

870117

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

3

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## ESCUELA DE INGENIERIA



"PROYECTO, CONSTRUCCION Y PUESTA EN SERVICIO DE UNA SUBESTACION DE DISTRIBUCION DE 10/12.5 MVA"

### TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

MARTIN MIGUEL ESCALANTE MAYORAL

GUADALAJARA, JAL.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

UNIV. AUT. DE GUADALAJARA



*[Handwritten signature]*



ESCUELA DE INGENIERIA

Guadalajara, Jal. 14 de Diciembre de 1983

Al Pasante de  
Ingeniero Mecánico Electricista  
Area: Sistemas Eléctricos y Electrónicos  
Sr. Martín Miguel Escalante Mayoral  
P r e s e n t e .-

En contestación a su solicitud de fecha 14 de Diciembre del presente año, me es grato informarle que la Comisión de Tesis que me honro en presidir, aprobó como tema que usted deberá desarrollar para su examen de Ingeniero Mecánico Electricista, el que a continuación transcribo:

"PROYECTO, CONSTRUCCION Y PUESTA EN SERVICIO DE UNA SUBESTACION  
DE DISTRIBUCION DE 10/12.5 MVA"

INTRODUCCION

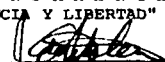
- I.- PROYECTO Y DISEÑO
- II.- PROGRAMA DE CONSTRUCCION
- III.- PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO
- IV.- ANALISIS DE TRANSMISION DE DATOS Y SISTEMAS DE COMUNICACION
- V.- ANALISIS Y COSTO DE LA OBRA.
- VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Ruego a usted tomar nota que la copia fotografiada del presente oficio, deberá ser incluida en los preeliminares de todo ejemplar de su Tesis.

A T E N T A M E N T E  
"CIENCIA Y LIBERTAD"

  
Ing. Luis Jorge Aguilera Casillas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería.

Con cariño y admiración

Δ mis padres:

Miguel y Lita

Que con su sacrificio  
me iluminaron el sendero  
que hoy piso.

Δ mis hermanos:

Elsa Lorena

David Javier

y Sergio

Con agradecimiento  
y amor.

A mis maestros:

con profunda admiración

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A mi Universidad  
con gratitud

A mis compañeros:  
Con un grato recuerdo

A mis amigos:  
Gracias.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

"PROYECTO, CONSTRUCCION Y PUESTA EN SERVICIO  
DE UNA SUBESTACION DE DISTRIBUCION DE 10/12.5  
M V A"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## I N D I C E

I	INTRODUCCION
II	PROYECTO Y DISEÑO
III	PROGRAMA DE CONSTRUCCION
IV	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO
V	ANALISIS DE TRANSMISION DE -- DATOS Y SISTEMAS DE COMUNI - CACION
VI	ANALISIS Y COSTO DE LA OBRA
VII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## INTRODUCCION

Todo proyecto de construcción de nuevas subestaciones, nace de las necesidades inherentes al crecimiento del sistema eléctrico.

Los objetivos fundamentales que se persiguen en la elaboración de un proyecto son:

- a) Asegurar la continuidad del servicio y mejorar su calidad. Se deben tomar en cuenta las molestias y posibles pérdidas que ocasionen a los consumidores y en general al país, las deficiencias del servicio eléctrico por interrupciones y regulaciones de voltaje anormales, no aceptadas en la correcta operación del equipo eléctrico.

Para que la subestación tenga índices aceptables de operación, ésta deberá estar planeada de tal forma que asegure la continuidad del servicio y que la calidad del mismo esté en los rangos aceptables que marcan las normas.

La planeación marcará la pauta en la confiabilidad que se le asigne, dependiendo de la importancia y características de la demanda además proporcionará los argumentos técnico-económicos necesarios para la justificación de un diseño sencillo, o bien, sofisticado según sean los requerimientos.

- b) Prever operación segura de los equipos. Con el fin de no restar vida útil al equipo de una subestación y principalmente a los transformadores de potencia, se deberán programar a tiempo las ampliaciones necesarias, u obras nuevas requeridas, para absorber los incrementos de carga basados en la demanda de dicha subestación, y apoyandose en la estadística de crecimiento de cargas de los sistemas de distribución para determinar el pronóstico de las mismas.
- c) Localización óptima para reducir pérdidas por conducción de energía.

La subestación deberá ser localizada adecuadamente, esto es, lo más cerca posible de su centro de carga y se seleccionará la más económica considerando los tres conceptos que se integran el proyecto para que la suma de estos sea el mínimo.

Los conceptos a los que se hizo referencia anteriormente son :

- 1.- El Costo de la propia subestación.

2. - El costo de las facilidades de las líneas de transmisión o sub transmisión.

3. - El costo de los alimentadores de distribución.

Una vez conocidos los costos que constituyen la parte económica del proyecto, se continúa localizando la subestación elegida en su centro de carga.

Antes de proyectar una subestación, ya sea para absorber el cre cimiento de carga, para proporcionar nuevos servicios o bien pa ra el mejoramiento de los mismos, el punto de partida es analiza r los alimentadores de distribución realizando estudios de fluj o en todo el sistema; en cuestión de períodos no menores de 10- años, estos estudios nos indicarán que tipo de subestación debe mos construir, donde debemos localizarla y cuando se requiere su construcción.

d) Selección de la alternativa más económica y técnicamente cepta ble.

Se ha observado que cualquier estudio de ingeniería debe estar - ligado íntimamente con estudios de economía, y por esta razón - cuando se requiera proporcionar nuevos servicios o modificacio nes al sistema por aumento de demanda, se realizan estudios -- técnico económicos para conocer por medio de alternativas en - un período no menor de 10 años cual es la de menor costo; consi derando el valor presente, además deberá reunir caracterís - ticas técnicamente aceptables.

En general podemos concluir que el proyecto de una subestación nace de las necesidades del sistema de distribución, ya que bá - sicamente, dicha subestación tiene como fin proporcionar la ca - pacidad suficiente de transformación y satisfacer la demanda de energía de los consumidores.

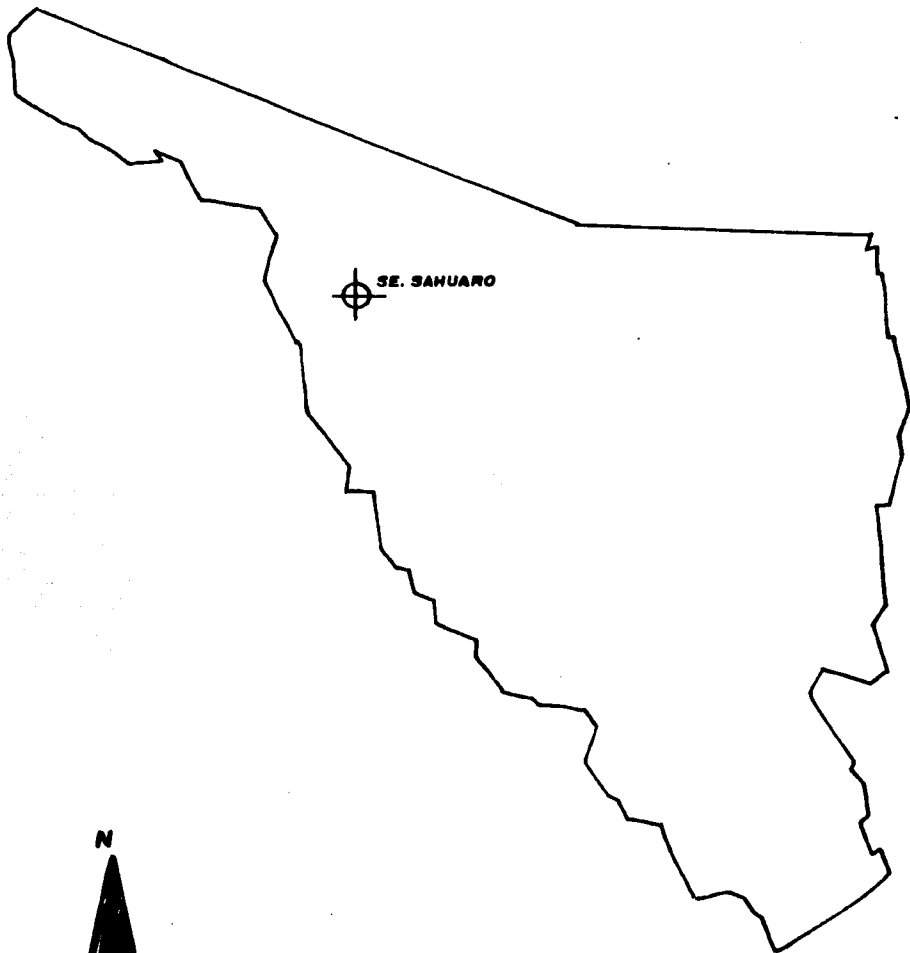
Esta energía deberá proporcionarse en forma confiable y conti - nua; además no se deben olvidar los conceptos económicos para no agravar la economía de nuestro organismo.

Para elaborar el proyecto de esta subestación es necesario con - tar con el apoyo de las experiencias adquiridas a través de los -- años, ésta se encuentra en libros de ingeniería eléctrica, manua les, instructivos, normas, folletos, y la misma experiencia de los ingenieros proyectistas de C. F. E.

En el presente trabajo se hizo una recopilación de las experien - cias anteriores, consultas tanto a libros, folletos y manuales co mo a personas empapadas en este tipo de proyectos para elabo--

un análisis que pueda servir como apoyo para obras eléctricas posteriores, elaborado como memoria técnica de las experiencias vividas durante la construcción de la subestación "Sahuaro" ubicada en la región aledaña de la H. Caborca, Sonora.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



UBICACION GEOGRAFICA

## CAPITULO I I

### PROYECTO Y DISEÑO

2.1 GENERALIDADES. - El presente proyecto nació como una respuesta a las necesidades que se tenían en la zona agrícola conocida como -- "El Sahuaro", ya que el aumento en los precios de hidrocarburos empezaban a repercutir en la economía de los inversionistas de la región. Fueron esas mismas personas las que después de analizar -- las perspectivas que se tenían para reducir las fugas de capital que -- representaba la compra de combustibles, decidieron que era costea- ble la inversión inicial fuerte que implicaba la construcción de una -- subestación de distribución: La obra fué posible gracias al esfuerzo conjunto de los agricultores de la zona, C.F.E. y una valiosa aporta- ción del Gobierno Estatal.

Nuestra obra tiene además una importancia vital para el crecimiento agrícola de la región ya que permitió que se extendieran las tierras - de cultivo aumentando abviamente con ello la producción agrícola.

2.2 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO. -

PROYECTO: Subestación "Sahuaro"

LOCALIZACION: Km. 98 carretera Caborca-Puerto Peñasco

CAPACIDAD: 10/12.5 MVA, OA/FA

RELACION DE TRANSFORMACION: 115/13.8 Kv.

En el plano No. 1 se observa la localización geográfica de la subesta- -- ción; para lograr esa ubicación se consideró que quedara situada en el centro de carga, así como también la disponibilidad de la línea de trans- misión que alimentará dicha subestación, esto es, la subestación debe- quedar cerca del centro de carga y cerca de la línea de transmisión de 115 Kv "seis de abril" Puerto Peñasco. Otro punto que no podemos o- mitir es el acceso desde las vías de comunicación ya existentes.

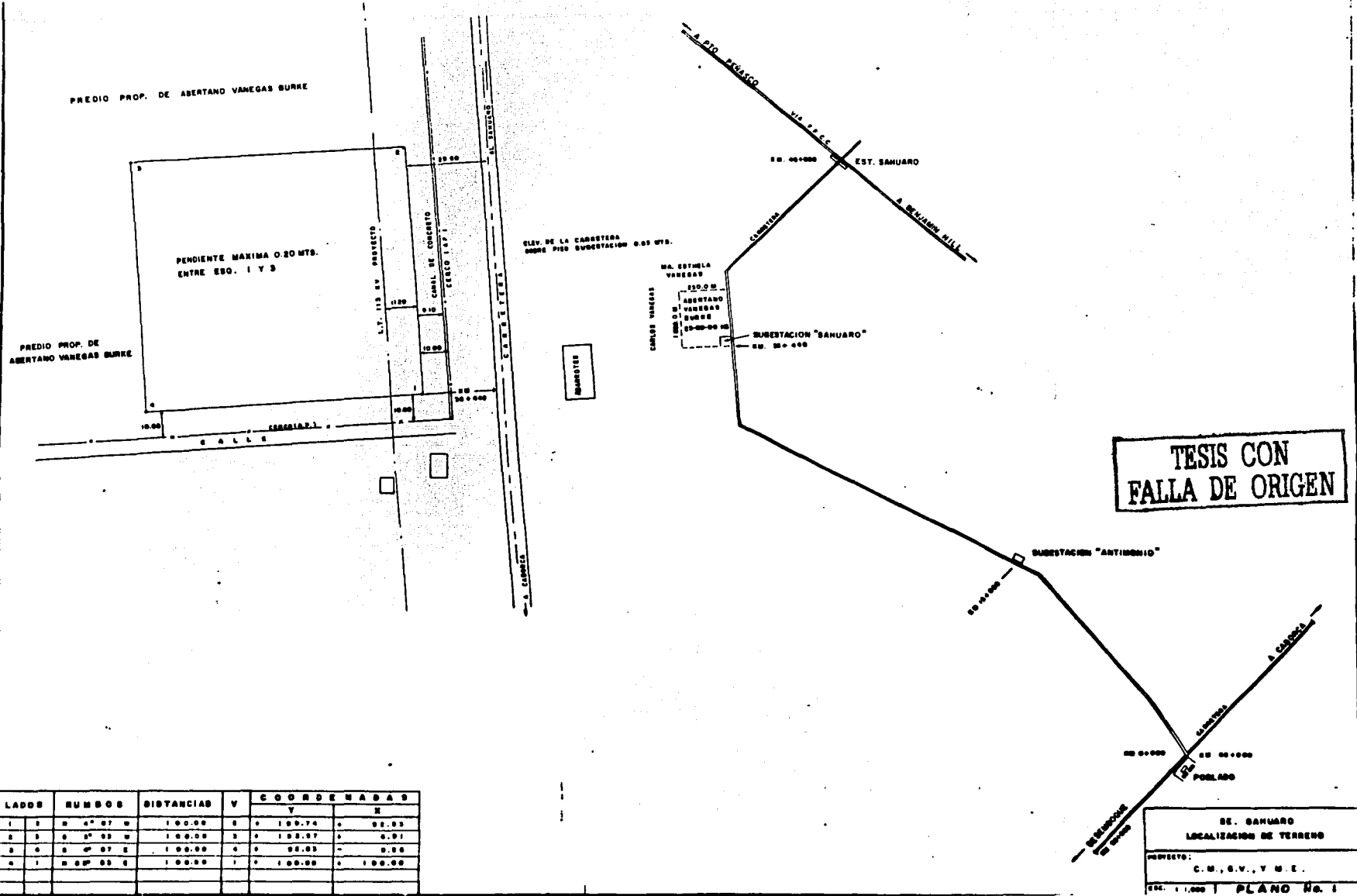
El area total de nuestra subestación es de 10,000 m<sup>2</sup>

PREDIO PROP. DE ABERTANO VANEGAS BURKE

PREDIO PROP. DE ABERTANO VANEGAS BURKE

PENDIENTE MAXIMA 0.20 MTS. ENTRE ESO. 1 Y 3

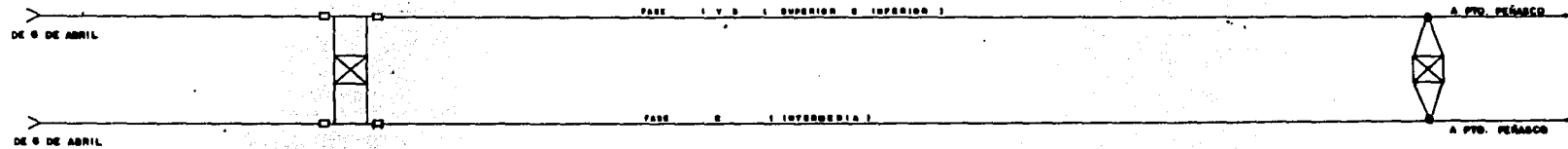
ELEV. DE LA CARRETERA SOBRE PISO SUBSTACION 0.67 MTS.



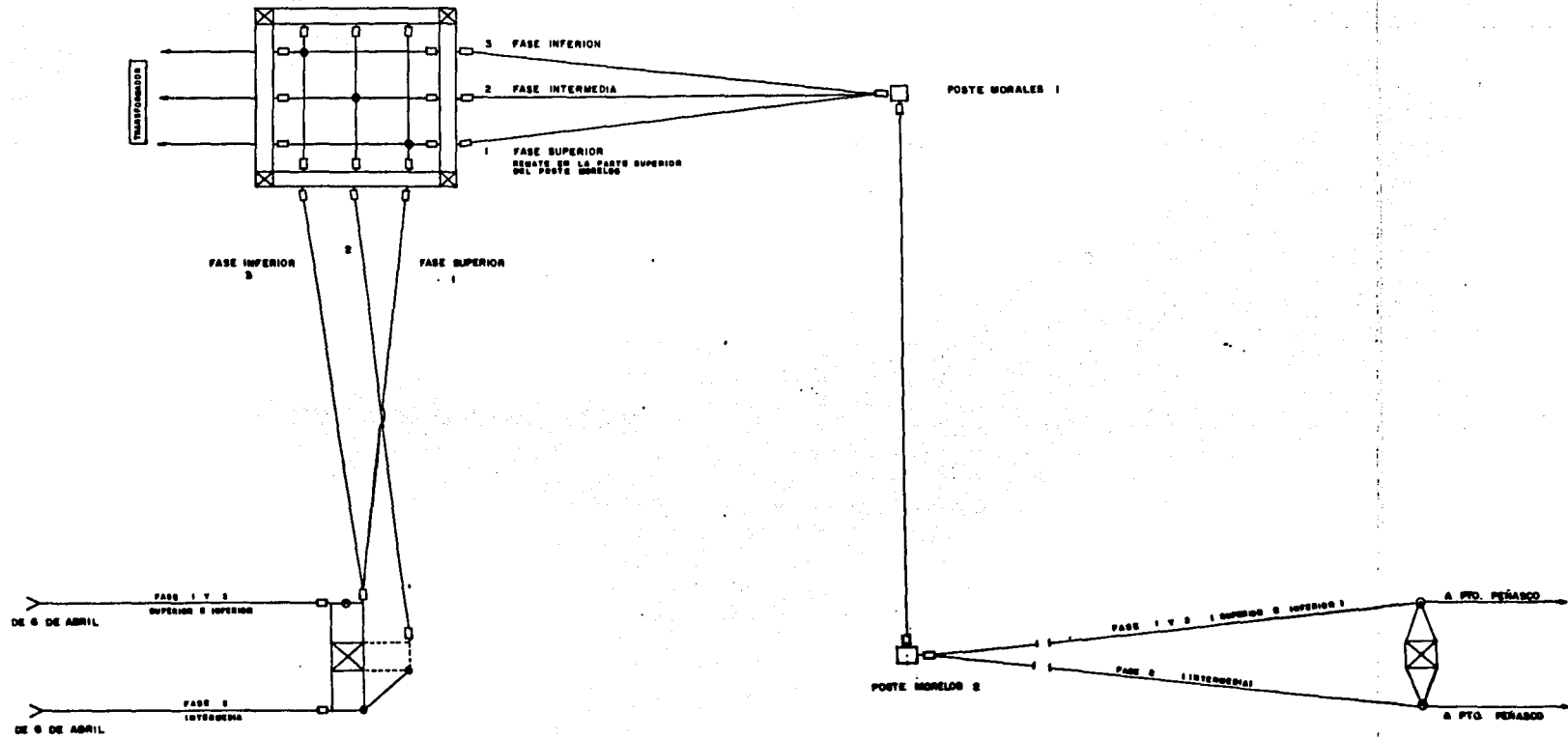
**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

LADOS	NUMBROS	DISTANCIAS	V	COORDENADAS	
				X	Y
1	3	N 4° 27' W	100.00	8 + 100.74	91.93
2	3	S 3° 53' W	100.00	9 + 103.97	0.91
3	4	S 0° 07' E	100.00	4 + 98.03	0.00
4	1	N 0° 05' E	100.00	1 + 100.00	100.00

SE. SABUARO  
LOCALIZACION DE TERRENO  
PROYECTO:  
C.M., S.V., Y M.E.  
ECL. 1:1,000 | PLANO No. 1



SE. SANJUAN	
PROYECTO:	C.M., S.V., T.M.E.
ESC. 1/10	PLANO No 2



SE. SANHARO ARREDO DE SUBE	
PROYECTO:	
C. M. C. V. V. M. E.	
ENC. 0/0	PLANO N° 3



### 2.3 CALCULO DE RED DE TIERRAS

DATOS PARA EL CALCULO. - Tomando Subestación "Seis de --  
Abril" como lugar de ubicación o sea utilizando sus valores de --  
corto circuito.

MVA  $3\phi$  en el area de 115 KV= 382.84 MVA

MVA  $1\phi$  en el area de 115 KV= 87.58 MVA

Icc  $3\phi$  en el area de 115 KV= 1922.05 Amp.

Icc  $1\phi$  en el area de 115 KV= 573.23 Amp.

Pbase = 100 MVA

I base = 502.04 Amp.

MVA  $3\phi$  en el area de 13.8 KV= 107.48 MVA

MVA  $1\phi$  en el area de 13.8 KV= 118.57 MVA

Icc  $3\phi$  en el area de 13.8 KV= 3892.51 Amp.

Icc  $1\phi$  en el area de 13.8 KV= 4961 Amp.

Resistividad del terreno (e) = 60

Resistividad del material que se encuentra inmediatamente bajo-  
los pies:

a) Una capa de concreto, una capa de 10 cm de espesor:

b) Piedra triturada, una capa de 10 cm de espesor

Corriente de corto circuito trifasica (la mas critica)

Icc = 573.23 Amp. en el area de 115 KV

Resistencia de tierra deseada =  $R = 2.0$

#### PARAMETROS A DETERMINAR

- 1o. Area de la red
- 2o. Longitud del conductor de la red
- 3o. Calibre del conductor de la red
- 4o. Número de varillas a tierra
- 5o. Potencial de malla a red
- 6o. Potencial de paso

OBRA: Subestación "Sahuaro"  
 CARACTERISTICA: IT - 3F - 12.5 MVA-115/13.8/0.0 KV  
 TRABAJO REALIZADO: Medición de Resistividad de Terreno

No. Lect. N	Distancia a(mt)	Resistencia R( )	Resistividad ( -m)
1	5.0	1.6	50.26
2	10.0	0.46	28.40
3	5.0	1.6	50.26
4	10.0	0.48	30.16
5	15.0	0.29	27.33
6	5.0	1.73	54.35
7	10.0	0.53	33.30
8	5.0	1.67	52.46
9	10.0	0.61	38.33
10	15.0	0.46	43.35
11	10.0	0.64	40.21
12	10.0	0.89	55.92

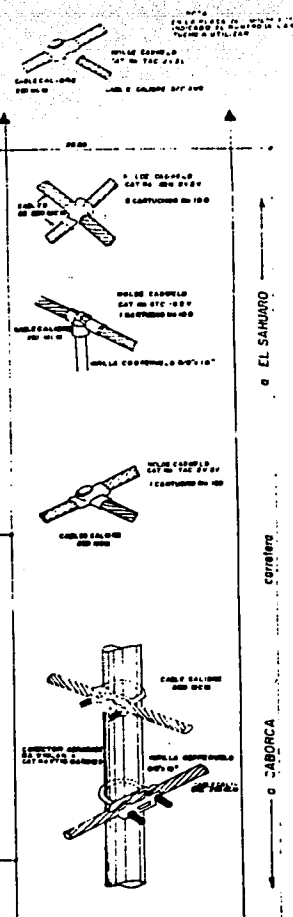
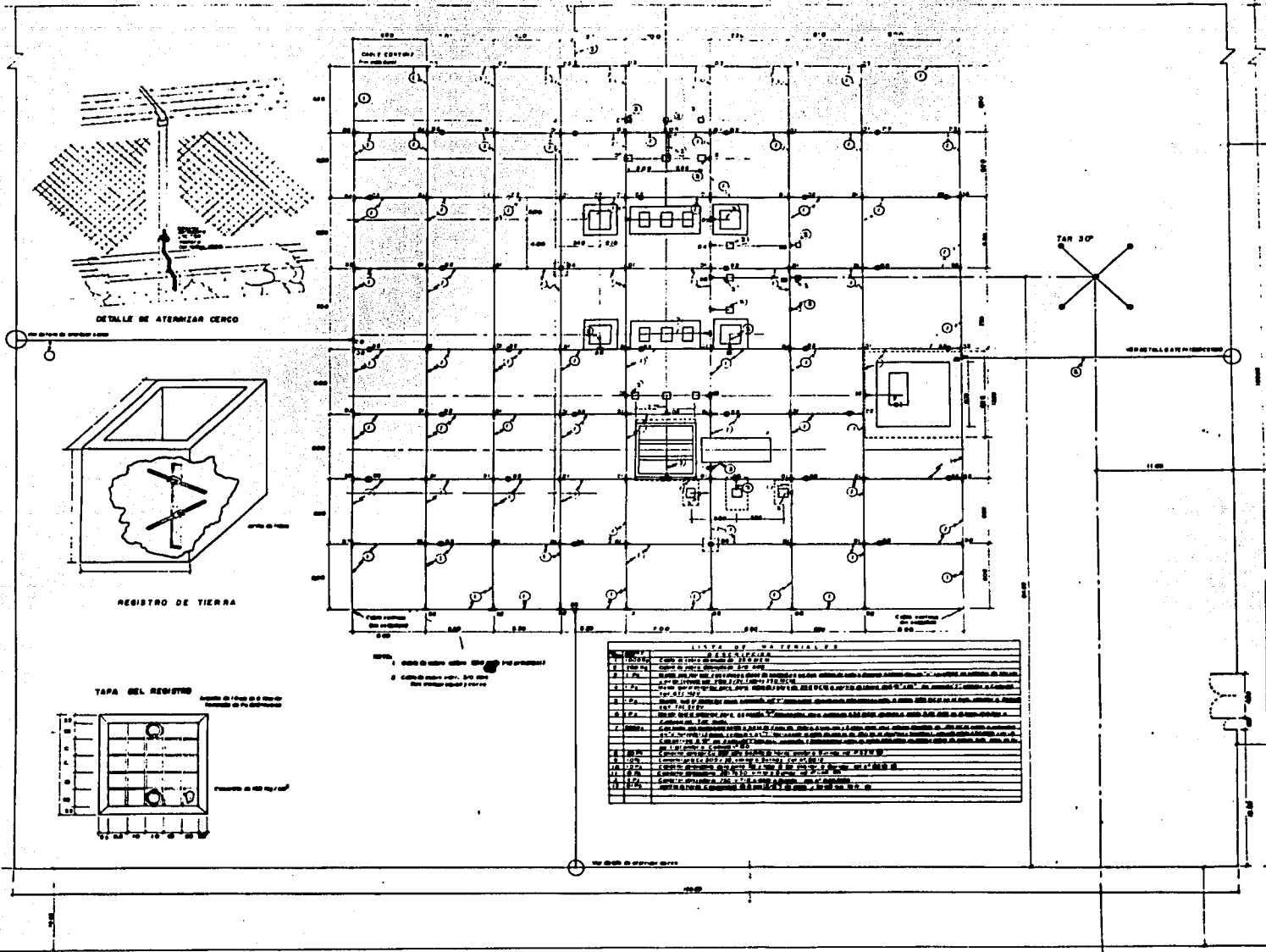
CONDICIONES AMBIENTALES: Seco y Caluroso

PROFUNDIDAD DE ENTERRADO DE VARILLAS: 40 Cm.

METODO UTILIZADO: De los 4 puntos ó de Wenne

FORMULA UTILIZADA PARA EL CALCULO DE LA RESISTIVIDAD:

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



LISTA DE MATERIALES

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	ALAMBRE DE CIERRE Nº 10	1000	M
2	ALAMBRE DE CIERRE Nº 12	1000	M
3	ALAMBRE DE CIERRE Nº 14	1000	M
4	ALAMBRE DE CIERRE Nº 16	1000	M
5	ALAMBRE DE CIERRE Nº 18	1000	M
6	ALAMBRE DE CIERRE Nº 20	1000	M
7	ALAMBRE DE CIERRE Nº 22	1000	M
8	ALAMBRE DE CIERRE Nº 24	1000	M
9	ALAMBRE DE CIERRE Nº 26	1000	M
10	ALAMBRE DE CIERRE Nº 28	1000	M
11	ALAMBRE DE CIERRE Nº 30	1000	M

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

SE. SAHUARO  
 RED DE TIERRAS

PROYECTO: MARTIN M ESCALANTE

ESC 1:180      PLANO No 4

### DISEÑO DEL SISTEMA

Será una malla de cable de cobre desnudo semiduro, enterrado a una profundidad de 0.50 mt., con varillas de 5/8" X 10' - - - - - (15.88 X 3048 mm), enterrados verticalmente en puntos estratégicos un cable continuo bordeará el perímetro para evitar concentraciones de corriente, y por lo tanto, gradientes altos en los extremos de los cables. Los cables paralelos en lo que sea posible serán distribuidos uniformemente. Todas las conexiones serán con soldadura CADWLD de alta conductividad. Se considerará un tiempo de apertura de 3 ciclos, que es el que normalmente dan -- los fabricantes.

El tiempo de duración de la falla lo seleccionaremos como máximo en 0.2 seg.

El terreno donde va ubicada la subestación mide 20.0 X 38.0 Mt. -- lo que nos da una área de 760 M<sup>2</sup>.

La tensión nominal de operación será de 115 KV

La longitud del conductor l en si (de la red de tierras) depende -- del arreglo en la disposición del equipo en la subestación, por lo -- que escogiendo y analizando una serie de alternativas podremos -- llegar a la dimensión mas adecuada y conveniente de la red de -- tierras.

Partiremos del siguiente arreglo. -

4 Conductores largos de 38 mt. cada uno, por 6 conductores cortos de 20 mt. cada uno, enterrados a una profundidad de 0.50 mt. y con varillas verticales de 3.0 mt. de longitud clavadas estratégicamente.

#### LONGITUD RESULTANTE:

$$L = 6 \times 20 - 4 \times 38 = 272 \text{ Mt.}$$

Con el valor del área obtenida anteriormente de  $A = 760 \text{ M}^2$ , obtenemos el radio del círculo equivalente de la manera siguiente:

Para la corriente de falla se toma en cuenta el efecto de desplazamiento de corriente continua y la atenuación de los componentes -- transitorios de corriente alterna y de directa.

Para ésto, se emplea un factor denominado factor de decremento - (D) que se dá para diferentes tiempos de duración de la falla (según tablas)

$$D = 1.15 \text{ ---- Para } t = 0.2 \text{ segundos.}$$

Previendo posibles aumentos de la red tomamos un factor de crecimiento.

Aplicando estos factores a la corriente de corto circuito tenemos

$$I'' = D X \text{ Fact. de crecimiento} X I_{cc}$$

$$I'' = 24905.32 \text{ Amperes}$$

El tamaño de los conductores para el sistema de tierras, está basado en la máxima magnitud de duración en el corto circuito, y dependiendo también de el tipo de conductor que se está usando.

La ecuación para conductores de cobre:

$$A_c = K I S$$

Donde:

- A<sub>c</sub> = Tamaño del cable (circular mil)
- K = Constante del conector
- S = Tiempo máximo de corto circuito
- I = Corriente de corto circuito máxima.

La constante del conector (K) varía entre la máxima temperatura que resisten los diferentes tipos de conectores:

	Máxima Temperatura	Valor de K
Cable Solo-----	1083	6.96
Conexiones Cadwel----	450	9.12
Conexiones mecanicas---	250	11.54

$$A_c = 6.96 X 24905 X 0.2 = 77520.5 \text{ Circular mil}$$

$$A_c = 77.52 \text{ KCM}$$

Como podemos ver un calibre delgado cumple con la condición, pero generalmente se acepta como límite inferior el calibre 250---MCM por razones mecánicas. El cobre es el metal más comúnmente empleado para las redes de tierra. El acero recubierto con cobre se usa en las varillas o electrodos verticales por razones de rigidez y capacidad calorífica. Se tiene la ventaja con el cobre de una alta conductividad, aunada a la ausencia de corrosión, ya que es catódico con respecto a otros metales que puedan estar enterrados en la vecindad y con ello se asegura una larga vida de la red, si los conductores que la forman han sido escogidos adecuadamente para soportar las corrientes a tierra y para resistir daños mecánicos.

Para obtener la resistencia total aproximada de la red de tierras utilizaremos la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\quad}{4r} - \frac{\quad}{L} \quad \text{donde:}$$

- $\rho$  = Resistividad del terreno de ohm - metro  
 $r$  = Radio del circulo que tenga la misma área de la ocupada por la red de tierras, en metros.  
 $L$  = Longitud total del conductor del sistema de tierra en metros.

$$\rho = 60 \text{ - mt}$$

$$r = 15.15 \text{ mt}$$

$$L = 272 \text{ mt}$$

$$R = \frac{60}{4 \times 15.15} - \frac{60}{272} = 1.21$$

La ecuación de potencial de la red será:

$$V = I''_{cc} \times R \quad \text{de donde}$$

$$V = 30135.44 \text{ Volts}$$

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

En la tierra las corrientes se esparcen en todo el espacio y su distribución depende de la conductividad de los materiales contenidos en la superficie terrestre, la cual es mucho menor que la conductividad de los metales. De hecho dos de los componentes principales de la tierra, oxido de aluminio y oxido de silicio, son excelentes aisladores. La conductividad eléctrica de la tierra se debe gran parte a las sales y humedad que contienen.

Los disturbios atmosféricos así como las fallas del equipo, provocan la conducción de altas corrientes a tierra, lo que obliga a tomar precauciones para evitar tensiones o gradientes eléctricos elevados, que ofrezcan un peligro a operadores o en general al personal que labore en el recinto donde ocurre la falla.

