

12a  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**PROYECTO ELECTRICO PARA UNA ESTACION  
DE REBOMBEO DE AGUA CRUDA**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

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

**RENE CARLOS ESQUIVEL MARTINEZ**

**ANTONIO AVILA MERINO**

**ASESOR ; ING. FRANCISCO CARRILLO GARCIA**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO**

**1994**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
Proyecto Eléctrico para una Estación de Bombeo de Agua Cruda.

que presenta el pasante: René Carlos Esquivel Martínez..  
con número de cuenta: 7311451-8 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista. ; en colaboración con :  
Antonio Avila Merino.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Méx., a 30 de Enero de 1994.

PRESIDENTE	<u>Ing. Esteban Torona Encarnilla</u>
VOCAL	<u>Ing. Ramón Osorio Galicia</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Francisco Carrillo García</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Jesús García Lira</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Miguel Álvarez Passyn</u>

*Gloria E* 31/1/94  
*Rosendo* 31/1/94  
*Ing. J. L. P.* 31/1/94  
*Rosendo* 31/1/94  
*Miguel* 31/1/94



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

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

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, ...  
permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
Proyecto Eléctrico para una Estación de Rebombeo de Agua Cruda.

que presenta el pasante: Antonio Avila Morino.  
con número de cuenta: 7400283-0 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista. ; en colaboración con:  
René Carlos Esquivel Martínez

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para  
ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos  
nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 30 de Enero de 199 4.

PRESIDENTE Ing. Esteban Corona Escamilla.  
VOCAL Ing. Ramón Osorio Galicia  
SECRETARIO Ing. Francisco Carrillo García.  
PRIMER SUPLENTE Ing. Jesús García Lira  
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Miguel Alvarez Pasave.

*Elorosa* 31/1/94  
*Rosales* 3/2/94  
*...* 3/2/94  
*...* 3/2/94  
*...* 3/2/94

A MI MADRE: LUZ MARIA MERINO VDA. DE AVILA.  
Por el apoyo que brindo al  
ayudarme a terminar con  
lo que habia dejado abandonado

A MIS HERMANOS:  
EDMUNDO, MATILDE, FRANCISCO,  
GUADALUPE, JOSE, CARMEN,  
ALICIA, ASUNCION, ALFONSO.  
Por su ayuda que me dieron  
para culminar mi carrera.

A MI ESPOSA LIC. ROSSANA  
GUERRERO ROSAS Y NUESTRO HIJO.  
ANTONIO AVILA GUERRERO. Por la  
ayuda, tiempo, dedicación y  
carifio que recibo de ellos  
para poder culminar una meta.  
Y poder seguir mi camino.

AL SEÑOR: MIGUEL ANGEL  
GUERRERO GUTIERREZ: Por  
ser el padre de mi esposa y  
por animarme a la termina-  
cion de mi carrera.

**A MIS PADRES:**  
**MANUEL ESQUIVEL PADILLA**  
**AMPARO MARTINEZ LEON**

Quienes con su esfuerzo y dedicación  
hicieron posible que llegara a la --  
meta fijada

**A MI ESPOSA:**  
**MA. EDITH PATIÑO ORTIZ**

Por su apoyo y comprensión

**A LA MEMORIA DE MIS ABUELOS:**  
**PAULINO ESQUIVEL**  
**MA. DEL CARMEN PADILLA**

**A MIS HERMANOS, TIAS, TIOS,**  
**PRIMOS Y DEMAS FAMILIARES:**

Que en una u otra me ayudaron en  
mi vida de estudiante

**AL ING. FRANCISCO CARRILLO GARCIA**

Quien por sus consejos técnicos y ---  
asesorías logramos culminar esta tesis  
satisfactoriamente. .

**AL ING. RAMON OSORIO GALICIA**

Agradeciéndole las facilidades que --  
nos brindo para elaborar esta tesis

**A NUESTROS COMPAÑEROS Y AMIGOS**

Quienes cooperaron para nuestra - - -  
formación como profesionistas

# I N D I C E

<b>CAPITULO I.-</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>4</b>
1.1.-	CARACTERISTICAS ELECTRICAS GENERALES	4
1.2.-	DESCRIPCION BREVE DE LOS PRINCIPALES TRATAMIENTOS DE AGUA.	5
<b>CAPITULO II.-</b>	<b>ESPECIFICACIONES GENERALES.</b>	<b>7</b>
11.1.-	CONDUCTORES DE FUERZA DE 23000 Y 4160 VOLTS.	7
11.2.-	TUBERIA Y DUCTOS.	8
11.3.-	TABLERO E INTERRUPTORES	9
11.4.-	CAJA DE CONEXIONES Y ALUMBRADO.	9
11.5.-	CONDUCTORES Y ALUMBRADO.	10
11.6.-	RED DE TIERRAS	11
<b>CAPITULO III.-</b>	<b>SUBESTACIONES ELECTRICAS</b>	<b>12</b>
111.1.-	CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.	13
111.2.-	PRINCIPALES ELEMENTOS EN LA SUBESTACION ELECTRICA.	14
111.3.-	INTERRUPTOR DE POTENCIA	16
111.4.-	CLASIFICACION DE LOS INTERRUPTORES.	20
111.5.-	TRANSFORMADOR	21
111.6.-	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.	23
111.7.-	CALCULO DE CORTO CIRCUITO	26
111.8.-	ESPECIFICACIONES PARA EL EQUIPO PRINCIPAL DE LA SUBESTACION ELECTRICA.	31
<b>CAPITULO IV.-</b>	<b>MEMORIA DE CALCULOS</b>	<b>37</b>
IV.1.-	ESTACION DE REBOMBEO II	37
IV.2.-	CIRCUITO CF- R2-1	38
IV.3.-	CIRCUITO CF- R2-11	41
IV.4.-	CIRCUITO CF- R2-111	42
IV.5.-	CIRCUITO CF- R2-2	43
IV.6.-	CIRCUITO CF-R2-1-1	45
IV.7.-	CIRCUITO CA-R2-10	48
IV.8.-	CIRCUITO CA-R2-12	49



IV.9.-	CIRCUITO CA-R2-2	52
IV.10.-	CIRCUITO CA-R2-4	53
IV.11.-	CIRCUITO CA-R2-3	53
IV.12.-	CIRCUITO Y-1 y Y-2	55
IV.13.-	CIRCUITO CA-R2-9	58
IV.14.-	CIRCUITO CB-R2-21	59
<b>CAPITULO V.-</b>	<b>CONDUCTORES ELECTRICOS</b>	<b>60</b>
V.1.-	FACTORES DE DISEÑO DE UN CABLE CONDUCTOR	60
V.2.-	PARTES Y FUNCIONES DE LOS CONDUCTORES ELECTRICOS	63
V.3.-	TIPOS DE CONDUCTORES ELECTRICOS	64
V.4.-	CALCULO DE SELECCION DE CONDUCTORES ELECTRICOS	65
V.4.1.-	POR CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE	65
V.4.2.-	POR CAIDA DE TENSION	65
V.5.-	PROCEDIMIENTO DE SELECCION DEL CONDUCTOR ELECTRICO	65
<b>CAPITULO VI.-</b>	<b>ILUMINACION.</b>	<b>66</b>
VI.1.-	FACTOR DE ILUMINACION	66
VI.2.-	SELECCION DE LUMINARIOS	66
VI.3.-	LAMPARAS INCANDESCENTES Y DE DESCARGAS ELECTRICAS.	67
VI.4.-	CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIOS	71
VI.4.1.-	METODO DE LUMEN.	71
<b>CAPITULO VII.-</b>	<b>MOTORES ELECTRICOS</b>	<b>85</b>
VII.1.-	TIPOS DE MOTORES ELECTRICOS.	85
VII.2.-	POR EL NUMERO DE FASE SE CLASIFICAN COMO:	85
VII.3.-	PORTE QUE CONSTITUYEN UN MOTOR DE INDUCCION.	86
VII.4.-	CLASIFICACION DE LOS MOTORES.	88
VII.5.-	CALCULO PARA LA SELECCION DEL MOTOR	90
<b>CAPITULO VIII.-</b>	<b>EQUIPO HIDRAULICO</b>	<b>100</b>
VIII.1.-	TIPOS DE BOMBAS DE PRESION DINAMICA	101
VIII.2.-	DEFINICION DE BOMBA CENTRIFUGA	102
VIII.3.-	PRINCIPIO DE OPERACION	102
VIII.4.-	CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS	104
VIII.5.-	ACCIONES QUE PRODUCCION LOS DIFERENTES TIPOS DE BOMBAS.	107
VIII.6.-	SELECCION DE BOMBAS CENTRIFUGAS	109

CONCLUSIONES

113

BIBLIOGRAFIA

116

**CAPITULO**

**I**

## I.- INTRODUCCION

*La Industria Petrolera, ejemplo crítico de la tecnología química, insueme grandes volúmenes de agua la cual por economía de los procesos, debe estar debidamente acondicionada al servicio que va a prestar.*

*Por lo tanto en el desarrollo del mismo trataremos los diferentes panoramas y variedades de equipo eléctrico dentro de una planta de bombeo de agua cruda para la Refinería " MIGUEL HIDALGO" en Tula, Hgo.*

*La estación de bombeo se localizará en el area de Mangas, en el Km. 26 de la carretera Tula-Actopan en el Municipio de Tezontepec de Aldama, Hgo.*

*Esta estación tiene sus instalaciones gran variedad de equipo eléctrico y mecánico, para el envío de agua cruda a Refinería "MIGUEL HIDALGO".*

*En función de esto seleccionamos el tipo de planta que tiene las condiciones y normas de seguridad adecuadas para la correcta aplicación en sus instalaciones.*

*Cumpléndose todos los reglamentos oficiales (NORMAS Y ESPECIFICACIONES) para la correcta selección del equipo eléctrico en sus instalaciones para efectuar una operación y mantenimiento adecuado y eficaz.*

### I.1- CARACTERISTICAS ELECTRICAS GENERALES

*La estación ó Planta de Bombeo de agua cruda, recibe por parte de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, una acometida en 23 000 Volts. C.A. la cual se recibe en la subestación eléctrica principal (Tipo Interior) a través de un equipo de alimentación (Interruptor principal) que a su vez conecta un transformador sumergido en aceite.*

*El transformador es de 10 500 KVA-23 000/4160 Volts.*

*Este transformador alimenta a un centro de control de motores (CCM#1) en 4160 Volts y esta a su vez conecta a otro transformador de las siguientes características, 225 KVA, 4160/480 Volts, que alimenta a otro CCM#2.*

El COM#2 alimenta al otro transformador que convierte el voltaje a - 480/220-127 Volts para todo tipo de alumbrado general de la planta mientras el sistema de fuerza de la planta opera a un voltaje de 4160 Volts.

1.2.- Descripción en breve de los principales tratamientos que Petróleos Mexicanos realiza para adecuar el agua.

Equipo para tratamiento de aguas

Son aquellas unidades que tienen como función eliminar y/o reducir los - componentes contaminantes ó nocivos que continen las corrientes acuosas- afluentes (agua cruda) y efluentes (agua residual ó de desecho) de las - plantas de proceso.

La clasificación de estos equipos es de la forma siguiente:

- 1.- Tratamiento de agua cruda
- 2.- Tratamiento de agua residual

Tratamiento de agua cruda

El objetivo de estas unidades es la de proporcionar el tipo de tratamiento correctivo a que deben someterse las aguas superficiales (ríos, lagunas, etc.) ó subterráneos (pozos profundos) para la utilización en cal--deras por generación de vapor y como medio de enfriamiento; evitando de esta manera las incrustaciones ó corrosiones que a su vez originan pér--didas de eficiencia y fallas de los equipos.

- |  |     |                                       |
|--|-----|---------------------------------------|
| Principales<br>tratamientos de<br>agua cruda | 1.- | Pretratamiento                        |
|  | 2.- | Potabilización                        |
|  | 3.- | Desmineralización                     |
|  | 4.- | Neutralización                        |
|  | 5.- | Planta de tratamiento de condensados. |

Tratamiento de agua residual

Con el objeto de dar cumplimiento a lo estipulado por la Ley Federal para

prevenir y controlar la contaminación ambiental, Petróleos Mexicanos ha incorporado a sus innumerables actividades, la de controlar y prevenir la contaminación del ambiente.

Llevando a cabo un amplio programa en las Refinerías y Centros Petroquímicos tendiente a disminuir la descarga de contaminantes a los cuerpos receptores.

Manejo y tratamiento de  
agua residual ó de desecho

- 1.- Aportación pluvial
- 2.- Aportación aceitosa
- 3.- Aportación química

**CAPITULO**

**II**

## II.- ESPECIFICACIONES GENERALES

La instalación eléctrica de fuerza (alimentación y derivados), alumbrado (interior y exterior), contactos, tableros de distribución equipos de -- iluminación, tuberías vacías de teléfono, así como las obras accesorias -- ó complementarias para dejar instalaciones y equipos funcionando correctamente a partir de las acometidas eléctricas y telefónicas, red de -- tierras.

Estas especificaciones se consideran como complementarias a las contenidas en los planos respectivos y están basadas en las Normas del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas en vigor. Así como lo marcado en Normas y Estándares de Construcción Editados por Pemex.

Todos los materiales con que se ejecuten estas instalaciones, serán de primera calidad y nuevas.

La posición exacta de las salidas deberán fijarse en la obra de acuerdo con los planos respectivos. (Apagadores, contactos de muro, contactos de piso, etc.).

- II.1.- Conductores de fuerza en 23 000 y 4160 volts.- Tanto para la acometida como para la distribución interna de la energía se empleará conductor de cobre compacto de cobre suave, pantalla semiconductorra extruida sobre el conductor aislamiento de etileno propileno -- (EPR) ó propileno de cadena cruzada (XLP) pantalla semiconductorra extruida sobre el aislamiento aplicados en un proceso de triple -- extrusión, pantalla electrostática a base de alambre de cobre y cubierta de policloruro de vinilo (PVC) ROJA, instalados en ductos -- subterráneos apropiados.

TENSION DE OPERACION

4160 VOLTS  
23 000 VOLTS

TENSION MAXIMA

5 000 VOLTS  
25 000 VOLTS



## TEMPERATURA MAXIMA EN EL CONDUCTOR

NORMAL	=====	90° C
SOBRE CARGA	=====	130° C
CORTO CIRCUITO	=====	250° C

## ESPECIFICACIONES

I C E A	5-66-524	(XLP)
I C E A	5-68-516	(EP)

11.2.- *Tuberfa y Ductos.- Las tuberfas de todas las instalaciones como - de derivación para los diferentes sistemas, serán de lámina galvanizada pared gruesa cédula 40 de la marca " PAESA CATUSA U OMEGA "*

*En alimentación de medidores a tableros interiores y solo cuando - se indique en el proyecto, la tuberfa será de asbesto-cemento de - fabricación adecuada para instalaciones eléctricas.*

*En todas las cajas de conexiones y registros, se dejarán las pun - tas de los conductores lo suficientemente sobradas para contar con posibilidad de conexión (mínima 30 cms.)*

*El alambrodo deberá pasar las pruebas de resistencia del aislamien - to con valores mínimos dados a continuación.*

*En todas las tuberfas de PVC, irá un conductor desnudo para conec - tarse al sistema general de tierra.*

## CALIBRE DEL CONDUCTOR

RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO -  
EN MEGOHMS (PARA CONDUCTORES  
CON AISLAMIENTO 600 VOLTS.)

No. 12 AWG A MENORES	1.000
No. 10 AWG A No. 8 AWG	0.250
No. 6 AWG A No. 2 AWG	0.100
No. 1/0 AWG A No. 4/0 AWG	0.050
No. 250 MCM A No. 750 MCM	0.025

En motores deberá usarse en todos los casos, conductor tipo de cable alojado en el TUBO LIQUATITE ESPECIFICADO.

En caja de conexiones y equipo de iluminación deberá usarse conductor tipo cable uso rudo del calibre 2 x 16 AWG.

- 11.3.- Tableros e Interruptores.- Todos los tableros derivados de ---- alumbrado y centros de carga, serán de la marca SQUARE'D ó similar- de 3 fases, 4 hilos, 220/127 volts e interruptores indicadas en planos Irán provistas de puertas con chapa y se ubicarán en los lugares marcados en los planos.

Los interruptores termomagnéticos que componen cada tablero serán - de la misma marca que el tablero.

Equipo de Control y Protección.- Se instalarán los arrancadores magnéticos a tensión plena y tensión reducida completos. Incluyendo sus elementos térmicos.

- 11.4.- Caja de Conexiones y Registros.- Las cajas especiales deberán construirse en lámina del No. 16 y de las dimensiones adecuadas a las tuberías y conexiones que contienen las cajas para las salidas en la zona de instalación aparente ó en contacto con la humedad, serán condulets de la marca " CROUSE HINDS DOMEX " tipo redondo a excepción hecha de las cajas que alojarán los contactos y apagadores las cuales serán condulets de la misma marca pero del tipo serie rectangular FS.

Las cajas condulets tipo oval, sólo se usarán para cambios de dirección ó derivaciones ya que forman parte de la tubería conduit.

Las cajas de lámina y condulets, deberán considerarse con las tapas correspondientes y en el caso de los condulets se deberá incluir su empaque de NEOPRENO.

11.5.- *Conductores y Alumbrados.- Las tuberías deberán limpiarse en su caso, secarse cuidadosamente antes de empezar a alambrear.*

*Todos los conductores deberán ser continuos de caja a caja, sin empalmes ó conexiones dentro de las tuberías.*

*Todas las conexiones menores del calibre No. 8, irán soldadas y en cintadas con una capa de cinta de hule y otra de cinta negra de fricción de las marcas " SCOTCH No. 33 Y ARTLIK "*

*Las conexiones a conductores del calibre No. 6 ó mayores, se harán con conectores apropiados al calibre del conductor.*

*Los conductores a tableros derivados de interruptores de equipo, serán de marca "CONDUMEX" tipo "THW" ó equivalente y llevarán claramente impresa sobre el aislamiento la marca del fabricante y su calibre, para facilitar su identificación.*

*Los conductores para los circuitos derivados serán de marca como en el concepto anterior a diferencia del que el forro deberá ser de diversos colores según convenga, para facilitar su identificación.*

*Para que los alambres y cables se deslicen fácilmente dentro de los tubos y ductos se recomienda el uso de talco, prohibiéndose usar grasa ó similares.*

*Las tuberías y ductos tendrán una sección adecuada para alojar conductores en el 40% (máximo de su sección) y el 60% restante quedará vacía tal como lo estipula el RDIE en vigor.*

*Las curvas de los tubos se ejecutarán con herramientas apropiadas para evitar la disminución en las secciones y los radios interiores de dichas curvas deberán estar de acuerdo con el diámetro de la tubería en la forma siguiente.*

**DIAMETRO DEL TUBO****RADIO INTERIOR DE LA CURVA**

13 MM (1/2")

85 MM

19 MM (3/4")

126 MM

25 MM (1" )

160 MM

*Díametros Mayores.- Ver normas y recomendaciones del fabricante.*

*Las curvas de 90° de tubos mayores de 25 mm, se harán con codos especiales de fábrica, para evitar aplastamientos y disminución de la sección - de la zona curvada.*

*Las tuberías con más de 20 mts. de longitud deberán llevar una caja de - registro y en ningún caso se aceptarán más de dos curvas en ángulo recto ó varios dobleces equivalentes.*

*Las tuberías deberán taponearse en sus extremos y salidas para evitar la introducción de cuerpos extraños que posteriormente dificulten ó impidan el alambrado.*

*La tubería metálica flexible necesaria para conexión a motores desde la - caja de registro hasta la caja de conexiones del motor deberá ser a prue - ba de intemperie, de la marca "LIQUATITE" debiendo utilizar dos conec - tores uno en cada extremo del tubo.*

**11.6.- Red de Tierras**

*Conductor.- Cables concéntricos formados por 7 hilos de cobre -- temple suave desnudo de 75° C máximos de temperatura.*

*Propiedades.- Alta conductividad, ductibilidad, resistencia a la - tracción y a la fatiga. Altamente resistentes a la corrosión en - ambientes contaminados.*

*Especificaciones:*

**NOMJ12 (ASTM88)**

CALIBRE	NUMERO Y DIAMETRO DE HILOS	DIAMETRO CABLE	AREA CABLE	PESO KG/KM
2	7 x 2.47 MM	7.42 MM	43.24 MM <sup>2</sup>	303
2/0	7 x 3.50 MM	10.52 MM	86.92 MM <sup>2</sup>	608

**CAPITULO**

**III**

### III.-SUBESTACIONES ELECTRICAS

#### INTRODUCCION

Durante los próximos años no se vislumbran cambios notables en las formas convencionales de generación, transformación y distribución de la energía eléctrica o sea que se continuarán con los mismos sistemas de generación-incluyendo las plantas nucleoelectricas, existirán subestaciones como las conocidas actualmente con algunas variantes constructivas principalmente en el equipo eléctrico, la transmisión y distribución de la energía eléctrica, probablemente no sufrirá cambios importantes por lo que los principios relacionados con el diseño son más o menos convencionales.

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 más que un conjunto de aparatos o equipo eléctrico que tiene el propósito de llevar al control, la regulación, distribución y transformación de la energía eléctrica 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, Tableros Condensadores, Transformadores de Instrumentos (de corriente y potencial).

