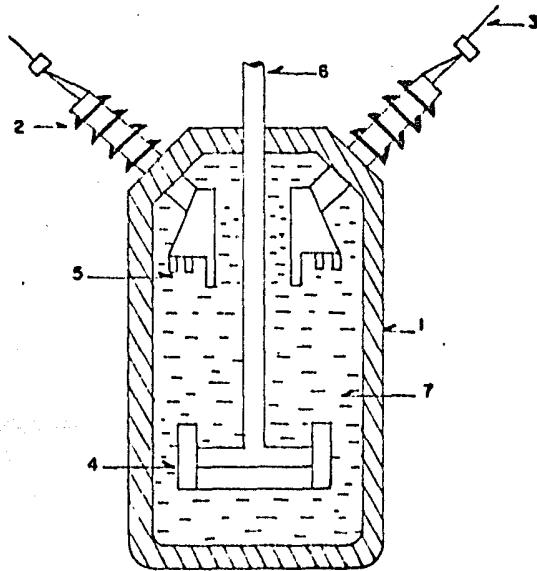
Estas perturbaciones pueden originar parpadeos en las lámparas y hasta que los otros motores se paren.

Por estas razones, las compañías de luz obligan a usar arrancadores, mientras que en las fábricas poseen sus propias plantas o subestaciones, el cual, este último método es el más empleado comúnmente.

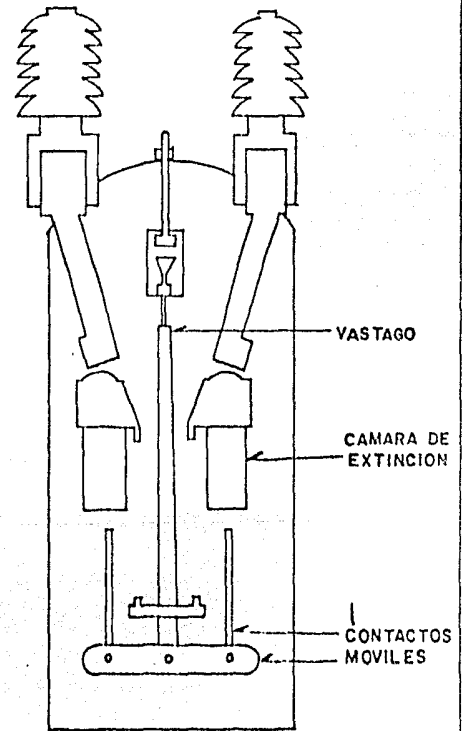
Por lo que se escogerá un interruptor que conste principalmente de lo siguiente.

- 1o.- Que sea de aceite
- 2o.- Con tensión KV del circuito a que se puede conectar con un 10% más de regulación.
- 3o.- El régimen de interrupción en MVA a los KV respectivamente.
- 4o.- El voltaje mínimo de funcionamiento, para los cuales el interruptor puede cortar los MVA nominales, disminuyendo esta capacidad con el voltaje.
- 5o.- Los KV suficientes a baja frecuencia. (Es el voltaje que debe soportar a 60 ciclos/segundo).
- 6o.- Los KV máximo de impulso. Es una medida de capacidad para soportar sobre tensiones provocadas por descargas atmosféricas u otros factores.
- 7o.- El régimen de corriente normal, es la intensidad de carga que el interruptor puede soportar continuamente sin que se excedan los límites de temperaturas admisibles. Siendo un amperaje muy superior al que demandan los motores, pero es necesario, debido a que los interruptores de menor capacidad,

INTERRUPTOR DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE



- 1.- TANQUE O RECIPIENTE
- 2.- BOQUILLAS
- 3.- CONECTORES
- 4.- CONTACTOS MOVILES
- 5.- CONTACTOS FIJOS
- 6.- VASTAGO
- 7.- ACEITE DE REFRIGERACION



soportan una potencia de corto circuito menor de lo calculado.

- 80.- El régimen de corta duración instantánea. Es el amperaje máximo que pueden interrumpir durante el corto circuito. Es tan importante como la capacidad en MVA de interrupción y va inmediatamente relacionado con sus características de resistencia mecánica, ya que los esfuerzos a que se somete, varían con el cuadrado de intensidad.
- 90.- Régimen de intensidad de 4 segs. Es el amperaje máximo que puede soportar el interruptor en la posición de cerrado durante 4 seg.
- 100.- Tiempo de interrupción.- Es el tiempo máximo de desconexión desde que se aplica la tensión a la bobina de disparo hasta que el interruptor corta completamente el circuito de falla, se expresa en ciclos, tomando en cuenta y como base la frecuencia de 60 HZ.
- 110.- Los interruptores de alimentación y enlace se escogerán de las mismas características, únicamente que deberán tener un régimen de corriente normal, ya que el transformador puede suministrar un menor amperaje.

#### PEDIDO DEL INTERRUPTOR

El pedido se hace en función de la corriente de corto circuito, ya que ésta es la que va a estar capacitada para interrumpir.

Por lo que el interruptor general que protegerá a los motores tendrá las siguientes características:

- a) Capacidad normal

- b) Capacidad interruptiva o de falla
- c) Capacidad de tiempo corto
- d) Voltaje normal
- e) Ciclo de operación

a) Capacidad Normal.- Se designa en amperes y en la magnitud de la corriente que el interruptor pueda conducir durante tiempo indefinido, sin que el calentamiento de los contactos o el aceite exceda a la temperatura de operación a la que está operando normalmente y que se considera de 30°C sobre el ambiente.

b) Capacidad Interruptiva o de Falla.- Se designa en amperes o KVA en amperes. Es la capacidad que tiene el interruptor de cortar una corriente de corto circuito cierto número de veces y a intervalos predeterminados sin que los contactos del interruptor sean destruidos o dañados, de manera que el interruptor pueda seguir conduciendo la corriente normal.

La capacidad KVA es la potencia que el interruptor pueda cortarla bajo condiciones de corto circuito.

Esta potencia se determina por la corriente de corto circuito y el voltaje de operación.

El interruptor, llamado también en lenguaje técnico "disyuntor", es un aparato destinado a establecer o a cortar la con-

tinuidad de un circuito eléctrico bajo carga y, construido de tal modo, que esta continuidad puede ser mantenida después de cada ma niobra de cierre o de apertura.

Tiene pues, por objeto, insertar en un sistema eléctrico o reti - rar de él aparatos, máquinas, líneas e interrumpir el circuito -- cuando se produce una sobrecorriente

Esta interrupción se realiza automáticamente para que el tiempo - preciso a la misma sea breve y graduado a voluntad.

Al iniciarse la interrupción de la corriente, se forma entre los - contactos que se separarán, un arco, cuya extinción tiene lugar - en un tiempo reducido y, que depende de la construcción y de la - clase del interruptor, así como del circuito que se interrumpa -- por causa del defecto es fuertemente inductivo, la tensión y la - corriente de corriente de corto circuito presentan un desfase muy importante (cerca de  $90^{\circ}$ C) y ello es causa de la corriente y la - tensión no se anule al mismo tiempo.