En fechas recientes se ha ido generalizando el uso de sistemas conectados sólidamente a tierra, lo que ha obligado a un diseño meticuloso de las redes de tierra para evitar accidentes, ya que fácilmente se llega a intensidades de algunos miles de amperes, intensidades de corriente de esta magnitud producen gradientes elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra, y si se dá la circunstancia de que algún ser viviente "puentee" dos puntos a la distancia de un paso normal, puede sufrir una sobretensión que sobrepase el límite de su "engarrotamiento" muscular y que provoque su caída abarcando una superficie de mayor potencial y esto provoque que aumente la corriente por su cuerpo, y de pasar.

ésta por un organo vital sobreviene la muerte.

Lo que provoca el engarrotamiento muscular que no permite soltar el objeto electrizado, es la intensidad de corriente, pero esta a su vez esta relacionada con la tensión aplicada y la resistencia ohmica de las partes del cuerpo que quedan en contacto con potenciales diferentes. La resistencia es muy variable y depende de si el contacto es húmedo o seco, si es a través de zapatos o ropa de la parte del cuerpo, que entre en contacto con el circuito y aún de los estados de ánimo.

La corriente límite que aún permite soltar el electrodo, se denomina "corriente de soltar".

Magnitudes de corriente solo ligeramente superiores a la corriente de soltar de una persona son muy dolorosas, causantes de miedo o espanto y difíciles de soportar aún en tiempos de corta duración.

La exposición prolongada a estas corrientes o corrientes en exceso de la "corriente de soltar" pueden producir extenuación, asfixia, colapso e inconsciencia, seguida por la muerte.

La corriente de soltar" puede fijarse en 9 miliamperes para hombres y 6 miliamperes para mujeres.

Para que la corriente de soltar quede dentro de los límites de 9 miliamperes, se necesita que la corriente permanente satisfaga:

$$Emalla \quad (1000 - 1.5) \times \frac{9}{1000}$$

$$Km \text{ Ki} \frac{I}{L} \quad (1000 - 1.5 \times \frac{9}{1000})$$

Donde:

**Km.** coeficiente que toma en cuenta el efecto del No. de conductores en paralelo (N), el espaciamiento (D), el diámetro d y la profundidad de enterramiento h de los conductores que forman la red.

**Ki.** - Es un factor de corrección por irregularidades para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme de partes diversas de la red.

**Resistividad del terreno**

Resistividad del material que se encuentra inmediatamente bajo los pies.

L. - Longitud total del conductor que forma la red.

I. - Corriente total efectiva máxima en amperes, que fluye entre la red de tierras y la tierra, ajustada por decremento y crecimiento futuro del sistema.

$$K_m = \frac{1}{iT} \log_e \frac{D^2}{16 hd} - \frac{1}{4} \log_e \frac{3 \times 5 \times 7}{6 \times 8} \text{etc}$$

$$K_m = \frac{2.3026}{iT} \log \frac{D^2}{16 hd} - \frac{2.3026 \log 3}{4} \frac{x5}{6} \frac{x7}{8} \frac{x9}{10} \text{etc}$$

Donde el número de factores en el segundo término es dos menos que el número de conductores paralelos en la red principal, excluyendo las conexiones transversales.

Dando valores:

$$D = 6.0 \text{ mt.}$$

$$d = 0.0146 \text{ mt (diámetro del conductor calibre 250 MCM)}$$

$$h = 0.50 \text{ mt}$$

$$K_m = \frac{2.3026}{2 \times 16 \times 0.50 \times 0.0146} \log \frac{(6)^2}{16 \times 0.50 \times 0.0146} - \frac{2.3026}{3.1416} \log \left( \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{10} \right)$$

$$K_m = 0.9121 - 0.2256 = \underline{0.6865}$$

$$K_i = 0.650 - 0.172 N$$

$$N = 6 \text{ Conductores paralelos en una dirección}$$

$$K_i = 0.650 - (0.172 \times 6) = \underline{1.682}$$

$$= 60 \quad - \quad m$$

$$= 150 \quad - \quad m \text{ (capa de concreto 10 cm)}$$

$$L = 272 \text{ mt.}$$

Despejando la I:

$$I = \frac{(1 - 1.5 \frac{1000}{L}) 9 \times L}{K_m K_i}$$

Considerando primero que



$$I = \frac{(1 - 1.5 \frac{60}{1000}) 9 \times 272}{0.6865 \times 1.682 \times 60} = 38.51 \text{ amperes}$$

I 38.51 Amperes

Para terreno natural = 60 - mt y con la superficie -  
de espesor: = 150 - mt.

$$I = \frac{(1 - 1.5 \frac{150}{1000}) 9 \times 272}{0.6865 \times 1.682 \times 60} = 43.2842 \text{ Amperes}$$

I 43.2842 Amperes

Para Terreno natural = 60 - mt y con la superficie de una  
capa de 10 cm de espesor de roca triturada o grava:  
= 3000 -mt

$$I = \frac{(1 - 1.5 \frac{3000}{1000}) 9 \times 272}{0.6865 \times 1.682 \times 60} = 194.3374 \text{ Amp.}$$

I 194.3374 Amperes.

Estos valores obtenidos son los mínimos para los ajustes de los -  
relevadores de tierra.

OBTENCION DEL VOLTAJE DE PASO QUE TENDRA LA RED  
(Epasso)

$$E_{\text{passo}} = K_s K_i \frac{I}{L}$$

Donde:

$K_s$  = Coeficiente que toma en cuenta el número de conductores en paralelo en una dirección en la red ( $N=6$ ), el espaciamiento entre ellos ( $D=6.0$  mt) y su profundidad de enterrado ( $h=0.50$  mt).

$$K_s = \frac{1}{2h} - \frac{1}{D-h} - \frac{1}{2D} - \frac{1}{3D} - \frac{1}{4D} - \frac{1}{5D} \dots\dots\dots$$

El número total de términos dentro del parentesis es igual al número de conductores en paralelo de la red, excluyendo conexiones transversales. Los demás parámetros ya fueron definidos antes.

$$K_s = \frac{1}{3 \cdot 1416} - \frac{1}{2 \times 0.5} - \frac{1}{6-0.5} - \frac{1}{2 \times 6} - \frac{1}{3 \times 6} - \frac{1}{4 \times 6} - \frac{1}{5 \times 6}$$

$$K_s = \underline{0.4925}$$

a) Para terreno natural: = 60 - mt.

$$\text{E paso} = 4550.9986 \quad \underline{45.51 \text{ Volts}}$$

b) Para un terreno con una capa de concreto de 10 cm de espesor : = 150 - mt

$$\text{E paso} = 0.4925 \times 1.682 \times 150 \times \frac{24905}{272}$$

$$\text{E paso} = \underline{11377.5 \text{ Volts}}$$

c) Para una superficie con una capa de roca triturada o grava de 10 cm de espesor:

$$= 3000 \quad - \text{ mt}$$

$$\text{E paso} = 0.4925 \times 1.682 \times 3000 \times \frac{24905}{272}$$

$$\text{E paso} = \underline{227549.92 \text{ Volts}}$$

El potencial de paso tolerable para terreno natural será:

$$\text{E paso (tolerable)} = \frac{165}{0.2} = \underline{503,1153 \text{ Volts}}$$

Para terreno con una capa de concreto:

$$\text{E paso (tolerable)} = \frac{165 - 150}{0.2} = 704.36 \text{ Volts}$$

Para terreno con una capa de roca triturada

$$\text{E paso (tolerable)} = \frac{165 - 3000}{0.2} = 7077.15 \text{ Volts}$$

Como podemos ver, los valores tolerables para el voltaje de paso son bastante muy inferiores a los voltaje de paso máximos que se podrán presentar en la red al momento de una falla trifásica a tierra. Esto trae como consecuencia que se pondría en peligro la vida del personal de mantenimiento o a cualquier otro, que en el instante de la falla se encontrara dentro de la subestación para -- tratar de corregir esto haremos lo siguiente:

El potencial de contacto esta dado por la siguiente ecuación:

$$\text{E contacto} = \frac{165 - 0.25}{t} \quad \text{--- - Para terreno natural}$$

$$\text{y el potencial de malla} = \frac{\text{Km Ki I}}{L}$$

Si igualamos el potencial de contacto con el potencial de malla y despejamos "L":

$$\frac{165.0 - 0.25}{t} = \frac{K_m K_i I}{L}$$

$$L = \frac{K_m K_i I t}{165 - 0.25}$$

Donde:

L = Longitud del conductor enterrado necesario para mantener el potencial de malla dentro de los límites de seguridad.

Analizaremos el tipo de configuración

POTENCIA DE C.C. SIMETRICO EN EL AREA DE 115 KV EN -  
S. E. "SEIS DE ABRIL"

$$P_{cc3\phi} = 382.84 \text{ MVA}$$

$$P_{cc1\phi t} = 87.58 \text{ MVA}$$

Añadiendo la impedancia que representa la línea de transmisión -  
tenemos que:

$$P_{cc3\phi} \text{ en el área de 115 KV} = 229 \text{ MVA}$$

$$P_{cc1\phi} \text{ en el área de 115 KV} = 145 \text{ MVA}$$

$$I_{cc3\phi} \text{ en el área de 115 KV} = 1149.36 \text{ Amp.}$$

$$I_{cc1\phi} \text{ en el área de 115 KV} = 727.63 \text{ Amp.}$$

$$P_{base} = 100 \text{ MVA}$$

$$P_{cc3\phi} \text{ en el área de 13.8 KV} = 92 \text{ MVA}$$

$$P_{cc1\phi} \text{ en el área de 13.8 KV} = 105.7 \text{ MVA}$$

$$I_{cc3\phi} \text{ en el área de 13.8 KV} = 1145 \text{ Amp.}$$

$$I_{cc1\phi} \text{ en el área de 13.8 KV} = 1266.41 \text{ Amp.}$$

DATOS OBTENIDOS ANTERIORMENTE DE LA POSIBLE CONFI-  
GURACION DE LA RED:

- = 60 - mt
- = 150 - mt (capa de concreto)
- = 3000 - mt (capa de roca triturada o grava)

$$I_{cc3\phi t} = 1149.36$$

$$A \text{ red} = 760 \text{ m}^2$$

$$L_{cond.} = 15.55 \text{ mt.}$$

Aplicando los factores de crecimiento y de decremento:

$$I_{cc3\phi t} = 8345.4 \text{ Amp.}$$

$$\text{Tamaño del conductor} = 250 \text{ MCM}$$

Resistencia total aproximada de la red:

$$R = 1.21$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La elevación de potencial de la red:

$$V = I_{cc} \times R = 10097.934 \text{ Volts}$$

Para que la corriente de soltar quede dentro de los límites de 9 Milliamperes, se necesita que la corriente permanente satisfaga:

$$I = \frac{(1 - 1.5 \frac{10000}{L}) \times 9 \times L}{Km \times Ki}$$

Para = = 60 - mt

I = 38.51 Amp.

Para = 60 - mt y = 150 - mt

I = 43.28 Amp.

Para = 60 - mt y = 150 - mt

I = 194.33 Amp.

Voltaje de paso que tendrá la red:

$$E_{paso} = K_s \times Ki \times \frac{I}{L}$$

Para terreno natural: = 60 - mt

E<sub>paso</sub> = 1524.97 Volts

Para = 3000 - mt

E<sub>paso</sub> = 76 248.57 Volts

Para que el voltaje de paso soportable sea mayor al voltaje de paso máximo que se podrá presentar en la red, la longitud del conductor de la misma deberá ser:

$$L = \frac{Km \times ki \times I \times t}{165 \times 0.25}$$

con = 60 - mt y = 150 - mt

L = 916 mt.

Con L = 900 mt, el arreglo sería el siguiente:

10 conductores a lo largo y 10 conductores a lo ancho, espaciados - cada uno de ellos 6.0 mt., ocuparan un terreno de 50 x 50 mt.

Haciendo una área de 2500 m<sup>2</sup>

$$A_{red} = 2500 \text{ M}^2$$

$$L_{cond} = 900 \text{ mt.}$$

$$r = \frac{A}{\pi} = \frac{2500}{3.1416} = 28.21 \text{ mt.}$$

La resistencia aproximada de la red será:

$$R = \frac{\rho}{4r} \cdot \frac{L}{L} \quad R = 0.598452$$

La elevación de potencial de la red:

$$V = 8345.4 \times 0.5984 = 4993.8874 \text{ Volts}$$

El voltaje de paso que tendrá la red será:

$$E_{paso} = K_s K_i \frac{I}{L}$$

Para que la corriente de soltar quede dentro de los límites de 9 miliamperes, se necesita que la corriente permanenete satisfaga:

$$I = \frac{(1 - 1.5 \frac{1000}{L}) \cdot 9 \times L}{K_m K_i}$$

$$K_m = \frac{2.3026}{16} \log \left( \frac{D^2}{hd} \right) = \frac{2.3026}{16} \log \left( \frac{3 \times 5 \times 7 \times 9 \times 11 \times 13 \times 15}{4 \times 6 \times 8 \times 10 \times 12 \times 14 \times 16} \right)$$

$$K_m = 0.61$$

$$K_i = 0.650 - 0.172 N ; \quad N = 9$$

$$K_i = 2.198$$

a) Para  $L = \frac{60}{60} \cdot 60 = 60 \text{ - mt}$

$$I = \frac{(1 - 1.5 \frac{1000}{60}) \cdot 9 \times 900}{0.61 \times 2.198 \times 60} = 109.75 \text{ Amps.}$$

$$I = 109.75 \text{ A}$$

b) Para  $L = \frac{60}{150} \cdot 60 = 24 \text{ - mt}$

$$I = \frac{(1 - 1.5 \frac{1000}{24}) \cdot 9 \times 900}{0.61 \times 2.198 \times 24} = 123 \text{ Amp.}$$

$$I = 123 \text{ Amp.}$$

El voltaje de paso que tendrá la red:

$$E_{paso} = K_s K_i \frac{I}{L}$$

$$K_s = \frac{1}{3.1416} \frac{1}{2 \times 0.5} - \frac{1}{6-0.5} - \frac{1}{2 \times 6} - \frac{1}{3 \times 6} - \frac{1}{4 \times 6} - \frac{1}{5 \times 6} - \frac{1}{6 \times 6} - \frac{1}{7 \times 6} - \frac{1}{8 \times 6}$$

$$K_s = 0.5155$$

a) Para terreno natural = 60 - mt

$$\text{E Paso} = 0.5155 \times 2.198 \times 60 \times \frac{8345.4}{900} = 630.4 \text{ Volts}$$

$$\text{E Paso} = 630 \text{ V}$$

b) para una superficie con una capa de concreto de 10 cm de espesor : = 150 - mt

$$\text{E Paso} = 0.5155 \times 2.198 \times 150 \times \frac{8345.4}{900} = 1576.98 \text{ Volts}$$

$$\text{E Paso} = 1577 \text{ Volts}$$

El potencial de paso tolerable para terreno natural:

$$\text{E Paso (tolerable)} = \frac{165 - t}{0.2} = \frac{165-60}{0.2} = 503.12 \text{ Volts}$$

Para terreno con una capa de concreto:

$$\text{E Paso (tolerable)} = \frac{165 - t}{0.2} = \frac{165-150}{0.2} = 704.4 \text{ Volts}$$

Número de varillas de la red:

$$R = \frac{60}{2} \log_e \frac{4}{d} \dots \dots \dots \text{ Resist. por varilla}$$

Si = 60 - mt l = 3.048 mt y d = 0.0159 mt

$$R = \frac{60}{2 \times 3.1416 \times 3.048} \log_e \frac{4 \times 3.048}{0.0159} = 20.81$$

En general por los datos empiricos la cantidad de varillas necesarias es igual a:

$$N = 0.5177 \quad ; \quad = 60 \quad \text{- mt}$$

$$N = 0.5177 \times 60 = \underline{31}$$

### RESUMEN DE DATOS GENERALES PARA EL DISEÑO

1o. Area de la red = 50 x 50 mt = 2500 M<sup>2</sup>

- 2o. Longitud del conductor de la red = 900 mt
- 3o. Arreglo \_\_\_\_\_ 9 conductores en un sentido y 9 en el otro.
- 4o. Calibre del conductor de la red
- a) 250 KCM para la principal
- b) 3/0 AWG en derivaciones para aterrizar equipos y cerco
- 5o. Número de varillas de tierra = 31 pz.
- 6o. Elevación de potencial de la red = 4994 Volts
- 7o. Potencial de paso = 1577 Volts.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- 2.4 COORDINACION DE PROTECCIONES.- Estudios Estadísticos - efectuados en sistemas de distribución aérea, han demostrado que hasta el 95% de las fallas son transitorias.

Las causas típicas de dichas fallas pueden resumirse en:

- a) Conductores que se tocan por acción del viento
- b) Descargas atmosféricas sobre algún aislador
- c) Animales que "puentean" alguna superficie conectada a tierra con los conductores ó bien conductores entre sí.
- d) Ramas de árboles, antenas, láminas, etc.
- e) Sobrecargas momentáneas que producen ondas de corrientes las- que pueden hacer operar los dispositivos de protección.
- f) Contaminación ambiental
- g) Vandalismo

La experiencia real de fallas no han demostrado que en el primer recierre se elimina hasta el 88% de ellas, en el segundo, un 5% - adicional y en el tercero un 2% mas, quedando un promedio de -- 5% de fallas permanentes.

Para la ubicación correcta del equipo de protecciones deberá tener en cuenta lo siguiente:

- a) El primer punto lógico a proteger será la salida del alimentador.
- b) El origen de cada ramal debería considerarse como punto de sec cionalización con el objeto de limitar el retiro de servicio al me nor segmento práctico del sistema.
- c) Se debe tomar en cuenta la facilidad de acceso al equipo de pro- tección que se instale.
- d) La decisión definitiva sobre el grado de protección debe quedar - sujeta a una evaluación técnico-económica que tome en cuenta la inversión inicial en los equipos contra los ahorros en costo y be- neficio a largo plazo.

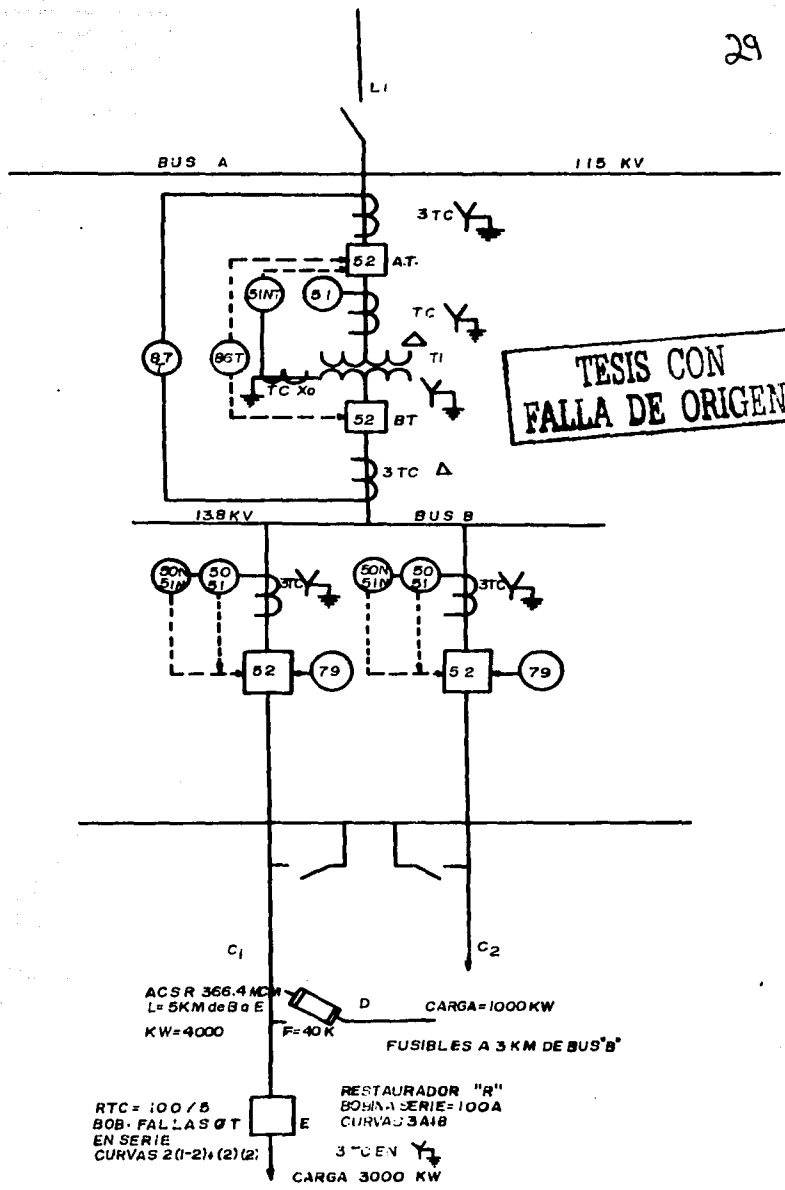
Los factores que deben tomarse en cuenta para la aplicación apro- piada del equipo de protección, se puede resumir en:

- a) Distancia y calibres de conductores a lo largo del circuito que se desea proteger.
- b) Voltaje del sistema
- c) Corrientes normales de carga en las ubicaciones del equipo de pro tección.
- d) Niveles de fallas, máxima y mínimas en los puntos que se desean proteger. (Gen. Máx. y Mín.)
- e) Valores mínimos de operación.
- f) Características operativas (curvas tiempo-corriente y secuencia - seleccionada en los equipos de protección.
- g) En el equipo de protección se deben considerara ciertos márgenes de capacidad, tales que cubran los futuros crecimientos de carga - ó probables modificaciones del sistema.

- h) Normalmente, a medida que las distancias desde la subestación - aumentan, se utilizan equipos menos caros y menos sofisticados.

Existen dos principios básicos que deben tomarse en cuenta en - la coordinación de dispositivos de protección.

- a) El dispositivo de protección más cercano de eliminar una falla - permanete ó transitoria antes que el dispositivo de respaldo, - adyacente al lado de alimentación interrumpa el circuito en for- - ma definitiva.
- b) Las interrupciones del servicio motivadas por fallas permanentes deben ser restringidas a una sección del circuito lo mas pequeñas y por el tiempo menor que sea posible.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

ACSR 366.4 MM<sup>2</sup>  
L=5KM de B a E  
KW=4000

FUSIBLES A 3 KM DE BUS "B"

RTC = 100 / 5  
BOB. FALLAS Ø T  
EN SERIE  
CURVAS 2 (1-2) + (2) (2)

RESTAURADOR "R"  
BOBINA SERIE=100A  
CURVAS 3A1B

3" DEN  
CARGA 3000 KW

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

30

## COORDINACION Y AJUSTE DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION, CONTROL Y MEDICION.

Las características esenciales para la protección de un sistema eléctrico son: Tensión, Corriente, Frecuencia, Fases, Polaridad, Potencia, F.P., etc., los cuales se alteran al originarse una falla en el sistema.

Los relevadores son dispositivos de protección de fallas y están calibrados bajo un cierto rango y mantenerse inactivos cuando estos parámetros no varían en el sistema. Por ejemplo al originarse un disturbio en el sistema, los relevadores detectan y seleccionan la característica del sistema que le conviene y actúan sobre otro sistema aparte, ya sea abriendo o cerrando algún contacto que pertenezca al circuito de apertura del interruptor que corresponde para el aislamiento de la falla de la parte donde se creó.

DESCRIPCION GENERAL DE LOS RELEVADORES. - Un relevador de protección es un dispositivo que colocado en un circuito eléctrico produce cambios en otros o en su propio circuito. Un relevador tipo estándar consta principalmente de una bobina y un contacto, en donde la bobina está conectada directamente al transformador de corriente o de potencial y el contacto (abierto o cerrado) se conecta al circuito de disparo del interruptor correspondiente.

PRINCIPIOS EN QUE SE BASAN LOS RELEVADORES. - Solamente existen dos principios fundamentales en que se basa la operación de los relevadores y son:

Por atracción electromagnética, y  
Por conducción electromagnética.

La primera consiste de un vástago dentro de una selenoide o de una pieza magnética atraída por un electroimán.

La segunda opera bajo el principio del motor de inducción de los discos de un Wattthormetro, estos aprovechan la generación de dos flujos sobre un disco que se mueve actuando por la fuerza que resulta y es máxima cuando los flujos tienen un ángulo de fase entre sí de 90°.

Aproximadamente en éstos principios de inducción se han construido dos clases de relevadores de protección que son los que actúan bajo una sola fuente de señal y los que actúan bajo dos o más fuentes de señal. Los primeros lo constituyen un disco de inducción sobre el cual se cierra un circuito magnético con una sola bobina; el núcleo está dividido en dos regiones una por la que circula el flujo total de la corriente de la bobina y la otra donde se ha -

devanado y puesto en corto circuito un embobinado o una sola espira que defasa una sola parte del flujo que atraviesa el entre hierro, de esta forma una sola señal hace actuar el disco en pre-determinadas condiciones.

La segunda clase es la que pone en juego dos bobinas sobre un solo núcleo o sobre dos núcleos separados como el núcleo de un --- Wattorímetro. Sobre una bobina se pueden mandar las señales de corrientes producidas por un transformador de corriente y sobre la segunda las señales de tensión foluadas por un transformador de potencia.

CLASIFICACION DE LOS RELEVADORES. - Los relevadores se dividen en cuatro grupos principales:

a) Relevadores de protección:

La función de estos relevadores es detectar fallas en líneas y aparatos o bien otro tipo de condiciones indeseables permitiendo una apropiada desconexión al dar una adecuada señal de alarma. Estos dispositivos se les denomina de alta velocidad cuando su tiempo de operación no excede de tres ciclos, y de baja velocidad cuando operan a más de tres ciclos.

b) Relevadores auxiliares:

Es empleado para asistir en el desarrollo de sus funciones a los relevadores de protección como respaldo. El uso de estos relevadores como respaldo son los siguientes: energizar circuito de control multiples, proporcionar la capacidad adecuada de los contactos para circuitos de control que necesitan corrientes de mayor intensidad y proporcionar flexibilidad a los arreglos de los contactos.

c) Relevadores regulares:

La función de este relevador es detectar la variación no deseada de la cantidad medida o variable controlada y restaurar la cantidad dentro de los límites establecidos con anterioridad.

d) Relevadores verificadores:

Su función es detectar las condiciones del sistema de fuerza -- con respecto a los límites prescritos indicando operaciones automáticas, además de abrir interruptores durante las condiciones de falla.

PROTECCION DE TRANSFORMACION. - El transformador por ser una máquina estática tiene menor problemas que cualquier otra máquina, debido a que no existen esfuerzos mecánicos. Los transformadores normalmente se protegen contra fallas internas y externas; siendo las fallas externas los cortos circuitos, sobretensiones por fallas del sistema y de origen atmosférico, sobrecargas, etc., y las fallas internas los corto circuitos entre espiras

**y tierra, fallas entre espiras y núcleo magnético, ruptura de las bobinas, etc.**

SE HACE EL ESTUDIO DE REGULACION PARA EL ALIMENTADOR 4015 DE S. E. SAHUARO

	1	2	3	4	5	6
R	4.2282	5.6376	0.7536	0.8792	1.2560	0.7077
XL	1.2186	1.6248	1.2330	1.4385	2.0550	0.7692
KVA	2350	1950	1200	700	300	450
F.P.	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
IL	104.136	92.974	57.820	33.976	14.629	22.015
V <sub>1</sub> V <sub>1</sub>	13.8	13.029	12.109	11.982	11.895	11.840
V <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	13.029	12.109	11.982	11.895	11.840	11.801
%en Reg	5.919	7.597	1.058	0.730	0.463	0.328
Perd. en KW	137.55	146.197	7.558	3.045	0.806	1.029
%Perd	6.304	7.934	0.719	0.497	0.308	0.262

A FACTOR DE POTENCIA DE 0.87;  $\theta = -29.540^\circ$

**PASOS A SEGUIR PARA DETERMINAR LOS AJUSTES DE REGULADORES DE VOLTAJE.**

- 1.- Localizar el centro de carga del alimentador ó un servicio muy importante donde se desee mantener el nivel adecuado de voltaje.
- 2.- Conocer la distancia y el calibre del conductor a ese punto.
- 3.- En base a esto conocer R y X
- 4.- Conocer el tipo de conexión de los reguladores: delta o estrella aterrizada.
- 5.- Conocer la relación de transformadores de corriente y potencial.

**EJEMPLO**

b).-

c).-  $r = 0.350$  /milla      DISTANCIAS EN MTS. O PULGADAS  
 $x = 0.639$  /milla

$$R = \frac{0.350 \times 3.0}{1.609} = 0.66$$

$$X = \frac{0.639 \times 3.0}{1.609} = 1.20$$

$$D = \sqrt[3]{VA \times B \times C}$$

$$D = \sqrt[3]{64 \times 16 \times 80}$$

$$D = \sqrt[3]{81920} = 43''$$

d).- Conectar en estrella aterrizada

e).- Ajustes. PT = 66.7 Y CT = 400

$$R = \frac{CT}{PT} \times R = \frac{400}{66.7} \times 0.66 = 6.0 \times 0.66 = 3.96 \underline{\underline{4}}$$

$$X = \frac{CT}{PT} \times X = \frac{400}{66.7} \times 1.20 = 6.0 \times 1.20 = 7.20 \underline{\underline{7}}$$

f).- Ancho de banda = 1.5

g).- Tiempo retraso = 45 (el que desea tener)

h).- Nivel de voltaje =  $\frac{V \text{ PRIMARIO}}{PT} \times \frac{(\text{al centro de carga})}{\sqrt{3}}$

$$V \text{ PRIMARIO} = 66.7 \times 3 \times \text{NIVEL DE VOLTAJE.}$$



$$\text{NIVEL DE VOLTAJE} = \frac{13\,400}{66.7 \times 1.732} = \underline{\underline{116\text{ V}}}$$

d). - Para el caso de conexión en delta

e). - Ajustes PT = 120 CT = 200

$$R = \frac{CT}{PT \cdot 3} \times R = \frac{200}{120 \cdot 3} \times R = \frac{200}{69.29} \times 0.66 = 1.91$$

$$X = \frac{CT}{PT \cdot 3} \times X = \frac{200}{120 \cdot 3} \times X = \frac{200}{69.29} \times 1.20 = 3.46$$

#### ADELANTANDO

$$\begin{aligned} R &= 0.866 R - 0.5 X \\ X &= 0.866 X - 0.5 R \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= 0.866 \times 1.91 - 0.5 \times 3.46 & R &= 0.866 \times 1.91 - 0.5 \times 3.46 \\ &= 1.66 - 1.73 = 3.39 \underline{\underline{3}} & R &= 1.66 - 1.73 = 0.07 = \underline{\underline{0}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 0.866 \times 3.46 - 0.5 \times 1.91 & X &= 0.866 \times 3.46 - 0.5 \times 1.91 \\ &= 3.00 - 0.96 = 2.04 \underline{\underline{2}} & X &= 3.00 - 0.96 = 3.96 \underline{\underline{4}} \end{aligned}$$

#### RETRASANDO

$$\begin{aligned} R &= 0.866 R - 0.5 X \\ X &= 0.866 X - 0.5 R \end{aligned}$$

#### ADELANTADO

$$\begin{aligned} R &= 3 \\ X &= 2 \end{aligned}$$

#### RETRASADO

$$\begin{aligned} R &= 0 \\ X &= 4 \end{aligned}$$

f). - Ancho de banda = 1.5

g). - Tiempo de retraso = 45

h). - Nivel de voltaje =  $\frac{\text{VOLTAJE DESEADO}}{PT}$  (Voltaje de línea)  
a línea

El desarrollo del estudio de coordinación consta principalmente - de tres pasos:

- 1) Cálculo de corto circuito en los puntos donde se tienen dispositivos de protección instalados.
- 2) Selección de R. T. C. y ajustes de los esquemas de protección.
- 3) Uso de gráficas para determinar la correcta coordinación entre los dispositivos de protección.

Los datos con que contamos para comenzar el estudio de coordinación son los siguientes:

FALLA	BUS A 115 KV	BUS B 13.8 KV	PUNTO C 13.8 KV	PUNTO D 13.8 KV
MVA 3 $\phi$	228.94	92.01	56.82	45.12
AMP	1149.36	3849.56	2377.10	1888.63
MVA 1 $\phi$	144.93	105.74	12.73	11.88
AMP	727.63	4423.92	532.75	497.18

## 2) Selección de RTC y ajustes de los esquemas de protección.

Este ejemplo, podemos ver dos ramas de coordinación en cascada. La primera abarca desde interruptor de línea L1, transformador T1 con sus interruptores, interruptor de alimentador y fusibles y restaurador en los puntos C y D respectivamente. La segunda rama abarca al interruptor de línea L1.

Primeramente seleccionaremos los ajustes de la protección defensiva del transformador T1, para después continuar con la rama correspondiente.

### 2. 1) Protección Diferencial 87T1.

a) Determinación de las corrientes del transformador a sus diferentes capacidades.

#### A 12 000 KVA

$$I_{AT} = \frac{12\ 000}{3 \cdot 110} = 62.98 \text{ Amp.}$$

$$I_{BT} = \frac{12\ 000}{3 \cdot 13.8} = 502.04 \text{ Amp.}$$

#### A 16 000 KVA

$$I_{AT} = \frac{16\ 000}{3 \cdot 110} = 83.98 \text{ Amp.}$$

$$I_{BT} = \frac{16\ 000}{3 \cdot 13.8} = 669.39 \text{ Amp.}$$

#### A 20 000 KVA

$$I_{AT} = \frac{20\ 000}{3 \cdot 110} = 104.97 \text{ Amp.}$$

$$I_{BT} = \frac{20\ 000}{3 \cdot 13.8} = 836.74 \text{ Amp.}$$

b) Selección de RTC en alta y baja tensión para máxima corriente de carga (20 MVA).

$$I_{AT} = 104.97 \text{ Amp. RTC} = 200/5$$

$$I_{BT} = 836.74 \text{ Amp. RTC} = 1000/5.$$

c) Determinación de corrientes secundarias.

En este caso, antes de obtenerlas debemos contemplar primero - la conexión secundaria de los TCs, en este caso será estrella en alta tensión y delta en baja tensión del transformador, se calcula la corriente a capacidad nominal.

