

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



**PROYECTO DEL SISTEMA ELECTRICO DE UNA
PLANTA DE FERTILIZANTES DAP/NPK EN
LAZARO CARDENAS MICHOACAN**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N**

**Carlos Rey Silva Silva
Manuel Sergio González Reyes**

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

INTRODUCCION	
CAPITULO I	"PROCESO" 5
A)	COMPUESTOS FERTILIZANTES
B)	FLUJO Y SECUENCIA DEL PROCESO
CAPITULO II	"SISTEMA DE FUERZA" 10
A)	DESCRIPCION DEL SISTEMA
B)	CRITERIOS DE DISEÑO
C)	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS
D)	SELECCION DE ALIMENTADORES
E)	SELECCION DE TRANSFORMADORES
CAPITULO III	"SISTEMA GENERAL DE TIERRAS" 22
A)	OBJETIVO
B)	FACTORES QUE INTERVIENEN EN UN ACCIDENTE
C)	LIMITE DE CORRIENTE TOLERABLE EN EL CUERPO
D)	CRITERIOS DE DISEÑO
CAPITULO IV	"SISTEMA DE PARARRAYOS" 31
A)	OBJETIVO
B)	FACTORES QUE INTERVIENEN PARA DECIDIR LA INSTALACION DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS
C)	CRITERIOS DE DISEÑO

CAPITULO V	"SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS"	37
A)	CONSIDERACIONES GENERALES	
B)	SELECCION DE UNIDADES	
C)	METODOS EMPLEADOS PARA CALCULO	
CAPITULO VI	"CONEXION DE INSTRUMENTOS"	47
A)	INTRODUCCION	
B)	BREVE HISTORIA DE LA INSTRUMENTACION	
C)	SELECCION DEL TIPO DE INSTRUMENTACION	
D)	VARIABLES QUE DEBEN SER CONTROLADAS	
E)	CLASIFICACION DE INSTRUMENTOS	
F)	ALIMENTACION A INSTRUMENTOS	
G)	CONEXION DE INSTRUMENTOS	
CAPITULO VII	"ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL PROYECTO"	52
A)	REVISION DE LOS PLANOS DEL PROVEEDOR	
B)	REVISION DE LOS PLANOS DE OTROS DEPARTA- MENTOS	
C)	SUPERVISION DE COMPRAS	
D)	VISITA A OBRAS	
E)	TRAMITES PARA LA OBTENCION DEL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA	
CONCLUSIONES		56
BIBLIOGRAFIA		60

INTRODUCCION

I N T R O D U C C I O N

El tema de tesis que se desarrolla en las páginas siguientes fue seleccionado con base en el objetivo principal de orientar a los recién egresados de la carrera de Ingeniería Eléctrica acerca de las bases generales del diseño que intervienen en el desarrollo de la ingeniería para la instalación eléctrica de una planta de fertilizantes. También se pretende aplicar lo teóricamente aprendido, llevándolo a la práctica.

En virtud de lo expuesto anteriormente se consideró apropiado el tema "PROYECTO DEL SISTEMA ELECTRICO DE UNA PLANTA DE FERTILIZANTES DAP/NPK EN LAZARO CARDENAS MICHOACAN". Los temas que se abarcaron se describen a continuación de un modo general.

En el capítulo primero se da una breve descripción del proceso para la obtención de fertilizantes.

En el capítulo segundo se explica el sistema de distribución eléctrico y las bases generales de diseño con que se desarrolla el sistema de fuerza.

En los capítulos tercero, cuarto, quinto y sexto se asientan las bases generales de diseño para los sistemas de tierras, pararrayos, alumbrado y contactos así como conexión de instrumentos.

En el capítulo séptimo se describen las actividades complementarias que desarrollará el Ingeniero Eléctrico durante el diseño de la ingeniería.

Para finalizar el trabajo se dan las conclusiones y recomendaciones inherentes al mismo.

Dada la innegable necesidad de que se intensifiquen y propicien en nuestro país las actividades del campo, apoyadas en sistemas cada vez más modernos, completos y eficientes, surge la necesidad de proveer al sector agrícola de los elementos indispensables para cumplir su cometido, que debe centrarse en satisfacer la enorme demanda de alimentos que sufre México.

Un elemento indispensable es sin duda el fertilizante. Resulta importante el hecho de que, independientemente del valor fundamental y estratégico que tienen los fertilizantes para la producción agrícola y pecuaria, la obtención de productos intermedios tales como ácido sulfúrico, ácido fosfórico y ácido nítrico, propicia el desarrollo nacional ya que éstos, son básicos para muchas otras industrias.

El lugar elegido para la instalación de la planta de fertilizantes que nos ocupa sita en Lázaro Cárdenas, Mich., se escogió por reunir ciertas condiciones entre las que se pueden mencionar:

1. Abastecimiento de materias primas para el proceso.

Las materias primas necesarias para la elaboración de fertilizantes son: azufre, generalmente procede del sur del país, para fosfórica, cuyos yacimientos se encuentran en el

estado de Baja California; cloruro y sulfato de potasio, cuya principal planta productora se localiza en las salmueras de Cerro Prieto, B.C. La ubicación de la planta de fertilizantes permite disponer de dichas materias primas más fácilmente, mediante un adecuado sistema de aprovisionamiento.

Cabe señalar aquí que México dispone de los cuatro elementos básicos (amoníaco, fósforo, potasio y azufre) y por ello debe llegar a ser autosuficiente en materia de fertilizantes.

2) Situación favorable de mercado.

La zona de mayor demanda de fertilizantes en el país esta integrada por los estados de Jalisco, México, Michoacán y Guanajuato, los cuales forman un área de influencia natural en Lázaro Cárdenas, Mich., asimismo puede citarse la posibilidad de atención al consumo de los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California a través de la transportación marítima. Otro aspecto importante sería que surge la oportunidad de concurrir al mercado de exportaciones de todo el Océano Pacífico no sólo del Continente Americano, sino también del Continente Asiático donde ya se participa en la actualidad y particularmente al mercado de la India.

Concluyendo puede confiarse en que la instalación de esta planta de fertilizantes en el estado de Michoacán procurará el cumplimiento de importantes políticas tales como: el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales y petroquímicos, la distribución y abastecimiento oportuno de productos fertilizantes y la autosuficiencia nacional en este renglón, además de propiciar la desconcentración de las ac-

tividades administrativas y de operación. Estas políticas indudablemente contribuirán a un más rápido y completo desarrollo de nuestro país.

C A P I T U L O I

PROCESO

- A) COMPUESTOS FERTILIZANTES
- B) FLUJO Y SECUENCIA DEL PROCESO

C A P I T U L O I

P R O C E S O

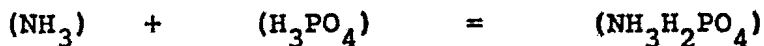
A) COMPUESTOS FERTILIZANTES

La planta efectúa un proceso de granulación y está diseñada para producir los compuestos fertilizantes DAP/NPK. Su capacidad es de setenta y tres toneladas métricas por hora (TMH). Los mencionados compuestos se obtienen a partir del ácido fosfórico, del amoníaco, del nitrato de amonio y del cloruro de potasio. (ver fig. 1).

Obtención del DAP

El DAP o fosfato diamónico se obtiene de la siguiente manera:

AMONIACO + ACIDO FOSFORICO = FOSFATO MONOAMONICO (MAP)



FOSFATO MONOAMONICO + AMONIACO = FOSFATO DIAMONICO (DAP)

Obtención del NPK

El NPK se obtiene por la mezcla física del nitrato de amonio con el cloruro de potasio y el fosfato diamónico.

B) FLUJO Y SECUENCIA DEL PROCESO

1. Generalidades

Con fines descriptivos podemos dividir la planta en dos secciones comunmente llamadas "Sección húmeda" y "sección seca". Ambas se encuentran interconectadas por un granulador. En la sección húmeda se hace reaccionar el ácido fosfórico al 54% con el amoníaco, en cierta proporción adecuada dentro de un reactor hasta que se forme un magma capaz de granularse.

Es menester mencionar que en el límite de baterías se dispondrá de amoníaco líquido grado fertilizante, el cual es vaporizado y suministrado al reactor y al granulador.

A continuación este magma es bombeado al granulador donde el amoníaco adicional suministrado eleva la relación de amoníaco/ácido fosfórico al nivel deseado y comienza a secar los gránulos. En la "sección seca" el producto es secado, cribado y enfriado.

Las variedades de NPK son recubiertas después de enfriadas para considerarlas como producto final.