Esto es desfavorable para la extinción, porque el paso por cero - de la corriente, la tensión subsiste y el funcionamiento del inte - rruptor debe estar previsto para que realice su cometido con un - desfase mínimo señalado en las normas de las pruebas a que deben - someterse los interruptores para su recepción.

La rapidez lograda en el funcionamiento de los interruptores mo - dernos en relación con los tipos normales se desprende de los da-



tos siguientes: Desde que el relé cierra sus contactos y determina la intervención del interruptor, hasta el final de la interrupción, transcurre en los disyuntores modernos un tiempo comprendido entre 2.4 y 4 ciclos mientras los normales, este tiempo se eleva hasta 8 ciclos y aún más en los pequeños interruptores desprovistos de cámara de extinción.

- a) Interruptor en baño de aceite
- b) Interruptores de reducido volumen de aceite
- c) Interruptores neumáticos
- d) Interruptores de expansión

## CARACTERISTICAS DE LOS INTERRUPTORES DE ALTA TENSION

### INTERRUPTOR DE POTENCIA EN ACEITE

#### CIRCUITO DE OPERACION

Voltaje nominal	115 KV
Frecuencia	60 C.P.S.
Fases	3
Conexión a tierra	Salida
No. de Polos	3

#### CARACTERISTICAS NOMINALES:

Voltaje de diseño	115 KV
Voltaje máximo de diseño	121 KV
Voltaje mínimo de operación	110 KV
Nivel de aislamiento	650 KV
Corriente Nominal	1 200 Amp
Corriente momentánea máxima	39 000 Amp
Corriente de 4 segundos	26 000 Amp
Capacidad interruptiva	5 000 MVA
Tiempo de cierre	5 ciclos
Tiempo de interrupción	3 ciclos
Tiempo de cierre automático	20 ciclos
Medio de interrupción del arco	Volumen de Aceite
Tipo de mecanismo de operación	Electro-Neumático

Dispositivo de apertura	Bobina en paralelo
Circuito de Control	125 V.C.D.
Circuito alimentación ventiladores	220 V.C.A.

### INTERRUPTOR EN PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE

#### CIRCUITO DE OPERACION

Voltaje nominal	2 400 Volts
Frecuencia	60 C.P.S.
Fases	3
Conexión a tierra	Salida
No. de Polos	3

#### CAPACIDAD Y NIVELES DE AISLAMIENTO

Voltaje de diseño	2 400 Volts
Voltaje máximo	2 950 Volts
Voltaje mínimo	2 400 Volts
Corriente nominal	1 200 Amps
Corriente de corto circuito	40 Kamp
Corriente de 4 seg en KA	55 Kamp
Tiempo de apertura	5 ciclos
Capacidad interruptiva	2 500 MVA
Pruebas de <u>baja</u> frecuencia	160 KV
Impulso de onda completa y	

Dispositivo de apertura	Bobina en paralelo
Circuito de Control	125 V.C.D.
Circuito alimentación ventiladores	220 V.C.A.

### INTERRUPTOR EN PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE

#### CIRCUITO DE OPERACION

Voltaje nominal	2 400 Volts
Frecuencia	60 C.P.S.
Fases	3
Conexión a tierra	Salida
No. de Polos	3

#### CAPACIDAD Y NIVELES DE AISLAMIENTO

Voltaje de diseño	2 400 Volts
Voltaje máximo	2 950 Volts
Voltaje mínimo	2 400 Volts
Corriente nominal	1 200 Amps
Corriente de corto circuito	40 Kamp
Corriente de 4 seg en KA	55 Kamp
Tiempo de apertura	5 ciclos
Capacidad interruptiva	2 500 MVA
Pruebas de <u>baja</u> frecuencia	160 KV
Impulso de onda completa y	

cresta	350 KV
Impulso de onda cortada en la cresta	402 KV
Tiempo de flameo	3 segundos
Voltaje de control	125 V.C.D.

## TRANSFORMADOR

El transformador es una máquina estática que transforma energía eléctrica de un circuito a otro, conservando la frecuencia constante.

Los elementos que constituyen un transformador son: Núcleo de circuito magnético, devanados, aislamientos, aislantes, tanques o recipientes, boquillas, ganchos de sujeción, válvula de carga de aceite, válvula de drene, tanque conservador, tubos radiadores, base para rolar placa de tierra, placa de características, termómetro, manómetro y taps.

PEMEX, de acuerdo a la norma 2.346-031, pide se cubra los requisitos mínimos para construcción, adquisición y recepción.

Conociendo que un transformador es un dispositivo eléctrico que por inducción electromagnética, transforma energía eléctrica de uno o más circuitos acoplado inductivamente a la misma frecuencia y cambiando usualmente los valores de tensión y corriente.

La capacidad nominal, que es la potencia que el devanado secunda-

rio del transformador debe suministrar en un tiempo especificado (continuo o limitado), a la tensión o frecuencia nominales sin exceder los límites de temperatura correspondientes. De éstas dependerá la tensión nominal de acuerdo con las características de operación y funcionamiento del transformador.

El desplazamiento angular, que es el ángulo expresado en grados, entre el vector que representa tensión de la línea a neutro en la fase correspondiente en el lado de baja tensión se deberá precisar la secuencia de fases cuyo orden de los vectores de tensión o de corriente de un sistema trifásico, pasen frente a un punto al considerar que éstos giran en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj.

La frecuencia es la de el papel más importante, ya que determina el número de veces que una corriente alterna repite su ciclo en un segundo, su medida se establece en Hertz (ciclos por segundo) y es el valor recíproco del periodo.

La rigidez dieléctrica que es la propiedad de un dieléctrico de oponerse a una descarga de ruptura, ésta se mide por la intensidad del campo eléctrico, con lo que se rompe un espesor determinado dieléctrico.

Los transformadores se clasifican de la siguiente forma:

- 1.- Por el número de fases:

a) Monofásicos

b) Trifásicos

2.- Por la forma de su núcleo:

a) Tipo acorazado

b) Tipo columna

c) Tipo envolvente

d) Tipo radial

3.- Por el medio refrigerante:

a) Aire

b) Aceite

c) Líquido inerte

4.- Por el tipo de enfriamiento:

a) Tipo OA

TIPO OA

Sumergido en aceite con enfriamiento propio, por lo general --- transformadores de más de 50 KV o menores, pueden tener como medio de enfriamiento líquido inerte aislante en lugar de aceite.

TIPO OW

Sumergido en aceite y enfriado en agua. En este tipo de transformadores, el agua de enfriamiento es conducida por serpentines, -- los cuales están en contacto con el aceite aislante del transfor-

mador. El aceite circula alrededor de los serpentines por convección natural.

#### TIPO OA - FA

Sumergido en aceite con enfriamiento propio, enfriamiento con --- aire forzado. Este transformador es básicamente un OA, con adi -- ción de ventiladores y bombas para circulación de aceite.