Alta tensión: Conexión

$$I_{sa} = \frac{62.98}{20075} = 1.5746 \text{ Amp. sec.}$$

Baja tensión: Conexión

$$I_{sb} = \frac{502.04}{1000/5} (3) = 4.3478 \text{ Amp. sec.}$$

d) Selección de taps de ajuste

Para este caso se fija un valor y por regla de tres se obtiene el otro. La protección BDD, cuenta con los siguientes taps de ajuste para alta y baja tensión:

2.9, 3.2, 3.5, 3.8, 4.2, 4.6, 5.0 y 8.7.

Generalmente se selecciona el tap más alto para la mayor corriente en este caso se fija el valor de baja en 8.7

$$T_B = 8.7 ; I_{sb} = 4.3478 \text{ Amp.}$$

$$T_A = X ; I_{sa} = 1.5746 \text{ Amp.}$$

$$T_A = \frac{8.7(1.5746)}{4.3478} = 3.1508 \text{ Amp.}$$

El tap real más cercano es 3.2

Así los taps de ajuste de la protección serán:

Lado de A. T. Tap = 3.2 Amp.

Lado de B. T. Tap = 8.7 Amp.

e) Verificación del porciento de error de la relación de corriente-

secundarias a los taps de ajuste (mismatch).

$$M = \frac{I_{sb} / I_{sa} - T_b / T_a}{S} \times 100.$$

Relación de taps:

$$\frac{T_b}{T_a} = \frac{8.7}{3.2} = 2.7188 = S$$

Relación de corrientes secundarias:

$$\frac{I_{sb}}{I_{sa}} = \frac{4.3478}{1.5746} = 2.7612.$$

$$M = \frac{2.7612 - 2.7188}{2.7188} \times 100 = 1.5629 \%$$

Este valor es menor al 5% por lo que los ajustes calculados son los adecuados.

f) De acuerdo con el instructivo del relevador, la corriente secundaria máxima que circulará por el relevador durante falla, no debe exceder 220 Amp., ya que este es el valor de capacidad térmica nominal a 1 segundo ( $I^2T = 48\ 400$ ).

De la tabla del resumen de fallas tenemos que:

$$\text{Alta Tensión Is} = \frac{1149.36}{40} = 28.73$$

$$\text{Baja Tensión Is} = \frac{4423.92}{200} \times 3 = 38.31$$

Ninguno de los dos valores rebasa el límite de 220 Amp.

g) Ajuste de procentaje de pendiente.

El tap seleccionado debe ser mayor que la suma del error de relación de corriente secundaria a los taps de ajuste (mismatch) -- más el porcentaje que representa la relación de transformación -- más alejada del tap central a que se ajusta el transformador, debe tomarse en cuenta además las características de magnetización y saturación de los TCs, es conveniente considerar de un 10 a un 15% como margen de seguridad.

Si el total de error no excede del 20%, el tap de 25% debe ser usado, si excede del 20% pero no pasa del 35%, el tap de 40% será usado de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Para este caso tendremos:

$$\% \text{ de Pendiente} = 5\% - 10\% - 1.5\% = 165\%$$

$$\% \text{ de Pendiente} = 25\%$$

2.2) Ajustes de la protección de Sobrecorriente del interruptor - de banco T1 de alta tensión.

Puesto que los ajustes del interruptor de la línea de subtransmisión L1 ya fueron dados, deberemos ajustar nuestra protección - para que coordine con el interruptor mencionado.

Protección 50/51 - L1

$$\text{RTC} = 300/5; \text{ tap} = 5 \text{ amp.}; \text{ Pal} = 2.0;$$

$$\text{Instantáneo} = 22 \text{ Amp. sec} = 1320 \text{ Amp. primarios.}$$

La siguiente tabla nos muestra la tabulación de tiempo corriente en que operan los relevadores:

I	Is	MT	T
450	7.5	1.5	2.20
600	10.0	2.0	1.50
750	12.5	2.5	1.20
900	15.0	3.0	1.00
*1 150	19.2	3.8	0.85
1 200	20.0	4.0	0.82
1 500	25.0	5.0	0.72

\* Valor de falla en el bus A.

Protección 50N/51N - L1

$$\text{RTC} = 300/5; \text{ tap} = 1.5 \text{ Amp}; \text{ Pal} = 2.0 \text{ Instantáneo } 14 \text{ amp sec} = 840 \text{ Amp. primarios.}$$

Tabulación tiempo-corriente:

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

De la curva caracterfstica del fabricante.

Para Pal 1.5 t 0.6 seg.

Para los ajustes obtenidos es necesario ahora verificar si existe coordinación con el esquema de L1, así para falla trifásica - en el bus A.

13Ø 1149.36 M.T.  $\frac{1149.36}{120}$  9.58

con pal 1.5 t 0.42 seg.

t coord. 0.85 - 0.42 0.43 segundos valor aceptable para coordinación (entre 0.3 y 0.4 seg.)

e) Ajustes 51 T1 tipo IAC51.

RTC 100/5; Tap 6; Pal 1.5.

I	Is	MT	t
180	9.0	1.50	1.50
240	12.0	2.00	1.05
*320	16.0	2.66	0.80
**480	24.0	4.00	0.60
720	36.0	6.00	0.50
900	45.0	7.50	0.46
1 150	57.5	9.60	0.42

\*Corriente de falla a tierra en el bus. La conexión delta estrella de un transformador para una falla a tierra en el lado de la estrella, produce en dos de las fases de la línea que alimenta la delta del transformador una corriente del 58% ( $1/\sqrt{3}$ ) de la corriente de falla en baja tensión por la relación de transformación. De aquí podemos ver que el tiempo es adecuado para - - - coordinar con los dispositivos de baja tensión.

Por los ajustes dados a L1, podemos ver que este interruptor operará con un tiempo muy largo - - -

MT  $\frac{320.4}{300}$  1.07.

\*\* Corriente de falla trifásica en B vista en A.

El tiempo de operación del esquema L1 para esta corriente será también largo.

MT  $\frac{480}{300}$  1.6 t 1.49 segundos

- Relevador 51 NT1

a) Pick-up del relevador:

Para este ejemplo tomamos el ajuste de pick-up al 40% de la corriente nominal del transformador.

$$\text{In } \frac{12\ 000}{3} \quad 502.04 \text{ Amp.}$$

$$0.4 \text{ In } 0.4(502.04) \quad 200.82 \text{ Amp.}$$

Ipick-up 200.82 Amp.

b) Selección de RTC (TCXO).

La corriente máxima de falla secundaria no deberá ser mayor a los 100 Amp. sec.

Imax falla 4423.92 Amp.

$$\frac{\text{Imax falla}}{\text{RTC}} \quad 100 \text{ Amp. sec.}$$

$$\text{RTC } \frac{4423.92}{100} \quad 44.24/1 \quad 221.19/5$$

Con RTC 1000/5 200/1

Limitamos nuestra corriente secundaria para falla máxima y nos permite seleccionar ajustes bajos que respalden a los circuitos - sin problemas de saturación y capacidad térmica del relevador, quedando dentro de la curva característica del fabricante.

c) Selección de tap. - Con la corriente de pick-up y RTC seleccionados tendremos:

$$\text{Tap } \frac{\text{Ipick-up}}{\text{RTC}} \quad \frac{200.82}{200} \quad 1.00$$

Los taps disponibles para este relevador son: 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5 y 2.0

Tomamos el tap 1.0

d) Determinación de la Palanca.

Este relevador deberá respaldar a la salida de los alimentadores por lo que deberá librar la falla en un tiempo máximo de 0.6 seg.

Para MT 4423.92 22.12; de la característica tiempo-corriente del relevador, tenemos que:

Para MT 22.12 y Pal 3 t 0.55 segundos, tiempo adecuado para la coordinación.

e) Ajustes 51NT1, tipo IAC51:

RTC 1000/5; Tap 1; Pal 3.

Debido a que es necesario graficar cada una de las curvas tiempo-corriente con objeto de visualizar la coordinación completa, se debe fijar un voltaje de referencia que permita leer la gráfica correctamente. Para este ejemplo se utilizará 13.8 KV como referencia.

Tabulación tiempo-corriente:

I	Is MT	t
300	1.5	3.40
400	2.0	2.20
1 000	5.0	1.05
2 000	10.0	0.73
3 000	15.0	0.62
4 000	20.0	0.58
4 424	22.1	0.55

f) Finalmente, es conveniente incluir en la gráfica la curva de daño del transformador, que nos permita verificar la coordinación con los dispositivos de protección, es decir, observar que la derecha de éstos.

Tabulación tiempo-corriente:

In 502.04 Amp.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



N	In	I	t
25		12 551	2.0
20		10 041	3.0
15		7 531	5.2
10		5 020	12.0
8		4 016	19.0
6		3 012	36.0
4		2 008	100.0
3		1 506	340.0
2		1 004	10 000.0

2.4) Ajustes de la protección del alimentador. - Para calcular los ajustes se siguen los mismos pasos que ya se vieron con los relevadores de respaldo.

- Relevadores 50/51.

a) Pick-up de los relevadores. 200% de la carga máxima. Considerando un FP 0.95

Carga máxima 4210.5

I pick-up  $\frac{2(4210.5)}{3}$  13.8 352.31 Amp.

b) Selección de la RTC.

RTC  $\frac{4423.92}{100}$  44.24/1 221.2/5.

Seleccionamos RTC 300/5 60/1

c) Selección del Tap.

Tap  $\frac{I \text{ pick-up}}{RTC}$   $\frac{352.31}{60}$  5.87

d) Selección de Palanca. Se propone un tiempo de operación de 0.3 segundos para falla en bus debido a que contamos con unidad de disparo instantáneo, permitiéndonos coordinar con los relevadores de fase del interruptor de banco de alta tensión que operan en 0.6 segundos.

Para falla trifásica máxima:

MT  $\frac{3849.56}{6}$  (60) 10.69

De la curva característica para relevadores IAC51, tenemos que:

Para Pal I T 0.3 segundos.

e) Ajuste de la unidad instantánea.

Ajustando para supervisar el 80% del tramos de circuito C1 hasta el primer elemento coordinable en el troncal, tendremos:

Valor de falla a 4 Km.

$Z_1$  1.0868 81.41° 0.6692

64.3° 1.9872 7356° p.u.

$I_{cc}$  3Ø 0.5031 -73.56°

21.04.82 Amp.

Instantáneo 35 Amp.

f) Ajustes de los relevadores 50/51

Tipo IAC51; RTC 300/5 Tap 6; Pal I; Instant 35 Amp. sec.

Tabulación-corriente:

I ( 13.8 KV )	Is	MT	t
540	9.0	1.50	1.10
720	12.0	2.00	0.74
1 080	18.0	3.00	0.53
1 800	30.0	5.00	0.39
2 100	35.0	5.83	0.37
2 880	48.0	8.00	0.32
3 840.5	64.2	10.70	0.30

El relevador de recierre eliminará el disparo por unidad instantánea después del primer disparo ya que el alcance de la unidad instantánea cubre al fusible D a 3 Km del bus B.

Tabulación tiempo-corriente del fusible 40 K.

I	Is	MT	T
135	2.25	1.5	2.20
180	3.00	2.0	1.50
450	7.50	5.0	0.72
630	10.50	7.0	0.62
* 728	12.13	8.1	0.50
900	15.00	10.0	0.47
1080	18.00	12.0	0.49

\*Valor de falla en el bus A.

### 2.3) Ajustes de los relevadores 51 T1, 51NT1.

Relevadores 51T1

a) Pick Up del relevador.

Se fija aproximadamente al 200% de la corriente nominal del transformador T1.

$$I_n = \frac{12\,000}{3(110)} = 62.98$$

$$200\% I_n = 125.96 \text{ Amp.}$$

$$I \text{ pick-up} = 125.96 \text{ Amp.}$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

b) Selección de RTC. Se emplea una conexión estrella para los secundarios de los TCs, lo que implica que la corriente secundaria que recibe cada relevador de fase es un reflejo fiel de la corriente primaria que circula a su vez por el primario del TC. Se deben cubrir las siguientes condiciones:

- 1.- Se requiere que a corriente máxima de carga, la corriente secundaria no sea mayor de 5 amperes.
- 2.- Se requiere que a corriente máxima de falla, la corriente secundaria no sea mayor de 100 amperes.

$$I_{\text{nom máx}} = \frac{20\,000}{3 \cdot 110} = 104.97 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{máx falla}} = \frac{1149.36}{RTC} = 100$$

$$RTC = \frac{1149.36}{100} = 11.49/1 = 57.47/5$$

Con RTC 100/5 20/1

$$\frac{104.97}{20} \quad 5.25 \text{ Amp. sec.}$$

$$\frac{1149.36}{20} \quad 57.47 \text{ Amp. sec.}$$

RTC 100/5

c) Selección de Tap.

Con la corriente de pick-up y RTC seleccionados tendremos:

$$\text{Tap } \frac{I \text{ pick-up}}{\text{RTC}} \frac{125.96}{20} \quad 6.29$$

El relevador cuenta con los siguientes taps de ajuste:

4, 5, 6, 8, 10, 12 y 16 amperes.

Tomamos el más cercano:

Tap 6 Amperes

Con lo que podemos definir el valor exacto de pick-up.

I pick-up TAP x RTC 6x20 120 Amp.

Esto corresponde a:

$$\frac{120}{62.98} \times 100 \quad 190.5 \% \text{ de la corriente nominal del transformador T1.}$$

d) Determinación de la palanca.

Puesto que es necesario respaldar la operación de los dispositivos de protección para fallas en el bus de baja tensión que estén fuera de la protección diferencial, debemos librar una falla de éstas en un tiempo máximo de 0.6 segundos, para coordinar con los dispositivos mencionados.

Corriente de falla trifásica en el bus B.

$$13\phi \quad 3849.52 \left( \frac{13.8}{110} \right) \quad 482.94 \text{ Amp.}$$

$$\text{M. T. } \frac{482.94}{6 \times 20} \quad 4.02$$

I (13.8 KV)	MMT	MCT
80	300,000	----
100	35,000	300
200	1.100	2.3
400	0.210	0.34
600	0.090	0.15
1 000	0.032	0.060
1 500	0.014	0.034
2 000	----	0.023
2 300	----	0.019

- Relevador 50N / 51N - C1

a) Pick-up del relevador.

Para este ejemplo tomaremos el 40% de la carga máxima del circuito:

$$I \text{ pick-up } \frac{0.4 (4210.5)}{3} = 13.8 \text{ Amp.}$$

b) Selección del tap.

La RTC ya fue elegida, por lo que:

$$\text{Tap } \frac{I \text{ pick-up}}{\text{RTC}} = \frac{13.8}{60} = 1.174 \text{ Amp.}$$

El tap más cercano es 1.2.

c) Selección de Palanca.

Para la corriente de falla en bus B, daremos un tiempo de operación de 0.2 segundos.

$$\text{MT } \frac{4424.03}{1.2 (60)} = 61.44$$

Este valor de múltiplo de tap queda fuera de la característica del relevador, por lo que seleccionamos tap 1.5.

$$\text{MT } \frac{4424.03}{1.2 (60)} = 49.15$$

Para palanca 1 t 0.2 seg.

d) Ajuste de la unidad instantánea.

De igual manera que los relevadores de fase, ajustaremos para ver el 80% del tramo entre el relevador y el restaurador.

Valor de falla a 4 Km.

$Z_1$  1.9872 73.56° p.u.

$Z_0$  0.6692 90° 3.9484 78.71° 4.6065 80.33° p.u.

$2Z_1$   $Z_0$  3Rf 24.3745 20.04°

$I_{lg}$  0.1231 -20.04° p.u.  
514.33 Amp.

Instantáneo 8.6 Amp. sec.

Se fija en 10 Amp. sec 600 Amp. primarios.

e) Ajuste del relevador 50N/51N C1. tipo LAC51; RTC 300/5 tap 1.5; pal 1; Instant. 10 Amp.

Tabulación		tiempo	-	corriente
I	$I_s$	MT		t
135	2.25	1.5		1.15
225	3.75	2.5		0.60
360	6.00	4.0		0.44
450	7.5	5.0		0.39
630	10.5	7.0		0.34
900	15.0	10.0		0.30
1 800	30.0	20.0		0.24
2 700	45.0	30.0		0.22
4 500	75.0	50.0		0.20

2.5) Ajustes del restaurador ubicado en el punto D.

Como vemos en el unifilar, los ajustes de éste ya han sido dados - aunque es posible hacer las modificaciones necesarias de acuerdo con nuestro análisis.

La forma más rápida de verificar si coordina con los relevadores es hacer la suma de los tiempos de operación del restaurador y - checar que ésta sea menor que el tiempo de operación del relevador, además de verificar que el tiempo de coordinación sea entre 03 y 04 segundos.

Tabulando los tiempos del restaurador tipo "R" tenemos:

- Para falla de fase:

Bobina serie 100-200 Amp. secuencia de operación 3A - 1B; tres operaciones rápidas (curva A) y una lenta (curva B) TCC - 421.

I	tA	tB	3tA	tB
200	0.128	9.000	9.384	
300	0.090	2.700	2.970	
400	0.070	1.500	1.710	
540	0.056	0.900	1.068	
720	0.048	0.600	0.744	
1 080	0.042	0.331	0.457	
1 800	0.040	0.180	0.300	
2 100	0.040	0.147	0.267	

Comparando esta tabulación con respecto a la de los relevadores - 50/51-C1, vemos que no existe una coordinación adecuada para bajas corrientes de falla.

- Para fallas a tierra.

RTC 100/5; dispositivo de disparo en conexión serie; corriente - mínima de disparo 63.5 Amperes primarios. - Secuencia de operación 3 (1-2) -1(2) tres operaciones rápidas (curva -- 1-2) y una lenta (curva 2) TCC-437.

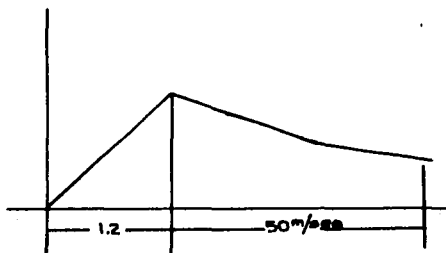
I	t(1-2)	t(2)	3(1-2)	(2)
63.5	0.450	31.70	33.050	
90.0	0.200	7.50	8.100	
200.0	0.090	2.10	2.370	
300.0	0.080	1.62	1.860	
450.0	0.077	1.35	1.581	
540.0	0.076	1.27	1.498	
1 080.0	0.075	1.20	1.425	
2 100.0	0.075	1.20	1.425	

Comparando respecto a los relevadores para falla a tierra, vemos que no existe coordinación.

Con objeto de poder coordinar el restaurador contra el esquema -- del alimentador, se eliminarán las operaciones de tiempo, dejando 4 operaciones instantáneas tanto de fase como a tierra.

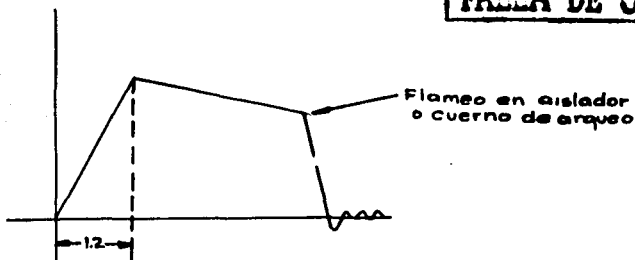
- 2.4 **COORDINACION DE AISLAMIENTO.**- Para este punto se centra la atención en el principio básico de coordinación de aislamiento, - consiste en que siempre la característica de protección del apartarrayos se encuentre debajo del nivel básico de aislamiento de los equipos a proteger.

Nivel Básico de Impulso (BIL)



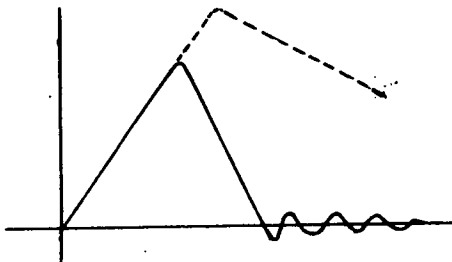
Descarga lejana

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Descarga cercana



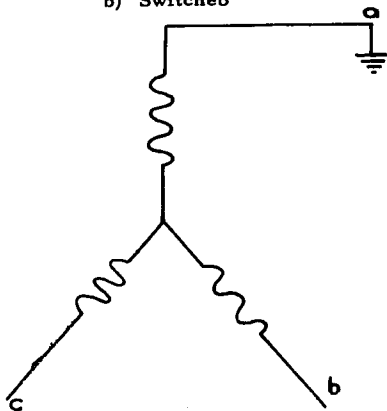


Onda Std 1.2 x 50 MSeg

Se genera por medio de capacitores cargados y descargados en serie

Sobretensiones:

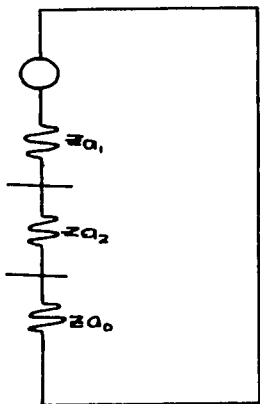
- a) Descargas Atmosfericas
- b) Switcheo



Sobretensiones por falla a tierra

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_{a0} Z_{a1} Z_{a2}}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



$$V_{a1} = E_a - I_{a1} Z_1$$

$$V_{a2} = - I_{a2} Z_2$$

$$V_{a0} = I_{a0} Z_0$$

$$V_{a1} = E_a - I_{a1} Z_1$$

$$V_{a1} = E_a - Z_1 \frac{E_a}{Z_2 Z_0}$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

$$V_{a1} = E_a \left( 1 - \frac{Z_1}{Z_2} \right) \frac{1}{Z_0}$$

$$V_{a1} = E_a \frac{Z_1 Z_2 - Z_0}{Z_1 Z_2 Z_0}$$

Los voltajes de las fases son:

$V_a = 0$  Fase Fallada

$$V_b = V_{a0} \quad a^2 V_a \quad a V_{a2}$$

$$V_b = Z_0 I_a \quad a^2 (E_a - Z_1 I_{a1}) \quad a (-Z_2 I_{a1})$$

$$V_b = a^2 E_a \quad I_{a1} (Z_0 a^2 Z_1 + a Z_2)$$

$$V_b = a^2 E_a \frac{E_a}{Z_0 Z_2 Z_1} (Z_0 a^2 Z_1 + a Z_2)$$

$$V_b = E_a \left( a^2 \frac{Z_0 a^2 Z_1 + a Z_2}{Z_1 Z_2 Z_0} \right)$$

$$Z_1 = Z_2$$

$$V_b = E_a \left( a^2 - \frac{Z_0 (a^2 + a) Z_1}{Z_0 Z_2} \right)$$

$$a^2 a = 1 = 0$$

$$a^2 a = -1$$

$$V_b = E_a \left( a^2 - \frac{Z_0 - Z_1}{Z_0 Z_2} \right)$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Considerando solo la parte imaginaria:

$$V_b = E_a \left( 1 \angle 240^\circ \quad \frac{X_0 - X_1}{X_0 Z X_1} \right)$$

$$V_b = E_a \left( 1 \angle 240^\circ \quad \frac{X_0}{X_1} - 1 \right) \frac{X_0}{X_0 Z X_1}$$

$$\text{Si } \frac{X_0}{X_1} = -2$$

El voltaje en b tiende a infinito

Se dice que el neutro de un generador está solidado a tierra si se cumple:

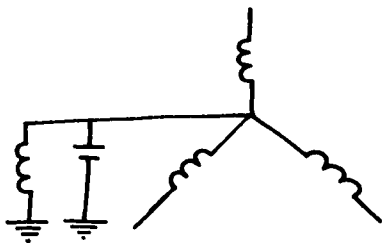
$$\frac{X_0}{X_1} = 0 \quad \frac{X_0}{X_1} = 1 \quad \frac{X_0}{X_1} = 2$$

El primer caso para  $V = 4160$  Volts L-L

El segundo caso para  $V = 13800$

El Tercer caso para  $V = 13800$  Volts LL

Conexión através de reactancia



La  $X_0$  en este caso es:

$$X_0 = \frac{(JWL)(J/-wc)}{J(wL - \frac{1}{wc})}$$

$$\text{Si } JWL = \frac{J}{wc}$$

$$X_0 = 0 \quad \text{Y} \quad \frac{X_0}{X_1} = 0$$

En esta condición hay riesgo de sobre tensión por efecto capacitivo

$$\text{Si } JWL = \frac{J}{wc}$$

$$X_0 = 0 \quad \frac{X_0}{X_1} = 0$$

Se usa normalmente

$$\frac{X_0}{X_1} = 4 - 10 \quad \text{Pero preferentemente igual a 4}$$

Se dice que un neutro está efectivamente aterrizado si:

$$\frac{X_0}{X_1} \quad 3$$

Haciendo uso de la ecuación que nos da el voltaje de las fases no falladas tenemos:

$$V_b = (1 - 240^\circ - \frac{X_0}{X_1} - \frac{1}{2}) \frac{X_0}{X_1}$$

$$\text{Si } \frac{X_0}{X_1} = -2 \quad V_b = 00$$

$$\text{Si } \frac{X_0}{X_1} = 1 \quad V_b = E_a$$

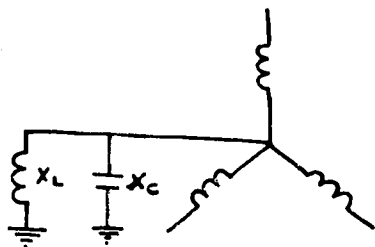
$$\text{Si } \frac{X_0}{X_1} = 2 \quad V_b = 1.14 E_a$$

$$\text{Si } \frac{X_0}{X_1} = 4 \quad V_b = 1.13 E_a$$

$$\text{Si } \frac{X_0}{X_1} = 10 \quad V_b = 1.52 E_a$$

$$\text{Si } \frac{X_0}{X_1} = 3 \quad V_b = 1.25 E_a$$

Conexión a tierra por medio de neutralizador de falla a tierra



En este caso  $X_L = X_C$

$$JWL = \frac{J}{wc}$$

De esta forma se amortiguan las oscilaciones de voltaje a frecuencias elevadas en este caso

$$V = 1.73 E_a$$

Sistema	$\frac{X_0}{X_1}$	$\frac{R_0}{X_1}$	Ke
Aterrizado	0 - 3	0 - 1	80% (usual)
Aterrizado	3 a 00	1 a 00	100%
No Aterrizado	-40 a -00	---	100%
No Aterrizado	0 a -40	---	00

El No. de aisladores de una cadena se calcula como sigue:

$$\text{No. de aisladores} = \frac{\text{Dist. de fuga total}}{\text{Dist. de fuga/aislador}}$$

Donde la dist. de fuga total se calcula de acuerdo a la siguiente tabla

ZONA	DF (cm/KV L-T)
EF	5.36
F	4.42
M	3.33
L	2.64

### CARACTERISTICAS DE APARTARRAYOS

- Vn = Tensión nominal de designación
- Id = Corriente de descarga
- Vr = Tensiones residuales
- V160 = Tensiones de descarga a 60 Hz
- Vi = Tensiones de descarga por impulso

$$V_n = K_e V_{m\acute{a}x}$$

Ke = Coeficiente de aterrizamiento en sistema solido a tierra. O.P.

Con neutro foltando Ke = 1

$$I_d = \frac{2(NBI) - V_r}{Z_0}$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Donde NBI = Nivel Básico de Impulso de la Línea  
 Vr = Tensión Residual 8/20 Mseg  
 Zo = Impedancia característica de la Línea

En el peor de los casos:

$$I_d = \frac{ZNBI}{Z_o}$$

Solo del 1 al 4% de las corrientes de descarga son 10 KA.

70% de ellos son 2 KA

Para calculos rápidos tenemos

$$I_d = \frac{K2 (NBAI)}{Z_o} \quad KA$$

D (mts)	K
700	3
1600	2
3200	1

Margén de Protección:

MP = NBAI - Máxima Tensión en el Apartarrayos  
Máxima tensión en Apartarrayos

Debe ser 20%

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

C A P I T U L O I I I  
PROGRAMA DE CONSTRUCCION

3.1 GENERALIDADES.- Es sin duda indispensable hoy en día, valernos de métodos y medios a través de los cuales nos sea posible establecer objetivamente aquello que hemos planeado con el propósito de tener una guía sobre la cual encaminar nuestros pasos, controlar el ritmo de desarrollo establecido y retroalimentar el encauce de cada etapa hacia lo presupuestado.

Es verdaderamente difícil separar la planeación y el control, ya que para establecer y poner en práctica un plan es necesario --- pensar en la forma que hemos de medir su progreso y cuales deben ser las acciones correctivas que deben instituirse. Además el uso de técnicas como el de las redes de actividades, hacen --- más difícil hacer la separación de planeación y control.

Las técnicas de planeación a través de redes y calendarios tienen un considerable atractivo, y son ampliamente usadas en --- muy diferentes tipos de proyectos. Las técnicas pueden ser usadas en cualquier proyecto, y establecidas para desarrollarse en detalle, en concordancia con los requerimientos de un pro--- yecto en particular.

Para grandes proyectos, integrados por cientos de tareas separadas que deben ser planeados detalladamente, la utilización de una computadora es un requisito indispensable para manejar los cálculos requeridos en el proceso de análisis. Para pequeños --- proyectos, el análisis puede ser hecho manualmente.

3.2 EXPOSICION DEL METODO DE LA TRAYECTORIA O RUTA --- CRITICA.

Es un sistema lógico y racional de planeación, programación y control, que permite a todas las personas que intervienen en la realización de un proyecto, determinar el modo mas conveniente de ejecutarlo, programarlo en fechas calendario y por consiguiente, controlarlo con mayor eficiencia.

El método de la trayectoria o ruta crítica, conocido también con el nombre de camino crítico, nos permite conocer cuales actividades dentro del total de las que hacen posible la realización de un proyecto cualquiera, son las que determinan la duración del proyecto. Estas actividades, encadenadas una después de otra, son las que marcan la trayectoria o camino crítico, ya que cualquier adelanto o atraso en alguna de ellas, origina un adelanto o atraso en la terminación del proyecto.



## FORMA DE TRABAJO

Para lograr buenos resultados con la aplicación del método es ne-  
cesario seguir una rutina con objeto de sistematizarlo.

El orden a seguir es el siguiente:

- a).- **Lista de actividades**  
Se ponen en forma de lista todas las actividades que integran un proyecto, no importando si están en orden o no.
- b).- **Secuencias**  
Se analiza cada una de las actividades del punto a), indicando la secuencia que deben seguir.
- c).- **Dibujo del diagrama**  
Consiste en mostrar gráficamente por medio de flechas las secuencias antes analizadas.
- d).- **Valuación de Tiempos**  
Se calcula el tiempo de duración de cada actividad, independientemente de las secuencias.
- e).- **Obtención de la ruta crítica y de las holguras.**  
Se obtienen de acuerdo con los datos de los puntos anteriores
- f).- **Análisis de los Resultados**  
Se estudia si el tiempo de duración total obtenido en el punto e), es el deseado o si es necesario modificar secuencias o tiempo de duración de las actividades para obtener el tiempo especificado.
- g).- **Revisión y Control del Programa**  
Un programa se debe mantener vivo revisándolo y controlando su ejecución en forma periódica, para analizar las con-  
se-cuencias del atraso o adelanto de una actividad y su impor-  
tancia relativa.

### 3.3 EXPLICACION DE CADA UNO DE LOS PASOS DE EJECUCION DEL TRABAJO

#### LISTA DE ACTIVIDADES

Para poder ejecutar un proyecto es necesario conocer de que actividades consta, y es muy conveniente ordenarlas en una lista -- con objeto de no dejar a la memoria de una o varias personas los conceptos que integran el trabajo.

Esta lista de actividades se puede hacer a partir de conceptos generales. Ya definidos los conceptos generales se desglosaran en conceptos detallados, tan minuciosamente como se desee. Es -- muy importante hacer hincapie en que en esta lista deben estar -- incluidos todos los conceptos que forman el proyecto.

Estos conceptos los podemos dividir en tres grandes grupos:

- 1o. PROYECTOS. Generales, detallados, estudios, anteproyectos, etc.
- 2o. TRAMITES. Administrativos, especificaciones, concursos-fabricaciones, adquisiciones, transportes a la obra, inspección, etc.
- 3o. EJECUCION. Todas aquellas actividades que pertenecen directamente a la ejecución, como son levantamientos detallados, caminos de acceso, construcción de cada parte que forma el proyecto, etc.

Al hacer la lista de actividades no es necesario que se tome en cuenta ni la cantidad de trabajo por ejecutar, ni el tiempo en que se deban efectuar, bastará con preguntarnos,

¿Qué vamos a hacer?

No es indispensable que la lista de actividades guarde un cierto orden, pero si es indispensable que en ella aparezcan todos los -- conceptos de que consta el proyecto, dependiendo del grado de de -- talle con que se desee elaborar el programa, ya se trate de un -- programa general, o de programas detallados de cada concepto -- que forma el programa general.

### SECUENCIAS

Después de haber elaborado la lista de actividades como se indica en párrafos anteriores y de tener la seguridad de que no se ha pasado en alto ningún concepto. Se debe hacer un análisis de las secuencias de cada una de las actividades para poder contestar la pregunta,

¿Cómo lo vamos a hacer?

Teniendo como base la lista de actividades, se debe hacer el análisis de cada actividad por separado, y para ésto bastará con tomar en cuenta las condiciones siguientes:

- 1).- Que actividades antecede inmediatamente a la analizada o -- sea, para poder realizar la actividad de que se trata, es necesario que antes se hayan terminado alguna o lagunas de las activi--

dades de la lista y que son requisito indispensable para poder iniciar la actividad en estudio.

2). - Qué actividad sigue inmediatamente a la analizada, o sea -- después de haber realizado la actividad que estamos realizando -- podrán empezar inmediatamente otras que tienen como requisito indispensable a la que está en estudio.

Estas dos condiciones son indispensables para poder establecer -- correctamente las secuencias del trabajo.

Es indispensable que se analicen las actividades una por una, por separado, y se coloque en forma de lista o de tabla la secuencia -- de cada actividad, con objeto de no dejar a la memoria las secuencias que nos servirán para hacer un buen diagrama de flechas, -- base fundamental del método.

