
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



28² Ene.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROYECTO Y MONTAJE DE UNA SUBESTACION ELECTRICA
DE MEDIANA TENSION DE 80 MVA A 69/23 KV.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A
JESUS MARTIN PADILLA LUEVANO

GUADALAJARA, JAL. JUNIO DE 1987



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 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.

I N D I C E

	Pag.
Introducción y Generalidades	1
CAPITULO 1	
Selección de los transformadores	6
CAPITULO 2	
Protecciones, Equipo de Medición y Tablero	15
CAPITULO 3	
Proyecto Mecánico	47
CAPITULO 4	
Proyecto Civil	54
CAPITULO 5	
Ruta Crítica	62
CAPITULO 6	
Presupuesto	75
Conclusiones y Recomendaciones	84
Bibliografía	89

INTRODUCCION

Y

GENERALIDADES

En la actualidad el desarrollo de fuentes de energía para efectuar trabajos útiles es la clave para el progreso industrial y esencial para el mejoramiento continuo del nivel de vida de las gentes.

La red eléctrica es un elemento para convertir y transportar energía y desempeña un papel importante en la solución de este problema.

En el proceso de generación-consumo de energía eléctrica se puede observar que se emplean diferentes tensiones, desde la generación, transmisión, distribución y tensión de consumo.

Las estaciones transformadores y de distribución se conocen como subestaciones.

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos que sirven para transformar las características de la energía eléctrica (voltaje, corriente), o bien para transformar la energía de corriente alterna a corriente directa.

Clasificación de las subestaciones eléctricas.

Las subestaciones eléctricas se clasifican como:

1.- Por su operación

- a) De corriente alterna
- b) De corriente directa

2.- Por la función que desempeñan

- a) Elevadoras

- b) Reductoras
- c) De enlace
- d) Rectificadoras

3.- Por su construcción

- a) Tipo intemperie
- b) Tipo interior
- c) Tipo blindada

Elementos principales de una subestación eléctrica.

Los elementos principales de una subestación eléctrica son:

- 1.- Transformadores
- 2.- Interruptores
- 3.- Restauradores
- 4.- Cuchillas fusible
- 5.- Cuchillas desconectadoras
- 6.- Apartarrayos
- 7.- Transformadores de instrumento (potencial y corriente)
- 8.- Red de tierras
- 9.- Tablero de control
- 10.- Estructura
- 11.- Alumbrado

El presente trabajo consiste en el proyecto y montaje de una subestación eléctrica de distribución, localizada en la zona metropolitana de Guadalajara.

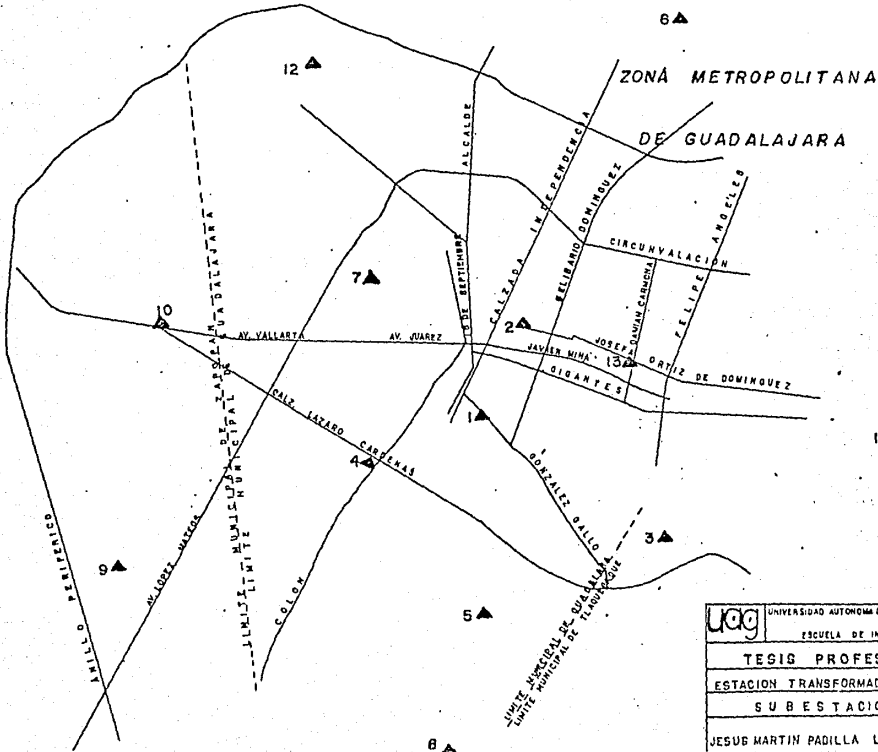
Actualmente hay doce subestaciones de este tipo - dando servicio a la zona metropolitana de Guadalajara, - las cuales son:

- 1 - Agua Azul
- 2 - Alameda
- 3 - Alamos
- 4 - Fresno
- 5 - Higuierillas
- 6 - Huentitán.
- 7 - México
- 8 - Pintas
- 9 - Sol
- 10 - Térmica Zapopan
- 11 - Zalatitisán
- 12 - Zoquipan
- 13 - Penal

El propósito de esta nueva subestación localizada en la esquina de las calles Josefa Ortiz de Domínguez y Damián Carmona en el Sector Libertad al oriente de la -- ciudad, es absorber el incremento de demanda en esta zona, así como restarles carga a las subestaciones Alamos, Huentitán y Zalatitisán que a su vez podrán dar servicio a nuevas cargas.

A continuación presentaré un plano de la zona metropolitana de Guadalajara, con la localización de las - subestaciones, así como la subestación penal que es a la que me refiero.

ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA



UAG	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
	ESCUELA DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	ESTACION TRANSFORMADORA BOMVA
	SUBESTACIONES
JESUS MARTIN PADILLA LUEVANO	

CAPITULO I

SELECCION DE LOS TRANSFORMADORES

En una subestación eléctrica el elemento principal es el transformador o transformadores, por lo que se deben tomar en cuenta algunas consideraciones que ayuden a seleccionar adecuadamente la capacidad de los transformadores a instalar.

La capacidad de los transformadores en el presente trabajo fue determinada en base a un estudio realizado por el departamento de microplaneación de la Comisión Federal de Electricidad, División Jalisco.

Las consideraciones que se han tomado en cuenta para determinar la capacidad de la subestación son las siguientes:

- 1.- Carga instalada
- 2.- Demanda
- 3.- Densidad de carga
- 4.- Demanda máxima
- 5.- Factor de carga
- 6.- Factor de demanda
- 7.- Factor de diversidad
- 8.- Factor de simultaneidad

Carga Instalada.- Es la suma de las potencias de los equipos instalados en determina área. Se expresa en KVA.

Demanda.- Es la potencia que consume la carga, medida en intervalos de tiempo y expresada en KW o KVA a un factor de potencia determinado.

Densidad de Carga.- Es el cociente de la carga -

instalada y el área de la instalación considerada, se expresa en KVA/m².

Demanda máxima.- Es la máxima demanda que se tiene en una instalación o en un sistema durante un período de tiempo especificado por lo general en horas.

Factor de carga.- En la mayoría de los casos la carga no es constante durante un período de tiempo especificado, considerado como representativo, ya que por ejemplo, en las instalaciones industriales la demanda de energía eléctrica puede variar de acuerdo con el volumen de producción que se tenga de manera que resulte conveniente definir lo que se conoce como el factor de carga como:

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{valor promedio anual de la carga}}{\text{máximo valor de la carga en un período considerado).}$$

Factor de demanda.- Es el cociente de la demanda máxima en un sistema y la carga instalada en el mismo.

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

Factor de diversidad.- Es el cociente de la suma de las demandas máximas individuales en las distintas partes de un sistema o la instalación y la demanda máxima del sistema o instalación.

$$\text{Factor de diversidad} = \frac{\text{Suma de las demandas máximas individuales}}{\text{demanda máxima del sistema}}$$

Factor de simultaneidad.- Es una cantidad menor

o igual a la unidad, y se obtiene como el recíproco factor de diversidad.

$$\text{Factor de simultaneidad} = \frac{1}{\text{Factor de diversidad}}$$

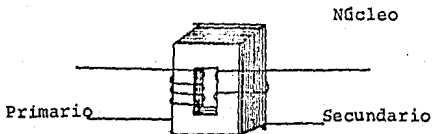
TRANSFORMADORES

A continuación se dará una definición elemental de un transformador.

Un transformador es un dispositivo que:

Transfiere energía de un circuito a otro sin cambio de frecuencia, lo hace bajo el principio de inducción electromagnética y tiene circuitos eléctricos aislados entre sí que son eslabonados por un circuito magnético común.

En la figura se ilustra el esquema de un transformador sencillo en el cual dos bobinas están eslabonadas por un núcleo magnético laminado; la bobina conectada a la alimentación se llama primaria y la bobina en la cual se induce un voltaje por el principio de inducción y que alimenta la carga se llama secundaria.



DESCRIPCION DE LA CONSTRUCCION DE UN TRANSFORMADOR

Las principales partes que constituyen un transformador son:

- Núcleo magnético
- Bobinados primario, secundario, terciario, etc.
- Tanque, recipiente o cubierta
- Boquillas terminales
- Medio refrigerante
- Conmutadores y auxiliares
- Indicadores

Los transformadores por el número de fases pueden ser monofásicos o trifásicos.

Por el tipo de núcleo:

- a) Núcleo tipo columna
- b) Núcleo tipo acorazado

Por su forma de enfriamiento:

- a) Tipo OA
- b) Tipo OA/FA
- c) Tipo OA/FA/FA
- d) Tipo FOA
- e) Tipo OW
- f) Tipo AA
- g) Tipo AFA

a) Tipo OA.- Es un transformador enfriado por aceite. El transformador se encuentra adentro de un recipiente (tanque que contiene aceite). El aceite desem-

peña la función de refrigerante, pero también debe ser buen aislante.

El calor se transmite del transformador al aceite, del aceite al tanque, y el tanque lo disipa por contacto con el aire.

b) Tipo OA/FA.- El transformador con enfriamiento OA/FA es básicamente un transformador tipo OA de mayor capacidad que tiene más pérdidas y requiere mayor disipación de calor, por lo cual al transformador OA se añaden ventiladores para que exista circulación de aire y disipe el calor con más facilidad.

c) Tipo OA/FA/FA.- El transformador con enfriamiento OA/FA/FA es básicamente un transformador OA/FA, pero como este tipo de transformador es de gran potencia requiere una disipación aún mayor por lo que tiene dos pasos de ventiladores.

d) Tipo FOA.- Este transformador es básicamente un OA con adición de bombas externas para la circulación de aceite.