#### TIPO OFA

Sumergido en aceite, enfriado con aceite forzado, enfriador con - aceite forzado. Este tipo de transformadores es usado únicamente donde se desee que operen al mismo tiempo las bombas de aceite y ventiladores.

#### TIPO AA

Tipo seco, con enfriamiento propio, no contiene aceite ni otros - líquidos para enfriamiento. Son usados en voltajes nominales meno res de 15 KV en pequeñas capacidades.

#### TIPO AFA

Tipo seco, enfriado por aire forzado. Este tipo de transformador tiene una capacidad simple, basada en la circulación de aire forzado por ventiladores o sopladores.

Por el tipo de regulación los transformadores pueden ser:

a) Regulación fija



- b) Regulación variable con carga
- c) Regulación variable sin carga

Por el tipo de operación:

- a) De potencia
- b) De subestación
- c) De distribución
- d) De alumbrado
- e) De instrumentos

Por el tipo de conexión: Primario - Secundario:

- a) Delta
- b) Estrella
- c) Delta abierta
- d) Zig Zag
- e) Scott

De acuerdo con las condiciones antes mencionadas seleccionamos -  
nuestros dos transformadores:

Hemos hecho el uso de los dos transformadores para el supuesto -  
caso de que cualquiera de los dos nos falte o se le tenga que --  
dar mantenimiento y, como el servicio eléctrico que debemos te -  
ner en nuestra estación de bombeo debe ser continuo.

Las características de estos transformadores son las siguientes:

Capacidad	7 500 KVA
Relación de transformación	66 000/2 400 Volts
Número de fases	Trifásico
Frecuencia	60 Hertz
Tipo de conexión	Delta en el lado de alta y delta en el lado de baja.

#### BOQUILLAS Y TERMINALES

Los transformadores deben estar equipados con boquillas cuyo aislamiento no sea de menor clase que la de la terminal de devanado.

- 1.- Las boquillas del lado de alta tensión de 23 KV en adelante, se localizan en la tapa.
- 2.- Las boquillas de los lados de baja tensión entre 600 Volts y 15 KV podrán estar localizadas en la tapa o el costado del tanque, según se requiera.

La impedancia y su tolerancia.- La impedancia se expresa usualmente en por ciento (%), la tolerancia de la impedancia de un transformador de dos devanados es de 7.5% del valor garantizado.

#### RELACION DE TRANSFORMACION

Es el resultado de la relación de vueltas de los devanados primario y secundario. La tolerancia para la relación de transformación, medida cuando el transformador esté sin carga, debe ser de 0.5% en sus derivaciones.

## REGULACION

La regulación se calcula a partir de las tensiones de impedancia y los watts de pérdida debidas a la carga medida directamente. -- La regulación no debe exceder a las especificaciones en más de -- 7.5% para transformadores de 2 devanados.

## DESIGNACION DE TERMINALES

Los transformadores sujetos a esta norma deben ser apropiados para operar a su capacidad nominal, siempre que la temperatura del ambiente no exceda de 40°C y la temperatura promedio del ambiente durante cualquier periodo de 24 horas no exceda de 30°C.

## ALTITUD DE OPERACION SUPERIORES A LA NOMINAL

Deben ser capaces de operar:

- 1.- Con 5% arriba de la tensión nominal del secundario a capacidad nominal en KVA, sin exceder los límites sobre elevación de temperatura.
- 2.- Con 10% de la tensión nominal, el secundario sin exceder los límites de sobre-elevación de temperatura.

## RIGIDEZ DIELECTRICA

La rigidez dieléctrica del líquido aislante nuevo no debe de ser menor de 30 KV, medida con los electrodos planos de sección circular de 25.4 mm de diámetro, separados 254 mm.

## ESPECIFICACIONES MECANICAS

Tanque. Debe estar construido de tal manera que, cuando esté totalmente ensamblado, sea capaz de resistir sin deformación permanente, la presión de operación que resulte del sistema de preservación del líquido aislante usado. El acabado deberá de ser de tal manera que lo proteja de la corrosión, el cual a su vez, debe tener una buena adherencia al tanque.

## ACCESORIOS

Conexiones a Tierra. Se encuentran especificados en A y B. Analizando cada uno, nos inclinamos por la ponencia B y ésta debe ser o consistir en una placa de acero cobrizado, de acero inoxidable de 50 mm por 90 mm, con dos agujeros cuyos centros estén espaciados 50 mm y cuerda normal para tornillos de 12.7 mm (1/2") de diámetro localizado en la parte inferior del tanque.

## INDICADORES

Marca en el nivel del líquido aislante: Se debe indicar por medio de una marca visible al quitar la tapa, el nivel del líquido a 25°C.

Se deberá contar con un tapón de drenaje y muestreo. Debe suministrarse un tapón combinado para drenaje y muestreo localizado en la parte inferior del lado de baja tensión.

TRANSFORMADOR I.E.S.A. (INDUSTRIAL ELECTRICA, S.A.)

Capacidad 7 500 - 9 000  
Enfriamiento OA - FA  
Frecuencia 60 Hertz

ALTA TENSION

IMPEDANCIA 7 500 KVA

VOLTS	AMPERES	AMPERES
72 500	59.6	71.0
70 666	61.6	73.2
68 600	62.5	75.6
67 650	64.6	76.8
66 000	65.6	78.7
64 300	67.8	80.7
62 700	89.1	82.9

BAJA TENSION 2 400 VOLTS

PESO APROXIMADO	KVA	KVA
1 000 kg	7 500	9 000
	Amp. 1 804	2 185

Accite Pemex No. 1 . . . . . Peso Tanque = 5 300 kg

Líquido: 3 700 kg 6 10 200 lts

Peso total: 24 000 kgs

DELTA MEX, S.A.