Hay actividades que no son requisito indispensable anterior o posterior para la realización de una determinada actividad; a éstas -- las podemos considerar como simultáneas.

Para elaborar estas secuencias tampoco es necesario tomar en -- cuenta el tiempo de ejecución de las actividades.

Esta fase no puede considerarse como la planeación integral del -- proyecto para ejecutar.

Al establecer las secuencias se deben tomar en cuenta las siguientes limitaciones:

- a). - LIMITACION FISICA. Depende de la naturaleza del proyecto.
- b). - LIMITACIONES DE RECURSOS. Depende de los recursos de -- que se disponga para realizar el trabajo; éstos pueden ser -- de personal o de equipo, etc.
- c). - LIMITACION POR DECISIONES DEL RESPONSABLE DEL -- PROYECTO. Las secuencias solo pueden ser establecidas -- por personas con experiencia, conocimiento y criterio -- suficientes en el trabajo de que se trate, con el objeto de que -- los resultados que se obtengan sean satisfactorios.

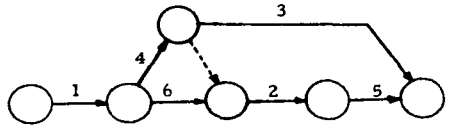
#### DIBUJO DEL DIAGRAMA

El diagrama de flechas o de actividades, es la representación -- gráfica de la planeación del proyecto.

El éxito del sistema radica en una buena elaboración del diagrama -- de actividades, el cual debe estar basado en la lista de actividades con sus secuencias correspondientes.

TABLA DE SECUENCIAS

Después		1	2	3	4	5	6
Antes		1	2	3	4	5	6
1				X			X
2						X	
3							
4			X	X			
5							
6			X				



En esta tabla quedan indicadas por una cruz en las líneas, las actividades que siguen inmediatamente a la analizada; en las columnas, las que inmediatamente anteceden; la numeración de la primera línea, es la misma que la de la primera columna, y corresponde a la numeración arbitraria que se le dé a la lista de actividades.

**EVALUACION DE TIEMPOS**

¿ Quién debe Hacerla ?

La evaluación de los tiempos de duración de las actividades, la deben hacer las personas que tengan experiencia suficiente en el tipo de actividad a que se refiera cada concepto de la lista de actividades. Deberá estar de acuerdo con los recursos de que se disponga, así como de los otros tipos de limitaciones que quedaron establecidas al hablar de secuencias, ya que de la correcta valuación de tiempos de duración dependerá que se puedan obtener resultados apegados a la realidad.

Esta evaluación no debe hacerse tomando en cuenta las fechas probables en que se deseen ejecutar los trabajos con respecto al calendario. Debe hacerse en tiempo absoluto, estimando la cantidad de obra por ejecutar, el equipo o el procedimiento a seguir que, de acuerdo con los rendimientos, dará el tiempo de duración de la actividad.

**IMPORTANCIA DE UNA BUENA EVALUACION**

La determinación del tiempo de duración de cada actividad es muy conveniente que se haga con duraciones normales; se puede suponer que sea el tiempo requerido en jornadas de ocho horas diarias de trabajo. El objeto de hacerlo de esta manera es poder disponer de margen para hacer acortamientos en la duración de la actividad, aumentando las horas de trabajo.

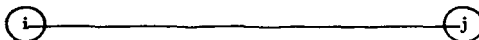
## OBTENCION DE LA RUTA CRITICA

Hasta este momento, el proceso se ha dedicado a hacer la planeación del proyecto. Con los datos obtenidos de esta planeación se puede fácilmente hacer la programación con fechas calendario, puesto que ya tienen los datos necesarios, como son: El plan de trabajo mostrado gráficamente mediante el diagrama de actividades, y los tiempos de duración de cada actividad por separado.

Recordando que para que una actividad pueda realizarse, es necesario que todas las que son requisito inmediato anterior se hayan ejecutado, pasaremos a determinar el tiempo de duración de un proceso cualquiera.

Para ésto y con objeto de auxiliarnos con el cálculo manual, es necesario numerar los nudos de manera que las actividades que den definidos por su iniciación y su terminación.

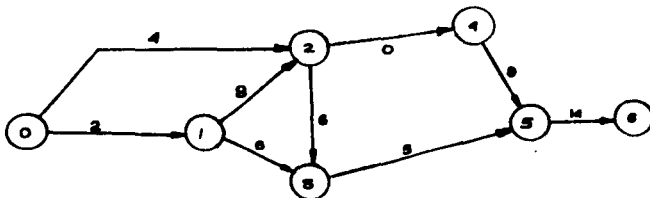
Al nudo de iniciación lo denominaremos  $i$   
 Al nudo de terminación lo denominaremos  $j$   
 Al tiempo de duración de la actividad  $t_{ij}$



Hay que hacer notar que la  $i$  de una actividad es igual a la  $j$  de todas las que inmediatamente le anteceden, y que la  $j$  de esa actividad es igual a la  $i$  de todas las que se originan al terminar la actividad en estudio.

De acuerdo con lo antes expuesto bastará ir determinando las fechas en que se irán realizando cada uno de los eventos de que consta el proyecto para determinar el tiempo de duración total, y las fechas de iniciación y terminación de los eventos.

Con objeto de que quede suficientemente claro el sistema de trabajo, mostraremos un ejemplo, como el representado en la Fig. I.



De acuerdo con la Fig. 3.3.1. el primer paso consistirá en averiguar cuál es la fecha primera o mas próxima en que se pueden iniciar las actividades.

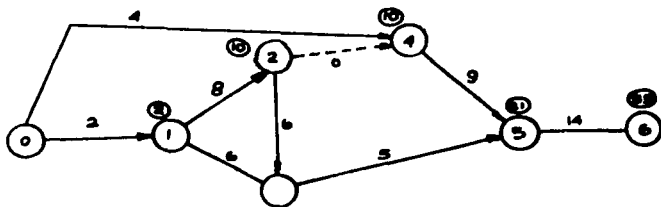
Para eso suponemos que el proceso que principia en el nudo 0, - se inicia en la fecha 0 (cero), que por comodidad la encerramos dentro de un círculo colocado sobre el nudo. Si en el nudo 0 se inicia el proceso, la actividad 0-1 se terminará en la fecha 2, -- cantidad que se colocará sobre el nudo 1. El nudo 1 es origen de las actividades 1-2 y 1-3 estas terminarán los días 10 y 8 respectivamente; la primera se coloca sobre el nudo 2 encerrada en un círculo, ya que a este nudo llega solamente una actividad; sobre el nudo 3 no se coloca todavía la fecha 8 puesto que llegan a él dos actividades y hasta este momento no es posible saber si la realización del evento 3 se produce en esta fecha, que nos indicaría la iniciación primera de la actividad 3-5, ya que no puede comenzar hasta que se hubieran terminado las actividades - 2-3 y 1-3, requisito anterior para ésta.

Para averiguar la fecha primera de iniciación de la 3-5 vemos - que la 2-3 termina en la fecha 16, pues se inicia en la 10 y dura 6, así que la fecha primera del evento 3 será la fecha 16 y no la 8 que nos marcaría la actividad 1-3.

Esta fecha 16 la colocamos sobre el nudo 3, encerrada en un círculo.

Haciendo estas consideraciones se observa que en el nudo 4 tenemos la misma condición, aún cuando la 2-4 tenga valor de cero, así que sobre el nudo 4 se colocará la fecha 10 encerrada en un círculo. Lo mismo sucede en el nudo 5; el tiempo más largo llega a este nudo por la actividad 3-5 que es de 21 y por la 4-5 solo llega el tiempo 19; así que la actividad 5-6 se podrá iniciar hasta la fecha 21 para terminar el 35, este será el tiempo de duración del proyecto.

Como regla general: Para obtener la fecha primera de realización de un evento se colocará la cantidad que se llegue a él por los distintos caminos que concurren a ese nudo.



En la figura 3.3.2 se muestran encerradas en círculo las fechas primeras de iniciación de todas las actividades que salen de los nudos respectivos.

Si se supone que el tiempo de duración total del proyecto 35 unidades de tiempo es el correcto, pasemos a obtener cuál es la -- fecha última o más tardía de realización de los eventos, con objeto de no retrasar la duración del proyecto.

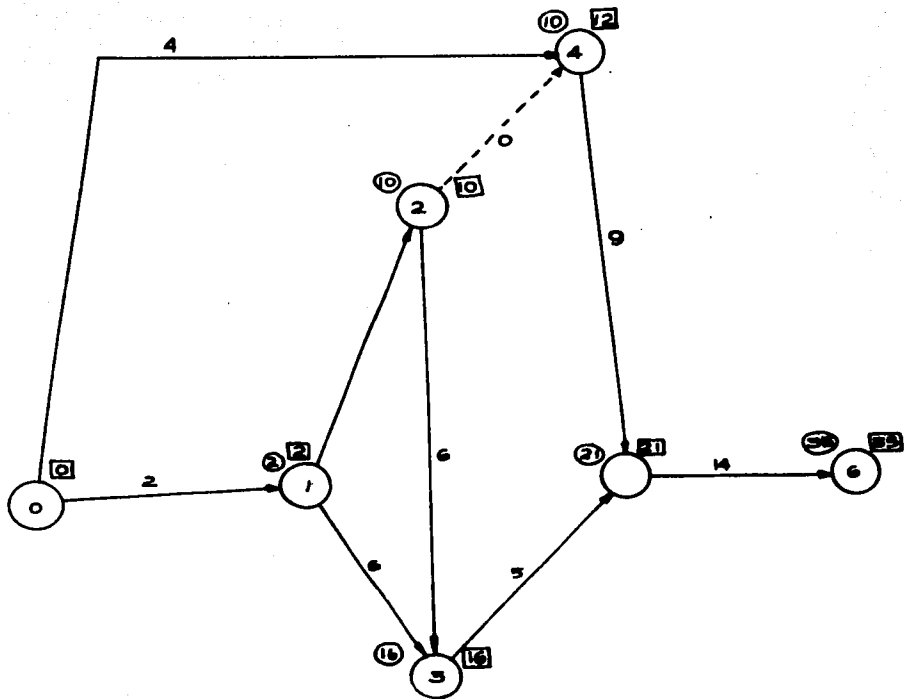
Para ésto seguiremos la misma secuela empleada en el proceso anterior, solo que principiaremos a partir de la fecha 35 encerrada en un rectángulo sobre el nudo 6 Fig. 3.3.3.

Para que el proceso termine en la fecha 35 la actividad 5-6 deberá empezar cuando más tarde 14 unidades antes, o sea la fecha-21, que se coloca sobre el nudo 5 encerrada en un rectángulo. -- La fecha última en que se podrá realizar el evento 4 será menos 9 o sea, la fecha 12; ésta es la fecha más tardía o última en que deberán terminarse todas las actividades que llegan al nudo con-objeto de no retrasar la terminación del proyecto.

La fecha última del evento 3 será la 16 puesto que la actividad -- 3-5 tiene 5 unidades de duración; esta fecha se encierra en un rec-  
tángulo sobre el nudo 3. Al analizar el nudo 2 vemos que hay dos caminos que salen de él o sea, las actividades 2-3 y 2-4 la fecha última en que se deberá realizar el nudo 2 para no retrasar el -- proyecto debe ser la fecha 10 encerrada en un rectángulo, sobre el nudo 2, aún cuando por el camino 2-4 se indica que la fecha -- última de iniciación de la liga (con duración cero) en la fecha 12, el evento 2 no podrá realizarse después de la fecha 10, pues retrasaría la actividad 2 3 y por consiguiente a todo el proceso.

En el nudo 1 se presenta la misma situación debido a que de él -- salen las actividades 1-2 y 1-3; la fecha última del evento 1 nos-  
marca la actividad 1-2 que tiene duración 8, por lo tanto esta fecha la colocamos sobre el nudo 1 encerrada en un rectángulo. -- Finalmente la fecha última del evento 0, será cero encerrado en un rectángulo.

Como regla general: Para obtener la fecha última de realiza-  
ción de un evento se colocará la cantidad menor que llegue a él -- por los distintos caminos que salen del nudo, cuando se está reg  
tando a partir del nudo final.





En la figura 3.3.3 se muestran las fechas primeras y últimas de realización de los eventos, encerrados en círculo y en rectángulo, respectivamente. El uso de esta notación tiene la ventaja de poder localizar fácilmente de que fecha se trata. Se podría usar otra notación si se facilitará más la diferenciación.

Analizando la fig. 3.3.3 vemos que hay eventos en los que las fechas primera y última coinciden o sea que son Nudos Críticos, ya que solo en esa fecha pueden realizarse si se desea que el proyecto no se retrase; en cambio hay nudos, como el 4, que tienen fechas diferentes o sea no son críticos.

Las actividades que marcan la fecha de realización de los nudos críticos, son actividades críticas, y el camino que se puede seguir a lo largo de las actividades críticas recibe el nombre de ruta o camino crítico. En la fig. 3.3.3 queda marcado con la línea más gruesa, siguiendo la ruta 0-1-2-3-5-6.

Las actividades 0-4, 1-3 y 4-5 son actividades no críticas ya que pueden retrasarse sin afectar la duración total del proyecto, dentro de ciertos límites. No es necesario que estas actividades principian en la fecha primera que marcan el nudo de iniciación única condición de que no retrasen la iniciación de las que inmediatamente las siguen, o sea que tienen un cierto margen de holgura de retraso, sin afectar el proyecto.

En la figura 3.3.3 si la actividad 1-3 empieza en la fecha 2 que marca el nudo 1 terminará en la fecha 8, puesto que la duración es 6, pero puede terminar cuando más tarde en la fecha 16 que marca el nudo 3; por lo tanto se puede retrasar hasta 8 días sin modificar la iniciación de la 3-5, que inmediatamente le sigue, o también se podrá iniciar como fecha última el 10, en lugar del 2 y terminará el 16, por lo que vemos que tiene 8 unidades de holgura.

### 3.4 FORMATOS DEL AVANCE DE OBRA

Para poder establecer un control sobre la obra en cuanto a su desarrollo conforme al programa de construcción que se elabora, es importante el uso de ciertos formatos que se van llenando mensualmente. Estos formatos nos dan una idea clara de lo que es nuestro avance de obra.

En las hojas siguientes se muestran los tipos de formatos que se utilizan para llenar nuestro informe mensual.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

68

DESCRIPCION	Programado %	Avance %
<b>Obra Electromecanica</b>		
<b>Sistema de Tierras</b>		
Trazo de la Red de Tierras	0.2	
Excavación de zanjas	2.0	
Tendido de Cable de Cobre	0.3	
Hincado de varilla C. W.	1.0	
Conexiones Cadweld	0.7	
Relleno y compactado de zanjas	0.5	
Conexiones a la Red del equipo y estructuras	0.3	
<b>Buses, Herrerajes y Aisladores</b>		
Colocación de aisladores y tendido Bus aereo lado alta y baja del transf.	3.0	
Tendido de Buses principales y auxiliares en area de 115 KV	2.0	
Puentes y conexiones de Buses y equipo en 115 KV	1.5	
Colocación de aisladores tipo soporte, en area de 13,8 ó 34,5 KV	0.5	
Tendido de Buses aereos de tubo de cobre o cable en area de 13,8 ó 34,5 KV	2.0	
Puentes y conexiones de buses aereos y a equipo en area de 13,8 ó 34,5 KV	1.0	
<b>Transformadores de Potencia</b>		
Colocación en su base de los transformadores de potencia	0.3	
Instalación de Tuberías en el Transformador	0.3	
Montaje del Tanque conservador	0.2	
Montaje de Bushings de alta tensión	1.0	
Montaje de Bushings de baja tensión	1.0	
Montaje de Radiadores	1.2	
Cableado y conexiones a gabinetes de control	0.3	
Ajuste de equipo enertaire	0.2	
Revisión y secado con vacio	0.3	
Llenado de aceite		
<b>Interruptores de Potencia</b>		
Nivelación del bastidor del interruptor de 115 KV	0.2	
Montaje y Nivelación del Gabinete y Barras de Maniobra del Interruptor de 115 KV.	1.0	

009

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

D E S C R I P C I O N	Programado %	Avance %~
Limpieza y montaje de la columna aislador y camara de extinción del int. de 115 KV.	0.5	
Instalación de la tubería del sistema hidráulico neumático etc. y del SF6 al int. de 115 KV	1.0	
Ajuste y llenado de aceite aislante o SF6 al interruptor de-115 KV	0.5	
Montaje y nivelación de los interruptores de 13.8 ó 34.5 KV	0.3	
Limpieza del tanque o polos de los interruptores de 13.8 ó 34.5	0.3	
Calibración y ajuste de los interruptores de 13.8 ó 34.5 KV	1.0	
Llenado de aceite aislante a los interruptores 13.8 ó 34.5	0.2	
<u>Cuchillas</u>		
Montaje y nivelación de bastidores de cuchillas de 115 KV		
Montaje de aisladores SOP. de cuchillas de 115 KV	0.5	
Montaje de brazos y navajas de cuchillas de 115 KV		
Instalación de tubería de mecanismos de cuchillas de 115KV	1.3	
Ajuste de los mecanismos y navajas de cuchillas de 115 KV	2.0	
Montaje, nivelación y ajuste de cuchillas OP. c/pertiga de 13.8 ó 34.5 KV	0.5	
Montaje y nivelación de bastidores de cuchillas de OP. en grupo de 13.8 ó 34.5 KV	0.2	
Montaje de mecanismos de cuchillas OP en grupo de 13.8 ó 34.5 KV	1.4	
Ajuste de cuchillas OP en grupo de 13.8 ó 34.5 KV	0.4	
Montaje y nivelación y ajuste de cuchillas de BY-PASS para reg. el voltaje	0.5	
Montaje, nivelación y ajuste de cuchillas fusible de pot. para TUP y TP'S de 13.8 ó 34.5 KV	0.2	
<u>Transformadores de medición y protección</u>		
Montaje y nivelación de TP'S de 115 KV	0.5	
Montaje y nivelación de TC'S de 115 KV	1.0	
Montaje y nivelación de TP'S de 13.8 ó 34.5 KV	0.5	
Instalación y cableado de cajas de conexión de TP'S y TC'S	1.0	

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

70

D E S C R I P C I O N	Programado %	Avance %
<u>Apartarrayos y contadores de Descarga</u>		
Acoplamiento de secciones de 115 KV	0.2	
Montaje y Nivelación de Apartarrayos de 115 KV	1.0	
Instalación de Contadores de Descarga	0.3	
Montaje y nivelación de apartarrayos de 13.8 6 34,5 KV	0.5	
<u>Servicios Propios</u>		
Montaje y nivelación del tablero de C.A. y C.D.	0.3	
Montaje y nivelación de estructura para el montaje del banco de baterías		
Instalación del banco de baterías	0.2	
Instalación del banco de baterías	0.5	
Montaje del rectificador y cargador de baterías	0.5	
Montaje y conexión del transformador de servicios propios	0.5	
<u>Sistema de Alumbrado</u>		
Montaje de reflectores en el área de equipo	0.7	
Instalación de contactos 3 Ø y 1 Ø en el área de equipo	0.7	
Instalación de postes y luminarias de alumbrado perimetral	0.6	
<u>Tablero de Control</u>		
Montaje y nivelación del tablero	0.5	
Revisión del alambrado de los circuitos y ajustes en los relevadores	1.5	
<u>Sistema de Cables</u>		
Tendido de cables de control del área de equipo al tab. -- usos propios	1.0	
Conexiones en equipo y tablero duplex	0.4	
Tendido de cables del transf. de serv. propios a tablero de C.A. y C.D.	0.4	
Tendido y conexiones del cable del alumbrado y contactos - área de equipo	0.6	
Tendido y conexiones del cable del alumbrado perimetral	0.6	
<u>Sistema de Comunicaciones</u>		
<u>P r u e b a s</u>		
Pruebas de factor de Pot. Polaroid de transformación a - TC'S y TPS	0.2	
Pruebas de aislamiento rel. de transformación, factor de - Pot. en transf. de potencia	0.5	

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

71



DESCRIPCION	Programado %	Avance %
Pruebas dielectricas, factor de pot. y resistencia de con- tactos en int. de potencia	0.2	
Pruebas de resistencia de red de tierras	0.1	
<u>Caseta de Control</u>		
Trazo y nivelación	0.11	
Excavación	0.30	
Armado zapata y dado	0.59	
Armado columna	0.59	
Armado trabe de liga	0.40	
Colado zapata	0.40	
Colado Dado	0.59	
Colado trabe de liga	0.74	
Cimientos de mamposteria	0.30	
Armado, cimbrado y colado dala de desplante	0.25	
Armado y colocación de castillos	0.45	
Desplante de muros	0.79	
Cimbrado y colado de castillos	0.60	
Cimbrado y colado de columnas	0.79	
Excavación fosa de tableros	0.10	
Armado fosa de tableros	0.20	
Colado de zapata fosa de tableros	0.10	
Colocación de ductos fosa de tableros	0.09	
Cimbrado paredes fosa de tableros	0.30	
Colado paredes fosa de tableros	0.10	
Colocación fierro canal 6" fosa de tableros	0.09	
Rellenos para dar N. P. T.	0.40	
Armado de trabes 1o. y 2o. parte	0.89	
Cimbra de trabes 1o. parte	0.40	
Cimbra de losa 1o. parte	0.30	
Armado de losa 1o. parte	0.20	
Instalación eléctrica losa	0.10	
Colado de losa y trabes 1a. parte	0.03	
Curado de losa	0.03	
Descimbrado de losa y trabes 1a. parte	0.20	

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

72

D E S C R I P C I O N	Programado %	Avance %
Cimbra de trabes 2a. parte	0.40	
Cimbra de losa 2a. parte	0.20	
Armado de losa 2a. parte	0.20	
Instalación eléctrica de losa 2a. parte	0.09	
Colado de losa 2a. parte	0.03	
Curado de losa	0.03	
Descimbrado de losa y trabes 2a. parte	0.25	
Aislamiento e impermeabilización de azotea	0.20	
Fosa de tableros usos propios	0.20	
Fosa de tableros control supervisorio	0.40	
Trinchera para fosa del control supervisorio	0.20	
Ductos cargador de baterías	0.09	
Trinchera al tablero usos propios	0.20	
Ductos banco de baterías	0.06	
Instalación Hidráulica	0.20	
Instalación sanitaria	0.20	
Instalación eléctrica	0.25	
Canceleria exterior ventanas	0.60	
Colocación de bastidores puertas interiores	0.40	
Trincheras para cables de control	0.40	
Colocación de rejas	0.40	
Perfilado de columnas	0.74	
Acabado aparente muro block	0.79	
Firme piso de concreto interior	0.40	
Firme piso de concreto exterior	0.40	
Colocación de contactos yapagadores	0.20	
Colocación de lamparas	0.24	
Colocación de extractor	0.20	
Colocación de puertas exteriores	0.20	
Colocación de aire acondicionado	0.20	
Colocación lavadero para baterías	0.20	
Colocación de antena	0.20	
Colocación de muebles para baño	0.20	
guarnición perimetral	0.20	



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

74

D E S C R I P C I O N	Programado %	Avance %
<b>OBRA CIVIL :</b>		
Instalaciones Provisionales	2.0	
Acceso a la Subestación	2.0	
Terracerias en Subestación		
a) Limpieza de Terreno	0.7	
b) Cercos Perimetrales	0.3	
c) Terracerias en Area de Equipo	1.0	
Trazo y Nivelación	0.5	
Excavaciones	1.5	
Cercos y Bardas		
a) Cercos Area de Equipo	1.0	
b) Bardas	2.0	
c) Muros de Contención	2.0	
Drenaje Pluvial	2.0	
Ductos y Trincheras		
a) Ductos Area 115 KV	1.0	
b) Ductos Area 13.8 KV	1.0	
c) Registros y Trincheras	1.0	
Caseta de Control	20.0	
Cimientos de Estructuras Metálicas		
a) Cimiento para Estructura 115 KV	2.0	
b) Cimiento para Estructura 13.8 KV	1.2	
c) Cimiento para Equipo 115 KV	1.5	
d) Cimiento para Equipo 13.8 KV	1.3	
Cimientos para Transformador de Potencia	0.8	
Estructuras Metálicas		
a) Estructura de Acero 115 KV	3.5	
b) Estructura de Acero 13.8 KV	1.5	
Piso Terminado y Limpieza Final		
a) Pavimentos y Piso Terminados	1.0	
b) Limpiezas Parciales	0.5	
c) Limpieza Total	0.5	
<b>Total Obra</b>	<b>52.0</b>	



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

75



D E S C R I P C I O N	Programado %	Avance %
<b>OBRA CIVIL :</b>		
Instalaciones Provisionales	2	
Acceso a la Subestación	2	
Terracerias en Subestación	2	
Cercas y Bardas	3	
Drenajes	2	
Ductos y Trincheras	4	
Caseta de Control	20	
Cimientos de Estructuras Metálicas	5	
Cimientos de Transformadores	2	
Estructuras Menores	3	
Estructuras Metálicas	5	
Piso Terminado y Limpieza Final	2	
<b>Total Obra Civil</b>	<b>52</b>	
<b>OBRA ELECTROMECHANICA :</b>		
Sistema de Tierras	5	
Buses, Herraes y Aisladores	10	
Transformadores	5	
Interruptores	5	
Cuchillas	7	
Transformadores de Medición y Protección	3	
Apartarrayos y Cont. de Desc.	2	
Servicios Propios	2	
Sistema de Alumbrado	2	
Tableros de Control	2	
Sistema de Cables	3	
Sistema de Comunicaciones	1	
Pruebas	1	
<b>Total Obra Electromecánica</b>	<b>48</b>	
<b>TOTAL OBRA</b>	<b>100</b>	

### 3.5 RELACION DE PERSONAL, MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCION SEGUN PROGRAMA.

#### A).- OBRA CIVIL

<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION</u>
1	Sobrestante
1	Topógrafo
8	Ayudantes
5	Albañiles
14	Peones

#### B).- OBRA ELECTROMECHANICA

1	Sobrestante
5	Linieros
5	Ayudante de linieros
7	Peones
3	Electricistas

#### C).- ADMINISTRACION

1	Jefe de Personal
1	Jefe de Servicios
1	Delegado de Abastecimientos
1	Tomador de Tiempo
1	Almacenista
1	Ayudante de Almacenista
1	Secretaria
1	Chofer

#### D).- MATERIAL DE OFICINA

4	Escritorios
5	Sillas reclinables
1	Restirador
1	Banco para restirador
1	Juego de Leroy
1	Juego de Estilógrafos
2	Juegos de Escuadras
1	Juego de Compás
3	Escalímetros
4	Máquinas de Escribir
3	Calculadoras Eléctricas
1	Máquina de Escribir Carro Grande
2	Sacapuntas
2	Archiveros
1	Librero
3	Enfriadores de Agua.

## E).- MATERIAL PARA LA OBRA CIVIL

<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION</u>
2	Teodolitos
2	Tránsitos
2	Tripié
2	Estadales
3	Cintas Métricas de 50 M
40	Palas
12	Cucharas de Albañilería
15	Liana Metálicas
15	Llanas de Madera
10	Marros de 1. 81 Kg. (4 Lbs.)
10	Marros de 3. 63 Kg. (8 Lbs.)
20	Zapapicos
5	Cernidores de Arena
15	Carretillas
10	Pizones
10	Botes de 19 Lts.
9	Botes de 200 Lts.
30	Cinceles
45	Flexómetros de 3 Mts.
45	Metros de manguera para nivel de 9. 52 mm $\phi$
500	Metros de hilo para albañil
25	Martillos de Uña.
15	Azadones
15	Plomadas
15	Rastrillos
10	Niveles de 50 cm.
10	Serruchos para madera
25	Metros de estructura tubular rectangular de 25.39 mm X 76.19 mm (1"x3")
6	Escuadras metálicas
15	Grifos para doblar fierro
12	Arcos para segueta
450	Seguetas para fierro diente fino azul - blanco.
15	Ganchos para amarre
2	Cortadoras de Varilla

## F).- OBRA ELECTROMECHANICA

4	Jgos. de dados con matracas y extensiones.
4	Jgos de llaves españolas diferentes medidas.

<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION</u>
4	Pericos de 304.79 mm (12")
4	Pericos de 406.39 mm (16")
10	Grilletes de 12.70 mm ( $\frac{1}{2}$ " )
10	Grilletes de 19.05 mm (3/4")
10	Llaves Colas
4	Llaves Estillson de 101.59 mm (4")
4	Llaves Estillson de 304.79 mm (12")
4	Llaves Estillson de 406.39 mm (16")
2	Dobladores de tubo de 25.39 mm (1")
2	Dobladores de tubo de 19.05 mm (3/4")
2	Dobladores de tubo de 12.70 mm ( $\frac{1}{2}$ " )
1	Doblador Hidráulico de tubo (Manual)
6	Montacargas para 1 Ton.
10	Garruchas o poleas
5	Escaleras de Extensión
500	Metros de Cable Polipropileno de 19.05 mm (3/4") $\phi$
20	Desarmadores de 101.59 mm (4") planos y de cruz
20	Desarmadores de 152.39 mm (6") planos y de cruz
2	Cortadores de tubo
10	Bandolas y Cinturones
8	Patescas
2	Jgos. de Terrajes
2	Prensas de Banco
10	Pinzas Peladoras
10	Enzapatadoras
10	Desarmadores de 152.39 mm (6")
3	Juegos de Llaves Marca Allen
10	Juegos de Machuelos
2	Jgos. de Dados tipo desarmador diferente medida
2	Enzapatadores para cable 1/0
20	Pinzas Eléctricas No. 8
15	Cajas para Herramienta

G).- **PROGRAMA DE UTILIZACION.** - Se realiza también un programa de utilización de vehiculos de trabajo el cual deberá estar fechado para los días en que se utilizarán en cada parte de la obra. A continuación se presenta un formato utilizado para tal fin.

- 3 MAQUINAS REVOLVEDORAS  
 Instalaciones provisionales  
 Cercas y Bordas  
 Drenajes  
 Ductos y Trincheras  
 Caseta de Control  
 Cim. Estructuras Met.  
 Est. Menores

CAMIONES DE VOLTEO  
 Instalación Provisional  
 Acceso a la S. E.  
 Terracerías en S. E.  
 Cercas y Bordas  
 Caseta de Control  
 Cimiento de Transformadores  
 Piso Terminado y Limpieza Final

RETROEXCAVADORA  
 Cercas y Bardas  
 Drenaje  
 Ductos y Trincheras  
 Caseta de Control  
 Cimientos Estr. Metálicas  
 Cim. de Transformadores  
 Cimientos Est. Menores  
 Sistema de Tierras

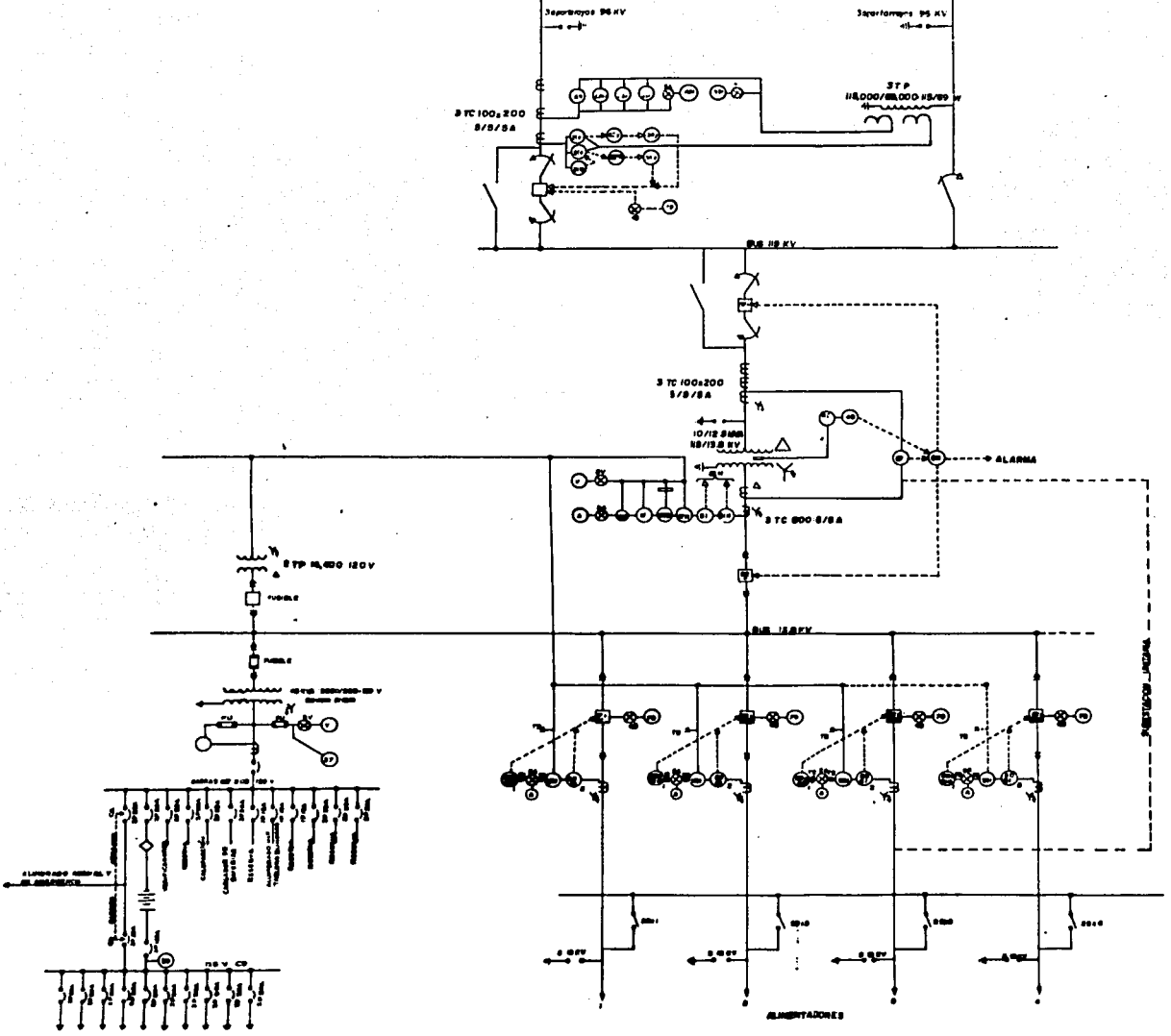
- 1 MOTOCONFORMADORA  
 Terracerías en S. E.

- 1 CAMION GRUA  
 Recepción de Equipo y Estructura  
 Inst. Provisionales  
 Estruct. Metálicas  
 (Pequeñas Maniobras)  
 Sistema de Tierras  
 (Tendido de Cable)  
 Cuchillas (Montaje)  
 Transformadores protección y  
 Medición (Montaje)  
 Pararrayos (Montaje)  
 Tablero C. P. M. y S. P. (Montaje)  
 Sistema de Cables (Cableado)  
 Reguladores de Voltaje (Montaje)

- 1 GRUA DROTT 1800 (CON CAPACIDAD DE 20 TON.)  
 Estructuras Mayores (Montaje)  
 Banco de Transformadores (Montaje)  
 Interruptores (Montaje)

- 1 CAMION DE REDILAS TIPO RABON  
Inst. Provisionales  
(Acarreo de Material)  
Cercas y Bardas  
(Acarreos de Materiales)  
Drenajes  
(Acarreos de Materiales)  
Ductos y Trincheras  
(Acarreos de Materiales)  
Caseta de Control  
(Acarreos de Materiales)  
Cimiento Estruct. Mayores  
(Acarreo de Materiales)
- 1 CAMIONETA TIPO PICK-UP (RESIDENCIA)
- 1 CAMIONETA DATSUN  
Compras Abastecimientos.

SE A PTO. PEÑASCO SE DE 6 DE ABRIL

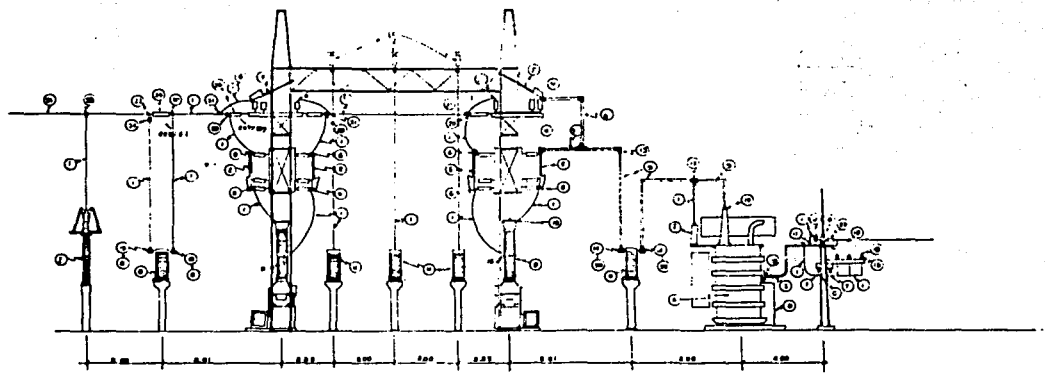


NOTA:  
 EL DIAGRAMA DE PROTECCION DE  
 DISTANCIA SE HA ALIADO CON EL SISTEMA  
 DEL CUADRO DE LA MARCA  
 GENERAL ELECTRIC

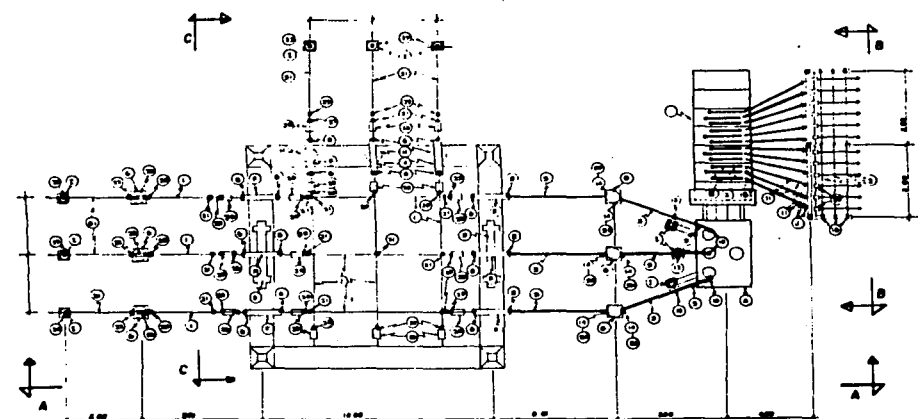
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

SE. SAHUAO	
DIAGRAMA UNIPOLAR DE PROTECCION Y MEDICION	
PROYECTO: MARTIN M. ESCALANTE M.	
ESC. 8/2	PLANO 5

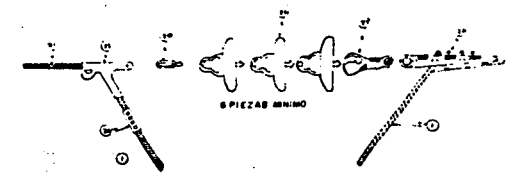
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.2	1.2.1	1.2.1.1	1.2.1.1.1	1.2.1.1.1.1	1.2.1.1.1.1.1
1.3	1.3.1	1.3.1.1	1.3.1.1.1	1.3.1.1.1.1	1.3.1.1.1.1.1
1.4	1.4.1	1.4.1.1	1.4.1.1.1	1.4.1.1.1.1	1.4.1.1.1.1.1
1.5	1.5.1	1.5.1.1	1.5.1.1.1	1.5.1.1.1.1	1.5.1.1.1.1.1
1.6	1.6.1	1.6.1.1	1.6.1.1.1	1.6.1.1.1.1	1.6.1.1.1.1.1
1.7	1.7.1	1.7.1.1	1.7.1.1.1	1.7.1.1.1.1	1.7.1.1.1.1.1
1.8	1.8.1	1.8.1.1	1.8.1.1.1	1.8.1.1.1.1	1.8.1.1.1.1.1
1.9	1.9.1	1.9.1.1	1.9.1.1.1	1.9.1.1.1.1	1.9.1.1.1.1.1
1.10	1.10.1	1.10.1.1	1.10.1.1.1	1.10.1.1.1.1	1.10.1.1.1.1.1
1.11	1.11.1	1.11.1.1	1.11.1.1.1	1.11.1.1.1.1	1.11.1.1.1.1.1
1.12	1.12.1	1.12.1.1	1.12.1.1.1	1.12.1.1.1.1	1.12.1.1.1.1.1
1.13	1.13.1	1.13.1.1	1.13.1.1.1	1.13.1.1.1.1	1.13.1.1.1.1.1
1.14	1.14.1	1.14.1.1	1.14.1.1.1	1.14.1.1.1.1	1.14.1.1.1.1.1
1.15	1.15.1	1.15.1.1	1.15.1.1.1	1.15.1.1.1.1	1.15.1.1.1.1.1
1.16	1.16.1	1.16.1.1	1.16.1.1.1	1.16.1.1.1.1	1.16.1.1.1.1.1
1.17	1.17.1	1.17.1.1	1.17.1.1.1	1.17.1.1.1.1	1.17.1.1.1.1.1
1.18	1.18.1	1.18.1.1	1.18.1.1.1	1.18.1.1.1.1	1.18.1.1.1.1.1
1.19	1.19.1	1.19.1.1	1.19.1.1.1	1.19.1.1.1.1	1.19.1.1.1.1.1
1.20	1.20.1	1.20.1.1	1.20.1.1.1	1.20.1.1.1.1	1.20.1.1.1.1.1
1.21	1.21.1	1.21.1.1	1.21.1.1.1	1.21.1.1.1.1	1.21.1.1.1.1.1
1.22	1.22.1	1.22.1.1	1.22.1.1.1	1.22.1.1.1.1	1.22.1.1.1.1.1
1.23	1.23.1	1.23.1.1	1.23.1.1.1	1.23.1.1.1.1	1.23.1.1.1.1.1
1.24	1.24.1	1.24.1.1	1.24.1.1.1	1.24.1.1.1.1	1.24.1.1.1.1.1
1.25	1.25.1	1.25.1.1	1.25.1.1.1	1.25.1.1.1.1	1.25.1.1.1.1.1
1.26	1.26.1	1.26.1.1	1.26.1.1.1	1.26.1.1.1.1	1.26.1.1.1.1.1
1.27	1.27.1	1.27.1.1	1.27.1.1.1	1.27.1.1.1.1	1.27.1.1.1.1.1
1.28	1.28.1	1.28.1.1	1.28.1.1.1	1.28.1.1.1.1	1.28.1.1.1.1.1
1.29	1.29.1	1.29.1.1	1.29.1.1.1	1.29.1.1.1.1	1.29.1.1.1.1.1
1.30	1.30.1	1.30.1.1	1.30.1.1.1	1.30.1.1.1.1	1.30.1.1.1.1.1
1.31	1.31.1	1.31.1.1	1.31.1.1.1	1.31.1.1.1.1	1.31.1.1.1.1.1
1.32	1.32.1	1.32.1.1	1.32.1.1.1	1.32.1.1.1.1	1.32.1.1.1.1.1
1.33	1.33.1	1.33.1.1	1.33.1.1.1	1.33.1.1.1.1	1.33.1.1.1.1.1
1.34	1.34.1	1.34.1.1	1.34.1.1.1	1.34.1.1.1.1	1.34.1.1.1.1.1
1.35	1.35.1	1.35.1.1	1.35.1.1.1	1.35.1.1.1.1	1.35.1.1.1.1.1
1.36	1.36.1	1.36.1.1	1.36.1.1.1	1.36.1.1.1.1	1.36.1.1.1.1.1
1.37	1.37.1	1.37.1.1	1.37.1.1.1	1.37.1.1.1.1	1.37.1.1.1.1.1
1.38	1.38.1	1.38.1.1	1.38.1.1.1	1.38.1.1.1.1	1.38.1.1.1.1.1
1.39	1.39.1	1.39.1.1	1.39.1.1.1	1.39.1.1.1.1	1.39.1.1.1.1.1
1.40	1.40.1	1.40.1.1	1.40.1.1.1	1.40.1.1.1.1	1.40.1.1.1.1.1
1.41	1.41.1	1.41.1.1	1.41.1.1.1	1.41.1.1.1.1	1.41.1.1.1.1.1
1.42	1.42.1	1.42.1.1	1.42.1.1.1	1.42.1.1.1.1	1.42.1.1.1.1.1
1.43	1.43.1	1.43.1.1	1.43.1.1.1	1.43.1.1.1.1	1.43.1.1.1.1.1
1.44	1.44.1	1.44.1.1	1.44.1.1.1	1.44.1.1.1.1	1.44.1.1.1.1.1
1.45	1.45.1	1.45.1.1	1.45.1.1.1	1.45.1.1.1.1	1.45.1.1.1.1.1
1.46	1.46.1	1.46.1.1	1.46.1.1.1	1.46.1.1.1.1	1.46.1.1.1.1.1
1.47	1.47.1	1.47.1.1	1.47.1.1.1	1.47.1.1.1.1	1.47.1.1.1.1.1
1.48	1.48.1	1.48.1.1	1.48.1.1.1	1.48.1.1.1.1	1.48.1.1.1.1.1
1.49	1.49.1	1.49.1.1	1.49.1.1.1	1.49.1.1.1.1	1.49.1.1.1.1.1
1.50	1.50.1	1.50.1.1	1.50.1.1.1	1.50.1.1.1.1	1.50.1.1.1.1.1
1.51	1.51.1	1.51.1.1	1.51.1.1.1	1.51.1.1.1.1	1.51.1.1.1.1.1
1.52	1.52.1	1.52.1.1	1.52.1.1.1	1.52.1.1.1.1	1.52.1.1.1.1.1
1.53	1.53.1	1.53.1.1	1.53.1.1.1	1.53.1.1.1.1	1.53.1.1.1.1.1
1.54	1.54.1	1.54.1.1	1.54.1.1.1	1.54.1.1.1.1	1.54.1.1.1.1.1
1.55	1.55.1	1.55.1.1	1.55.1.1.1	1.55.1.1.1.1	1.55.1.1.1.1.1
1.56	1.56.1	1.56.1.1	1.56.1.1.1	1.56.1.1.1.1	1.56.1.1.1.1.1
1.57	1.57.1	1.57.1.1	1.57.1.1.1	1.57.1.1.1.1	1.57.1.1.1.1.1
1.58	1.58.1	1.58.1.1	1.58.1.1.1	1.58.1.1.1.1	1.58.1.1.1.1.1
1.59	1.59.1	1.59.1.1	1.59.1.1.1	1.59.1.1.1.1	1.59.1.1.1.1.1
1.60	1.60.1	1.60.1.1	1.60.1.1.1	1.60.1.1.1.1	1.60.1.1.1.1.1
1.61	1.61.1	1.61.1.1	1.61.1.1.1	1.61.1.1.1.1	1.61.1.1.1.1.1
1.62	1.62.1	1.62.1.1	1.62.1.1.1	1.62.1.1.1.1	1.62.1.1.1.1.1
1.63	1.63.1	1.63.1.1	1.63.1.1.1	1.63.1.1.1.1	1.63.1.1.1.1.1
1.64	1.64.1	1.64.1.1	1.64.1.1.1	1.64.1.1.1.1	1.64.1.1.1.1.1
1.65	1.65.1	1.65.1.1	1.65.1.1.1	1.65.1.1.1.1	1.65.1.1.1.1.1
1.66	1.66.1	1.66.1.1	1.66.1.1.1	1.66.1.1.1.1	1.66.1.1.1.1.1
1.67	1.67.1	1.67.1.1	1.67.1.1.1	1.67.1.1.1.1	1.67.1.1.1.1.1
1.68	1.68.1	1.68.1.1	1.68.1.1.1	1.68.1.1.1.1	1.68.1.1.1.1.1
1.69	1.69.1	1.69.1.1	1.69.1.1.1	1.69.1.1.1.1	1.69.1.1.1.1.1
1.70	1.70.1	1.70.1.1	1.70.1.1.1	1.70.1.1.1.1	1.70.1.1.1.1.1
1.71	1.71.1	1.71.1.1	1.71.1.1.1	1.71.1.1.1.1	1.71.1.1.1.1.1
1.72	1.72.1	1.72.1.1	1.72.1.1.1	1.72.1.1.1.1	1.72.1.1.1.1.1
1.73	1.73.1	1.73.1.1	1.73.1.1.1	1.73.1.1.1.1	1.73.1.1.1.1.1
1.74	1.74.1	1.74.1.1	1.74.1.1.1	1.74.1.1.1.1	1.74.1.1.1.1.1
1.75	1.75.1	1.75.1.1	1.75.1.1.1	1.75.1.1.1.1	1.75.1.1.1.1.1
1.76	1.76.1	1.76.1.1	1.76.1.1.1	1.76.1.1.1.1	1.76.1.1.1.1.1
1.77	1.77.1	1.77.1.1	1.77.1.1.1	1.77.1.1.1.1	1.77.1.1.1.1.1
1.78	1.78.1	1.78.1.1	1.78.1.1.1	1.78.1.1.1.1	1.78.1.1.1.1.1
1.79	1.79.1	1.79.1.1	1.79.1.1.1	1.79.1.1.1.1	1.79.1.1.1.1.1
1.80	1.80.1	1.80.1.1	1.80.1.1.1	1.80.1.1.1.1	1.80.1.1.1.1.1
1.81	1.81.1	1.81.1.1	1.81.1.1.1	1.81.1.1.1.1	1.81.1.1.1.1.1
1.82	1.82.1	1.82.1.1	1.82.1.1.1	1.82.1.1.1.1	1.82.1.1.1.1.1
1.83	1.83.1	1.83.1.1	1.83.1.1.1	1.83.1.1.1.1	1.83.1.1.1.1.1
1.84	1.84.1	1.84.1.1	1.84.1.1.1	1.84.1.1.1.1	1.84.1.1.1.1.1
1.85	1.85.1	1.85.1.1	1.85.1.1.1	1.85.1.1.1.1	1.85.1.1.1.1.1
1.86	1.86.1	1.86.1.1	1.86.1.1.1	1.86.1.1.1.1	1.86.1.1.1.1.1
1.87	1.87.1	1.87.1.1	1.87.1.1.1	1.87.1.1.1.1	1.87.1.1.1.1.1
1.88	1.88.1	1.88.1.1	1.88.1.1.1	1.88.1.1.1.1	1.88.1.1.1.1.1
1.89	1.89.1	1.89.1.1	1.89.1.1.1	1.89.1.1.1.1	1.89.1.1.1.1.1
1.90	1.90.1	1.90.1.1	1.90.1.1.1	1.90.1.1.1.1	1.90.1.1.1.1.1
1.91	1.91.1	1.91.1.1	1.91.1.1.1	1.91.1.1.1.1	1.91.1.1.1.1.1
1.92	1.92.1	1.92.1.1	1.92.1.1.1	1.92.1.1.1.1	1.92.1.1.1.1.1
1.93	1.93.1	1.93.1.1	1.93.1.1.1	1.93.1.1.1.1	1.93.1.1.1.1.1
1.94	1.94.1	1.94.1.1	1.94.1.1.1	1.94.1.1.1.1	1.94.1.1.1.1.1
1.95	1.95.1	1.95.1.1	1.95.1.1.1	1.95.1.1.1.1	1.95.1.1.1.1.1
1.96	1.96.1	1.96.1.1	1.96.1.1.1	1.96.1.1.1.1	1.96.1.1.1.1.1
1.97	1.97.1	1.97.1.1	1.97.1.1.1	1.97.1.1.1.1	1.97.1.1.1.1.1
1.98	1.98.1	1.98.1.1	1.98.1.1.1	1.98.1.1.1.1	1.98.1.1.1.1.1
1.99	1.99.1	1.99.1.1	1.99.1.1.1	1.99.1.1.1.1	1.99.1.1.1.1.1
2.00	2.00.1	2.00.1.1	2.00.1.1.1	2.00.1.1.1.1	2.00.1.1.1.1.1



ELEVACION CORTE AA



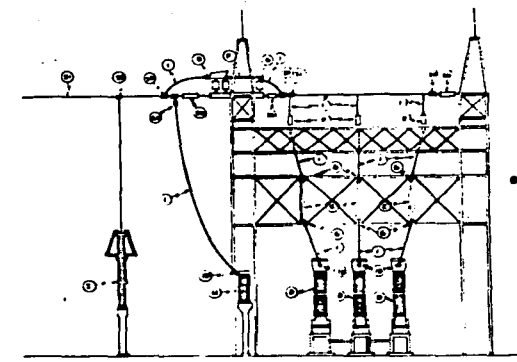
PLANTA



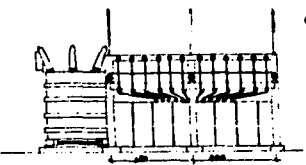
DETALLE 1



DETALLE 2



CORTE CC

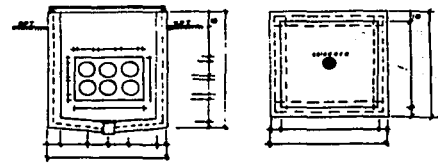
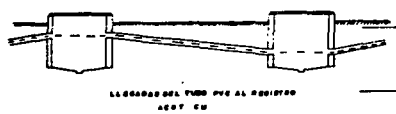
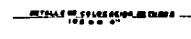
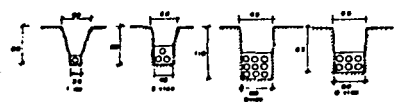
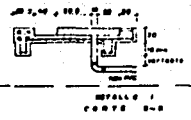
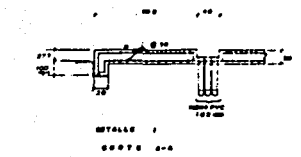


CORTE DD

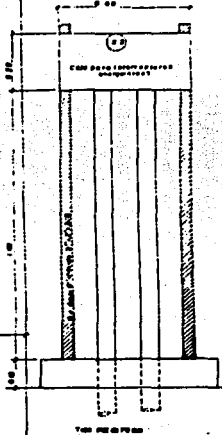
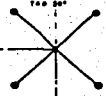
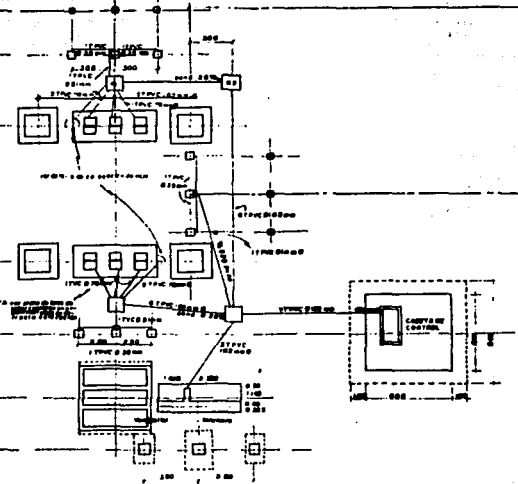
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

SE. BANUARD ELEVACION Y PLANTA DE EQUIPO CORTE, HERRAJES Y CONECTORES	
PROYECTO: MARTIN M. ESCALANTE M.	
ESC. 1:100	PLANO 6





NO. LISTADO	DESCRIPCION
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...



EL SAHJARO

CADORCA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

SE SAHJARO  
 DUCTOS, TRAYECTORIAS Y REGISTROS  
 PROYECTO:  
 MARTIN M ESCALANTE M  
 ESC. 1180 PLANO 7

C A P I T U L O IV

PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

4.1 INTRODUCCION.- Es importante resaltar el hecho de que las pruebas y revisiones son un paso de suma importancia para asegurar el buen funcionamiento presente y futuro de una subestación y de cualquier instalación eléctrica en general; fué esta la razón que nos impulsó incluir esta sección en la cual se hablará de estas pruebas.

En este capítulo se presenta un resumen de actividades que proporciona información acerca de las experiencias obtenidas en el campo de acción, en el momento de realizar las pruebas requeridas para la puesta en servicio de la Subestación "Sahuaro", que es la que nos ocupa; se muestra también una relación de los resultados reales obtenidos en las pruebas que mencionaremos, todo esto aunado a una explicación secuencial de los pasos a seguir para realizar las pruebas; esta explicación se hará solo acerca de las pruebas en los equipos que se consideran más determinantes y fundamentales en el buen funcionamiento de la subestación, pero sin restarle importancia a las pruebas que se realizan en el resto del equipo.

Todas las pruebas y revisiones realizadas, estan apoyadas por una serie de trabajos anteriores en los cuales intervinieron técnicos tanto nacionales como extranjeros; dichos trabajos se integran en un todo para formar una serie de normas y recomendaciones, las cuales convenientemente aplicadas nos proporcionan un medio para interpretar los resultados de las diferentes pruebas no destructivas realizadas en el campo sobre el equipo eléctrico ya instalado.

Se incluye también un compendio de experiencias que se tuvieron en el momento preciso de la puesta en servicio.

4.2 PRUEBAS EN EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA. - El transformador de potencia es sin duda el elemento fundamental en una subestación, es por esto que se debe dedicar especial interés y cuidado al realizar las pruebas sobre él, pero sin restarle importancia al equipo complementario que integra la subestación, ya que constituyen también elementos indispensables para el buen funcionamiento de la subestación en conjunto.

A continuación se muestra la serie de pruebas a las que se sometió el transformador de potencia durante los trabajos previos a la puesta en servicio de la subestación "Sahuaro", haciendo hincapié en que los resultados de las pruebas son reales.

**REVISION DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.**

**Antes de iniciar cualquier prueba o proceso sobre este equipo se revisaron los puntos anotados en la hoja siguiente.**

REPORTE DE INSPECCION Y REVISION

SUBESTACION <u>SAHUARO</u>		FECHA RECEP. _____	
LOCALIZACION <u>ZONA NORTE</u>		FECHA REVISION _____	
Transformador <u>X</u>	Autotransformador _____	Reactor _____	Nuevo _____
Reparado _____	Usado _____	Marca _____	Serie No. _____
		Capacidad _____	Tensiones AT 115 KV BT 13.8 KV
		Conexiones: AT BT T	Monofasico _____ Trifasico <u>X</u>
Nucleo: Tipo de Columnas _____		Silica Gel Interior <u>Si</u> <u>No</u>	
Tipo Acorazado _____		Soportes Int. Transp <u>Si</u> <u>No</u>	
<b>NUCLEO Y BOBINAS:</b>			
Sujeción bien y firme _____		Faltan partes _____	
Sujeción floja _____		Faltan aislamientos _____	
Faltan Tornillos _____		Bobinas desplazadas _____	
Soportes rotos _____		Bobinas golpeadas _____	
Tierras Nucleos bien _____		Tierras Nucleo Desc. _____	
<b>ESTRUCTURA AISLANTE:</b>		<b>GUIAS TERMINALES:</b>	
Bien _____		Bien <u>X</u>	
Rota _____		Rotas _____	
Golpeada _____		Cortas _____	
Suelta _____		Sueltas _____	
<b>CAMBIADOR DE TAPS</b>			
Bajo Carga Si No	Montado Si No	Contactos Moviles Bien Si No	Contactos Fijos Bien Si No
Dañado _____	Golpeado _____	Flechas y Pernos Bien Si No	Cardan (es) Bien Si No
Mando Motorizado _____	Mando Manual _____	Guías Derivaciones Bien Si No	Indicador de posición Bien Si No
<b>TRANSFORMADOR DE CORRIENTE</b>			
Internos Si No	En corto circuito Si No	Transformadores Bien Si No	Conexiones Bien Si No
<b>ACCESORIOS</b>			
Bridas Bien Si No	Bomba (s) Aceite Bien Si No	Ventiladores Bien Si No	Gabinete de Control Bien Si No
Boquillas Bien Si No	Dispositivos sobrepresión Bien Si No	Faltan accesorios Bien Si No	Valvulas radiadores Bien Si No
		Valvulas varias Bien Si No	Bomba (s) Bien Si No
		Tuberias Conduit Bien Si No	Bucholz Bien Si No

REPORTE QUINCENAL DE INSPECCION A S.E. DESATENDIDAS

Zona \_\_\_\_\_ S.E. \_\_\_\_\_

ACTIVIDADES A DESARROLLAR		ESTRUCTURA	BUS ALTA TENSION	SUCHILLOS	ALTA TENSION	SPAR TARRAJOS	ALTA TENSION	INTERRUPTORES	ALTA TENSION	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	BUS BAJA TENSION	SUCHILLOS	BAJA TENSION	INTERRUPTORES	BAJA TENSION	TRANSFORMADORES DE SERVICIOS PROPIOS	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL	CUARNO DE MANIOBRAS	CABETA	TABLEROS DE CONTROL	BANCO BATERIAS	REGULADORES	CERCOS SIM. Y PERIMETRO	OBSERVACIONES
I	V																							
I	INSPECCION VISUAL																							
V	VERIFICAR, CONCORRARSE																							
E	EJECUTAR, LLEVAR A CABO																							
R	REGISTRAR, TOMAR NOTA																							
	LOS CUADROS DEBERAN LLENARSE CON LAS LETRAS S = SI N = NO																							
V	EXISTEN CAMBADO Y LLAVES																							
I	EXISTE MALEZA Y BASURA																							
V	EXISTEN LETREROS PREVENTIVOS DE SEGURIDAD																							
I	EXISTEN MATERIALES EXTRAÑOS SOBRE EQUIPO																							
I	SE MALLA LA ESTRUCTURA COMPLETA																							
I	CABLES Y PUENTES FIRMES																							
I	EXISTE SOBRECALENTAMIENTO EN CONECTORES																							
I	SE MALLA LA PORCELANA COMPLETA																							
I	BAJADAS A TIERRA COMPLETAS																							
I	PINTURA EN BUEN ESTADO																							
I	PURGAR TANQUES AIRE COMPRIMIDO																							
V	RESISTENCIA CALEFACTORA OPERA SATISFACTORIAMENTE																							
V	ALIMENTACION C.A. 1/6 C.D. EXISTE																							
V	NIVEL DE ACEITE CORRECTO																							
V	EXISTEN FUGAS DE ACEITE																							
V	ABANCOS OPERAN SATISFACTORIAMENTE																							
	PRESION DE NITROGENO																							
R	TEMPERATURA DE ACEITE																							
R	LECTURA DE TMO'S																							
	COLOR AZUL DEL PRESEPTIVO INMEDIAD (BALCA GEL)																							
V	EXISTEN INDICOS SOBREPOLACION RATAS																							
V	EL EQUIPO TIENE NOMENCLATURA																							
V	OPERACION ALUMBRADO																							
V	REPONER NIVEL AGUA DESTILADA																							
R	SOUNDAD DE CELDAS PILOTO																							
R	LIMPIAR Y ENVUELINAR DORNES DE CONEXION																							
V	LAMPARAS DETECTORAS FALLA A TIERRA ENCENDIDAS																							
V	LAMPARAS SEÑALIZADORAS B y J NO FUNDIDAS																							
	POSICION AGUJAS INDICADORAS																							

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

Además debemos tener en cuenta también una revisión externa de partes tales como:

Aterrizaje del Transformador	Montaje del Termometro (Top-Oil)
Anclaje o frenado	Montaje de Tro
Nivelación	Conexiones de Ventiladores
Radiador	Tablero de Control
Soldaduras	Montaje del Nivel de Aceite
Refuerzos del Tanque	Tanque Conservador
Tapón de Radiador	Montaje del relé Buchholz
Registro Hombre	Montaje del Cuello de Ganso
Montaje de bushings alta	Montaje del relé de sobre presión
Montaje de apartarrayos alta	Nivel de Aceite Bushings alta
Montaje de apartarrayos baja	Conectores de Bushings
Aterrizaje del neutro	

Una vez realizadas las revisiones antes mencionadas se procede a realizar las pruebas que a continuación se enumeran:

#### TRANSFORMADOR DE POTENCIA (SIN ACEITE)

Después de Montar  
 Megger  
 Factor de Potencia  
 TTR (en todos los taps)  
 Corriente de excitación (Con factor de Potencia)  
 Medición de impedancia (en todos los taps)  
 Prueba de Tro  
 Prueba de resistencia ohmica bobina de Tro  
 Prueba del indicador de nivel  
 Prueba de relación de T.C.  
 Megger cables de ventiladores

#### TRANSFORMADOR DE POTENCIA (CON ACEITE)

Megger  
 Factor de Potencia  
 TTR (en todos los taps)  
 Resistencia óhmica (tap por tap)  
 Medición de impedancia (tap por tap)  
 Resistividad de aceite  
 Factor de potencia de aceite  
 Rigidez dieléctrica del aceite  
 % de Humedad  
 Alarma por Buchhoz  
 Disparo por Buchholz  
 Comprobación equipo silica-gel

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

PRUEBAS EN LAS QUE SE REQUIERE MEGGER EN TRANSFORMADORES.

1. - Resistencia de aislamiento o de Megger
2. - Resistividad de Aceite

Analicemos por actividades las pruebas

1. - Resistencia de aislamiento
  - a) Debemos contar con instalación eléctrica de 110 Volts C. A.
  - b) Nivelar Megger
  - c) Conectar Megger
  - d) Ajustar Megger
  - e) Probar puntas de Megger por continuidad
  - f) Conectar en corto circuito alta tensión
  - g) Conectar en corto circuito baja tensión
  - h) Conectar puntas de Megger a los devanados
  - i) Tomar temperatura top oil
  - j) Tomar temperatura bulbo seco
  - k) Tomar temperatura bulbo húmedo
  - l) Determinar % de humedad
  - m) Anotar temperatura y % de humedad
  - n) Anotar datos iniciales de la hoja de prueba
  - o) Iniciar pruebas
  - p) Tomar lectura de Megger y anotar
  - q) Analizar prueba sin corregir ni multiplicar
  - r) Repetir de o) a q) cuantas pruebas se realicen según n)
  - s) Repetir de i) a m)
  - t) Anotar en hoja de prueba promedio de temperatura y humedad
  - u) Corregir todas las lecturas y multiplicar
  - v) Analizar lecturas

En pruebas iniciales son 6 pruebas básicas:

- 1) Alta contra tierra (baja guardado)
- 2) Baja contra tierra (alta guardado)
- 3) Alta contra baja (tierra guardado)
- 4) Alta contra baja a tierra
- 5) Baja contra alta a tierra
- 6) Alta contra baja

APARATOS REQUERIDOS

Megger  
Analizador  
Cronómetro

PERSONAL REQUERIDO

Ingeniero  
Ayudante

**Tiempo aproximado por actividad**

- |               |               |
|---------------|---------------|
| a) 10 Minutos | l) 2 Minutos  |
| b) 3 Minutos  | m) 1 Minuto   |
| c) 1 Minuto   | n) 2 Minutos  |
| d) 2 Minutos  | o) 0 Minutos  |
| e) 5 Minutos  | p) 10 Minutos |
| f) 5 Minutos  | q) 3 Minutos  |
| g) 5 Minutos  | r) 90 Minutos |
| h) 1 Minutos  | s) 60 Minutos |
| i) 1 Minuto   | t) 2 Minutos  |
| j) 1 Minuto   | u) 15 Minutos |
| k) 5 Minutos  | v) 15 Minutos |

Tiempo estimado de la prueba = 219 minutos = 3 Horas 40 Min.

**2. - Resistividad del Aceite**

Suponemos que ya está instalado, nivelado y ajustado el Megger

- a) Probar puntas de copa de resistividad
- b) Preparar Limpieza (copa)
- c) Sacar muestra de aceite (parte inferior)
- d) Colocar copa de resistividad
- e) Conectar copa de resistividad a Megger
- f) Efectuar la prueba
- g) Anotar la lectura
- h) Analizar la lectura
- i) Tomar Temperatura
- j) Repetir pasos de b) a i) para parte superior
- k) Analizar ambas lecturas

**APARATOS REQUERIDOS**

Megger  
Copa de Resistividad  
Analizador  
Termometro  
Cronómetro

**PERSONAL REQUERIDO**

Ingeniero  
Ayudante

**Tiempo aproximado por actividad:**

- |              |               |
|--------------|---------------|
| a) 2 Minutos | g) 1 Minuto   |
| b) 1 Minuto  | h) 1 Minuto   |
| c) 5 Minutos | i) 5 Minutos  |
| d) 1 Minuto  | j) 20 Minutos |
| e) 1 Minuto  | k) 2 Minutos  |
| f) 1 Minuto  |               |



Tiempo aproximado de la prueba = 44 minutos, (recordemos que supimos que el Megger se encontraba ya conectado, nivelado y -ajustado).

En caso de que haya necesidad de conectar, nivelar y ajustar Megger debemos agregar 16 minutos más, según los pasos a) hasta d) de la prueba de resistencia de aislamiento; por lo cual el tiempo total sería de 1 hora.

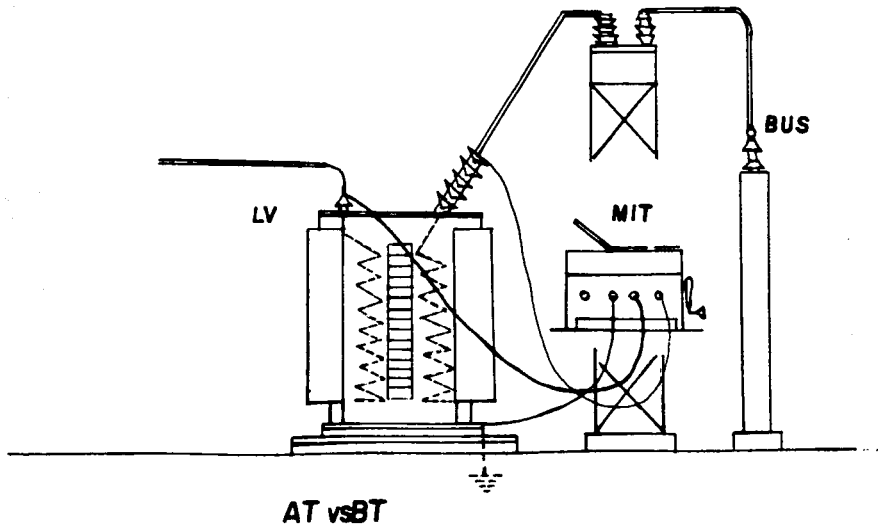
En las figuras 4.2.1, a 4.2.5 se muestran las conexiones del Megger al transformador para las diferentes pruebas efectuadas.

#### PRUEBAS EN LAS QUE SE REQUIERE FACTOR DE POTENCIA - EN TRANSFORMADORES.

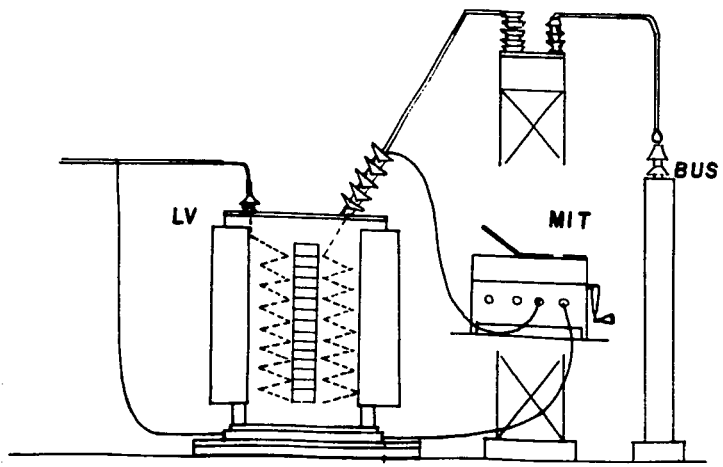
1. - Factor de potencia (de devanado)
2. - Corriente de excitación
3. - Factor de Potencia del Aceite
4. - Factor de Potencia Bushings

#### 1. - FACTOR DE POTENCIA

- a) Contar con alimentación de 110 V.C.A.
- b) Conectar al aparato de factor de potencia
- c) Conectar Switch de seguridad
- d) Conectar a tierra el aparato
- e) Conectar el cable de alto voltaje
- f) Conectar el cable de bajo voltaje
- g) Comprobar polaridad de la alimentación
- h) Poner en corto circuito el devanado de alta del transformador
- i) Poner en corto circuito el devanado de baja del transformador
- j) Conectar el cable de alta tensión en alta del transformador
- k) Conectar cable de baja tensión en baja del transformador
- l) Poner interruptores en ground y check respectivamente
- m) Cerrar todos los demás interruptores
- n) Comenzar a levantar voltaje hasta tener 2.5 KV
- o) Ajustar medidas hasta tener lectura de 100
- p) Poner multiplicadores mas altos
- q) Pasar interruptor check a MVA
- r) Mover multiplicadores hasta tener lectura adecuada y anotarla con su multiplicador
- s) Pasar interruptor de MVA a check
- t) Pasar interruptor de check a M.W.
- u) Mover reostato hasta tener lectura mínima
- v) Mover multiplicador numérico hasta obtener lectura
- w) Repetir paso u)
- x) Tomar lectura
- y) Ver polaridad de lectura y anotarla
- z) Pasar switch a "reversa"

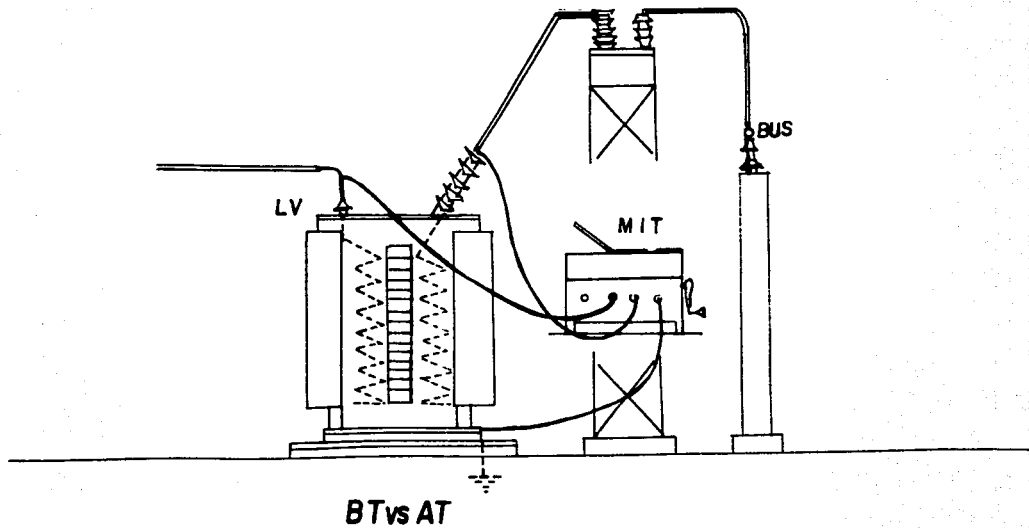


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



AT vs BT

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- a') Repetir pasos de u) hasta z)
- b') Promediar lecturas tomadas en ambas ocasiones en paso a)
- c') Anotar lectura y Multiplicador
- d') Poner interruptores de seguridad en OFF
- e') Poner interruptor en guard
- f') Repetir pasos de l) a d')
- g') Poner interruptor en UST
- h') Repetir pasos de l) a d')
- i') Poner todos los interruptores en OFF
- j') Cambiar cable de alta tensión en baja del transformador
- k') Cambiar cable de baja tensión en alta del transformador
- l') Repetir pasos de l) a d')
- m') Repetir paso e')
- n') Repetir pasos de l) a d')
- o') Repetir paso i')
- p') Tomar lectura del psicómetro
- q') Determinar % de humedad
- r') Anotar el % de humedad
- s') Tomar lectura de temperatura
- t') Anotar temperatura
- u') Desconectar aparatos y guardar
- v') Tomar datos de placa del transformador y anotarlos
- w') Efectuar cálculo
- x') Corregir lecturas
- y') Analizar lecturas

#### APARATOS REQUERIDOS

#### PERSONAL REQUERIDO

Factor de Potencia  
Psicómetro

Ingeniero  
Ayudante

#### Tiempos aproximados por actividad

a)	10 Minutos	m')	1 Minuto
b) a g)	8 Minutos	n')	6 Minutos
h)	5 Minutos	o')	1 Minuto
i)	5 Minutos	p')	6 Minutos
j)	1 Minuto	q')	2 Minutos
k) a d')	6 Minutos	r')	1 Minuto
e')	1 Minuto	s')	1 Minuto
f')	6 Minutos	t')	1 Minuto
g')	1 Minuto	u')	5 Minutos
h')	6 Minutos	v')	5 Minutos
i')	1 Minuto	w')	2 Minutos
j') a k')	1 Minuto	x')	1 Minuto
l')	5 Minutos	y')	5 Minutos

Tiempo de prueba = 93 minutos = 1 Hora 33 Minutos

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE. -

Se realiza con un probador High-pot de CD, el cual no tiene cable de salida, sino que su salida se lleva a dos terminales entre las cuales se coloca una capa con dos electrodos, uno fijo y otro ajustable.

## Procedimientos:

- a) Lavar la copa con el aceite que se prueba
- b) Tirar el aceite con el que se lava la copa
- c) Llenar la copa con aceite hasta la marca del nivel
- d) Colocar la copa en el probador
- e) Dejar reposar de 5 a 10 minutos
- f) Aplicar tensión e ir aumentandola aproximadamente a una velocidad de 1 KV/Seg.
- g) Aumentar tensión hasta que el aceite rompa
- h) Anotar
- i) Repetir la secuencia anterior 5 veces

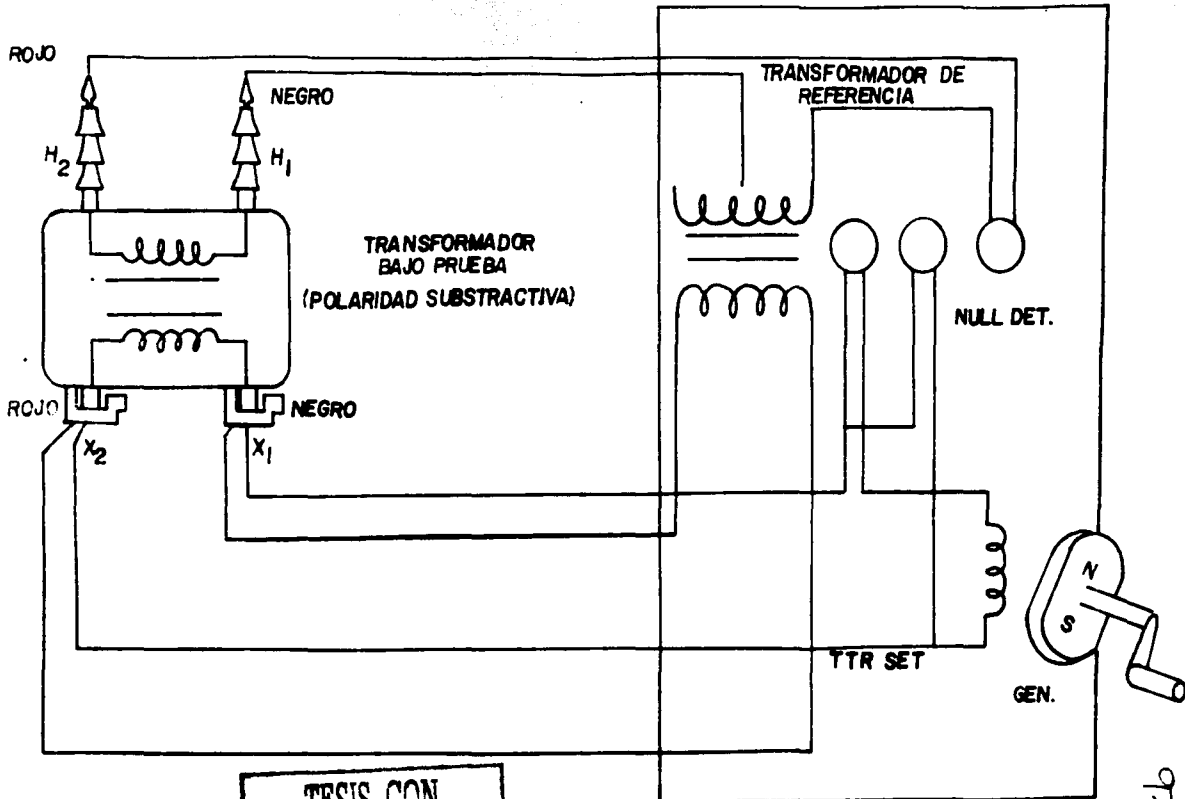
Si promedio de los 5 valores tomados nos dará el valor de ruptura del aceite

PRUEBA DE TTR: El equipo TTR se utiliza para conocer la relación de transformación en vacío, es decir, la relación de No. de vueltas de los devanados de un transformador. La capacidad del equipo TTR es tal que permite la prueba para casi todos los transformadores de distribución y de potencia de uso general, el valor máximo de relación es de 130.

En nuestro caso utilizamos el equipo TTR para realizar la prueba de relación de transformación; a continuación se hace una descripción de los pasos a seguir en dicha prueba.

Antes de la prueba de un transformador deberán seguirse las siguientes precauciones:

- a) Primera precaución. - Debemos asegurarnos que el transformador a probar esté completamente desenergizado.
- b) Segunda precaución. - Deberán desconectarse completamente -- las terminales de los brincos de la fuente de carga del transformador. Las conexiones a tierra podrán permanecer si así se desea.
- c) Tercera precaución. - Si hay equipo de alta tensión energizado cerca del aparato a prueba, deberá aterrizarse una terminal de cada devanado y aterrizar el equipo "TTR", conectando el conector tipo poste para esta finalidad.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- d) Cuarta precaución.- Por ningún motivo, gire la manivela del equipo cuando se estén manipulando las terminales. Alta tensión puede desarrollarse entre ellas.

**Procedimientos:**

Considerando un transformador monofásico y en función de la figura 4.2.6, se conectan las grapas X1 y X2 al devanado, de B. T. - del transformador. El caimán H1 se conectará al bushing de A. T. que corresponde a la grapa X1 y el caimán H2 al bushing de A. T. - correspondiente.

**NOTA.**- Cuando se aterrizan un extremo de cada devanado, conéctese las terminales X1 y H1 a dichos extremos. Coloque la lectura del aparato a (00,000) y gire un cuarto de revolución la manivela, si el detector deflexiona a la izquierda, la polaridad del transformador es sustractiva y X1 y H1 quedaron conectadas a terminales del transformador de la misma polaridad, como de igual manera, sucede con X2 y H2 (ver fig. No. 4.2.7).

**IMPORTANTE.**- Si el detector deflexiona a la derecha, indica que el transformador es de polaridad aditiva, y han quedado tanto X1 - y H1 como X2 y H2 conectados a polaridades diferentes, por lo tanto, hay necesidad de invertir los caimanes H1 y H2, para corregir la conexión (ver fig. No. 4.2.8).

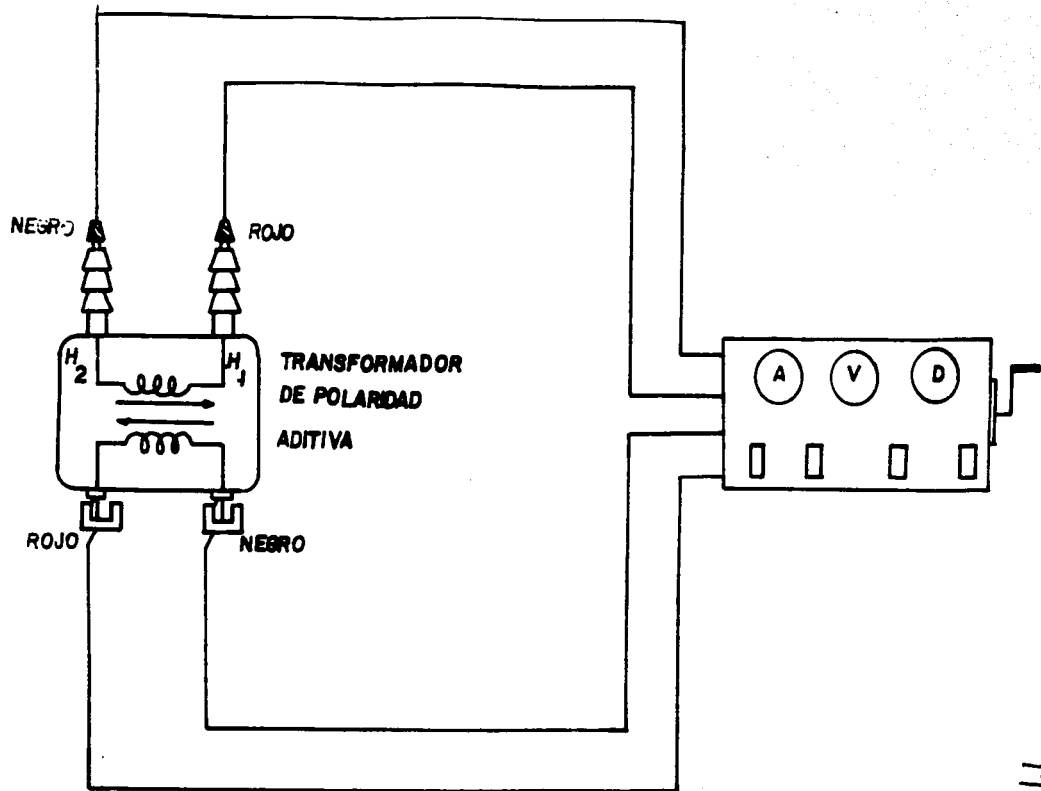
Hecho lo anterior, podemos comenzar a determinar la relación de transformación.

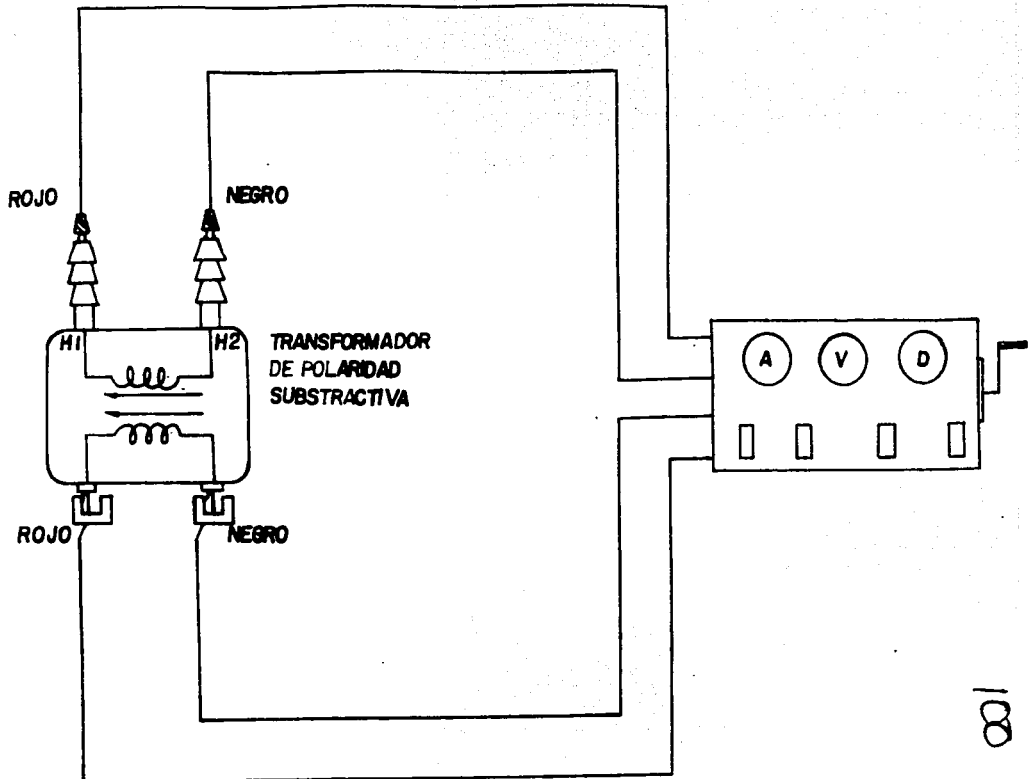
Se gira la perilla de izquierda a derecha, un paso en el sentido de las manecillas del reloj (su cuadrante indicará 1 y la lectura será 10,000), se dá un movimiento lento a la manivela, si el detector deflexiona a la izquierda, se debe detener la manivela y girar la misma perilla al siguiente paso (la lectura será ahora de 20,000), si girando la manivela continúa el detector desviándose hacia la izquierda entonces se deberán repetir las operaciones hasta que el detector se desvié a la derecha, entonces se deberá regresar al paso anterior.

Repita la operación idénticamente con la segunda perilla.

En el selector de ajuste fino, se debe girar lentamente la manivela y el selector a un tiempo, observando el detector hasta que las desviaciones hacia la izquierda disminuyan, entonces ahora sí, aumente la velocidad de la manivela para alcanzar un valor de voltaje de 8 volts sostenidos, y ajuste el selector de ajuste fino para -- que el detector esté en completo equilibrio.









MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

ESTACION SAHUARO FECHA 630004

EQUIPO TR-1 MARCA IEM SERIE No. 24-5757-1

VOLTAJE 110/13.8 KV KVA. 10000/12500 FREC. 60 R. P. M. \_\_\_\_\_

PROTECCION CONTRA CORONA \_\_\_\_\_

TIEMPO EN OPERACION \_\_\_\_\_ AISLAMIENTO CLASE OA/FA

CAPACITANCIA															
TEMPERATURA				38° C		38° C									
PARTE PROBADA				H - X		X - H									
VOLTAJE PRUEBA				2500		2500									
CONEXIONES DE PRUEBA		LINEA GUARDA		H		X									
		TIERRA		X		H									
TIEMPO	Lect.	K	Mohm.	Lect.	K	Mohm.	Lect.	K	Mohm.	Lect.	K	Mohm.	Lect.	K	Mohm.
15 Seg.				185	5	925	130	5	650						
30 "				200	5	1000	140	5	700						
45 "				215	5	1075	148	5	725						
1 Min.				225	5	1125	145	5	725						
2 "				235	5	1175	150	5	750						
3 "				240	5	1200	150	5	750						
4 "				250	5	1250	155	5	775						
5 "				255	5	1275	160	5	800						
6 "				255	5	1275	165	5	825						
7 "				255	5	1275	170	5	850						
8 "				255	5	1275	170	5	850						
9 "				260	5	1300	175	5	875						
10 "				265	5	1325	175	5	875						
RELACION 3/1				1.08			1.03								
RELACION 10/1				1.17			1.20								

TEMPERATURA OBTENIDA CON TERMOMETRO DE MERCURIO

EQUIPO INCLUIDO EN LA PRUEBA NINGUNO

MEGGER No 2214264 RANGO \_\_\_\_\_ PROBO \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

La lectura del aparato será la relación de transformación del transformador bajo prueba.

- 4.3. PRUEBAS Y REVISIONES EN INTERRUPTORES. - Otro de los elementos que requieran atención especial en cuanto a pruebas y revisiones se refiere es el interruptor de potencia, ya que es determinante su buen accionar en el caso de que se necesite desconectar -- cierta parte del sistema en cualquiera de las condiciones siguientes.

Con carga

En vacío

En condiciones de falla

Desconexión con falla kilométrica.

Adicionalmente se debe considerar que los interruptores deben tener también la capacidad de efectuar recierres cuando sea una función requerida por el sistema al cual se va a instalar.

Las características constructivas de los interruptores influyen también de alguna manera en su forma de operación dentro de un sistema eléctrico, dependiendo del medio de extinción del arco y la rapidez de separación de los contactos.

Tomando en consideración lo anterior se hizo una recopilación de las pruebas y revisiones que se consideran necesarias para dar el visto bueno al funcionamiento de los interruptores de potencia, cual se muestra a continuación.

Antes de iniciar cualquier prueba o proceso en este equipo se llevaron a cabo las revisiones que se anotan a continuación:

REPORTE DE INSPECCION Y REVISION

SUBESTACION _____	FECHA RECEPCION _____
LOCALIZACION _____	FECHA REVISION _____
<u>INTERRUPTOR</u> EN ACEITE - - - - - POCO VOLUMEN - - - - - GRAN VOLUMEN - - - - - EN AIRE - - - - - EN GAS SF6 - - - - -	MARCA SERIE NO. CAPACIDAD IDENTIFICACION DEL CIRCUITO <u>410 (405)</u>
MECANISMO - - - - BIEN <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<u>TORNILLERIA</u> FLOJA - - - - - EN BUEN EDO. - - - - - FALTAN TORNILLOS - - - - -
BUSHINGS - - - - BIEN <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
CAMARAS - - EN BUEN EDO. <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<u>CONTACTOS</u>
RESISTENCIAS - - - BIEN <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	FIJOS - - - - - BIEN <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
ORIF.DE DRENADO CORRECTOS <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	MOVILES:
NIVEL DE ACEITE BUENO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	EN BUEN ESTADO - - - <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	BIEN CALIBRADOS - - - <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
<u>SOPORTES O VASTAGOS</u> AJUSTADOS - - - - - <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
OBSERVACIONES: _____	
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Aunado a lo anterior deberá hacerse una revisión externa visual - minuciosa sobre los detalles que a continuación se mencionan:

Nivelación	Interruptor de control
Anclaje	Conexión de relevadores
Aterrizaje	Corto circuito de T.C.
Sello de gabinetes	Motor de cargador de resorte
Mecanismos	Aterrizaje de T.C.
Bobina de cierre (probarla)	Terminales de potencial
Bobina de disparo (probarla)	

Se presentan solo los resultados de la revisión efectuada en el interruptor 4010 (4015) para evitar acumular información que solo nos aumentaría el volumen de este trabajo, pero debemos sobreentender que se hizo una revisión similar en los demás interruptores encontrándose todo normal.

Una vez que se efectuó la revisión se procedió a la realización de las siguientes pruebas:

#### INTERRUPTORES DE POTENCIA (SIN ACEITE)

Megger  
Factor de potencia  
Resistencia de contactos  
Factor de potencia a Bushings  
Medición de ajustes mecánicos  
Continuidad de aterrizaje a red de tierra

#### INTERRUPTORES DE POTENCIA (EN ACEITE)

Megger  
Factor de potencia  
Resistencia de contactos  
Factor de potencia a Bushings  
Relación de T.C.  
Prueba de polaridad a T.C  
Tiempos de operación (unicamente 69 KV y más)  
Resistencia óhmica de bobinas  
Resistividad de aceite  
Factor de potencia de aceite  
Rigidez dieléctrica del aceite  
cierre con bajo voltaje  
Disparo con bajo voltaje  
Comprobación de lock-out  
Comprobación de inter-lock's  
Prueba de Alta tensión C.A. 1 minuto (Unicamente Tableros Blindados)  
Medición de ajustes mecánicos y eléctricos

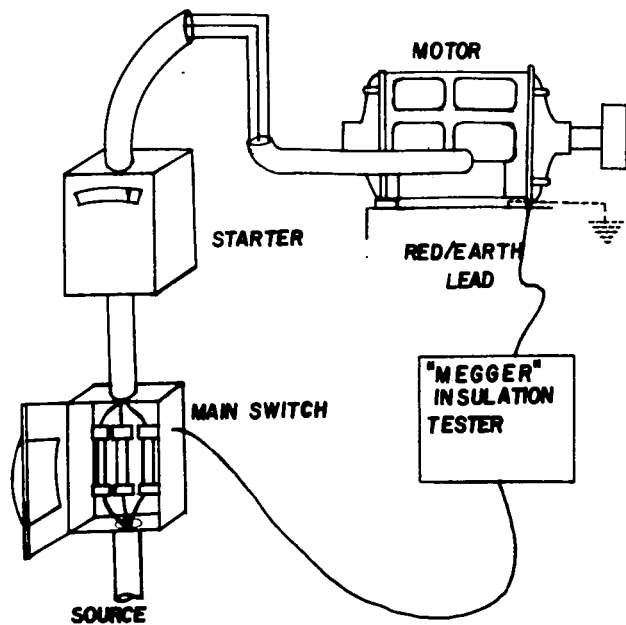
El procedimiento descrito anteriormente para las pruebas en las que se usa factor de potencia y megger en transformadores, es válido también para las pruebas en los interruptores (se entiende -- que se habla de las pruebas en las que se utiliza estos instrumentos).

A continuación se explica la secuencia para la prueba de resistencia de contacto en un interruptor; para ello se utilizó el "Ducter".

- a) Verificar que el interruptor esté desenergizado y cerrado.
- b) Colocar el instrumento en una base sólida y firme.
- c) Checar el switch selector del ducter y el switch sencillo del rectificador estén en la posición de Off.
- d) Conectar el rectificador al ducter teniendo muy en cuenta la polaridad (se conecta positivo con positivo y negativo con negativo)
- e) Conectar el cable de alimentación del rectificador a la fuente de alimentación, 115 volts, 60 ciclos.
- f) Conectar las terminales de potencial y de corriente a las terminales de prueba del ducter respectivamente.
- g) Antes de hacer la conexión con la resistencia a probar, es conveniente juntar las terminales de corriente y observar que la -- aguja tienda hacia cero.
- h) Conectar primeramente las terminales de corriente a la resistencia y posteriormente las de potencial debiendo quedar éstas -- dentro de las de corriente.
- i) Colocar el switch selector en la posición mas alejada ya que la resistencia a medir es desconocida.
- j) Colocar el switch del rectificador en la posición ON y tomar la lectura (aquí se ajusta el switch selector hasta que tengamos la medida de acuerdo con el rango indicado).
- k) Retirar terminales de potencial antes de colocar el switch sencillo del rectificador en OFF.
- l) Poner el switch sencillo y el switch selector en OFF
- m) Retirar las terminales de corriente

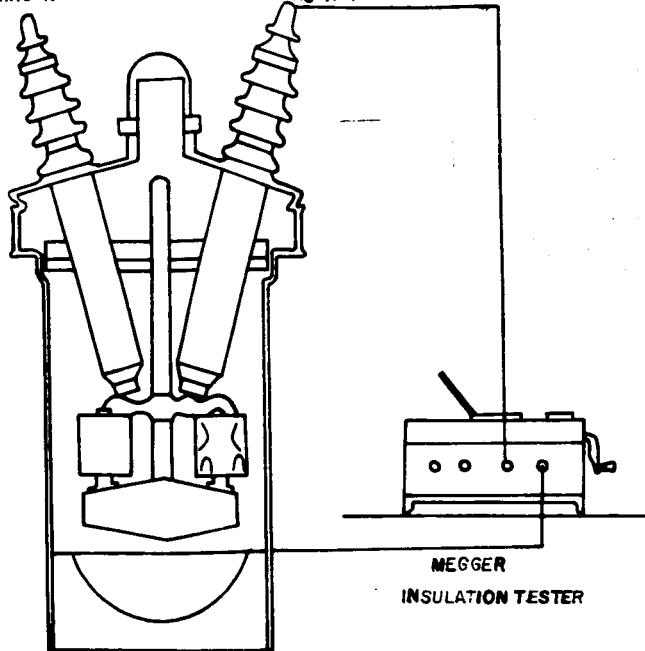
Prueba de megger a motores. En la fig. 4.3.1 se muestra como se hace la conexión para prueba de megger a motores





BUSHING N°2

BUSHING N°1

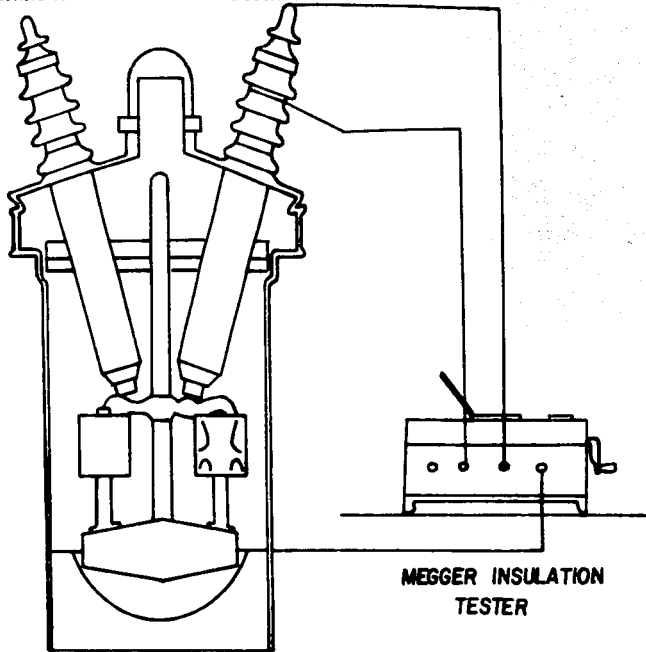


MEGGER

INSULATION TESTER

BUSHING N°2

BUSHING N°1



MEGGER INSULATION  
TESTER

# PRUEBAS DE INTERRUPTORES APERTURA EN GAS (SF 6)

110

ZONA :

SUBESTACION <b>SAHUARO</b>		FECHA DE PRUEBA <b>830808</b>		% HUMEDAD	
TEMP. AMBIENTE °C		TEMP. ACEITE °C		ESTADO DEL TIEMPO	
INTERRUPTOR <b>4010 (4015)</b>		MARCA <b>G.E.</b>		TIPO <b>AM 13.8-500-SH</b> SERIE <b>0175 A 3100-008</b>	
AÑO FABRICACION O PRIMERA INSTALACION				TENSION NOMINAL KV	
CORRIENTE NOMINAL <b>1200</b>		AMPERES		FECHA ULTIMA PRUEBA	
BOQUILLAS		MARCA		NUMERO ULTIMA PRUEBA	
TIPO		FACTOR USADO CORREC. A 20 °C			

ASE	E	T	G	UST	PIES DE BUS	ARMAS EN PARAL	TODAS LAS PRUEBAS A 2000 V.						EQUIPO DE PRUEBA N°	COMO DE AISLAMIENTO		
							WILLYAN PERKS			WILLYAN PERKS					% FACTOR DE POTENCIA CORR A 20 °C	
							LECTURA DE MEDICION	MULTIPLICADOR	MVA	LECTURA DE MEDICION	MULTIPLICADOR	MVA			ME	ME
1	2	3	-	1												
	2	-	1-3	-												
	2	1	-	3												
2	2	3	-	1												
	2	-	1-3	-												
	2	1	-	3												
3	2	3	-	1												
	2	-	1-3	-												
	2	1	-	3												
1	1-3	4														
2	1-3	4														
3	1-3	4														

RESISTENCIA DE CONTACTOS			
POLO	LECTURA	K	MICROMHS
1	0.042	1000	42
2	0.046	1000	46
3	0.044	1000	44
PROBADOR N°		1132	

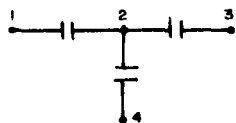
TIEMPO DE OPERACION		
POLO	CICLO CIERRE	CICLO APERTURA
1		
2		
3		
PROBADOR MCA.		N°

CONTADOR DE OPERACIONES 430

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

TRABAJOS DESARROLLADOS Y OBSERVACIONES

PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO



BOQUILLAS-AISLADORES ETC.	DEVIACIONES DE MEDIDA-ACTIVE ETC.	DEVIACIONES
B = BUENO	X0 = BUENO	WB = BUENO
D = DETERIORADO	X8 = DETERIORADO	WD = DETERIORADO
I = INVESTIGAR	X1 = INVESTIGAR	WI = INVESTIGAR
M = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR	X8M = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR	WM = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR

## PRUEBAS DE INTERRUPTORES APERTURA EN GAS (SF 6)

ZONA :

SUBESTACION SAHUARO		FECHA DE PRUBA		B30908		% HUMEDAD	
TEMP AMBIENTE °C		TEMP. ACEITE °C		ESTADO DEL TIEMPO		CLARO	
INTERRUPTOR 4020 (4025)		MARCA G. E		TIPO AM=13.8-800-SH		SERIE 0173A3100-01	
AÑO FABRICACION O PRIMERA INSTALACION				TENSION NOMINAL KV			
CORRIENTE NOMINAL 1200 AMPERES		FECHA ULTIMA PRUEBA					
BOQUILLAS		MARCA		NUMERO ULTIMA PRUEBA		FACTOR USADO CORREC. A 20 °C	
		TIPO					

FASE	E	T	G	UST	PIES DE BUS	ABLAJE EN PARAL.	TODAS LAS PRUEBAS A 2500 V.				% FACTOR DE POTENCIA CORR A 20 °C	EQUIPO DE PRUEBA N°	COND DE AISLAMIENTO	
							MILIVOLTAJERES		MVA	MULTIPLYS				
FASE	E	T	G	UST			LECTURA DE MEDICION	MULTIPLICADOR		MVA	LECTURA DE MEDICION	MULTIPLICADOR	MVA	
1	2	3	-	1										
	2	-	1-3	-										
	2	1	-	3										
2	2	3	-	1										
	2	-	1-3	-										
	2	1	-	3										
3	2	3	-	1										
	2	-	1-3	-										
	2	1	-	3										
1	1-3	4												
2	1-3	4												
3	1-3	4												

RESISTENCIA DE CONTACTOS			
POLO	LECTURA	K	MICRONES
1	0.047	1000	47
2	0.049	1000	49
3	0.047	1000	47
PROBADOR N°		132	

TIEMPO DE OPERACION		
POLO	CICLO CIERRE	CICLO APERTURA
1		
2		
3		
PROBADOR MCA.		N°

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

CONTADOR DE OPERACIONES 983

TRABAJOS DESARROLLADOS Y OBSERVACIONES

PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO

---

```

    graph TD
      1 --- J1(( ))
      2 --- J1
      3 --- J1
      J1 --- 4
      4 --- GND[ ]
      style GND fill:none,stroke:none
      
```

CLAVE DE ESTADO DE AISLAMIENTO

BOQUILLAS-AISLADORES ETC.	MIEMBROS DE BADERA-ACEITE ETC.	DEVARADOS
B = BUENO	X0 = BUENO	WB = BUENO
D = DETERIORADO	X1 = DETERIORADO	WD = DETERIORADO
I = INVESTIGAR	X2 = INVESTIGAR	WI = INVESTIGAR
M = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR	X3 = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR	WM = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR

# PRUEBAS DE INTERRUPTORES APERTURA EN GAS (SF 6)

ZONA:

SUBSTACION	<b>SAHUARO</b>	FECHA DE PRUEBA	<b>230908</b>	% HUMEDAD	
TEMP. AMBIENTE	°C	TEMP. ACEITE	°C	ESTADO DEL TIEMPO	<b>CLARO</b>
INTERRUPTOR	<b>4080 (4055)</b>	MARCA	<b>G.E</b>	TIPO	<b>AM-13.0-500-SH SERIE 073A 3100-007</b>
AÑO FABRICACION O PRIMERA INSTALACION		TENSION NOMINAL		KV	
CORRIENTE NOMINAL	<b>1200</b>	ANPERES		FECHA ULTIMA PRUEBA	
BOQUILLAS	MARCA		NUMERO	ULTIMA PRUEBA	
	TIPO		FACTOR	USADO CORRCC. A 50 °C	

FASE	E	T	G	UST	PIER DE BUS	AISLAMI EN PARAL	TODAS LAS PRUEBAS A 2300 V							% FACTOR DE PUNTERIA		EQUIPO DE PRUEBA N°	COMBEE AISLAMIENTO
							LECTURA DE MEMBRANA	MULTIPLI -CADOS	MM	LECTURA DE MEMBRANA	MULTIPLI -CADOS	MM	NEBOSO	20 °C			
1	2	3	-	1													
	2	-	1-3	-													
	2	1	-	3													
2	2	3	-	1													
	2	-	1-3	-													
	2	1	-	3													
3	2	3	-	1													
	2	-	1-3	-													
	2	1	-	3													
1	1-3	4															
2	1-3	4															
3	1-3	4															

POLO	LECTURA	K	MICROHMS
1	0.083	1000	53
2	0.047	1000	47
3	0.049	1000	49
PROBADOR N°		1132	

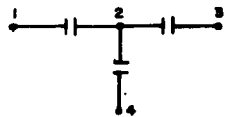
POLO	CICLO CIERRE	CICLO APERTURA
1		
2		
3		
PROBADOR MCA.		

CONTADOR DE OPERACIONES 2255

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TRABAJOS DESARROLLADOS Y OBSERVACIONES

PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO



- CLAVE DE ESTADO DE AISLAMIENTO
- ~~BOQUILLAS DE AISLAMIENTO ETC.~~
  - ~~MOVIMIENTOS DE MEMBRANA-ACTIVE ETC.~~
  - ~~DEVIADOS~~
  - B = BUENO
  - O = DETERIORADO
  - I = INVERTIR
  - M = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR
  - XO = BUENO
  - XO = DETERIORADO
  - XI = INVERTIR
  - XB = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR
  - WB = BUENO
  - WB = DETERIORADO
  - WI = INVERTIR
  - WB = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR

## PRUEBAS DE INTERRUPTORES APERTURA EN GAS (SF 6)

ZONA: \_\_\_\_\_

SUBESTACION <b>SANHUO</b>		FECHA DE PRUEBA <b>03/09/08</b>		% HUMEDAD	
TEMP. AMBIENTE <b>°C</b>		TEMP. ACEITE <b>°C</b>		ESTADO DEL TIEMPO	
INTERRUPTOR <b>42010 = 42015</b>		MARCA <b>G.E</b>		TIPO <b>AM 13.0-500-8H SERIE O175 A 3100-021</b>	
AÑO FABRICACION O PRIMERA INSTALACION				TENSION NOMINAL <b>KV</b>	
CORRIENTE NOMINAL <b>1200 AMPERES</b>				FECHA ULTIMA PRUEBA	
BOQUILLAS		MARCA		NUMERO ULTIMA PRUEBA	
TIPO		FACTOR USADO CORREC. A 20 °C			

FASE	E	T	G	UST	PRES DE BUE	AISLAMIENTO EN PARAL	TODAS LAS PRUEBAS A 2500 V			% FACTOR DE POTENCIA MEDIDO	EQUIPO DE PRUEBA N°	CONDICION DE AISLAMIENTO
							MILIVOLTAJERES LECTURA DE MEDICION	MULTIPLICADOR	MVA			
1	2	3	-	1								
	2	-	1-3	-								
	2	1	-	3								
2	2	3	-	1								
	2	-	1-3	-								
	2	1	-	3								
3	2	3	-	1								
	2	-	1-3	-								
	2	1	-	3								
1	1-3	4										
2	1-3	4										
3	1-3	4										

RESISTENCIA DE CONTACTOS			
POLO	LECTURA	K	MICROMMS
1	0.042	1000	42
2	0.046	1000	46
3	0.044	1000	44

PROBADOR N° 1132

TIEMPO DE OPERACION		
POLO	CICLO CIERRE	CICLO APERTURA
1		
2		
3		

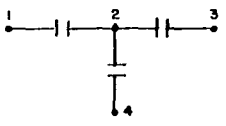
PROBADOR MCA. N°

CONTADOR DE OPERACIONES 213

TESIS COMPLETA  
ALLA DE O...

### TRABAJOS DESARROLLADOS Y OBSERVACIONES

#### PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO



CLAVE DE ESTADO DE AISLAMIENTO		
BOQUILLAS-AISLACIONES ETC.	MIEMBROS DE BARRA-ACEITE ETC.	DEVANADOS
B = BUENO	X0 = BUENO	WB = BUENO
D = DETERIORADO	X1 = DETERIORADO	WD = DETERIORADO
I = INVESTIGAR	XI = INVESTIGAR	WI = INVESTIGAR
M = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR	XM = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR	WM = MALO, RETIRARLA RECONDICIONAR

- 4.4 **OTRAS PRUEBAS Y REVISIONES.**- Una vez concluidas las pruebas, revisiones y correcciones en transformadores e interruptores, considerados por nosotros como los equipos mas determinantes para el funcionamiento de la subestación se procedió a realizar las pruebas necesarias en otros componentes de la subestación.

Los elementos que constituyen este grupo al que llamamos equipo miscelanea son los siguientes:

Transformador de servicios propios  
 Transformador de potencial  
 Dispositivos de potencial  
 Transformadores de corrientes  
 Apartarrayos  
 Cuchillas de operación en grupo  
 Cuchillas desconectoras (unipolares o monopolares)  
 Buses  
 Red de tierras  
 Hilos de guarda  
 Puntas de descarga  
 Estructuras  
 Porta fusibles de alta  
 Portafusibles de baja  
 Cargadores de batería  
 Banco de baterías  
 Tablero de control  
 Tableros auxiliares  
 Cables de control  
 Cables de potencia  
 Mufas  
 Conectores  
 Ductos y registros  
 Alumbrado  
 Contactos  
 Fusibles de potencia  
 Fusibles de potenciales y dispositivos de potencial en baja  
 Interruptores termicos de circuitos de control y alumbrado

El hecho de no destinar un punto del capítulo especialmente a cada uno de estos equipos, no implica que las evaluaciones realizadas para determinar su buen estado, no tengan importancia; ya que una avería o mal funcionamiento de cualquiera de ellos puede acarrear problemas serios que repercuten en la correcta operación de nuestra subestación. Así que todas las pruebas que se mencionan a continuación deben realizarse con la misma minuciosidad que con las que se efectuarán en el transformador de potencia y los interruptores de potencia.



Las revisiones que se hacen en el equipo miscelaneo son las siguientes:

TRANSFORMADOR DE SERVICIOS PROPIOS

Verificación del tap deseado  
Conexiones  
Bushings  
Aterrizaje  
Registro  
Fugas  
Empaques  
Sujeción  
Conectores de bushings

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Bushings  
Conectores de bushings  
Fugas  
Aterrizaje  
Terminales secundarios

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Aterrizaje  
Sujeción  
Porcelana  
Conectores  
Caja de conexiones  
Conexión primaria

APARTARRAYOS

Aterrizaje  
Sujeción  
Porcelana  
Conectores  
Montaje  
Contador de operaciones  
Rango de voltaje

CUCHILLAS DE OPERACION EN GRUPO

Aterrizaje (maneral)  
Placas mecanismo  
Mecanismo  
Montaje  
Aisladores

Puntas de arqueo  
Sujeción

CUCHILLAS DESCONECTORAS (UNIPOLARES)

Montaje  
Sujeción  
Aisladores  
Seguros  
Topes

BUSSES

Aisladores  
Sujeción  
Tapones

RED DE TIERRAS

Calibres  
Varillas  
Registros  
Malla  
Conexiones

HILOS DE GUARDA

Aterrizaje  
Conflicto con cuchillas

PUNTAS DE DESCARGA (PARARRAYOS)

Aterrizaje  
Montaje

ESTRUCTURAS

Montaje  
Tornillería  
Conectores

PORTAFUSIBLES DE ALTA Y DE BAJA

Aisladores  
Mecanismo  
Seguros

TABLERO DE CONTROL

Aterrizaje

Tablillas  
 Sujeción tablillas  
 Sujeción de equipo  
 Sujeción de aparatos  
 Sujeción de lamparas  
 Sujeción de resistencias  
 Conexiones  
 Tornillos  
 Salida de cables  
 Trincheras  
 Salida de cables  
 Trincheras  
 Tapas de cableado  
 Terminación de cableado  
 Sujeción de tablero  
 Contactos  
 Pintura  
 Acabado  
 Acoplamiento de secciones  
 Diagrama unifilar  
 Switchs de control

Una vez terminadas las revisiones correspondientes se procedió a realizar pruebas entre los que encontramos las siguientes:

#### TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Megger  
 Factor de potencias  
 TTR  
 Continuidad de aterrizaje a red de tierra

#### DISPOSITIVOS DE POTENCIAL

Megger  
 Factor de potencia  
 Continuidad de aterrizaje a red tierra

#### TRANSFORMADOR DE SERVICIOS PROPIOS

Megger  
 TTR  
 Rigidez dieléctrica del aceite  
 Continuidad de aterrizaje a la red de tierra

#### TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (EXTERIORES)

Megger  
 Factor de potencia

Resistencia de contactos  
 Factor de potencia a bushings  
 Relación de T.C.  
 Prueba de polaridad a T.C.  
 Tiempos de operación (para voltajes mayores de 69 KV)  
 Resistividad del aceite  
 Rigidez dieléctrica del aceite

#### APARTARRAYOS

Megger  
 Factor de potencia  
 Continuidad de aterrizaje a la red de tierras

#### CUCHILLAS DE OPERACION EN GRUPO

Megger  
 Simultaneidad de apertura  
 En maneral, continuidad de aterrizaje a red de tierra

#### CUCHILLAS DESCONECTORAS (UNIPOLARES O MONOPOLARES)

Megger

#### BUSES

Megger

#### RED DE TIERRAS

Medición de resistencia de tierra con Megger de tierras

#### HILOS DE GUARDA

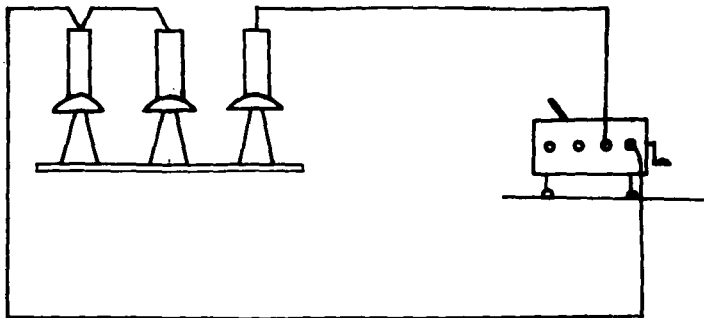
Continuidad de aterrizaje a red de tierra

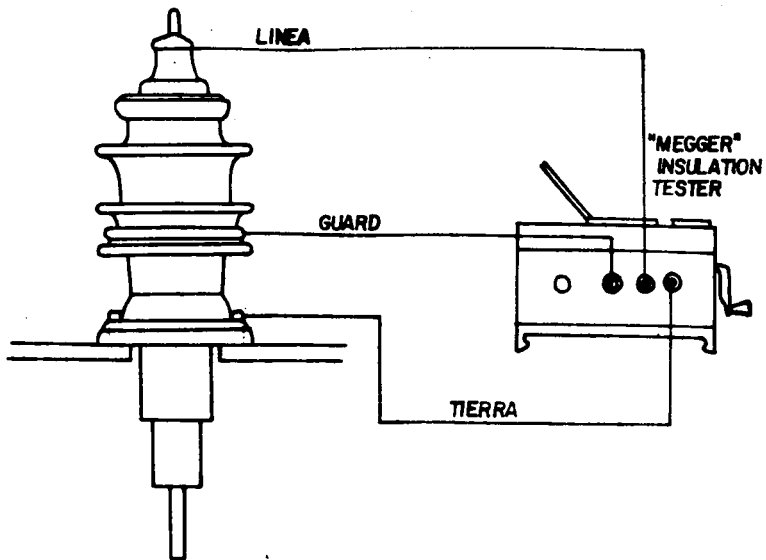
#### ESTRUCTURAS

Continuidad de aterrizaje a red de tierras  
 Puntos de corrosión

#### CARGADOR DE BATERIAS

Verificación del voltmetro  
 Verificación del Ampermetro  
 Verificación del reloj del cargador  
 Verificación del voltaje de flotación







En el bus 13.8 KV

- Voltmetro
- Ampermetro
- Varmetro (medidor de máxima en VARS)
- Wattmetro (medidor de demanda máxima en Watts)
- Varhorimetro
- Watthorimetro
- Relevador de sobrecorriente de tiempo (C.A.) "51" entre fases
- Relevador de sobrecorriente de tiempo (C.A.) "51 N" a fase tierra
- Relevador de bajo voltaje "27"

En el interruptor de 13.8 KV

- Relé de recierre (C.A.) "79"
- Relevador de sobrecorriente de tiempo (C.A.) "51" entre fases
- Relevador de sobrecorriente de tiempo (C.A.) "51 M" de fase a tierra
- Ampermetro
- Watthorimetro
- Relé de sobrecorriente instantaneo "50"

La verificación del equipo de medición se hace de la siguiente manera:

Volimetro se conecta en paralelo con un voltmetro patrón midiendo la misma diferencia de potencial

Ampermetro se conecta en serie con un Ampermetro patrón  
 Watthorimetro, wattmetro: se verifica conectandose a un watthorimetro patrón y los dos conectados a una carga artificial (phanatom)

Factor Potencia: Se realiza igual que la carga alta solo que al 50% de F.P.

Estas pruebas no deben de exceder del campo 1% de exactitud en el campo.

Esto es % de exactitud =  $\frac{\text{medición de medidor patrón}}{\text{medición de medidor que se prueba}} \times 100$

El wattmetro viene integrado al propio watthorimetro y la prueba - de demanda máxima en watts es

$KW = \frac{kh}{10}$  (en 25 revoluciones)

El varhorimetro y varimetro. La verificación de este equipo se - realiza como sigue:



Debemos desfasarlo 90° para que se comporte como un wathori-- metro esto se hace por medio de las bobinas de potencial ó de corriente.

Los relevadores 21, 62, 94, 87, 87, 50, 51, 51N se verifican, calibran y ajustan por un medio simulado esto se hace con un multi-- amp que tiene variación de corriente y tiempo.

El 79 se ajusta para 2 recierres con un ajuste entre un recierre y otro de 15 segundos.

El "63" se prueba con una burbuja artificial y viendo si cierran las contactos.

El "49" se simula calentando aceite en un recipiente y viendo si abren o cierran contactos.

De esta manera se verificó la operación de todo el equipo.

4.5 ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS.- Existen actividades que no se han mencionado y que constituyen un paso importante para la -- puesta en servicio de una subestación.

Dentro de estas actividades se encuentran el secado del transformador y la carga de aceite del mismo y de los interruptores.

Previamente al llenado definitivo del transformador con su aceite - aislante, se debe someter a un transformador con su aceite aislante, se debe someter a un tratamiento preliminar con alto vacfo para eliminar la humedad que se haya absorbido durante las manio-- bras de inspección interna y de armado, y sobre todo para verifi-- cación de su humedad residual. El tanque principal, radiadores o enfriadores, tanque conservador, tuberías y accesorios, deberán soportar altos vacios, pero en caso contrario estos elementos deben ser aislados y sellados.

Después de probado el transformador (fugas) se procede a la expulsión del aire o nitrógeno a la atmósfera hasta desminuir su presión hasta cero, continuando con la evacuación por medio de una bomba de vacfo de capacidad suficiente para alcanzar alto vacfo, hasta lograr dentro del transformador una presión absoluta de 1 mmHg, en estas condiciones se mantiene durante 12 Hrs., más un tiempo adicional de una hora por cada ocho horas que el transformador estuvo abierto y expuesto para inspección y armado.

Al terminar el período prescrito de alto vacfo se rompe introdu-- ciendo aire o nitrogeno seco hasta lograr una presión de 5 lbs/in<sup>2</sup> - dentro del transformador, manteniendolo en estas condiciones por 24 horas, suficiente para que se alcance un equilibrio de humedad-

entre el gas y los aislamientos.

En este momento se efectúan mediciones de punto de rocío del gas, determinándose la humedad residual de los aislamientos.

Si los valores de humedad residual de los aislamientos determinados en esta etapa así como los medidos en el momento que se recibe el transformador son mayores del 0.5% para transformadores de 115 KV, que es nuestro caso, se debe proceder a un proceso de secado del transformador para dejarlo dentro de los límites establecidos.

Debido a que en nuestro caso las pruebas aplicadas primeramente al transformador de potencia resultaron no satisfactorias se procedió al secado del transformador, pues se le consideró húmedo.

Si las pruebas son satisfactorias el transformador no requiere proceso de secado, pero para llenarlo de aceite es indispensable hacer el vacío, con el fin de que el aceite se impregne a los aislamientos.

Como se comprenderá esto aumenta considerablemente el tiempo de puesta en servicio del equipo instalado; esta es la razón por la cual se le da prioridad a las pruebas en transformadores e interruptores de potencias.

La lista de equipo y materiales para un secado en vacío es la siguiente:

Hielo seco  
 Refrigerador para almacenar hielo seco  
 Alcohol  
 Aceite bomba de vacío  
 Sellador para fugas  
 Nitrógeno  
 Maniobra de nitrógeno  
 Manómetro de presión positiva  
 Brochas de  $\frac{1}{2}$ "  
 Jabón líquido  
 Mangueras de vacío  
 Medidor de vacío  
 Resistencias calefactoras  
 Bomba de vacío  
 Trampa de agua para bomba de vacío  
 Flanches de manguera de vacío  
 Flanches para regadera  
 Flancheras para aislar Buchholz y tanque conservador  
 Regadera de tubo

Manguera transparente para nivel  
 Corcho neopreno de  $1/8''$  y  $1/4$  para empaques  
 Tanque pillow  
 Valvulas de compuertas diferentes medidas  
 Reducciones de tuberias diferentes tipos y medidas  
 Coples y niples de tuberfa diferentes medidas  
 Abrazaderas de manguera diferentes medidas  
 Codos diferentes ángulos y medidas  
 Tapones de tubo diferentes tipos y medidas  
 Prensa filtro  
 Herramienta diversa

La lista de actividades generales para un proceso de secado es la siguiente:

Instalar nitrógeno  
 Instalar alimentación de energía para motor bomba,  
 Instalar bomba de vacío  
 Preparar bomba de vacío (cambio de aceite)  
 Instalar mangueras de vacío entre bomba y transformador.  
 Instalar regadera para carga de aceite  
 Instalar tubería para medir vacío en transformador  
 Instalar tubería para medir vacío en bomba  
 Instalar manguera de nivel de aceite  
 Inyectar nitrógeno para localizar fugas  
 Sellar fugas  
 Poner corto circuito devanado contra tierra  
 Vaciar transformador de nitrógeno  
 Iniciar vacío-llenado trampa con hielo y alcohol  
 Tomar lecturas de temperatura y vacío  
 Cambiar aceite a bomba de vacío  
 Efectuar prueba de abatimiento de vacío  
 Probar y vaciar aceite en tanque pillow tanque por tanque  
 Determinación del % de humedad  
 Análisis de datos de vacío para determinar fugas  
 Determinación de transformador seco  
 Iniciar llenado de aceite  
 Suspender llenado de aceite  
 Inyectar nitrógeno  
 Retirar mangueras de vacío  
 Retirar regadera  
 Retirar manguera de nivel de aceite  
 Poner tapas en registros hombre  
 Instalar cuello de ganso  
 Instalar Buchholz  
 Continuar llenado de aceite hasta completarlo

Para los datos técnicos de secado con vacío podemos referirnos a la publicación de CFE del Departamento de Ingeniería de Sistemas, titulado "PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSION".

Por lo que respecta a interruptores de potencia, sucede algo similar a lo de transformadores referente al secado del equipo con la salvedad de que en este caso fácilmente puede removerse la humedad, ya sea por limpieza o bien por calentamiento directo. Pero en nuestro caso no hubo necesidad de secado en interruptores, ya que las pruebas efectuadas a éstos resultaron satisfactorias.

El aceite es el refrigerante usado por excelencia, por lo tanto es importante que cumpla con ciertas condiciones para que pueda ser utilizado y cumpla satisfactoriamente con su cometido.

A continuación se muestra una serie de especificaciones que nos indican las características aceptables para que un aceite nuevo no inhibido sea utilizado.

- 1.- Apariencia visual-----Brillante, sin sólidos en suspensión
- 2.- Densidad relativa a 20° C----- 0.865 mm<sup>2</sup> a 0.910
- 3.- Viscosidad a 37.8° C-----10.4 mm<sup>2</sup>/s max. (60SU.S)
- 4.- Tensión interfacial a 25- 1° C-----40 MN/m (dinas/cm) min.
- 5.- Temperatura de inflamación a 750 mmHg---145° C min.
- 6.- Color----- Máximo 1
- 7.- Temperatura de escurrimiento----- 26° C máx.
- 8.- Número de neutralización-----0.03 máx.  
MgKOH/g aceite
- 9.- Cloruros y sulfatos-----Negativos
- 10.- Azufre libre y corrosivo-----No corrosivo
- 11.- Azufre total-----0.10 % máx.
- 12.- Carbonos aromaticos-----6% min.
- 13.- Envejecimiento acelerado:  
Número de neutralización-----0.40 máxima  
Depósitos en %-----0.30 máxima
- 14.- Tensión de ruptura dielectrica:  
Electrodos planos (2.54 mm)-----30 KV min.  
Electrodos semiesféricos (1.02 mm)-----20KV min.
- 15.- Factor de potencia a 60 Hz:  
a 25° C-----0.05% máx.  
a 100° C-----0.3% máx.

Nota: Los valores del punto 14, son de recepción de aceite en tanques de almacenamiento.

LLENADO DEL TRANSFORMADOR.- En nuestro caso después de haber secado el transformador y sin dejar pasar tiempo (como de-

be hacerse), se llevó a cabo el proceso de llenado.

El aceite con el cual se llena el transformador cubre el núcleo y los devanados, la operación de llenado se debe hacer al terminar los procesos de armado y tratamiento preliminar, si al realizar la prueba de humedad residual se considera seco el transformador.

El aceite aislante usado para el llenado definitivo del transformador, deberá ser tratado previamente, de tal manera de lograr un aceite deshidratado y desgasificado, con un contenido de agua de 10 p.p.m. de agua y un contenido total de gases de 0.25%. Cabe mencionar que existen otras pruebas tanto químicas como eléctricas que deben hacerse en caso de contar con tiempo y aparatos para ello; estas pruebas deben dar resultados que queden dentro de los límites de especificación de un aceite nuevo, estos límites de especificación de un aceite nuevo, estos límites se encuentran en la tabla que mostramos en el punto tratado anteriormente.

Durante la circulación del aceite aislante a través de la planta de tratamiento y del propio transformador, se pueden producir voltajes debidos a cargas electrostaticas por lo que para prevenir lo anterior, todas las terminales externas del transformador, su tanque, tuberías y equipo de tratamiento deberán estar conectados solidamente a tierra durante el llenado.

Para el llenado, el transformador tiene que ser previamente evacuado hasta lograr el máximo vacío posible dentro del mismo y manteniendo este vacío del orden de 1 a 2 mmHg durante todo el proceso de llenado.

El aceite debe ser calentado a 20° C y preferentemente a temperatura mayor que el ambiente, introducido en el tanque a una altura sobre núcleo y bobinas, por un punto opuesto a la toma de succión de la bomba de vacío, de tal manera que el chorro de aceite no pegue directamente sobre aislamientos de papel; será admitido a través de una válvula para regular su flujo manteniendo siempre presión positiva, la velocidad de llenado debe ser controlada y limitada para evitar burbujas atrapadas entre los aislamientos, se recomiendan valores máximos de 100 litros/min. o aumentos de presión de 10mmHg dentro del tanque.

En una sola operación continua de llenado se deberá alcanzar a cubrir núcleo y devanados, si por alguna razón se interrumpe el proceso y se rompe el vacío por un período largo, se deberá vaciar el transformador y volver a empezar el llenado.

Después que se termina el llenado del transformador, se mantendrá el vacío durante 3 ó 4 horas más antes de romper vacío con -

aire o nitrógeno secos, hasta tener una presión de 5 lbs/pulg<sup>2</sup>.

La maniobra anterior tiene por objetivo expulsar al exterior con la bomba de vacío, las burbujas de agua o gas que por acción del propio vacío obtenido durante el llenado, se difunden o expanden dentro del aceite.

Como etapa final de llenado, el aceite se recirculará continuamente a través de la planta de tratamiento cuando menos por 8 horas o un equivalente a dos veces el volumen total de aceite, para eliminar humedad residual y gases disueltos; durante este proceso se tendrán operando todas las bombas de aceite, al terminar, el transformador se debe dejar en reposo por un mínimo de 24 horas antes de ser energizado.

ENERGIZACION Y PUESTA EN SERVICIO.- Como ya vimos que los resultados de las pruebas eléctricas y las verificaciones de medición, control y protecciones son satisfactorias, se procederá a energizar el transformador, de ser posible elevando el voltaje lentamente de mínima excitación a voltaje nominal.

El transformador se mantendrá en vacío y voltaje nominal por un período mínimo de 8 horas, en estas condiciones se volverá a verificar los contenidos de oxígeno y gases combustibles.

Se mantendrá una estrecha vigilancia sobre el transformador, verificando que no haya áreas críticas (calientes), ruido y vibraciones anormales.

Durante el período de energización en vacío, mencionando en el párrafo anterior, se verificará la operación del equipo auxiliar; ventiladores cambiador de derivaciones bajo carga, éste se deberá operar en todas sus posiciones.

Si no se detecta ningún problema se considera que el transformador está listo para tomar carga, y durante este período se aplicará una estrecha vigilancia durante las primeras horas de operación y después de algunos días de operar en condiciones normales carga, se recomienda repetir una vez más las pruebas de contenido de nitrógeno en el colchon de gas, además realizan pruebas de rigidez dieléctrica y contenido de agua en el aceite.

## MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

ACION SAHUARO FECHA 03.08.30  
 TIPO TP 115 KV MARCA BALTEAU SERIE No. L-211/5 02  
 TAJE 115 / 19 / 9.50 KVA FREC. 50 Hz. R. P. M. 1-1023 / 3.79  
 RECCION CONTRA CORONA \_\_\_\_\_

APO EN OPERACION \_\_\_\_\_ AISLAMIENTO CLASE \_\_\_\_\_

PACITANCIA	Ø 1			Ø 2			Ø 3					
	36° C			36° C			36° C					
TEMPERATURA	H V s X			H V s X			H V s X					
PRUEBA PROBADA	2 500			2 500			2 500					
TAJE PRUEBA	LINEA			LINEA			LINEA					
	GUARDA			GUARDA			GUARDA					
	TIERRA			TIERRA			TIERRA					
TIEMPO	Lect.	K	Mohm.	Lect.	K	Mohm.	Lect.	K	Mohm.	Lect.	K	Mohm.
15 Seg.	10000	5	50000	10000	5	50000	10000	5	50000			
30 "	10000	5	50000	10000	5	50000	10000	5	50000			
45 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1 Min.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
2 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
4 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
7 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
8 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
9 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
10 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
RELACION 3/1	1.0			1.0			1.0			1.0		
RELACION 10/1	1.0			1.0			1.0			1.0		

TEMPERATURA OBTENIDA CON TERMOMETRO DE MERCURIO

OBJETO INCLUIDO EN LA PRUEBA NINGUNO

SERIE No. 2214264 RANGO \_\_\_\_\_ PROBO \_\_\_\_\_

SERVICIOS PUESTA EN SERVICIO

PRUEBA I<sub>0</sub>

Ø 1 = 34 X 1.0 = 34.0

Ø 2 = 39.5 X 1.0 = 39.5

Ø 3 = 49.0 X 1.0 = 49.0

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MISCELLANEOUS EQUIPMENT

130

COMPANY	DATE 830830
LOCATION OF TESTS SAHUARO (SHO)	AIR TEMP. 37° C OIL TEMP.
EQUIPMENT TESTED	WEATHER % NUM.
Aparrayos L. T. SHO-73060-PPNN	DATE LAST TEST
115 KV	LAST TEST SHEET No.
MCA. ASEA No. 5213270	
COPIES TO No. 5213295	
No. 5213294	

LINE No	SERIAL No	T KV	MILLIOVOLTAMPS			MILLIWATTS			% P.F.			
			M. R	MULTP	MVA	M. R	MULTP	MW	MEAS	COR20		
1		2.5	90.0	1.0	90	17.0	0.2	3.4	3.77			B
2		2.5	91.0	1.0	91	6.0	0.2	1.2	1.31			B
3		2.5	91.0	1.0	91	5.0	0.2	1.0	1.09			B
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												

REMARKS

Puesta en Servicio

TESIS CON FALLA DE ORIGEN









SUBESTACION SAHUARO		FECHA DE PRUEBA 830824	
TEMP. AMBIENTE 32°C		TEMP. ACEITE 34°C ESTADO TIEMPO	
INTERRUPTOR 73060		MARCA ENERGOINVESTO TIPO HPGE SERIE 11A/16	
AÑO FABRICACION O PRIMERA INSTALACION 1982 TENSION NOMINAL 230 KV			
CORRIENTE NOMINAL 1250 AMPERES		FECHA ULTIMA PRUEBA	
Boquillas	Marca	Número Ultima Prueba	
	Tipo	Factor usado correc. A 20°C	

F A S E	E	T	G	UST	Pie Ais.		Todas las Pruebas a 2500 V						F. % P.		Equipo de Prueba No. 299	Cond. Aisl.
					Bus	Par	L.M.	Mult	MVA	L.M.	Mult	MW	Med	Cor 200c		
1	2	1					64	2.0	128	3.0	0.2	0.6	0.46			B
	2		1				56	2.0	112	2.0	0.2	0.4	0.35			B
	2			1			15	1.0	15	1.0	0.2	0.2	1.33			B
2	2	1					56	2.0	112	2.0	0.2	0.4	0.35			B
	2		1				49	2.0	98	1.0	0.2	0.2	0.20			B
	2			1			15	1.0	15	1.0	0.2	0.2	1.33			B
3	2	1					57	2.0	114	2.0	0.2	0.4	0.35			B
	2		1				48	2.0	96	2.0	0.2	0.4	0.41			B
	2			1			15.5	1.0	15.5	1.0	0.2	0.2	1.29			B
L.C.	1	1	3				18.5	10	185	2.5	0.2	0.5	0.27			B
	2	1	3				17.5	10	175	2.0	0.2	0.4	0.22			B
	3	1	3				18.5	10	185	2.5	0.2	0.5	0.27			B

## RESISTENCIA DE CONTACTOS

Polo	LECTURA	K	MICROHMS
1	0,084	100	84
2	0,094	100	94
3	0,084	100	84

PROBADOR No.

## TIEMPO DE OPERACION

Polo	CICLO CIERRE	CICLO APERT.
1		
2		
3		

PROBADOR MCA.

No.

PRUEBA DE ACEITE

CONTADOR DE OPER. 001

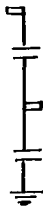
Ø1 55 x 10 = 550 6.5 x 0.2 = 1.3 0.23 0.12

Ø2 55 x 10 = 550 2.0 x 0.2 = 4.0 0.72 0.38

Ø3 54 x 10 = 540 6.0 x 0.2 = 1.2 0.22 0.07

TRABAJOS DESARROLLADOS Y OBSERVACIONES

PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ANALISIS DE SISTEMAS DE COMUNICACION Y TRANSMISION -  
DE DATOS

- 5.1 GENERALIDADES. - En base al avance técnico que existe en --- nuestros días es menester que las personas que supervisan y regalan la operación del sistema eléctrico al que pertenecemos estén al tanto de todos los pormenores que ocurren en cada punto - estratégico (previamente establecido), así como también es imprescindible que exista una alternativa de manejar a control remoto ciertos mandos que son claves para alguna maniobra en particular.

Tomando en cuenta esas necesidades se implantó en el sistema un arreglo técnico de elementos que nos permite contar con el tipo - de control mencionado anteriormente.

En nuestro caso contamos con un sistema de transmisión de datos que va desde la subestación "Sahuaro" hasta la caseta de control ubicada en la subestación Caborca que controla esa zona.

La labor de poner al servicio del sistema esta prioridad, es el - esfuerzo conjunto de 3 departamentos que forman parte de nuestro equipo de trabajo; estos departamentos son: Departamento de Control, Departamento de Comunicación y Departamento de Protecciones.

Protecciones proporciona los parametros necesarios para la medición, señalización y alarmas, así como también los puntos que se necesitan para que mediante alguna señal se pueda operar algo.

El Departamento de Control se encarga de poner en servicio las - estaciones maestras y estaciones remotas que son las que procesaran la información recibida y la haran transmisible a través de un canal de comunicación.

El Departamento de Comunicaciones proporciona el canal de co - municación ya sea por medio de carrier o bien por medio de un - enlace de radio.

- 5.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE TRANSMISION DE DATOS. - En tendemos como transmisión de datos, todo tipo de información tal como señalización, alarmas, control (mandos) y mediciones que serán transmitidos desde un punto del sistema eléctrico hasta otro punto estrategico del mismo, en el cual se hará la recopilación de esa información para que en base a ella se hagan las maniobras necesarias en el momento adecuado, con el fin de conservar los parametros fundamentales del sistema en las mejores --

condiciones posibles.

Los equipos que intervienen en la función del procesamiento de datos o control supervisorio son fundamentalmente las llamadas estaciones maestras y las estaciones remotas.

La remota se encuentra en el punto en el cual se localizan los equipos a los cuales se supervisa, o sobre los cuales se operará; en nuestro caso la estación remota se encuentra en la subestación que se constituye.

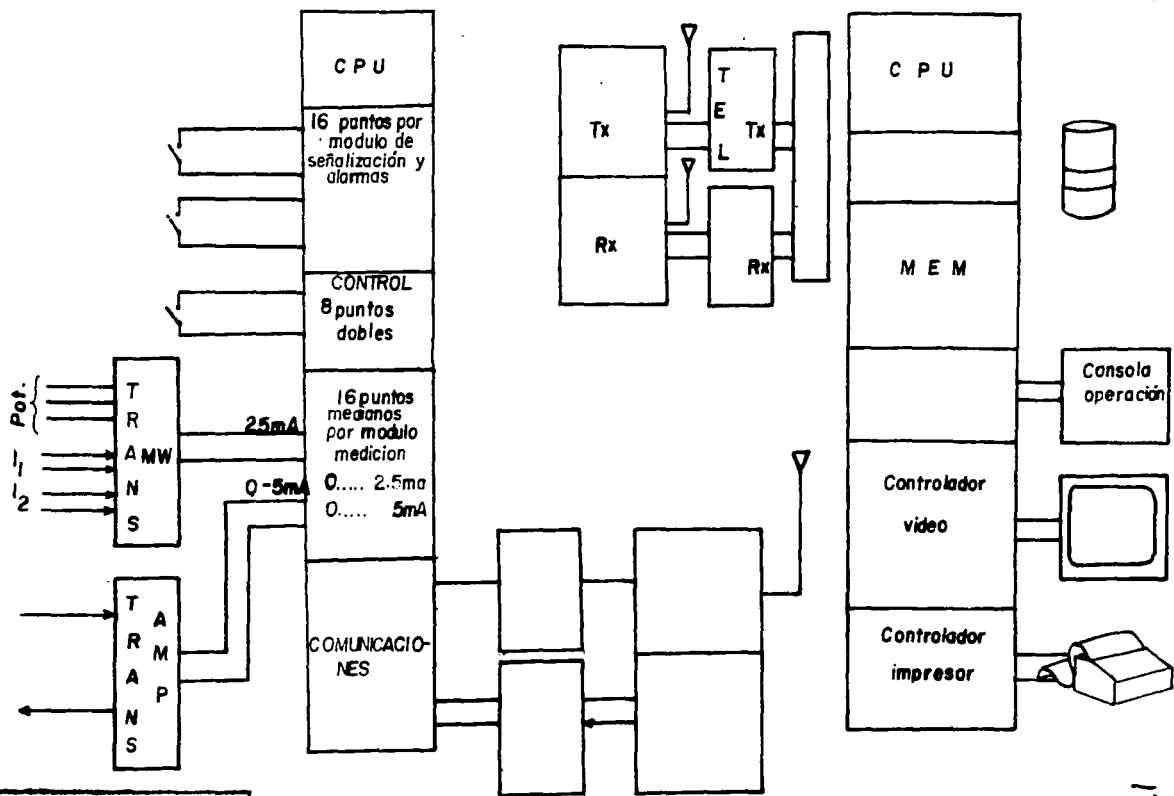
La estación maestra se encuentra en el punto desde el cual se recopila la información, o se realiza un mando sobre el equipo de potencia.

Los mandos son básicamente ordenes para la apertura o cierre de interruptores de potencia. La señalización y alarmas también son transmitidas y pueden ser por ejemplo cierto disparo de una línea o el accionamiento de cierta protección. Las mediciones que serán transmitidas son las lecturas que aparecen en algunos de los equipos de medición que se encuentran en el tablero de control de la subestación.

Cada estación maestra cuenta con 16 direcciones, esto quiere decir que cada maestra puede trabajar conjuntamente con 15 remotas en un solo canal de comunicación, se habla de 16 direcciones y solo 15 remotas ya que una de esas direcciones es una dirección especial que se utiliza cuando la maestra interroga por cambios de estado, posteriormente se aclarará esto en mas detalle.

En la Figura 5.2.1 podemos apreciar tal distribución con mas claridad, tomando como base la distribución en nuestro caso particular.

En base a la figura 5.2.1 podemos deducir la idea básica de la transmisión de datos, que es la siguiente:



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

52.1 Cuadro ilustrativo generalizado del sistema de transmisión de datos

En uno de los extremos contamos con las señales que nos proporcionan los TP ó los TC, ese nivel de voltaje o de corriente entra a los transductores cuales obtendremos los estados básicos (cierto nivel de corriente) que alimentan a la remota, también se cuenta con las terminales que estan conectadas a las pistolas de disparo para los interruptores de potencia (52'S); contamos así mismo con los puntos, que nos darán los avisos de alarmas y señalización (estado en que se encuentran los equipos).

La remota de nuestra subestación cuenta con los siguientes módulos:

CPU

Señalización y alarmas

Modulo de control

Modulo de medición

Modulo de comunicaciones

MODEM o canal telegráfico

En el extremo opuesto es donde recibiremos la información o desde el cual mandaremos una orden de operación. En este extremo es en el que encuentra la estación maestra cuyo aspecto general es el que encontramos en la figura 5.2.1.

La unidad central de procesamiento, es la que regula la operación de todos los modulos, tanto en la maestra como en la remota.

En nuestra subestación contamos con una estación remota cuyo CPU está constituido fundamentalmente por un microprocesador de 8 bits, con una capacidad de memoria de 16 Kbytes esto es --- 16000 localidades de 8 bits cada una, el elemento básico de nuestro CPU es el IC 8008 de intel el microprocesador utilizado es el ED 1800.

Este CPU puede manejar 16 modulos en línea directa, o más modulos por medio de extensiones en el chasis principal.

El CPU se comunica con la memoria a través del system bus, que es el bus por medio del cual se enlaza el CPU con todos los demás modulos.

La capacidad total del bus (system bus) es de 46 líneas:

8 líneas para datos



- 14 líneas de direccionamiento
  - 1 sincronía maestra
  - 1 sincronía esclava
- 16 pulsos de interrupt
  - 1 pulso de reset (para iniciación)
  - 1 línea para el reloj, clock impulse (1.2 MHz)
- 1 línea de paridad de dirección (no utilizado)
- 1 línea de control de corriente (current. control)

5.3 SECUENCIA DE LA TRANSMISION DE DATOS.- La información que se transmite en el sistema que nos ocupa podemos dividirla en:

- a) Información ciclica
- b) Información no-ciclica

INFORMACION CICLICA.- Constituida fundamentalmente por mediciones, es decir esta información será recibida por todas y cada una de las estaciones remotas en ciclos completos que se verán alterados solo en caso de que existan variaciones en la información restante (no-ciclica).

INFORMACION NO-CICLICA.- La componen basicamente los casos de cambios de estado, alarma y mandos, esta información será pasada a la estación remota dentro del ciclo normal de operación en un espacio destinado a este propósito.

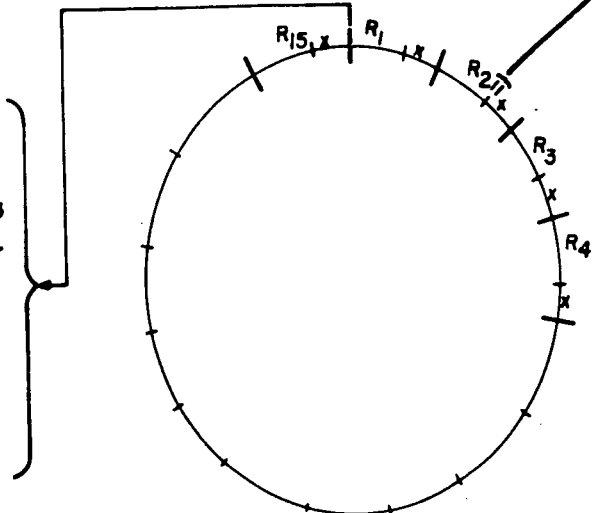
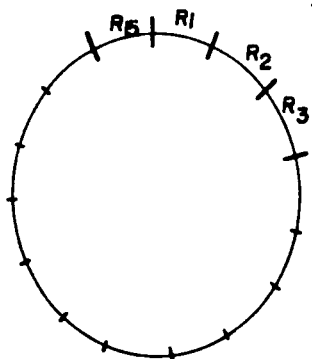
En la figura 5.3.1 se muestra graficamente el ciclo de la transmisión de información.

Analizando la figura 5.3.1 podemos establecer como se conforma el ciclo que aparece en ella.

El ciclo empieza con una interrogación desde la estación maestra para la remota No. 1, esta interrogación es la petición de las mediciones que se tienen en los equipos que mas interesan; a continuación se repite la misma pregunta a la estación remota No. 2 y así cuenta con todas las direcciones ocupadas.

Entre la interrogación ciclica hacia una remota y otra existe un intervalo en el cual la estación maestra interroga a todas las remotas en conjunto ( ya se habló de que existe una dirección especial) por cambios de estado, en caso de que haya acuso de recibo positivo, el ciclo normal se verá alterado ya que se genera otro ciclo en el cual la estación maestra procederá a interrogar a cada una de las remotas hasta hallar en cual de ellas se indicó el cambio de estado, apareciendo la información de ese cambio en la ---

Interrogación por cambios de estado  
o alarmas en caso de acuso de  
recibo positivo



caso de oprimir el  
botón  
para cierto mando

Rn Interrogación por mediciones  
Xn Interrogación por cambios de estado  
o alarmas a todas las remotas

Composición fundamental del ciclo de procesamiento de  
información en la interacción maestro-remota

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

impresora y en la pantalla de video que se encuentra en la case-  
ta de control.

Si en el intervalo correspondiente a la interrogación por cambios de estado no existen novedades, el ciclo normal seguirá trabajan  
do normalmente.

Otra de las maneras de alterar el ciclo normal la constituye la se  
lección de un mando determinado. Cuando se oprime la tecla para  
un mando desde el extremo supervisor, se selecciona la dirección  
correspondiente suspendiendo momentaneamente la información ci  
clica programada.

- 5.4 ANALISIS DEL MODEM Y CANAL DE COMUNICACION.- Como -  
se puede observar en la figura 5.2.1 entre el módulo de comunica  
ciones de que consta la estación remota y el equipo de comunica  
ción propiamente dicho (radio UHF) encontramos lo que conoce---  
mos como MODEM o canal telegráfico.

El MODEM se considera como parte constitutiva de la estación re  
mota y su funcionamiento es muy importante en la interacción de-  
la remota con el equipo de comunicación utilizado.

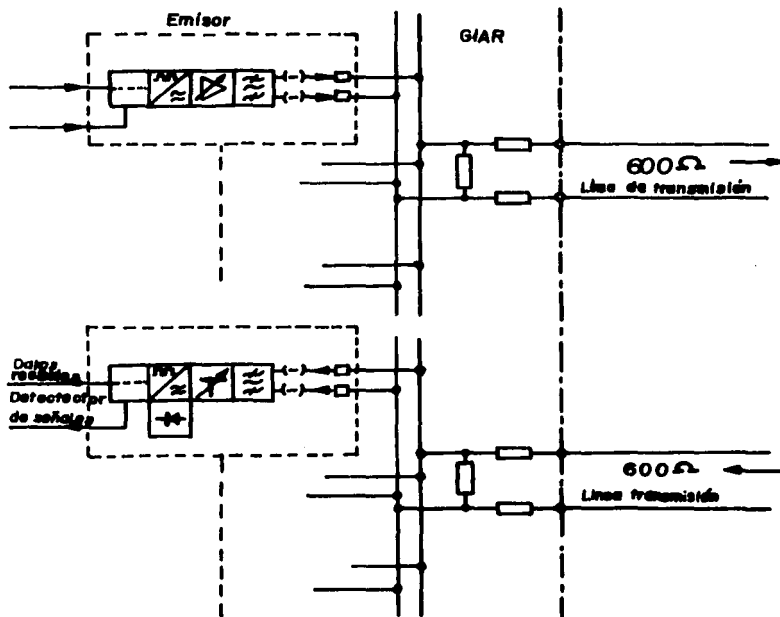
Se utiliza como MODEM el tipo NSK3 de Broen Boveri, este tipo -  
de emisores y receptores, correspondiendo a las recomendacio--  
nes CCITT, se combinan para formar un sistema de transmisión-  
serial de datos binarios a velocidades de señalización de 50, 100,  
200 a 600 Baudios por medio del enlace de comunicación a frecuen  
cias audifonas.

Estos canales utilizan el principio de desplazamiento de frecuen  
cia inmunes contra niveles altos de ruido y variaciones de atenua  
ción de las señales.

Los canales son equipos exclusivamente con semiconductores (si-  
licio).

En la figura 5.4.1 se muestra un terminal de un canal, se sumi-  
nistran unidades separados para la emisión y recepción y para --  
varias velocidades de transmisión ( 50, 100, 200 y 600 Bd).

EMISOR DE CANAL DE DATOS.- Los impulsos digitales (datos -  
binarios en forma serial) del terminal procesador entran por el -  
interface al modulador y aquí son convertidos en señales a modu-  
lación de frecuencia. Un circuito de formación de impulsos en -  
el modulador evita una distorsión incontrolada de los impulsos. -  
Las señales audio se elvan al nivel necesario por un amplificador  
ajutable y las bandas laterales indeseadas son excluidas por un -  
filtro.



Esquema de principio de un analizador de datos de audiofrecuencia

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El filtro pasabanda de audio, con su transformador balanceado -- asociado, aísla el emisor de la línea. Los filtros de resistencias en serie y, por consecuencia, son completamente desacoplados.

Un circuito de control del emisor (invitación a emitir) permite controlar la señal e interrumpir completamente la emisión.

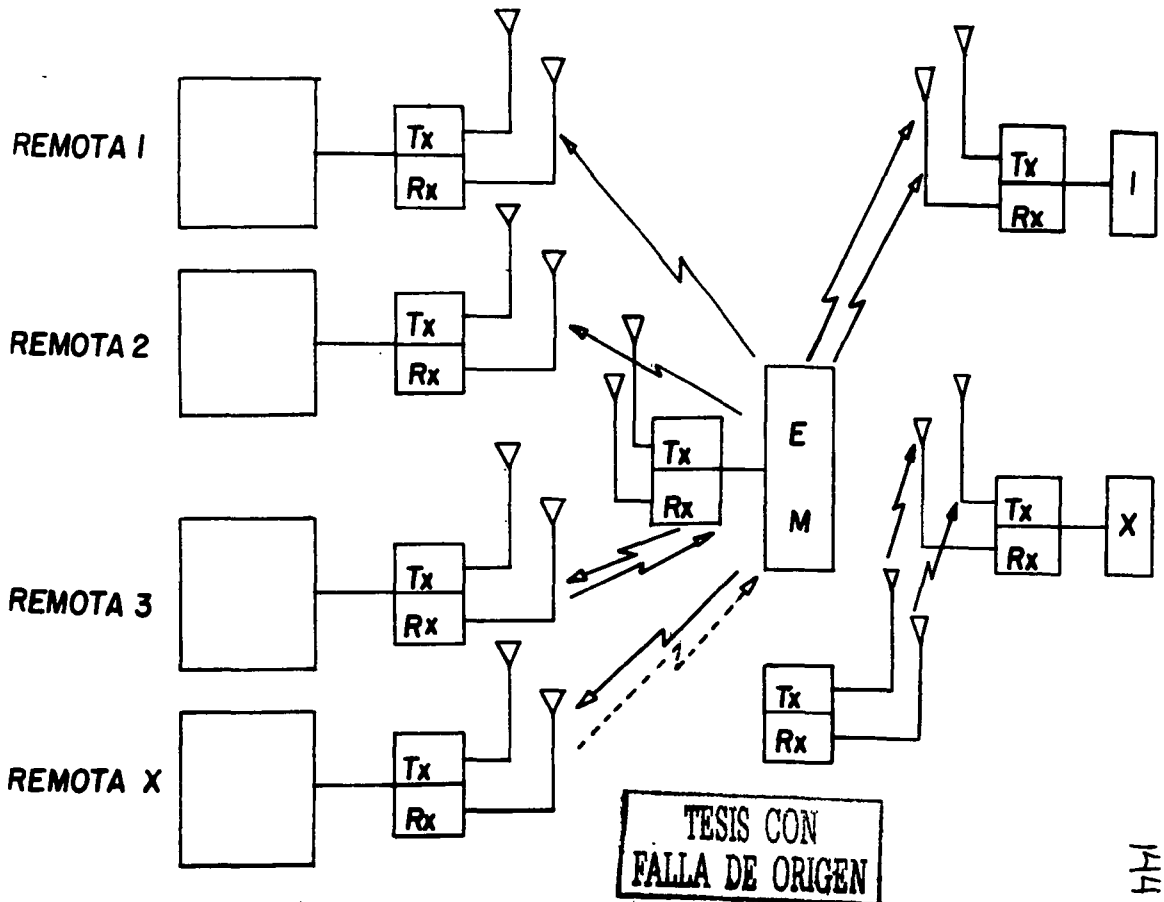
RECEPTOR DEL CANAL DE DATOS. - El filtro pasabanda del receptor forma su circuito de entrada. Así como del lado del emisor, cualquier número de filtros pueden ser conectados en paralelo sin afectar los niveles de audiofrecuencia. Un transformador de entrada balanceado aísla el receptor de la línea. El filtro pasabanda de entrada permite sólo el paso al espectro deseado que contiene los datos y señala señales interferentes y ruido fuera de la banda. Las señales recibidas entran por medio de un limitador y un atenuador para ajustar la sensibilidad del receptor para conseguir inmunidad contra ruidos (el límite del circuito de bloque o -- del receptor está ajustado a un nivel más alto). El amplificador limitador mantiene constante el nivel de la señal en la entrada del siguiente circuito discriminador de frecuencia. El discriminador con su filtro pasa-baja asociado, produce 2 voltajes fijos para señal y pausa. El amplificador de salida para impulsos distingue entre señal y pausa y regenera el código digital. Los impulsos digitales salen por la interface al terminal de proceso de datos.

Un detector de señales determina si la señal que llega está arriba o debajo del nivel de bloqueo prefijado y suministra una señal de "ON" o "OFF" al interface y al relé de alarma. Un cambio de la posición "ON" a "OFF" de este circuito bloquea la salida (datos - recibidos) inmediatamente a una posición de señal o espacio permanente.

El canal de comunicación que se utiliza es un enlace de radio monocanal UHF, con un transceptor en cada extremo de nuestro sistema de control supervisorio.

Las alternativas que se presentaron para nuestro proyecto incluían además de ese enlace de radio, un enlace de carrier desechándose este último por costoso y realmente la capacidad de nuestra subestación no era lo suficiente como para una inversión de tal magnitud.

La comunicación de voz se efectúa mediante un radio monocanal de VHF que acciona un repetidor en cerro Caborca y de allí va hasta el radio VHF utilizado en la zona Caborca.



**CAPITULO VI**

**ANALISIS Y COSTO DE LA OBRA**

**Análisis Técnico económico del Equipo de la SUBESTACION SAHUARO.**

Este Análisis se realiza en base a las características que presentan los equipos que constituyen a la Subestación en cuanto a versatilidad, flexibilidad, seguridad, costo, tiempo de entrega, espacio, tipo de montaje, tipo de servicio, tensión, corrientes y capacidad interruptiva.

146

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DESCRIPCION	U	CAN	MARCA	MARCA	MARCA	OBSERVACIONES
			IEM - W	IESA	G E	
			P. U.	P. U.	P. U.	
Transformador de Potencia de Baño de Aceite, Tipo OA/FA, 3 Fases, 60 c.p.s. 10/12.5 - MVA de Capacidad, 115/13.8-KV, Conexión Delta-Estrella - Tipo Intemperie, con 5 Derivaciones de 2.5% cada una, 2 arriba y 3 abajo de la Tensión nominal de alta.	Pza	1	12'568,000	12'924,800	13'553,200	Se Selecciono el Transf. IEM por ser el de Costo más Bajo y Tiempo de Entrega más Corto, además de cumplir con las Especificaciones del Transf.
Apartarrayos Autovalvular, Tipo XAA-97, Servicio Estación a la Intemperie para Emplearse en un Sistema de 115 KV	Pza	12	IEM - W 724,500	SIEMENS 735,480	MECSA 770,300	Seleccionamos la Marca IEM-W por ser el de Bajo Costo, Tiempo de Entrega más corto y mayor Área de Protección.
Cuchillas Desconectadoras, un Polo con Aislador Tipo Soporte Operación con Pertiga, Servicio Intemperie; para 15 KV, -- 600 Amps.		21	S & C SELMEC 5,100	BPE 4,096	SIEMENS 5,200	Se Selecciona el B.P.E. (Brush - Power Equipment) por ser el de Costo más Bajo, Potencia de corto Circuito más alto, Mayor Rango de Corriente, Tiempo de Entrega más Corto.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DESCRIPCION	U	CAN	GE	ELMEX, S.A	B. B. C. DE MEXICO	OBSERVACIONES
			P. U.	P. U.	P. U.	
Tablero Tipo Metal-Clase, Intemperie, de 6 Secciones, para el Control, Medición y Protección con Interruptor de Regulado y 8 Interruptores de Alimentador para 13.8 KV, con Transf. de Usos Propios Integrados	Pza.	1	75'860,900 To75'860,900	75'100,000 To75'100,000	75'680,700 To75'680,700	Seleccionamos la Marca ELMEX S.A., por ser de Costo más Bajo, Tiempo de Entrega más Corto, los Dispositivos que Integran al Tablero son de Buena Calidad y presentan Seguridad y Flexibilidad.
			BALTEAU S.A	IEM-W		OBSERVACIONES
Transformación de Corriente - SCD-123 KE 11200/K/S.A., -- 115 KV	Pza.	6	1'998,680 To 1'998,680	1'885,809 To 1'885,809		Se selecciona la Marca BALTEAU S.A., por ser el de Costo más Bajo, Tiempo de Entrega más Corto y Angulo de Fasamiento Cercano a Cero.
			BALTEAU S.A	IEM-W		OBSERVACIONES
Transformador de Potencial en 115 KV	Pza.	3	2'558,093	2'485,300		Se Selecciona la Marca BALTEAU S.A., por ser el de Costo más Bajo, Tiempo de Entrega más Corto y Porcentaje de Error Mínimo en la Medición.

148

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DESCRIPCION	UNI	CAN	IEM-W	G. E.	E. E.	OBSERVACIONES
			P. U	P. U.	P. U.	
INTERRUPTOR DE POTENCIA 115 KV. DE BAJO VOLUMEN DE ACEITE, TRIPOLAR. CLASE DE AISLAMIENTO 115 KV, CAPACIDAD INTERRUPTIVA 5'000 MVA. CORRIENTE NOMINAL 1'200 A TIEMPO DE APERTURA 3 CICLOS, PRUEBA DE BAJA FRECUENCIA 260 KV, VOLTAJE DE IMPULSO CON ONDA COMPLETA 550 KV, VOLTAJE DEL CIRCUITO DE CONTROL 125 VCA.	Pzas		3'862,000	3'938,000	4'000,100	SE SELECCIONA AL INTERRUPTOR IEM-W POR SER EL COSTO MAS BAJO, POTENCIA DE CORTO CIRCUITO MAS ALTO, MAYOR RANGO DE CORRIENTE TIEMPO DE ENTREGA MAS CORTO.

PARTIDA	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
8	Estructura de Hierro Galvanizada	73,404	KG	30	2'202,120
9	Herrajes y Aisladores	1	LOTE	216,285	216,285
10	Tubo de Cobre Rígido, de 25.4 -- mm 1" y 31.7 mm, 1½ de Diámetro IPS	1	LOTE	243,294	243,294
11	Cable de control de diferentes Ca- libres y No. de Conductores	1	LOTE	147,180	147,180
12	Cable de Cobre Desnudo de cali- bres: 500 MCM, 250 MCM y 3/0-AWG	1	LOTE	152,666	152,666
13	Conector de Cobre de Diferentes- Tipos	1	LOTE	432,285	432,285
14	Corrector de Red de Tierras de - Diferentes Tipos	1	LOTE	167,000	167,000
15	Cable de Cobre para Sistema de - Tierra de 300 MCM	1	LOTE	50,000	50,000
16	Aceite Aislante Tipo "S"	113,751	LITROS	4	455,004
17	Tablero de Control, Protección y Medición Compuesto de 12 Seccio- nes	1	PZA		2'344,000

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

PARTIDA	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
18	Tablero de C.A. y C.D. Computo de 4 Secciones	1	PZA	308,894	308,894
19	Cargador y Banco de Baterías--Alcalinas	1	LOTE	335,748	335,748
<b>TOTAL</b>		<b>EQUIPO Y MATERIAL</b>		<b>581,642</b>	

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**PRESUPUESTO PARA LA MANO DE OBRA**

**Materiales, Obra Civil, Sueldos y Salarios, Prestaciones Sociales,  
y Otros Gastos      \$ 11'856,000.00**

**COSTO DE MANO DE OBRA**

<b>A).- OBRA CIVIL</b>	<b>7'542,467.20</b>
<b>B).- OBRA ELECTROME- CANICA</b>	<b><u>4'313,532.80</u></b>
<b>T O T A L</b>	<b>\$ 11'856,000.00</b>

	No.	DESCRIPCION
GASTOS DIRECTOS	1	EQUIPO Y MATERIALES
	2	MATERIALES OBRA CIVIL
	3	SUELDOS Y SALARIOS
	4	PRESTACIONES SOCIALES
	5	OTROS GASTOS
		EROGACION PRESUPUES TAL
GASTOS DIRECTOS	6	GASTOS GENERALES
	7	INDIRECTOS OFICINAS
		COSTO TOTAL

C O S T O
58'545,246
2'401,000
3'439,000
2'345,000
3'671,000
70'401.246,00
2'112.037,40
9'856.174,00
82'369.458,00

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dado el incremento notable que se ha presentado en la construcción de subestaciones electricas de potencia, las cuales han que dado bajo control y responsabilidad de Comisión Federal de Electricidad, estimamos necesarios y conveniente se establezcan los lineamientos y metodos que expondremos a continuación.

1. - La etapar de construcción presupone su comienzo a la disponibilidad de la totalidad de los planos, especificaciones, listas generales de equipo y materiales, relación de fechas de entrega de los equipos principales y los instructivos de montaje correspondientes a los diferentes equipos y aparatos que se vayan a instalar.
2. - El trabajo técnico y administrativo de construcción se deberá realizar en cuatro etapas principales:
  - a) Preparación de un libro de campo
  - b) Organización del trabajo (instalaciones provisionales, obtención de materiales y equipo, contratación de personal, etc. ).
  - c) Control del desarrollo de la obra
  - d) Terminación del trabajo, con acumulación de experiencias para obras futuras.
3. - La construcción deberá satisfacer en forma óptima tres variables: Calidad, tiempo y costo. Para lograr estas condiciones óptimas se debe preparar un programa detallado de la obra, que incluya: las fechas de entrega de equipo, materiales y herramientas por parte de fabricantes o a partir de existencias disponibles en almacenes y bodegas, y la disponibilidad de personal y transporte. Este programa para que sea util se deberá basar en un análisis detallado paso por paso, con respecto a la utilización de recursos para cada actividad, haciendo un diagrama general de flechas y nudos y un análisis de ruta crítica, complementado con un diagrama de barras.

Con lo anterior se deberá efectuar simultaneamente un estudio económico para estimar el costo de la obra.

4. - Libro de Campo. - Este libro se preparará con base en los anteriores programas y constará de las siguientes secciones principales.
  - a) Relación del trabajo a efectuar. Resumen de la obra y métodos generales de construcción.
  - b) Lista de planos instructivos
  - c) Programa detallado de la obra

Obras civiles  
 Obras mecánicas  
 Obras eléctricas  
 Obras complementarias

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

Cada uno de los anteriores incisos comprenderán:

Equipos por instalar  
 Materiales por instalar  
 Métodos de trabajo  
 Materiales de consumo  
 Personal empleado, duración y costo  
 Herramientas y equipos de montaje necesario

- d) Programa de trabajo general de la obra
- e) Análisis de personal y sus costos
- f) Resumén de costos

3. - Una vez formulado el libro de campo, permitirá con base en él, realizar el control del desarrollo de la obra, cuyo objetivo será, conocer en cualquier momento:

Que es lo que hay que hacer  
 Cuando va a realizarse y cuanto se va a tardar en hacerlo  
 Que equipo especial se va a utilizar, y donde  
 Que ha sido hecho  
 Que se está haciendo  
 Cual es el costo de lo realizado  
 Cuando costará lo que falta por hacer  
 Como se compararan las previsiones con lo realmente realizado en materiales, fechas y costo.

6. - A la terminación de una obra, será necesario hacer un informe final de la misma, con los datos necesarios para el personal que se encargará de su operación y mantenimiento, constando además un reporte completo de costos.

Estos deberá de realizarse mediante la preparación de un libro que se denominará libro de montaje, y el cual deberá con tener las siguiente información:

Copia de la autorización de la inversión  
 Copia del acuerdo de obra por administración  
 Copia del aviso de iniciación de obra  
 Desarrollo cronológico de la obra  
 Ajustes de montaje del equipo  
 Resultados e informes de pruebas  
 Relación de costos unitarios y totales  
 Documentos de entrega de la obra  
 Copia del aviso de terminación de la obra



## BIBLIOGRAFIA

1. - Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas.  
G. Enriquez Harper, Ed. Limusa, México - 1980
2. - Fundamentos de Instalaciones de Mediana y Alta Tensión  
G. Enriquez Harper, Ed. Limusa, México.
3. - Manual de Diseño Subestaciones  
Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. - 1979
4. - Especificaciones de Equipo de Subestaciones  
C.F.E. Gerencia General de Operación.
5. - Proyecto de Norma de Subestaciones 230 KW y 115 KW  
C.F.E. 1982.
6. - Seminario sobre Proyectos de Subestaciones de Distribución  
y Tendencia de la Normalización.  
C.F.E. 1975
7. - Catálogo de productos de la Industria Eléctrica  
Tomos I, II y III C.F.E.
8. - Elementos de Centrales Eléctricas II  
G. Enriquez Harper, Ed. Limusa, México.
9. - Catálogos de Control Supervisorio  
C.F.E. División Noroeste.
10. - Planeación y Organización de Empresas  
Lic. Guillermo Gomez Ceja.
11. - Administración de Personal  
Agustín Reyes Ponce, 1976.