2. Fases del proceso

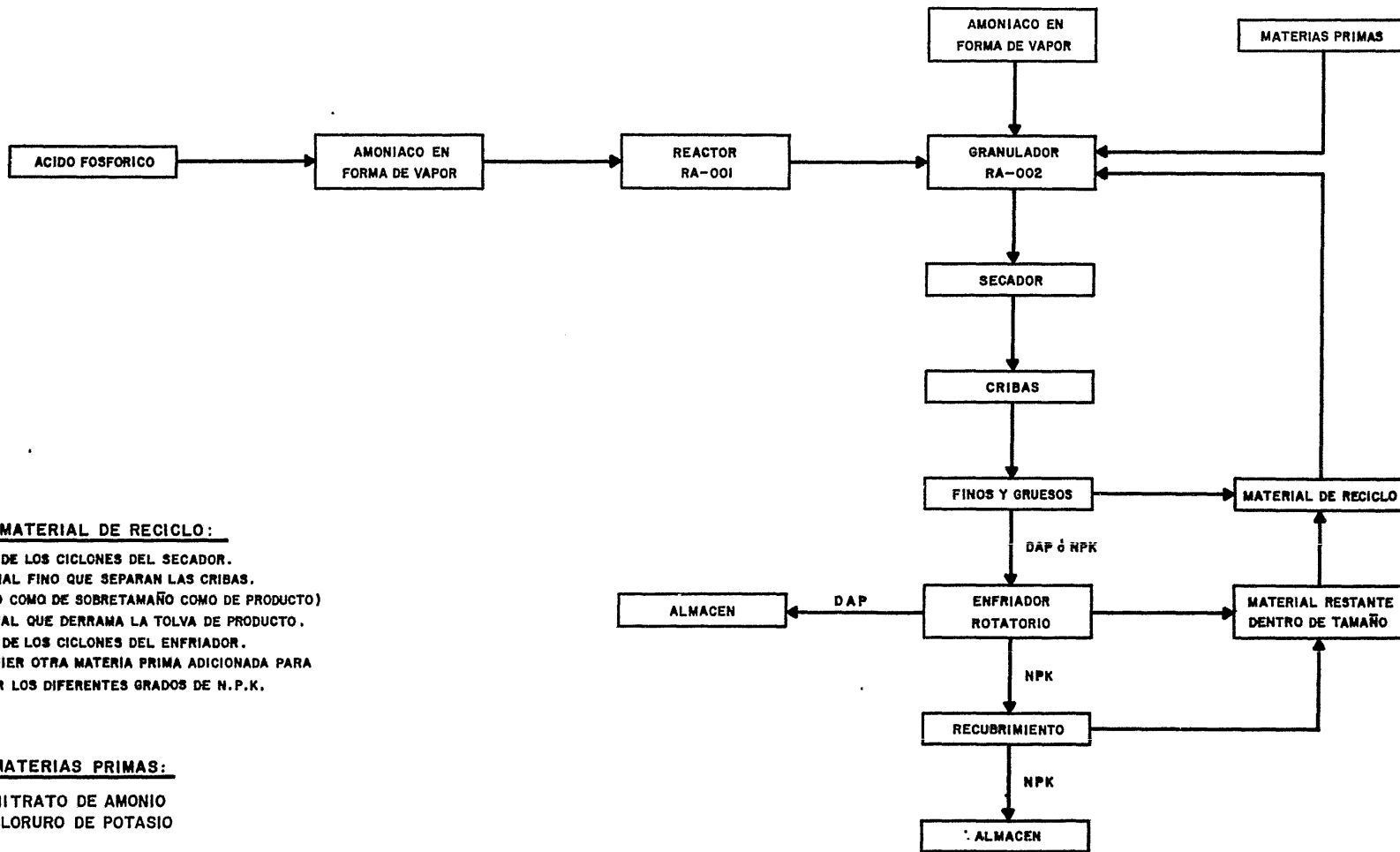
Para la producción de gránulos de DAP o NPK se hace reaccionar parcialmente el ácido fosfórico con el amoníaco en forma de vapor, en un reactor o preneutralizador. Aquí el grado de absorción de amoníaco en el ácido fosfórico es cercano a una relación molar de 1.45 (ajustada hasta 1.9) mediante la adición de amoníaco en forma de vapor en el granulador para una máxima solubilidad y absorción de gas con

una pérdida mínima de amoníaco. En esta fase la solución de nitrato de amonio obtenido del límite de baterías es suministrado al reactor o al granulador para mejorar el bombeo y para mantener un magma con bajo contenido de humedad, lo cual aumenta la producción (3%).

El magma resultante es bombeado al granulador en donde se mezcla con el material granulado de recicló, con las materias primas requeridas para la producción de NPK y con amoníaco adicional como reactivo para producir un material granulado húmedo. En esta fase simultáneamente con la producción de DAP se inicia la producción de NPK. El material húmedo producido en el granulador se pasa a un secador rotatorio equipado con una cámara de combustión y con transportadores que llevarán el producto hasta las cribas donde se separa el producto en material fino y grueso. El material grueso es molido y descargado a un sistema de transporte de recicló. La cantidad deseada del producto con el tamaño adecuado es pasada al enfriador rotatorio y posteriormente a un tambor de recubrimiento excepción hecha del DAP, y de ahí se pasa al almacén. El material restante que está dentro de tamaño, el material fino y el grueso y el polvo colectado por los ciclones son transportados de regreso al granulador junto con las materias primas adicionadas para formar los grados de NPK deseados. A esto se le denomina material de recicló. El material de recicló consiste en:

- a) Polvo de los ciclones del secador.
- b) Material molido de los molinos de cadena.

- c) Material fino que separan las cribas tanto de sobretamaño como de producto.
- d) Material derramado de la tolva de producto.
- e) Polvo de los ciclones del enfriador y de venteo.
- f) Toda materia prima adicionada para formar los diferentes grados de NPK.



MATERIAL DE RECICLO:

- a) POLVO DE LOS CICLONES DEL SECADOR.
- b) MATERIAL FINO QUE SEPARAN LAS CRIBAS.
(TANTO COMO DE SOBRETAMAÑO COMO DE PRODUCTO)
- c) MATERIAL QUE DERRAMA LA TOLVA DE PRODUCTO.
- d) POLVO DE LOS CICLONES DEL ENFRIADOR.
- e) CUALQUIER OTRA MATERIA PRIMA ADICIONADA PARA FORMAR LOS DIFERENTES GRADOS DE N.P.K.

MATERIAS PRIMAS:

NITRATO DE AMONIO
CLORURO DE POTASIO

FIG. 2

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PARA LA OBTENCION DE DAP Y NPK

C A P I T U L O I I

SISTEMA DE FUERZA

- A) DESCRIPCION DEL SISTEMA
- B) CRITERIOS DE DISEÑO
- C) CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS
- D) SELECCION DE ALIMENTADORES
- E) SELECCION DE TRANSFORMADORES

C A P I T U L O I I

SISTEMA DE FUERZA

A) DESCRIPCION DEL SISTEMA

El sistema de distribución será tipo radial como se muestra en el diagrama unifilar, ya que ofrece seguridad suficiente, adaptabilidad adecuada y aumento fácil de capacidad además de sencillez de conservación, poca inversión en equipo y de no requerir peritos operarios para su manejo.

La alimentación principal de la planta será en tres fases, tres hilos, 60 Hz, 13.8 KV, en línea aérea desde la subestación principal existente en el complejo. Dentro del área de la planta se deberán localizar tres subestaciones alimentadas a una tensión máxima de 15 KV con el fin de separar alta y baja tensión tal como se muestra en el diagrama unifilar. (ver fig. 2).

1. Subestación en alta tensión

En esta subestación se tendrá el tablero de 13.8 KV (07-TK-001), el transformador de 3750 KVA, 13.8-4.16 KV (07-TC-001) y el tablero de distribución en 4.16 KV (07-TK-002) para motores de alta tensión.

2. Subestaciones en baja tensión

En estas subestaciones se tendrán los transformadores de 1500 FVA, 13.8-0.48 KV (07-TC-002 y 07-TC-003), los table-

ros de distribución (07-TK-003 y 07-TK-004) y los centros de control de motores (07-CC-001, 07-CC-002, 07-CC-003, 07-CC-004 y 07-CC-005).

B) CRITERIOS DE DISEÑO

1. Voltajes de utilización

La alimentación a las diferentes cargas eléctricas será de acuerdo a los siguientes niveles de tensión:

- a) Motores de potencia fraccionaria que funcionen en procesos no críticos o en equipos que no pertenezcan al proceso: 127 V, 1 fase
- b) Motores de potencia fraccionaria que funcionen en procesos críticos incluyendo motores para el servicio de lubricación y bombas auxiliares de aceite: 480 V, 3 fases
- c) Motores de 3/4 a 200 H.P.: 480 V, 3 fases
- d) Motores de 250 H.P. o más: 4160 V, 3 fases
- e) Salidas a contactos trifásicos: 480 V, 3 fases
- f) Luminarias.
 - Exterior y proceso: 220 V, 1 fase
 - Oficinas y Laboratorios: 220/127 V, 1 fase
- g) Instrumentos: 127 V o 24 V.C.D.
- h) Control: 120 V

2. Características de conductores y medios de canalización

Para determinar el tipo de aislamiento de un conductor es necesario conocer principalmente las condiciones del me-

dio ambiente del lugar donde van a instalarse, así también deben conocerse las propiedades y características de construcción de los diversos tipos de aislamientos que ofrecen los fabricantes. De acuerdo a lo mencionado se seleccionaron dos tipos de aislamiento:

a) Aislamiento en baja tensión

El tipo de aislamiento deberá ser para 600 volts y temperatura máxima del conductor de 75°C tipo THWN.

b) Aislamiento en alta tensión

El aislamiento de los cables para tensiones mayores de 600 volts será tipo "EP" seco (etileno propileno), para una temperatura de operación máxima de 90°C en operación normal, 130°C en sobrecarga y 250°C en corto circuito. El nivel de aislamiento será de 100%.

El calibre de los conductores se determinará mediante el cálculo y de acuerdo a los calibres mínimos siguientes:

- Para circuitos de control, alarmas e instrumentos:

No. 14 AWG.

- Para circuitos de alumbrado y fuerza: No. 12 AWG, en ambos casos se usarán cables trifásicos del calibre 12 AWG hasta el calibre 2 AWG y monopolares de 1/0 AWG en adelante. Este se debe principalmente a que los cables trifásicos en calibres grandes dificultan su manejo en la instalación y en el mantenimiento.

c) Medios de canalización

Los conductores se alojarán en charolas tipo escalera

de aluminio de fondo abierto, sin tapa en interiores y con tapa en exteriores. Para la llegada a los motores y luminarias se usará tubo conduit de aluminio tipo pesado.

C) CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS

1) Tablero blindado de 15 KV

Tablero blindado, de control y protección, para subestación tipo compacto, servicio interior NEMA 1, con empaque para servicio en línea de 15 KV, 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, integrado por las siguientes secciones:

- a) Una sección con interruptor seccionador con carga, para operar en grupo, con disparo automático, 600 A, 13.2 KV, 40 KA momentáneos, operación manual.
- b) Dos secciones con interruptor seccionador con carga, equipado con portafusibles y 1 fusible por fase de 125 A y 1600 MVA de capacidad interruptiva.
- c) Una sección con interruptor seccionador con carga, equipado con portafusibles y 2 fusibles por fase de 125 A y 1600 MVA de capacidad interruptiva.

2) Transformador de 3750 KVA

Transformador con enfriamiento tipo OA, 3 fases, 60 Hz, con relación de transformación de 13.8 KV a 4.16 KV con conexión delta estrella.

3) Transformador de 1500 KVA

Transformadores con enfriamiento tipo OA, 3 fases, 60 Hz, con relación de transformación de 13.8 KV a 0.48 KV, conexión delta estrella.

4) Tablero blindado de 4.16 KV

Tablero blindado, de control y protección, tipo compacto, Metal-Clad-CCM, servicio interior NEMA 1 con empaque, para operar en línea de 4.16 KV, 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, integrado por las siguientes secciones:

- a) Una sección con interruptor de potencia removible de 3 polos, tiro sencillo, operación por medio de energía almacenada, corriente nominal de 1200 A, tensión nominal de 4160 V, y una capacidad interruptiva de 250 MVA.
- b) Sección de transferencia.
- c) Secciones conteniendo arrancadores a voltaje pleno no reversible.

5) Tableros de distribución de 0.48 KV

Tableros de control y distribución en baja tensión, tipo compacto, servicio interior NEMA 1 con empaque, para servicio en línea de 0.48 KV, 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, integrado por los siguientes equipos:

- a) Una sección con interruptor electromagnético principal de 3 polos, 480 V, 2000 A, 50 KA de capacidad interruptiva, montaje removible, operación eléctrica con mecanismo de disparo libre, con unidad de disparo L.S.G. incluyendo sensores.
- b) Secciones con interruptores electromagnéticos derivados de 3 polos, 1600 A, 480 V, 50 KA de capacidad interruptiva, montaje removible, operación manual.

6) Centros de control de motores de 0.48 KV

Centros de control de motores tipo compacto, servicio interior NEMA 1 con empaque, para servicio en línea de 0.48 KV, 3 fases, 4 hilos, 60 Hz.

D) SELECCION DE ALIMENTADORES

Para determinar el calibre de un alimentador es necesario conocer las siguientes características:

1) Características del circuito

- tipo de aislamiento
- temperatura de operación
- material del conductor
- tipo de canalización
- longitud del circuito
- tensión de aislamiento en volts

2) Características de la carga

- potencia
- tensión de operación en volts

3) Datos de cálculo

- factor de potencia
- eficiencia
- factor de corrección por temperatura (ver tabla 1)
- factores de corrección por agrupamiento (ver tabla 2)
- resistencia del conductor (OHMS)
- reactancia del conductor (OHMS)

TABLA 1

Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima permisible en el aislamiento, °C						
	60	75	85	90	100	125	200
31-40	0.82	0.88	0.90	0.91	0.94	0.95	-
41-45	0.71	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	-
46-50	0.58	0.75	0.80	0.82	0.87	0.89	-
51-55	0.41	0.67	0.74	0.76	0.83	0.86	-
56-60	-	0.58	0.67	0.71	0.79	0.83	0.91
61-70	-	0.35	0.52	0.58	0.71	0.76	0.87
71-80	-	-	0.30	0.41	0.61	0.68	0.84
81-90	-	-	-	-	0.50	0.61	0.80
91-100	-	-	-	-	-	0.51	0.77
101-120	-	-	-	-	-	-	0.69
121-140	-	-	-	-	-	-	0.59

Tomada de las NTIE-81 página 79

TABLA 2

Número de conductores	Por ciento del valor indicado en la tabla 3
4 a 6	80
7 a 24	70
25 a 42	60
Más de 42	50

Tomada de las NTIE-81 página 79

4) Recomendaciones para el cálculo de alimentadores

Para ejemplificar el criterio descrito anteriormente se calculará el calibre de un conductor que alimentará a un motor en 480 volts.

La selección de este alimentador se hizo de acuerdo al artículo 403.14 de la N.T.I.E-81 que establece lo siguiente: "los conductores de un circuito derivado que alimenten un solo motor deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor que el 125% de la corriente a plena carga del motor".

Además se deberá considerar la caída de tensión a que hace referencia el artículo 202.6 de las N.T.I.E-81: "en un circuito derivado que alimente cualquier tipo de carga (alumbrado, fuerza o calefacción) la caída de tensión hasta la salida más lejana no debe exceder el 3%; por otra parte, la caída de tensión total en el conjunto del circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5%. En nuestro caso consideramos una caída de 3% máxima desde los tableros de distribución hasta los motores.

5) Determinación de los factores decrementales

- factor de corrección por temperatura

De acuerdo a la I.E.E.E. standard 141-1976.104.3, temperatura para conductores expuestos al sol será igual a 50°C (temperatura ambiente), mientras que la temperatura interior máxima será igual a 40°C por lo que los factores de corrección por temperatura serán los si-

guientes:

F.C: temp = 0.75 (para temperatura de 50°C al exterior).

Ver tabla 1.

F.C. temp = 0.88 (para temperatura de 40°C en interior)

Ver tabla 1.

- factor de corrección por agrupamiento.

Los factores de corrección por agrupamiento se tomaron de la tabla 2 para los conductores instalados en charolas sin cubierta.

F.A. = 1 cuando en la charola se instala una sola capa y con una separación entre conductores igual al diámetro mayor.

F.A. = 0.75 cuando son dos capas de cables que es lo máximo que permiten las N.T.I.E.-81.

F.A. = 0.7 cuando más de 1.8 m de la charola estén cubiertos.

6) Capacidad de corriente

La capacidad de corriente se tomó de la tabla 3 de la columna titulada "Al Aire".

7) Selección de capacidad de corriente

a) Características del circuito

- tipo de aislamiento	THWN
- temperatura de operación	75°C
- material del conductor	cobre
- tipo de canalización	charola
- longitud del circuito	60 m.
- tensión de aislamiento	600 volts

TABLA 3

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados
(amperes).

Temperatura Máxima del aislamiento	60°C		75°C	
	THWN, RUW T, TW, TWD, MTW		RH, RHW, RUH THW, THWN DF, XHHW	
Tipos	En tuberfa o cable	Al aire	En tuberfa	Al aire
Calibre AWG MCM				
14	15	20	15	20
12	20	25	20	25
10	30	40	30	40
8	40	55	45	65
6	55	80	65	95
4	70	105	85	125
3	80	120	100	145
2	95	140	115	170
1	110	165	130	195
0	125	195	150	230
00	145	225	175	265
000	165	260	200	310
0000	195	300	230	360
250	215	340	255	405
300	240	375	285	445
350	260	420	310	505
400	280	455	335	545
500	320	515	380	620
600	355	575	420	690
700	385	630	460	755
750	400	655	475	785
800	410	680	490	815
900	435	730	520	870
1000	455	780	545	935

Tomada de las NTIE-81 páginas 75 y 76

b) Características de la carga

- potencia 100 H.P.
- tensión de operación 480 volts

c) Datos de cálculo

- factor de potencia 0.85 (F.P.)
- eficiencia 0.9
- corriente a plena carga = I_{pc} 130 AMP.

d) Cálculo

Capacidad de conducción del alimentador

$$I_A = 1.25 \times I_{pc} = 1.25 \times 130 = 162.5 \text{ AMP.}$$

Esta corriente (I_A) debe ser corregida por los factores decrementales.

$$I \text{ corregida} = \frac{I_A}{(F.A.) \times (F.C. \text{ temp})} = \frac{162.5}{(0.7) \times (0.75)}$$

$$I \text{ corregida} = 309.5 \text{ AMP.}$$

De acuerdo a la tabla 3 el calibre seleccionado es 3/0 AWG. Debido a que este calibre no es comercial seleccionamos el 4/0 AWG, el cual conduce 360 AMP.

8) Selección por caída de tensión

Para determinar el calibre del conductor por caída de tensión es necesario conocer los valores de reactancia y resistencia (ver tabla 4).

La fórmula que emplearemos para este cálculo es la siguiente:

$$\% \text{ c a} = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I (R \cos \theta + X \text{ Sen } \theta)}{V} \times 100$$

Donde:

% e = Caída de tensión en por ciento

L = Longitud del circuito (m)

I = Corriente a plena carga (AMP)

Cos ϕ = Factor de potencia

V = Tensión de operación (volts)

R = Resistencia (OHMS/m)

X = Reactancia (OHMS/m)

Cálculo:

L = 60 m

I_{pc} = 130 AMP

Cos ϕ = 0.85

V = 480 V

R = 0.0640 (OHMS/1000 Pies)

X = 0.0381 (OHMS/1000 Pies)

Calibre del conductor calculado por corriente

4/0 AWG.

$$\% e = \frac{\sqrt{3} \times 60 \times 130 (0.0640 \times 0.85 + 0.0381 \times 0.526) \times \frac{1}{(304.8)}}{480} \times 100$$

$$\% = 0.68$$

Como 0.68% es menor que el 3%, el calibre seleccionado por caída de tensión es 4/0 AWG.

E) SELECCION DE TRANSFORMADORES

La capacidad de los transformadores debe ser el 120% aproximadamente de la carga instalada por el factor de demanda (ver fig. 2).

TABLA 4

Valores de resistencia y reactancia
dados en OHMS por 1000 pies para con-
ductores de cobre

Calibre conductor	En ducto magnético	
	R	X
8	0.811	0.0577
6	0.510	0.0525
4	0.321	0.0483
2	0.202	0.0448
1	0.160	0.0436
1/0	0.128	0.0414
2/0	0.102	0.0407
3/0	0.0805	0.0397
4/0	0.0640	0.0381
250	0.0552	0.0379
300	0.0464	0.0377
350	0.0378	0.0373
400	0.0356	0.0371
450	0.0322	0.0361
500	0.0294	0.0349
600	0.0257	0.0343
750	0.0216	0.0326

Tomada de la Publicación de G.E.T. 3550 B
de General Electric, página 44

Transformador 07-TC-001

$$\text{Factor de demanda} = \frac{\text{demanda máxima}}{\text{carga instalada}}$$

$$\text{Factor de demanda} = \frac{3120.5}{3120.5} = 1$$

$$\text{Capacidad del transformador} = 3120.5 \times 1.2 \times 1 = 3744.6 \text{ KVA}$$

∴ seleccionamos un transformador de 3750 KVA.

Transformador 07-TC-002

$$\text{Factor de demanda} = \frac{1270.4}{1346.5} = 0.94$$

$$\text{Capacidad del transformador} = 1346.5 \times 1.2 \times 0.94 = 1518.8 \text{ KVA}$$

∴ seleccionamos un transformador de 1500 KVA.

Transformador 07-TC-003

$$\text{Factor de demanda} = \frac{1298.3}{1449.5} = 0.89$$

$$\text{Capacidad del transformador} = 1449.5 \times 1.2 \times 0.89 = 1548 \text{ KVA}$$

∴ seleccionamos un transformador de 1500 KVA.

C A P I T U L O I I I

SISTEMA GENERAL DE TIERRAS

- A) OBJETIVO
- B) FACTORES QUE INTERVIENEN EN UN
ACCIDENTE
- C) LIMITE DE CORRIENTE TOLERABLE
EN EL CUERPO
- D) CRITERIOS DE DISEÑO

C A P I T U L O I I I

SISTEMA GENERAL DE TIERRAS

A) OBJETIVO

El objetivo principal del sistema de tierras es proporcionar un medio de seguridad al personal, al equipo y a las instalaciones en general, contra descargas atmosféricas, cargas estáticas y choques eléctricos producidos por diferencias de potencial por el contacto de conductores energizados con partes metálicas o bien por el paso de la corriente de falla.

B) FACTORES QUE INTERVIENEN EN UN ACCIDENTE

Los factores que principalmente intervienen en un accidente son los siguientes:

- 1) Corriente de falla relativamente alta con respecto a la resistividad del terreno.
- 2) Resistividad del terreno y distribución del flujo de corriente, tal que el gradiente alto de potencial se encuentra en uno o más puntos.
- 3) Presencia del individuo entre dos puntos con alta diferencia del potencial.
- 4) Duración de la falla y contacto del cuerpo con el objeto electrizado, dependiendo de la parte del

cuerpo que quede en contacto con la diferencia de potencial.

C) LIMITE DE CORRIENTE TOLERABLE EN EL CUERPO

Las intensidades de corriente que se alcanzan debido a una falla en el sistema son de miles de amperes, produciéndose así, gradientes de potencial elevados que pueden ser transferidos a zonas en donde se encuentre una persona, siendo suficiente la distancia de un paso normal para que se presente una descarga; ello provoca la pérdida del control muscular, así como la caída de la persona, aumentando la superficie de contacto y la posibilidad de que la corriente circule por el corazón y ocasione la muerte.

El tejido humano tiene una característica negativa de resistencia, es decir, la resistencia del cuerpo disminuye al aumentar la corriente y el tiempo de contacto, con el resultado de que al duplicar la tensión aplicada, la corriente aumenta a más del doble. El umbral de percepción se acepta generalmente como de aproximadamente un miliampere, sin embargo, pueden soportarse corrientes mayores sin producir la pérdida del control muscular si la duración de la falla es muy corta, tal y como se indica en la siguiente ecuación:

$$(I_k^2) (t) = 0.0135 \quad (1) \quad \text{(Conforme con la publicación IEEE-80/ Junio 76)}$$

$$I_k = \frac{0.116}{(t)^{1/2}} \quad (2)$$

Donde I_k = al valor efectivo de la corriente (RMS) que circula por el cuerpo en amperes.

* t = tiempo de duración del choque eléctrico en segundos.

$0.0135 =$ Constante de energía derivada empíricamente.

Podemos observar en la ecuación número 1 que se obtiene una corriente de 116 miliamperes si $t = 1$ segundo y 367 miliamperes si $t = 0.1$ segundo (6 ciclos).

La ecuación número 2 esta basada en pruebas hasta de 3 segundos y no es válida para tiempos más grandes.

Se han sugerido umbrales para la fibrilación muscular de 100 miliamperes, cuando no se especifica el tiempo, pero dada la contracción de los músculos del pecho que puede producir asfixia, es recomendable bajar a 25 miliamperes, no obstante se pueden fijar umbrales aún más pequeños para la corriente de soltar igual a 9 miliamperes para hombres y 6 miliamperes para mujeres. Aun cuando la ecuación No. 2, muestra que pueden soportarse con seguridad corrientes de intensidades mucho más altas, cuando se cuenta con aparatos de protección de operación rápida para limitar la duración de las fallas, normalmente el tiempo de operación de estos dispositivos varía de 0.5 a 1 segundo, por lo que es importante hacer notar que la posibilidad de un daño severo o de muerte se reduce grandemente cuando la duración del paso de la corriente es corta.

D) CRITERIOS DE DISEÑO

1. Resistencia

La resistencia total de la malla con respecto a tierra se puede determinar en forma simplificada, mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad \text{(Tomado de la publicación I.E.E.E.-1980)}$$

Donde:

R = Resistencia total de la malla

r = radio en metros de una placa circular equivalente cuya área es la misma ocupada por la malla real de tierra.

L = Longitud total en metros de conductores enterrados.

ρ = Resistividad eléctrica del terreno en OHMS/metro.

La resistencia eléctrica total del sistema de tierras debe conservarse en el valor más bajo posible entre 1 y 10 OHMS, incluyendo los elementos que forman todo el sistema de tierras, es decir, la malla, los electrodos y los conductores de puesta a tierra; si debido a la resistividad del terreno no es posible obtener esto, será necesario aumentar el área total de la malla, reduciendo el espacio entre conductores de la red y aumentando la cantidad de electrodos. (Ver sección 603 de NTIE-81).

2. Tipos y características de electrodos de puesta a tierra.

Los electrodos son los elementos que se encuentran en contacto directo con el suelo, cuya función principal es descargar las corrientes eléctricas nocivas y mantener el mismo potencial de tierra en todos los conductores que se encuentren conectados a estos, y que deben ser de materiales resistentes a la corrosión y buenos conductores, tales como, el cobre solo o con al-

guna aleación etc., pudiéndose utilizar los siguientes elementos como electrodos de puesta a tierra: (Ver NTIE-81 en su artículo 206.46).

- a) Si se dispone de un sistema de tubería metálica subterránea para la conducción de agua fría, puede usarse como electrodo de puesta a tierra, siempre que la parte enterrada del sistema de tubería tenga por lo menos una longitud de 3 mts. y sea eléctricamente continua en su trayectoria hasta el punto de la conexión con el conductor del electrodo de tierra.
- b) La estructura metálica de un edificio puede usarse como electrodo de puesta a tierra si se encuentra efectivamente aterrizada.
- c) Electrodos de placa. Cada electrodo deberá tener por lo menos 2000 cms^2 de superficie de contacto con el suelo y un espesor no menor de 6 mm.
- d) Electrodo de tubo. Los electrodos de tubo deben tener por lo menos 19 mm. de diámetro exterior y si son de fierro o acero deberán ser galvanizados de 2.4 mts. de longitud como mínimo.
- e) Electrodo de Barra. Los electrodos de barra de acero deben tener por lo menos 1.6 cms. de diámetro, 2 cms. cuadrados de sección transversal y 2.4 mts. de longitud como mínimo.

De ser posible los electrodos deberán ser enterrados hasta sobrepasar el nivel de humedad permanente. Cuando se usen sistemas de electrodo para distintos fines,

como los de circuitos de comunicación, pararrayos de edificios, etc., se deberá tener una separación de 1.8 mts. entre los electrodos de cada sistema.

3. Resistencia de electrodos artificiales

El valor de la resistencia a tierra de los electrodos artificiales no debe ser mayor a 25 OHMS en las condiciones más desfavorables, de no ser esto posible, se deberá utilizar cuando menos un electrodo adicional.

4. Conductores

La red de tierras consistirá de un anillo, (circuito cerrado) de cable desnudo semiduro y trenzado, que generalmente rodea a cada uno de los edificios, áreas exteriores y subestaciones, el cual estará conectado a varillas de tierra.

Todos estos anillos deberán interconectarse formando una malla ininterrumpida para que cualquier carga tenga por lo menos dos trayectores a tierra.

Generalmente se acepta como límite inferior el calibre de cobre, 4/0 AWG para la red de tierras, principalmente por razones de resistencia mecánica.

El material para los conductores de conexión a tierra deberá ser de cobre o de otro material conductor que no se corroa excesivamente bajo las condiciones existentes del lugar, de forma sólida, trenzado, aislado o desnudo. Los conductores de conexión a tierra, deberán ser continuos y además estar protegidos contra daño mecánico desde el punto de unión de las cubiertas o equipo hasta

el electrodo de conexión a tierra.

De acuerdo a las N.T.I.E.-81, artículo 206.58 el calibre del conductor de puesta a tierra de equipos no debe ser menor al indicado en la tabla 5.

5. Conexión

La conexión a tierra de circuitos y equipos es una de las partes más importantes de todo el sistema, la cual deberá ser permanente continua y de capacidades suficientes para conducir el flujo de corriente a que están expuestas. Además el valor de impedancia deberá ser lo más bajo posible con el objeto de limitar el potencial sobre tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de sobre-corriente del circuito.

Las conexiones, uniones y derivaciones del cable de tierras deberán hacerse por medio de conectores tipo soldable, excepto el equipo que se desconecte regularmente, para su mantenimiento, en donde las conexiones se harán con conectores tipo mecánico atornillado a la superficie metálica.

6. Conexión a tierra de equipo e instalaciones

El siguiente equipo probable de producir o absorber electricidad estática debe conectarse a tierra con cable de cobre semi-duro desnudo para evitar que en algún momento puedan quedar a un potencial diferente del de tierra y ser tocados por alguna persona.

- a) Estructuras de edificios.
- b) Estructuras metálicas de subestaciones en intem-

TABLA 5

Calibre de los conductores para puesta a tierra de equipos y canalizaciones interiores

Capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente ubicado antes del equipo, conductor, etc.	Calibre del conductor de puesta a tierra (AWG o MCM)	
	Cobre	Aluminio
No mayor de (amperes)		
15	14	12
20	14	12
30	12	10
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
400	4	2
600	2	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 MCM
1600	4/0	350 "
2000	250 MCM	400 "
2500	350 "	500 "
3000	400 "	600 "
4000	500 "	800 "
5000	700 "	1000 "
6000	800 "	1200 "

Tomada de las NTIE-81, página 59

perie así como los equipos metálicos instalados.

- c) Cercas metálicas de las subestaciones.
- d) Recipientes metálicos y equipo industrial o de proceso.
- e) Vías de ferrocarril.
- f) Cubiertas metálicas que contengan o protejan equipo eléctrico, tales como: transformadores o tableros.
- g) Carcazas de motores o generadores de cualquier tamaño y tensión.
- h) Estaciones de botones.
- i) Ductos y charolas metálicas.

C A P I T U L O I V

SISTEMA DE PARARRAYOS

- A) OBJETIVO
- B) FACTORES QUE INTERVIENEN PARA
DECIDIR LA INSTALACION DE UN
SISTEMA DE PARARRAYOS
- C) CRITERIOS DE DISEÑO

C A P I T U L O I V

SISTEMA DE PARRARRAYOS

A) OBJETIVO

El objetivo principal en la protección contra rayos es proporcionar un medio de baja impedancia por el que la descarga pueda entrar o salir de la tierra sin pasar a través de partes no conductoras del edificio. El daño es causado por el calor y las fuerzas mecánicas generadas por la descarga en partes no conductoras. En las partes metálicas estos efectos son despreciables puesto que tienen suficiente área transversal.

Las descargas atmosféricas tienden a viajar por las partes metálicas que se extienden en la dirección de ellas. Por esto puede evitarse el daño indicando elementos y conductores metálicos de proporciones y distribución adecuadas, convenientemente aterrizados.

Las condiciones de protección requeridas para edificios se obtienen colocando puntas pararrayos en las partes superiores de aquellos, con conductores que conectan las puntas entre sí y a tierra.

B) FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA INSTALACION DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS

1. Frecuencia e intensidad de tormentas

La necesidad de protección varía en cada región, aunque no necesariamente en proporción directa a la frecuencia de tormentas, ya que unas cuantas de gran intensidad pueden obligar al uso de una protección mayor que la requerida para un gran número de ellas de mediana intensidad.

2. Naturaleza del edificio y su contenido

La naturaleza del edificio se refiere al material con que está construido. Su contenido debe ser considerado como reemplazable o no reemplazable. La presencia de polvos o vapores inflamables es un factor de gran importancia.

3. Daños personales

Una descarga atmosférica sobre un edificio constituye un grave peligro para sus ocupantes.

4. Exposición relativa del edificio

Este punto se refiere a la posibilidad que tenga un edificio de recibir descargas en cuanto a su localización. En ciudades el peligro no es tan grande como lo es en campo abierto.

5. Pérdidas indirectas

Son las pérdidas que acompañan a la destrucción del edificio tales como interrupción de negocios, operaciones y procesos de fabricación.

C) CRITERIOS DE DISEÑO

1. Generalidades

Al diseñar el sistema de pararrayos se considerarán los

siguientes aspectos:

a) Anotación de los puntos o partes que con mayor probabilidad están sujetos a descargas, con objeto de instalar puntas para recibirlas proporcionándoles una trayectoria directa a tierra.

Las puntas pararrayos deben colocarse con la altura suficiente sobre la estructura para evitar el peligro de fuego causado por el arco.

b) Los conductores deben instalarse de manera que ofrezcan la menor impedancia al paso de la corriente de descarga entre las puntas pararrayos y la tierra. La mejor trayectoria es la directa. No deben tenerse curvas ni ondas cerradas pues el arco podría saltar en ellas. La impedancia a tierra en la práctica es inversamente proporcional al número de trayectorias separadas, por lo tanto de cada punta pararrayos deberán partir al menos dos trayectorias. Si se conectan los conductores formando una reja o jaula que encierra al edificio, se aumenta el número de trayectorias y por consiguiente se reduce la impedancia.

c) En el punto de descarga la densidad de corriente es alta. Si este flujo pasa a través de cimentaciones puede dañarlas. Por esto las conexiones a tierra deben ser distribuidas lo más simétricamente posible, de preferencia a lo largo del perímetro de la estructura y no agrupados en un solo lado. Con las conexiones a tierra correctamente distribuidas, la corriente será recogida

por las puntas y el flujo bajo el edificio será reducido al mínimo. En cualquier caso, al menos deberán tenerse dos conexiones de tierra en las extremidades opuestas de la estructura.

2. Zona de protección

La zona de protección de una punta pararrayos de material conductor se toma convencionalmente como el espacio limitado por un cono, el cual tiene el vértice en la parte más alta de la punta y cuyo radio en base guarda una relación con su altura.

De acuerdo a la importancia de cada caso el radio se considerará en relación con la altura como a continuación se indica:

CASOS CON ALTO RIESGO: $R = \frac{H}{2}$

CASOS CON RIESGO MEDIO: $R = H$

CASOS CON POCO RIESGO: $R = 2H$

donde R es igual a RADIO y H igual a ALTURA.

3. Interconexión del sistema de pararrayos con el sistema general de tierras

a) En las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (Ed. 1981 Sección 206.50) se indica que los conductores y electrodos del sistema de pararrayos de edificios y equipos eléctricos deben tener su propio sistema de tierras, pero también se recomienda interconectar los electrodos de diferentes sistemas de tierra de una misma instalación. Lo anterior es con el fin de mante-

ner a un mismo potencial los diferentes electrodos.

b) En la Sección 206.48 de las Normas mencionadas se indica que cuando se emplean sistemas de electrodos de tierra para distintos fines, como los de circuitos de comunicación, pararrayos de edificios, etc., cada electrodo de un sistema debe distar por lo menos 1.8 mts. de los electrodos de los otros sistemas.

4. Colocación de puntas de pararrayos

Se colocarán puntas de pararrayos en los techos de las estructuras con una separación de 7.5 mts. en las orillas y 15 mts. entre ramales interiores. Las puntas se conectarán entre sí con cable de cobre suave, tipo A, Clase II y del calibre No. 2/0 AWG, formando anillos que se conectan al sistema de tierras (ver inciso C. III. a de este capítulo).

Los conductores se fijarán sólidamente al edificio o estructura, de tal manera que, donde sean colocados no se vean afectados por la corrosión. La separación de los soportes no deberá ser mayor de 1.2 mts. para conductores verticales y de 2 mts. para conductores horizontales.

C A P I T U L O V

SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

- A) CONSIDERACIONES GENERALES
- B) SELECCION DE UNIDADES
- C) METODOS EMPLEADOS PARA
CALCULO

C A P I T U L O V

SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

A) CONSIDERACIONES GENERALES

El sistema de alumbrado y contactos al igual que los otros sistemas tratados anteriormente son de gran importancia, por lo que en este Capitulo trataremos los lineamientos básicos para que este sistema sea lo más adecuado posible a este tipo de plantas industriales, por lo que es necesario fijar las características más importantes de este sistema, las cuales son las siguientes:

1. Nivel de iluminación

Los niveles de iluminación se pueden obtener de la S.M.I.I. (Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación), los cuales estan dados de acuerdo al tipo de actividad que se va a realizar en un determinado lugar.

2. Tipo de iluminación

- a) Incandescente
- b) Fluorescente
- c) Vapor de Mercurio
- d) Vapor de Sodio

3. Tensión de operación

4. Clasificación de áreas

La clasificación de áreas deberá estar de acuerdo con la sección 501 de las N.T.I.E.-81.

B) SELECCION DE UNIDADES

Para seleccionar adecuadamente las unidades de alumbrado es necesario conocer los tipos de lámparas que existen así como algunas características más importantes de éstas. A continuación describimos las ventajas y desventajas de éstas.

1. Lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes producen la luz mediante el paso de una corriente eléctrica a través de un filamento calentado hasta el rojo blanco, emitiendo a esta temperatura radiaciones comprendidas dentro del espectro visible. Estas lámparas se componen de un filamento de tungsteno que alcanza una temperatura menor a 365°K , que es la fusión de este elemento y que varía según la potencia de la lámpara. La temperatura del filamento se puede aumentar para tener una mayor emisión de luz mejorando el color, pero se reduce la vida útil de la lámpara.

Aproximadamente el 7% de su rendimiento es en forma de energía visible (luz), el resto son radiaciones infrarrojas (calor). Por ejemplo, una lámpara incandescente de 300 W produce aproximadamente 19 lúmenes por Watt consumido.

Los principales inconvenientes de las lámparas incan-

descuentes son: una vida corta y una baja eficiencia. Sin embargo existen ventajas que las compensan y que hacen que sea posible su uso y son las siguientes:

- a) Tamaño compacto
- b) Bajo costo inicial
- c) La temperatura circundante no afecta su funcionamiento
- d) No requiere de dispositivos de arranque
- e) Color cálido
- f) Control de flujo luminoso en una gran variedad de distribuciones luminosas
- g) Opera con corriente directa o en corriente alterna.

Este tipo de lámpara es generalmente de uso doméstico, ya que se adapta fácilmente a la arquitectura moderna, se emplea también en lugares donde el color es muy importante.

Dentro de este mismo grupo tenemos las lámparas de yodo cuarzo las cuales en los últimos años han tenido un gran avance y cuyo principio de operación es el ciclo de Regeneración yodo-tungsteno mediante el cual se puede lograr una mayor vida útil así como también un flujo luminoso constante. Sus usos generalmente son en áreas exteriores y recreativas.

2. Lámparas de descarga

De los dos tipos de descarga eléctrica más usuales, fluorescente y vapor de mercurio, el primero ha llegado

a ser el más usual en la iluminación comercial e institucional y el segundo en la iluminación industrial y exterior.

a) En las lámparas de descarga, la luz se produce mediante el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o de un gas. Cuando se aplica un voltaje apropiado a las terminales de una lámpara fluorescente, los vapores gaseosos dentro del tubo emiten radiaciones ultra-violeta. Estos invisibles y nocivos rayos son convertidos en luz visible al pasar a través de los polvos fluorescentes en la superficie interna de los tubos.

Los principales inconvenientes de esta lámpara son: su tamaño físico en relación con su potencia (una lámpara de 1.22 m. consume 40 Watts), la necesidad de un reactor que le proporcione una corriente y un voltaje adecuado de operación y una gran reducción de su flujo luminoso debido a bajas temperaturas. Estos factores adversos están compensados por las siguientes ventajas:

- Alta eficiencia luminosa, más de 67 lúmenes por Watt.
- Producción de buenos colores.
- Vida más larga, aproximadamente 12 000 horas en comparación con los 750 a 1 000 de las lámparas incandescentes.

b) El otro tipo de lámpara de descarga gaseosa es la de vapor de mercurio de alta intensidad. Esta genera la luz, directamente de la luminosidad producida por

el arco eléctrico. Esta lámpara tiene una emisión de la luz característica azul-verde. Su calidad en color ha sido mejorada para igualar a las demás lámparas fluorescentes por acción de fluorescencia parcial por medio de polvos fluorescentes en la superficie interna del bulbo de vidrio.

Sus características la hacen una fuente ideal para gimnasios, campos deportivos, instalaciones industriales y en general en áreas exteriores. Además de necesitar un reactor, otro inconveniente de las lámparas de vapor de mercurio es el tiempo de encendido, ya que una vez que se le aplica la corriente, se 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.

Estos inconvenientes son de poca importancia.

En lugares donde las lámparas están en uso constante durante un tiempo determinado como en fábricas.

Sus principales ventajas son las siguientes:

- Larga vida económica, más de 16 000 horas con muy baja depreciación.
- Fuente luminosa concentrada que facilita un control preciso de los rayos luminosos.
- Alta eficiencia luminosa, más de 80 lúmenes por Watt.
- El flujo luminoso no se afecta por los cambios de temperatura.
- Más robusta que las lámparas incandescentes y fluorescentes lo cual permite que se empleen en traba-

jos rudos.

Otros de los factores que se deben tomar en cuenta para la selección de las lámparas son los siguientes: economía en la operación, facilidad de obtención del repuesto, facilidad de manejo y almacenamiento, etc.

En nuestro caso particular se emplearon los siguientes dos tipos de luminarias: fluorescentes y vapor de mercurio.

C) METODOS EMPLEADOS PARA CALCULO

1. Método de lúmenes

Este método se emplea únicamente en interiores y consiste en determinar la cantidad de luminarias necesarias para un nivel de iluminación determinado, el cual se reduce básicamente a aplicar la siguiente fórmula:

$$N.L. = \frac{(N.I.) A}{(F.L./L) (N.L./L) (F.M.) (C.U.)}$$

donde:

- N.L. = Número de Luminarias necesarias.
- N.I. = Nivel de Iluminación requerido (Luxes).
- A. = Área del Local.
- F.L./L. = Flujo Luminoso por cada Lámpara (Inf. del fabricante).
- N.L./L. = Número de Luminarias por Lámpara.
- F.M. = Factor de Mantenimiento.
- C.U. = Coeficiente de Utilización.

a) Factor de mantenimiento.

Este factor toma en cuenta el hecho de que la

cantidad de luz porporcionada por la luminaria se reduce a través del tiempo que se tiene en servicio.

Existen dos razones: la primera se debe a la acumulación de polvo en el lente del reflector, que varía con las condiciones de la atmósfera en la cual se encuentran instaladas las luminarias.

La segunda razón es la reducción del flujo luminoso de las lámparas a medida que transcurre la vida útil, en algunas lámparas es muy lentamente mientras que en otras se produce más rápidamente.

Los siguientes son valores promedio que se sugieren con base a pruebas de laboratorio y a la práctica:

0.60
0.65
-0.70

b) Coeficiente de Utilización. El coeficiente de utilización se define como la relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el total generado por la fuente.

Para determinar el coeficiente de utilización se necesita calcular el índice del local mediante la siguiente expresión:

$$\text{INDICE DEL LOCAL} = \frac{(\text{LARGO}) (\text{ANCHO})}{(\text{ALT.DE MONTAJE}) (\text{LARGO} + \text{ANCHO})}$$

el cual esta identificado como se muestra a continuación:

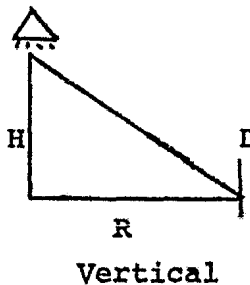
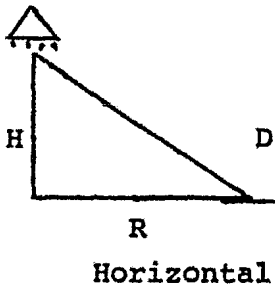
J	Menos de	0.7
I	de 0.7 a	0.9

H	de	0.9	a	1.12
G	de	0.12	a	1.38
F	de	1.38	a	1.75
E	de	1.75	a	2.25
D	de	2.25	a	2.75
C	de	2.75	a	3.5
B	de	3.5	a	4.5
A	más	de		4.5

Finalmente determinado el índice del local y con los datos fotométricos del fabricante podemos obtener el coeficiente de utilización, así como también el número de luminarias requerido.

2. Método de punto por punto

Cuando se dispone de la curva de distribución de la fuente y la mayor dimensión de ésta no es superior a un quinto aproximadamente de la distancia entre la fuente y la zona estudiada, pueden usarse para determinar la iluminación sobre superficies horizontales o verticales las siguientes fórmulas y datos:



$$\text{Lux} = \frac{\text{Potencia en candelas} \times \cos.}{\text{distancia al cuadrado}}$$

$$\text{Lux} = \frac{\text{Potencia en candelas} \times \text{sen.}}{\text{distancia al cuadrado}}$$

como $\text{sen. } \theta = \frac{R}{D}$ y $\text{cos. } \theta = \frac{H}{D}$ las fórmulas

anteriores pueden escribirse así:

$$\begin{aligned} \text{Plano Horizontal} &= \frac{\text{Candelas x H}}{D^3} = \\ &= \frac{\text{Candelas x cos.}^3 \theta}{H^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plano Vertical} &= \frac{\text{Candelas x R}}{D^3} = \\ &= \frac{\text{Candelas x cos.}^2 \theta \text{ x sen. } \theta}{H^2} \end{aligned}$$

C A P I T U L O V I

CONEXION DE INSTRUMENTOS

- A) INTRODUCCION
- B) BREVE HISTORIA DE LA INSTRUMENTACION
- C) SELECCION DEL TIPO DE INSTRUMENTACION
- D) VARIABLES QUE DEBEN SER CONTROLADAS
- E) CLASIFICACION DE INSTRUMENTOS
- F) ALIMENTACION A INSTRUMENTOS
- G) CONEXION DE INSTRUMENTOS

C A P I T U L O V I

CONEXION DE INSTRUMENTOS

A) INTRODUCCION

La instrumentación es un factor importante en la operación de la industria actual, ya que contribuye a que las plantas operen con mayor productividad, a menor costo y con mínimo esfuerzo humano. Debido al creciente grado de automatización que están sufriendo las industrias, no tanto para sustituir la mano de obra sino para satisfacer las necesidades de exactitud y complejidad de los métodos de control requeridos en los procesos modernos, ha exigido y propiciado el desarrollo de la instrumentación industrial. En forma general y tomando en cuenta los avances tecnológicos modernos podemos definir a la instrumentación como:

"El conjunto de conocimientos y actividades, cuyo objetivo es la medición, transmisión, procesamiento o control de variables (características físicas o químicas de un sistema) o de señales, dentro de límites perfectamente establecidos."

B) BREVE HISTORIA DE LA INSTRUMENTACION

A fines del siglo pasado la primera revolución industrial se caracterizó por la sustitución del hombre por má-

quinas motrices o lo que llamamos mecanización. La instrumentación va un poco más allá, pues no sólo se ha introducido en la mecanización sino también en el desempeño de tareas mucho más relevantes.

Un instrumento es capaz de observar el resultado de un trabajo, es decir, de supervisarlo en forma continua y permanente; dicho instrumento puede estar provisto de los dispositivos necesarios para informar, registrar y aún regular que el trabajo al que ha sido aplicado se realice en óptimas condiciones.

C) SELECCION DEL TIPO DE INSTRUMENTACION

Partiendo de la disponibilidad del mercado y considerando la única alternativa de usar instrumentación neumática o electrónica, surge como consecuencia tener presente el factor económico que será definitivo en la selección del tipo de instrumentación.

D) VARIABLES QUE DEBEN SER CONTROLADAS

Estas son:

- Presión
- Temperatura
- Flujo
- Nivel
- Densidad
- Humedad
- Velocidad
- Viscosidad

E) CLASIFICACION DE INSTRUMENTOS

Básicamente los instrumentos se dividen en aquellos que miden cantidades eléctricas y en los que miden cantidades mecánicas de la siguiente manera:

Instrumentos mecánicos:

- Medida de temperatura
- Medida de presión
- Medida de gasto
- Medida de velocidad
- Registradores de nivel
- Calímetros para vapor y combustible

Instrumentos eléctricos:

- Ampérmetros
- Voltímetros
- Frecuencímetros
- Wattímetros

F) ALIMENTACION A INSTRUMENTOS

Debido a la importancia que tienen los instrumentos, se alimentan mediante un sistema ininterrumpido para lo cual debe contarse con un banco de baterías, un cargador de baterías y otros equipos auxiliares.

El cable para alimentar instrumentos a 120 V, controles de instrumentos, válvulas operadoras con solenoide y alambrado de alarmas, deberán tener las características siguientes:

- Indicación de si es alambre o cable
- Voltaje de operación

- Tipo de aislamiento
- Calibre

G) CONEXION DE INSTRUMENTOS

El diseño de la conexión de instrumentos es elaborado por el Departamento de Instrumentación. Las rutas de los conductores se trazan aprovechando las trayectorias de camas o conduits diseñados por el Departamento de Ingeniería Eléctrica, tomando en cuenta que las señales de baja tensión, electrónicas y de termopares deben seguir una ruta separada de otros sistemas de conexión. Esto se debe principalmente al campo magnético producido por la circulación de corriente que puede, en un momento dado, distorsionar las señales de bajo voltaje.

Se utilizan cables multiconductores con una longitud considerable, entre el cuarto de control y los instrumentos. Para ello se colocan cajas de conexiones provistas de tablas terminales para de ahí conectar cada dispositivo por medio de cable de dos conductores.

Para señales de baja tensión y alambrado de control de componentes interconectados de sistemas electrónicos, el alambrado deberá efectuarse mediante dos conductores # 20 AWG o un multiconductor con hilos del mismo calibre.

C A P I T U L O V I I

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL PROYECTO

- A) REVISION DE LOS PLANOS DEL PROVEEDOR
- B) REVISION DE LOS PLANOS DE OTROS
DEPARTAMENTOS
- C) SUPERVISION DE COMPRAS
- D) VISITA A OBRAS
- E) TRAMITES PARA LA OBTENCION DEL SUMI-
NISTRO DE ENERGIA ELECTRICA

C A P I T U L O V I I

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL PROYECTO

A) REVISION DE LOS PLANOS DEL PROVEEDOR

El objetivo principal de esta revisión es analizar y comparar las características técnicas que ofrecen los diferentes proveedores. Los planos son enviados a todos los departamentos que intervienen directamente en el proyecto, señalando en la revisión todas las características que no satisfacen los requerimientos exigidos.

B) REVISION DE LOS PLANOS DE OTROS DEPARTAMENTOS

Esta revisión tiene como objetivo coordinar el trabajo con todos los departamentos para evitar, en lo posible, las interferencias que se presentan y que en un momento dado pueden ocasionar problemas serios.

C) SUPERVISION DE COMPRAS

Esta actividad consiste en analizar las características técnicas, costos y tiempo de entrega de los equipos, datos que deberán ser proporcionados por los diversos proveedores seleccionados.

D) VISITA A OBRAS

Generalmente se realizan estas visitas para verificar que la construcción esté de acuerdo con el diseño de los

planos. En algunas ocasiones también se efectúan cuando se presenta alguna interferencia con el equipo o, cuando se requiere hacer funcionar un equipo en particular.

E) TRAMITES PARA LA OBTENCION DEL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA

Existe una serie de aspectos legales que deben ser tomados en consideración, ya que es indispensable su adecuada realización y secuencia para la obtención oportuna del suministro de energía eléctrica. Básicamente se pueden anotar estos aspectos, respetando el orden en la lista de actividades que se muestra a continuación:

1. Elaboración del proyecto eléctrico.
2. Notificación a C.F.E. para generar solicitud de presupuesto (S.P.).
3. Solicitud de análisis de proyecto a SEMIP.
4. Obtención de aprobación de proyecto.
5. Ejecución de la obra física.
6. Obtención de "visto bueno" de SEMIP.
7. Formulación del contrato con la Compañía de Luz y Fuerza o con C.F.E.

El punto No. 1 se refiere a la elaboración del proyecto eléctrico, tema que se desarrolla en esta tesis. Cabe aclarar que este proyecto deberá estar avalado por un perito registrado ante las Autoridades correspondientes (actualmente ante la SEMIP, Dirección General de Energía, Subdirección General de Electricidad). Con respecto a la notificación de la carga total que resulte en el proyecto, deberá

hacerse ante la C.F.E. Esto es importante ya que genera la solicitud de presupuesto con la que esta dependencia realiza los estudios correspondientes para estar en posibilidad de abastecer de energía a dicha carga y poder así preparar y presentar el presupuesto de los trabajos que resulten necesarios mismo que deberá ser liquidado por el usuario para que éstos sean efectuados.

Al mismo tiempo que el punto anterior, debe considerarse la disposición en el sentido de que el proyecto ya concluido deberá ser sometido a revisión ante la Subdirección General de Electricidad, quien verificará que el proyecto en cuestión cumpla con todo lo establecido por las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas y en caso que así sea, dará la aprobación correspondiente.

Posteriormente, se ejecuta físicamente la obra que deberá ser avalada igualmente por un perito responsable y, al final de la cual, será preciso solicitar una visita de inspección a la misma Subdirección General de Electricidad. Esta, otorgará después de verificar su procedencia, un "Visto Bueno" conteniendo los datos de carga conectada, el que permitirá dado su carácter oficial, la formulación del contrato con la C.F.E., al que se deberá aplicar un cierto factor de demanda, con relación a la carga conectada.

Debe hacerse notar la importancia del cumplimiento oportuno de los requisitos, en virtud de que de ello dependerá el disponer en el momento preciso del elemento indispensable para la operación de toda nuestra instalación, como lo es, la energía eléctrica.

CONCLUSIONES

C O N C L U S I O N E S

Analizando cada uno de los capítulos las conclusiones a que llegamos son las siguientes:

1. La descripción del proceso es somera debido a que sólo se pretende dar una breve ilustración que permita comprender el funcionamiento de una planta de este tipo.
2. El sistema de distribución seleccionado es el más adecuado para este tipo de planta, pues con él la inversión se mantiene al mínimo y tiene excelente récord de servicio continuo.

Podemos considerar que la continuidad de servicio se garantiza en base a la selección de equipos apropiados, los cuales se adquieren de acuerdo a especificaciones particulares que cumplen con las normas y prácticas de fabricación ampliamente reconocidas.

3. Es importante tomar en cuenta que los sistemas de tierras y pararrayos son una labor delicada tanto en proyecto como en instalación. Por ello es recomendable que estos trabajos sean desarrollados por expertos con conocimientos en la reglamentación existente. En estos aspectos desgraciadamente en nuestro país no contamos con una reglamentación específica, sin embargo, existe

una interesante fuente de información en las disposiciones de las normas IEEE-80, UL96A de Underwriters Laboratories Inc. y en el Lightning Protection Code de National Fire Protection Association (NFPA No. 78).

4. En lo que respecta al sistema de alumbrado y contactos, los métodos empleados para cálculo del nivel de iluminación son los más prácticos y dan resultados muy aproximados comparados con otros métodos más laboriosos.
5. En cuanto a la instrumentación se ha visto que la electrónica tiende a sustituir a la neumática. Sin embargo, debido al poco personal capacitado a la fecha esta planta se diseñó con instrumentación neumática.
6. Finalmente podemos decir que al proyectar el sistema es necesario considerar la seguridad, los requisitos de la carga, el costo, las fuentes de energía, la selección del voltaje, los relevadores, la conexión a tierra, el arreglo de los circuitos, los regímenes del equipo, los conductores, la disponibilidad de equipo en el mercado, la corriente de corto circuito, las actividades complementarias del proyecto, la operación, conservación y el personal requerido. Cada uno está relacionado con el otro y cada uno afecta al sistema completo, no puede omitirse uno sin que sufran todos los otros.

De todo lo anteriormente expuesto podemos afirmar que este trabajo cumple con su objetivo, ya que la presente es

una información para todas las personas que se dediquen a este tipo de actividad en su vida profesional.

* * *

B I B L I O G R A F I A

- Beeman, Donald
Industrial Power Systems Handbook
Primera Edición McGraw-Hill Book Company, Inc.
1955
- CONDUMEX, S.A.
Publicación Técnica CX-165
Edición 1976
- General Electric, S.A.
Publicación GEA-7139A
Modo de Proyectar un buen Sistema de Distribu-
ción en una Industria
- General Electric, S.A.
Publicación No. IGE-6058-S
- Institute of Electrical and Electronics Engineers
Publicación 80 STD.
Edición 1976 -
- Institute of Electrical and Electronics Engineers
Publicación 242 STD 41
Edición 1976
- National Fire Protection Association
Lightning Protection Code
Edición 1977
- National Fire Protection Association
National Electrical Code
Edición 1981
- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial
Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas
Edición 1981
- System Engineering Apparatus Distribution Sales
Division GE.
Publicación GED-3550B
Short Circuit Current Calculation or Industrial
and Commercial Power System

T. Morse, Frederick
Centrales Eléctricas
Traducción de la tercera edición
Feb. 1980
Editorial C.E.C.S.A.

Westinghouse
Manual del Alumbrado
Tercera edición
1980
Editorial Dossat, S.A.