TRANSFORMADOR EN ACEITE R y G

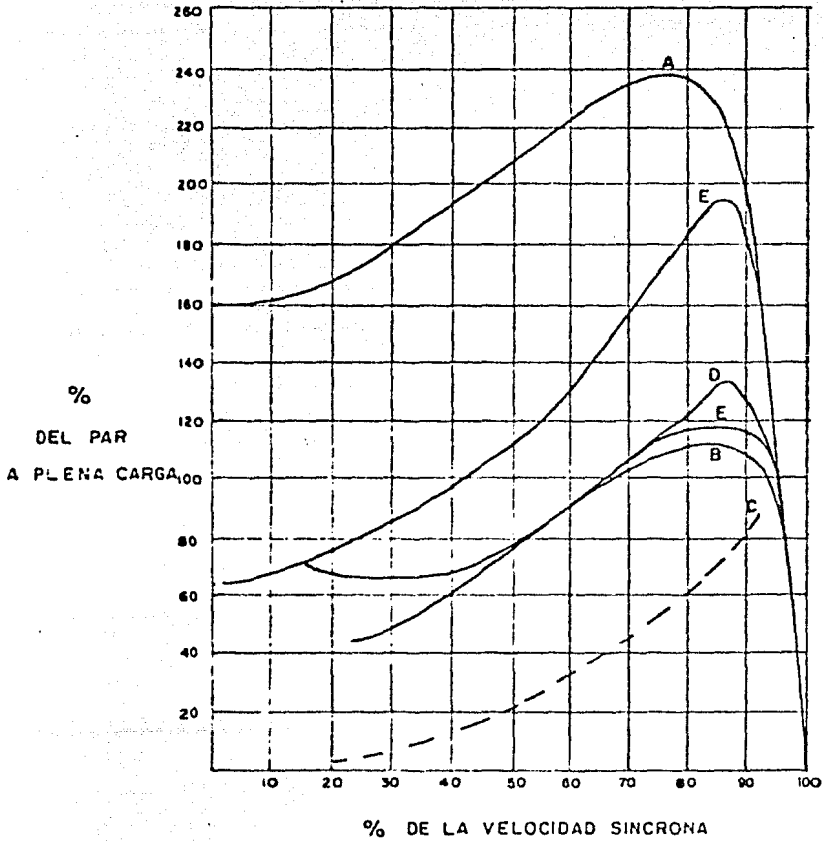
KVA: 150                      No. 19702                      Serie: 7.577  
VOLTS: 480/220/127              Fases 3              Frecuencia: 60  
IMPEDANCIA A 60 Hertz a 75°C      Clase OA      Elevación: 55°C  
ALTITUD: 1 000 M.S.N.M.      INST.: 0.01      NBI: 30  
LTS. ACEITE: 420              TOTAL KGS: 1 330  
CONEXION:      DELTA - ESTRELLA  
MARCADOR DE NIVEL:      TERMOMETRO

#### EQUIPO DE CONTROL MOTORES DE INDUCCION

Los sistemas de arranque directo sobre la línea son los más sencillos, confiables y fáciles de mantener y, deberán seleccionarse siempre que se puede, su principal limitación, son los disturbios que pudiera ocasionar o causar en el sistema, debido a la corriente de arranque.

El arranque o voltaje reducido se utiliza, ya sea para reducir las corrientes de arranque y por lo tanto las caídas de tensión durante el arranque del motor, o bien, para reducir los pares de aceleración y proporcionar a la máquina un arranque amortiguado.

Usualmente en estos sistemas de arranque, el elemento principal



- A.- PAR A PLENA TENSION
- B.- ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR
- C.- ARRANQUE CON RESISTOR
- D.- ARRANQUE CON REACTOR
- E.- ARRANQUE CON REACTOR (65% DE LA TENSION)

LAMINA # 10

CARACTERISTICAS DEL PAR DE ACELERACION

es el contactor manual o magnético, que tiene la función de conectar y desconectar el motor a la línea y que trabaja en relación muy directa con el equipo de control y los dispositivos de protección, proporcionando este sistema el arranque voluntario o automático, local o remoto y protección contra sobrecarga y bajo voltaje.

Sin embargo, en estas condiciones, aún no está protegido contra corto circuito, por lo cual se requieren unos fusibles o un interruptor dependiendo de la capacidad del motor.

En el caso de sistemas de arranque de motores de tensión media -- (2 300 y 5000 volts), el equipo básico, es similar al usado en baja tensión, excepto que sus características son adecuadas para estos voltajes utilizando además transformadores de control para reducir la tensión a un valor seguro en el circuito de control, --- usualmente 120 voltios y transformadores de corriente para aislar los relevadores de sobrecarga que no estén diseñados para trabajar en tensiones superiores a 600 volts.

Nuestro equipo para esta aplicación es el conocido como Ampgard y que incluye lo siguiente:

- 1 Switch desconectador bloqueado con el contactor y con la puerta del compartimiento.
- 1 Juego de fusibles limitadores de corriente para protección de corto circuito.



- 1 Contactor de aire (2 ó 3 en voltaje reducido)
- 1 Transformador de control
- 1 Juego de transformadores de corriente

## METODOS DE ARRANQUE

### ARRANCADORES DE MOTORES ELECTRICOS

Los problemas involucrados en la aplicación de motores de inducción, se relacionan tanto a las condiciones de arranque como a las de operación normal.

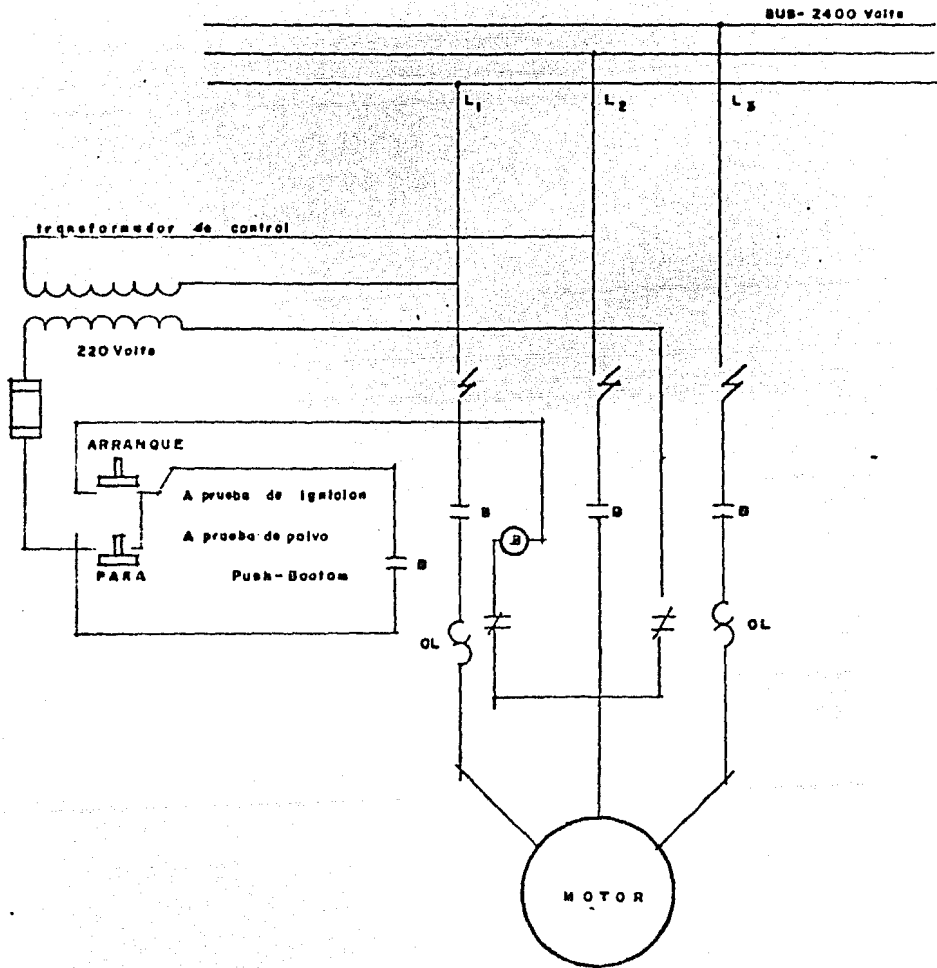
Los motores de inducción Jaula de Ardilla y los motores Síncronos tienen en común, la característica indeseable de demandar del sistema alimentador varias veces el valor de la corriente nominal a plena carga durante el periodo de arranque (corriente de rotor bloqueado).