El aceite se extrae del transformador de la parte superior y se introduce en la parte inferior. Al extraer se se pone en contacto con el aire frío o cualquier otro medio extrayéndole el calor.

e) Tipo OW.- Este transformador está enfriado por aceite y agua que circula en serpentines o en tubos concéntricos a los de aceite. El calor del aceite se transmite al agua, y ella se encarga de disiparlo.

f) Tipo AA.- Este es un transformador de tipo seco. Se fabrica para tensiones relativamente bajas y capacidades no mayores de 10 KVA.

g) Tipo AFA.- Este transformador también es del tipo seco, pero a diferencia del anterior puede trabajar en lugares donde se tengan temperaturas superiores a las normales. Entonces para disipar el calor se añaden ventiladores.

ESPECIFICACIONES QUE SE DEBEN CONOCER PARA LA SELECCION DE UN TRANSFORMADOR.

Las características más importantes que se deben conocer en la selección de un transformador son las siguientes:

- Capacidad en KVA
- Tensiones del primario y secundario
- Número de fases
- Conexión del primario y secundario
- Frecuencia de operación
- Localización de las boquillas
- Tipo de tanque
- Ganchos de sujeción
- Tipo de montaje

Se seleccionaron transformadores trifásicos, ya que éstos presentan algunas ventajas sobre un banco de transformadores monofásicos.

Algunas de estas ventajas son:

- Resulta más económico instalar un transformador trifásico que tres transformadores monofásicos.

- Un banco de transformadores monofásicos en conexión trifásica ocupa más espacio que un transformador trifásico.

ESPECIFICACIONES DE LOS TRANSFORMADORES UTILIZADOS EN LA SUBESTACION.

Los transformadores utilizados en la subestación tienen una capacidad de 24/32/40-OA/FA/FA, MVA cada uno, con una tensión en el primario de 69 KV y una tensión en el secundario de 23 KV; son transformadores trifásicos con una conexión Delta en el primario y estrella en el secundario.

La frecuencia de operación es de 60 Hz.

Las boquillas están localizadas en la parte superior-posterior las del primario, y en la superior-anterior las del secundario. Estas boquillas cuentan con transformadores de corriente de relación múltiple tanto las de alta como las de baja tensión.

La subestación penal tendrá una capacidad final - de 80 MVA, ya que contará con dos transformadores del tipo 24/32/40-OA/FA/FA que distribuirán la energía en ocho circuitos de 3 MVA cada uno.

Inicialmente se pondrá en operación un transformador con cuatro circuitos de 8 MVA cada uno, y estará programada para que en un lapso de dos años entre en servicio el segundo transformador con otros cuatro circuitos de 8 MVA cada uno.

Como se observará, la capacidad de la subestación es mayor que la carga por alimentar dado que se pretende que la subestación proporcione 40 MVA, de suerte que se tenga una capacidad de reserva en caso de falla de uno - de los dos transformadores; absorbiendo el resto de la - carga con subestaciones alternas.

CAPITULO 2

PROTECCIONES, EQUIPO DE MEDICION Y TABLERO

PROTECCIONES.

Para seleccionar adecuadamente las protecciones , es de gran ayuda conocer las corrientes que pudieran presentarse en caso de falla del sistema. Por esta razón - presentaré un estudio de las fallas que se presentan. - Dichas fallas son:

- Falla Trifásica Simétrica
- Falla Simple línea-tierra
- Falla línea-línea
- Falla Doble línea a tierra

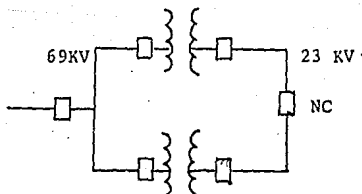
Se considerarán los transformadores trabajando en paralelo, por ser la situación más crítica ya que la impedancia se reduce a la mitad y la corriente de falla - consecuentemente será mayor.

Las consideraciones tomadas en el estudio son las siguientes:

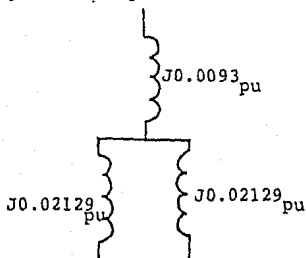
VALORES BASE

10 MVA	Para todo el sistema
69 KV	Barra A
23 KV	Barra B
1066.8 MVA	Potencia de corto circuito, 3 \emptyset
10.14 Ω	Impedancia del transformador a 32 KVA.

En la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar del sistema.



El diagrama anterior se transforma en su correspondiente diagrama de impedancias.



Los valores mostrados en la figura anterior, se obtuvieron de la siguiente manera:

$$I_{\text{corto circuito}} = \frac{\text{MVA corto circuito}}{\sqrt{3} (69) (10^{-3})}$$

$$I_{cc} = \frac{1066.8}{\sqrt{3} (69 \times 10^{-3})} = 8926.33 \text{ A.}$$

$$X_{TH} = \frac{(KV/\sqrt{3}) \times 1000}{I_{cc}}$$

$$X_{TH} = \frac{(69/\sqrt{3}) (1000)}{8926.33} = J 4.4628$$

$$Z_{\text{base}} = \frac{(69)^2}{10} = 476.1$$

$$X_{pu} = \frac{\text{Impedancia Real } \Omega}{\text{Impedancia base } \Omega}$$

$$X_{pu} = \frac{4.4628}{476.1} = j 0.0093_{pu}$$

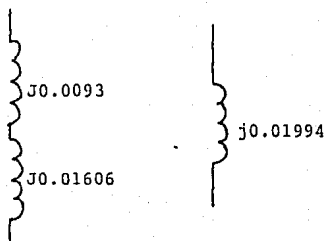
O bien como los KV_{base} son los KV nominales:

$$X_{pu} = \frac{MVA_{base}}{MVA_{cc}} = \frac{10}{1066.8} = j 0.0093_{pu}$$

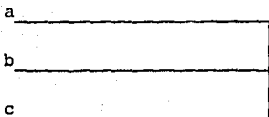
Para los transformadores: $X_{base} = \frac{(69)^2}{10} = 476.1$

$$X_{pu} = \frac{10.14}{476.1} = j0.02129$$

Se obtendrá una impedancia equivalente de los transformadores en paralelo y se representará en el siguiente diagrama.



FALLO TRIFASICO SIMETRICO.

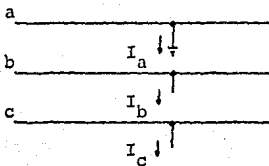


$$I_s = \frac{1}{0.01994} = 50.15$$

$$I_{base} = \frac{KVA \text{ base}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{10\ 000}{(\sqrt{3})(23)} = 251.02$$

$$I_s = (50.15)(251.02) = \underline{12588.7 \text{ A}}$$

FALLA SIMPLE LINEA-TIERRA.



$$I_{a1} = -j16.71$$

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0}$$

como:

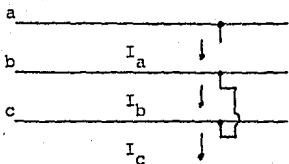
$$I_a = 3I_{a1}$$

$$I_a = -j50.13 \text{ pu}$$

$$I_a = (251.02)(-j50.13)$$

$$I_a = \underline{12588 \text{ A.}}$$

FALLA LINEA-LINEA.



$$I_{a_1} = \frac{1}{(j0.01994) + (j0.01994)}$$

$$I_{a_1} = -j25.075$$

$$I_{a_1} = -I_{a_2}$$

$$I_{a_2} = +j25.075$$

$$I_a = I_{a_1} + I_{a_2} = -j25.075 + j25.075 + 0 = 0$$

$$I_b = a^2 I_{a_1} + a I_{a_2} = (1 \angle 240^\circ) (-j25.075) + (1 \angle 120^\circ) (j25.075)$$

$$I_b = 25.075 \angle 240^\circ - 90^\circ + 25.075 \angle 120^\circ + 90^\circ$$

$$I_b = 25.075 \angle 150^\circ + 25.075 \angle 210^\circ$$

$$I_b = -43.43 \text{ pu.}$$

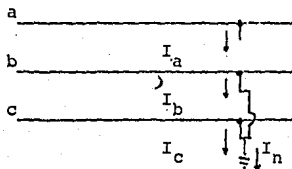
$$I_b = (-43.43)(251.02)$$

$$I_b = -10901.7A$$

$$\text{y como } I_b' = -I_c$$

$$I_c = 10901.7A$$

FALLA DOBLE LINEA-TIERRA.



$$I_{a1} = \frac{1}{0.01994 + \frac{(j0.01994)(j0.01994)}{(j0.01994) + (j0.01994)}}$$

$$I_{a1} = -j33.43$$

$$V_a = E_a - I_a Z$$

$$V_a = 1 + (J33.43)(JO.01994)$$

$$V_{a_1} = 0.333$$

$$I_{a_2} = \frac{-V_a}{Z} = \frac{-0.333}{JO.01994} = J16.7$$

$$I_{a_0} = \frac{-V_a}{Z} = \frac{-0.333}{JO.01994} = J16.7$$

$$I_a = I_{a_0} + I_{a_1} + I_{a_2} = 0$$

$$I_b = a^2 I_a + a I_a + I_a$$

$$I_b = (1 \angle 240^\circ)(-J33.43) + (1 \angle 120^\circ)(J16.7) = J16.7$$

$$I_b = 33.43 \angle 150^\circ + 16.7 \angle 210^\circ + 16.7 \angle 90^\circ$$

$$I_b = 50 \angle -30^\circ$$

$$I_b = \underline{12551 \text{ A}}$$

$$I_c = aI_a + a^2I_a + I_a$$

$$I_c = (1 \angle 120^\circ)(-j33.43) + (1 \angle 240^\circ)(j16.7) = j16.7$$

$$I_c = 33.43 \angle 120^\circ - 90^\circ + 16.7 \angle 240^\circ + 90^\circ + 16.7 \angle 90^\circ$$

$$I_c = 33.43 \angle 30^\circ + 16.7 \angle -30^\circ + 16.7 \angle 90^\circ$$

$$I_c = 50 \angle 30^\circ$$

$$I_c = (50)(251.02)$$

$$I_c = \underline{12551 \text{ A}}$$

De la misma manera se obtuvieron los cálculos de las corrientes de falla, para el lado de alta tensión. - Los resultados fueron los siguientes:

FALLA TRIFASICA SIMETRICA.

$$I_a = \underline{8926 \text{ A}}$$

FALLA DE LINEA-TIERRA

$$I_a = \underline{8926 \text{ A}}$$

FALLA LINEA-LINEA

$$I_a = \underline{0}$$

$$I_b = \underline{7732 \text{ A}}$$

$$I_c = \underline{7732 \text{ A}}$$

FALLA DOBLE LINEA-TIERRA.

$$I_a = \underline{0}$$

$$I_b = \underline{8927.58 \text{ A}}$$

$$I_c = \underline{8927.58 \text{ A}}$$

INTERRUPTORES.

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y reestablecer la continuidad en un circuito eléctrico; dicha interrupción la deben efectuar con carga o corriente de corto circuito.

Los interruptores de grandes capacidades con gran volumen de aceite originan fuertes presiones internas - que en algunas ocasiones pueden provocar explosiones. - Para disminuir estos riesgos se idearon dispositivos -- donde se forman las burbujas de gas, reduciendo las presiones a un volumen menor. Estos dispositivos reciben - el nombre de cámaras de extinción y dentro de estas cámaras se extingue el arco.

El procedimiento de extinción es el siguiente:

1.- Al ocurrir una falla se separan los contactos que se encuentran dentro de la cámara de extinción.

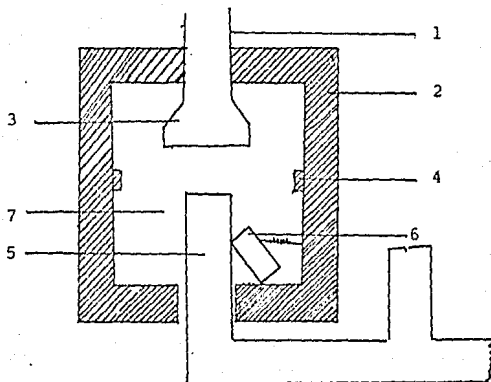
2.- Los gases que se producen tienden a escapar, - pero como se hallan dentro de la cámara que contiene - - aceite, originan una violenta circulación de aceite que extingue el arco.

3.- Cuando el contacto móvil sale de la cámara, - el arco residual se acaba de extinguir, entrando nueva-- mente aceite frío a la cámara.

4.- Cuando los arcos se han extinguido se cierran los elementos de admisión de la cámara.

Los elementos principales de la cámara de extinción son los siguientes:

- 1.- Parte interna de la boquilla que soporta la cámara.
- 2.- Cuerpo de la cámara.
- 3.- Contacto fijo dentro de la cámara.
- 4.- Costillas de refuerzo de la cámara.
- 5.- Contacto móvil.
- 6.- Elemento de cierre de la cámara.
- 7.- Aceite en el interior de la cámara.



CAMARA DE EXTINCION

A continuación se mencionan las especificaciones_ requeridas para los interruptores de potencia en aceite.

CARACTERISTICAS DEL CIRCUITO DE OPERACION. (A.T.)

Voltaje Nominal	69 KV
Frecuencia	60 Hz
Número de fases	3
Conexión a tierra	sólida

CARACTERISTICAS NOMINALES

Voltaje de diseño	69 KV
Voltaje máximo de diseño	72.5 KV
Voltaje mínimo de operación	60 KV
Nivel de aislamiento	350 KV
Corriente nominal	1200 A
Corriente momentánea máxima	12.5 KA
Capacidad interruptiva	12.5 KA
Tiempo de cierre	18 ciclos
Tiempo de interrupción	5 ciclos
Tiempo de cierre automático	30 ciclos
Operaciones cierre apertura con la energía que puede almacenar_ el interruptor	apertura-cierre- apertura.
Medio de interrupción del arco	aceite aislante
Tipo de mecanismo de operacion	Energía almacena_ da en resorte o neumática
Dispositivo de apertura	Bobina paralela
Voltaje circuito de control	125 V. cd
Voltaje circuito de alimentación motores	220 V. ca 3 0

CARACTERISTICAS DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Cantidad	6
Relación	1200/5 A, R.M.
Precisión	10L 400
Localización	Boquillas 1,2,3, 4,5,6.

CARACTERISTICAS DEL CIRCUITO DE OPERACION. (B.T.)

Voltaje nominal	23 KV
Frecuencia	60 Hz
Número de fases	3
Conexión a tierra	sólida

INTERRUPTORES DE BAJA TENSION.

CARACTERISTICAS NOMINALES

Voltaje de diseño	23 KV
Voltaje máximo de diseño	25.8 KV
Voltaje mínimo de operación	12 KV
Nivel de aislamiento	150 KV
Corriente nominal	1200 A
Corriente momentánea máxima	12.5 KA
Capacidad interruptiva	12.5 KA
Tiempo de cierre	20 ciclos
Tiempo de interrupción	5 ciclos
Tiempo de recierre automático	30 ciclos
Operaciones cierre-apertura con la energía que pueda al macenar el interruptor	apertura-cierre- apertura

Medio de interrupción del arco	aceite
Tipo de mecanismo en operación	Energía almacenada en resorte o neumático.
Dispositivo de apertura	Bobina paralelo
Voltaje circuito de control	125 V. cd.
Voltaje circuito alimentación motores	220 V. ca 3 ϕ

CARACTERISTICAS DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Cantidad	6
Relación	1200/5/5 A.R.M.
Precisión	10L 200
Localización	Boquillas 1,2,3, 4,5,6.

CORTACIRCUITOS FUSIBLES DE POTENCIA.

Los cortacircuitos fusibles pueden ser del tipo - distribución y del tipo de potencia; estos últimos son - los que se aplican en este proyecto, son un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos; tienen - dos formas de operación, como cuchilla desconectadora , para lo cual se conecta y desconecta a base de pértiga - normalmente, y como elemento de protección.

Su función en subestaciones de distribución es de proteger transformadores de potencia de hasta 7.5/9.375 MVA a mayor capacidad, se ha normalizado el uso de interruptores de potencia.

En esta subestación los cortacircuitos fusibles - protegerán también al transformador de servicios propios (T.S.P.) y a los transformadores de potencial (TP'S).

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

Las especificaciones de los cortacircuitos fusibles utilizados son básicamente las siguientes:

	TP'S	T.S.P.
- Tensión nominal de operación.	23 KV	23 KV
- Corriente nominal	100 A	100 A
- Corriente de corto circuito simétrica	16 KA	10 KA
- Corriente de corto circuito asimétrica	25 KA	16 KA
- Tipo de montaje	vertical	vertical

CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO FUSIBLE.

	TP'S	T.S.P.
- Corriente nominal	3 KA	1 KA
- Curva característica de operación (tiempo/corriente)	lenta	estándar

APARTARRAYOS.

Es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico, sobretensiones producidas por pérdida de carga al abrirse interruptores por falla.

Este dispositivo se encontrará permanentemente conectado al sistema y operará cuando se presente una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra; el principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de antemano, de acuerdo con la tensión a la que opere.

Se acostumbra instalar los apartarrayos tan cerca como sea posible del equipo que se pretende proteger.

Los apartarrayos por ser dispositivos de porcelana completamente sellados no necesitan ajustes.

La función del apartarrayo no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema.

Los apartarrayos protegen también a las instalaciones contra descargas directas para lo cual tienen un cierto radio de protección. Para dar mayor seguridad a las instalaciones contra descargas directas se instalan en la estructura de la subestación unas varillas conocidas como bayonetas, e hilos de guarda semejantes a los que se colocan en las líneas de transmisión.

La tensión a la que operan los apartarrayos se conoce técnicamente como tensión de cebado del apartarrayo.

TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTO.

Se denominan transformadores para instrumento, los que se emplean para alimentación de equipos de medición, control o protección. Los transformadores para instrumento se clasifican en:

a) Transformadores de corriente

Se conoce como transformador de corriente aquel cuya función principal es cambiar el valor de corriente a otro con el cual se puedan alimentar instrumentos de medición, control o protección, como son amperímetros, wattmetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente, etc.

La capacidad de estos transformadores es muy baja; se determina sumando las capacidades de los instrumentos que se van a alimentar, y pueden ser de 15, 30, 50, 60 y 70 VA; etc.

Es muy importante en cualquier conexión que se hgan conectar correctamente los devanados de acuerdo con sus marcas de polaridad, y siempre conectar el lado secundario a tierra.

b) Transformadores de potencial.

Estos transformadores sirven para alimentar instrumentos de medición, control o protección que requieren señal de voltaje.

Los transformadores de potencial se construyen -- con un devanado primario y otro secundario; su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición que se van a alimentar y -- varían de 15 a 60 VA.

Se construyen para diferentes relaciones de transformación, pero el voltaje en el devanado secundario es normalmente 115 volts. Se conectan en cualquiera de las conexiones trifásicas conocidas, según las necesidades.

El sistema de medición, control y protección opera de la siguiente manera: entre las barras de alta y - baja tensión tenemos la protección diferencial, cuya señal se toma de los transformadores de corriente instalados en los bornes de los interruptores del lado de la línea, tanto en alta como en baja tensión. (NEMA 87).

El funcionamiento del relé diferencial (87) es el siguiente: como la conexión del transformador tiene un - desfaseamiento de 30° por ser delta en el lado de alta y estrella en el lado de baja, para no tener operaciones - del relé diferencial erróneas tenemos que devolver ese -

giro de 30° haciendo la conexión en estrella de los -- transformadores de corriente en el lado de baja tensión.

Teniendo la conexión correcta de los transformadores de corriente se energiza la bobina diferencial del - 87, manteniéndose un potencial cero en la derivación central de esta bobina, siempre y cuando no se presente un desequilibrio en la corriente secundaria de los transformadores de corriente; al existir un desequilibrio en una de estas corrientes secundarias no será cero el potencial de la derivación central de la bobina diferencial, energizándose la bobina de cierre de los contactos del - 87 el cual está conectado a un banco de baterías; al estar cerrado el contacto debido a la corriente diferencial, se energiza la bobina del relevador auxiliar 86, - la cual cerrará los contactos, los que a su vez a través de las terminales de control del interruptor de alta tensión y del interruptor de baja tensión darán la señal de disparo quedando así el transformador desenergizado.

RELEVADOR TERMICO. NEMA (49)

Estos relevadores operan cuando existe un sobrecalentamiento o por el flujo de una sobrecorriente detectada en una de las fases por un transformador de corriente.

RELEVADOR BUCHHOLZ. NEMA (63)

El relevador detector de gases tipo Buchholz tiene como función anunciar con anticipación la proximidadde una falla interna del transformador; dicha falla es - precedida por un daño gradual del aislamiento.

El relevador es intercalado en un tubo de comunicación entre el tanque principal y el tanque conservador ; además, los tubos colectores de gases recogen los gases de diferentes partes del transformador y los descargan en el relevador. Esta protección opera en los siguientes pasos:

- Formación de gases causados por falla interna incipiente del transformador, en cuyo caso manda alarma.

- Formación súbita de gases, ocasionados por falla interna del transformador en cuyo caso manda disparo de los interruptores.

- Descenso excesivo del nivel de aceite en el tanque conservador del transformador en cuyo caso manda disparo de los interruptores.

RELEVADOR DE OPERACION A DISTANCIA. NEMA (21)

Es un dispositivo que funciona cuando el circuito de admitancia, impedancia o reactancia se incrementa o decrece en ciertos límites predeterminados.

RELEVADOR TERMICO. NEMA (26)

Es un dispositivo que funciona cuando la temperatura de operación del transformador excede los límites establecidos.

RELEVADOR MONITOR. NEMA (30)

Es un dispositivo reestablecedor, no automático,-

el cual da una indicación visual del funcionamiento de los dispositivos de protección; además se puede hacer un arreglo para que realice un encadenamiento de funciones.

RELEVADOR DE RECIERRE. NEMA (79)

Es un dispositivo que controla el recierre automático y protege el interruptor del circuito de a-c.

NEMA (43)

Dispositivo de operación manual, para seleccionar el circuito de control del equipo de interrupción.

RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE. NEMA (50), (51), (50N) y (51N).

50 Instantáneo de sobrecorriente.

51 Sobrecorriente de corriente alterna, puede ser de tiempo inverso, muy inverso o extremadamente inverso.

50N Instantáneo de sobrecorriente para falla a tierra.

51N Sobrecorriente de corriente alterna, puede ser de tiempo inverso, muy inverso o extremadamente inverso para falla a tierra.

Estos relevadores pueden ser tanto del tipo electromecánico como del tipo estático.

Los relevadores del tipo estático poseen mejores características que los electromecánicos, debido a que pueden ser trifásicos, tener ajustes para su característica

ca de tiempo (inversos, muy inversos o extremadamente -
inversos). Los rangos de corriente normalmente son
más amplios que los electromecánicos. Otra venta-
ja que presentan estos relevadores es que son de
construcción más compacta.

EQUIPO DE MEDICION Y TABLERO.

Las especificaciones que se toman en cuenta en el diseño, construcción y operación de secciones modulares tipo autosoportadas, las cuales contienen el equipo de control, protección y medición y que sirven para la integración del tablero, deben sujetarse a las reglas y normas más recientes establecidas por USASI (United States of America Standard Institute) y NEMA (National Electric Manufacture Association).

REQUISITOS QUE DEBE SATISFACER EL EQUIPO.

- Instrumentos y medidores de Indicación Instantánea.

Todos los instrumentos indicadores deben ser tipo tablero de carátula, de 114X114 mm. aproximadamente y con escala circular de 270 grados, excepto donde se indique otra cosa.

- Instrumentos y Medidores Térmicos de Demanda.

Los instrumentos y medidores, tales como amperímetros y voltímetros, deberán ser del tipo térmico; los voltímetros se requieren con indicaciones instantánea y de demanda máxima.

Los medidores tales como los watt-horímetros y var-horímetros deberán ser para montaje también en tablero.

- Relevadores

Todos los relevadores de protección deben ser pa-

ra montaje semi-embutido, ser tipo removible y estar pro visto de dispositivos de prueba integrales.

Las cajas deben ser color negro mate. Deben su-- ministrarse junto con ellos todos los aparatos auxilia-- res necesarios.

Todos los relevadores deben tener una bobina de - bandera de conexión en serie.

Los relevadores de bajo voltaje deben operar di-- rectamente sobre los contactos.

Los relevadores auxiliares de disparo de reposi-- ción manual deben ser tipo rotatorio. Los contactos de todos los relevadores auxiliares deben ser fáciles de -- cambiar de tipo "a" a tipo "b" y viceversa y capacidad - continua mínima de 10 ampers.

Debe proveerse una lámpara indicadora, con cubier_ ta blanca y resistencia serie, para supervisión de cada_ circuito de relevadores auxiliares de reposición manual.

- Switches Conmutadores y de Control, Lámparas in_ dicadoras.

Todos los switches y conmutadores de control de-- ben ser de construcción moderna y fuerte, adecuada para_ un servicio pesado.

Deben proveerse los siguientes tipos de manija de operación:

- a) Switches de control de interruptores manija -- tipo pistola.
- b) Switches conmutadores de instrumentos: manija redonda con muescas.
- c) Switches conmutadores para sincronización: una manija común ovalada removible.
- d) Switches de control para reguladores: tipo pistola.
- e) Switches de transferencia de recierre y relevadores maestros de reposición manual: manija ovalada fija.
- f) Switches conmutadores de protecciones primarias: manija tipo pistola de la clase jalar para operar y con chapa o cerradura de llave.

Las lámparas indicadoras deben ser tipo miniatura con resistencia, serie acoplada y de preferencia redondas. En general se usará el color rojo para indicar dispositivo cerrado o energizado, y el color verde para indicar circuito abierto o sin energía. La lámpara roja debe quedar al lado derecho; la verde a la izquierda.

- Cuadro de alarmas.

En general los anunciadores serán del tipo de señal luminosa fija y en algunos casos si así se especifica, audible.

Los cuadros de alarmas deberán ser para montaje semi-embutido con conexiones por la parte posterior, con los relevadores auxiliares montados en el mismo gabinete.

te; deben tener ventanas de aproximadamente 25 x 76 mm. por alarma, para operar a 125 volts cd.

La secuela de operación debe ser como sigue:

1. Al cerrarse un contacto de alarma, debe encenderse la lámpara respectiva y sonar la señal audible; aunque el contacto alarma cierre momentáneamente.
2. El botón de conocimiento debe silenciar la señal audible, dejando la bandera operada encendida, pero debe sonar nuevamente la campana al cerrarse otro contacto de alarma.
3. El botón de reposición debe reponer las banderas cuyos contactos de alarma ya hayan abierto, dejando encendidas las lámparas cuyos contactos de alarma sigan cerrados aunque sea sólo un instante después de operar este botón.

La señal audible debe quedar montada en el interior del tablero, con ventanas hacia el exterior y proveerse una sola la cual será operada por cualquier alarma del cuadro; debe proveerse un botón de prueba para focos.

El número y letreros de las banderas estarán determinados de acuerdo al número de secciones que integrará el tablero.

Número de alarmas recomendado para los transformadores:

- 1) Disparo 63T1

- 2) Disparo 63T2
- 3) Disparo 87T1
- 4) Disparo 87T2
- 5) Disparo 51NT1
- 6) Disparo 51NT2
- 7) Baja presión de aire int. AT-T1
- 8) Baja presión de aire int. BT-T1
- 9) Baja presión de aire int. AT-T2
- 10) Baja presión de aire int. BT-T2
- 11) Alta temperatura T1
- 12) Alta temperatura T2
- 13) Bajo nivel de aceite T1
- 14) Bajo nivel de aceite T2

- Bus Mímico.

En el frente de las secciones modulares deberán indicarse gráficamente las conexiones principales del equipo por medio de una solera metálica o de plástico de acabado brillante de 12.7 mm. de ancho por 1.6 mm. de espesor, pintadas de acuerdo con la clave de colores para los diversos voltajes del sistema.

Equipo de control, protección y medición para los transformadores, con protección diferencial (87) y sobrecorriente 50/51, 51NT de respaldos.

PANEL FRONTAL

1. 2 (dos) amperímetros térmicos con indicación de demanda máxima e instantánea, con bobina de 5 amperes, para conectarse a transformadores -

de corriente de relación múltiple máxima de -
1200-5 y escala especial de 0-5 amperes.

2. 2 (Dos) vóltmetros térmicos con indicación de demanda máxima y mínima e indicación instantánea, con rango de operación de 95-135 volts de C.A. (uno para medición en alta tensión, y - otro para medición en baja tensión).
3. 2 (Dos) wathhorímetros con indicación de demanda máxima en KW.
4. 2 (Dos) conmutadores de transferencia para amperímetro, con manija fija redonda, de 4 posiciones (Fase A, Fase B, Fase C y Fuera).
5. 2 (Dos) conmutadores de transferencia para vólmetro con manija fija redonda ranurada de 4 posiciones (A-B, BC, CA y Fuera).
6. 4 (Cuatro) conmutadores de control de interruptor de 3 posiciones: ABRIR-FUERA-CERRAR, del tipo contacto momentáneo para la apertura y -- cierre; deberá estar provisto de contactos de corte de alarma y de dos lámparas indicadoras, una verde y una roja.
7. 2 (Dos) blocks de interruptores de prueba con señales de corriente y voltaje, montaje para - tablero tipo semi-ambutido.

PANEL POSTERIOR

1. Protección diferencial para transformador (87)
6 (Seis) relevadores monofásicos para protec--

ción diferencial de transformador de dos devanados, con características de porcentaje variables de alta velocidad y una relación de taps - de 2.4 a 8.9 y 30% de sensibilidad.

2. Auxiliares de la protección diferencial.
 - 2 (Dos) relevadores auxiliar de reposición manual con lámpara blanca para indicación de - - lock out, para operación en circuito de control de 125 VCD, con 11 contactos 6 tipo "b" y 5 tipo "a".
3. Protección de sobrecorriente, de respaldo, para fallas entre fases del lado de AT de los transformadores. (50/51).
4. Protección de sobrecorriente para fallas a tierra (Neutro de los transformadores). (51N).

RED DE TIERRAS.

Los objetivos de aterrizar la maquinaria y partes metálicas en la subestación son:

- Fijar el nivel de potencial de todas las masas metálicas con respecto al suelo.
- Proteger los equipos contra las sobretensiones.
- Asegurar protección para el personal.

Una red de tierras consta de:

- El dispensor. Constituido por un conjunto de - cuerpos metálicos puestos en contacto directo -

con la tierra y destinados a dispersar las corrientes de tierra.

- El conductor de tierra. Lo constituye un conductor que sirve para unir las partes de puesta a tierra con el dispersor, o éstos entre sí.

Las características principales de la red de tierras son:

- La corriente de tierra I , que corresponde al valor máximo que se prevé de la corriente en amperes que debe ser dispersada en el sistema de tierras.
- La tensión de tierra V , equivalente a la máxima diferencia de potencial, medida en volts, existente entre el sistema de dispersión y un punto en el infinito, cuando el sistema de tierras dispersa la corriente de tierra I prevista.
- La resistencia de tierra R , cuyo valor en ohms se define por medio de la relación entre la tensión y la corriente de tierra, $R = \frac{V}{I}$.
- El gradiente de tierra E , que indica en volts / metro la diferencia de potencial entre dos puntos del terreno.
- La resistencia del terreno, que indica en ohms/m. el valor de la resistividad del terreno en el cual está embebido el sistema.

CAPITULO 3

PROYECTO MECANICO

La estructura metálica de la estación transformadora, está compuesta por perfiles de acero, principalmente ángulos para formar columnas y traveses sobre los que se colocan las cuchillas seccionadoras, apartarrayos y los aisladores que soportan los conductores.

Los ensambles de estas estructuras se pueden hacer con remaches o tornillos, y también por soldadura -- eléctrica, de distintos elementos. Las piezas deben ser galvanizadas por inmersión en agua caliente según normas ASTM, DESIGNACION A-123, o más recientes; el depósito de zinc será de 0.16 Kg/m^2 .

La construcción de las estructuras que se utilizarán en la subestación, es conveniente que se lleve a cabo antes de iniciar los trabajos de cimentaciones o programar su habilitado localmente para que al terminar las bases ya se disponga de las estructuras metálicas para su armado.

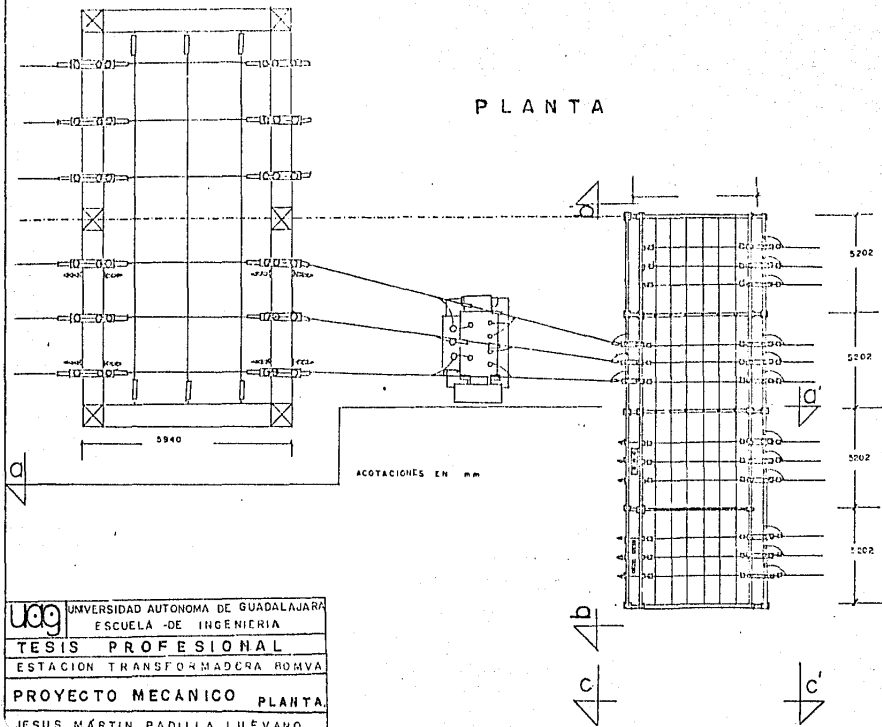
Al quedar armadas las bahías de fierro estructural se procede al montaje de aisladores, y demás accesorios y equipo.

Cabe mencionar que la disposición de traveses, permite que las barras sean de tipo aéreo sostenidas por medio de aisladores de tipo pedestal, y el conductor de cobre desnudo.

Actualmente este tipo de estructuras se encuentran normalizadas por Comisión Federal de Electricidad por lo que no mencionaré los cálculos.

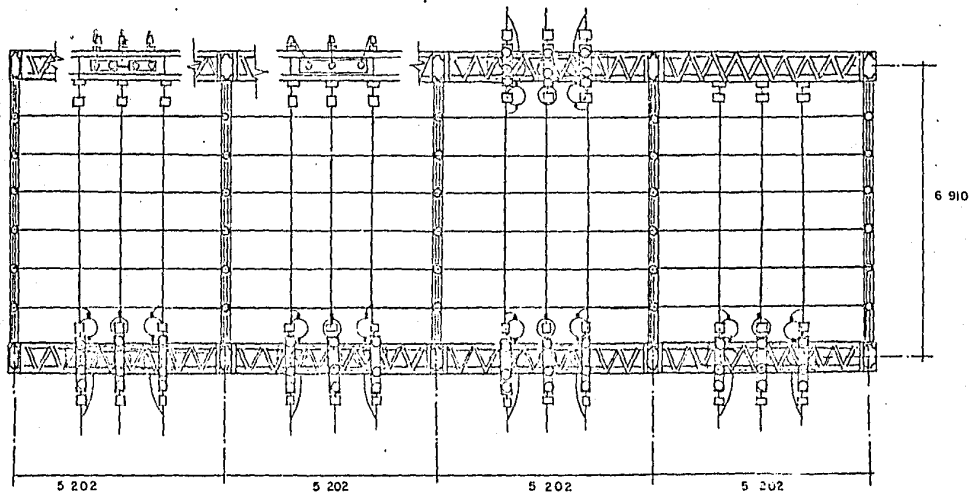
A continuación presento unos planos de la subestación en los que se aprecia la localización de las estructuras, así como sus dimensiones.

PLANTA

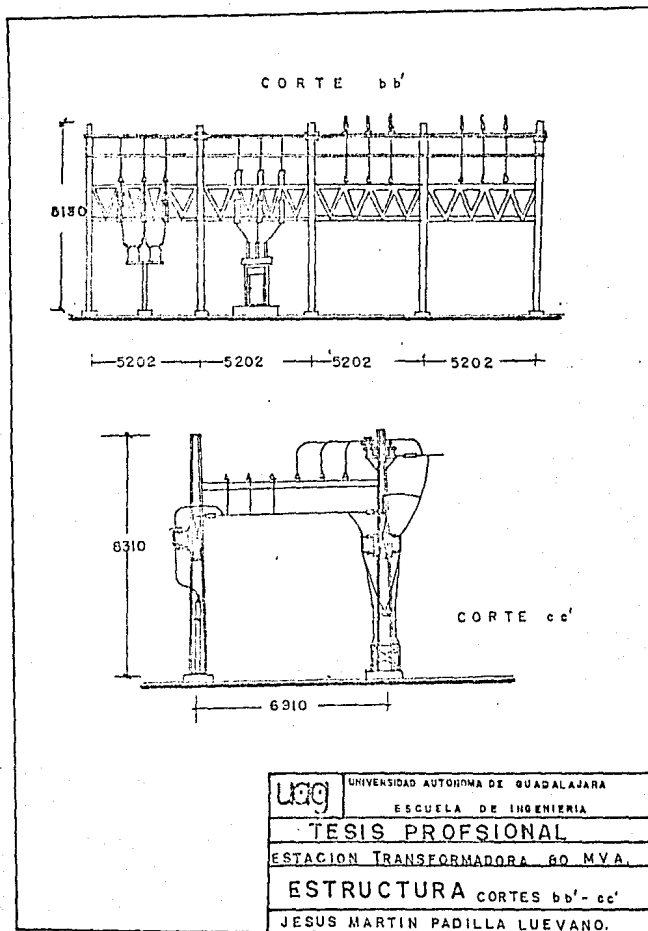


	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA
	ESCUELA DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
ESTACION TRANSFORMADORA ROMVA	
PROYECTO MECANICO PLANTA	
JESUS MARTIN PADILLA LUEVANO.	

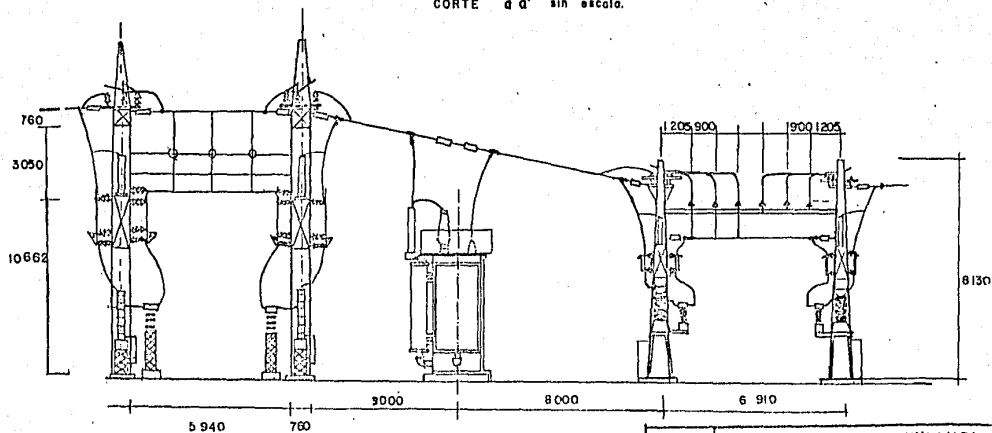
PLANTA BAJA TENSION



Uap	ESCUELA DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
ESTACION TRANSFORMADORA 80 MVA	
PROYECTO MECANICO PLANTA B.T.	
JESUS MARTIN PADILLA LUEVANO	



CORTE a a' sin escala.



Acolaciones en m.m.

uag	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUALAJARA ESCUELA DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
ESTACION TRANSFORMADORA 80 MVA	
PROYECTO MECANICO	CORTE a a'
JESUS MARTIN PADILLA LUEVANO	

CAPITULO 4

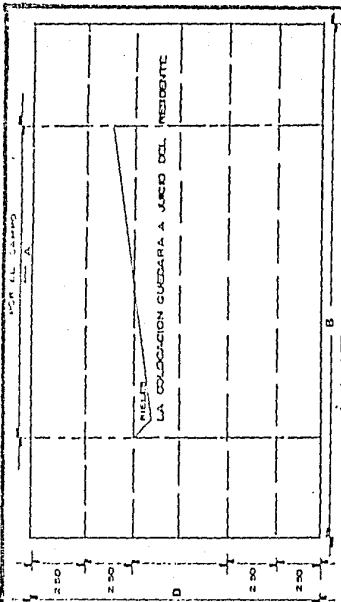
PROYECTO CIVIL

El proyecto civil es de gran importancia en una subestación eléctrica; por esto en el presente capítulo se hará mención en detalle de las cimentaciones del equipo eléctrico, así como de las cimentaciones de las estructuras e interruptores.

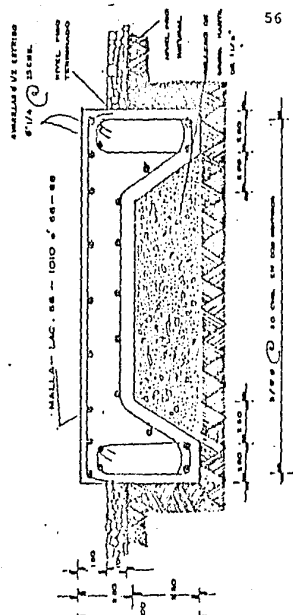
En los cálculos de estas cimentaciones se tomó en cuenta únicamente la carga del equipo, así como la carga del viento. Como el equipo es de funcionamiento estático no se tiene que hacer ninguna cimentación especial, sólo se deja cierta tolerancia que absorbe las situaciones imprevistas, como por ejemplo un temblor de tierra.

El proyecto civil no sólo comprende las cimentaciones, sino que también comprende la nivelación del terreno, limpieza del área, así como una barda que se construirá para proteger la subestación de posibles actos vandálicos; la caseta de control, también se incluye dentro del proyecto civil.

A continuación se presentan los planos de la cimentación de los transformadores, cimentación de los interruptores de 69 KV., cimentación de los interruptores de 23 KV., cimentación de los transformadores de potencial y de servicios propios, así como la cimentación de las torres de 69 KV. y de las columnas de 23 KV.



PLANTA



CORTE A A'

1.5 - 3.0 MVA

VARILLA	3/8	31M	=	17.00	KG
VARILLA	1/2	25M	=	10.70	KG
ALAMBRE	1/4	31M	=	9.00	KG
MALLA LAC 88-1010			=	4.00	M ²
ALAMBRE PEO. #14			=	4.00	KG
CONCRETO			=	1.50	M ³

5.0 A 7.5 MVA

VARILLA	3/8	37M L	=	20.0	KG.
VARILLA	1/2	32M L	=	13.0	KG
ALAMBRE	1/4	43M L	=	11.0	KG
ALAMBRE PEO. #14			=	5.0	KG
MALLA LAC 88-1010			=	5.5	M ²
CONCRETO			=	2.0	M ³

10-12.5 MVA

VARILLA	3/8	47M L	=	24.0	KG
VARILLA	1/2	38M L	=	20.0	KG
ALAMBRE	1/4	48.0M L	=	18.0	KG
MALLA LAC 88-1010			=	8.0	M ²
ALAMBRE PEO. #14			=	5.0	KG
CONCRETO			=	3.0	M ³

15-20 MVA

VARILLA	3/8	130M	=	75	KG
VARILLA	1/2	59M	=	39	KG
ALAMBRE	1/4	51M	=	15	KG
MALLA LAC 88-1010			=	10.00	M ²
ALAMBRE PEO. #14			=	5.0	KG
CONCRETO			=	5.0	M ³

MVA	B	D
1.5 - 3.0	2800	1800
5.0 - 6.25 - 7.50	2700	2000
10.0 - 12.5	3500	2500
15.0 - 20.0	4800	3750

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
ESCUELA DE INGENIERIA

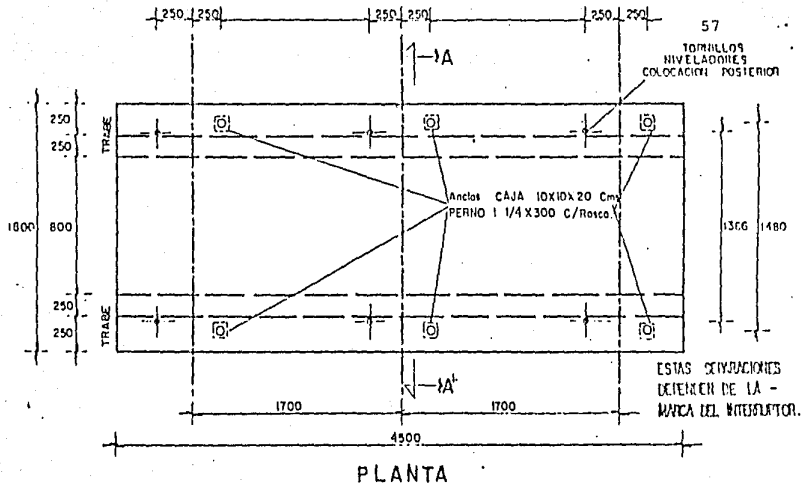


TESIS PROFESIONAL

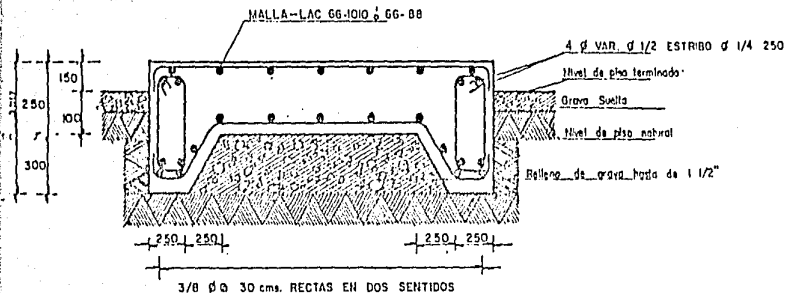
ESTACION TRANSFORMADORA 80 MVA

DISEÑOS TRANSFORMADORES

JESUS MARTIN PADILLA LUEVANO



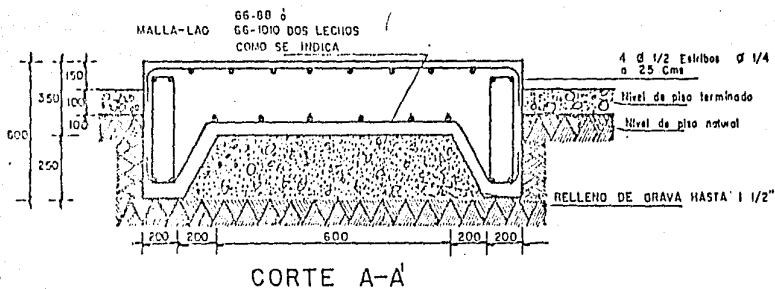
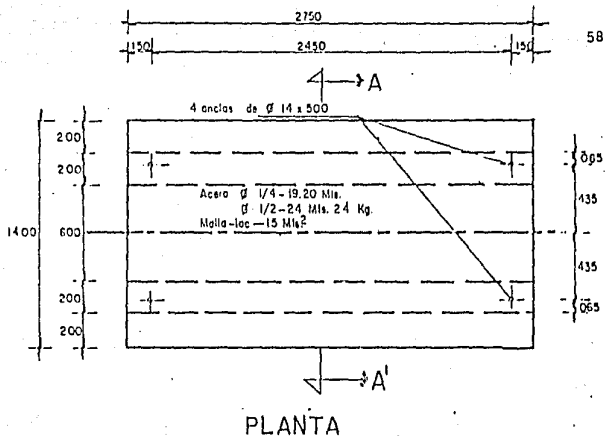
ACERO ϕ 1/4 38 MTS.
 ϕ 1/2 37 MTS. 37 Kg.
 MALLA-LAC 22 MTS²



CORTE A-A'

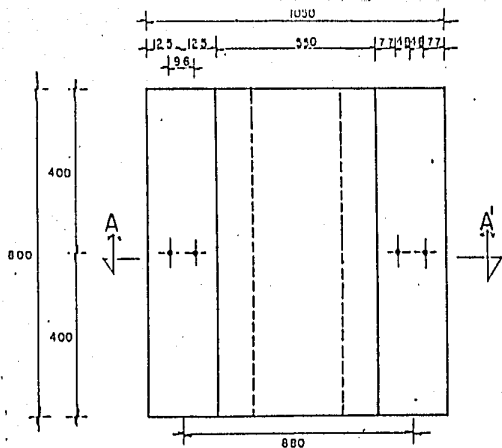
VARILLA ϕ 3/4" - 50 mts. - 78 Kg.
 VARILLA ϕ 1/2" - 85 mts. - 89 Kg.
 VARILLA ϕ 5/16" - 40 mts. - 17 Kg.
 ALAMBRE RECOCIDO ϕ 18 18 Kg.
 CEMENTO CRIS P. NORMAL 300 Kg.
 ARENA CRIBADA DE RIO - 1 mt.
 GRAVA DE 3/4" - 1.8 mt.

UNIG	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
	ESCUELA DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
ESTACION TRANSFORMADORA 80 MVA	
CIMENTO INTERRUPTOR 80 KV	
JESUS MARTIN PADILLA LUEVAÑO	



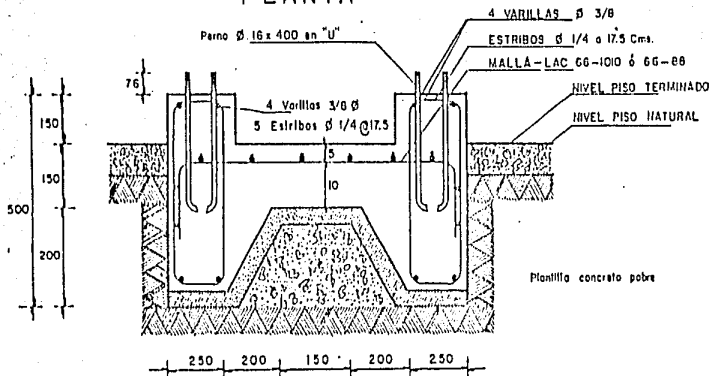
VARILLA $\varnothing 1/2" - 20$ mts. - 20 kg.
VARILLA $\varnothing 3/16" - 80$ mts. - 20 kg.
ALAMBRE $\varnothing 1/4" - 40$ mts. - 11 kg.
ALAMBRE RECOCIDO $\varnothing 18 - 8$ kg.
CEMENTO SAIS P. NORRAL 450 kg.
ARENA CRIBADA DE RIO - 0.50 m³
GRAVA DE 3/4 - 0.75 m³

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA ESCUELA DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL ESTACION TRANSFORMADORA 80 MVA CEMENTO INTERRUPTORES 23 KV. Y RESTAURADOR JESUS MARTÍN PADILLA LUEVANO



ACERO ϕ 1/4 - 16 MTS.
 ϕ 3/8 - 5.60 MTS 3.20 Kg
 MALLA - LAC 0.90 MTS²

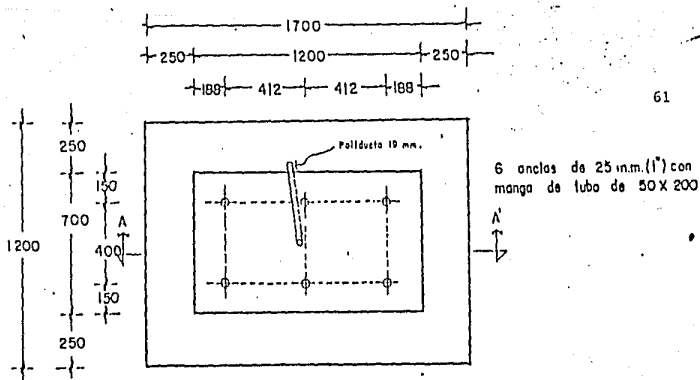
PLANTA



CORTE A-A'

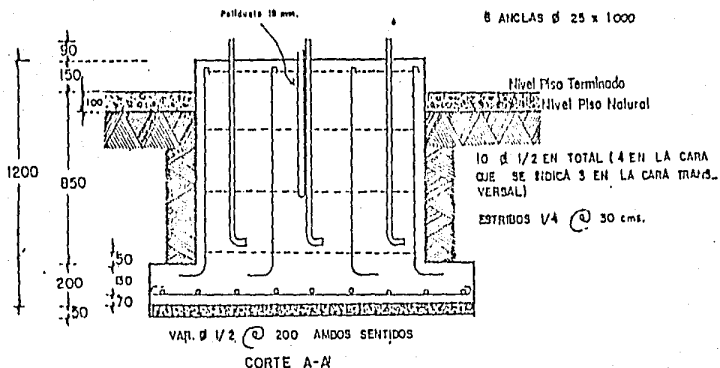
VARILLA ϕ 3/8" - 10mts. - 6.8kg.
 VARILLA ϕ 1/4" - 10mts. - 4kg.
 ALAMBRE RECOCIDO #16 - 8kg.
 CEMENTO GRIS P. NORMAL 250kg.
 ARENA CRIBADA DE RIO 320kg.
 GRAVA DE 3/4" - 0.50 m³

Uag	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUANAJUATO
	ESCUELA DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
ESTACION TRANSFORMADORA 80 MVA	
CIMENTACION TRANSFORMADORES DE POTENCIAL Y SERVICIOS AUXILIARES	
JESUS MARTIN PADILLA LUEVANO	



61

PLANTA



VARILLA ϕ 1/2" - 18 mts. - 18 kg.
 VARILLA ϕ 3/4" - 22 mts. - 18 kg.
 VARILLA ϕ 2/8" - 18 mts. - 7 kg.
 ALAMBRE RECOCIDO # 16 - 4 kg.
 CEMENTO BRIS P. NORMAL 700 kg.
 ARENA CRIBADA DE #10 - 10 mts.
 GRAVA DE 3/4" - 18 mts.

Udg	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA ESCUELA DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
ESTACION TRANSFORMADORA 80 MVA	
CIMENTO COLUMNA	
JESUS MARTIN PADILLA LIEVANO ..	

CAPITULO 5

RUTA CRITICA

En este capítulo se analizará la Ruta Crítica, es decir, la secuencia de actividades que forman la ruta -- más larga (el tiempo que se requiere para terminar todas las actividades), desde el inicio hasta el final del proyecto.

Los modelos que se utilizarán para encontrar la Ruta Crítica son: La Gráfica de Gantt y el modelo de -- PERT.

La gráfica de Gantt fue desarrollada en 1918 por Henry L. Gantt y continúa siendo un instrumento útil en la producción de proyectos. Su simplicidad y claro desarrollo gráfico la han establecido como un recurso usual para los problemas simples de programación.

El modelo de PERT se desarrolló en la década de -- 1950 y se utilizó en forma amplia en la administración -- de proyectos militares de investigación y desarrollo; este modelo se desarrolló específicamente por el Departamento de Defensa de E.U.A. para dar gran apoyo a la planeación, programación y control de una gran cantidad de trabajos (actividades) asociados con el proyecto.

PERT (Program Evaluations and Review Technique) , también se ha implantado y utilizado en la industria de la construcción y en empresas industriales para aplicaciones como la planeación y la administración de programas de investigación y desarrollo, y la planeación de actividades a nivel de empresas.

Una de las principales características de -- PERT, además de su capacidad para identificar -- los programas y planes que se requieren para --

las tareas (actividades) es que puede manejar -
las incertidumbres que existen en los pronósti- --
cos de tiempo para terminar diversas tareas.

DESARROLLO DE LA GRAFICA DE GANTT.

A continuación se presentan en la tabla número 1, las actividades a seguir para el montaje de la subestación, y en la tabla número 2, los tiempos en que se realizarán las actividades.

NOTA: Algunas de las actividades como son: necesidad de la subestación aún cuando esta actividad es propia de la planeación a 10 años, en el momento en que queda justificada y aprobada, se inicia con la ingeniería preliminar que establece las características de la subestación, como son:

- 1 Cantidad y capacidad de los transformadores de potencia.
- 2 Cantidad de circuitos
- 3 Tipo de subestación
 - 3a Abierta con estructuras normalizadas
 - 3b Abierta con perfil bajo
 - 3c Compacta en alta y baja tensión, o
 - 3d Únicamente en una de las dos tensiones, dependiendo de la ciudad en que se construya o si es del tipo rural.

Esquemas de protecciones que tendrán: principalmente en las líneas de transmisión que la alimentan (relevadores de sobrecorriente (50, 51), direccionales (67) o de distancia (21)).

Una vez determinados estos aspectos, se solicita el equipo por medio de requisiciones en las que se esta-

blecen las especificaciones del mismo, para que previo concurso, se elaboren los pedidos correspondientes. Algunas actividades mencionadas en la tabla número 1 corresponden al recibo de material o equipo mencionados, estando en orden conforme al plazo de entrega.

TABLA 1

CODIGO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
A	Proyecto electromecánico
B	Recibir cables
C	Recibir cuchillas, apartarrayos, TC's, TP's.
D	Recibir transformadores en obra.
E	Recibir interruptores, relevadores, equipo tablero.
F	Adquisición de material para obra civil.
G	Contratación de personal
H	Cercar y nivelar terreno
I	Proyecto, control y medición
J	Fabricar tablero control
K	Construcción cimentaciones y bases
L	Ductos, registros y drenajes
M	Construcción caseta.

- N Instalar red de tierras.
- O Erección de estructuras.
- P Colocación empedrado y grava en -- áreas de maniobra y operación.
- Q Vestido de estructuras.
- R Instalar alumbrado banco de baterías y cargador.
- S Montaje y preparación de interruptor de potencia.
- T Armado, secado, llenado de aceite -- transf. potencia.
- U Instalación del tablero de control , protección y medición.
- V Pruebas de conjunto.

TABLA 2

FECHAS DE LAS ACTIVIDADES

CODIGO DE LA ACTIVIDAD	F E C H A S	
	INICIO	TERMINACION
A	3/I/86	I/II/86
B	3/I/86	I/II/87
C	3/I/86	I/I/87
D	3/I/86	4/V/86
E	3/I/86	I/III/86
F	I/II/86	I/III/86
G	I/II/87	3/III/87
H	3/III/87	4/IV/87
I	I/III/86	2/IV/86
J	3/III/87	I/VII/87
K	4/IV/87	I/VII/87
L	4/IV/87	3/VI/87
M	4/IV/87	2/X/87
N	4/IV/87	5/V/87
O	I/VII/87	5/VIII/87
P	I/VII/87	5/VIII/87
Q	5/VIII/87	I/X/87
R	2/X/87	2/XI/87
S	I/X/87	4/X/87
T	I/X/87	2/XI/87

U	2/XI/87	4/IX/87
V	4/XI/87	I/XII/87

A continuación se muestra la gráfica de Gantt en donde se señalan las actividades a realizar (con su código correspondiente) y las fechas en que dichas actividades inician y terminan.

CODIGO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	
A																								
B																								
C																								
D																								
E																								
F																								
G																								
H																								
I																								
J																								
K																								
L																								
M																								
N																								
O																								
P																								
Q																								
R																								
S																								
T																								
U																								
V																								

UTILIZACION DEL METODO DE PERT PARA ESTABLECER LA RED -
DEL PROYECTO Y ENCONTRAR LA RUTA CRITICA.

En la tabla número 3 se indican los datos utilizados para calcular la ruta crítica; estos datos son:

- Código.- Nombre dado a cada actividad (orden al
fabético).
- Tn (semanas).- Tiempo de duración de cada una -
de las actividades.
- Predecesor.- Actividad que debe terminarse para
iniciar una nueva actividad.
- TIP.- Tiempo próximo de inicio de cada activi--
dad (en semanas).
- TTL.- Tiempo lejano de terminación de cada actividad
 (en semanas).

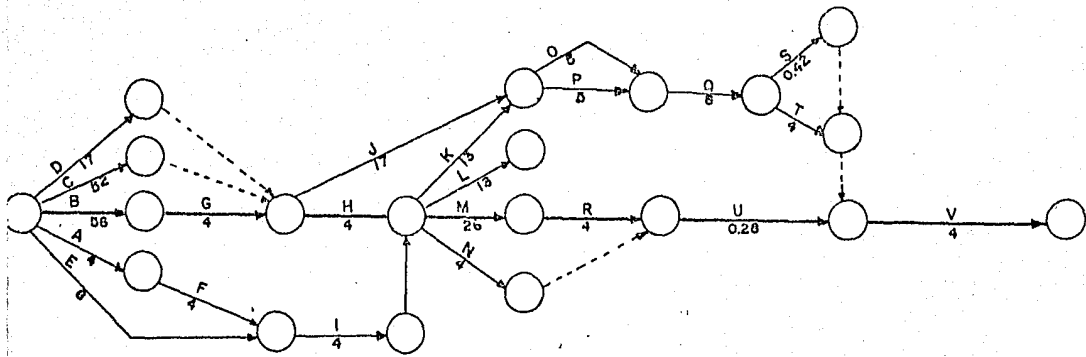
TABLA 3

CODIGO	PREDECESOR	Tn	TIP	TTL
A	—	4	0	4
B	—	56	0	56
C	—	52	0	52
D	—	17	0	17
E	—	8	0	8
F	A	4	4	8
G	B	4	56	60
H	G	4	60	64
I	E,F	4	8	12
J	G	17	60	77
K	H	13	64	77
L	H	13	64	77
M	H	26	64	90
N	H	4	64	68
O	J,K	5	77	82
P	J,K	5	77	82
Q	O,P	8	82	90
R	M	4	91	95
S	Q	.42	91	91.42
T	Q	4	91	95
U	R	.28	95	95.28
V	U	4	95	99 (aprox.)

De la red del proyecto se puede concluir lo siguiente :

La ruta formada por las actividades B,G,H,M,R,U,V, es la Ruta Crítica; por lo tanto la duración del proyecto es la suma de los tiempos de estas actividades.

ACTIVIDAD	TIEMPO (semanas)
B	56
G	4
H	4
M	26
R	4
U	0.28
V	4
<hr/>	
TOTAL	98.28



	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA ESCUELA DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
ESTACION TRANSFORMADORA 80 MVA	
RED DEL PROYECTO	
JESUS MARTIN PADILLA LUEVAÑO.	

CAPITULO 6

PRESUPUESTO

En el presente capítulo se hará un listado en el que se señalan los materiales y equipos que se utilizarán en la subestación; también en forma independiente se mencionan los costos de las diferentes secciones del tablero, así como los gastos de mano de obra y prestaciones.

Las claves que aparecen en el listado son las siguientes:

- 710 Material de fabricación nacional.
- 720 Equipo de fabricación nacional.
- 730 Equipo de importación.

El índice nos sirve para identificar en un plano la localización de los diferentes materiales y equipo.

El número de catálogo es el número que Comisión Federal de Electricidad le ha asignado a cada equipo y material, con el fin de tener información accesible y de fácil identificación de los mismos.

CLAVE	INDICE	No.CATALOGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
710	04/1	102700	Bola y ojo largo	pieza	30	5,769	173,070
710	04/6	107000	Gancho bola largo	pieza	27	5,757	155,439
710	04/7	1075A1	Grapa remate AL8	pieza	12	12,604	151,248
710	04/9	1075A3	Grapa remate AL9	pieza	6	12,604	75,624
710	04/12	107800	Grapa remate F3	pieza	15	10,350	155,250
710	04/14	1081A8	Grapa remate recta	pieza	12	9,365	112,380
710	04/18	108700	Grillete GA1	pieza	36	5,068	182,448
710	04/24	1104A3	Perno de ojo P3	pieza	69	1,518	104,742
710	04/26	1143A2	Tirante H2	pieza	6	3,950	23,700
710	04/5	1030A5	Calavera ojo 25L	pieza	69	10,348	714,012
710	04/13	1081A1	Grapa remate recto FR12	pieza	54	65,400	3,531,600
710	04/25	113900	Tapa 84 Fierro fundido	pieza	8	39,000	312,000
710	04/28	102300	Aro 84	pieza	8	20,050	160,400
710	N2/2	2021A2	Aislador P-24	pieza	36	50,267	1,809,612
710	N1/1	2028A1	Aislador 105VC25	pieza	415	13,260	5,502,900
710	M3/1	3010A8	Conector abrazadera	pieza	14	5,538	77,532
710	M3/9	3073A2	Conector terminal plano	pieza	21	15,000	315,000
710	M3/4	3065A4	Conector T para cable Cu 1000-300	pieza	6	9,268	55,068
710	M3/7	3069A1	Conector terminal Pb. 2-300	pieza	102	8,776	895,152

710	M3/6	3065A6	Conector T para cable cobre 1000-1000	pieza	3	12,745	38,235
710	M4/4	3067A4	Conector T para tubo - cobre 38-25	pieza	12	17,065	204,780
710	M4/5	3067A5	Conector T para tubo - cobre 38-38	pieza	3	15,119	45,597
710	M4/6	3071A1	Conector terminal pla- no 2-25	pieza	12	5,391	64,692
710	M4/13	3075A3	Conector terminal pla- no 4-38	pieza	3	18,000	54,000
710	M5/6	3022A3	Conector cople recto - para tubo Cu-38	pieza	12	1,356	16,272
710	M6/3	3051A3	Conector grapa soporte deslizante	pieza	24	3,614	86,736
710	M6/6	3053A3	Conector grapa soporte fijo	pieza	6	14,519	87,114
710	M7/6	3063A7	Conector T para tubo y cable Cu 38-300	pieza	9	10,349	93,141
710	N12/1	900100	Aceite aislante para - transformador	litro	22000	450	9,900,000
710	L1/6	4030A1	Cable de cobre desnudo 250	Kg.	2000	3,330	6,660,000

710	L1/10	4030A5	Cable de Cu desnudo -- 1000	Kg.	300	3,591	1,077,300
710	L1/5	4020A4	Cable Cu 3/0	Kg.	60	3,427	205,620
710	L1/4	4024A3	Cable Cu 3/0	Kg.	60	3,427	205,620
710	L2/1	9028A1	Tubo de Cu-25	pieza	5	62,269	311,345
710	L2/3	9028A3	Tubo de Cu-38	pieza	26	67,846	1,763,996
710	L8/1	9007A3	Cable AG 5/16	Kg.	70	1,789	125,230
710	K2/3	4036A1	Cable de control 2x12	m.	900	1,376	1,238,400
710	K2/4	4036A2	Cable de control 3x12	m.	1000	1,652	1,652,000
710	K2/5	4036A3	Cable de control 4x12	m.	2000	7,349	14,698,000
710	K2/6	4036A6	Cable de control 7x12	m.	1000	6,396	6,396,000
710	P11/1	2041A3	Boquilla ducto AC-100	pieza	36	400	14,400
710	P11/2	2053A3	Ducto AC-100	pieza	42	487	20,454
710	P11/5	2055A2	Ducto PVC-75	pieza	20	5,600	112,000
710	04/8	1075A2	Grapa remate	pieza	12	51,855	622,260
720	D1/7	7034A3	Transformador de Pot. ST 24-69-24	pieza	1	260,000,000	260,000,000
720	D3/4	7020A3	Transformador 220/127	pieza	1	1,083,000	1,083,000
720	D5/2	812600	Transformador de co-- rriente 1200/5/5	pieza	9	3,495,000	31,455,000
720	D5/5	-	Transformador de co-- rriente 25KV 1200/5/5	pieza	18	1,150,000	20,700,000
720	D8/1	8134A1	Desfasador 120	pieza	1	10,070	10,070

720	D8/1	8130A1	Transformador de Pot. 69 KV.	pieza	2	3,500,000	7,000,000
720	D8/4	8132A2	Transformador de Pot. 24 KV.	pieza	2	419,000	838,000
720	C1	801300	Banco de baterías pl _o mo-ácido	pieza	1	2,440,000	2,440,000
720	W17/1	-	Estructura galvanizada	Kg.	13397	500	6,698,500
720	W17/2	-	Estructura galvanizada 69 KV.	Kg.	16577	500	8,288,500
720	F1/4	8056A4	Interruptor 69 KV.	pieza	3	4,000,000	12,000,000
720	F1/19	-	Interruptor 23 KV.	pieza	6	4,500,000	27,000,000
720	F6/2	8037A2	Cuchilla desconectadora 1-3-69	pieza	3	11,751,250	35,253,750
720	F6/1	8037A1	Cuchilla desconectadora 3-69	pieza	6	11,751,250	70,507,500
720	F6/16	8045A4	Cuchilla desconectadora 1-24-600	pieza	24	386,750	9,282,000
720	F6/17	8045A3	Cuchilla desconectadora 1-24-1200	pieza	12	1,475,600	2,951,200
720	F6/22	8047A4	Cuchilla desconectadora 1-3-24	pieza	4	5,152,318	20,609,272

720	F6/23	8047A5	Cuchilla desconectadora 1-24-1200	pieza	2	6,545,500	13,090,000
720	K7/4	8031A6	Cortacircuito fusible - de potencia 24 KV.	pieza	3	835,584	2,506,752
720	Q2/1	600500	Control fotoeléctrico	pieza	1	8,800	8,800
720	Q5/1	807800	Luminaria para alumbrado de subestación	pieza	15	102,859	1,542,885
730	F7/3	8031A5	Cortacircuito fusible - de potencia	pieza	3	835,584	2,506,752
730	R10/2	8005A2	Apartarrayo clase esta- ción 21E	pieza	15	226,400	3,396,000
730	R10/4	8007A1	Apartarrayo clase esta- ción 60E	pieza	9	573,750	5,173,750

T O T A L

541,542,101

SECCION DE TABLERO LINEA DE SUBSTRANSMISION.

- Con dos esquemas de relevadores de distancia
- Costo de la Sección 11,180,000

SECCION DE TABLERO T1 PARA PROTECCION DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

- Costo de la Sección 10,415,000

SECCION DE TABLERO A1.

- Dos piezas, una pieza con dos esquemas de relevadores de sobrecorriente, y un recierre por -- esquema.
- Costo de la Sección 7,600,000

Una pieza similar a la anterior pero con un esquema adicional de relevadores de sobrecorriente para interruptor comodín. Costo de la Sección 11,500,000

COSTO OBRA CIVIL.

30,000,00

TOTAL DE LAS SECCIONES DE TABLERO Y OBRA CIVIL

70,695,000

EL COSTO TOTAL DE LA OBRA ES EL SIGUIENTE:

- MATERIAL Y EQUIPO	541,542,101
- SECCIONES DE TABLERO Y OBRA CIVIL	70,695,000
- MANO DE OBRA	48,978,968
- PRESTACIONES	<u>19,591,587</u>
T O T A L	680,807,656

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los cálculos de corto circuito se puede observar que tanto las fallas trifásica simétrica, como la -- falla línea tierra dan un valor igual de la corriente; - esto es debido a que en el estudio de corto circuito, no se consideró ninguna máquina giratoria que contribuyera a la falla, es decir, sólo se tomó en cuenta los trans-- formadores, y como en éstos, las impedancias de secuen-- cia positiva, negativa y cero son iguales, de ahí que el valor de las corrientes nos diera igual; esto no quiere_ decir que haya algún error, simplemente que de la manera en que se realizaron los cálculos nos da una corriente - de falla bastante confiable para seleccionar adecuadamen_ te las protecciones.

Se puede observar que en este tipo de subestacio-- nes en general, el equipo está normalizado. Esto es de-- bido a que se quiere que todas las subestaciones de este tipo consten del mismo equipo, para no tener una gran di_ versidad de equipos para que el mantenimiento tanto pre-- ventivo como correctivo sea más fácil de realizar.

Los transformadores utilizados, también están - - normalizados en este tipo de subestaciones, dada su ver-- satilidad y su fabricación compacta, con dos pasos forza_ dos de aire. De esta manera se evita tener que hacer -- circular aceite forzado.

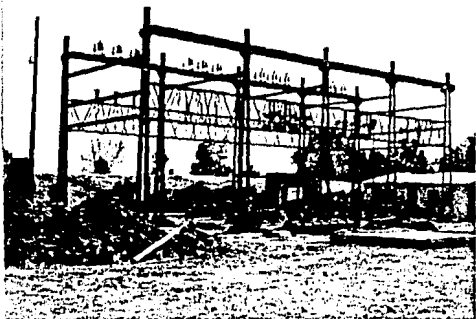
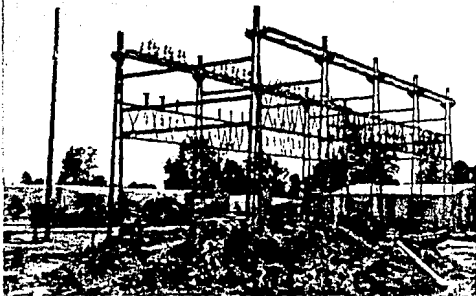
También se puede observar que sólo se menciona la primera etapa del proyecto, es decir, las torres de alta tensión, un transformador y sus respectivas proteccio-- nes, así como las bahías de baja tensión para cuatro cir_ cuitos derivados. La segunda etapa del proyecto consta_ de otro transformador con sus respectivas protecciones -

así como las bahías de baja tensión para cuatro circuitos derivados con lo que queda concluido el proyecto.

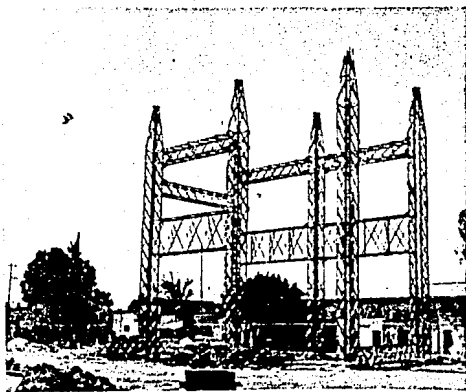
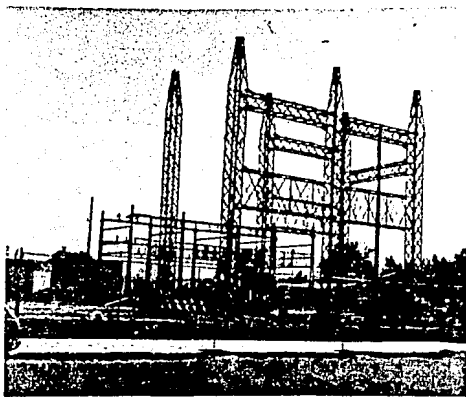
Es recomendable antes de iniciar un proyecto, que se disponga de toda la información posible del equipo -- que se pretende instalar, ya que de un fabricante a otro pueden variar las características del equipo (dimensiones, conexiones), aunque el funcionamiento sea el mismo.

Cabe mencionar que en la elaboración del presupuesto algunos materiales y equipos se habían adquirido con anticipación, por lo que el costo de los mismos es inferior al actual.

A continuación se presentan unas fotografías en las que se puede apreciar el avance de la obra.



BAHIAS DE BAJA TENSION



TORRES DE ALTA TENSION

BIBLIOGRAFIA

ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA.

William D. Stevenson Jr.

Editorial McGraw-Hill

FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE MEDIANA Y ALTA TENSION.

Gilberto Enríquez Harper

Editorial Limusa

LINEAS DE TRANSMISION Y REDES DE DISTRIBUCION DE POTENCIA (VOL I y II).

Gilberto Enríquez Harper

Editorial Limusa

REDES ELECTRICAS DE ALTA TENSION Y BAJA TENSION PARA CONducir y DISTRIBUIR LA ENERGIA ELECTRICA.

Gaudencio Zopetti Júdez

Editorial Gustavo Gili, S. A.

CATALOGOS Y NORMAS DE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.