Los elementos secundarios son:

Cables de Potencia, Cables de Control, Alumbrado, Estructuras, Herrerajes - Equipo Contraincendio, Equipo de Filtrado de Acuíle, Sistema de Tierras.

**CLASIFICACION DE  
III.1.-LAS SUBESTACIONES  
ELECTRICAS**

- A).- Por su operación**
- 1.- De corriente alterno
  - 2.- De corriente continua

- B).- Por su servicio**
- 1.-Primarias
    - 1.- Elevadoras
    - 2.- De distribución de switcheo
    - 3.- Convertidoras
  - 2.- Secundarias
    - 1.- Receptoras
    - 2.- Reductoras
    - 3.- Receptoras Elevadoras
    - 4.- De distribución de enlace.

- C).- Por su construcción**
- 1.- Tipo Intemperie
  - 2.- Tipo Interior
  - 3.- Tipo Blindada

### III.2.- PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA SUBESTACION ELECTRICA

1.- *Acometida.*- La energía eléctrica es entregada al consumidor mediante dos tipos de acometida que son:

A).- *Aéreas.*- Las acometidas aéreas son usadas según convenio con la Compañía suministradora y por lo general están constituidas por aisladores tipo suspensión 105 ó 6S de porcelana, vidriovitex ó resina epoxi, usando remates perforados si se usa aluminio instalándose en una estructura de fierro galvanizada de tipo canal tipo angular ó en postes con este mismo tipo de herrajes según se requiera.

Las acometidas aéreas se instalan en subestaciones convencionales -- tipo Intemperie que principalmente se usan en zonas rurales y en -- complejos industriales.

B).- *Subterráneas.*- Ampliamente utilizadas para subestaciones industriales compactas, están formadas principalmente por aisladores, apartarrayos corto circuito mufa ó terminales y varilla de tierra todo esto sobre herrajes de fierro, canal galvanizado montado en poste de concreto.

Este tipo de acometida es la que se usa normalmente en subestaciones industriales compactas localizadas en zonas urbanas.

2.- *Equipo de Medición.*- Esta sección consta de un gabinete blindado -- con dimensiones adecuadas según el valor de la tensión, diseñado y -- provisto para recibir y alojar el equipo de medición de la Compañía suministradora. Estos equipos se verifican antes de ser instalados -- óse comprueba el consumo y la demanda máxima en baja tensión.

En la instalación de cuchillas desconectadoras 23 KV, seleccionamos un -- interruptor de carga tipo Alduti, tiene una gran versatilidad en aplicaciones físicas, reportando importantes ventajas para el usuario ya que -- como no producen arco externo, pueden ser montados en subestaciones ó en gabinetes metálicos, en cualquier posición sin el peligro de las cuchillas



convencionales. También como la interrupción del circuito, se logra en el primer ciclo, cuando la corriente pasa por 0 extinguiéndose el arco instantáneamente en el interior de la cámara.

En virtud de que los interruptores ALDUTI no están limitados por su operación y montaje, la selección de los mismos resulta sumamente sencilla ya que solamente se toman en cuenta las características de aplicación.

Para la aplicación de los interruptores es necesario las características siguientes:

- 1.- TIPO DE SERVICIO
  - A).- SERVICIO INTERIOR
  - B).- SERVICIO INTEMPERIE
  
- 2.- TENSION DEL SISTEMA
  - A).- SERVICIO INTERIOR
    - 14.4 KV
    - 25.0 KV
  - B).- SERVICIO INTEMPERIE
    - 14.4 KV 34.5 KV
    - 25.0 KV
  
- 3.- CORRIENTE DEL SISTEMA
  - 600 AMP
  - 1200 AMP
  
- 4.- MONTAJE
  - A).- SERVICIO INTERIOR
    - GABINETES
  - B).- SERVICIO INTEMPERIE
    - HORIZONTAL
    - VERTICAL

APLICACION.- Como ya se ha mencionado los interruptores de carga tipo ALDUTI, hacen posible la conmutación de corrientes de carga, en líneas alimentadoras de distribución, en subestaciones y en puntos de seccionamiento, teniendo una gran variedad de aplicaciones.

Las aplicaciones típicas de los interruptores de carga ALDUTI son las siguientes:

1.- DESCONEXION DE TRANSFORMADORES

A).- EN PARALELO

B).- CON CORRIENTE DE CARGA

C).- CON CORRIENTES MAGNETIZANTES

2.- DESCONEXION DE LINEAS

A).- PARA DIVIDIR CARGAS

B).- CON CORRIENTES DE CARGA

C).- CON CORRIENTES DE LINEA

3.- DESCONEXION DE CABLES

A).- PARA DIVIDIR CARGAS

B).- CON CORRIENTES DE CARGA

C).- CON CORRIENTES DEL CABLE

4.- DESCONEXION DE BANCOS DE CAPACITORES SENCILLOS

**III.3.-Interruptor de Potencia:-** El interruptor de potencia eléctrica es un aparato destinado a establecer ó cortar la continuidad de un circuito eléctrico bajo en carga. Tiene por objeto insertar o retirar de un sistema eléctrico, máquinas, aparatos, líneas aéreas y subterráneas así como interrumpir el circuito cuando se produce una sobre intensidad de corriente. En resumen es un dispositivo de control y protección.

Si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora.

Si en cambio la operación de apertura ó cierre la efectúa con carga --- (corriente nominal) ó con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación), el interior recibe el nombre de disyuntor ó interruptor de potencia.

**Características:-** Las características principales de estos interruptores son los siguiente: capacidad normal, capacidad interruptiva, ----

*Capacidad de tiempo corto, voltaje normal ó de operación y ciclo de operación.*

A).- *Capacidad normal.*- Se designa en amperes y es la magnitud de la corriente que el interruptor puede conducir durante el tiempo indefinido, sin que el calentamiento de los contactos ó aceite exceda a la temperatura de operación que normalmente se considera de 30° -- sobre el ambiente.

B).- *Capacidad interruptiva.*- Se designa en amperes ó en KVA. La capacidad en amperes, es la capacidad que tiene el interruptor de cortar una corriente de corto circuito, en cierto número de veces a intervalos predeterminados, sin que los contactos del interruptor destruyan o dañen de manera que el interruptor pueda no seguir conduciendo la corriente normal.

La capacidad en KVA, es la potencia que el interruptor pueda interrumpir bajo condiciones de corto circuito. Esta potencia se determina por la corriente de corto circuito y el voltaje de operación.

C).- *Voltaje normal ó de operación.*- Es el voltaje con el cual el interruptor opera en condiciones normales. Existen valores según el tipo de interruptor.

Para los de tipo interior se tienen los siguientes valores: 5, 7.5, 15, y 34.5 KV. y para los de tipo exterior: 7.5, 15, 34.5, 46, 69, 115, 138, 161, 230, 287 y 345 KV.

D).- *Ciclo de operación.*- Consiste en una serie de operaciones de apertura ó cierre en forma sucesiva y en tiempos determinados.

El ciclo normal del interruptor es: un cierre en un circuito corto seguido inmediatamente de una interrupción; un intervalo de 15 segundos y un segundo cierre de interrupción con otro intervalo de 15 segundos.

### *Proceso de Interrupción*

*En el instante de interrumpir el paso de una corriente por un interruptor, se forma un arco entre sus contactos cuando estos se separan, la extinción de este arco tiene que hacerse en un tiempo breve cuando se interrumpe la corriente debido a una falla en un circuito inductivo, la tensión y la corriente de corto circuito presentan un desplazamiento -- cerca de  $90^\circ$ , y ello es la causa de que la corriente y la tensión no se anulen al mismo tiempo.*

*Otro aspecto que se presenta en la interrupción de la corriente es que se origina una sobretensión dependiendo del valor de ésta, de la corriente, de la inductancia y de la capacidad del circuito.*

*El arco que se forma entre los contactos, los daña y origina la vaporización de aceite: en el caso de interruptores en aceite, algunas veces llega a producirse una explosión. Por tal motivo la energía desarrollada y la duración del arco deben ser lo más pequeñas posibles. Desde que el relevador cierra los contactos, determina la intervención del interruptor hasta el final de la interrupción, transcurre (en los interruptores modernos un tiempo comprendido entre 2.5 a 4 períodos mientras -- que en los normales, dicho tiempo se eleva a 8 períodos y aún más en los pequeños interruptores que no tienen cámara de extinción del arco.*

*El tiempo indicado comprende también el tiempo propio del interruptor -- que es el necesario para que actúe el mecanismo ó dispositivo de desconexión y comience la separación de los contactos.*

### *Tipos de Falla*

*Existen principalmente dos tipos de fallas: Fallas de conducción y Fallas de operación.*

*A).- Fallas de Conducción.- Los elementos conductores de un sistema -- desaparecen causando la interrupción indebida de una corriente o -- una caída de potencia exagerada la cual puede ocurrir en uno ó --*

*varios de los conductores de una línea de transmisión, como resulta de fuertes vientos, descargas atmosféricas, descensos anormales de temperatura etc.*

*En instalaciones de cables subterráneos se presentan fallas en las uniones y terminales, causadas por empalmes defectuosos, etc.*

*En los transformadores las fallas son causadas por la descompostura de los cambiadores de derivaciones, conexiones flojas de boquillas y en las bobinas de alta ó baja tensión ó ruptura de los conductores*

*B).- Falla de Operación.- Son debidas a modificaciones anormales del funcionamiento de los elementos de un sistema eléctrico, que se apartan del plan establecido. Pueden presentarse en líneas aéreas por los efectos de tempestades y exceso de temperatura; en cables por sobre cargas; en equipos de control causados por desajustes ó desperfectos de los relevadores de protección etc.*

*Considerando las características de los interruptores eléctricos tales como construcción, operación, funcionamiento, etc., los interruptores eléctricos se clasifican en la siguiente forma.*

CLASIFICACION DE INTERRUPTORES

III.4.-

- 1.- POR LA NATURALEZA DEL MEDIO Y FORMA DE EXTINCION DEL ARCO
  - 1.- Interruptores de aire
  - 2.- Con sopro magnético
  - 3.- En aceite
  - 4.- Con sopro neumático
  - 5.- En hexafloruro de azufre
  - 6.- Con cámara de Extinción.
  - 7.- Con cámara ION
  - 8.- En aire tipo termomagnético.
  
- 2.- POR LA DISPOSICION Y NUMERO DE ARCOS.
  
- 3.- POR EL MECANISMO DE OPERACION
  - 1.- Operación manual
  - 2.- Operación por solenoide ó bobina.
  - 3.- Operación por motor - con resortes
  - 4.- Operación por mecanismo centrífugo
  - 5.- Operación por mecanismo neumático
  
- 4.- POR LA OPERACION (CIERRE Y DISPARO DE LOS INTERRUPTORES)
  - 1.- Cierre y disparo a -- voluntad
  - 2.- Cierre voluntario y - disparo automático
  - 3.- Cierre y disparo auto mático.
  
- 5.- POR EL EQUIPO DE DISPARO
  - 1.- Bobinas secundarias -- serie paralelo
  - 2.- Bobinas independientes
  - 3.- Bobinas de retención
  
- 6.- POR LA FORMA DEL TANQUE
  - 1.- Tanque común para tres polos
  - 2.- Tanque individual para cada Polo.
  - 3.- Tanque blindado
  
- 7.- POR LA FORMA DE INSTALACION
  - 1.- Interior
  - 2.- Exterior

**III.5.-TRANSFORMADOR .-** Es el dispositivo eléctrico que por inducción electromagnética transforma energía eléctrica, de uno ó más circuitos, a uno ó más circuitos, acoplado inductivamente a la misma frecuencia y cambiando usualmente los valores de tensión y corriente.

**Capacidad Nominal.-** Es la potencia que el devanado secundario del transformador debe suministrar en un tiempo especificado (continuo ó limitado), a la tensión y frecuencia nominales, sin exceder los límites de temperatura correspondientes.

**Tensión Nominal.-** Es la tensión a la cual se refieren las características de operación y funcionamiento del transformador.

**Desplazamiento Angular.-** Es el ángulo expresado en grados entre el vector que representa la tensión de línea neutro de una fase de alta tensión y el vector que representa la tensión de la línea a neutro en la fase correspondiente en el lado de la baja tensión.

**Secuencia de Fases.-** Es el orden en que los vectores tensión ó corriente de un sistema trifásico pasan frente a un punto, al considerar que éstos giran en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj.

**Frecuencia.-** Es el número de veces que una corriente alterna, repite su ciclo en un segundo, se mide en hertz (ciclos por segundo) es el valor recíproco del período.

**Rigidez Dieléctrica.-** Es la propiedad de un dieléctrico de oponerse a una descarga de ruptura, esta se mide por la intensidad del campo eléctrico con la que se rompe un espesor determinado del dieléctrico.

**Clasificación de Equipo**

**Por su Capacidad y Tensión**

**Transformador de distribución.-** Es aquel transformador que tiene como límite una capacidad hasta de 500 KVA y/o una tensión de hasta 23 KV:-

*Transformador de Media Potencia.- Es aquel transformador cuya capacidad - se encuentra entre los límites de 501 a 2 500 KVA y/o tensión de 23 a -- 69 KV.*

*Transformador de Potencia.- Es aquel transformador cuya capacidad se encuentra arriba de 2 500 KVA y más de 69 KV de tensión*

*Por sus sistemas de disipación de calor.*

*Los transformadores se clasifican por su sistema de disipación de calor - como sigue:*

*Transformadores secos, enfriados por aire.*

- 1.- Clase AA.- Autoenfriados*
- 2.- Clase AFA.- Enfriados por aire forzado*
- 3.- Clase AA/FA.- Autoenfriados por aire forzado*

*Transformadores sumergidos en líquidos aislantes*

- 1.- Clase OA.- Autoenfriados*
- 2.- Clase OA/FA.- Autoenfriados/enfriado por aire forzado*
- 3.- Clase OA/FA/FA.- Autoenfriados/enfriados por aire forzado (1er. paso)- y enfriamiento por aire forzado (2do. paso)*
- 4.- Clase OA/FA/FOA.- Autoenfriados/enfriamiento por aire forzado y de enfriamiento por circulación forzada del líquido en - enfriadores de aire.*
- 5.- Clase FOA.- De enfriamiento por circulación forzada del líquido en enfriadores de aire.*
- 6.- Clase OA.- Con enfriamiento por agua*
- 7.- Clase FOA.- Por circulación forzada del líquido en enfriadores con agua*
- 8.- Clase OA/A.- Enfriadores por agua y con enfriamiento propio*

*Por su Instalación*

*Los transformadores se clasifican por su instalación como sigue;*

*Tipo Poste (solo los de distribución)*

*Tipo Subestación*

*Por su Servicio*

*Los transformadores se clasifican por su condición de servicio en:*

*Para uso interior*

*Para uso intemperie*

*Para uso en atmósferas inflamables ó explosivos*



### *III.6.- Centro de Control de Motores*

*El Centro de Control de Motores es un tablero que agrupa un conjunto de controles cuya función principal es el arranque de motores, así mismo puede contener tableros de alumbrado y distribución y otros dispositivos eléctricos de control.*

*Estos Centros de Control están diseñados para controlar todos los motores de un área determinada de una planta ó de un proceso. En ellos pueden usarse arrancadores desde el tamaño "0" hasta el tamaño "6" los tamaños son asignados de acuerdo con las normas NEMA.*

*Las aplicaciones más comunes del Centro de Control de Motores se encuentran en fábricas de papel, fábricas de cemento, bombeo de agua, molinos de acero y en general, en plantas donde se requiere de procesos determinados ó en control central.*

#### *Características Importantes del Diseño.*

*Los Centros de Control se dividen en dos clasificaciones generales*

##### *Clase (NEMA) 1.*

*Es esencialmente el agrupamiento mecánico de arrancadores para motor y/o control los cuales pueden ser operados sin necesidad de sistemas analíticos ó de ingeniería. Se suministran diagramas para el alambrado de las unidades.*

## *Clase (NEMA) II.*

*Es un sistema de control completo el cual requiere de sistemas de análisis e ingeniería, incluyendo el entrelace eléctrico de secuencia y de -- alambrado entre las unidades. Se suministran con diagramas de alambrado-completo para todo el centro de control.*

### *Tipos de Alambrado*

*Los Centros de Control de Motores pueden suministrarse con los siguientes tipos de alambrado.*

#### *Tipo (NEMA) A.*

*Es el más sencillo y económico en costo de material el alambrado de fábrica incluye las conexiones de potencia de las barras a través de los Interruptores y los arrancadores, además de todo el alambrado dentro de cada una de las unidades.*

*El usuario hace las conexiones del motor y del control directamente del arrancador. No se suministran ni tablillas de terminales ni el alambrado intermedio.*

#### *Tipo (NEMA) B.*

*Tiene tablillas de terminales junto a las unidades, las cuales van montadas en el canal de alambrado vertical izquierdo y sirven como punto - de fijación de las conexiones del motor y para el control que instale - el usuario. El alambrado de fábrica, se extiende de las tablillas de - conexiones a los arrancadores.*

#### *Tipo (NEMA) C.*

*Simplifica el alambrado que hace el usuario al instalar de fábrica se - suministra el alambrado que va de cada una de las unidades a las tablillas maestras, respectivas de cada una de las secciones.*

## Tipos (NEMA) de Gabinetes

### Para usos generales Tipo (NEMA) 1.

Para instalaciones interiores se emplea lámina de acero calibre No. 14, - en su estructura y exteriores, lo cual da gran rigidez a su construcción

### Uso Industrial Tipo (NEMA) 12.

Para lugares de atmósferas polvosas ó de goteo.

### Con Pasillo Tipo 3LL (NEMA) 3R.

Proporciona área protegida para el personal de operación y mantenimiento.

### Para Exteriores Tipo 3LL (NEMA) 3R.

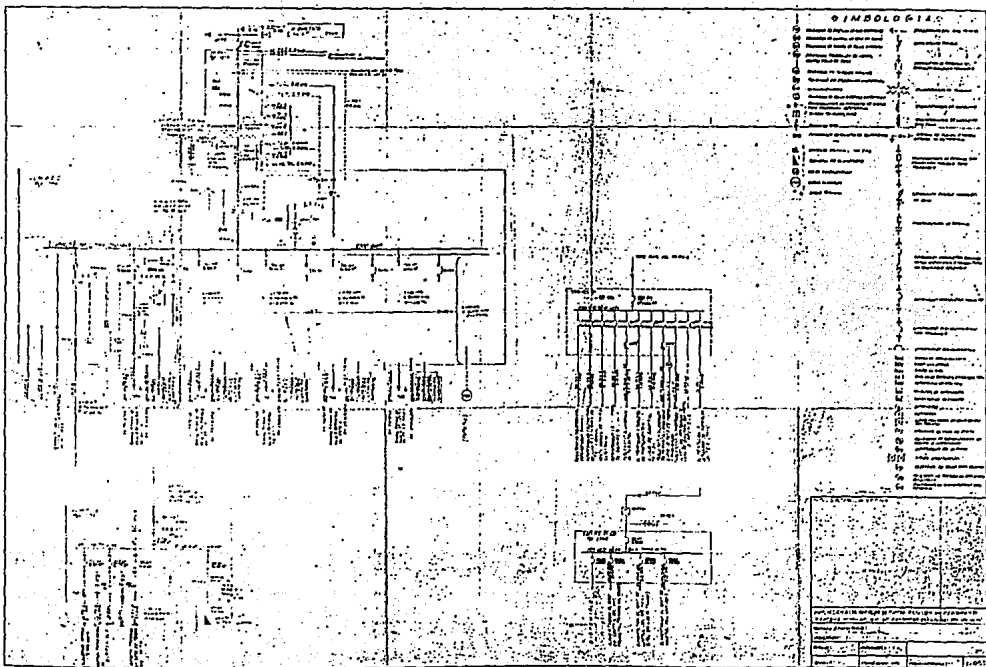
Empleado en los casos donde se necesita la protección contra la lluvia en exteriores ó en interiores cuando hay peligro de humedad.

### A Prueba de Polvo Tipo (NEMA) 5.

Ideal para lugares excesivamente polvosos como fundiciones, fábricas de cemento, hornos de acero etc.

## Ventajas de los Centros de Control de Motores

- Fácil y rápida instalación.
- Menos costo de instalación.
- Operación centralizada.
- Facilidad en el mantenimiento e inspección del equipo.
- Gran flexibilidad debido a su construcción modular e intercambialidad de unidades.
- Mayor seguridad todas las partes energizadas como barras, interruptores, arrancadores etc., quedan totalmente aisladas presentando un -- frente muerto al operador.
- Mejor apariencia en un mismo gabinete se montan todos los dispositivos necesarios para una instalación eléctrica.



INDUCTION

1. Description of the motor  
 2. Nameplate data  
 3. Motor winding connections  
 4. Control circuit description  
 5. Protection devices  
 6. Starting methods  
 7. Stopping methods  
 8. Reversing methods  
 9. Speed control methods  
 10. Braking methods  
 11. Safety interlocking  
 12. Maintenance instructions  
 13. Troubleshooting guide  
 14. Safety warnings  
 15. Notes

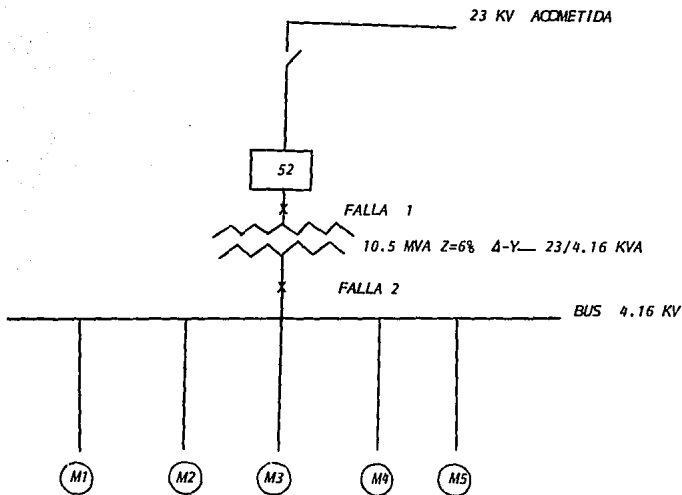
Winding	Terminal	Terminal	Terminal	Terminal	Terminal	Terminal	Terminal	Terminal	Terminal
U1	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9
V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10



Part No.	Description	Quantity	Notes
1	Terminal block	1	
2	Relay	1	
3	Switch	1	
4	Contact	1	
5	Coil	1	
6	Winding	1	
7	Motor	1	

### 111.7.- CALCULO DE CORTO CIRCUITO

#### METODO POR UNIDAD



MOTORES SON DE LA MISMA CAPACIDAD 1243.33 KW.

F.P.= 0.85                      X= 25%

Pcc= 1 000 MVAcc TRIFASICO

CALCULO DE Pcc EN FALLA 1, TOMANDO COMO BASE 10.5 MVA.

Pcc.- POTENCIA DE CORTO CIRCUITO

Pm.- POTENCIA DE MOTOR EN MVA.

Pl.- POTENCIA DE TRANSFORMADOR EN MVA.

Pb.- POTENCIA BASE EN MVA.

- $X_m$ .- REACTANCIA DEL MOTOR EN POR CIENTO
- $X_t$ .- REACTANCIA DEL TRANSFORMADOR EN POR CIENTO
- $X_{eq}$ .- REACTANCIA EQUIVALENTE
- $\bar{X}_m$ .- REACTANCIA DEL MOTOR POR UNIDAD
- $\bar{X}_r$ .- REACTANCIA DE LA RED POR UNIDAD
- $\bar{X}_t$ .- REACTANCIA DEL TRANSFORMADOR POR UNIDAD
- $I_{cc}$ .- CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

CALCULAMOS LAS REACTANCIAS CON LA BASE DE 10.5 MVA.

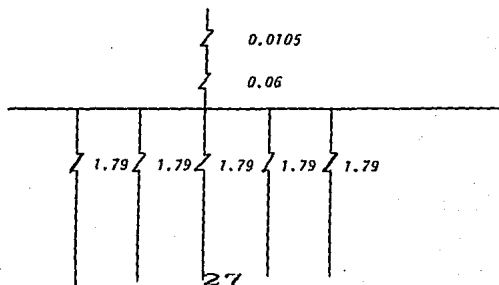
$$\bar{X}_r = \frac{P_b}{P_{cc}} = \frac{10.5 \text{ MVA}}{1000 \text{ MVA}} = 0.0105 \text{ P.U.}$$

$$\bar{X}_t = \frac{X_t}{100} \frac{P_b}{P_t} = \frac{6}{100} \frac{10.5}{10.5} = 0.06 \text{ P.U.}$$

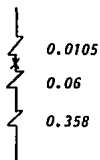
$$P_m = \frac{1243.33 \text{ KW} \times 10^3}{0.85} = 1.46 \text{ MVA}$$

$$\bar{X}_m = \frac{X_m}{100} \frac{P_b}{P_m} = \frac{25}{100} \frac{10.5}{1.46} = \frac{262.5}{146} = 1.79 \text{ P.U.}$$

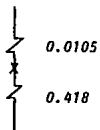
DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS



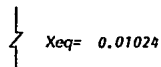
$X_{eq}$  DE LOS MOTORES ES  $1.79/5 = 0.358$  P.U.



$$0.06 + 0.358 = 0.418$$



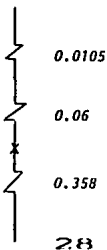
$$X_{eq} = \frac{0.0105 \times 0.418}{0.0105 + 0.418} = \frac{4.389 \times 10^{-3}}{0.4285} = 0.01024$$



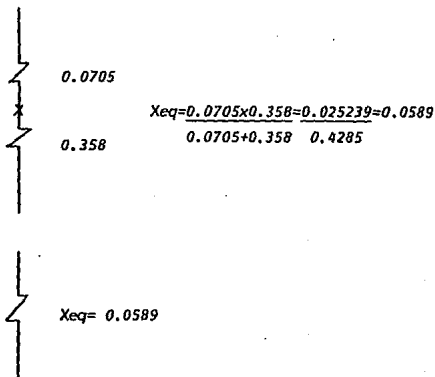
$$P_{cc} = \frac{P_b}{X_{eq}} = \frac{10.5 \text{ MVA}}{0.01024} = 1025.39 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{1025.39 \text{ MVA}}{3 \times 23 \text{ KV}} = 25.74 \text{ KA}$$

AHORA PARA LA FALLA 2 TENEMOS:



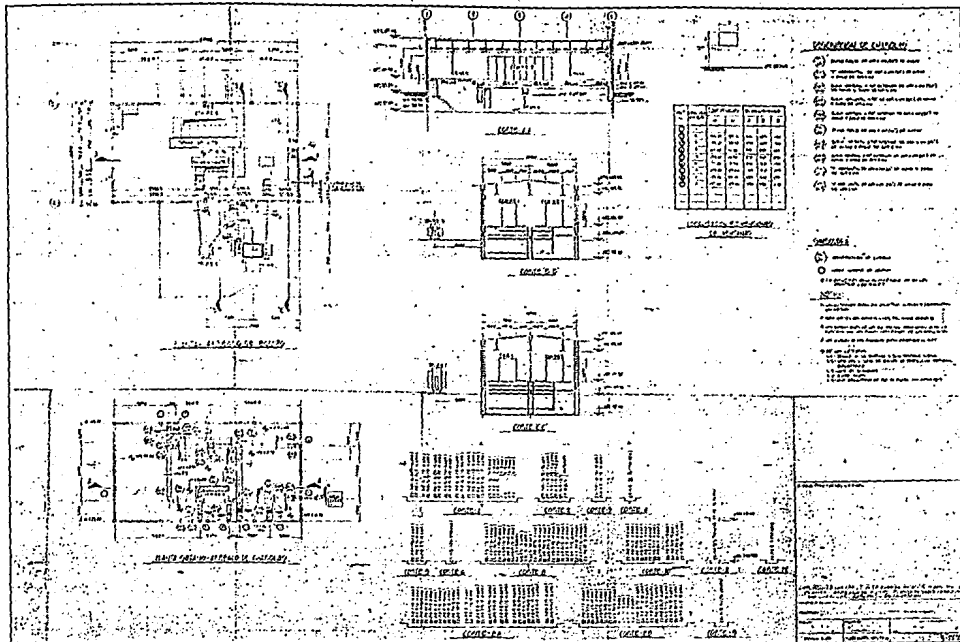
$$0.0105 + 0.06 = 0.0705$$



$$P_{cc} = \frac{P_b}{X_{eq}} = \frac{10.5 \text{ MVA}}{0.0589} = 178.26 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{3 \times KV} = \frac{178.26 \text{ MVA}}{3 \times 4.16} = 24.74 \text{ KA}$$





Para la subestación eléctrica de nuestro estudio es del tipo interior y operará bajo las siguientes condiciones:

Subestación, Tipo: Interior

Capacidad: 8400 KVA, Tensión: 23/4160 KV/VOLTS.

Baja Tensión con: 192 KW. 480/220/127 VOLTS.

Alumbrado Público con: 13.5 KW. 480 VOLTS.

Corriente: 3 Fases, 3 - 4 Hilos, 60 Hertz.

Todas las tensiones son entre fases.

Esta capacidad puede incrementarse hasta en 33%.

### III.8.- ESPECIFICACIONES PARA EL EQUIPO PRINCIPAL DE LA SUBESTACION ELECTRICA

Uno de los aspectos principales del diseño de las subestaciones eléctricas es poder decir las características principales del equipo constitutivo de la misma, ya que es necesario estar en posibilidad de especificar correctamente lo que se requiere y saber preguntar también a los fabricantes de equipos y aparatos, la información complementaria necesaria para finalmente tomar una decisión entre varias propuestas posibles en relación al equipo que se adapta mejor a las necesidades desde un punto de vista técnico y económico.

Otro elemento que resulta de gran ayuda lo constituyen los catálogos de fabricantes en donde por lo general describen las principales características y aplicaciones de los equipos y desde luego los valores nominales de la subestación como son las tensiones de entrada y salida la potencia de corto circuito en el punto de la instalación, la capacidad nominal, la altura sobre el nivel del mar las condiciones ambientales etc., a partir de las cuales se calculan algunos otros.

#### EQUIPOS Y ELEMENTOS PRINCIPALES POR ESPECIFICAR

Dependiendo de la tensión de operación y de la capacidad de la subestación eléctrica puede variar el número de componentes de la misma así como, las cantidades a especificar para cada equipo o aparato, así por ejemplo, no es lo mismo especificar un interruptor para 13.8 Kv, que un interruptor para 400 Kv, y en general para el resto del equipo en estos niveles de tensión pueden existir diferencias notables en algunos casos:

A continuación se describen las especificaciones de los elementos principales de la subestación eléctrica.

- ACOMETIDA ELECTRICA.- Será por la Compañía de la Luz y Fuerza del Centro por medio de su línea de 23000 volts localizada en forma paralela a la carretera Actopan-Tula, Hgo.

Se instalan cuchillas de operación con carga tipo Alduti de acuerdo a pláticas sostenidas con la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, División, Pachuca-Sección Juandho, respecto a su localización y montaje.

*Selección de cuchillas desconectadoras Alduti para recibir alimentación en 23000 volts por Compañía de Luz y Fuerza Centro.*

*Un juego de interruptores con carga tipo Alduti para 34.5 Kv. 600 Amperes continuos y 600 Amperes interruptivos con carga servicio intemperie con tres polos de doble ruptura para 25000 Amperes en 3 segundos y --- 40000 Amperes de cierre contra falla, operación en grupo por medio de mecanismo y palanca tipo reciprocante actuada desde el piso, para montaje vertical en estructura, equipado con conectores para cable cal- 2/0 AWG y bloqueo mecánico tipo candado.*

*Así mismo se instalan 3 apartarrayos autovalvulares para 23 Kv. instalados en la parte superior de la estructura que aloja las cuchillas de -- operación con carga.*

**CLAVE:** TAG. IR2-1 Interruptor de Potencia ( Energomex )

*El interruptor de potencia será del tipo autosoportado para servicio interior Nema 1. Fabricado de lámina de acero rolada en frío calibre 11 - USSG.*

*En un gabinete vertical metálico de 1500 x 1500 x 2400 mm. La unidad -- alojara el equipo siguiente:*

*Un interruptor en pequeño volumen de aceite tipo removible, tres polos-tiro sencillo, eléctricamente operado, con los relevadores auxiliares - necesarios.*

*Operación por medio de energía almacenada. La bobina para cierre y disparo del interruptor deberá ser 125 V.C.D. con las siguientes características.*

<i>Corriente Nominal</i>	<i>1250 Amperes</i>
<i>Tensión de Operación</i>	<i>23 Kv.</i>
<i>Tensión de Diseño</i>	<i>25 Kv.</i>
<i>Frecuencia</i>	<i>60 Hertz</i>
<i>Tiempo de Apertura Máximo</i>	<i>5 Ciclos</i>
<i>Capacidad Interruptiva en 23 Kv.</i>	<i>1000 MVA. (30.4 KA).</i>
<i>Un Segundo Capacidad Interruptiva Simétrica</i>	<i>18000 Amperes</i>

<i>Acometida</i>	<i>Inferior para recibir cable</i> <i>750 KCM.</i>
<i>Altitud</i>	<i>2116 M.S.N.M.</i>
<i>Temperatura Máximo</i>	<i>35° C</i>
<i>Temperatura Mínimo</i>	<i>2° C</i>

**CODICOS Y NORMAS**

<i>ANSI.-</i>	<i>American National Standard Institute</i>
<i>IEEE.-</i>	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineer.</i>
<i>NEMA.-</i>	<i>National Electrical Manufactures Association.</i>
<i>COONNIE.-</i>	<i>Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica.</i>

*Normas y Especificaciones Aplicables a Petróleos Mexicanos.*

*Transformador de Potencia (Protec).*

*Clave: TAG-R2-1*

<i>Servicio</i>	<i>Intemperie</i>
<i>Capacidad</i>	<i>7.5/9.3/10.5 MVA.</i>
<i>Relación de Transformación</i>	<i>23000/4160 Volts.</i>
<i>Número de Fases</i>	<i>3</i>
<i>Frecuencia</i>	<i>60 Hertz.</i>
<i>Enfriamiento</i>	<i>0A-FA-55/65°C</i>
<i>Altitud de operación</i>	<i>2295 M.S.N.M.</i>
<i>Tipo de Conexión</i>	<i>Delta en el lado primario</i> <i>Estrella en el lado secundario</i>
<i>Impedancia</i>	<i>6%</i>
<i>Nivel Basico de Impulso (A.T.)</i>	<i>150 Kv.</i>
<i>Nivel Basico de Impulso (Baja Tensión)</i>	<i>75 Kv.</i>

*Códigos y Normas:*

*NOM J, ANSI, PEMEX.*

*Transformador de Distribución (Protec)*

*Clave: TAG-TR-R2-2*

<i>Servicio</i>	<i>Intemperie</i>
<i>Capacidad</i>	<i>225 KVA.</i>

<i>Relación de Transformación</i>	4160/480 Volts.
<i>Número de Fases</i>	3
<i>Frecuencia</i>	60 Hertz
<i>Enfriamiento</i>	0A-55°C
<i>Altitud de Operación</i>	2116 M.S.N.M.
<i>Tipo de Conexión</i>	Delta en lado de Alta Tensión Delta en lado de Baja Tensión
<i>Impedancia</i>	5%
<i>Nivel Basico de Impulso (A.T.)</i>	
<i>Nivel Basico de Impulso (B.T.)</i>	30 KV.
<i>Códigos y Normas:</i>	
<i>NOM J, ANSI, PEMEX.</i>	

*Transformador de Alumbrado y Distribución (Voltran)*

<i>Clave: TAG-TR-SA-3</i>	
<i>Capacidad</i>	112.5 KVA
<i>Relación de Transformación</i>	480/220-127 Volts.
<i>Número de Fases</i>	3
<i>Frecuencia</i>	60 HZ.
<i>Enfriamiento</i>	AA 60° ó 80°C.
<i>Altitud de Operación</i>	2116 M.S.N.M.
<i>Nivel Basico de Impulso (A.T.)</i>	10 Kv.
<i>Nivel Basico de Impulso (B.T.)</i>	10Kv.
<i>Impedancia</i>	5%
<i>Tipo de Conexión</i>	Delta en Alta Tensión Estrella en Baja Tensión

*Centro de Control de Motores para 4160 Volts (F.P.E.)*

<i>Clave: TAG-CCM-R2-20</i>	
<i>Condiciones de Operación</i>	
<i>Tensión de Operación</i>	4160 Volts.
<i>Frecuencia</i>	60 Hertz
<i>Fases</i>	3
<i>Hilos</i>	3

## Construcción

### Gabinete

Nema 1 servicio interior fabricado con lámina de acero - calibre 12 USG

### Arreglo

Autosoportado ensamblado con un solo frente.

### Alambrado Nema

Clase 1, Tipo B.

### Barras Principales

2000 Amperes

### Potencia de Corto Circuito

250 MVA. Simétricos

### Altitud

2116 M.S.N.M.

### Temperatura Máximo

35°C

### Acometida

Inferior para cable cal. 750 KCM

### Tipo de Interruptor en la Acometida

Interruptor en vacío 3Px2000A

### Códigos y Normas:

ANSI, NEMA, IEEE, NEC, UL/DNVE.

### Centro de Control de Motores para 480 Volts (SQUARE'D)

Clave: TAG-COM-R2-21

### Condiciones de Operación

#### Tensión de Operación

480 Volts.

#### Frecuencia

60 Hertz

#### Fases

3

#### Hilos

3

## Construcción

### Gabinete

Nema 1, servicio interior usos generales, fabricado con lámina de acero rolada en frío calibre No. 12.

### Arreglo

Autosoportado y ensamblado en un solo frente.

### Alambrado Nema

Clase 1, Tipo B.

### Barras Principales

600 Amperes, Sim.

### Potencia de Corto Circuito

22 KA A 480 Volts

### Altitud

2116 M.S.N.M.

### Temperatura Máxima

35°C

*Acometida*

*Tipo de Interruptor en la*

*Acometida*

*Códigos y Normas:*

*ANSI, NEMA, IEEE, NEC, CCONNIE, PEMEX.*

*Inferior para cable cal. 400 MCM.*

*Termomagnético de 3P x 600A*



*CAPITULO*

*IV*

#### IV.- MEMORIA DE CALCULOS

##### IV.1.- Estación de bombeo II

Formulas utilizadas:

Tres fases  $I = \frac{KVA \times 1\,000}{1.732 \times EF}$  Corriente conociendo los KVA

Tres fases  $I = \frac{KW \times 1\,000}{1.732 \times EF \times \cos \theta}$  Corriente conociendo KW

Tres fases  $I = \frac{HP \times 746}{1.732 \times EF \times N \times \cos \theta}$  Corriente conociendo HP

$S = \frac{2 \times 1.732 \times L \times I}{EF \times e\%$  Sección del conductor MM2. por caída de tensión

$e\% = 3 \ I \ L \ (R \ \cos \theta + X_L \ \text{SEN} \ \theta)$  Caída de tensión en alto voltaje.

- I - Corriente eléctrica en amperes
- EF - Tensión entre fases en volts
- EN - Tensión entre fase y neutro
- KW - Potencia activa
- $\cos \theta$  - Factor de potencia 0.85
- N - Eficiencia del motor 0.90
- S - Sección del conductor en MM2.
- L - Longitud en metros
- e - Caída de tensión en por ciento
- KVA - Potencia aparente
- R - Resistencia OHMS/KM
- $\text{SEN} \ \theta$  - Factor reactivo
- XL - Reactancia inductiva OHMS/KM

Selección de Cuchillas para recibir alimentación en 23 KV por Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

Alimentador de Cuchillas desconectoras al interruptor principal (IP-R2-1)

#### IV.2.- Círculo CF-R2-1

Será del mismo tipo y calibre que el utilizado para alimentar al primario del transformador.

3 Conductores de 250 MCM con aislamiento para 25 KV tipo Vulcanel XLP instalados en un tubo de 152 mm. Ø.

Se dejan ductos de 152 mm de diámetro para futuros ó cualquier problema - con el ducto de alimentación al interruptor IP-R2-1.

Selección del interruptor de potencia IP-R2-1

$$I = \frac{KVA \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF} = \frac{10\,500 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 23\,000} = 264 \text{ Amp.}$$

$$I = I \times 1.4 = 264 \times 1.4 = 370 \text{ Amp.}$$

De acuerdo a la potencia de falla del sistema

$$I = \frac{KVA \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF} = \frac{750\,000 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 24\,000} = 18042 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un interruptor en pequeño volumen de aceite debido a sus características de disparo, tiro sencillo, tipo removible, 3 polos, eléctricamente operado, con los relevadores auxiliares necesarios, operación por medio de energía almacenada. El interruptor tendrá las características eléctricas:

Corriente Nominal	1 200 Amp.
Tensión de Operación	23 KV
Tensión de Diseño	24 KV
Clase Nominal	1 000 KVA
Frecuencia	60 Hz.

<i>Tiempo de Apertura Máximo</i>	5 Ciclos
<i>Capacidad Interruptiva en 23 KV</i>	30.4 KA
<i>Capacidad Interruptiva Simétrica (1 seg)</i>	18 000 Amp.

*Además contará con el siguiente equipo adicional*

*3 Transformadores de corriente conexión estrella de 25 KV de nivel de - aislamiento clase y precisión adecuados, con relación de transformación 400/5A para ser utilizados con la protección diferencial.*

*3 Transformadores de corriente conexión estrella para la protección de - sobrecorriente con nivel de 25 KV de aislamiento de clase y precisión - adecuados y relación de transformación de 400/5A.*

*3 Relevadores de inducción para protección contra sobrecorriente de -- tiempo muy inverso con rango de 1-12 Amps., y dispositivo de disparo ins - tantáneo de 6-144 Amps., elemento ( 50/51 ).*

**Transformador de Potencia TR-R2-1**

Como Pemex tiene por norma el no trabajar las subestaciones al 100% de su capacidad se hace un estudio de cargas conectadas para sacar la demanda máxima.

<u>C I R C U I T O</u>	<u>DESCRIPCION DE LA CARGA</u>	<u>HP</u>	<u>KVA</u>
1.- CF-R2-1	TRANSFORMADOR 4160/480 VOLTS	-----	225
2.- CF-R2-2	BOMBA ENVIO DE AGUA BA-2372 A	1 500	1317
3.- CF-R2-3	IDEM PERD BA-2372 B	1 500	1317
4.- CF-R2-4	IDEM PERD BA-2372 C	1 500	1317
5.- CF-R2-5	IDEM PERD BA-2372 D	1 500	1317
6.- CF-R2-6	BOMBA ENVIO DE AGUA BA-2372 E (fu)	1 500	1317
7.- CF-R2-7	BOMBA FUTURA	<u>1 500</u>	<u>1317</u>
<b>T O T A L :</b>		<b>9 000</b>	<b>8127</b>

La carga total a instalar es de 8 127 KVA, por lo tanto considerando - 8.4 KVA para efectos del calculo del conductor.

$$I = \frac{KVA \times 1\,000}{3 \times EF} = \frac{8\,127 \times 1\,000}{3 \times 4\,160} = \frac{8\,127\,000}{12\,480} = 648\,077 \text{ Amp.}$$

$$I = 1\,128 \text{ Amp.}$$

Dividiendo esta carga entre dos conductores tenemos 1 COOR.

$$I \text{ COOR} = \frac{I}{2} = \frac{1\,128}{2} = 564 \text{ Amp.}$$

Afectando de acuerdo al factor de agrupamiento para cables tocandose - tenemos.

$$FA = \text{Factor de Agrupamiento} = 0.79$$

$$FT = \text{Factor de Temperatura del Terreno} = 1.03$$

$$I \text{ COND} = \frac{I \text{ COOR}}{FA \times FT} = \frac{564}{0.79 \times 1.03} = 693.130 \text{ Amp.}$$

$$I \text{ COND} = 693 \text{ Amp.}$$

De tablas que corresponde con conductores de 750 MCM 2 por fase tipo - Vulcanel (XLP) de 5 KV de aislamiento.

6 Conductores de 750 MCM 2 por fase

Instalados: 2 Conductores en cada tubo de 101 mm (4"Ø)

3 Tubos Conduit de 4"Ø

De acuerdo al analisis de cargas se selecciono un transformador de las - siguientes características:

Transformador de Potencia TR-R2-1

Potencia:	7 500/8 400 KVA	55/65° C	Autoenfriado
	9 300/10 500 KVA	55/65° C	Aire Forzado

Tensión Primaria: 23 000 Volts - Conexión Delta

Tensión Secundaria: 4 160 Volts - Conexión Estrella

Número de Fases: 3

Temperatura Ambiente: 30° C

Servicio: Exterior

Altitud: 2 116 MSNM

Impedancia: Standard

#### IV.3.- Circuito CF-R2-11

Alimentador al primario del transformador TR-R2-1

EF= 23 000 Volts 10 500 KVA

$$I = \frac{KVA \times 10\,000}{\sqrt{3} \times EF} = \frac{10\,500 \times 10\,000}{\sqrt{3} \times 23\,000} = \frac{10\,500\,000}{39837.16} = 263.57 \text{ Amp.}$$

$$I = 263.57 \text{ Amp} \times 1.25 = 329.46 \text{ Amp.}$$

$$I = 329.46 \text{ Amp.}$$

De tablas se selecciona un conductor Vulcanel (XLP) de 25 KV de aislamiento calibre 250 MCM.

3 Conductores de 250 MCM instalados en un ducto de 101 mm (4"Ø)

#### IV.4.- Circuito CF-R2-111

Cálculo del conductor que aumenta del secundario del transformador de -  
10.5 KVA al Interruptor Principal del COM-R2-2

$$I = \frac{KVA \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF} = \frac{10\,500 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 4\,160} = \frac{10\,500\,000}{7\,205.33} = 1\,457.25 \text{ Amp.}$$

$$I = 1\,457.25 \text{ Amp.}$$

Como resulta una corriente muy alta habrá que dividir la corriente en -  
2 circuitos:

Tenemos:

$$I_{\text{COR}} = \frac{I}{2} = \frac{1\,457 \text{ Amp.}}{2} = 728.5 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{COR}} = 728.5 \text{ Amp.}$$

De tablas Condumex obtenemos conductores calibre 750 MCM, 2 por fase

Selección de las Barras del COM-R2-2

$$I = \frac{KVA \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF} = \frac{10\,500 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 4\,160} = 1\,457.25 \text{ Amp.}$$

$$I_c = I \times 1.4 = 1\,457.25 \times 1.4 = 2\,040.15 \text{ Amp.}$$

Se instalarán barras de 2 000 Amps. en el COM.

Selección del Interruptor Principal del COM-R2-2

$$I = \frac{KVA \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF} = \frac{10\,500 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 4\,160} = 1\,457.25 \text{ Amp.}$$

$$I_t = I \times 1.4 = 1\,457.25 \times 1.4 = 2\,040 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un interruptor en vacío de 3 polos operados eléctricamente con los relevadores auxiliares necesarios, tendrán disparo mecánico y eléctrico de operación en vacío y montaje removible, de energía almacenada.

### Características Eléctricas del Interruptor Principal COM-R2-2

Voltaje Nominal	4 160 Volts.
Clase Nominal	250 KVA
Rango Máximo de Voltaje	4.76 KV
Rango Corriente Nominal	2 000 Amps.
Tiempo de Interrupción	5 Ciclos
Capacidad Interruptiva en Amperes Simétricos	33 182 Amps.
Capacidad de Corto Circuito Momentaneo	58 000 Amps.

#### IV.5.- Circuito CF-R2-2

Bomba para envío de agua a Refinería BA-2372-A 1 500 HP

$$I = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3} \times EF \times N \times FP} = \frac{1\ 500 \times 746}{\sqrt{3} \times 4\ 160 \times 0.9 \times 0.85} = \frac{1\ 119\ 000}{5\ 512} = 203\ \text{Amp.}$$

$$I = 203\ \text{Amp.}$$

Selección del Arrancador en Vacío

$$IA = 1 \times 1.4 = 203\ \text{Amp.} \times 1.4 = 284.2\ \text{Amp}$$

$$IA = 284\ \text{Amp.}$$

Se selecciona un contactor en vacío tipo removible, 3 Polos, 300 Amperes mínimos con un rango de 250 KVA de capacidad interruptiva apropiada para arranque a tensión plena 4 000 Volts, 3 Fases, 60 Hz, con 120 VCA. para control y ensamble para fusible de 300 Amp., 3 fusibles limitadores de corriente para protección contra corto circuito del motor, con un relevador para protección termica que monitoree la temperatura del estator por medio de un RTD (elemento 49), con 3 transformadores de corriente -- relación 300/5 Amp., y un transformador de corriente tipo dona para operar el relevador 50 GS., con un radio de 10 Amp.

Así mismo un relevador para protección de falla a tierra instantáneo con rango de 0.25 a 2.5 Amp., para reestablecerse manualmente (elemento 50-



GS), y un relevador para operación contra fase con alarma en condición de apertura de una sola fase ó fase inversa.

#### Selección del Conductor

$$I_c = I \times 1.25 = 203 \times 1.25 = 254 \text{ Amp.}$$

De acuerdo a su capacidad interruptiva tenemos:

$$I_{cc} = \frac{MVA}{\sqrt{3} \cdot EF} = \frac{250\,000}{\sqrt{3} \times 4.16} = 34\,700 \text{ Amp.}$$

De tablas Condumex se selecciona un conductor de energía Vulcanel (XLP) para 5 KV calibre 4/0 AWG.

Instalados en un ducto de 101 mm de diámetro (4"Ø)

Circuito CF-R2-3 Bomba para envío de agua a Refinería BA-2372B-1500 HP  
Idem al CF-R2-2

Circuito CF-R2-4 Bomba para envío de agua a Refinería BA-2372C-1500 HP  
Idem al CF-R2-2

Circuito CF-R2-5 Bomba para envío de agua a Refinería BA-2372D-1500 HP  
Idem al CF-R2-2

Circuito CF-R2-6 Bomba para envío de agua a Refinería BA-2372E-1500 HP Futura  
Idem al CF-R2-2

Cálculo del conductor entre secundario del transformador de 225 KVA y el interruptor principal del CCM-R2-21.

IV.6.- Circuito CF-R2-1-1

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{3 \times \text{EF}} = \frac{225 \times 1\,000}{3 \times 480 \text{ V.}} = 270.63 \text{ Amp.}$$

Por Corriente:

$$I_c = I \times 1.25 = 270.63 \times 1.25 = 338.287 = 339 \text{ Amp.}$$

Que corresponde a un conductor calibre 400 MCM

Por Caída de Tensión:

$$S = \frac{2 \sqrt{3} \times 2 \times I}{\text{EF} \times e \%} = \frac{2 \sqrt{3} \times 20 \text{ Mts.} \times 271 \text{ Amp.}}{480 \times 3} = \frac{18\,775.43}{1\,440}$$

S = 13.03 MM<sup>2</sup> Corresponde a un calibre 6 AWG

Por lo tanto se insatalan 3 x 400 MCM

En un ducto de 101 mm Ø (4"Ø)

Alimentador al primario del transformador de 225 KVA

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{\sqrt{3} \times \text{EF}} = \frac{225 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 4\,160} = \frac{225\,000}{7205.3313} = 31.23 \text{ Amp.}$$

$$I = \frac{250 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times \text{EF}} = \frac{250\,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 4.16 \text{ KV}} = \frac{250\,000}{7.2053313} = 34696.57$$

$$I_{cc} = 34\,700$$

$$I = (1.25 \times 1MM) + \approx 1om \\ = (1.25 \times 203 + 812) = 1066/2 = 533$$

## Selección del transformador de distribución TR-R2-2

### Circuitos

1.- TAB-TDB-R2-21	30 KVA	
2.- CF-R2-12	40 KVA	
3.- CF-R2-11 Disp.	88 KVA	(disponible)
4.- CA-R2-10 (13.5 KW)	16 KVA	
	<hr/>	
	174 KVA	

Se elige un transformador de 225 KVA

### Datos del Transformador

Capacidad:	225 KVA
Tensión:	4 160/480 Volts.
Número de Fases:	3
Frecuencia:	60 Hz.
Impedancia:	5%
Tipo:	OA
Temperatura:	30° C

Con la capacidad del transformador se puede calcular la corriente nominal de las barras, así como el interruptor principal del COM-R2-21

$$I_N = \frac{KVA \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF} = \frac{225 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 480} = \frac{225\,000}{831.38} = 270.63 = 271 \text{ Amp.}$$

Se instalan barras para 600 Amp.

Interruptor Principal, uno de 3P x 600 Amp. ajustando su disparo hasta un 65% aproximadamente 400 Amp.

$$3 \times 600 \text{ Amp.}$$

De tablas Condux para selección de cables de energía Vulcanel (XLP) para 5 KV., obtenemos un conductor calibre 4/0 AWG.

Instalados en un ducto de 101 mm  $\emptyset$  (4"  $\emptyset$ )

Selección del arrancador para transformador de 225 KVA en 4 160 Volts.

$$IA = I \times 1.4 = 31.23 \text{ Amp.} \times 1.4 = 43.72 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un contactor al vacío tipo removible 3P x 300 Amperes mínimos con un rango de 250 KVA de capacidad interruptiva para un arranque a tensión plena de 4 000 Volts., 3 Fases, 60 Hz, con 120 VCA., para control y ensamble para fusibles limitadores de corriente 3P x 50 Amp.

Equipado con un transformador de corriente tipo dona para operar el relevador 50 GS. con un radio de 10 Amp., y un relevador para protección de falla a tierra instantáneo con rango de 0.25 Amp. para restablecerse manualmente en 50 GS.

Alumbrado Exterior 13 500 WATTS

IV.7.- Circuito CA-R2-10

$$I = \frac{KW \times 1\,000}{3 \times EF} = \frac{13.5 \times 1\,000}{3 \times 480} = 16.24 \text{ Amp.}$$

Selección del Interruptor Termomagnético (It)

$$It = I \times 1.40 = 16.24 \times 1.40 = 22.73$$

Se selecciona un interruptor de 3P x 20 Amp.

Selección del Conductor

Por corriente Ic

$$Ic = I \times 1.25 = 16.24 \times 1.25 = 20.3 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un cable Vinanel 900 para 600 Volts calibre 14 AWG.

Por Caída de Tensión

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{EF \times e\%} = \frac{2 \times \sqrt{3} \times 130 \times 16.24}{480 \times 3} = 5.07 \text{ MM}^2$$

Que corresponden con un calibre 10 AWG se instalaran 6 conductores calibre 10 AWG 6 x 10 AWG.

En dos ductos de 25 mm de diámetro cada uno 2 TC- 25 mm de diámetro

Selección de la combinación arrancador interruptor para el control de alumbrado exterior

Carga a controlar 13.500 KW, convirtiendo en H.P. se tiene aprox. 16 H.P.

Se selecciona una combinación para cada carga de 20 H.P. siendo un tamaño LMO-2.

Contacto Trifásico en Casa de Rebanco 40 KVA

IV.8.- Circuito CF-R2-12

$$I = \frac{KVA \times 1000}{3 \times EF} = \frac{40 \times 1000}{3 \times 480} = 48.11$$

Selección del Interruptor Termomagnético ( It )

$$It = I \times 1.4 = 48.11 \times 1.4 = 67.35$$

Se selecciona un interruptor de 3P x 70 Amp.

Selección del Conductor

Por Corriente ( Ic )

$$Ic = I \times 1.25 = 48.11 \times 1.25 = 60.14 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un cable Vinanel 900 para 600 Volts calibre 6 AWG

Por Caída de Tensión

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times 45 \times 48.11}{480 \times 3} = 5.21 \text{ MM}^2$$

Que corresponde a un calibre 10 AWG.

Por lo tanto se instala un conductor calibre 4 AWG.

3 - 4 AWG

Los cuales viajan en un ducto de 31 mm de diámetro

### Selección del Transformador Tipo Seco

TR-R2-4

En base a la sumatoria de cargas obtenemos 25 376 KW más 5 KVA

A).- Tablero "V" cuarto de operaciones	1 200 WATTS
B).- Tablero "U" alumbrado de subestación	6 280 WATTS
C).- Tablero "Y" alumbrado casa de bombas	13 350 WATTS
D).- Resist.calefactoras CCM-R2-21 (CA-R2-4)	1 000 WATTS
E).- Ventiladores TR-2-(CA-R2-3)	746 WATTS
F).- Resist. calefactoras CCM-R2-2-E Interruptor I-R2-1	1 800 WATTS
G).- Resist. calefactoras para motores	1 000 WATTS
H).- Cargador de Baterías	5 KVA
	<hr/>
	25 376 WATTS

Convirtiendo a KVA'S

$$KVA = \frac{KW}{\cos \theta} = \frac{25.376}{0.85} = 29.85 \text{ KVA} + 5 \text{ KVA} = 34.85 \text{ KVA}$$

Aproximadamente 35 KVA, utilizando un factor de utilización del 85%, -  
obtenemos  $35 \times .85 = 29.75 \text{ KVA}$

Se selecciona un transformador tipo seco integrado al CCM-R2-2, 3 Fases, 30 KVA con devanado primario de 480 Volts y un devanado secundario de 220 Volts entre fases y 127 Volts entre fase y neutro.

### Características

Clave:	TR-2-4
Tipo:	Seco
Capacidad:	30 KVA
No. de Fases:	3
Tensión:	480/220/127 Volts.

### Interruptor Lado Secundario

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{3 \times \text{EF}} = \frac{30 \times 1\,000}{3 \times 220} = 78.8 \text{ Amp.}$$

$$I_t = I \times 1.40 = 78.8 \times 1.40 = 110.32 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un interruptor de 3 polos x 100 Amp.

### Interruptor Lado Primario

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{3 \times 480} = \frac{30 \times 1\,000}{3 \times 480} = 36.08 \text{ Amp.}$$

$$I_t = I \times 1.40 = 36.08 \times 1.40 = 50.51 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un interruptor termomagnético de 3P x 50 Amp.

### Corriente nominal para barra del TDB

$$I_n = I \times 1.40 = 78.80 \times 1.40 = 110 \text{ Amp.}$$



IV.9.- Circuito CA-R2-2

$$I = \frac{KW \times 1\,000}{3 \times EF \times \cos \theta} = \frac{1,800 \times 1\,000}{3 \times 220 \times 1} = 4.72 \text{ Amp.}$$

Selección del interruptor termomagnético ( It )

$$It = I \times 1.40 = 4.72 \times 1.40 = 6.61 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un interruptor de 3 polos x 15 A. 3P x 15 A

Selección del conductor por corriente Ic

$$Ic = I \times 1.25 = 4.72 \times 1.25 = 5.90 \text{ Amp.}$$

De tablas se obtiene un cable Vinanel 900 para 600 Volts cal. 14 AWG pero por norma Pemex se instala cal. 12 AWG

3 COND - 12 AWG Instalados en un ducto de 31 mm. Ø

Se deja este tubo por cargas futuras que se puedan alimentar a través de este tubo.

Resistencias calefactoras para motores 1 000 WATTS

Circuito CA-R2-1

$$I = \frac{KW \times 1\,000}{2 \times EF} = \frac{1,0 \times 1\,000}{2 \times 220} = 4.54 \text{ Amp.}$$

Selección del interruptor termomagnético ( It )

$$It = I \times 1.4 = 4.54 \times 1.4 = 6.36$$

Se selecciona un interruptor termomagnético 2 x 15 Amp.

Selección del conductor por corriente Ic

$$Ic = I \times 1.25 = 4.54 \times 1.25 = 5.68$$

Se selecciona cable Vinanel 900 cal. 14 AWG

Se instala cable cal. 10 AWG 2-10 AWG., Viajan por charola baja tensión

*Resistencias calefactoras del CCM-R2-21 1 000 WATTS*

*IV.10.- Circuito CA-R2-4*

$$I = \frac{KW \times 1\ 000}{3 \times EF \times \cos \theta} = \frac{1 \times 1\ 000}{3 \times 220 \times 0.85} = 2.62 \text{ Amp.}$$

*Selección del interruptor termomagnético ( It )*

$$It = I \times 1.40 = 2.62 \times 1.40 = 3.67 \text{ Amp.}$$

*Se selecciona un interruptor termomagnético de 1P x 15 A.*

*Selección del conductor por corriente ( Ic )*

$$Ic = I \times 1.25 = 2.62 \times 1.25 = 3.28 \text{ Amp.}$$

*De tablas se obtiene un cable Vinanel 900 para 600 Volts calibre 14 AWG este calibre es suficiente pues las resistencias calefactoras se alimentan por charolas dentro de la misma subestación*

*Ventiladores de TR-2-1 746 WATTS*

*IV.11.- Circuito CA-R2-3*

$$I = \frac{KW \times 1\ 000}{3 \times EF \times \cos \theta} = \frac{.746 \times 1\ 000}{3 \times 220 \times 0.85} = 2.30 \text{ Amp.}$$

*Selección del interruptor termomagnético ( It )*

$$It = I \times 1.40 = 2.30 \times 1.40 = 3.22 \text{ Amp.}$$

*Se selecciona un interruptor de 3P x 15 Amp.*

*Selección del conductor por corriente ( Ic )*

$$Ic = I \times 1.25 = 2.30 \times 1.25 = 2.87$$

*De tablas se obtiene un cable Vinanel 900 para 600 Volts calibre 14 AWG*

*Cálculo de Conductores e Interruptores y Dispositivos de Control (Circuito Y-4) Contacto Monofásico 150 W.*

$$I = \frac{KW \times 1\,000}{EN \times \cos \theta} = \frac{.15 \times 1\,000}{127 \times \cos \theta} = \frac{150}{108} = 1.38 \text{ Amp.}$$

*Selección del Interruptor Termomagnético (It)*

$$It = I \times 1.40 = 1.38 \times 1.40 = 1.94 \text{ Amp.}$$

*Se selecciona un interruptor termomagnético de 1P x 15 Amp.*

*Selección del conductor por corriente Ic*

$$Ic = I \times 1.25 = 1.38 \times 1.25 = 1.725 \text{ Amp.}$$

*De tablas obtenemos un conductor calibre 14 AWG por norma se instalan 2 conductores calibre 10 AWG.*

*Tablero "Y" Alumbrado Casa de Bombas 13 350 WATTS*

$$I = \frac{KW \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF \times \cos \theta} = \frac{13\,350 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 220 \times .85} = 41.21 \text{ Amp.}$$

*Selección del interruptor termomagnético (It)*

$$It = I \times 1.40 = 41.21 \times 1.40 = 57.70$$

*Se selecciona un interruptor termomagnético de 3P x 50 Amp. considerando que en el contacto trifásico nunca se conectará una carga de 9 KW.*

*No requiere cables de alimentación pues este tablero se encuentra instalado en el CCM-R2-21.*

IV.12.- Aluminado en Casa de Bombas 4 200 WATTS

Circuito Y-1    Circuito Y-2

$$I = \frac{KW \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF \times \cos \theta} = \frac{2.1 \times 1\,000}{3 \times 220 \times 0.85} = \frac{2\,100}{323.9} = 6.48 \text{ Amp.}$$

Selección del Interruptor Termomagnético ( It )

$$It = I \times 1.40 = 6.48 \times 1.40 = 9.072 \text{ Amp.}$$

Se seleccionan dos interruptores de 3P x 15 Amp.

Selección del conductor por corriente Ic

$$Ic = I \times 1.25 = 6.48 \times 1.25 = 8.1 \text{ Amp.}$$

De tablas se obtiene un cable Vinanel 900 para 600 Volts calibre 14 AWG

Por caída de Tensión

$$S = \frac{2\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{EF \times e\%} = \frac{2 \times 3 \times 45 \times 6.48}{220 \times 3} = 1.53 \text{ mm}^2$$

Esta selección corresponde con calibre 14 AWG por norma Pemex el calibre mínimo a instalar es 12 AWG., ( en circuitos excepto circuitos de control se instalarán 6 conductores cal. 12 AWG., — 3 COND x Circuito en ducto de 25 mm Ø.

Contacto Trifásico 9 000 WATTS

Circuito Y-3

$$I = \frac{KW \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF \times \cos \theta} = \frac{9 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85} = 27.78 \text{ Amp.}$$

*Selección del Interruptor Termomagnético*

$$I_t = I \times 1.40 = 27.78 \times 1.40 = 38.9 \text{ Amp.}$$

*Se selecciona un interruptor termomagnético de 3P x 50 Amp.*

$$I_c = I \times 1.25 = 27.78 \times 1.25 = 34.72 \text{ Amp.}$$

*De tablas se selecciona cable Vinanel 900 para 600 Volts calibre 12 AWG*

*Por caída de tensión*

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{EF \times e\%} = \frac{2 \times \sqrt{3} \times 45 \times 27.78}{220 \times 3} = 6.56 \text{ mm}^2$$

*El cable a instalar serán 3 conductores calibre 8 AWG el ducto a emplear es de 25 mm Ø.*

Circuito Tablero "U" Alumbrado de Subestación 6 280 WATTS

Integrado en el CCM-R2-21

$$I = \frac{KW \times 1\,000}{\sqrt{3} \times EF \times \cos \theta} = \frac{6.28 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 127 \times 0.85} = 19.40 \text{ Amp.}$$

Selección del interruptor termomagnético ( It )

$$It = I \times 1.40 = 19.40 \times 1.40 = 27.20 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un interruptor termomagnético de 3P x 30 Amp.

No se requiere cableado para su alimentación pues esta instalado dentro del CCM-R2-21

Tablero "V" en Cuarto de Operadores 1 200 WATTS

IV.13.- Circuito CA-R2-9

$$I = \frac{KW \times 1\,000}{\text{En COS } \emptyset} = \frac{1.2 \times 1\,000}{127 \times 0.85} = 11.16 \text{ Amp.}$$

Selección del interruptor termomagnético ( It )

$$It = I \times 1.40 = 11.16 \times 1.40 = 15.56$$

Se selecciona un interruptor termomagnético de 1P x 15 Amp.

Selección del conductor por corriente ( I<sub>c</sub> )

$$I_c = I \times 1.25 = 11.16 \times 1.25 = 13.95 \text{ Amp.}$$

Se selecciona un cable Vinanel 900 para 600 Volts calibre 14 AWG

Por caída de tensión

$$S = \frac{4 \times L \times I}{\text{En } x \text{ e\%}} = \frac{4 (70) (11.16)}{127 \times 3} = 8.20 \text{ mm}^2$$

Que corresponde con un cable calibre 10 AWG

Se instalarán dos cables calibre 10 AWG en tubo de 25 mm  $\emptyset$

*Alimentación a Cargador de Baterías de 5 KVA*

*IV.14.- Circuito CB-R2-21*

$$I = \frac{KVA \times 1\ 000}{2 \times EF} = \frac{5 \times 1\ 000}{2 \times 220} = 11.36 \text{ Amp.}$$

$$I = 11.36 \text{ Amp.}$$

*Selección del interruptor termomagnético (It)*

$$It = I \times 1.40 = 11.36 \times 1.40 = 16 \text{ Amp.}$$

*Se selecciona un interruptor termomagnético 2P x 30 Amp.*

*Se selecciona del conductor por corriente Ic*

$$Ic = I \times 1.25 = 11.36 \times 1.25 = 14.20 \text{ Amp.}$$

*De tablas se obtiene un cable Vinanel 900 para 600.Volts calibre 14 AWG*

*Por norma Pemex y por ir el conductor en un ducto subterráneo se selecciona un calibre 10 AWG*

*Los conductores se alojaron en un tubo de 25 mm Ø.*



**CAPITULO**

**V**

## V.- Conductores Eléctricos

V.1.- *El primero de los elementos de un cable cualquiera ya sea de energía ó no, es el conductor, en cuyo diseño es necesario considerar cuatro factores:*

- A).- *Material*
- B).- *Flexibilidad*
- C).- *Forma*
- D).- *Calibre*

*Veamos cada uno de estos factores*

A).- Material.- *La selección del metal para el conductor eléctrico es materia principalmente económica y se decide en base a las características siguientes:*

- 1.- *Disponibilidad del material para el conductor, que implica abundancia, uniformidad en el abasto y la calidad, etc.*
- 2.- *Costo inicial ya sea del metal en sí, proceso ó nivel de precio en el mercado.*
- 3.- *Costo de operación, que implica pérdidas eléctricas en el conductor y costos de mantenimiento, etc.*

B).- Flexibilidad.- *Para dar al conductor la flexibilidad deseada son el temple del material y principalmente su construcción, dentro de la cual el número de hilos es un factor determinante del cual prácticamente depende la flexibilidad.*

*Las construcciones comunes de conductores eléctricos son:*

*Alambre, Cordones y Cables.*

El Alambre .- *Es un conductor sólido, cilíndrico generalmente y su uso está limitado a secciones pequeñas debido a su rigidez.*

Cables.- *Hay varias formas de construir conductores cableados, los más comunes son:*

*Cableado concéntrico y cableado concéntrico compacto, cableado semi-*

*Flexible, conductor sectoral y conductor sectoral compacto, conductor anular y conductor segmental.*

*Consideraremos por ahora solo los cables circulares para ilustrarlo relacionado con flexibilidad.*

El cableado concéntrico.- *Consiste de un alambre central rodeado por una ó más capas de alambres aplicados helicoidalmente, cada capa tiene seis alambres más que la anterior.*

Cableado concéntrico compacto.- *Los alambres de las capas están aplicados en direcciones alternas ó sea una capa en S y la siguiente en Z y así sucesivamente.*

*En este tipo de cableado hay cuatro clases: A, B, C, D, siendo las más comunes la clase B y C, y se refieren al número de alambres requeridos para dar una sección transversal determinada.*

Cableado semiflexible.- *Se construye en forma similar al cableado concéntrico, solo que este era un alambre, es un cablecito en el cableado semiflexible, ó sea que es un cableado de cables, lo que resulta en mayor flexibilidad debido al mayor número de hilos.*

*Las construcciones usadas en la gran generalidad de los conductores eléctricos son los cableados concéntricos clase B y C. Es también común el cableado compacto redondo.*

#### *Clasificación de los conductores eléctricos*

*Los conductores cableados se clasifican de acuerdo al número de alambres como se indica a continuación.*

*Clase AA.- Conductores desnudos usados generalmente en líneas aéreas.*

*Clase A.- Conductores que se aislarán con materiales resistentes a la intemperie y conductores desnudos de mayor flexibilidad que la requerida para la clase AA.*

*Clase B.- Conductores que van a ser aislados con materiales varios tales como plástico elastómeros, papel, etc., y conductores que requieren más flexibilidad que los de clase A.*

*Clase C y D.- Conductores de mayor flexibilidad que los de la clase A.*

*C).- Forma.- Encontraremos que pueden ser redondos como mencionamos previamente, sectorales, segmentales y anulares.*

Conductores sectorales.- *Son cables cuya sección transversal es aproximadamente la de un sector circular y sirven para hacer algunos cables multiconductores, que al reunirlos ya aislados, dan como resultado cables de menor diámetro que los que harían con conductores circulares.*

Conductores segmentales.- *Son conductores redondos compuestos cada uno de tres a cuatro sectores, aislados ligeramente uno al otro.*

Construcción anular.- *Los alambres se cablean al rededor de un núcleo de material no conductor ó un espiral de acero, para dejar hueco el centro del conductor que transmitiría menos densidad de corriente.*

*D).- Calibre.- Esta relacionado con la capacidad de corriente del cable. Debido a que los alambres y cables de cobre y aluminio no se fabrican en todas las medidas, hay una serie de calibres comerciales según el calibrador AWG y MCM, y el  $MM^2$ , de entre los cuales se selecciona el calibre del conductor que tenga la capacidad de corriente requerida dentro del tipo de cable, la instalación y el ambiente del caso.*

## V.2.- Partes y Funciones de Conductores Eléctricos

6



- 1.- Conductor.- Cobre ó Aluminio normalmente compactado, siendo su función la de conducir la energía eléctrica entre dos puntos de la instalación.
- 2.- Pantalla del Conductor.- Semiconductor extruido directamente sobre el conductor y en tandem con el aislamiento, siendo su función la de distribuir uniformemente el campo eléctrico en la superficie exterior del conductor, evitando con esto la concentración de esfuerzos eléctricos en la superficie del mismo.
- 3.- Aislamiento.- Este puede ser Etileno Propileno Rubber (EPR) ó Polietileno vulcanizado de cadena cruzada (XLP) extruido sobre la pantalla del conductor, siendo su función la de controlar e impedir el paso de la corriente eléctrica.
- 4.- Pantalla Semiconductora.- Semiconductor aplicado sobre el aislamiento
- 5.- Pantalla Metálica.- Aplicada sobre la pantalla semiconductora en íntimo contacto con esta formando entre ambas la denominada "Pantalla Electroestática", siendo su función la de confinar el campo eléctrico al interior del aislamiento evitando con esto gradientes de potencial peligrosos en la superficie de los cables y como protección del sistema.

- 6.- Separador.- Material no higroscópico que actúa como separador - facilitando la separación de la cubierta y la pantalla metálica.
- 7.- Cubierta Protectora.- El material de la cubierta protectora debe de ser materiales compatibles con los aislamientos (similares coeficientes de dilatación, temperatura de operación, etc.) los más utilizados son: PVC, Cloruro de Polivinilo, PE, Polietileno natural, PB, Plomo y Neopreno.

La función de la cubierta es la de dar protección mecánica al -- cable y sobre ésta se graba la identificación del mismo, tanto el voltaje de operación como el calibre y otros datos. Dependiendo de las condiciones de trabajo y contaminación del terreno es necesario en algunas situaciones utilizar armaduras las cuales pueden ser hechas con una capa de plomo, un fleje de acero ó una malla - de alambres de acero cubriendo el cable al 100%.

En el área de baja tensión los conductores eléctricos tienen la siguiente construcción: Conductor.- Cobre ó Aluminio

Aislamiento.- Hay una gran variedad de tipos de aislamientos a - diferentes temperaturas de diferentes fabricantes con diversos -- nombres comerciales.

### V.3.- Tipos de Conductores Eléctricos

Existe una gran variedad de conductores para instalaciones eléctricas son:

- 1.- Desnudos
- 2.- Construcción
- 3.- Flexibles
- 4.- Minas
- 5.- Control
- 6.- Potencia
- 7.- Electrónicas
- 8.- Magnetos
- 9.- Telefónicos

#### V.4.- Cálculo de selección de conductores eléctricos

*En el proyecto de las instalaciones eléctricas, la selección adecuada - del calibre del conductor que llevará corriente a un dispositivo específico, que se puede efectuar de dos diferentes maneras:*

*V.4.1.- Por capacidad de conducción de corriente*

*V.4.2.- Por caída de tensión*

#### *V.5.-A continuación procedimiento de selección de conductores eléctricos*

*A).- Se calcula la corriente*

*B).- De acuerdo al Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas se - corrige la corriente en un 125% del valor obtenido.*

*C).- Selección del conductor eléctrico en base a tablas de capacidad - de conducción de corriente, de los fabricantes.*

*D).- Se corrige por caída de tensión para distancias de más de 50 metros.*

*E).- En base a su área y consultando tablas del fabricante se selecciona el conductor eléctrico.*

*F).- Comparando ambos resultados se elige el conductor eléctrico de - mayor calibre ó sección.*

**CAPITULO**

**VI**



## VI.- Iluminación

*El propósito de la Iluminación Industrial es el proveer de energía lumínica; eficiente en calidad, y suficiente en cantidad para crear un ambiente de seguridad y mejorar la visibilidad y productividad dentro de un ambiente confortable.*

*La iluminación debe servir, no solamente como una herramienta de producción y un factor de seguridad, sino que deberá de contribuir a mejorar - las condiciones ambientales en las áreas de trabajo.*

*En la actualidad el énfasis ha sido el utilizar la iluminación como ayuda para crear un sitio donde la gente pueda trabajar confortablemente, -- a la vez influirá sobre las condiciones de seguridad en el trabajador, - que son esenciales en cualquier industria.*

*VI.1.-De los factores de una buena iluminación, deberán de considerarse dos, - y son:*

- 1.- La cantidad*
- 2.- La calidad*

*La cantidad, se refiere al nivel de iluminación necesario para la tarea visual y el ambiente general.*

*La calidad se refiere a la distribución de la iluminancia en el ambiente visual e incluye el color de la luz, su dirección, su difusión y el - grado de brillo, etc.*

*VI.2.- Selección de luminarios*

*Para mantener nuevas condiciones de visión se requieren sistemas de iluminación en la mayoría de las áreas industriales, ya que no existe a -- menudo suficiente cantidad de luz natural, sin mencionar aquellas que -*

laboran por más de 10 horas al día.

VI.3.- Predominan dos métodos de generación de luz artificial; lámparas incandescentes y de descargas eléctricas.

El primer método es simplemente una fuente que produce luz por incandescencia, al pasar una corriente por un filamento de tungsteno, dentro de un -- bulbo de vidrio. Cerca del 7% de su potencia, se transforma en energía visible (luz), el resto son radiaciones infrarojas (calor).

La eficacia de las lámparas incandescentes para uso general de 15 a 150 -- Watts, es de aproximadamente de 10 a 20 lúmenes por Watt y su duración ó -- vida es de 750 a 2000 horas.

Los principales inconvenientes de la lámpara incandescente son, una vida -- corta y una baja eficacia; sin embargo, hay ventajas que las compensan como son:

- 1.- Tamaño compacto
- 2.- Bajo costo inicial
- 3.- Inafectable por temperatura circundante
- 4.- No necesita accesorios de arranque o reactores
- 5.- Color cálido da a los objetos un aspecto familiar

Además entre las incandescentes existe la de Cuarzo, de la cual se pre -- sentan sus principales características, en comparación con los demás, en la tabla No. 1, de la página 70

De los tipo de descarga eléctrica se tiene:

- A).- Fluorescente
- B).- Vapor de mercurio

C).- Aditivos metálicos

D).- Vapor de sodio alta presión

El primero ha llegado a ser el más usual en la iluminación comercial y en escuelas, y los demás en la iluminación industrial y exterior.

Los principales inconvenientes de la lámpara fluorescente, son su gran tamaño físico en relación con su potencia, la necesidad de un reactor que le proporcione una corriente y un voltaje adecuado de operación, y una gran reducción de su flujo luminoso a bajas temperaturas.

Estos factores adversos están compensados por las siguientes ventajas:

- 1.- Alta eficiencia luminosa, varía de 30 a 80 lúmenes por Watt.
- 2.- Producción de buenos colores
- 3.- Vida más larga, aproximadamente 12,000 horas en comparación con las 750 a 2,000 de las lámparas incandescentes.

Otro tipo de lámparas de descarga, lo es la de vapor de mercurio, la cual produce luz mediante un arco eléctrico en una atmósfera de vapor de mercurio, a alta presión, dentro de un bulbo de cuarzo, relativamente pequeño, que a su vez se encuentra dentro de otro bulbo de vidrio resistente a los choques térmicos.

Sus características la hacen ideal para gimnasios, grandes campos deportivos, instalaciones industriales y en general en todas las áreas al aire libre.

Además de necesitar un reactor, otro inconveniente de las lámparas de vapor de mercurio es que, después de aplicarle corriente, necesitan varios minutos para obtener su máxima emisión luminosa, y si se ha apagado es necesario un enfriamiento de 3 a 5 minutos antes de tener su total emisión nuevamente.

*Sus ventajas son las siguientes:*

- 1.- *Larga vida económica, más de 16,000 horas con muy baja depreciación.*
- 2.- *Fuente luminosa concentrada*
- 3.- *Alta eficiencia luminosa, más de 80 lúmenes por watt.*
- 4.- *Flujo inalterable por los cambios de temperatura.*
- 5.- *De construcción robusta en comparación con las lámparas incandescentes normales y fluorescentes.*

*Las lámparas de aditivos metálicos, son muy similares en su construcción a las de Vapor de Mercurio. El tubo de arco ó descarga contiene gas argón y mercurio, más yoduros de Torio, Sodio y Escandio. Estos tres últimos elementos son los responsables de que la lámpara sea más eficaz en lúmenes por watt y que se obtiene un mejor rendimiento de color.*

*La lámpara de aditivos metálicos, hace uso del mismo principio de arranque. Cuando se aplica la tensión de la lámpara, se inicia la ionización en el espacio existente en el electrodo de operación adyacente. Debido a la presencia de yoduros metálicos en el tubo de arco, el voltaje requerido para la ionización es mucho más alto.*

*Las lámparas de Vapor de Sodio Alta Presión, están teniendo gran demanda en el área industrial, así como en el alumbrado público, ya que es mucho más eficaz en lúmenes por watt que las tratadas anteriormente.*

*El principal elemento de radiación en el tubo de arco de la lámpara de vapor de sodio alta presión es el elemento sodio, sin embargo, contiene mercurio como corrector del color, y también existe una pequeña cantidad de xenon, en el tubo de arco, utilizado para iniciar la secuencia de arranque.*

Para su ignición requiere voltajes extremadamente altos (2,500a 5,000 - volts). Esta función de arranque, se logra por medio de un circuito electrónico llamado ignitor. El periodo de calentamiento es de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez, un poco menor que el periodo requerido por una lámpara de aditivos metálicos ó vapor de mercurio.

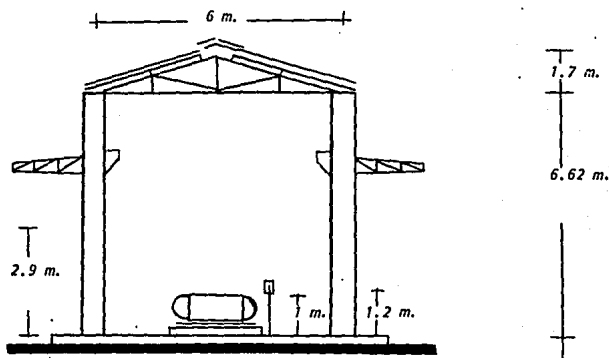
TABLA No. 1  
CARACTERISTICAS DE LAS LAMPARAS

LAMPARA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<i>Incandescente</i>	<i>Bajo costo inicial. Buen rendimiento de color Buen control luminoso, Encendido instantáneo</i>	<i>Bajo rendimiento luminoso, Vida corta de la lámpara (500-2000) hrs. Alto costo de operación</i>
<i>Fluorescente</i>	<i>Buena vida de lámpara (9,000-20,000 hrs.) Buena eficiencia luminosa Bajo costo de operación Baja brillantez</i>	<i>Alto costo inicial Control luminoso pobre Luminarios muy grandes La emisión luminosa puede variar con la temperatura</i>
<i>Mercurio</i>	<i>Larga vida de lámpara (24,000 hrs.) Buena eficiencia luminosa Bajo costo de operación</i>	<i>Alto costo inicial Control luminoso limitado No reenciende inmediatamente después de falla en el sistema.</i>
<i>Aditivo Metálico</i>	<i>Buena vida de lámpara (7500-20,000 hrs.) Alta eficiencia luminosa Buena definición de color Bajo costo de operación</i>	<i>Alto costo inicial No reenciende inmediatamente después de falla en el sistema</i>
<i>Sodio Alta Presión</i>	<i>Buen control de haz Larga vida de lámpara (24,000 hrs.) Alta eficiencia luminosa</i>	<i>Alto costo inicial Mala definición de color No reenciende inmediatamente después de falla en el sistema</i>
<i>Guarzo</i>	<i>Excelente definición de color Buen control de haz Bajo costo inicial</i>	<i>Baja eficiencia luminosa Regular vida de lámpara (2,000-4,000 hrs.) Alto costo de operación</i>

#### VI.4.- Cálculo del Número de Luminarios

##### VI.4.1.- Método de Lumen

Diseñar un sistema de iluminación para una Casa de Bombas clasificado como peligroso., división 1, clase 2.



Datos:

A).- Dimensiones del Local: 36 metros de largo  
6 metros de ancho  
8.32 metros de altura

B).- Las unidades deben ser del tipo montaje en muro ó pared a 5 metros del techo, el plano de trabajo esta a 1.20 metros del piso.

C).- Techo blanco, columna gris medio.

D).- Mantenimiento bueno, reemplazo programado de lámparas

E).- El sistema de iluminación operará 12 horas durante 7 días a la semana.  
( 12 horas/día x 364) = 4368 hrs. por año.

Paso 1.- Determinar nivel de iluminación en luxes

Para nuestro ejemplo es 300 luxes, por que el lugar requiere un alto - nivel de iluminación por el espacio que es muy limitado y donde el problema de humedad, corrosión y el uso pesado causen problemas.

Paso 2.- Seleccionar el tipo de lámpara

Para el tamaño del local del ejemplo y considerando en horas de operación , seleccionamos vapor de mercurio.

Paso 3.- Seleccionamos tipo de luminario

Basandonos en el método punto por punto debemos encontrar la distribución más adecuada, que nos de aproximadamente abajo del luminario el nivel de iluminación deseado.

$$E = \frac{I}{H^2}$$

Donde: E= Nivel de iluminación en luxes

I= Potencia de candelas

H= altura del luminario al punto a tratar

Despejado y sustituyendo valores

$$I = E \times H^2$$

$$I = (300 \text{ luxes}) (2.12)^2 = 1348 \text{ Candelas}$$

Con este valor en candelas podemos buscar en la Información técnica (datos fotométricos ó curvas de distribución vertical) de cualquier fabricante a cero grados vertical nos da un valor lo más aproximado en candelas al valor calculado. De la curva de distribución lumínica, del fabricante Crouse Hinds Domex, recomendamos serie Relamp -- Champ II a prueba de vapor.

Para nuestro ejemplo luminario Relamp Champ II en vapor de mercurio 250 Watts, montaje en pared No. Catalogo VMVC-2TW-250G, el cual nos ofrece una potencia de 2 750 Candelas a 0° (ver tabla 1).

Paso 4.- Calcular número de unidades requeridas

A).- Computar cavidades de techo, cuarto y piso

$$\text{Cavidad de techo} = Hcc = 5 \text{ Metros}$$

$$\text{Cavidad de cuarto} = Hrc = 2.12 \text{ Metros}$$

$$\text{Cavidad de piso} = Hfc = 1.2 \text{ Metros}$$

B).- Obtener factores de reflexión

$$\text{Reflectancia de techo} = 30\%$$

$$\text{Reflectancia de pared} = 10\%$$

$$\text{Reflectancia de piso} = 20\%$$

C).- Computar radios de cavidad de techo, cuarto y piso, usando formula:

Radio de cavidad de techo

$$Ccr = \frac{5 (Hcc) (L+W)}{L \times W} = \frac{5 (5) (36+6)}{36 \times 6} = 4.86$$

Radio de cavidad de cuarto

$$Rcr = \frac{5 (Hcr) (L+W)}{L \times W} = \frac{5 (2.12) (36+6)}{216} = 2.06$$

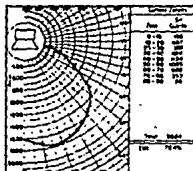


## Luminaria con globo y reflector Domo

## Luminaria con globo y reflector angular

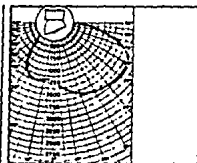
Lámparas Vapor de mercurio 100 watts/BT-25; 175 watts/BT-28; 250 watts/BT-28

Toda la información es para luminarias con lámparas de 175 watts. Use los siguientes factores para otros tamaños de lámparas: 100W/BT-25 0.43; 250W/BT-28 1.46



Ejemplo Lumens Zonales para 175 watts sin guarda, para 30°-40° son 1014.

Lumens Zonales para 100 watts sin guarda para 30°-40° son: 1014 x 0.43 = 436.



Lumens Totales  
Sin Guarda 5377 68.5%

Las indicaciones fueron tomadas sobre el plano A-A'



## Coeficiente de Utilización:

Reflectancia efectiva cavidad de piso 20%

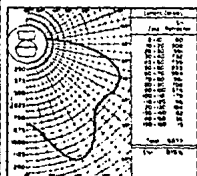
% Reflectancia efectiva Techo pared

% Reflectancia efectiva Techo pared	Radio de cavidad de cuarto					
	1	2	3	4	5	
80	50	.785	.680	.608	.538	.481
	30	.737	.616	.554	.480	.418
	10	.712	.589	.512	.435	.373
70	50	.749	.667	.596	.510	.472
	30	.723	.626	.546	.475	.414
	10	.699	.594	.508	.431	.371
50	50	.717	.641	.575	.511	.458
	30	.696	.608	.533	.464	.407
	10	.678	.578	.499	.426	.368
30	50	.689	.619	.556	.495	.444
	30	.673	.591	.520	.454	.399
	10	.657	.566	.490	.421	.364
10	50	.665	.597	.539	.480	.431
	30	.651	.574	.508	.444	.392
	10	.637	.553	.482	.415	.360

% Reflectancia efectiva Techo pared

% Reflectancia efectiva Techo pared	Radio de cavidad de cuarto					
	6	7	8	9	10	
80	50	.432	.367	.348	.317	.275
	30	.370	.327	.288	.258	.216
	10	.327	.285	.246	.217	.178
70	50	.425	.382	.343	.312	.271
	30	.367	.323	.286	.255	.216
	10	.324	.282	.245	.217	.178
50	50	.412	.370	.333	.304	.264
	30	.360	.316	.281	.252	.212
	10	.321	.280	.243	.215	.177
30	50	.400	.359	.325	.296	.258
	30	.354	.313	.276	.247	.209
	10	.319	.277	.242	.214	.175
10	50	.389	.351	.315	.288	.251
	30	.347	.308	.272	.244	.206
	10	.315	.275	.240	.212	.174

## Luminaria con refractor de cristal Tipo V



Ejemplo Lumens Zonales para 175W con refractor, para 30°-40° son 732.

Lumens Zonales para 100 watts con refractor para 30°-40° son 732 x 0.43 = 315.

Radio de cavidad de piso

$$F_{cr} = \frac{5 (1.2) (36 + 6)}{216} = 1.16$$

D).- Determinar coeficiente de utilización

De la tabla C.U. para VMVC-2TW-250G aplicando

Reflectancia de techo de 30%

Reflectancia de pared de 10%

Radio de cavidad de cuarto de 2.06

El coeficiente de utilización está en el punto medio entre 0.566 y 0.490.

Interpolando tenemos:

2		0.566
-	2.06	
<hr/>		
3		0.490
-1	-0.06	0.076

Por medio de una regla de tres tenemos:

-1	-----	0.076
-0.06	-----	x

Despejado:

$$x = \frac{(-0.06) (0.076)}{-1} = 0.00456$$

Del valor original de la tabla:

$$\begin{array}{r} 0.566 \\ -0.00456 \\ \hline 0.56 \end{array}$$

Interpolando resulta 0.56

E).- Determinar el factor de mantenimiento

Lo conforman 2 factores y son:

A).- Depreciación de lumenes de la lámpara = L.L.D.

Lamp Lumen Depreciation

B).- Depreciación por suciedad del luminario = L.D.D.

Luminaire Dirt Depreciation

Utilizando la tabla No. 2 de las lámparas de vapor de mercurio proporcionada por el fabricante, podremos encontrar el valor de L.L.D. que será de 0.74 y corresponde a una lámpara de 250 Watts blanco - de lujo, con 12 100 lumenes iniciales.

Para la obtención del factor L..D.D., se tendrá que consultar el -- I-E-S Lighting Handbook., Edición 1981, donde se clasifica a este luminario en una categoría III, y con un servicio de mantenimiento de 12 meses, representará un valor del factor de 0.89 ver tabla -- No. 3.

Sustituyendo valores tendremos:

$$\begin{aligned} FM &= (L.L.D.) (L.D.D.) \\ &= (0.74) (0.89) = 0.66 \end{aligned}$$

VAPOR DE MERCURIO

WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA APPROX. EN HORAS	EFICACIA EN LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D.	BASE	BULBO	LONG. TOTAL APPROX. EN CMS.
100	BLANCO DE LUJO	4200	24 000	42	0.67	MOGUL	BT-25	19.1
175	BLANCO DE LUJO	8600		49	0.75		E-28	21
175	COLOR CORREGIDO	7250		41	0.79		E-28	21
250	BLANCO DE LUJO	12100		48	0.74		E-28	21
250	COLOR CORREGIDO	10700		43	0.80		E-28	21
400	BLANCO DE LUJO	22500		56	0.70		BT-37	29.2
400	COLOR CORREGIDO	20500		51	0.76		BT-37	29.2
700	BLANCO DE LUJO	44500		64	0.64		BT-46	36.8
1000	BLANCO DE LUJO	63000		63	0.49		BT-56	39
1000	COLOR CORREGIDO	55000		55	0.59		BT-56	39

ADITIVOS METALICOS

175	CLARO	14000	10000	80	0.71	MOGUL	BT-28	21.1
175	FOSFORADO	14000	10000	80	0.71		BT-28	21.1
250	CLARO	20500	10000	82	0.75		BT-28	21.1
250	FOSFORADO	20500	10000	82	0.75		BT-28	21.1
400	CLARO	36000	20000	90	0.72		BT-37	29.2
400	FOSFORADO	36000	20000	90	0.72		BT-37	29.2
1000	CLARO	110000	12000	110	0.64		BT-56	39
1000	FOSFORADO	105000	12000	105	0.64		BT-56	39
1500	CLARO	155000	3000	103	0.91		BT-56	39 *
1500	CLARO	155000	3000	103	0.91		BT-56	39 **

VAPOR DE SODIO ALTA PRESION

70	CLARO	5800	24 000	83	0.90	MOGUL	E-231/2	19.7
70	DIFUSO	5400		77	0.90		E-231/2	19.7
100	CLARO	9500		95	0.90		E-231/2	19.7
100	DIFUSO	8800		88	0.90		E-231/2	19.7 *
150(55)	CLARO	16000		107	0.89		E-28	19.7
150(55)	DIFUSO	15000		100	0.89		E-28	19.7
250	CLARO	27500		110	0.88		E-18	24.8
250	DIFUSO	26000		109	0.88		E-28	22.9
400	CLARO	50000		123	0.86		E-18	24.8
400	DIFUSO	47500		119	0.86		E-37	28.7
1000	CLARO	140000	140	0.84	E-25	38.3		

\* BASE ARRIBA-ABAJA

\*\* BASE ABAJO

VAPOR DE SODIO BAJA PRESSION

WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA APPROX. EN HORAS	EFICACIA LUMENS/WATT	FACTOR DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD TOTAL EN CMS.
18	CLARO	1800	20 000	100	1.0	B, 22d	T-54	21.6
35		4800		137				31.1
55		8000		145				42.5
90		13500		150			52.8	
135		22500		167			77.5	
180		33000		183			112.00	
							T-68	

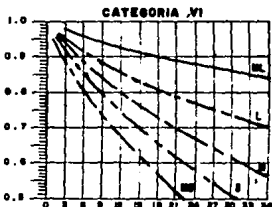
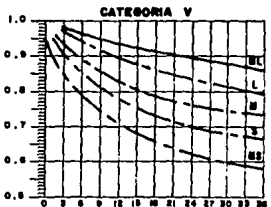
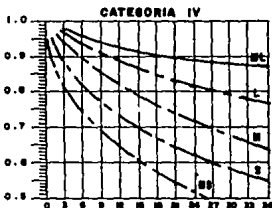
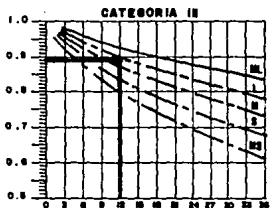
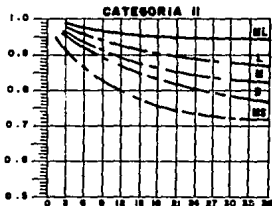
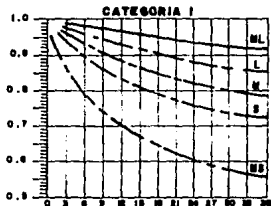
1000 CUARZO

WATTS	ACABADO	VOLTS TENSION	LUMENES INICIALES	VIDA APPROX. EN HORAS	EFICACIA LUMENS/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION	BASE	BULBO	LONG. TOTAL CMS.
500	CLARO	125	10 950	2 000	22	0.96	CONTACTO EMBUTIDO	T-3	11.9
1000		220	21 400		21				25.6
1500		220	35 800		24				25.6

LUZ MIXTA

160	COLOR CORREGIDO	220	3 000	6 000	19	0.60	MEDIANA	E-231/2	18.4
250			5 500		22	0.65	MOJUL	E-28	23.8
500			12 500		25	0.75	MOJUL	E-37	28.6

# CURVAS DE DEGRADACION POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO



ML = MUY LIMPIO  
 L = LIMPIO  
 M = MEDIO  
 S = SUCIO  
 MS = MUY SUCIO

( 79 )

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

F).- Computar el total de lúmenes de lámpara requerida

Formula:

$$\text{Número de Lúmenes} = \frac{\text{Luxes (NI)} \times \text{Area (A)}}{\text{Coef. Util. (C.U.)} \times \text{Factor Mant. (F.M.)}}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$\text{Número de Lúmenes} = \frac{300 \times 216}{0.56 \times 0.66} = 175325$$

Por lo tanto, el número de luminarios requeridos es:

$$\text{No.} = \frac{\text{NI} \times \text{A}}{\text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{300 \times 216}{12100 \times 0.56 \times 0.66} = 14.48 \text{ Luminarios}$$

14 Luminarios

### Determinación de la distribución de los luminarios

La distribución de los luminarios esta dada por la fórmula:

$S_{m\acute{o}x} = \text{Factor de espaciamento} * x \text{ Hcc.}$

\* Factor proporcionado por fabricante

Sustituyendo valores se tendrá:

$$S_{m\acute{o}x} = (1.6) (3.32) = 5.312 \text{ Mts. de separación}$$

Pero también debe cumplir con la siguiente igualdad:

S debe ser menor ó igual que  $S_{m\acute{o}x}$ .

Donde

$$S = \frac{\text{Area}}{\text{No. de luminarios}}$$

$$S = \frac{216}{14} = 3.93 \text{ Mts. de separación} \quad 4$$

### Distribución de los luminarios por acomodo

En base a las dimensiones del local por iluminar se tendrá:

$$\frac{(36 \text{ Mts. de largo})}{(3.93)} = 9.16 \text{ luminarios} = 9$$

$$\frac{(6 \text{ Mts. de ancho})}{(3.93)} = 1.53 \text{ luminarios} = 2$$

$$(9 \text{ luminarios} \times 2 \text{ luminarios}) = 18 \text{ luminarios en total}$$

### Comprobación del nivel de iluminación

De la fórmula:

$$E = \frac{\text{No. de luminarios} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.} \times \text{lumenes iniciales}}{\text{Area}}$$

$$E = \frac{(18) (0.56) (0.66) (12 \ 100)}{216} = \frac{80498.88}{216}$$

$$E = 372.68 \text{ luxes promedio mantenidos}$$



Tablero "Y" Alumbrado Casa de Bombas

Tablero de Alumbrado y Cuadro de Cargas										
NEUTRO	Cto.	Núm. Polos	Cap. Amp.	□—○	⊗	⊙	Watts por Fase			Watts Totales
				300 W	9000 W	150 W	A	B	C	
	1	3	15	7			600	750	750	2 100
	2	3	15	7			750	600	750	2 100
	3	3	30		1		3000	3000	3000	9 000
	4	1	15			1	150			150
	5	1	15	D I S P O N I B L E						
	6	1	15	D I S P O N I B L E						
<b>TOTALES</b>				14	1	1	4500	4350	4500	13 350

Desbalanceo entre fases 3,3%



Luminaria a prueba de vapor de mercurio autobalastada montaje en muro. Cat. VMVC-2TW 250G/-220V con globo, Cat. G2500 y domo 30°, Cat. Angular No. RA-22 tipo Relamp Champ II.





Contacto trifásico 220 VCA



Contacto monofásico 120 VCA

Tablero "V" Cuarto de Operadores

Tablero de Alumbrado y Cuadro de Cargas					
Cto.	Polos	Cap. Amp.	 2 x 38	 150 W	Watts Totales
1	1	15	4		400
2	1	15	2		200
3	1	15		3	450
4	1	15	DISPO	NIBLE	
TOTALES			6	3	1050
Carga total instalada 1050 Watts					



Luminaria fluorescente de 2 x 38 Watts, 120 VCA, 60 Hz.

Contacto monofásico 120 VCA.

Tablero "U" Subestación Eléctrica

Diagrama de Alumbrado y Quadro de Cargas

NEUTRO	Cto.	Polos	Cap. Amp.	2 x 38	400 W	150 W	Watts por Fase			Watts Totales	
							A	B	C		
	1	1	15	6			600			600	
C-1	2	1	15	5			500			500	
C-2	3	1	15	5				500		500	
C-3	4	1	15	5				500		500	
C-4	5	1	15	4					400	400	
C-5	6	1	15	4					400	400	
C-6	7	1	15			4	600			600	
C-7	8	1	15	4			400			400	
C-8	9	1	15			1		150		150	
C-9	10	1	15	5				500		500	
C-10	11	1	15			3			450	450	
C-11	12	1	15	4					400	400	
C-12	13	2	15		2		440	440		880	
C-13	14	1	15				D I S P O N I B L E				
C-14	15	1	15				D I S P O N I B L E				
C-15	16	1	15				D I S P O N I B L E				
	T O T A L E S				42	2	8	2100	2090	2090	6280

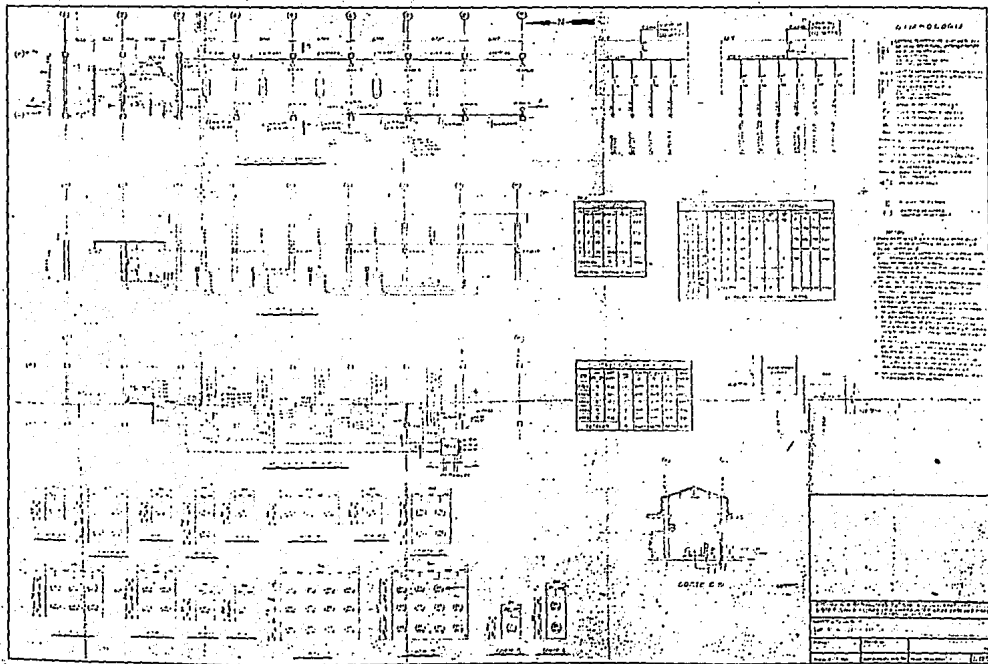
Desbalanceo entre fases 0.47%



Reflector para servicio pesado tipo interperie VM de 400 Watts 220 Volts.



Luminaria Fluorescente 2 x 38 Watts 127 VCA.



**SIMPLOGIE**

1. ...  
2. ...  
3. ...  
4. ...  
5. ...  
6. ...  
7. ...  
8. ...  
9. ...  
10. ...  
11. ...  
12. ...  
13. ...  
14. ...  
15. ...  
16. ...  
17. ...  
18. ...  
19. ...  
20. ...  
21. ...  
22. ...  
23. ...  
24. ...  
25. ...  
26. ...  
27. ...  
28. ...  
29. ...  
30. ...  
31. ...  
32. ...  
33. ...  
34. ...  
35. ...  
36. ...  
37. ...  
38. ...  
39. ...  
40. ...  
41. ...  
42. ...  
43. ...  
44. ...  
45. ...  
46. ...  
47. ...  
48. ...  
49. ...  
50. ...  
51. ...  
52. ...  
53. ...  
54. ...  
55. ...  
56. ...  
57. ...  
58. ...  
59. ...  
60. ...  
61. ...  
62. ...  
63. ...  
64. ...  
65. ...  
66. ...  
67. ...  
68. ...  
69. ...  
70. ...  
71. ...  
72. ...  
73. ...  
74. ...  
75. ...  
76. ...  
77. ...  
78. ...  
79. ...  
80. ...  
81. ...  
82. ...  
83. ...  
84. ...  
85. ...  
86. ...  
87. ...  
88. ...  
89. ...  
90. ...  
91. ...  
92. ...  
93. ...  
94. ...  
95. ...  
96. ...  
97. ...  
98. ...  
99. ...  
100. ...



Détail de la construction	
Matériau	
Épaisseur	
État	
Autres	

Détail de la construction	
Matériau	
Épaisseur	
État	
Autres	



**CAPITULO**

**VII**

## VII.- Motores Eléctricos

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 Directa	Pasos Shunt Compuesto Serie
-------------------	--------------------------------------

### VII.1.- Motor Eléctrico

Corriente Alterna	Síncronos Asíncronos Monofásicos Trifásicos	Rotor devanado Rotor de Jaula de ardilla
-------------------	--	--

Seleccionaremos un motor asíncrono ( Inducción ), debido a que este tipo de motores no llega a trabajar nunca a su velocidad síncrona.

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 por el segundo, 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.

VII.2.- Por el número de fases se clasifican en general como:

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

*Por el tipo de rotor puede ser:*

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

*Por lo general, se fabrican de varios polos de acuerdo a la frecuencia y la velocidad de operación.*

### VII.3.- Partes que constituyen un motor de inducción

*Un motor de inducción está constituido fundamentalmente por los siguientes elementos:*

- 1.- *Estator*
- 2.- *Rotor*
- 3.- *Carcaza*
- 4.- *Auxiliares: Tapa anterior y posterior, chumaceras, tornillos de sujeción, caja de conexiones, base o soporte.*

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 silicio al igual que en núcleos de transformadores depende de la densidad de flujo usuales. Esta construido por paquetes de lámina troquelada en forma de ranura, con objeto de que el embobinado del estator pueda -- dejarse en dichas 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

#### 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 construido 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 unidas entre sí en corto circuito en la forma de una jaula de ardilla.

#### Rotor devanado.-

El rotor devanado recibe este nombre debido a que su embobinado esta devanado en las ranuras.

Esta construido 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 (al mismo que el estator) y de fases.

#### Flecha.-

Es el elemento que proporciona 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: Elemento que convierte energía eléctrica en energía mecánica por el principio de inducción electromagnética.

### Motor de Inducción 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 caldera que operan con tiro forzado.
- c).- Para accionar algunas máquinas herramientas portátiles.

### VII.4.- Clasificación de los Motores

En el National Electrical Code y las normas de la Asociación Nacional de Fabricantes de material eléctrico. (NEMA)

(NEMA).- Existen 6 diseños normalizados de motores de inducción de jaula de ardilla, designados por las letras de acuerdo con la intensidad de 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 mediante ellas es posible determinar la capacidad de los fusibles, corta circuitos y otros dispositivos de protección de los motores.

A continuación clases de motores de jaula de ardilla según sus características de arranque.

<u>Clase</u>	<u>Características de arranque</u>
A	Par normal, corriente de arranque normal
B	Par normal, baja corriente de arranque
C	Par alto, corriente de arranque reducida

D	Alto deslizamiento.
E	Par bajo de arranque
F	Par bajo de arranque, bajo corriente de arranque.

Clase A ó tipo normal.- Aplicaciones generales, corriente normal de -- arranque de 5 a 7 veces nominal. Con tensión de arranque reducida par normal de arranque.

Clase B .- Aplicaciones generales, alta reactancia, corriente de arranque reducida  $4\frac{1}{2}$  a 5 veces la nominal, arranque a plena tensión, par normal de arranque.

En estos motores de clase B muchos fabricantes los hacen sólo de mds de 5 C.V. y a menudo los reglamentos locales exigen arrancadores a voltajes reducidos.

Para este tipo de motor, especialmente para potencias superiores a 5 CV. Los del tipo B es el más extendido de todos los diseños, generalmente.

Clase C .- Doble jaula de ardilla, baja corriente de arranque  $4\frac{1}{2}$  a 5 - - veces la nominal, arranque a plena tensión, elevado par de arranque.

Clase D.- Alta resistencia, bajo corriente de arranque, arranque a plena tensión, elevado par de arranque.

#### Características de funcionamiento del motor de Jaula de Ardilla.

El motor de jaula de ardilla, como el shunt de corriente continua, marcha a velocidad prácticamente constante.

Como el rotor no puede alcanzar la velocidad de rotación del campo magnético, debe siempre marchar con cierto grado de deslizamiento. En vacío, el deslizamiento es muy pequeño. Al aplicar la carga al rotor se requiere un aumento de la densidad de corriente que pasa por él para -- desarrollar el par necesario para vencer el aumento de carga.

En consecuencia, el campo magnético rotatorio debe cortar los conductores del rotor a mayor velocidad, para que se produzca el aumento de corriente necesario.

En este caso aumentará el deslizamiento y se reducirá la velocidad del rotor.

El deslizamiento es igual a la relación entre la pérdida por calentamiento  $I^2 R$  en el rotor y la potencia total suministrada a éste. Como la resistencia de la jaula de ardilla es reducida,  $I^2 R$  tiene valor bajo y, por lo tanto el deslizamiento para cargas normales es pequeño.

En las grandes motores de 50 CV o mayores, el deslizamiento es del orden del 1 al 2% a plena carga; en los más pequeños puede llegar al 8 ó 10% a plena carga.

La figura 1 representa las curvas características normales de un motor de 1500 HP con rotor de jaula de ardilla, cuyo par, factor de potencia - rendimiento, intensidad de corriente, potencia y r.p.m., se representan por curvas en función de la potencia.

Petróleos Mexicanos de acuerdo a sus normas presenta, que 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, compresores de alta velocidad, etc.

Estos motores se deben considerar:

Horizontales: De velocidad única para normal

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

El tipo de carcasa: El diseño totalmente cerrado, enfriado por aire se considera normal.

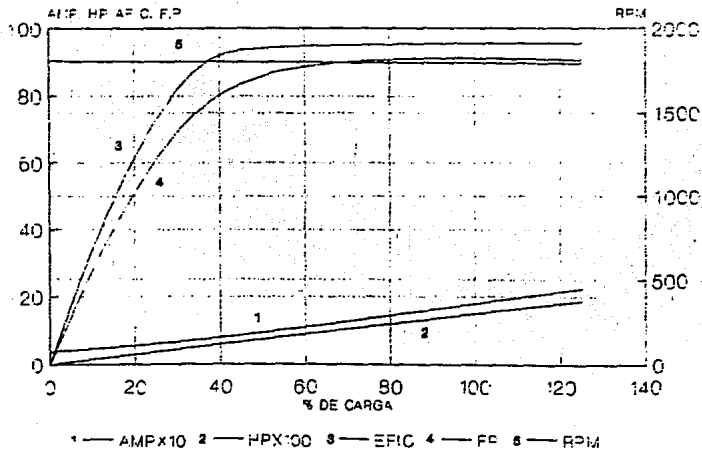
Estos ventiladores deben ser equipados con ventiladores antichispas.

#### VII.5. Cálculo para la selección del motor.

$$120 F = N P \quad \text{No. RPM-1788} \quad N.P. = 1500$$

Donde :

**CURVAS DE OPERACION**  
**1500 HP 4 P 3F 60 HZ 4160 V. APG**  
**ARM. 6809**



- N.- Velocidad de sincronismo del motor*  
*F.- Frecuencia en hertz*  
*P.- Número de polos*

$$P = \frac{120 \times F}{N} = \frac{120 \times 60}{1788} = 4.02 \text{ polos}$$

*Las bombas de 1500 H. P., para su buena operación necesitan 1788 R.P.M. con lo que a partir de ésto, calculamos la velocidad real del motor -- conociendo el número de polos tenemos:*

$$N = \frac{120 \times F}{P} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ R.P.M.}$$

*Consultando catálogos de motores para elegir, cual se adapta de mejor manera a las condiciones de nuestras bombas centrífugas, seleccionamos un motor de inducción del tipo jaula de ardilla, marca IEM, ver tabla No. 1, son los que mejor se acoplan a la bomba horizontales Byron-Jackson.*

*Motores eléctricos para bombas centrífugas en donde las condiciones de trabajo y operación son las siguientes; motores instalados en ambientes soleados, abrasivos, húmedos y ligeramente corrosivos.*

*En la figura No. 2, se pueden ver las dimensiones básicas del motor horizontal jaula de ardilla, totalmente cerrado con ventilación exterior tipo tubo.*

*Aplicación.- Los motores horizontales de inducción jaula de ardilla, son diseñadas para usarse en toda clase de instalaciones de bombas, compresores, molinos de harina, mezcladores, ventiladores, transportadores y otros equipos de las Industrias Químicas, Petroleras, del papel, Plantas Motrices e Industrias en general.*

LD-120-000

## MOTORES LARGA VIDA, LINEA 5000.

## ABIERTOS, PROTECCION CONTRA INTEMPERIE TIPO I



MOTORES DE INDUCCION, JAULA DE ARDILLA  
C. A. DESDE 75 C. P. Y MAYORES EN  
ARMAZONES 5000, 5800 y 6800.

TABLA DE ARMAZONES Y TENSIONES PARA MOTORES  
LAS ARMAZONES QUE SE INDICAN SON SOLO PARA REFERENCIA  
A PRUEBA DE GOTEY Y A PRUEBA DE INTEMPERIE TIPO NEMA I (WP - I)..

C. P.	Poles	R. P. M.	440 V Armadón	2380 V Armadón	4190 V Armadón	C. P.	Poles	R. P. M.	440 V Armadón	2380 V Armadón	4190 V Armadón	
75	12	800	5008	5008	-							
100	10	720	5008	5008	-		4	1800	-	8010	5808	
	12	800	5008	5008	-		6	1200	-	5808	5808	
							8	900	-	5808	5808	
125	8	900	-	5008	-		10	720	-	5808	5808	
	10	720	5008	5008	-		12	600	-	5808	5808	
	12	600	5008	5008	-							
150	8	900	-	5008	-	700	2	3600	-	5808	5808	
	10	720	5008	5008	-		4	1800	-	5808	5808	
	12	600	5008	5008	-		6	1200	-	5808	5808	
							8	900	-	5808	5808	
200	4	1800	-	-	5008		10	720	-	5808	5808	
	6	1200	-	5008	5008		12	600	-	5808	5810	
	8	900	-	5008	5008							
	10	720	5008	5008	5808		800	2	3600	-	5808	5808
	12	600	5010	5010	5808		4	1800	-	5808	5808	
250	4	1800	-	5008	5008		6	1200	-	5808	5810	
	6	1200	5008	5008	5008		8	900	-	5808	5808	
	8	900	5008	5008	5010		10	720	-	5808	5808	
	10	720	5008	5808	5808		12	600	-	5810	5810 G	
	12	600	5808	5808	5808							
300	2	3600	-	5008	5008	900	2	3600	-	5808	5810	
	4	1800	-	5008	5008		4	1800	-	5808	5810	
	6	1200	5008	5008	5008		6	1200	-	5810	5808	
	8	900	5008	5010	5808		8	900	-	5808	5808	
	10	720	5808	5808	5808		10	720	-	5808	5808	
	12	600	5808	5808	5808							
360	2	3600	5008	5008	5008	1000	2	3600	-	5808	5810	
	4	1800	5008	5008	5008		4	1800	-	5808	5810	
	6	1200	5008	5008	5010		6	1200	-	5808	5808	
	8	900	5010	5808	5808		8	900	-	5808	5808	
	10	720	5808	5808	5808		10	720	-	5808	5810	
	12	600	5808	5008	5810							
400	2	3600	5008	5008	5008	1250	2	3600	-	5810	5808	
	4	1800	5008	5008	5008		4	1800	-	5808	5808	
	6	1200	5008	5008	5010		6	1200	-	5808	5808	
	8	900	5808	5808	5808		8	900	-	5808	5808	
	10	720	5808	5808	5810							
	12	600	5810	5808	5808	1500	2	3600	-	5808	5808	
							4	1800	-	5808	5808	
480	2	3600	5008	5008	5010		6	1200	-	5808	5808	
	4	1800	5008	5008	5008							
	6	1200	5008	5010	5808	1750	2	3600	-	5808	5810	
	8	900	5808	5808	5808		4	1800	-	5808	5808	
	10	720	5808	5808	5808		6	1200	-	5808	5808	
	12	600	5808	5808	5808							
500	2	3600	5008	5008	5010	2000	2	3600	-	5810	5810	
	4	1800	5008	5008	5010		4	1800	-	5808	5808	
	6	1200	5010	5808	5808		6	1200	-	5810 G	-	
	8	900	5808	5808	5808							
	10	720	5808	5810	5808	2250	2	3600	-	5810	5810	
	12	600	5808	5808	5808		4	1800	-	5808	5810	
							6	1200	-	5810 G	-	
600	2	3600	-	5008	5808	2500	4	1800	-	5810	5810	

SE PUEDE SUMINISTRAR TAMBIEN MOTORES EN VOLTAJES DE 6900  
VOLTS PARA ASIGNACION DE TAMAÑOS DE ARMAZON, FAVOR DE CON-  
SULTAR CON LA FABRICA

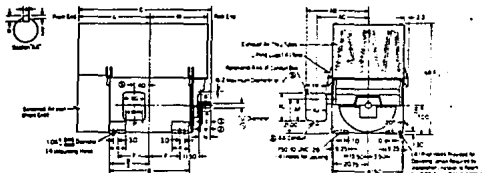


**Squirrel Cage Motors  
Totally Enclosed Fan Cooled  
Tube Cooled Type**

Short Shafts for Coupled Service  
Ball and Split Sleeve Bearings  
Frames 0800-0810  
All Speeds

DS 121-007

New Information - August, 1980



Dimensions, Inches Not to be used for construction purposes unless dimensions are approved.

Applying to each frame number

Frame No.	B	C	F	K	L	M	AD	Rear Shaft Extension					Recommended Coupling Bore		Approx. Wt. Pounds	
								U/D	Key Size	b	d	cD	N	V-D		Min.
0800-H	47.30	75.54	18.00	10.00	43.30	34.00	8.50	3.375	875	875	5.00	8.78	8.50	3.3720	3.3730	6870
0800-S	47.30	81.54	18.00	18.40	43.30	34.00	10.40	4.375	1.000	1.000	7.00	8.78	8.50	4.3715	4.3725	7290
0800-L	47.30	82.54	18.00	18.40	43.30	34.00	10.40	4.875	1.250	1.250	8.00	9.78	9.50	4.8715	4.8725	7820
0800-H	51.30	83.54	20.00	10.00	45.30	36.00	10.50	3.375	875	875	5.00	8.78	8.50	3.3720	3.3730	7355
0800-S	51.30	89.54	20.00	18.40	45.30	36.00	12.40	4.375	1.000	1.000	7.00	8.78	8.50	4.3715	4.3725	8280
0800-L	51.30	90.54	20.00	18.40	45.30	36.00	12.40	4.875	1.250	1.250	8.00	9.78	9.50	4.8715	4.8725	8810
0810-H	54.30	84.54	22.50	10.00	47.80	38.50	13.00	3.375	875	875	5.00	8.78	8.50	3.3720	3.3730	8260
0810-S	54.30	90.54	22.50	18.40	47.80	38.50	14.90	4.375	1.000	1.000	7.00	8.78	8.50	4.3715	4.3725	8805
0810-L	54.30	91.54	22.50	18.40	47.80	38.50	14.90	4.875	1.250	1.250	8.00	9.78	9.50	4.8715	4.8725	9185
0810-G	54.30	92.50	22.50	18.40	47.80	38.50	14.90	5.500	1.250	1.250	8.25	11.00	10.75	5.4965	5.4975	9285

**Cast Iron Conduit Box**

Standard Conduit Box, XG=11.6

Standard Conduit Box, XG=11.6										Special Conduit Box, XG=14.0									
AA	AB	AC	AF	RH	RJ	XL	XK	AA	AB	AC	AF	RH	RJ	XL	XK				
⊕	33.4	28.1	10.0	8.0	7.8	15.3	9.8	⊕	38.5	30.0	13.0	10.0	10.0	18.8	12.9				

**Fabricated Steel Conduit Box**

Standard Conduit Box, XG=8.0

Standard Conduit Box, XG=8.0								Special Conduit Box, XG=13.0								Special Conduit Box, XG=16.0							
AA	AB	AC	AF	RH	RJ	XL	XK	AA	AB	AC	AF	RH	RJ	XL	XK	AA	AB	AC	AF	RH	RJ	XL	XK
⊕	26.8	29.8	14.0	5.0	10.0	18.0	13.0	⊕	38.8	28.8	14.0	10.0	10.0	18.0	13.0	⊕	36.6	29.8	14.0	23.0	10.0	18.0	13.0

- ① Manufacturers allowance + .000" - .001".
- ② Dimension V represents usable length of shaft.
- ③ Motors are factory balanced with half key of length as per NEMA MG 1-12.06.
- ④ Shaft height dimension may be + .000" - .060". When exact dimension is required, shafts up to .060 inch may be necessary.
- ⑤ Conduit boxes may be rotated in steps of 90° around center determined by dimension AD and 21.00 inches above foot.
- ⑥ Cast iron conduit boxes are standard. Fabricated steel conduit boxes are available when ordered. Customer should specify conduit box, identifying box desired by "XG" dimension. If size of conduit

is specified, we will pipe tap hole in cast iron box or drill clearance hole in fabricated steel box for size conduit specified. Dimensions "RH" and "RJ" represent usable drilling area for customer's conduit. Dimensions "AC" and "AD" represent center of this area. If conduit opening (AA) is not specified on the order, motor will be shipped with conduit un drilled.

Note: Two pole motors (frame suffix "H") are available with split sleeve bearings only. All others are available with either ball or split sleeve bearings.

Note: Sleeve bearings on 8800 frames have 1/2 inch minimum and play. Use of limited end float coupling is required on all

sleeve bearing motors as recommended by NEMA MG1-14.28.

Note: A nylon brush is supplied with each motor to clean cooling tubes.

Caution Note: When installing motor, avoid loading motor so that adjacent structures are closer than 12.0 inches to motor ends.

Caution Note: All motors are dynamically balanced to meet or better the limits of NEMA standard MG 1-12.05. Vibration in service, however, is determined not only by balance of motor and driven unit, but may be greatly affected by the base on which they are mounted. To minimize vibration, a rigid base must be provided for motor and driven unit.

**Approval**

Customer				Customer Order			
G.O.	Item	Application		PH	Hz	Volts	
Hp	Rpm						
Frame	Enclosure	Style					
Certified By	Date						



### Ventajas de construcción .

Exclusivo aislamiento:	" THERMOLASTIC EPOXY "
Potencias de	: 75 a 2500 H.P.
Tensiones de	: 440, 2300, 4160 y 6000 volts.
frecuencia de	: 60 HERTZ ( C.P.S. )
Factor de Servicio	: 1.00 a 60 HERTZ ( min. )
Pares	: "B" ( NORMAS IEM-W )
Factor de Potencia	: 90 a 95% a plena carga
A prueba de goteo	
A prueba de intemperie ( NEMA I ), WPI.	
A prueba de intemperie ( NEMA II ), WPII.	

Con rodamientos de bolas, rodillos o chumaceras. Hechos con normas de diseño y construcción; NOM-1, CODONNIE, NEMA, U.L.

Atmósferas para las cuales se han diseñado los motores IEM son:

Clase I : Atmósferas peligrosas

Clase I Grupo D.- Atmósferas que contienen: Gasolina, hexano, nafta, butano, propano, bencina, alcoholes, acetona, bencol, vapores del solvente lacca, gas natural.

Clase II Grupo F.- Ambientes que contienen: negro de humo, antracita ---- (carbón de piedra o hulla), polvo de coque.

Grupo G.- Ambiente con harina, almidón, polvo de granos.

Definiciones.- NEMA ( MGJ-J.26-A )

-Construcción de una máquina totalmente cerrada con enfriamiento exterior por medio de uno o mas ventiladores formando parte integrante de él, pero externos al amazón, provisto de cubiertas.

NEMA ( MG1-1.26-C) construcción de una máquina a prueba de explosión.

Máquina totalmente cerrada con ventilación exterior cuya armazón está diseñada y construida para soportar una explosión de vapor o gas especificadas, que pueda ocurrir dentro de ella, por diversas causas y para prevenir la ignición de gas o vapor que rodea a la máquina.

**Aislamiento.-** Los motores cerrados y a prueba de explosión, se suministran con el aislamiento estándar ( clase B ) del sistema sellado ("THERMALASTIC" EPOXY). También se puede surtir con aislamientos clase "F".

**Exclusivo aislamiento hecho a base de mica y resinas epóxicas, sin solventes los cuales son aplicados en un sistema moderno al alto vacío.**

**La temperatura máxima de operación en el punto más caliente del cobre es - igual 130° C.**

#### Datos características del motor de inducción

**Motor recomendado.-** Tipo Intemperie totalmente cerrado con ventilación exterior.

**Instalación.-** Horizontal

**Tipo.-** Trifásico de inducción Jaula de Ardilla.

**Clase.-** Nema "B"

**Aislamiento.-** Clase B ( 130° C ).

**Dependiendo de la carga y operación del motor.**

#### Características Eléctricas

**H.P. = 1500**

**volts = 4160**

**Amps = 179**

**R.P.M. = 1800**

**(ELEV. DE TEMP. ) RISE = 80°C**

**FACTOR DE SERVICIO 1.0**

**Número de polos = 4**

**FASES= 3**

**HERTZ = 60**

**ARMAZON = 6809-S**

**( FRAME )**

**TIPO = HTCCVE**

**PESO = 4790 KGS.**

LARGE MOTOR PERFORMANCE CALCS. -- PAGE 10

IDENT.: OT-121 227 PEMEX

PROGRAM: LAC001  
 NAME: FHHP  
 TIME: 12:42:05  
 DATE: 12-01-1987

OPTION: 2

PERFORMANCE DATA

LOCKED ROTOR

HP	RPM	EFF	PF	ILINE	TORQUE	SLIP	UTORQUE
0.00	0.00	0.00	21.13	1211.25	4597.10	100.00	105.04
INPUT	LOSSES	IRON	I2R1	I2R2	FAW	STRAY	TIME
1844761.	1844761.	18822	540192	1270698.		0 15248	928
RDDT1	RDDT2	RDDTM	XDDT1	XDDT2	XDDTM	KSL RDDT2	
0.0079	0.0190	59.4515	0.0884	0.0373	4.1009	0.0002	

BREAKDOWN

HP	RPM	EFF	PF	ILINE	TORQUE	SLIP	UTORQUE
3878.63	1739.27	90.12	69.34	642.60	11711.78	3.37	267.60
INPUT	LOSSES	IRON	I2R1	I2R2	FAW	STRAY	TIME
3210517.	325342	18822	152041	116063	2362	36053	261
RDDT1	RDDT2	RDDTM	XDDT1	XDDT2	XDDTM	KSL RDDT2	
0.0079	0.0055	59.4515	0.0941	0.0761	4.1009	0.0001	

1-1/4 LOAD

HP	RPM	EFF	PF	ILINE	TORQUE	SLIP	UTORQUE
1874.93	1784.90	95.27	90.26	225.73	5516.74	0.84	126.05
INPUT	LOSSES	IRON	I2R1	I2R2	FAW	STRAY	TIME
1468067.	70662	18822	18761	13624	2488	16967	32

FULL LOAD

HP	RPM	EFF	PF	ILINE	TORQUE	SLIP	UTORQUE
1500.11	1788.42	95.39	91.10	178.73	4405.21	0.64	100.66
INPUT	LOSSES	IRON	I2R1	I2R2	FAW	STRAY	TIME
1173201.	54986	18822	11762	8331	2498	13552	20
RDDT1	RDDT2	RDDTM	XDDT1	XDDT2	XDDTM	KSL RDDT2	C RISE
0.0079	0.0055	59.4515	0.1003	0.0368	4.1009	0.0001	65

LARGE MOTOR PERFORMANCE CALCS. - PAGE 15

IDENT.: OT-121 227 PEMEX

PROGRAM: LAC001  
 NAME: FHHP  
 TIME: 12:43:12  
 DATE: 12-01-1987

OPTION: 2

PERFORMANCE DATA

3/4 LOAD

HP	RPM	EFF	PF	ILINE	TORQUE	SLIP	UTORQUE
1125.01	1791.57	95.21	90.68	134.91	3297.87	0.47	75.35
INPUT	LOSSES	IRON	I2R1	I2R2	FAW	STRAY	TIME
881453	42735	18822	6701	4553	2507	10152	12

1/2 LOAD

HP	RPM	EFF	PF	ILINE	TORQUE	SLIP	UTORQUE
750.02	1794.50	94.42	87.49	94.00	2195.02	0.31	50.15
INPUT	LOSSES	IRON	I2R1	I2R2	FAW	STRAY	TIME
592558	33338	18822	3253	1982	2515	6766	6

1/4 LOAD

HP	RPM	EFF	PF	ILINE	TORQUE	SLIP	UTORQUE
375.01	1797.28	91.40	73.65	57.68	1095.83	0.15	25.04
INPUT	LOSSES	IRON	I2R1	I2R2	FAW	STRAY	TIME
306098	26454	18822	1225	492	2523	3393	2

NO LOAD -- APPROX.

HP	RPM	EFF	PF	ILINE	TORQUE	SLIP	UTORQUE
0.00	1800.00	0.00	8.05	37.69	0.00	0.00	0.00
INPUT	LOSSES	IRON	I2R1	I2R2	FAW	STRAY	TIME
21874	21874	18822	523	0	2529	0	1

### CALCULO SELECCION DEL MOTOR

$$H.P. = \frac{Q H}{70 n}$$

H P .- Potencia del motor

Q.- Capacidad de la bomba en LTS/SEG. = 252.33 lts./seg.

H.- Altura que se deba elevar el agua en mts. = 317 mts.

n .- Rendimiento global de la instalación = 0.83

$$H P = \frac{252 \frac{LTS.}{SEG} \times 317 MTS.}{70 ( 0.83 )} = \frac{79884}{58.1} = 1375$$

$$Vel = N = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ RPM}$$

Seleccionamos un motor de inducción tipo jaula de ardilla. De valores comerciales del fabricante, elegimos un motor de 4 polos, 1800 RPM y 4160 volts. Que es la tensión de operación de los mismos.

Idem para los otros motores de Inducción.

**CAPITULO**

**VIII**

## VIII.- Equipo Hidráulico.

Actualmente las bombas ocupan un lugar decisivo en la Industria. Cualquier sustancia que pueda fluir, es capaz de ser bombeada, desde el éter más volátil, hasta los lodos más pesados. Los metales fundidos y los líquidos a 600° C ó más, no representan mayor problema para las bombas modernas.

En nuestros tiempos, para satisfacer las demandas de agua en las grandes -- ciudades, así como las necesidades de la Industria, se dispone de una gran diversidad de ellas.

Por lo tanto la selección de bombas en la actualidad, representa un problema bastante complicado, ya que existe un gran número de diseños y tipos que los fabricantes han lanzado al mercado.

Algunos difieren en elementos tan pequeños como el collarín del prensa-estopa, otros en el principio de operación, teniendo para cada caso particular, problemas e innumerables soluciones.

De acuerdo con la clasificación de 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.

**CENTRIFUGAS**

**FLUJO  
RADIAL.- SIMPLE SUCCION** CEBADAS PARA MEDIOS  
EXTERNOS

**FLUJO  
MIXTO.- DOBLE SUCCION** UNIPASO.- IMPULSOR  
ABIERTO  
MULTIPASO.- IMPULSOR  
SEMIABIERTO  
IMPULSOR  
CERRADO

**VIII.1.- BOMBAS DE  
PRESION  
DINAMICA**

**FLUJO  
AXIAL.- SIMPLE SUCCION** UNIPASO.- IMPULSOR  
ABIERTO.  
MULTIPASO.- IMPULSOR  
CERRADO.

**PERIFERICAS** UNIPASO.- AUTO CEBANTES  
MULTIPASO.- CEBADAS PARA MEDIOS EXTERNOS

**ESPECIALES ELECTROMAGNETICAS**



Por lo tanto, podemos describir una bomba centrífuga como:

### VIII.2.- Definición de Bomba Centrífuga .-

Una bomba centrífuga es una máquina que se utiliza para transferir líquidos de un punto a otro por medio de la conservación de energía mecánica aplicada por una fuerza externa ( motor o turbina ), a energía potencial dentro del líquido manejado por la bomba. La bomba puede elevar el líquido o forzarlo hacia un recipiente de presión, o simplemente darle suficiente carga (presión) para vencer la fricción de la tubería.

### VIII.3.-Principio de Operación de las Bombas Centrífugas.-

Con objeto de ilustrar el principio en que se basan las bombas centrífugas, imagine un impulsor en reposo en un bote con agua ( Fig. 1-A )

Esto es parecido a lo que sucede cuando sostenemos quieta una cubeta llena de agua, la cual está sujeta al extremo de una cuerda. Ahora hagamos girar el impulsor (Fig. 1-B).

El agua saldrá disparada de entre las aspas o paletas, lo mismo que sucederá si hiciéramos girar la cubeta y ésta tuviera un orificio en el fondo.

La fuerza causante de que el agua abandone al impulsor ( o la cubeta ), se conoce como fuerza centrífuga y de aquí es donde las bombas de esta clase -- toman su nombre.

Volviendo a la Fig. 1-C, a medida que el impulsor avienta más líquido por la periferia, también se precipita una corriente hacia el centro del mismo en -- donde existe una presión más baja.

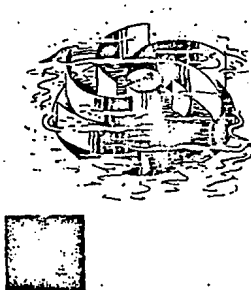


Fig. 1-A

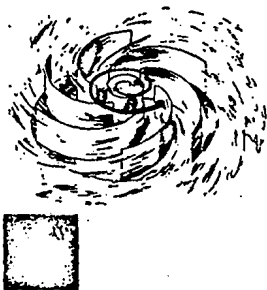


Fig. 1-B

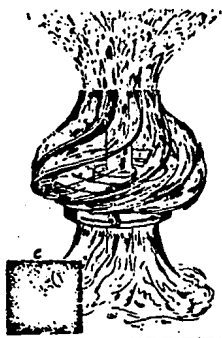


Fig. 1-C

Cualquier líquido que entre por el centro, sale inmediatamente por la periferia. Esto es lo que le da su característica de flujo continuo a las centrifugas.

Una vez que el líquido lo hicimos salir del impulsor, será necesario guiarlo de alguna manera hasta el lugar de destino, de otra forma todo lo que -- hicimos fue nada más salpicar agua. Pero, poniendo nuestro impulsor en una carcasa, podemos cambiar el flujo caótico a un movimiento controlado hacia la dirección que deseamos.

El resultado de todo esto es una bomba con la cual le impartimos energía al líquido en un punto para moverlo a otro distante.

Sabiendo la presión a la cual se va a trabajar, se elige la bomba adecuada, las bombas que se apegan a la necesidad del proyecto son; bombas centrífugas

#### VIII.4.-Clasificación de las bombas centrífugas y sus características.

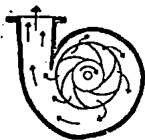
- A).- DE FLUJO RADIAL                      Tipo voluta ó espiral  
  Tipo difusor ó rueda directriz  
  Tipo turbina o regenerativa
- B).- DE FLUJO MIXTO
- C).- DE FLUJO AXIAL

Según el número de pasos se subdividen en:

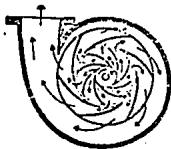
- a).- Simplex  
b).- Multiplex

Según el tipo de carcasa

- a).- Horizontal  
b).- Vertical



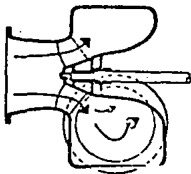
A.- La voluta convierte la energía de velocidad del líquido en presión estática.



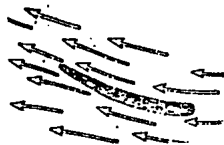
B.- El difusor cambia la dirección de flujo y ayuda a convertir la energía de velocidad en presión.



C.- Las turbinas le proporcionan energía al líquido en un número de impulsos durante la rotación.



D.- Las unidades de flujo mezclado utilizan tanto la fuerza centrífuga como la acción ascendente de las paletas.



E.- Las bombas tipo propela desarrollan la mayor parte de su altura dinámica por la acción de las aletas sobre el líquido.

Fig. 2

### Según el tipo de succión

a).- Sencilla

b).- Doble

### De Voluta.-

Gran porcentaje de las bombas centrífugas son tipo voluta. Pueden ser horizontales o verticales, de un paso o multipasos, y en una gama muy amplia de capacidades.

### De difusor.-

Se utilizan principalmente en unidades multipasos de alta presión. Originalmente eran más eficientes que las de tipo voluta, sin embargo en la actualidad sus eficiencias son comparables.

### Turbina.-

Para el manejo de líquidos limpios, pueden ser horizontales o verticales. Son aplicables para capacidades mediana-altas y diferenciales de presión -- elevadas.

### Flujo Mixto.-

Estas bombas son ideales para bajas presiones y capacidades altas. Por lo general son de construcción vertical y de un paso. Algunas veces se fabrican unidades horizontales.

### Flujo Axial.-

También se conocen como tipo hélice o de propela y desarrollan la mayoría -- de su altura dinámica por la acción ascendente de las propelas. Usualmente son verticales y aplicables a grandes capacidades y diferenciales de presión bajas.

Acciones producidas en los tipos de bombas mencionadas.-

- 1.- En las bombas de tipo voluta, el impulsor descarga el líquido en una carcasa que se expande progresivamente, la cual está proporcionada a fin de reducir gradualmente la velocidad del fluido. Así, la energía de velocidad se transforma en presión.
- 2.- En la de tipo difusor, encontramos una serie de aspas fijas a la carcasa, estos pasajes que también se expanden gradualmente cambian la dirección del líquido y convierten la energía de velocidad en altura dinámica ( presión ).
- 3.- En las bombas tipo turbina, el líquido es atrapado por las aspas del impulsor y arrojado a una velocidad muy alta en un canal anular en -- donde gira aquel. La energía es absorbida por el líquido en un -- número de impulsos, de tal manera que el líquido se descarga a velocidad alta.
- 4.- Las de flujo mixto, desarrollan su altura dinámica parcialmente debido a la fuerza centrífuga y también por la acción ascendente de las aletas.
- 5.- Bombas de flujo axial, tipo propela, generan la mayor parte de su -- presión por efecto del impulso ascendente de las aspas sobre el líquido.

Quando 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 recíprocas para una misma capacidad :

- 1.- El gasto de descarga es uniforme, sin pulsaciones, como en las recíprocas.

- 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 manio-  
bras.
- 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.- Alimentaciones sencillas

Presentan las siguientes desventajas:

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

Gasto necesario.-

Como mencionamos anteriormente, nuestra función es bombear agua a la Refinería de Tula, Hgo., para su aprovechamiento en los diferentes procesos que ahí se realizan.

El gasto requerido es de 4000 G.P.M. por bomba, ya que para nuestro estudio son cuatro bombas centrífugas.

Con éste dato consideremos los demás factores determinantes para la selección de la bomba centrífuga y que a continuación se enlistan:

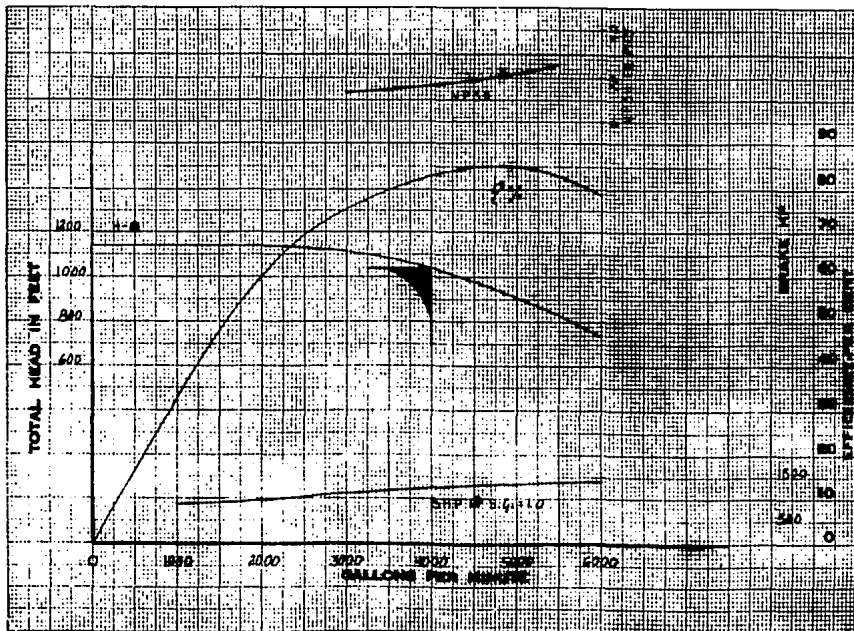
- a).- Capacidad
- b).- Columna o carga estática
- c).- Carga dinámica total
- d).- Líquido bombeado
- e).- Temperatura de líquido

### Selección de Bombas Centrifugas

*Consultando diversos catálogos generales de fabricantes de bombas, el cálculo lo haremos en base a la comparación de los que nos pueden ofrecer cada bomba de acuerdo a su gráfica.*



BYRON JACKSON



110

PUMP SIZE AND TYPE <b>10 x 12 x 18 DVMX-4 P<sub>8505</sub></b>	RPM <b>1770</b>	CUSTOMER NO. <b>PEMEA</b>	IMPELLER NO.	BASED ON	DATE <b>July 28 86</b>	BYRON JACKSON NUMBER <b>PC-860064</b>
		G. S.	BRANCH NO.	DATE BY <b>FEK</b>	DRAWN BY <b>D. C. L.</b>	

En base a los siguientes datos, seleccionamos el tipo de bomba.

1.- Bomba centrífuga horizontal accionada por motor eléctrico.

2.- Servicio rebombeo de agua cruda.

3.- Condiciones de Operación

3.1.- Fluido	agua cruda
3.2.- Capacidad	4000 G.P.M.
3.3.- Temperatura de Bombeo	68° F
3.4.- Gravedad específica	1.0
3.5.- Viscosidad	1.0 C.K.S.
3.6.- Presión de Vapor	0.34 PSIA
3.7.- Presión de succión	4.50 PSIG
3.8.- Presión de Descarga	1.0 PSIG
3.9.- Presión diferencial	451 PSIG
3.10.-Carga Dinámica Total	1040 PIES
3.11.-Carga positiva neta de succión	
( N PSMA disponible -	20 PIES
( N PSHR requerido -	17 PIES

Tenemos que el gasto es:

$$Q = 4000 \text{ G.P.M.}$$

y la presión a la que estará operando será :

$$P = 451 \text{ PSIG}$$

Con estos datos calcularemos la potencia total en H.P.

$$H.P. = \frac{G.P.M. \times PSIG}{1715 \times EF} = \frac{4000 \times 451}{1715 \times 0.83} = 1267.34$$

*El rendimiento se ha obtenido de la curva característica proporcionada por el fabricante del catálogo general (BYRON-JACKSON), que para este tipo de bombas resultó de un 83% .*

*El acoplamiento de la bomba centrífuga es un motor eléctrico tipo inducción jaula de ardilla a prueba de explosión.*

*A continuación datos características de la bomba centrífuga :*

<b>MARCA</b>	<b>BYRON-JACKSON</b>
<b>TIPO</b>	<b>DOBLE VOLUTA BIPARTIDA AXIALMENTE E IMPULSOS DEL PRIMER PASO DE DOBLE -- SUCCION.</b>
<b>TAMAÑO</b>	<b>10 X 12 X 18 - 4 PASOS - DVYX</b>
<b>EFICIENCIA</b>	<b>83%</b>
<b>VELOCIDAD DE OPERACION</b>	<b>1 800 R.P.M.</b>

## CONCLUSIONES

El trabajo presentado para la realización de esta tesis, se basa en el proyecto de la instalación eléctrica y alumbrado de una estación de rebombeo, la cual aportará una mejor toma de decisión respecto a la selección del equipo y aspectos constitutivos del mismo.

Dado el difícil acceso a la información existente sobre material y equipo eléctrico por parte de los fabricantes, el contenido de este trabajo ha sido realizado de tal forma que cumpla con el principal objetivo de los exponentes, que fue el reunir y mostrar de manera sistemática la información relativa a los equipos.

Por lo tanto, para la obra que comprende el presente proyecto, tendremos que contar con el siguiente equipo y el costo total aproximado que a continuación se enlista:

DESCRIPCION	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
Bombas centrífugas 1500 H.P			
Horizontal.	4 pzas.	178'682050	714'728000
Motor eléctrico horiz 1500 H.P.	4 pzas.	35'300000	141'200000

Interrupor de carga				
tipo Alduti 34.5 KV	600 Amp.	1 pza.	10'000000	10'000000
Interrupor de potencia 25 KV.		1 pza.	8'533660	8'533660
Transformador de potencia				
7.5 MVA 23/4,16 KV.		1 pza.	24'935000	24'935000
Transformador de distribución				
225 KVA 4.16/48 PKV		1 pza.	3'265000	3'265000
Transformador de alumbrado y distribución 112.5 KVA				
480/220/127 V.		2 pzas.	2'160000	4'320000
Centro de control de motores 4.16 KV.		1 pza.	23'934450	23'934450
Centro de control de motores 480 V.		1 pza.	8'563150	<u>8'563150</u>
TOTAL				939'479260

**Los precios proporcionados anteriormente son susceptibles a cambio, debido al proceso e inestabilidad de la economía nacional**

**BIBLIOGRAFIA :**

FUNDAMENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE MEDIANA  
Y ALTA TENSION.

ING. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER  
EDITORIAL LIMUSA

TRANSFORMADORES  
ING. EDUARDO M. PACHECO VALENCIA  
EDITOR DE LIBROS TECNICOS

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA PARTE II-III  
ING. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER  
EDITORIAL LIMUSA

CATALOGOS DE MOTORES ELECTRICOS MCA. IEM.

CATALOGOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES  
BYRON-JACKSON, WORTHINGTON, ETC.

INSTALACIONES ELECTRICAS PRACTICAS  
ING. BECERRIL DIEGO L. ONESIMO

EL ABC DEL ALUMBRADO Y LAS INSTALACIONES ELECTRICAS  
EN BAJA TENSION  
ING. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER

MANUAL DEL IMP SOBRE SUBESTACIONES ELECTRICAS  
ARRANCADORES E INTERRUPTORES

CATALOGO DE CONDUCTORES ELECTRICOS, CONDUMEX

NORMAS TECNICAS PEMEX

EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES  
ING. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER  
EDITORIAL LIMUSA

CATALOGOS DE CENTROS DE CONTROL DE MOTORES SQUARE'D  
F.P.E., G.E., ETC.

TRATADO DE ELECTRICIDAD TOMO II CORRIENTE ALTERNA  
ING. CHESTER L. DAVES  
EDITORIAL GUSTAVO GILI, S.A.

**ELECTRICIDAD INDUSTRIAL II CORRIENTE ALTERNA**  
**CH. L. DAWES**

**EDITORIAL REVERIÉ, S.A.**

**MAQUINA DE CORRIENTE ALTERNA**  
**MICHAEL LIWSCHITE-GARIK**  
**CLYDE C. WHIPPLE**

**EDITORIAL COMPANIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A.**