El factor de potencia del motor en el momento de arranque es usualmente de 0.15 ó 0.30 atrasado, lo cual frecuentemente contribuye a agravar la situación.

## METODOS DE ARRANQUE

Fundamentalmente existen dos métodos de arranque, son:

- a) De tensión plena y
- b) De tensión reducida



LAMINA # 11

CONTROL DE MOTORES

Este último, con varias modalidades

### 1.- Arranque a tensión plena.

Ventajas:

- a) Simplicidad y economía en el equipo de arranque
- b) Proporciona desde los primeros ciclos un valor superior al par normal a carga plena.

Desventajas:

- a) Puede ocasionar caídas de tensión indeseables en el sistema, si no está bien proyectada.
- b) La aplicación abrupta del par a tensión plena puede dañar a cierto equipo mecánico acoplado al motor.

### 2.- Arranque a tensión reducida

Ventajas:

- a) Reduce considerablemente la corriente de arranque.

Desventajas:

- a) Alto costo del equipo.
- b) Complejidad en el equipo, lo cual ocasiona diversos y serios problemas de mantenimiento.

Para establecer un método racional de comparación entre los dos sistemas y sus variantes, se puede recurrir al concepto de eficiencia del par de arranque, el cual es la relación que existe en

tre el par de arranque (en por ciento del par a carga plena) por lo que también frecuentemente se le llama "par por ampere".

En otras palabras, obteniendo el máximo par con la menor corriente durante el periodo de arranque, se obtiene la máxima eficiencia de par de arranque.

Por lo tanto, analizando las características principales de los métodos de arranque, se puede deducir que la máxima eficiencia del par de arranque se obtiene con el método de tensión plena, aunque es deseable que esa eficiencia sea alta, no es esencial para todos los casos que se presentan.

#### SUBESTACION - RESTAURADOR

En los sistemas de distribución, además del problema de la protección de los equipos eléctricos, se presenta el problema de la continuidad del servicio, es decir, la protección que se planea en las redes de distribución, se hace pensando en los dos factores mencionados anteriormente; para satisfacer esta necesidad, se ideó un interruptor de operación automática, que no necesitará de accionamiento manual para su operación de cierre o apertura (la operación manual se refiere al mando por control remoto), es decir construido de tal manera que un disparo o cierre está calibrado de antemano y opera bajo una secuencia determinada lógica y constituye un interruptor de operación automática con características de apertura y cierre regulables de acuerdo con las necesida

des de la red de distribución que se va a proteger.

Este tipo de interruptor recibe por tales condiciones el nombre de Restaurador.

#### OPERACION DE UN RESTAURADOR

El restaurador opera de forma semejante a un interruptor rco, ya que sus contactos móviles son accionados por un vásmún, conectando y desconectando en forma simultánea.

El proceso de apertura y cierre-recierre, puede describirse brevemente.

- 1.- Cuando ocurre una falla, la bobina de disparo es energizada y actúa sobre un trinquete mecánico que hace caer los contactos móviles.
- 2.- Los contactos móviles disponen de resortes tensionados de tal manera que la apertura es rápida. Al caer los contactos móviles, energizan la bobina de recierre que se encuentra calibrada para operar con un cierto intervalo.
- 3.- La bobina de recierre acciona un dispositivo mecánico que opera los contactos móviles, conectándose nuevamente con los contactos fijos.
- 4.- Si la falla es transitoria, el restaurador queda conectado y preparado para otra falla. Si la falla es permanente; repeti-

rá todo el proceso anterior hasta quedar fuera, según sea el número de recierres para el cual ha sido calibrada.

#### SUBESTACION - CUCHILLAS

Cuchillas - Fusible.- La cuchilla - fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos.

Tiene dos funciones: como cuchilla conectora y desconectadora y como elemento de protección.

Como elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión.

El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor nominal correspondiente al valor de ruptura.

Los elementos fusible son contruidos de plata (casos especiales) cobre electrolítico con aleación de plata o de cobre aleado con estaño.

Cuchilla Desconectadora (Seccionadora).- Es un elemento que sirve para desconectar físicamente a un circuito eléctrico.

Por lo general, estas cuchillas son operadas sin carga, pero en algunos casos, son operadas con carga hasta ciertos límites.

Clasificación de las cuchillas desconectadoras:

Por su operación:

- a) Con carga (con tensión nominal)
- b) Sin carga (con tensión nominal)

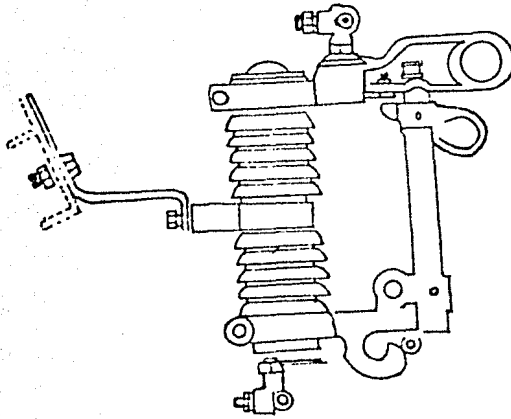
Por su tipo de accionamiento:

- a) Manual
- b) Automático

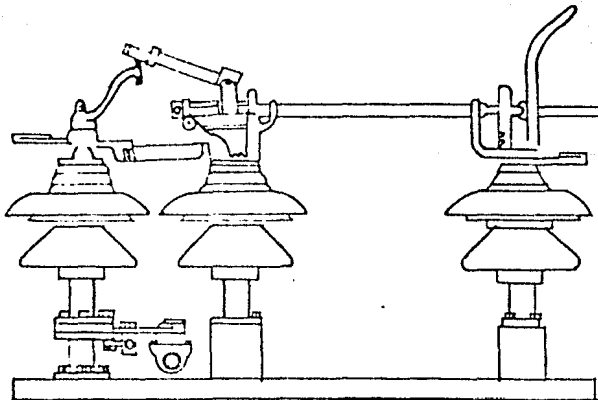
Por su falta de desconexión:

- a) Con aisladores (3). Dos fijos y uno giratorio al centro (horizontal) llamado también de doble arco. Estos son empleados en subestaciones tipo intemperie, con corrientes elevadas y tensiones de 34.5 KV operadas en grupo por mando eléctrico.
- b) Con dos aisladores. Uno fijo y otro giratorio en plano vertical. Este tipo de cuchillas es el más usado, por su operación simple, puede utilizarse en instalaciones interiores o intemperie. Para usos interiores en tensiones no mayores de 23 KV. Para operaciones con pértiga, el lugar donde opere el operario para efectuar la desconexión, debe ser, de acuerdo a las normas de seguridad, deberá estar aislado de una madera con capa de hule.
- c) Con aisladores. Uno fijo y otro giratorio en el plano horizontal.
- d) Pantógrafo o separador de tijera. No son empleados con frecuencia, sobre todo en América.

CUCHILLA TIPO FUSIBLE



CUCHILLA DESCONECTADORA



FES CUAUTILAN	
CUCHILLAS	
LAMINA #	
12	



e) Cuchillas tipo "A V" (3 aisladores de doble arco).

Se emplea en instalaciones de corrientes muy elevadas y tensiones medias. Se operan generalmente en barra o motor eléctrico, pero también se operan con aire comprimido. En sistemas de distribución de 23 y 33 KV son usados en interconexión de líneas.

f) Cuchilla de tres aisladores. El aislador del centro movable -- con cremallera.

Voltaje nominal: 75, 15, 23, 345, 46, 69, 84 KV.

Corriente nominal: 50 - 60 Hertz

Apertura: 900

g) Cuchilla desconectadora con cuernos de arqueo. Son empleadas - en tensiones muy elevadas (66, 88, 115).

Su empleo es indispensable en líneas largas.

#### SUBESTACION - TABLERO DE CONTROL

El tablero de control es el gabinete en el cual están alojados todos los aparatos que nos sirven para la medición, control y protección necesaria para una buena instalación eléctrica de fuerza motriz.

Con dichos aparatos se tratará de que las fallas posibles en el sistema sean detectadas y controladas a tiempo.

Los gabinetes comunmente empleados son fabricados de acero y arma

zones de fierro estructural, de un espesor pequeño, por estar expuestos a grandes esfuerzos mecánicos.

Según el lugar de trabajo se clasifican en:

- 1.- Tipo interior
- 2.- Tipo intemperie

Respecto al voltaje de operación, puede decirse que se fabrican para todos los voltajes necesarios:

Según el tipo de gabinete pueden ser:

- 1.- A prueba de goteo
- 2.- Resistencia a la intemperie
- 3.- A prueba de polvo
- 4.- A prueba de lugares peligrosos
- 5.- A prueba de corrosión

1.- A prueba de goteo. Para aplicaciones en interiores y en donde las condiciones atmosféricas son normales teniendo una protección contra el goteo.

2.- Resistente a la Intemperie.- Para aplicaciones en lugares los cuales están expuestos a las lluvias.

3.- A prueba de polvo. Para aplicaciones en lugares donde el polvo pueda interferir en la operación de control, lugares como fábricas de cemento, fundiciones de acero y plantas de carbón

- 4.- A prueba de lugares peligrosos. Se aplica en lugares en los cuales existan gases explosivos.
- 5.- A prueba de corrosión. Se aplica en lugares en donde el equipo está expuesto a vapores y ácidos corrosivos, como industrias químicas.

#### EQUIPO DE PROTECCION

Cualquier clase de instalación eléctrica está expuesta a que le ocurran fallas, pues es imposible que se puedan evitar, así que lo mejor que se puede hacer, es disponer de protecciones adecuadas para el caso de que el circuito sea afectado por alguna falla éste se pueda desconectar de una manera instantánea, de modo que el efecto que pueda producir sea reducido a un mínimo.

#### Protección contra sobre corriente

Los dispositivos contra sobre corriente son de tres tipos:

- 1.- Fusibles ;
- 2.- Desconectores directos automáticos por sistemas de bajo voltaje.
- 3.- Relevadores para accionar los interruptores del circuito usados de manera general en sistemas medianos y de alto voltaje.

#### FUSIBLES

Son unos dispositivos que detectan e interrumpen la falla. Es el

método más sencillo y económico que existe para proteger un circuito.

#### DESCONECTADORES DIRECTOS AUTOMATICOS

Estos pueden ser de acción instantánea o de tiempo. Abren el interruptor únicamente por medio de un elemento bimetálico y tiene la ventaja sobre los fusibles de que interrumpen las tres fases en caso de ocurrir una falla. Este método es aplicable solamente en los sistemas de bajo voltaje.

#### RELEVADORES

La protección por medio de relevadores es la más segura y efectiva, porque los aparatos y circuitos se pueden aislar rápidamente antes que la falla pueda ocasionar la destrucción completa de ellas.

La ventaja que presentan es que son automáticas y no es necesario reemplazarlos una vez que han actuado.

Para que un relevador opere, se necesita que se sobrepasen las condiciones normales de operación, y entonces el relevador actúa sobre un contacto del circuito de disparo del interruptor.

Los relevadores se caracterizan por la facilidad de su ajuste y además, porque en ellos se puede graduar el tiempo de operación, de tal manera que es posible llegar a lograr una coordinación en los tiempos de apertura de los interruptores de modo que abran

los interruptores más próximos al lugar de la falla.

Estos aparatos son mucho más sensibles y pueden detectar cual ---  
quier falla, por muy pequeña que sea ésta, lo cual es de mucho be  
neficio para cualquier instalación principalmente de costo muy --  
elevado.

## CAPITULO V

### ALUMBRADO PROPIO DE LA ESTACION DE BOMBAS

#### ALUMBRADO EN LA SALA DE MOTO BOMBAS

La característica principal de un buen alumbrado es aquella que cumple los requisitos necesarios para satisfacer los conceptos fundamentales de la percepción visual, permitiendo ver con facilidad, rapidez y precisión.

En el caso de un mal alumbrado, bien porque la intensidad luminosa sea suficiente o bien, porque existe deslumbramiento, siempre habrá motivo de accidentes y baja eficiencia en el trabajo.

Los requisitos que debe llenar un buen alumbrado son los siguientes:

- a) Intensidad Luminosa Adecuada.- Es la condición fundamental para que veamos con claridad los objetos colocados a nuestro alrededor. Para cada tarea visual, existe una intensidad luminosa, con la cual se puede efectuar ésta en las condiciones más favorables de visibilidad, es decir, se realiza con un mínimo de cansancio visual.

Los niveles de iluminación para cada caso se especifican en los manuales prácticos de alumbrado.

- b) Uniformidad en la Iluminación.- Esta se consigue distribuyendo los equipos de iluminación adecuadamente, preferentemente simétricos para evitar lugares oscuros en el plano de trabajo.
- c) Difusión adecuada.- Las sombras en el plano de trabajo originan errores de apreciación en las dimensiones de los objetos y un mayor esfuerzo visual, por lo que es conveniente que la iluminación sea hacia el plano de trabajo y provenga de varias direcciones, para eliminar sombras.
- d) Deslumbramiento.- Existen dos clases de deslumbramiento: Directo e indirecto.

El primero es debido a que en el campo visual existen sitios cuya densidad lumínica es considerablemente mayor que la de todos los demás puntos de ese campo. El deslumbramiento indirecto es causado por el reflejo de superficies pulidas o pulimentadas del campo visual.

#### ALUMBRADO

Con el fin de eliminar el deslumbramiento directo producido por las lámparas incandescentes o fluorescentes, se les acondicionan accesorios tales como: pantallas y controlentes que guían el flujo luminoso y evitan el deslumbramiento indirecto, se recomienda eliminar las superficies pulimentadas, pintándolas o barnizándolas.

## MÉTODOS DE ALUMBRADO

Para el diseño de una instalación de alumbrado se tienen los siguientes métodos:

- a) Método del lumen
- b) Método de punto por punto
- c) Método de watt por metro cuadrado

### MÉTODO DE LUMEN

De los tres métodos, es éste el más recomendable para la solución de problemas de alumbrado general, dada la sencillez de las fórmulas empleadas en el cálculo, así como los valores bastante aproximados que se obtienen, logrando así una buena instalación de alumbrado.

### MÉTODO DE WATTS FOR METRO CUADRADO

Es el método más sencillo de los tres mencionados. Fácil en el desarrollo de los cálculos, pero también el menos preciso. Es recomendable en instalaciones de alumbrado de diseño rápido y poca importancia.

### CÁLCULO DE ALUMBRADO

El método más usado en la práctica para diseñar alumbrado en interiores es el método del lumen, razón por la cual cuenta con siete puntos fundamentales:



- 1.- Determinación del nivel de iluminación. Recomendada según manuales de alumbrado, es de 150 luxes ( $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$ ).
- 2.- Selección del sistema de alumbrado y del equipo luminoso que ha de emplearse. El tipo de iluminación depende de las características del área por iluminar y de las tareas visuales. El tipo de iluminación será: directo incandescente a prueba de vibraciones, Marca General Electric de 150 watts 2 450 lúmenes.
- 3.- Determinación del índice del cuarto. El índice de cuarto adecuado, depende de las dimensiones del local por iluminar y de la altura de montaje. Tratándose del sistema directo, semi-directo, difuso y la altura de techo en los sistemas semi-indirectos e indirectos.
- 4.- Determinación del coeficiente de utilización. Es un coeficiente o factor que tiene muy en cuenta la eficacia y distribución de las luminarias, su altura de montaje, las dimensiones del local, las reflexiones de las paredes y techos, etc.
- 5.- Estimación del factor de mantenimiento. El factor de mantenimiento del local depende de las condiciones de limpieza y ambiente del mismo.
- 6.- Cálculo del número de lámparas o luminarias requeridas:

$$\text{No. lamp.} = \frac{\text{Luxex} \times \text{Area}}{\text{Lúmenes/lamp} \times \text{Cu} \times \text{Fm}}$$

Cu = Coeficiente de utilización = 0.79 según nuestro caso

Fm = Factor de mantenimiento = 0.819 según nuestro caso

hm = Altura de montaje = 3.00 m según nuestro caso

Area = 84 m x 10.5 m

H = Altura = 3.50 m

$$\text{No. Lámps.} = \frac{150 \times (84 \times 10.5)}{2.450 \times 0.79(0.819)} = 83.46$$

= 84 lámparas

7.- Determinación de la colocación de las luminarias. Para la colocación de las luminarias, no hay ninguna forma definida, puesto que se deberán colocar de acuerdo con las dimensiones de la habitación que se desee iluminar, así como también depende de la forma arquitectónica del cuarto.

## CAPITULO VI

### C O S T O S

Existen generalmente 3 tipos de Costos:

1.- Aquellos que están en relación directa del proyecto de trabajo.

Dentro de éstos se encuentran:

a) Costo de Material Directo

Aquí podemos mencionar (el transformador, motor, interruptor).

b) Costo de Mano de Obra Directa

(Costo de personal que intervino en la instalación).

c) Costos Indirectos

Que no fueron aportados en forma directa. Servicios a otras compañías, transportación, Ingeniería, costo indirecto de producción.

2.- Aquellos que están acorde con la duración del beneficio de la obra, factores que tenemos que contemplar, costos de Inversión y/o amortización.

### 3.- Costos de Operación

Ejemplo: Salarios, gastos, mantenimiento, gastos administrati  
vos.

Dentro de los costos de mayor importancia se encuentran los cos -  
tos de material directo, a continuación se hace un análisis del -  
costo de la obra.

#### COSTO DE LA OBRA INCLUYENDO MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
Cuchilla desconectadora de operación simultánea 69 KV Amp. P-75001.	6 Pzas	\$134,000.00	\$804,000.00
Cuchilla desconectadora sa lida operación con garro - cha 69 KV-600A.	6 Pzas	47,493.00	284,958.00
Interruptor en aceite 69 - KV - 600A.	2 Pzas	813,450.00	1'626,900.00
Transformador trifásico de 750 KVA 66,000, 2400Y.	2 Pzas	1'249,700.00	2'499,400.00
Transformador trifásico de 750 KVA 2400-440 Volts.	2 Pzas	1'023,000.00	2'046,000.00
Transformador trifásico de 150 KVA 440-220-117 V	1 Pza	643,950.00	643,950.00
Poste de concreto reforza- do 9 m.	6 Pzas	15,250.00	79,500.00

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
Reflector de 300 W amplio	6 Pzas	6,720.00	40,320.00
Clema para cable 2/0	12 Pzas	825.00	9,900.00
Clema de tensión	12 Pzas	987.50	11,850.00
Clema de suspensión	18 Pzas	787.50	14,750.00
Ancla cónica concreto	3 Pzas	1,420.00	4,260.00
Bomba horizontal centrífuga de 1000 HP	5 Pzas	2'634,025.00	13'170,125.00
Bomba horizontal centrífuga de 500 HP.	5 Pzas	1'873,250.00	9'366,250.00
Bomba horizontal tipo tornillo de 50 H.P.	4 Pzas	1'218,000.00	4'872,000.00
Bomba horizontal centrífuga de 50 HP	3 Pzas	1'241,325.00	3'813,975.00
Motor de Inducción Jaula-de Ardilla G.E. 1000 HP	5 Pzas	2'457,300.00	12'286,500.00
Motor de Inducción Jaula-de Ardilla G.E. 500 HP.	5 Pzas	1'453,000.00	7'265,000.00
Motor de Inducción Jaula-de Ardilla a prueba de Explosión, 50 HP.	3 Pzas	343,450.00	1'030,350.00
Motor de Inducción Jaula-de Ardilla G.E. 250 HP.	4 Pzas	835,200.00	3'340,800.00

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
Poste de concreto reforzado de 10.6 m.	20 Pzas	19,825.00	396,500.00
Apartarrayos para 66 KV en tre fases	6 Pzas	78,500.00	471,000.00
Cuchilla desconectadora -- portafusible 2400 V	6 Pzas	5,725.00	34,344.00
Aislador tipo suspensión - para 66 KV P-10002.	36 Pzas	1,635.00	58,860.00
Aislador tipo soporte 25 - KV P-1720	3 Pzas	1,090.00	3,270.00
Varilla apartarrayo tipo - poste.	3 Pzas	654.00	1,962.00
Tela ciclón	90 m	423.00	38,070.00
Registro de tierra con varilla Coperweld.	10 Pzas	3,825.00	38,250.00
Cable alimentador PVC 300-MCM	90 m	1,820.00	163,800.00
Cable alimentador PVC 1/0	20 m	695.00	13,900.00
Cable alimentador PVC No.6	90 m	349.00	31,410.00
Cable alimentador THW No.- 12.	90 m	1,350.00	121,500.00
Cruceta de hierro canal -- galv. 152 x 3250.	1 pza	4,690.00	4,690.00

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
Construcción Obra Civil - Sala Motobombas	1	975,830.00	975,830.00
Construcción Obra Civil - Sala de Control.	1	753,000.00	753,000.00
Alumbrado exterior 400 W- V-M.	20 Pzas	45,200.00	904,000.00
Lámpara incandescente a - prueba de vibración G.E.- 1000 W 125 V.	84 Pzas	815.00	68,460.00
Lámpara fluorescente Slim Line. 125W. 125V	9 Pzas	3,450.00	31,050.00
Tubo conduit galv. insta- lación calibre 1/2" diáme- tro.	270 m	385.00	103,950.00
Tubo conduit galv. de 2.5 Pulg. de diámetro.	30 m	1,025.00	30,750.00
Tubo conduit galv. de 2.0 Pulg. de diámetro.	30 m.	943.00	28,290.00
Tubo conduit galv. de 1.0 Pulg. de diámetro.	30 m	558.50	16,755.00
Tubo conduit galv. de 0.5 Pulg. de diámetro.	30 m	335.00	10,050.00
Interruptor en aceite pa- ra HP. 2400V. 214A.	5 Pzas	1'215,000.00	6'075,000.00

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
Interruptor en aceite para 50 HP. 2400V-111A.	5 Pzas	868,900.00	4'344,500.00
Interruptor en aceite para 250 HP. 2400V. 58A.	4 Pzas	238,700.00	954,800.00
Interruptor para 50 HP - 65A.	3 Pzas	54,300.00	162,900.00
Centro de carga a prueba de Explosión 20-24 circ.		45,583.00	45,583.00
SUMA TOTAL:-----			\$79'093,262.00

NOTA:- Los precios proporcionados anteriormente son susceptibles a cambio debido al proceso e inestabilidad de la economía nacional.



## CONCLUSIONES

Para la obra que comprende el presente proyecto de nuestra estación central de bombeo de aceite crudo de Poza Rica, tendremos que contar con el siguiente equipo de motobombas.

5 Motobombas electro-centrífugas de 1000 HP

5 Motobombas electro-centrífugas de 500 HP

4 Motobombas de tornillo de 250 HP

3 Motobombas electro-centrífugas de 50 HP

La utilización del equipo señalado en nuestra estación de bombeo de aceite crudo es el siguiente:

Por lo regular tendremos un gasto de 175,000 BPD hacia la Refinería de Atzacapotzalco y de aquí una derivación a la Refinería de Tula.

Para poder satisfacer el gasto antes mencionado, hacemos uso de 3 motobombas de 1000 HP y una motobomba de 500 HP (3) (50,000) + 1 (25,000) = 175,000 BPD.

A las refinerías antes mencionadas bombeamos un tipo de aceite ligero, denominado mezcla, que tiene una densidad de 0.80.

Otro gasto que debemos efectuar de nuestra estación de bombeo es de 100,000 B.P.D. hacia la Refinería de Salamanca.

Por lo tanto, necesitamos el uso de las dos últimas motobombas de 1000 HP 2 (50,000) = 100,000 B.P.D.

El tipo de aceite crudo es el de las mismas características que bombeamos para las diferentes refinerías arriba mencionadas.

La Barra de Túxpam también nos representa un gasto variable; lo decimos de esta manera ya que depende de la capacidad del barco que se va a exportar.

Por ejemplo: podemos hacer el uso de 2 motobombas de 500 HP, si el gasto requerido es de 50,000 BPD, es decir, está en función de la capacidad del barco.

La utilización de las 4 moto-bombas de tornillo es la siguiente:

Tendremos un gasto a la Refinería de Reynosa aproximadamente de 12 500 BPD, el tipo de aceite empleado es más denso. Con esto que remos decir que es más pesado al cual hemos denominado crudo Faja de Oro.

Para satisfacer el gasto arriba mencionado, tendremos que hacer de nuestra estación de bombeo el uso de una moto-bomba de tornillo de 250 H.P.

Finalmente tendremos que realizar otro gasto de 5000 BPD hacia un lugar denominado Distrito Industrial, que se encuentra localizado dentro de este Distrito de Poza Rica.

Para poder satisfacer este gasto, tendremos que hacer uso de 2 moto-bombas de 50 HP tipo voluta.

Tomando en cuenta que no todas las moto-bombas primeramente mencionadas han sido utilizadas, se debe primordialmente a su utilización para cuando se les dé mantenimiento o por falla en cualquiera de las motobombas que se encuentren operando normalmente y con ésto no interrumpimos nuestro bombeo de aceite crudo hacia las refinerías antes mencionadas.

El importe total de la obra será de: \$79'093,262.00.

Considerando que el funcionamiento deberá incrementarse notablemente en el proceso de refinación del aceite crudo, el costo resultará amortizado en un plazo razonable.

Este pequeño estudio aportará una mejor toma de decisión respecto a la selección del equipo y aspectos constitutivos de este proyecto.

## BIBLIOGRAFIA

Tyler G. Hicks.- "BOMBAS: SU SELECCION Y APLICACION".

Fuehslacher - Shultz.- "BOMBAS CENTRIFUGAS"

Marks.- "MANUEL DEL INGENIERO MECANICO"

José L. de Parres.- "MAQUINAS HIDRAULICAS"

Byron Jackson.- "ENGINEERED PUMPS".

Byron Jackson.- STANDARD PUMPS".

Manuel Polo Encinas.- "TURBO MAQUINAS HIDRAULICAS".

"TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE MAQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA -  
ASINCRONICAS"

H.N. Hobart Sir Isaac Pitman.- "ELECTRIC MOTORS"

A. E. Knowlton.- "MANUAL STANDARD DEL INGENIERO ELECTRICISTA.

"MANUAL CONDUMEX ANACONDA PIRELLI"

Gilberto Enríquez Harper.- "INSTALACIONES ELECTRICAS"

Giuseppe Castelfranch.- "INSTALACIONES ELECTRICAS"

William D. Stevenson.- "SISTEMAS DE POTENCIA"

I.N.P.- "INGENIERIA DE CONTROL"

Westing House.- "ELECTRICAL TRANSMISSION E DISTRIBUTION".

Zoppetti Judez Gaudencio.- "ESTACIONES TRANSFORMADORES Y DISTRIBU  
CION.

General Electric.- "MANUAL DE MOTORES"

Westing House.- "MANUAL DE ALUMBRADO"

I.U.S.A.- "MANUAL DE ELECTRO-MECANICA"

Square "D".- "MANUAL DE ARTICULOS ELECTRICOS"

PEMEX.- "LISTA DE PRECIOS"

Claudio Mataix.- "MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS"