

REPORTE TECNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

TITULO:

Actualización del estudio de corto circuito en los transformadores de la red de distribución de la zona Tuxtla de Comisión Federal de Electricidad

ALUMNO:

Luis Adrian Garcia Ruiz

No. CONTROL:

15270520

ASESOR INTERNO:

Ing. Alejandro Rogelio Avelino Pérez Espinosa

ASESOR EXTERNO:

Ing. Cesar Antonio Sánchez Velasco

C.F.E. DIVISION DE DISTRIBUCION SURESTE

ÁREA DE PROTECCIONES ZONA TUXTLA

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 22 de enero del 2020

Índice

Actualización del estudio de corto circuito en los transformadores de la red de distribución de la zona Tuxtla de Comisión Federal de Electricidad	5
1. Introducción.....	5
1.1. Antecedentes	5
1.2. Estado del Arte	5
1.3. Objetivos	6
1.4. Metodología; diagrama a bloques del hardware, software, o del proceso	6
1.5. Justificación	7
2. Fundamento teórico	7
2.1. Origen de los cortocircuitos.....	7
2.2. Consecuencia de los corto circuitos	9
2.3. Corriente de corto circuito	9
2.4. Componentes que limitan la corriente de corto circuito.....	10
2.4.1. Reactancia del transformador.....	10
2.4.2. Reactores.....	11
2.4.3. Cables	11
2.4.4. Fusibles limitadores de corriente	11
2.5. Estudio del corto circuito.....	11
2.5.1 Impedancia de la red.....	13
2.5.2 Impedancias del equipo eléctrico.....	13
2.5.3 Transformador y reactores.....	13
2.5.4 Tipos de fallas a estudiar.....	15
2.6. El método de las componentes simétricas.....	16
2.6.1 Falla de línea a tierra.....	16
2.6.2. Diagramas de Impedancias de secuencia positiva.....	17
2.6.3. Diagrama de Impedancias de secuencia negativa.....	18
2.6.4. Diagrama de Impedancias de secuencia cero.....	18
2.7. Método del bus infinito.....	19
2.8. El método de los MVA	20
2.9. Transformador de Potencia.....	24
3. Desarrollo.....	28

3.1. Datos	28
3.2. Estudio de corto circuito	31
1. S.E. Bombana (BNN):	31
2. S.E. Bochil (BCH):	34
3. S.E. Cintalapa (CIT)	38
▪ CIT T1	39
▪ CIT T2	42
4. S.E. Copainala (COP)	44
5. S.E. Grijalva (GIA)	48
▪ GIA T1	49
▪ GIA T2	52
6. S.E Independencia (IPD)	54
▪ IPD T1	55
▪ IPD T2	57
7. S.E Juy Juy (JUY)	61
▪ JUY T1	61
▪ JUY T2	64
8. S.E La Garza (LGZ)	67
9. S.E. Liberación mexicana (LMX)	71
10. S.E Mactumatza (MAA)	75
11. S.E Malpaso Tres (MPE)	78
12. S.E Ocozocoautla (OCZ)	81
▪ OCZ T1	82
▪ OCZ T2	85
13. S.E. Parral (PAR)	87
14. S.E. Real Del Bosque (RDB)	90
15. S.E. Simojovel (SMJ)	93
16. S.E. Soyalo (SOY)	97
17. S.E Tuxtla Gutiérrez Dos (TGD)	101
▪ TGD T1	102
▪ TGD T2	104
18. S.E. Tuxtla Gutiérrez Uno (TGU)	106

▪	TGU T1	107
▪	TGU T2	110
19.	S.E Tuxtla Norte (TXN).....	112
▪	TXN T1.....	112
▪	TXN T2.....	115
20.	S.E. Tuxtla Sur (TXS).....	117
21.	S.E. Villaflores Dos (VFD).....	120
▪	VFD T1.....	121
▪	VFD T2.....	124
4.	Resultados y conclusiones	126
	Referencias Bibliográficas	128

Actualización del estudio de corto circuito en los transformadores de la red de distribución de la zona Tuxtla de Comisión Federal de Electricidad

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Debido a la continua demanda de energía eléctrica y al crecimiento de la población que abarca la zona Tuxtla, es indispensable contar con una mejor calidad en el suministro de energía eléctrica, es muy importante que las subestaciones que suministra la energía las redes de distribución sean instalaciones confiables y que cuenten con las protecciones eléctricas adecuadas.

La mayor parte de las normas de protección de las instalaciones eléctricas nos indican que no sólo deben considerarse las corrientes y tensiones debidas a las cargas de servicio, sino también las debidas a sobrecargas producidas por los cortocircuitos.

El corto circuito es una situación indeseable en un sistema eléctrico pero que lamentablemente se puede presentar eventualmente teniendo diversos orígenes como por ejemplo una sobretensión por descarga atmosférica, una falla de aislamiento por envejecimiento prematuro, como también puede ser una maniobra errónea, etc. Y en estas condiciones se debe estar en posibilidad de conocer las magnitudes de las corrientes de corto circuito.

Las corrientes de cortocircuito presentan valores mayores a los nominales, provocando sobrecargas térmicas y electrodinámicas elevadas, aparte las corrientes de cortocircuito que circulan por tierra pueden ser causa de tensiones e interferencias inadmisibles.

Este comportamiento de los cortocircuitos se hace especialmente peligroso debido a que producen efectos electrodinámicos (esfuerzos mecánicos en los aparatos) y causar daños en los instrumentos o máquinas de las instalaciones afectadas.

Dada en el incremento de carga de ahí la importancia de la actualización de los datos y del estudio de corto circuito, ya que el nivel de tensión del transformador de potencia han cambiado por el movimiento de los taps, y por ello también los niveles de corto circuito, de ahí viene lo importante de la actualización de los cálculos, así poder tener la protección adecuada dependiendo la nueva corriente de corto circuito

1.2. Estado del Arte

Georg Simon Ohm físico y matemático alemán postula la llamada Ley de Ohm, es una ley básica de los circuitos eléctricos. Establece que la diferencia de potencial V que aplicamos entre los extremos de un conductor determinado es proporcional a la intensidad de la corriente I que circula por el citado conductor. Gracias a dicha

ley sabemos que cuando se produzca un corto circuito provoque que la resistencia del circuito baje a un nivel de casi cero y genere un gran aumento de la intensidad de la corriente.

James Prescott Joule, físico británico descubridor del efecto Joule que es fenómeno irreversible por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo. El aumento de la corriente eléctrica debido al cortocircuito puede ser tan grande que si no se interrumpe el fluido eléctrico en cuestión de mili-segundos, ocurrirán daños irreversibles a los circuitos y sus componentes como son: transformadores, generadores, cables, etc.

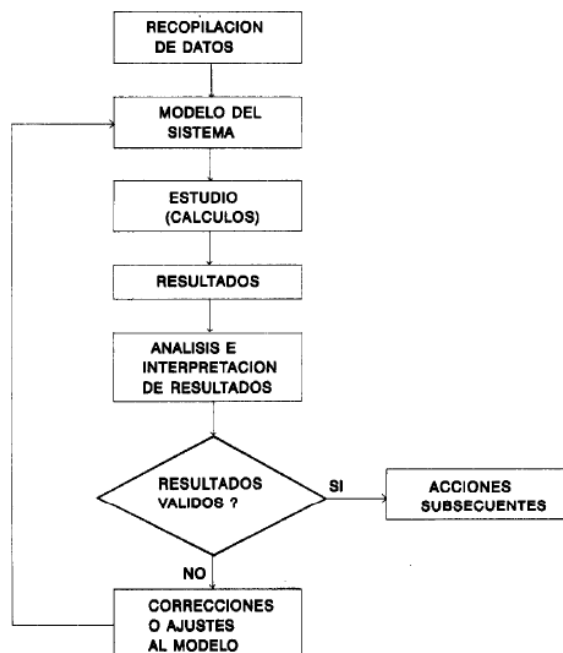
También según VEI 151-03-04 se define Cortocircuito como: “Conexión accidental o intencionada de dos o más puntos de un circuito con tensiones o potenciales eléctricos diferentes, por intermedio de una resistencia o una impedancia de pequeño valor.”

1.3. Objetivos

Realizar actualización de los niveles de cortocircuito en los buses de 13.8 kV (media tensión) de media tensión de las 22 subestaciones de la zona Tuxtla.

Elaborar memoria técnica con respaldo fotográfico de los datos básicos por cada uno de los 30 transformadores de potencia que conlleva la zona de distribución Tuxtla

1.4. Metodología; diagrama a bloques del hardware, software, o del proceso



1.5. Justificación

En el apartado eléctrico, al realizar un proyecto se deben elaborar estudios que garanticen la seguridad, confiabilidad y su adecuada operación. Como la condición de cortocircuito es indeseable pero hasta cierto punto inevitable, es indispensable efectuar una selección apropiada de los dispositivos de protección y de su activación selectiva que se basa en los cálculos de cortocircuito.

Ya hablando de la importancia que tiene los dispositivos de protección y la seguridad, es importante saber que los niveles de tensión en los transformadores de potencia de la zona Tuxtla han estado en constante cambio, debido a los diferentes niveles de tensión en alta tensión, hace que debido a la relación de transformación este también cambie en media tensión, de ahí el porqué del cambio de taps en diferentes transformadores de esta zona.

Al tener un nuevo nivel de tensión se tiene que hacer nuevos estudios ya que los taps definen los valores la intensidad de la corriente y la intensidad de corto circuito. Al tener nuevos parámetros, se tienen que verificar los transformadores de potencia, con respaldo fotográfico obtener los diferentes niveles de tensión, las impedancias que maneja y los tap en las que operan. Teniendo todo eso, es donde se empieza a calcular las nuevas corrientes de corto circuito en trifásico, monofásico y bifásico.

El grado de confianza en los resultados de los estudios depende en gran parte de los datos en que se basan, por lo tanto es necesario que estos sean actualizados cada vez que existan cambios en los elementos del Sistema de Distribución. Las revisiones y/o actualizaciones a los archivos maestros de bases de datos deben hacerse al menos una vez al año.

2. Fundamento teórico

2.1. Origen de los cortocircuitos

Los cortocircuitos tienen distintos orígenes:

- Por deterioro o perforación del aislamiento: ambiente corrosivo, envejecimiento natural o contaminación de los mismos
- Por problemas mecánicos: rotura de conductores o aisladores por objetos extraños o animales, ramas de árboles en líneas aéreas e impactos en cables subterráneos.
- Por sobretensiones debido a descargas atmosféricas, maniobras o a defectos.
- Por factores humanos: falsas maniobras, sustitución inadecuada de materiales, etc.

Deben considerarse todos los tipos de corrientes de cortocircuito, por ejemplo:

- Trifásico
- Fase a fase
- Fase a tierra
- Monofásico de dos fases a tierra

Los porcentajes promedios de ocurrencia de cada tipo de cortocircuito en una instalación, se indican en la tabla siguiente:

Tipos de corto circuitos	Incidencia (%)
Monofásicos	80%
Bifásicos	15%
Trifásicos	5%

Tabla 2.1

La corriente de cortocircuito consta de una corriente alterna de frecuencia de servicio, con amplitud variable en el tiempo, y de una corriente continua (aperiódica) superpuesta, que se atenúa hasta hacerse cero.

Los objetivos de un cálculo de las corrientes de corto circuito son:

- Definir la capacidad de ruptura de los interruptores necesarios en las diversas partes de un sistema eléctrico de potencia (SEP), para lo que se realiza normalmente un cálculo de cortocircuito trifásico simétrico, debido a que este tipo de falla produce las corrientes de cortocircuito más elevadas en la mayoría de los casos.
- Ayudar a establecer un sistema adecuado de protección para diversas condiciones de falla, para lo que se debe realizar un cálculo de distribución de corrientes en la red del SEP tanto para cortocircuitos simétricos como asimétricos (usualmente el cortocircuito monofásico)

En general, el Cálculo de Cortocircuitos debe proporcionar los siguientes resultados:

- La corriente en el punto de falla
- La potencia de cortocircuito en el punto de falla
- La distribución de corrientes post-falla en todas las líneas del SEP
- Las tensiones post-falla en todas las barras

2.2. Consecuencia de los corto circuitos

Las consecuencias del corto circuito son variables dependiendo de la naturaleza y duración de los defectos, el punto de la instalación afectado y la magnitud de las corrientes. En general podemos considerar algunos de los siguientes efectos: %

- En el punto de defecto: la presencia de arcos con deterioro de los aislantes, fusión de los conductores, principio de incendio y riesgo para las personas.
- Para el circuito o equipo defectuoso:
 - Esfuerzos electrodinámicos, con deformación de los juegos de barras, deslumbramiento de los cables, rotura de aisladores, averías en bobinados de transformadores o máquinas eléctricas rotativas.
 - Esfuerzo térmicos, con sobrecalentamientos con riesgo de deterioros de los aislantes.
- Para el resto de la instalación: disminución de la tensión durante el tiempo de eliminación del defecto (en BT 10 a 100 ms), puesta fuera de servicio de una parte de la instalación, perturbaciones en los circuitos de control y comunicaciones.

2.3. Corriente de corto circuito

Una corriente de cortocircuito es aquella que circula en un circuito eléctrico cuando existe el contacto entre dos o más sometidos a diferentes potenciales (circuito trifásico), o entre potencial y tierra (cortocircuito monofásico), esto sucede al perderse el aislamiento entre ellos.

Desde el punto de vista estadístico, el mayor porcentaje de fallas por cortocircuito están representadas por las fallas denominadas de línea a tierra, y por ejemplo el menor porcentaje de las fallas correspondiente a las denominadas fallas trifásicas, la mayoría de las veces la causa de las mismas es accidental, no obstante como análisis de un sistema se deben estudiar todos los tipos de fallas, particularmente las fallas de línea (fase) a tierra y trifásica son de interés debido a que estas son las condiciones de falla más severas a las que se podría someter al equipo y la instalación, y los resultados de estos estudios se aplican para:

- Determinar la capacidad interruptiva de los interruptores en distintos puntos del sistema eléctrico, para las condiciones actuales y futuras de operación, si se trata de un estudio de planeación para expansión del sistema.
- Determinar los esfuerzos térmicos y dinámicos en los distintos elementos del sistema como son las subestaciones eléctricas, los transformadores de corriente, buses de fase, tableros, etc., así como los esfuerzos térmicos en los cables de potencia.

- Algunos otros estudios son de interés a partir de los cálculos de cortocircuito, sobre todo, comportamiento dinámico de algunos equipos y partes de la instalación.

Para el estudio de cortocircuito existen varios métodos, que van desde los simplificados para instalaciones del tipo industrial en sistemas de potencia y que pueden ser realizados manualmente, hasta los métodos computacionales, cuya formulación matemática requiere del uso de la computadora digital para los cálculos a realizar, y que por lo general, son aplicables al estudio de grandes redes eléctricas.

Desde el punto de vista de la formulación del problema, para un estudio de cortocircuito se acostumbra dividir los elementos que intervienen en la red eléctrica en: *activos* y *pasivos*: son *activos* aquellos elementos que alimentan al cortocircuito y dentro de esta categoría caen todas las máquinas rotatorias como son: Generadores (elemento principal del suministro de corrientes de cortocircuito), motores síncronos y motores de inducción. Por lo tanto son elementos *pasivos* aquellos que no contribuyen al incremento de la corriente de cortocircuito como las lámparas, hornos eléctricos, conductores.

2.4. Componentes que limitan la corriente de corto circuito

Durante los cortocircuitos; son las impedancias de los transformadores, los reactores, cables, barras conductoras, fusibles limitadores de corriente y cualesquiera otras impedancias del circuito que se encuentren localizadas entre las fuentes aportadoras de corriente de cortocircuito y el punto de falla, los directos limitadores de corriente de cortocircuito en un sistema eléctrico, la corriente nominal demandada por el mismo es despreciada y las cargas pasivas o que no contribuyen a la corriente de cortocircuito son eliminadas. A continuación se describen brevemente las impedancias que limitan la magnitud de la corriente de falla.

2.4.1. Reactancia del transformador

La corriente de cortocircuito que se proporciona mediante un transformador depende de la relación de tensión nominal de su secundario y de su porcentaje de reactancia. El porcentaje de reactancia de un transformador es el porcentaje del potencial nominal aplicado al primario del transformador para producir la corriente nominal total de carga en el secundario con cortocircuito. El porcentaje de reactancia es una medida porcentual de tensión, no una impedancia. Debido a su reactancia, los transformadores reducen la magnitud de las corrientes de cortocircuito producidas por las fuentes a las cuales están conectados.

2.4.2. Reactores

Los reactores se usan para limitar las corrientes de cortocircuito mediante la inserción deliberada de una reactancia en el circuito. Sin embargo, los reactores tienen algunas desventajas muy marcadas. Producen caídas de tensión que pueden ser el motivo de disminuciones momentáneas de tensión en el sistema cuando ocurre una falla, o cuando se arrancan los motores de gran capacidad. Pueden afectar desfavorablemente la regulación de tensión y pueden activar los dispositivos de baja tensión, además de consumir energía.

2.4.3. Cables

Los cables y barras conductoras son parte de la conexión entre las fuentes de corriente de cortocircuito y el punto de falla. Su impedancia natural limita la corriente de cortocircuito, y la cuantía de la limitación depende de la naturaleza, calibre y longitud del cable. Algunos diseños de barras conductoras se prestan para incrementar la impedancia deliberadamente. Los valores de resistencia, reactancia e impedancia de cables y barras conductoras se encuentran en los catálogos de los fabricantes.

2.4.4. Fusibles limitadores de corriente

Estos abren el circuito antes de que la corriente de cortocircuito alcance su valor pico. La interrupción sucede generalmente en el primer cuarto del ciclo, el tiempo total de interrupción es la suma de un tiempo de fusión mientras que el elemento del fusible se calienta y se funde, y un tiempo de arqueo luego de que el elemento se funde y los productos gaseosos del arco se enfrían debido a los efectos de los componentes adicionales del fusible. El arco origina impedancia, la cual limita la corriente reduciéndola finalmente a cero. El fusible limitador de corriente tiene una baja impedancia hasta que una corriente muy alta empieza a fluir a través del mismo. Es a la vez un dispositivo limitador de corriente e interruptor de corriente de cortocircuito, mientras que los fusibles disyuntores normales sólo son dispositivos interruptores.

2.5. Estudio del corto circuito

En forma general se puede decir que de un estudio de corto circuito da información que permite:

- Calcular las corrientes de corto circuito para diferentes tipos de fallas en distintos puntos de la red.
- Determinar las potencias de corto circuito en los términos del inciso anterior
- Calcular las corrientes de corto circuito para efectos térmicos y dinámicos.

En principio se puede decir que el corto circuito es una condición indeseable en un sistema eléctrico pero que se puede presentar con una cierta probabilidad con diferentes orígenes primarios por lo que se debe considerar esto en los diseños a fin de prevenir sus efectos y proveer de elementos de desconexión adecuados.

En general se puede mencionar que un estudio de corto circuito sirve para:

- Determinar las características interruptivas de los elementos de desconexión (interrupción) de las corrientes de corto circuito como son interruptores, fusibles, restauradores y fusibles de potencia principalmente.
- Realizar un estudio para la selección y coordinación de los dispositivos de protección contra las corrientes de corto circuito
- Hacer los estudios térmicos y dinámicos debidos a los efectos de las corrientes de corto circuito en algunos elementos de las instalaciones como son sistemas de barras, tableros, cables, buses de fase aislada, etc.

Un estudio de corto circuito se inicia siempre con un diagrama unifilar del sistema por estudiar en donde se indiquen todos los elementos que van a intervenir, especialmente las fuentes y elementos pasivos dando los valores de potencias, tensiones e impedancias siempre que sea posible.

Normalmente las impedancias de las maquinas eléctricas como generadores, transformadores, convertidores síncronos, motores síncronos y motores de inducción están expresadas un porciento referidas a sus propias bases de potencia y tensión y en ocasiones es necesario o conveniente expresar estas cantidades en por unidad la relación entre cantidad expresada un porciento y otra en por unidad está dada por:

$$z_{0/1} = \frac{Z_{0/0}}{100}$$

O bien

$$z_{0/0} = z_{0/1} \times 100$$

Siendo $z_{0/0}$ la impedancia expresada en por ciento

$z_{0/1}$ la impedancia expresada en por unidad

Cuando una impedancia esta expresada en ohms como ocurre con las líneas de transmisión y se desea expresar en porciento refiriéndola a una potencia base expresada en kVA y a una tensión base expresada en kV se emplea la expresión:

$$z_{0/0} = \frac{z(\Omega) \times kVA \text{ base}}{(kV \text{ base})^2 \times 10}$$

Siendo:

- $z(\Omega)$ la impedancia expresada en ohms
- kVA base la tensión base expresada en kVA
- kV base la tensión base expresada en kV

2.5.1 Impedancia de la red

A partir de la potencia de corto circuito de la red se puede obtener la impedancia expresada en por ciento como:

$$XR = \frac{1.1 \times 100}{PK}$$

Dónde:

- PK = potencia de corto circuito trifásica de la red
- 1.1 = constante que considera una sobretensión del 10% de la red.

Las expresiones anteriores suponen que las tensiones nominales de los distintos elementos coinciden con los valores base de tensión, en caso de que no sea así será necesario considerar el cambio de base de tensión.

Es común en algunos casos por simplificación en los cálculos tomar las relaciones entre las tensiones nominales como las relaciones de los transformadores en lugar de las tensiones de operación de la red bajo estudio con lo que se supone que las tensiones nominales de los distintos componentes de la red para cada clase de tensión son los mismos que la tensión nominal del sistema en sus respectivos puntos.

2.5.2 Impedancias del equipo eléctrico.

Impedancias de los equipos eléctricos los establecen normalmente los fabricantes de manera que los valores que se indican a continuación sirven solo como referencia para los estudios de corto circuito ya que es recomendable dentro de lo posible que se dispongan de las cantidades correctas para los elementos de un sistema.

2.5.3 Transformador y reactores.

Los valores típicos de impedancias en % para transformadores trifásicos también denominadas impedancias de corto circuito se indican en la tabla siguiente:

Tensión primaria en kV	5-20	24-34.5	69	115	230	400
Z%	3-7.5	5-8	7-10	9-12	10-13	10-15

Tabla 2.2

1. Estos valores de impedancias también son aplicables a reactores
2. Las impedancias de secuencia negativa son iguales a las de secuencia positiva dadas en la tabla anterior, la impedancia de secuencia cero es por lo general igual a la de placa o secuencia positiva aunque puede ser diferente.

El por ciento de impedancia de un transformador es la relación que existe entre la tensión reducida aplicada en la prueba de corto circuito y la tensión nominal del transformador, expresando dicha relación en porcentaje. Este dato debe estar contenido en la placa del transformador.

Esta cantidad está expresada con base en los MVA y KV nominales del transformador, por lo que es necesario convertir esos valores a las bases previamente seleccionadas de MVA y KV del Sistema de Distribución.

Se considera que la magnitud de las 3 impedancias de secuencia de transformadores es la misma y que ésta no tiene componentes resistivas, es decir, los transformadores se consideran como una reactancia. Estrictamente hablando, esto no es así, pero se considera de esa forma para simplificar el modelo eléctrico del transformador y los cálculos a efectuar.

Para entender mejor este punto se llevara a cabo un ejemplo del cálculo de la impedancia en por unidad de un transformador.

Datos de placa:

7.5 / 9.375 MVA, 115 / 13.8 Kv, 8.33 % de Impedancia @ 7.5 MVA.

La magnitud de la impedancia del transformador es su propia base @ 7.5 MVA y 115 kV es:

$$Z_{pu} = \frac{8.33}{100} = 0.0833 \text{ p. u.}$$

y, dado que es una reactancia:

$$Z_{pu} = j0.0833 \text{ p. u.}$$

Los valores base del sistema de distribución son: 100 MVA y 115 kV

Para efectuar la conversión de la magnitud de la impedancia a las nuevas bases, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Z_n = Z_v \left(\frac{kV_v}{kV_n} \right)^2 \left(\frac{MVA_n}{MVA_v} \right)$$

Siendo:

- $MVA_v = 7.5$
- $kV_v = 115$
- $Z_v = 0.0833$
- $MVA_n = 100$
- $kV_n = 115$

Sustituyendo en la fórmula anterior, se obtiene:

$$Z_n = 1.1106 \text{ p.u. @ } 115 \text{ kV y } 100 \text{ MVA.}$$

Esta impedancia de 1.1106 p.u. @ 115 kV y 100 MVA es equivalente a la impedancia 0.0833 p.u. @ 115 kV y 7.5 MVA

2.5.4 Tipos de fallas a estudiar.

Como se mencionó en el apartado 2.1 existe la posibilidad de que se presenten diferentes tipos de fallas por corto circuito. Donde también se muestra una tabla donde se da una idea de las estadísticas de ocurrencia de fallas en los sistemas eléctricos y se puede observar que en términos generales la falla por corto circuito que tiene la probabilidad de ocurrencia mayor es la denominada de línea a tierra y en orden descendiente seguiría la de línea a línea quedando en último término la falla trifásica cuya ocurrencia se presenta principalmente por causas accidentales.

Con propósitos de determinación de las características del equipo de protección así como la protección misma y los estudios de esfuerzos electrodinámicos en una subestación eléctrica normalmente se efectúan estudios de corto circuito para fallas:

- De línea a tierra (fase a tierra)
- Trifásica

La primera por ser la más probable de ocurrir como ya se mencionó y la segunda porque a pesar de ser la menos probable en ocurrencia es la que puede someter a los equipos, máquinas y/o aparatos a los esfuerzos más severos y además desde el

punto de vista analítico resulta la más fácil de estudiar y sus resultados son bastantes satisfactorios para las distintas aplicaciones especialmente en instalaciones eléctricas de distribución o las denominadas instalaciones y subestaciones eléctricas tipo industrial.

Por las razones anteriores solo se pondrá atención en estos dos tipos de fallas, sin que esto quiera decir que el análisis completo para un sistema no considere las otras fallas para analizar el comportamiento del sistema bajo estudio bajo diferentes condiciones por corto circuito. En esta parte se hará una breve revisión del estudio de corto circuito para las fallas antes mencionadas por los métodos de:

- Las componentes simétricas
- El método del bus infinito
- El método de los MVA

2.6. El método de las componentes simétricas.

A este método se le conoce como tal debido a que para el estudio de las distintas fallas las considera en general como desbalanceadas y entonces se descompone un sistema de vectores de corrientes o voltajes desbalanceados por uno equivalente de tres sistemas de vectores balanceados denominados de secuencia positiva, secuencia negativa y secuencia cero basándose en la teoría de las componentes simétricas. Como no es el propósito profundizar en esto, más bien ver la aplicación al cálculo de fallas, se hará una breve descripción del principio básico de la aplicación para las fallas de línea a tierra y trifásica.

2.6.1 Falla de línea a tierra.

En este tipo de falla la corriente está afectada por la forma en que se encuentran los neutros del sistema conectados a tierra ya que representan los puntos de retorno para la circulación de las corrientes de secuencia cero, de tal forma que para su estudio en los diagramas de reactancias es necesario considerar este aspecto en la denominada red de secuencia cero que está constituida por las impedancias de secuencia cero del sistema bajo estudio.

La determinación de la corriente total de falla en un punto se obtiene como la contribución de las corrientes de corto circuito por los elementos activos de la red bajo estudio en ese punto; esto significa que se requiere elaborar un diagrama de impedancias que considere a las llamadas impedancias de secuencia positiva, otro que considere a las de secuencia negativa y uno más que contenga a los de secuencia cero a partir de estos diagramas se obtienen las impedancias equivalentes en cada caso vistas del punto de la falla hacia la fuente de alimentación del corto circuito.

Lo anterior conduce a que el inicio de un estudio de corto circuito para una falla de línea a tierra debe ser la elaboración de los diagramas de impedancias para el sistema bajo estudio, para esto el procedimiento puede ser el siguiente:

- I. Se parte de un diagrama unifilar del sistema por estudiar en donde se representen los elementos principales para el estudio es decir las fuentes como son generadores, motores síncronos, motores de inducción, etc. Los elementos pasivos como transformadores, líneas de transmisión, reactores, etc. Indicando los principales datos para cada elemento como son potencia nominal, tensión nominal, reactancias transitorias, subtransitorias y de secuencia cero en generadores y motores, impedancias de transformadores, líneas de transmisión o redes de distribución, reactores y en general elementos limitadores de corrientes.
- II. Se selecciona una potencia base y las tensiones base convenientes para referir todas las impedancias a un valor común de potencia y a las tensiones adecuadas.
- III. Se elaboran los diagramas de impedancias del sistema, indicando sobre estos los valores de impedancias de los distintos elementos, ya estando referidos a una base común.

Para la elaboración de los diagramas de impedancias se puede proceder como sigue:

2.6.2. Diagramas de Impedancias de secuencia positiva.

Este diagrama se puede obtener en una forma bastante simple y reemplazando cada elemento del sistema mostrado en el diagrama unifilar por su impedancia ya referida a la base común y representando también a las fuentes de voltaje con sus valores expresados en por unidad y referidos también a una base de tensión común.

El punto barra de referencia para la red de secuencia positiva está representado por el neutro del sistema de tal forma que una red de secuencia positiva se puede formar de acuerdo a lo indicado para el sistema siguiente:

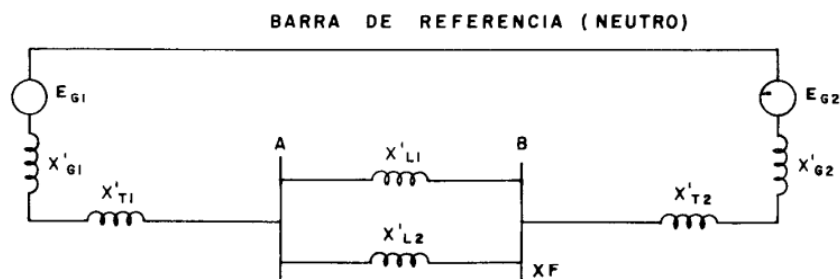


Imagen 1

2.6.3. Diagrama de Impedancias de secuencia negativa.

El diagrama de impedancias de secuencia negativa para un sistema o red eléctrico se elabora en la misma forma que el de secuencia positiva y de hecho la única diferencia consiste en que el diagrama de secuencia negativa no contiene fuentes de voltaje como ocurre en el diagrama de secuencia positiva. Es bastante común que en los estudios de corto circuito de fase a tierra se tomen igual para la secuencia negativa en la forma de cálculo.

Para el sistema mostrado antes la red de secuencia negativa sería entonces la siguiente:

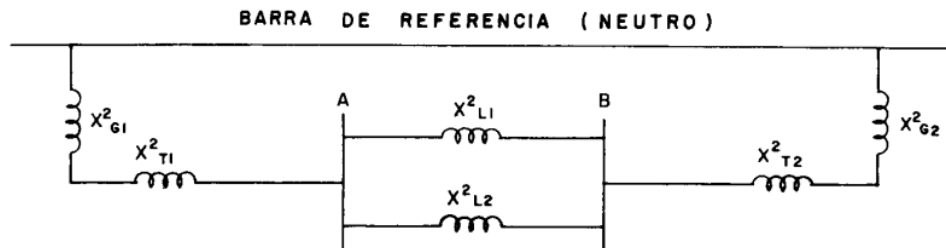


Imagen 2

2.6.4. Diagrama de Impedancias de secuencia cero.

La elaboración del diagrama de impedancias de secuencia cero requiere de consideraciones adicionales a las hechas para los diagramas de secuencia positiva y negativa ya que las corrientes de secuencia cero que circulan a través de estas impedancias lo hacen a tierra por lo que influye en forma determinante la forma en cómo se encuentren los neutros de los distintos elementos conectados a tierra.

Como ejemplo de elaboración del diagrama de secuencia cero para una red consideremos el mismo sistema que se tomó para elaborar las redes de secuencia positiva y negativa, indicando además, la forma en cómo se entran los neutros conectados a tierra.

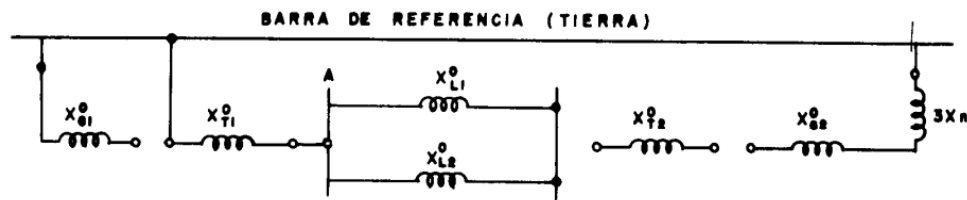


Imagen 3

2.7. Método del bus infinito.

Este método constituye de hecho un caso particular del método general de estudios de corto circuito por el método de las componentes simétricas en el que se considera solo la falla trifásica o sea que solo interviene en el estudio el diagrama de secuencia positiva.

En principio se supone que el corto circuito en la instalación es alimentado por una fuente infinita que incluye a la red y a las distintas plantas generadoras del sistema, constituyendo esto a la parte activa siendo la parte pasiva las impedancias de los distintos elementos.

El procedimiento de cálculo es el indicado antes, o sea que:

- I. Se parte de un diagrama unifilar en donde se representan a los elementos del sistema con sus datos de potencias, tensión e impedancia.
- II. Se refieren las impedancias a valores bases de potencia y tensión.
- III. Se hace la reducción de impedancias por combinaciones serie-paralelo y transformaciones delta-estrella o estrella-delta cuando sea necesario, hasta obtener una impedancia equivalente entre la fuente y el punto de falla seleccionado.
- IV. Las corrientes y potencia de corto circuito en el punto de falla se calculan como:

$$I_{cc} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3} \times kV_{base} \times Z_{eq}(p.u.)}$$

Siendo:

- I_{cc} = Corriente de corto circuito simétrica en amperes o kA.
- kVA_{base} = Base de potencia seleccionada para el estudio.
- kV_{base} = Base de tensión en el punto de falla seleccionado.
- Z_{eq} (p.u.) = Impedancia equivalente entre la fuente y el punto de falla expresada en por un unidad (p.u.).

La corriente de corto circuito asimétrica se puede calcular como:

$$I_{ccA} = KI_{cc}$$

Siendo K un factor de asimetría que depende de la relación R/X para el sistema en estudio.

Al respecto se pueden hacer los siguientes comentarios:

- a) Se pueden emplear el factor K para el menor de relación R/X

- b) El factor se forma con la relación R/X de la red resultante o equivalente $ZK = RK + JXK$ en el punto de falla en cuyo caso la corriente de corto circuito asimétrica se puede calcular como $1.15 K$ o sea que el mínimo valor sería 1.15 y normalmente el máximo no excede de 1.8
- c) El valor máximo de $K=2$ se obtiene solo cuando $R=0$ que equivaldría a una falla en las terminales del generador, pero aun en estos casos se ha demostrado que en generadores con potencias inferiores a 100 MVA el factor de asimetría máximo es 1.8 y lo mismo ocurre en grupos generador-transformador conectados en bloque cuando ocurre un corto circuito en el lado de alta tensión del generador.

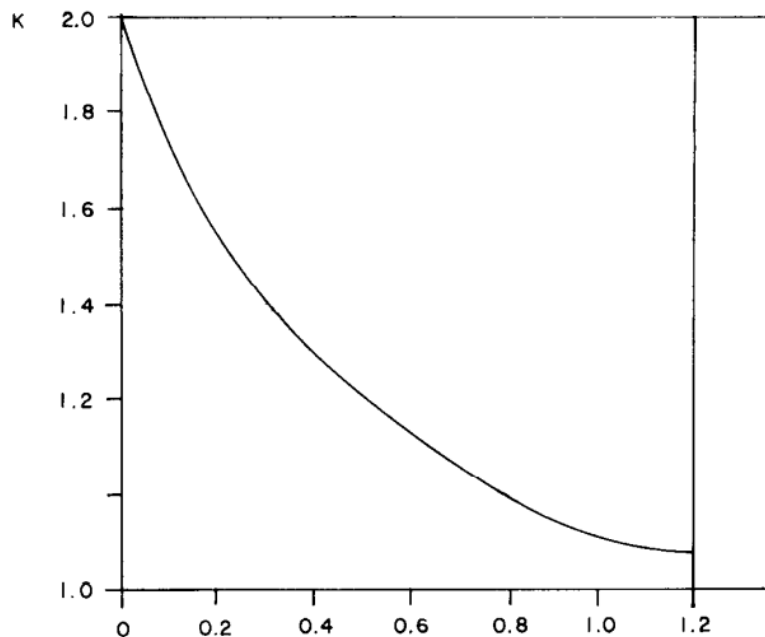


Imagen 4

La potencia de corto circuito en el punto de falla se puede calcular como:

$$P_{cc} = \frac{kVAbase}{Z_{eq}(p.u.)}$$

2.8. El método de los MVA

Los estudios de corto circuito como se ha indicado anteriormente tienen varios objetivos, y el método empleado para una solución en particular depende de varias cosas como son el tamaño del sistema bajo estudio, los resultados esperados y la aplicación de estos. En particular para las instalaciones industriales y los sistemas de distribución se pueden emplear métodos relativamente simples, fáciles de

aprender y rápidos en su concepción que permitan al ingeniero o al diseñador resolver un problema con un cierto grado de aproximación sin emplear mucho tiempo y esfuerzo.

Un método que reúne algunas características anteriores y que se puede considerar un cierto modo novedoso y relativamente nuevo es el conocido como “Método de los MVA” que básicamente es una modificación del método óhmico en el cual la impedancia de un circuito es la suma de las impedancias de sus componentes, y en virtud de que por definición la admitancia es la reciproca de la impedancia se tiene que la reciproca de la admitancia del sistema es la suma de las reciprocas de las admitancias componentes. También por definición, la admitancia de un circuito o componente es la máxima corriente o kVA, a voltaje unitario que circula a través del circuito o componente a un circuito o falla cuando es alimentada de una fuente de capacidad infinita. Para comprender mejor esto considérese la figura siguiente:

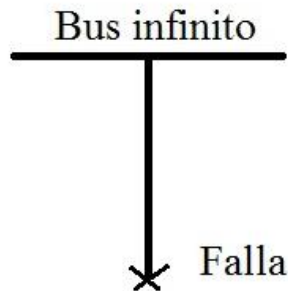


Imagen 5

La corriente de corto circuito:

$$I_{cc} = \frac{V}{Z}$$

La potencia de corto circuito:

$$V_{Acc} = \frac{E^2}{Z}$$

$$kV_{Acc} = \frac{(1000kV)^2}{Z}$$

$$MV_{Acc} = \frac{kV^2}{Z}$$

Se sabe además que:

$$y = \frac{1}{Z_{ohms}}$$

$$kV_{Acc} = 1000 \times (kV)^2 \times y$$

$$MV_{Acc} = (kV)^2 \times y$$

$$MVAcc = \frac{MVA}{Z_{p.u.}}$$

Siendo:

- y = admitancia del circuito
- Z_{ohms} = impedancia en ohms
- $Z_{p.u.}$ = impedancia en por unidad
- $kVAcc$ = kVA de corto circuito
- $MVAcc$ = MVA de corto circuito

Prácticamente el método de los MVA se usa separando el circuito en sus componentes y calculando cada componente con su propósito bus infinito, para lo cual se pasa del diagrama unifilar del sistema en estudio a un diagrama de impedancias y al diagrama de MVA, la conversión del diagrama unifilar el diagrama de MVA resulta muy simple ya que solo es aritmética.

La primer componente del sistema normalmente es la capacidad interruptiva del sistema bajo estudio en MVA y el resto de componentes del diagrama en MVA se obtiene, como se indicó antes, dividiendo la potencia del elemento expresada en MVA entre su impedancia expresada en por unidad.

Para ilustrar esto considérese el sistema elemental siguiente:

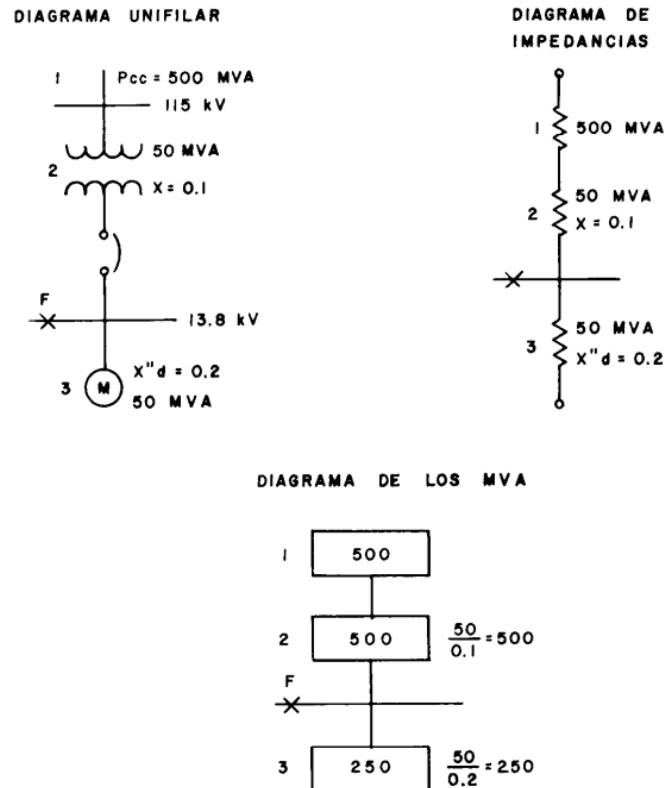


Imagen 6

Es decir que los MVA de corto circuito de cada componente se obtienen de dividir su propia potencia entre su impedancia expresada en por unidad.

Si el diagrama de impedancias anterior se supone que ocurre una falla en el punto F entonces fluirá la corriente de las componentes 1 y 2 (en serie) y de la componente 3 que estará en paralelo así que la pregunta es ahora ¿Cómo combinar las MVA en serie? Y ¿Cómo en paralelo? La respuesta bastante simple partiendo de la base que los elementos se pueden representar como admitancias como se indicó antes, de manera que para combinar en serie dos elementos.

$$MVA(12) = \frac{MVA1 \times MVA2}{MVA1 + MVA2}$$

Y en paralelo:

$$MVA(1 + 2) = MVA1 + MVA2$$

Es decir que la combinación en serie de los MVA es cómo combinar en paralelo resistencias y combinar MVA en paralelo es cómo combinar resistencias en serie.

Para el sistema que se está usando como ejemplo la combinación de los elementos 1 y 2 que se encuentran en serie es:

$$MVA(12) = \frac{MVA1 \times MVA2}{MVA1 + MVA2} = \frac{500 \times 500}{500 + 500} = 250$$

Y los MVA de corto circuito se obtienen como la combinación en paralelo MVA(12) y MVA3 es decir:

$$MVA_{cc} = MVA(12) + MVA3 = 250 + 250 = 500$$

Si se desea conocer la corriente de corto circuito simétrica en el punto de falla a partir de la potencia del corto circuito se tiene que para el bus de 13.8 kV.

$$I_{cc} = \frac{MVA \times 1000}{\sqrt{3} \times kV} = \frac{500 \times 1000}{\sqrt{3} \times 13.8} = 20918.48 \text{ A}$$

Del sistema elemental analizado antes se puede resumir que el método de los MVA consiste en lo siguiente:

1. Partir de un diagrama unifilar del sistema por estudiar en donde se indiquen en cada elemento (numerado) su potencia en MVA y su impedancia en por unidad.
2. Se convierten todos componentes del diagrama unifilar del sistema a sus MVA de corto circuito, para lo cual se divide para componente sus MVA entre su reactancia en por unidad

$$MVA_{Acc} = \frac{MVA}{X(p.u.)}$$

3. Obsérvese que a diferencia de otros métodos hasta este punto, el método de los MVA no requiere de una base común en MVA o kVA y tampoco es necesario cambiar las impedancias de base.
4. Para combinar los MVA que aparecen en lo que se ha llamado el diagrama de los MVA se siguen las reglas siguientes:
 - Elementos en serie se combinan como si fueran resistencias en paralelo, es decir si se trata de dos elementos en paralelo por ejemplo:

$$MVA(12) = \frac{MVA1 \times MVA2}{MVA1 + MVA2}$$

- Elementos en paralelo se combinan como si se tratara de resistencias en serie, es decir, si se trata por ejemplo de dos elementos en paralelo:

$$MVA(1 + 2) = MVA1 + MVA2$$

5. Si se desea calcular la corriente de corto circuito en el punto de falla se aplica la expresión:

$$I_{cc} = \frac{MVA \times 1000}{\sqrt{3} \times kV}$$

Donde MVA representa los MVA equivalentes en el punto de la falla y kV es la tensión en el mismo punto.

2.9. Transformador de Potencia.

Máquina estática que trabaja en base al principio de inducción electromagnética, aislada eléctricamente y eslabonada magnéticamente. Constituido por dos devanados: el primario y el secundario y en algunos casos por devanado terciario, es el elemento de la subestación con menor porcentaje de falla.

El transformador es la parte más importante de una subestación eléctrica ya sea por la función que representa de transferir la energía eléctrica en un circuito a otro que son por lo general de diferente tensión y solo están acoplados magnéticamente, o bien por su costo con relación a las otras partes de la instalación.

Se encuentra dividido en cuatro grupos para su estudio:

- Parte activa constituida por: Núcleo: Constituye el campo magnético fabricado de lámina de acero al silicio con un espesor de 0.28 mm promedio. Puede venir unido a la tapa o a la pared del tanque lo cual produce mayor resistencia durante las maniobras mecánicas de transporte.
- Bobinas: Forman el circuito eléctrico, son fabricadas con alambre o solera de cobre o de aluminio, forrados de material aislante, que puede tener diferentes características de acuerdo con la tensión de servicio. Los devanados deben tener conductos de enfriamiento axiales y radiales que permitan fluir el aceite y eliminar el calor generado en su interior, deben tener apoyos y sujeciones suficientes para soportar los esfuerzos mecánicos debido a su propio peso y sobre todo los esfuerzos electromagnéticos que se producen durante los cortocircuitos
- Parte pasiva: Tanque donde se encuentra alojada la parte activa, debe reunir características como hermeticidad, soportar el vacío absoluto sin presentar deformaciones, proteger eléctrica y mecánicamente a la parte activa. Ofrecer puntos de 21 apoyo para el transporte y la carga del mismo, soportar enfriadores, bombas de aceite, ventiladores y si se requiere accesorios especiales.
- Accesorios: Conjunto de partes y dispositivos que auxilian la operación y que facilitan las labores de mantenimiento como; tanque conservador, boquillas, tablero de control, válvulas, conectores de tierra, placa de características.

Los transformadores desde el punto de vista del medio refrigerante se pueden dividir en dos grupos:

- Transformadores con aislamiento en seco.
- Transformadores con aislamiento en aceite

Los transformadores en seco tienen su parte activa en contacto directo con un medio aislante gaseoso (por lo general aire) o bien con algún medio aislante sólido como por ejemplo resinas, materiales plásticos, etc. Estas máquinas por lo general se construyen para potencias hasta algunos kVA y con tensiones que normalmente no exceden a la clase de 15 kV por lo que su empleo es reducido a los servicios auxiliares de algunas otras instalaciones o como parte integrante de las instalaciones secundarias industriales o comerciales.

Los transformadores en aceite tienen en cambio su parte activa sumergida en aceite mineral (derivados del petróleo) por lo que en estas máquinas de hecho no se tienen limitaciones ni en la potencia ni en las tensiones ya que es común encontrar transformadores hasta de 400 MVA y con tensiones del orden de 500 kV y en

algunos casos con valores superiores de potencia y tensión como los usados en las redes eléctricas de Estados Unidos, Rusia y Canadá, solo por mencionar casos.

Partes constituyentes de un transformador trifásico en aceite:

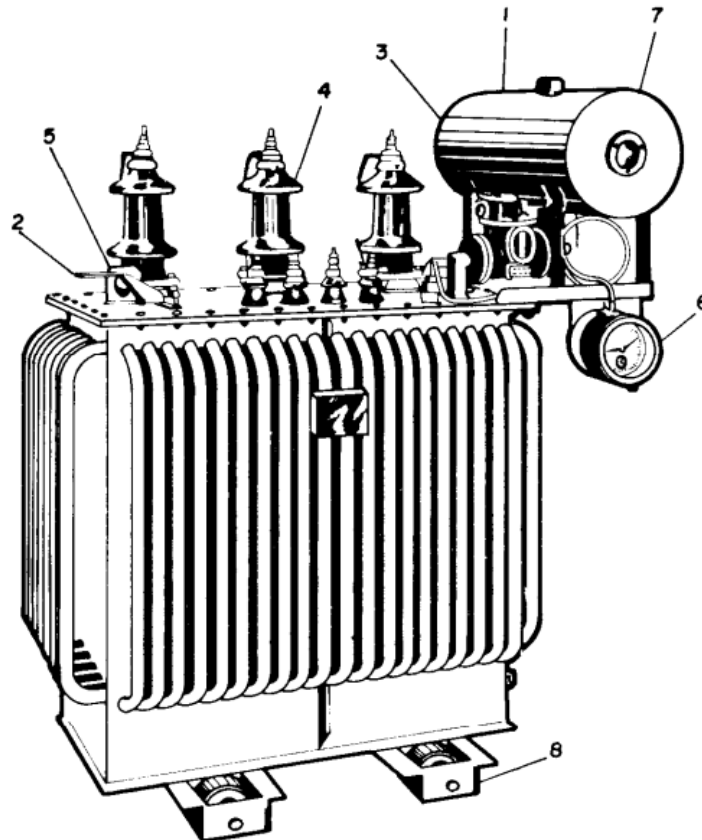


Imagen 7

1. Tanque conservador de aceite.
2. Palanca del cambiador de derivaciones.
3. Posición del relevador Buchholz.
4. Boquillas.
5. Conexión para Filtro-prensa.
6. Indicador de temperatura.
7. Posición para ganchos de tanque conservador.
8. Base con ruedas para rolar.

Con relación a los devanados es práctica común que para los de alta tensión se construyan bobinas de tipo discoidal o seccionadas y para el de baja tensión de tipo helicoidal, por lo general los devanados de mayor tensión se conectan en estrella

con el objetivo de reducir el aislamiento interno del transformador a la tensión $V/\sqrt{3}$ para el devanado de menor tensión se puede adoptar indistintamente la conexión estrella o delta.

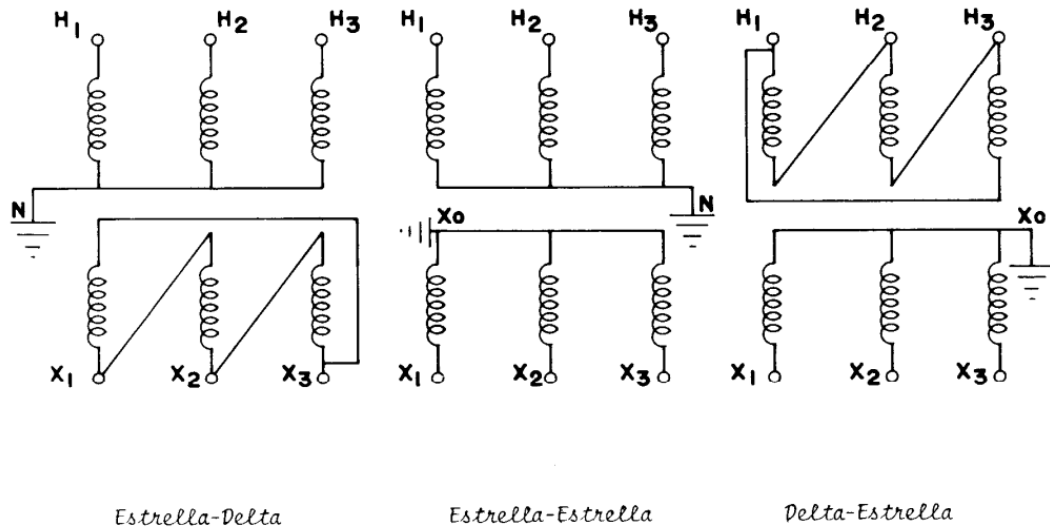


Imagen 8

Cambiador de derivaciones.

Sirve para cambiar la relación de transformación por variación del número de espiras activas de los devanados y se encuentran de dos tipos:

- Cambiador de derivaciones en vacío. Es decir con el transformador desconectado de la red.
- Cambiador de derivaciones con carga, es decir con el transformador energizado y alimentando una carga.

Los cambiadores de derivaciones bajo carga pueden tener las siguientes variantes constructivas.

- Que el cambiador este constituido por contactos fijos y móviles que por medio de un selector conectan la posibilidad de la espira que da la relación deseada con el interruptor que hace el cambio bajo carga.
- En el otro tipo los contactos se encuentran permanentemente conectados sobre dos posiciones diferentes del devanado, la conmutación se hace también con un interruptor pero con la garantía de que no existirá interrupción de corriente.

Tanque.

Tienen por lo general forma rectangular en las de gran potencia, pudiendo ser ovalados o cilíndricos en los transformadores de potencias menores incluyendo los de distribución se construyen de lámina de acero rolada con soldadura en las uniones y reforzada y esta dimensionado para resistir depresiones hasta de 2 a 3 mm de mercurio (Hg) y sobrepresiones del orden de 1 a 2 kg/cm^2 , para transformadores de gran potencia (superiores a 100 MVA) el tanque se construye de tal manera que no represente problema el transporte y que se adapte fácilmente al montaje por lo que se le adaptan bases para rolar a base de nuevas de goma o tipo ferroviario pero de dimensiones pequeñas.

La base del tanque puede estar constituida por una armadura de apoyo para el montaje de las ruedas o para facilitar el traslado de la máquina, dependiendo de la capacidad del transformador se le puede adaptar tubos radiadores y ventiladores para la disipación de calor así como alguna variante de intercambiador de calor, contiene además las facilidades para el montaje de las boquillas, las válvulas de drenaje, el tanque conservador con su relevador Buchholz, los indicadores de presión y temperatura así como todos aquellos accesorios adicionales requeridos.

Algunos otros accesorios notables son:

- Terminal para conexión a tierra.
- Ganchos de sujeción para el movimiento de la máquina.
- Medios para la descarga rápida del aceite.
- Punto de conexión para el filtro-prensa en el tratamiento del aceite.
- Placa de características.

Boquillas o Aisladores.

Para los transformadores se construyen generalmente de porcelana vidriada y aquellas para transformadores con tensiones superiores a 34.5 kV por lo general se construyen de tipo condensador con papel bakelizado o de papel y aceite en el aislamiento interior.

El conductor interno que atraviesa la boquilla puede estar constituido por cobre trenzado o bien cobre flexible, terminando en un conector de cobre estañado o plateado para mejor contacto con la conexión con los devanados en el interior del transformador.

3. Desarrollo

3.1. Datos

El paso inicial para llevar a efecto cualquier estudio a un Sistema Eléctrico es recabar los datos característicos de los elementos que lo componen. Para nuestros propósitos, en esta sección se define la terminología de las cantidades que intervienen y se mencionan los datos necesarios para efectuar los cálculos y/o los estudios requeridos en la coordinación de protecciones en Sistemas de Distribución.

Para efectos de terminología, en esta sección definiremos dos tipos de cantidades:

- Datos: Son las cantidades básicas a partir de las cuales se calculan o se obtienen los resultados. Son los datos de entrada para efectuar algún cálculo o proceso.
- Resultados: Son las cantidades obtenidas a partir de los datos. Son los resultados de cálculos o procesos.

Las fuentes de datos son:

- Placas de datos de máquinas
- Diagramas unifilares
- Bases de datos de ajustes de dispositivos
- Resultados de cálculos o procesos previos

Es deseable que éstos estén contenidos en archivos de bases de datos para computadora personal de manera que se puedan acceder y obtener selectivamente de acuerdo al cálculo o proceso a efectuar. En este caso el archivo que recopila todo los datos de placa de los transformadores de potencia de la zona Tuxtla se ven en la siguiente imagen.

NUM.	AREA	SUBESTACION	TRAFO	MARCA	FOA	FOA1	FOA2	FOA3	Z1%	Z2%	Z3%	Z4%	TAP 1	TAP 2	TAP 3	TAP 4	TAP 5	TAP 6	TAP NOMINAL	TAP NOMINAL KV	R	JXR		
1	BOMBANA	BBN	T1	BBN T1	GENERAL ELECTRIC	5			5.64				33.825	33	32.175	31.35	30.525		TAP 2	33	0.01822	10.4156	0.0	
2	BOCHIL	BCH	T1	BCH T1	IEM	12	16	20	8.99	12	15.01		117.875	115	112.125	109.25	106.519		TAP 3	112.125	0.0644	1.6763735		
3	CINTALAPA	CIT	T1	CIT T1	IEM	7.5	9.375		8.89	11.16			115.5	112.75	110	107.25	104.5		TAP 2	112.75	0.03307	2.30623		
4	CINTALAPA	CIT	T2	CIT T2	IEM	7.5	9.375		8.81	10.96			117.875	115	112.125	109.25	106.375		TAP 3	112.125	0.03294	2.28094		
5	FORANEAA	COP	T1	COP T1	IEM	5	6.25		7.32	9.19			35.363	34.5	33.638	32.776	31.914		TAP 2	34.5	1.94605	7.47113		
6	FORANEAA	GIA	T1	GIA T1	IEM	12	16	20	22.4	9	12.16	15.27	17.08	117.875	115	112.125	109.25	106.375		TAP 3	112.125	0.17458	10.029	0.0
7	FORANEAA	GIA	T2	GIA T2	TRAFO	12	16	20	8.85	11.79	14.7		117.875	115	112.125	109.25	106.375		TAP 4	109.25	0.02633	1.53827		
8	VILLAFLORES	IPD	T1	IPD T1	PROLEC	5	6.25		8.77				115.5	112.75	110	107.25	104.5		TAP 2	112.75	0.06437	3.64586		
9	VILLAFLORES	IPD	T2	IPD T2	IEM	7.5	9.375		8.93	11.12			117.875	115	112.125	109.25	106.375		TAP 2	115	0.06401	2.44757		
10	FORANEAA	JUY	T1	JUY T1	IEM	7.5	9.375		9.17	11.46			115.5	112.75	110	107.25	104.5		TAP 2	112.75	0.00747	2.20057		
11	FORANEAA	JUY	T2	JUY T2	VOLTRAN	7.5	9.375		8.22	10.13			117.875	115	112.125	109.25	106.375		TAP 2	115	0.06644	14.0368		
12	VILLAFLORES	LGZ	T1	LGZ T1	IEM	12	16	20	8.94	11.91	14.9		117.875	115	112.125	109.25	106.519		TAP 3	112.125	0.08447	1.74744		
13	CINTALAPA	LMX	T1	LMX T1	PROLEC	5	6.25		8.77	10.98			115.5	112.75	110	107.25	104.5		TAP 3	110	0.06044	3.44079		
14	URBANA	MAA	T1	MAA T1	VOLTRAN	18	24	30	8.853	11.8	14.728		117.875	115	112.125	109.25	106.375		TAP 3	112.125	0.01213	1.0493		
15	CINTALAPA	MPE	T1	MPE T1	PRODUCTOS INDUSTRIAL ES CM	5	6.25		7.67	9.56			115.5	112.75	110	107.25	104.5		TAP 2	112.75	0.0273	2.97573		
16	CINTALAPA	OCZ	T1	OCZ T1	IEM	12	16	20	8.91	11.9	14.97		115.5	112.75	110	107.25	104.5		TAP 2	112.75	0.02078	1.44852		
17	CINTALAPA	OCZ	T2	OCZ T2	PROLEC	7.5	9.375	10.5	8.83	11.04	12.361		117.875	115	112.125	109.25	106.375		TAP 3	112.125	0.02055	2.18583	0.0	
18	FORANEAA	PAR	T1	PAR T1	ESA	2			5.61				34.65	33.825	33	32.175	31.35		TAP 3	33	0.00019	12.7481		
19		PED	T1	PED T1		5			6												0.06126	2.59744		
20	URBANA	RDB	T1	RDB T1	VOLTRAN	12	16	20	9.04	11.91	15.04		117.875	115	112.125	109.25	106.375		TAP 3	112.125	0.01066	1.5274228		
21	BOCHIL	SMJ	T1	SMJ T1	IEM	7.5	9.375		8.84	11.03			117.875	115	112.125	109.25	106.375		TAP3	112.125	0.16446	2.94072		
22	BOCHIL	SOY	T1	SOY T1	IEM	6	7.5		9.09	11.33			115.5	112.75	110	107.25	104.5	101.75	TAP 3	110	0.05048	3.35089		

25	23	URBANA	TGD	T1	TGD T1	FERRANTI-PACKARD	18	24	30	33.6	8.679	11.57	14.462	117.875	115	112.125	109.25	106.375	TAP 2	115	0.01434	1.02973	0.0	
26	24	URBANA	TGD	T2	TGD T2	IEM	18	24	30		8.08	10.8	13.52	115.5	112.75	110	107.25	104.5	TAP 3	110	0.01403	0.95626		
27	25	URBANA	TGU	T1	TGU T1	IEM	18	24	30		8.04	10.64	13.4	115.5	112.75	110	107.25	104.5	TAP 3	110	0.01129	0.86126		
28	26	URBANA	TGU	T2	TGU T2	IEM	18	24	30		9.24	12.3	15.42	117.875	115	112.125	109.25	106.375	TAP 4	109.25	0.01272	1.03648		
29	27	URBANA	TXN	T1	TXN T1	TRAF0	18	24	30		8.74	11.65	14.56	117.875	115	112.125	109.25	106.375	TAP 4	109.25	0.01109	0.99443		
30	28	URBANA	TXN	T2	TXN T2	SIEMENS	18	24	30		9.08	12.17	15.16	117.875	115	112.125	109.25	106.375	TAP 4	109.25	0.01038	1.04112		
31	29	URBANA	TXS	T1	TXS T1	IEM	18	24	30		9.1	12.15	15.16	117.875	115	112.125	109.25	106.375	TAP 3	112.125	0.00577	1.02874		
32	30	VILLAFLORES	VFD	T1	VFD T1	PROLEC	12	16	20	22.4	8.832	11.77	14.696	16.476	117.875	115	112.125	109.25	106.375	TAP 3	112.125	0.16302	2.0614	
33	31	VILLAFLORES	VFD	T2	VFD T2	PRODUCTOS INDUSTRIAL ES CM	7.5	9.375			7.55	9.45		115.5	112.75	110	107.25	104.5	TAP 3	110	0.16399	2.42706		

Se debe recalcar que la zona de distribución Tuxtla cuenta con 21 subestaciones con un total de 30 transformadores de potencia. A continuación se mostrará una tabla que indica el nombre de las subestaciones, su nomenclatura y los transformadores que cuenta cada una.

N°	S.E.	Nomenclatura.	T1	T2
1	Bombana	BNN	X	
2	Bochil	BCH	X	
3	Cintalapa	CIT	X	X
4	Copainala	COP	X	
5	Grijalva	GIA	X	X
6	Independencia	IPD	X	X
7	Juy Juy	JUY	X	X
8	La Garza	LGZ	X	
9	Liberación Mexicana	LMX	X	
10	Mactumatza	MAA	X	
11	Malpasos Tres	MPE	X	
12	Ocozocoautla	OCZ	X	X
13	Parral	PAR	X	
14	Real Del Bosque	RDB	X	
15	Simojovel	SMJ	X	
16	Soyalo	SOY	X	
17	Tuxtla Dos	TGD	X	X
18	Tuxtla Uno	TGU	X	X
19	Tuxtla Norte	TXN	X	X
20	Tuxtla Sur	TXS	X	
21	Villaflores Dos	VFD	X	X

Tabla 3.1.1

Todos los datos deberán estar contenidos en archivos de base de datos, debiendo éstos ser verificados cuidadosamente para estar seguros de que son los más utilizados y que el sistema será representado con exactitud.

De acuerdo con el procedimiento GOD 3539 COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE EN SISTEMAS DE

DISTRIBUCION se indica en la siguiente tabla de manera resumida el estudio por realizar, los datos básicos requeridos así como los resultados buscados con cada tipo de estudio o cálculo.

Calculo o estudio	Elementos	Datos Básicos	Resultados	Acción o estudio subsecuente
Representación PU	Maquinas	Datos de placa	Impedancias de secuencia	Estudio de corto circuito
				Estudio de flujos de potencia
Corto Circuito	Maquinas líneas sistemáticas	Diagrama de z en pu Impedancias de secuencia en Pu Equivalentes de thevenin del sistema en pu	Corrientes y Tensiones de corto circuito	Estud. Coord. De Protecciones
				Verificar capacidad interruptiva
		Tipos de falla		Estudios de redes de tierras

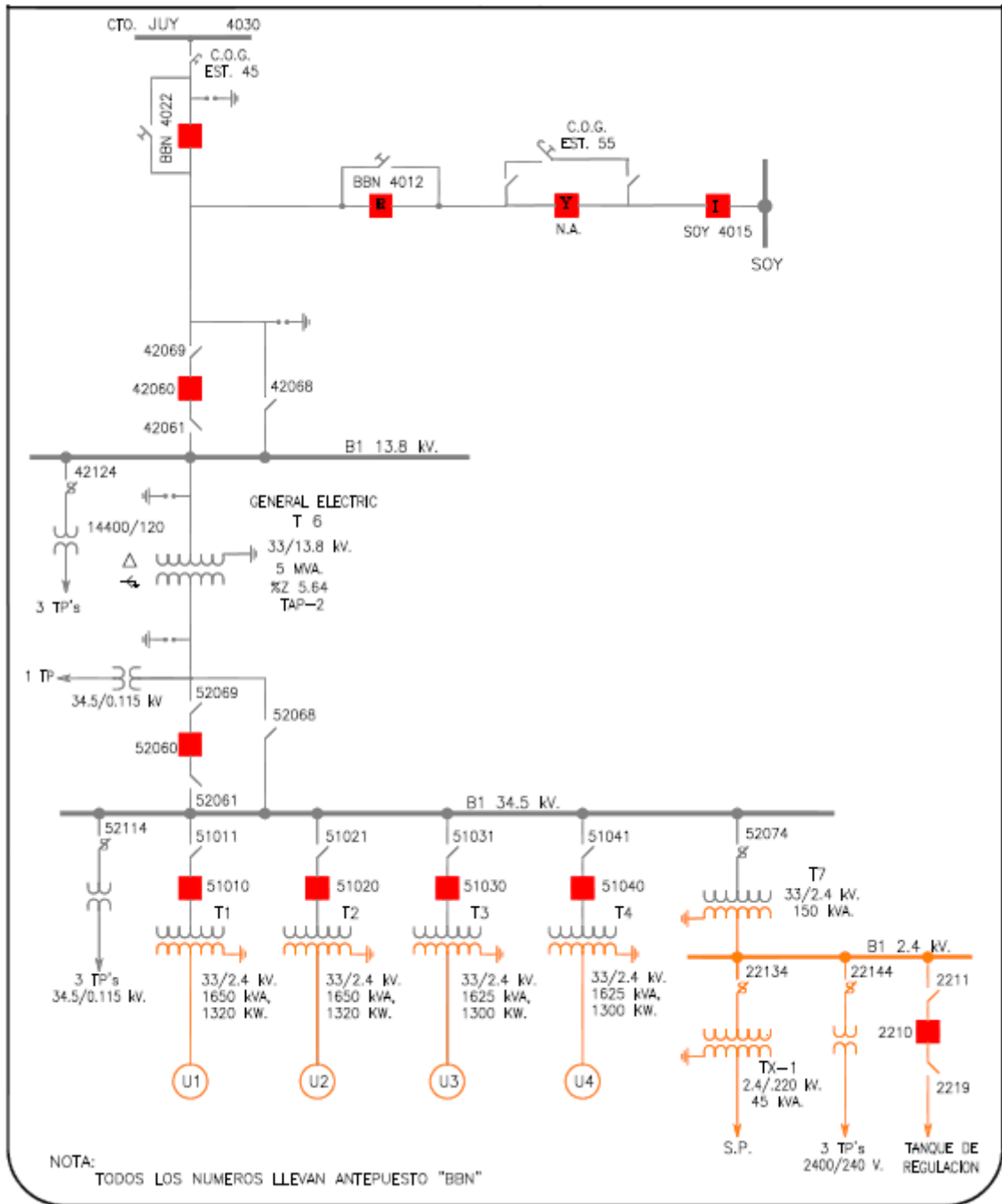
Tabla 3.1.2

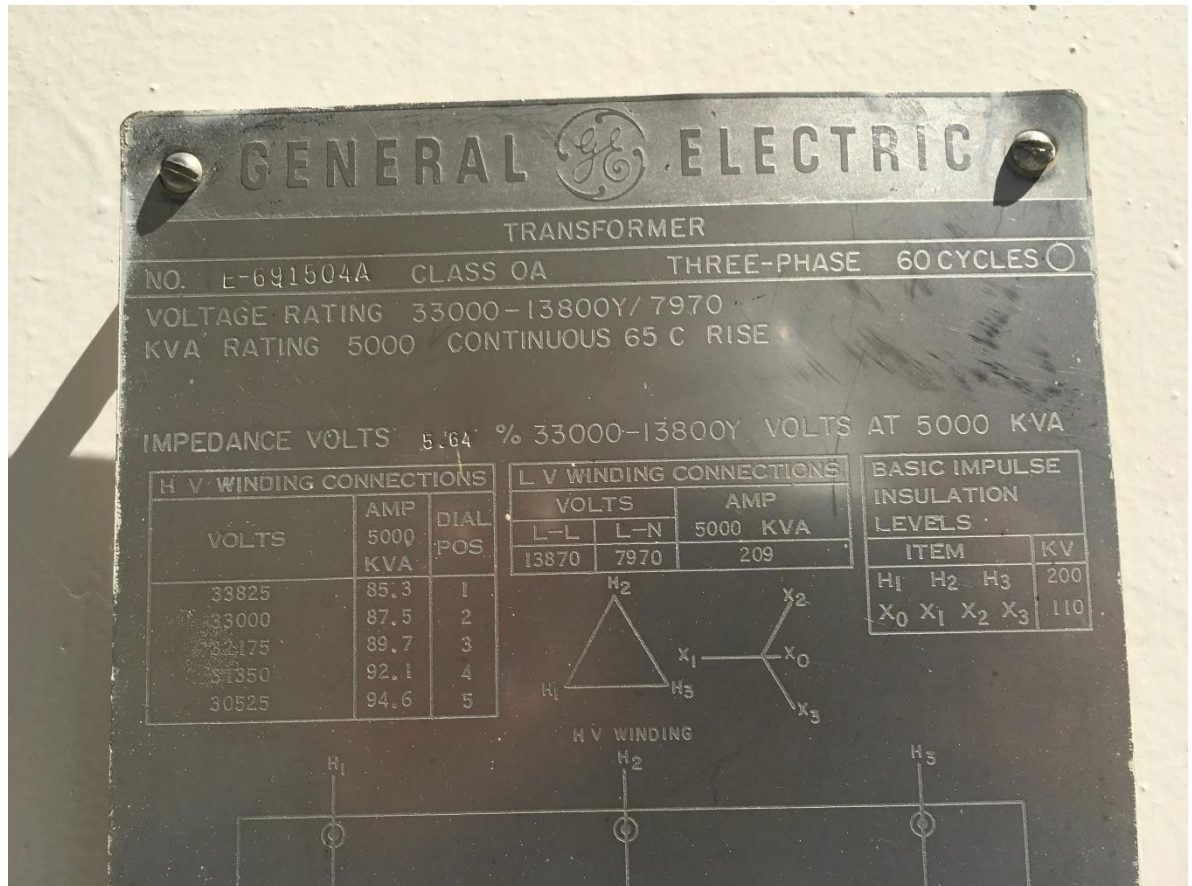
3.2. Estudio de corto circuito

Aclarado los puntos anteriores se empezara con el estudio de corto circuito de cada transformador de potencia. Como aparece en la tabla 3.1, se iniciara a partir de la subestación BBN, terminando con VFD.

1. S.E. Bombana (BNN):

Esta subestación solo cuenta con un transformador de potencia. Se empieza presentando el diagrama unifilar de la subestación y los datos de placa, los cuales fueron recopilados en fotos y archivados cada uno en sus respectivas carpetas.





Teniendo la evidencia de la placa de datos, se hace una tabla poniendo todos los datos importantes para dicho estudio.

BBN T1	
MVA	5
TIPO DE ENFRIAMIENTO	1
TENSIÓN EN ALTA	34.5
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	33
Z%	5.64

Tabla 3.2.1

Aclarando algunos puntos, el tap de operación en este transformador no se pudo fotografiar ya que el tap estaba dentro del transformador, pero de acuerdo al área de subestaciones, de la zona Tuxtla, se supo en que tap estaba y así saber la tensión en la que operaba.

Teniendo ya los datos necesarios para dicho estudio, se usara el método de bus infinito, por lo cual tendremos que establecer un MVA base y un kV base, lo cual será 100 MVA base y 34.5 kV base.

Con los datos anteriores se llevará a cabo el cálculo de la impedancia en por unidad del transformador. La magnitud de la impedancia del transformador es su propia base es:

$$Z_v = \frac{5.64}{100} = 0.0564 \text{ p.u.}$$

Se obtiene la impedancia del transformador en p.u., corregido por la tensión de operación del tap usando la siguiente formula:

$$Z_{eq}(p.u.) = Z_v \left(\frac{kV_v}{kV_{base}} \right)^2 \left(\frac{MVA_{base}}{MVA_v} \right)$$

Sustituyendo en la formula nos quedaría de esta manera:

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0564 \left(\frac{33}{34.5} \right)^2 \left(\frac{100}{5} \right)$$

Donde el resultado es:

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.0789565 \text{ p.u.}$$

Ahora se obtiene la corriente de corto circuito en el transformador BBN T1. Tanto en tensión alta, como baja. Se usara la siguiente formula:

$$I_{cc} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3} \times kV_{base} \times Z_{eq}(p.u.)}$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 34.5 \times 1.0789565}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1552.85 \text{ A}$$

Ahora se hará el cálculo en tensión baja usando la misma fórmula, sustituyendo solo en los kV base:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.0789565}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 3882.14$$

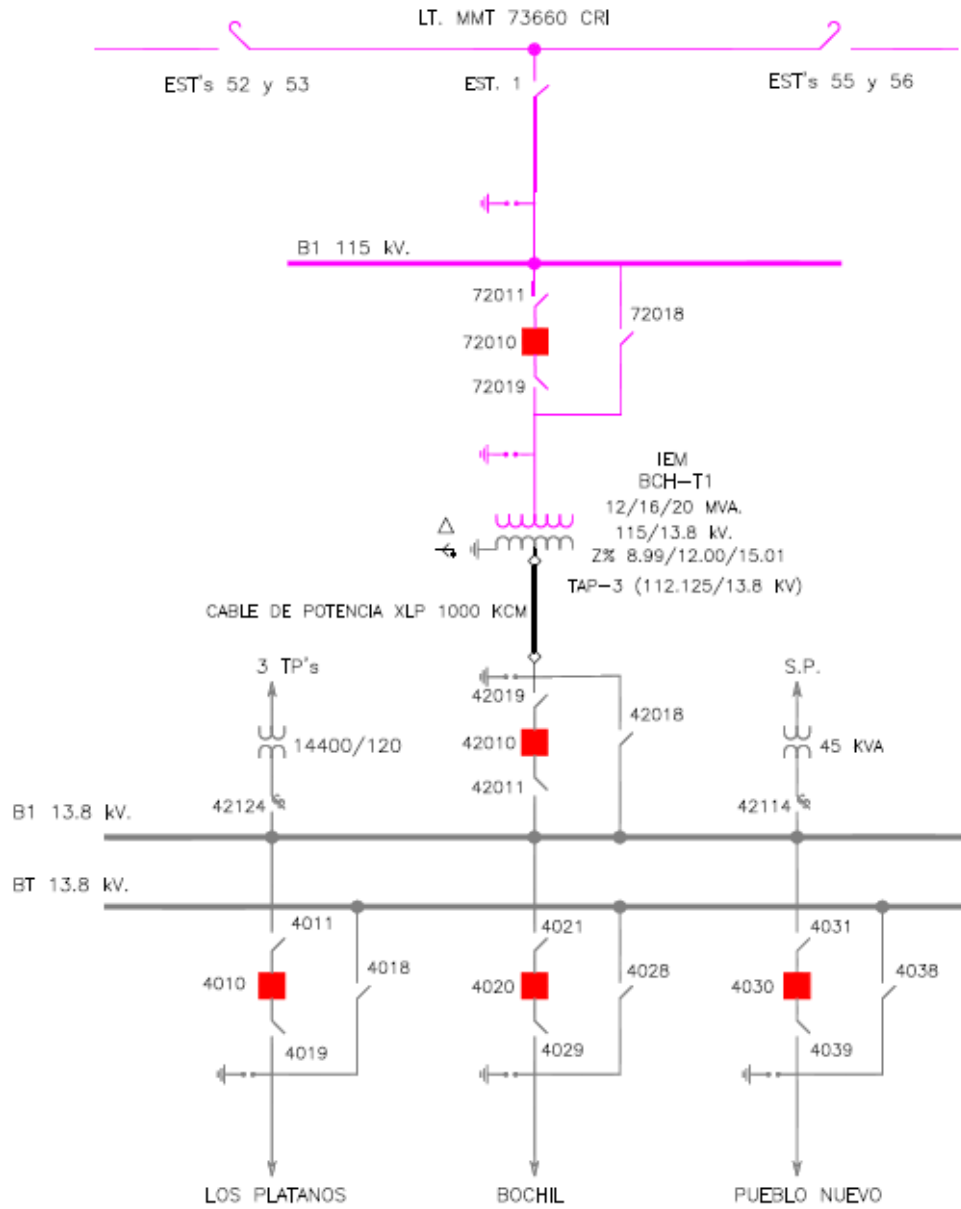
Entonces las corrientes de corto circuito en el transformador BNN T1 se mostraran en la siguiente tabla:

kV	I_{cc}
34.5	1552.85 A
13.8	3882.14 A

Tabla 3.2.2

2. S.E. Bochil (BCH):

Igual que la S.E. BNN, solo tiene un transformador. Se mostrara el diagrama unifilar y la placa de datos como también el tap de operación.





TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE AISLANTE

HPO COLUMNAS

CLASE

ONAN/ONAF/ONAF

MES Y AÑO DE FABRICACION: **OCT-2011**

55/65°C ELEVACION DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS A PLENA CARGA CONTINUA A 1000m s. n. m.	NIVELES BASICOS DE IMPULSO			
	TRANSFORMADOR		BANCOS	
A.T.	550	kV	350	kV
B.T.	110	kV	150	kV
NEUTRO	110	kV	150	kV

MASA APROXIMADA EN kg.	
DEVANADO DE A.T. POR FASE:	1 470
DEVANADO DE B.T. POR FASE:	1 060
NUCLEO:	10 590
HERRAJES Y CAMBIADOR SIN CARGA:	2 100
AISLAMIENTOS:	1 890
PORTE ACTIVA:	22 170
TANQUE Y ACCESORIOS:	11 429
ACEITE:	12 633
PIEZA MAS PESADA:	29 508
TOTAL:	46 232

CONTENIDO DE ACEITE EN L A 25 °C	
TANQUE:	12 864
RADIADORES:	686
TANQUE CONSERVADOR:	550
REQUERIDO PARA CUBRIR DEVANADOS:	11 757
TOTAL:	14 100

TIPO DE MATERIAL
 DEVANADO B.T.: COBRE.
 DEVANADO A.T.: COBRE.
 NUCLEO: ACERO AL SILICIO GRANO ORIENTADO.

LIBRO DE INSTRUCCIONES	
61754 12	
PRESION DE DISEÑO DE TANQUE Y ACCESORIOS	
POSITIVA:	103 kPa
NEGATIVA:	VACIO COMPLETO
PRESION DE OPERACION DEL SISTEMA DE PRESERVACION DEL ACEITE: "P" ATMOSFERICA	
LIBRE DE BPC	

DATOS DE IMPEDANCIAS Y PERDIDAS MEDIDAS @ 75 °C, 60 HERTZ

IMPEDANCIA PROBADA		PERDIDAS MEDIDAS EN W				IMPEDANCIA EN POSICIONES EXTREMAS
ZZ H-X	kVA BASE / kV BASE	Pfe	Pcu	Penf	Ptotal	
	12 000 / 115/13,8		26 536	69	7 534	@ 8,98 A 12 000 kVA Y 117,875-13,8 kV @ 9,35 A 12 000 kVA Y 106,519-13,8 kV
	16 000 / 115/13,8	1 195	47 536	69	0 27	
	29 000 / 115/13,8				6 387	

DIAGRAMA DE CONEXIONES

DEVANADO	VOLTAJE	AMPERES				CAMBIADOR DE DERIVACIONES S/CARGA	
		ONAN	ONAF1 (65°C)	ONAF2 (65°C)	ONAF2 (65°C)	POS.	CONECTA EN CADA FASE
ALTA TENSION DELTA	117 875	58,8	78,4	98,0	109,7	1	44 CON 45
	115 000	60,2	80,3	100,4	112,5	2	43 CON 45
	112 125	61,8	82,4	103,0	115,3	3	43 CON 46
	109 250	63,4	84,6	105,7	118,4	4	42 CON 46
BAJA TENSION ESTRELLA	13 800	502,0	669,4	836,7	937,2	5	42 CON 47

DATOS DE PRUEBA AL MOMENTO DE EMBARQUE

RESISTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS A 20 °C	kV	FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS A 20 °C 2,5 kV 60 Hz	
A.T. CONTRA B.T. Y TIERRA	MEGAOHMS	A.T. CONTRA B.T. Y TIERRA	0,18% CAPACITANCIA 8 114,5 pF
B.T. CONTRA A.T. Y TIERRA	MEGAOHMS	B.T. CONTRA A.T. Y TIERRA	0,21% CAPACITANCIA 13 211,0 pF
A.T. CONTRA B.T.	MEGAOHMS	A.T. CONTRA B.T.	0,14% CAPACITANCIA 1 521,3 pF
HUMEDAD RESIDUAL	%	FECHA DE EMBARQUE:	OCTUBRE-2011
CORRIENTE DE EXCITACION A FASE A	mVA	FASE B:	5 300 mVA
		FASE C:	6 825 mVA

PRECAUCION:

LENE EL TRANSFORMADOR CON LIQUIDO AISLANTE HASTA QUE EL INDICADOR DE NIVEL MUESTRE LA MARCA DE 250.

MEXICO

ERTO



Se presenta una tabla con los datos obtenidos.

BCH T1	
MVA	12
MVA F1	16
MVA F2	20
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	8.99

Tabla 3.2.3

Teniendo los datos necesarios se inicia el estudio de corto circuito. En este caso la tensión de operación en alta cambia, por lo cual cambiara nuestra kV base, donde será 115 kV base, y se seguirá usando 100 MVA base

Usando los mismos pasos que en el anterior S.E, se empieza calculando la magnitud de impedancia es su propia base.

$$Z_v = \frac{8.99}{100} = 0.0899 \text{ p. u.}$$

Se obtiene la impedancia del transformador en las nuevas bases.

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.0899 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{12} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.7304375 p.u.$$

Teniendo la impedancia en p.u. sigue la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.7304375}$$

El resultado sería:

$$I_{cc} = 688.13 A$$

Ahora se continuara con el lado de baja tensión

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.7304375}$$

$$I_{cc} = 5734.45 A$$

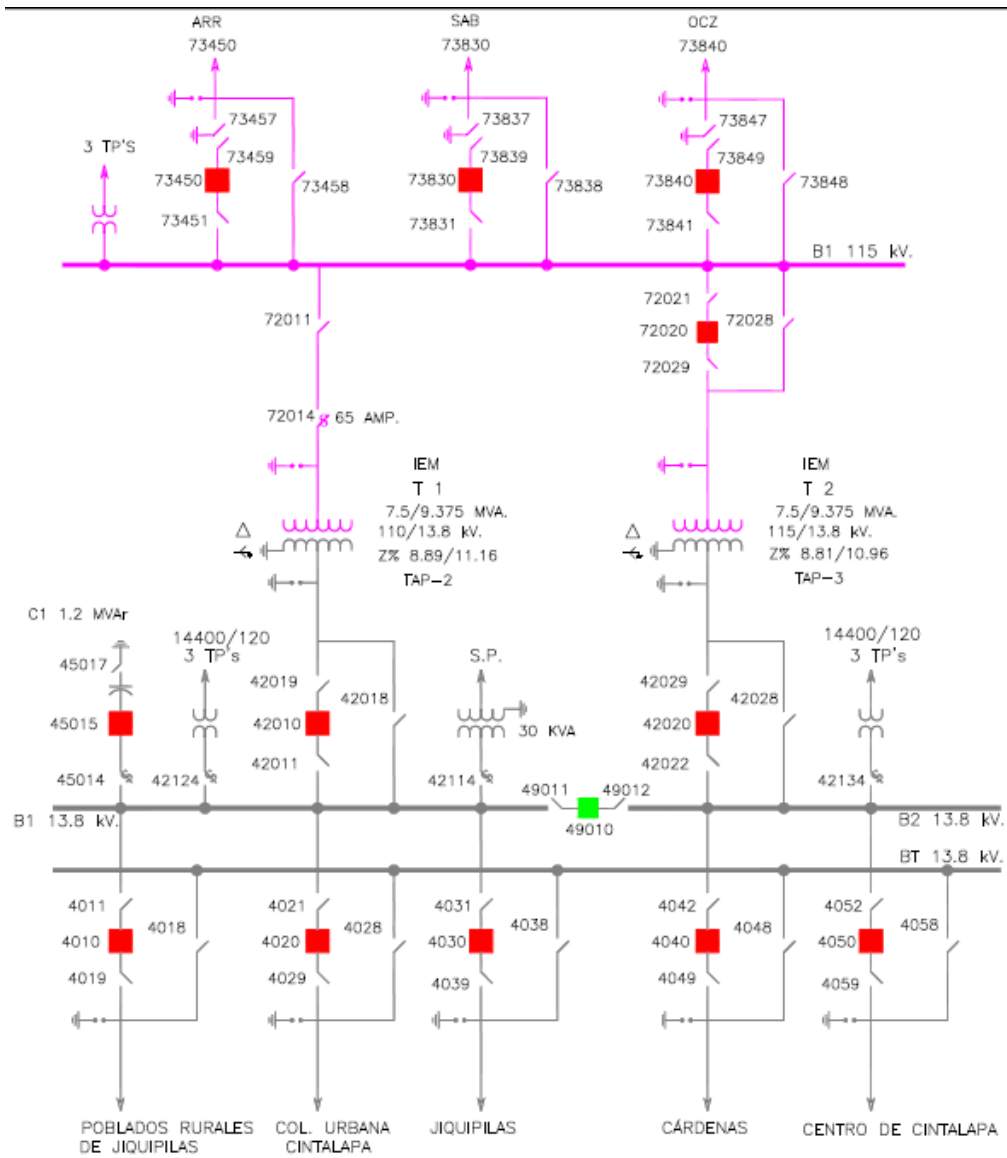
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	688.13 A
13.8	5734.45 A

Tabla 3.2.4

3. S.E. Cintalapa (CIT)

Aquí se tiene una subestación con dos transformadores por lo cual se hará dos cálculos correspondientes a cada transformador. A continuación se mostrara el diagrama unifilar de la subestación.



▪ **CIT T1**

En el CIT T1 se tiene tanto la placa de datos como el tap de operación:



TRANSFORMADOR TRIFASICO

TIPO
OA/FA
EN ACEITE

7500 / 9375 KVA
110 000 A 13800 VOLTS
%Z **5.59/116** 60 HERTZ

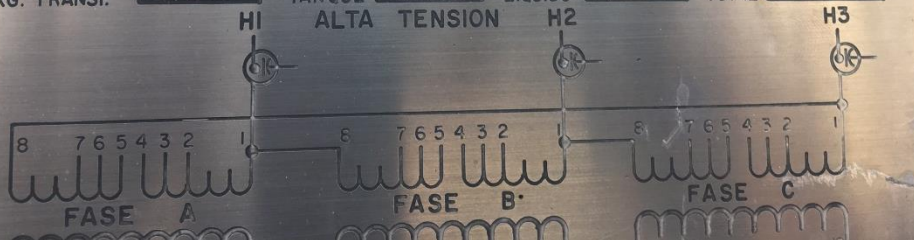
55° C. ELEVACION DE TEMPERATURA A PLENA CARGA CONTINUA A 1000 M.S.N.M.

SERIE: 26-0313-3 ESPEC. L-6031332 LTS. LIQUIDO

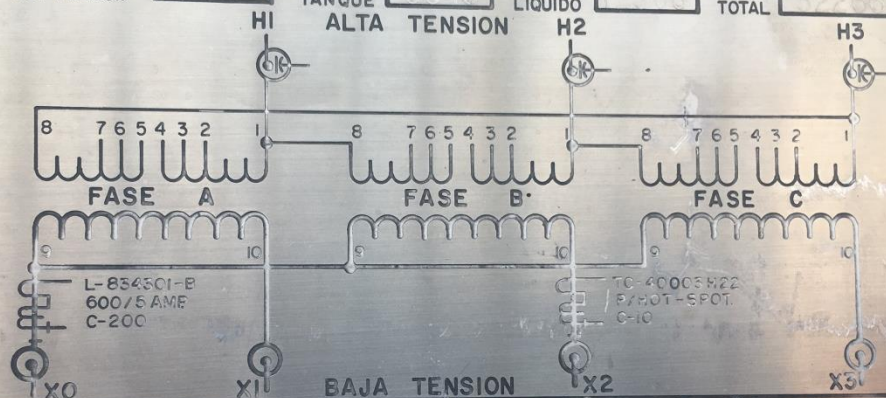
LIBRO DE INSTRUCCIONES : 6031312
NIVEL DE IMPULSO, ONDA COMPLETA :

DIAGRAMA DE ALAMERADO : 6031302
ALTA TENSION 550 KV., BAJA TENSION 110 KV.

PESOS APROX. EN KG. TRANSF. **1113** TANQUE **8845** LIQUIDO **12308** TOTAL **32266**



PESOS APROX. EN KG. TRANSF. **1113** TANQUE **8845** LIQUIDO **12308** TOTAL **32266**



C O N E X I O N E S

DEVANADO	VOLTS	AMPERES		CAMBIADOR DE DERIVACIONES		
		OA	FA	POS.	CONEC.	EN CADA FASE
ALTA TENSION EN DELTA	115500	37.5	46.9	1	4	CON 5
	112750	33.4	48.0	2	3	CON 5
	110000	39.4	49.2	3	3	CON 6
	107250	40.4	50.5	4	2	CON 6
	104500	41.4	51.6	5	2	CON 7
BAJA TENSION EN ESTRELLA	13800	314	392			

LLENE EL TRANSFORMADOR CON LIQUIDO AISLANTE HASTA QUE EL INDICADOR SE NIVEL LLEGUE A LA MARCA DE 25° C. EL CUAL SE ENCUENTRA A PULGADAS ABAJO DE LA CUBIERTA. REVISAR EL NIVEL DEL LIQUIDO EN EL TRANSFORMADOR CUANDO EL INDICADOR ESTE ABAJO DEL LIMITE INFERIOR DE SU ESCALA.



Se hace la tabla con los datos de placa y la tensión de operación del tap:

CIT T1	
MVA	7.5
MVA F1	9.375
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	2
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.75
Z%	8.89

Tabla 3.2.5

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{8.89}{100} = 0.0889 \text{ p. u.}$$

Se obtiene la impedancia del transformador en las nuevas bases. Recordando que son 100 MVA base y 115 kV base

$$Z_{eq}(\text{p. u.}) = 0.0889 \left(\frac{112.75}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{7.5} \right)$$

$$Z_{eq}(\text{p. u.}) = 1.162142 \text{ p. u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.162142}$$

El resultado sería:

$$I_{cc} = 432.51 \text{ A}$$

Con el lado de baja tensión quedaría así:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.162142}$$

$$I_{cc} = 3604.26 \text{ A}$$

En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

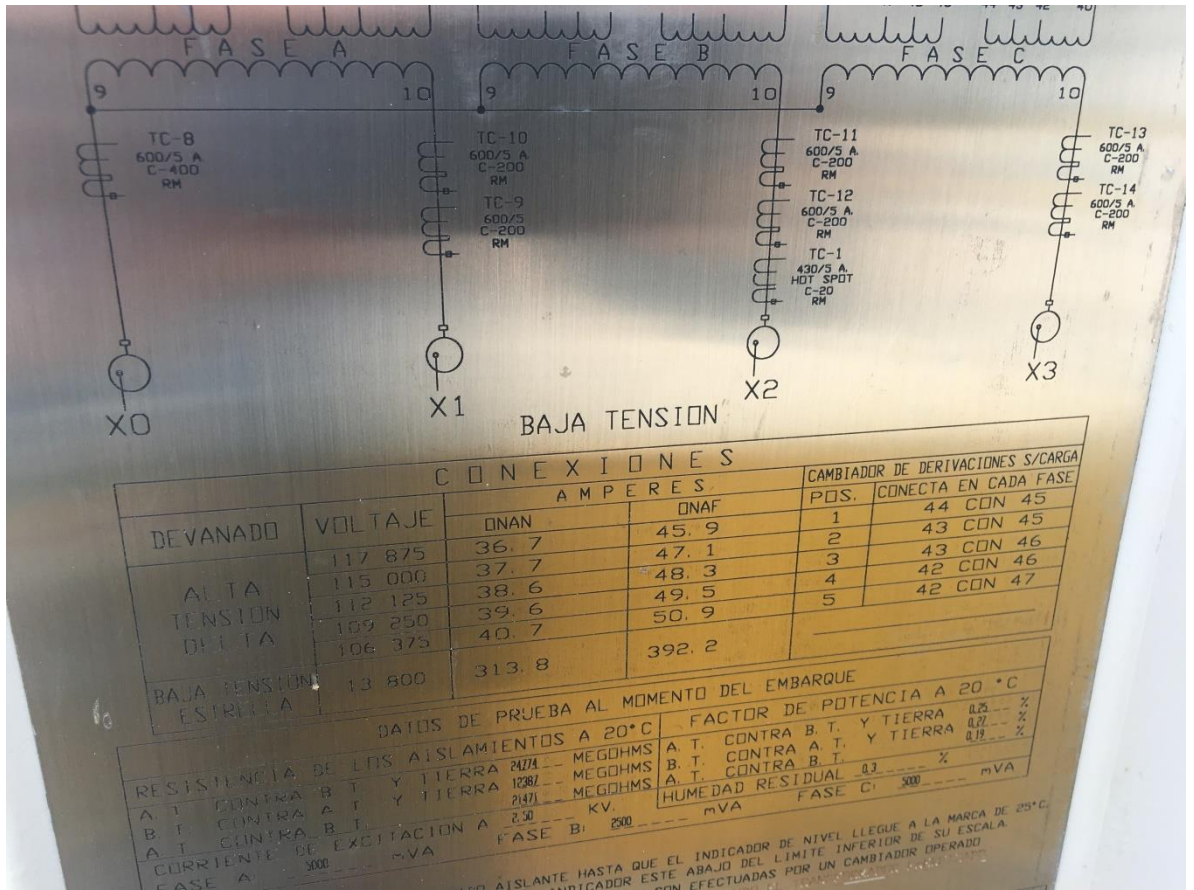
kV	I _{cc}
115	432.51 A
13.8	3604.26 A

Tabla 3.2.6

▪ CIT T2

Para el CIT T2 se tienen los siguientes datos de placa y tap de operación:





Se organiza los datos en la siguiente tabla:

CIT T2	
MVA	7.5
MVA F1	9.375
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	8.81

Tabla 3.2.7

Se inician los cálculos de corto circuito del CIT T2 con los datos obtenidos en la tabla.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{8.89}{100} = 0.0889 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Recordando que son 100 MVA base y 115 kV base

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0881 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{7.5} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.1453 \text{ p.u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.1453}$$

El resultado sería:

$$I_{cc} = 438.87 \text{ A}$$

Con el lado de baja tensión queda de la siguiente manera:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.1453}$$

$$I_{cc} = 3657.26 \text{ A}$$

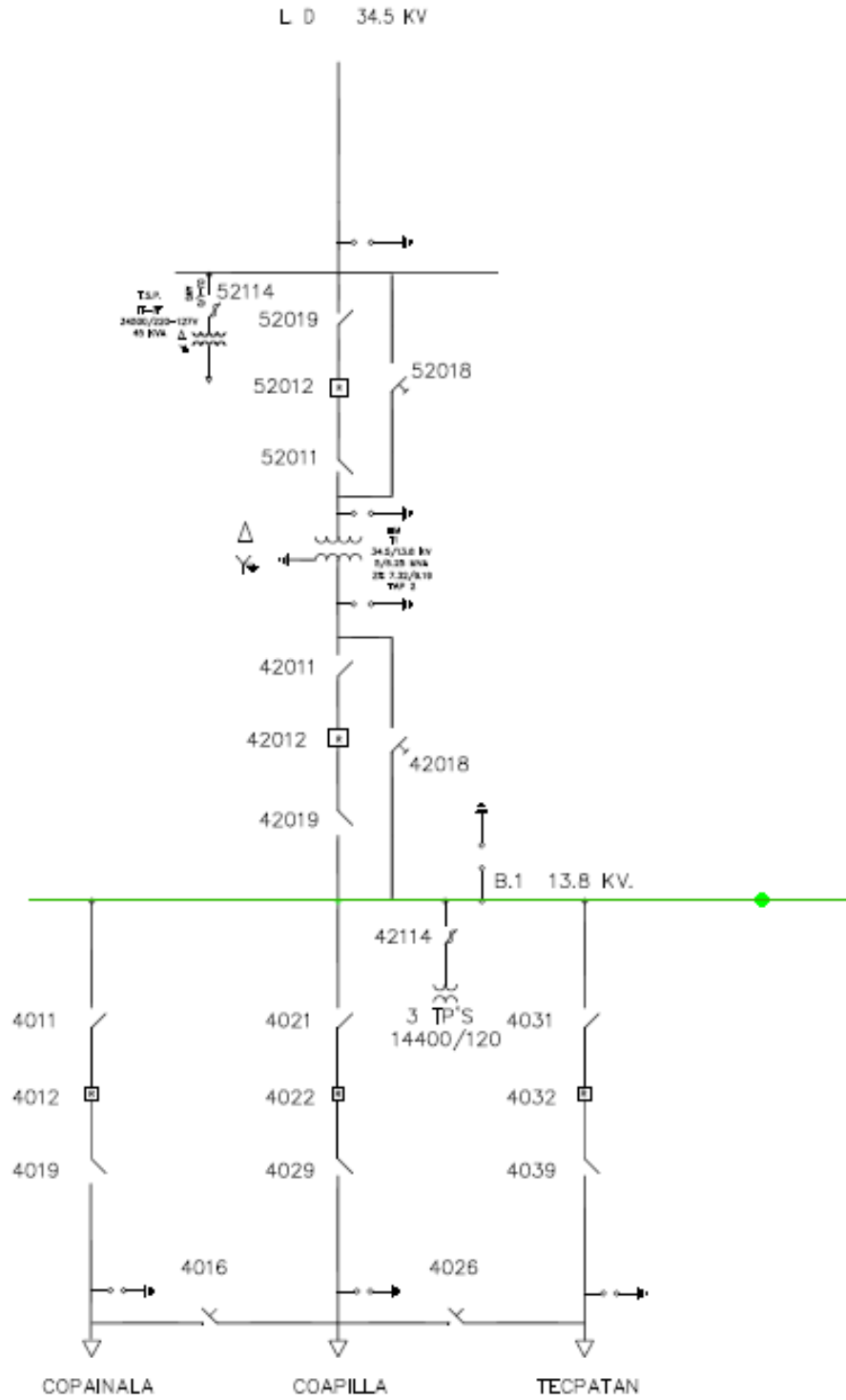
En la siguiente tabla se mostrara los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	438.87 A
13.8	3657.26 A

Tabla 3.2.8

4. S.E. Copainala (COP)

En esta subestación se encuentra un solo transformador de potencia. Se mostrara el diagrama unifilar, la placa de datos y el tap de operación.





TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE.

MARCA REG.

CLASE
OA/FA

DEVANADO	CONEXIONES	TENSION EN VOLTS	CAPACIDAD EN KVA				HZ
			OA(55°C)	FA(55°C)	OA(65°C)	FA(65°C)	
ALTA TENSION	DELTA	34 500	5000	6250	5600	7000	60
BAJA TENSION	ESTRELLA	13 800	5000	6250	5600	7000	

AÑO DE FABRICACION: [2003]

CLIENTE :

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

55°C/65°C ELEVACION DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS A PLENA CARGA CONTINUA
A 1000 m s. n. m.

NIVELES BASICOS DE IMPULSO		
	TRANSFORMADOR	BOQUILLAS
A. T.	200 KV	250 KV
B. T.	110 KV	150 KV
NEUTRO	110 KV	150 KV

N° DE SERIE	400269
CONTRATO CFE	700089744
PEDIDO IEM	247356

DIAGRAMAS DE ALAMBRAO	5304604 & 5304605
ESPECIFICACION ELECTRICA	5304608

MASA APROXIMADA EN KGS.	
DEVANADO DE A. T. POR FASE:	528
DEVANADO DE B. T. POR FASE:	388
DEVANADO POR 3 FASES:	2 748
NUCLEO:	3 750
HERRAJES Y CAMBIADOR:	579
AISLAMIENTOS:	440
PARTE ACTIVA:	7 516
TANQUE Y ACCESORIOS:	4 189
ACEITE:	2 767
PIEZA MAS PESADA:	9 656
TOTAL:	14 472

CONTENIDO DE ACEITE EN LITROS A 25 °C	
TANQUE:	2 536
TANQUE CONSERVADOR:	267
RADIADORES:	298
REQUERIDO PARA CUBRIR DEVANADOS:	723
TOTAL:	3 078
TIPO DE MATERIAL	
DEVANADO B. T. :	COBRE
DEVANADO A. T. :	COBRE
NUCLEO:	ACERO AL SILICIO GRANO ORIENTADO.

LIBRO DE INSTRUCCIONES	
	5304612
REPORTE DE PRUEBAS FINALES	
PRESION DE DISEÑO DE TANQUE Y ACCESORIOS	
POSITIVA:	1.05 Kg/cm ²
NEGATIVA:	-1.05 Kg/cm ²
PRESION DE OPERACION DEL SISTEMA DE PRESERVACION DEL ACEITE: 0.58 ± 0.02 kg/cm ²	

DIAGRAMA VECTORIAL

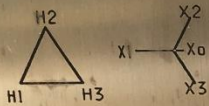
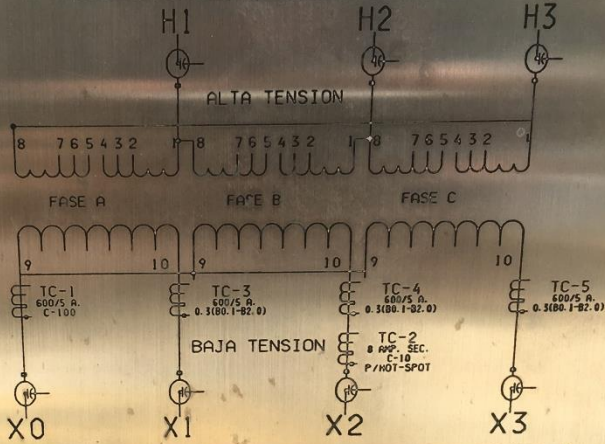


DIAGRAMA DE CONEXIONES



DEVANADO	VOLTS	AMPERES				CAMBIADOR DE DERIVACIONES SIN CARGA	
		OA 55°C	FA 55°C	OA 65°C	FA 65°C	POS.	CONECTA EN CADA FASE
ALTA TENSION (EN DELTA)	35 363	81.6	102.0	91.4	114.3	1	4 CON 5
	34 500	83.7	104.6	93.7	117.1	2	5 CON 3
	33 638	85.8	107.3	96.1	120.1	3	3 CON 6
	32 776	88.1	110.1	98.6	123.3	4	6 CON 2
	31 914	90.5	113.1	101.3	126.6	5	2 CON 7
BAJA TENSION (EN ESTRELLA)	13 800	209.2	261.5	234.3	292.9		

DATOS DE PRUEBA AL MOMENTO DE EMBARQUE

RESISTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS A 25°C	11000 MEGAOHMS	FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS A 25°C	0.99	% CAPACITANCIA	100.00 pF
A. T. CONTRA B. T. Y TIERRA	11000 MEGAOHMS	A. T. CONTRA B. T. Y TIERRA	0.99	% CAPACITANCIA	100.00 pF
B. T. CONTRA A. T. Y TIERRA	11000 MEGAOHMS	B. T. CONTRA A. T. Y TIERRA	0.99	% CAPACITANCIA	100.00 pF
A. T. CONTRA B. T.	11000 MEGAOHMS	A. T. CONTRA B. T.	0.99	% CAPACITANCIA	100.00 pF

PRECAUCION:

LEER EL TRANSFORMADOR CON LUBRO AISLANTE HASTA QUE EL INDICADOR DE NIVEL LLEGUE A LA MARCA DE 25°C.



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

COP T1	
MVA	5
MVA F1	6.255
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	34.5
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	2
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	34.5
Z%	7.32

Tabla 3.2.9

Se inician los cálculos de corto circuito del COP T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{7.32}{100} = 0.0732 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 34.5 kV y 13.8 kV, las nuevas bases serán 100 MVA base y 34.5 kV

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0732 \left(\frac{34.5}{34.5} \right)^2 \left(\frac{100}{5} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.464 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 34.5 \times 1.464}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1144.44 A$$

Con el lado de baja tensión queda de la siguiente manera:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.464}$$

$$I_{cc} = 2861.10 A$$

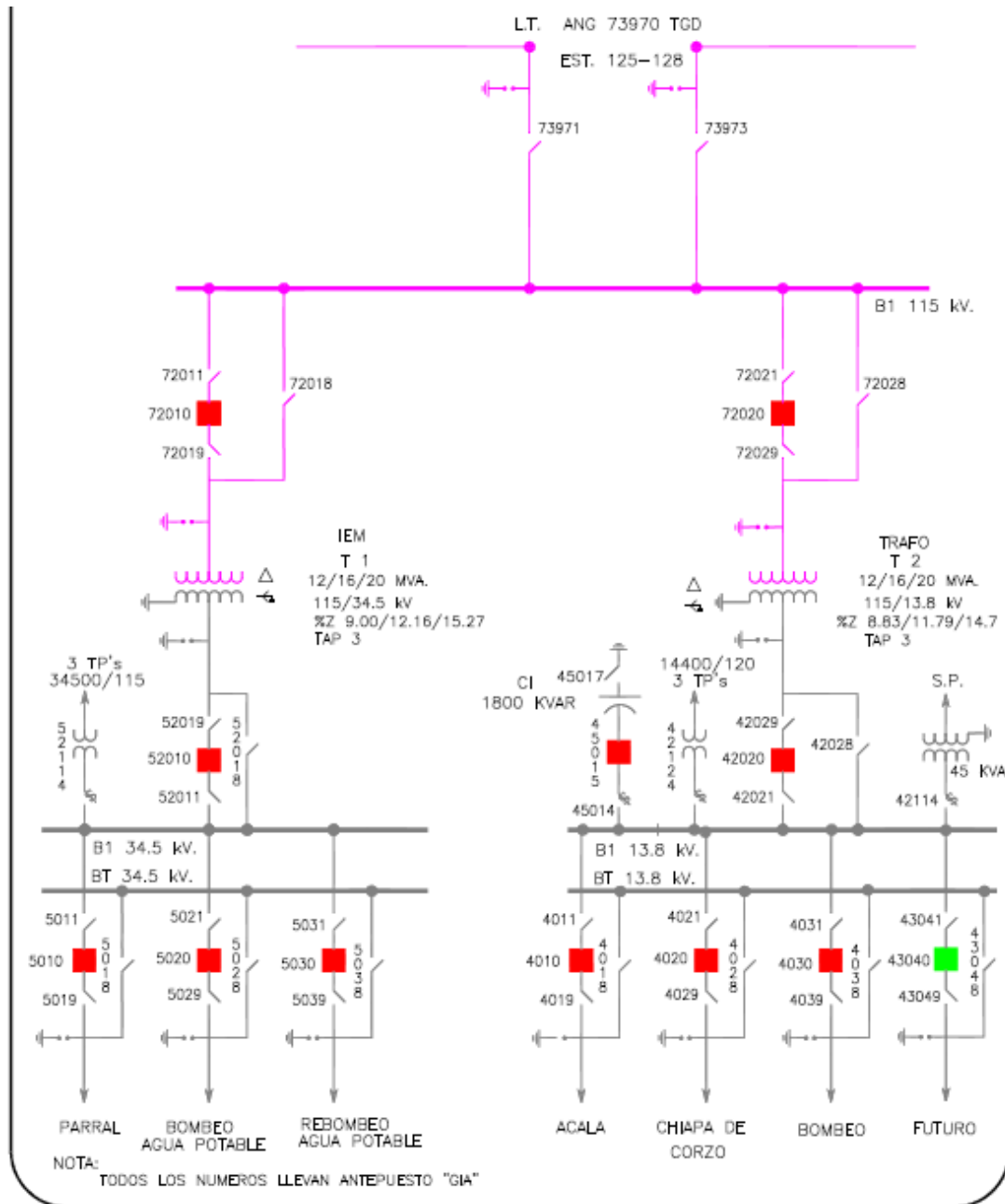
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
34.5	1144.44 A
13.8	2861.10 A

Tabla 3.2.10

5. S.E. Grijalva (GIA)

En la subestación se tiene dos transformadores de potencia, se hará los cálculos de corto circuito a cada uno de ellos. A continuación se mostrara el diagrama unifilar de la subestación.



- **GIA T1**

Para el GIA T1 se mostrara la placa de datos y el tap de operación.



TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE

TIPO COLUMNAS
CLASE

ONAN/ONAF/ONAF

AÑO DE FABRICACION: 2007

DEVANADO	CONEXIONES	TENSION EN VOLTS	CAPACIDAD EN KVA				HZ
			ONAN	ONAF	ONAF	ONAF (65°C)	
ALTA TENSION	DELTA	115 000	12 000	16 000	20 000	22 400	60
BAJA TENSION	ESTRELLA	34 500	12 000	16 000	20 000	22 400	

LIBRO DE BPE CLIENTE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

55°C/65°C ELEVACION DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS A PLENA CARGA CONTINUA A 1000 M. S. N. M.

NIVELES BASICOS DE IMPULSO

	TRANSFORMADOR	BOBINAJAS
A. T.	550 KV	550 KV
B. T.	200 KV	200 KV
NEUTRO	200 KV	200 KV

QUE SERIE

25-LE25

CONVENCIONES

700202278 PART. 04

PERDIDA IEM

250353 PART. 04

DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

6158504 & 6158505

ESPECIFICACION ELECTRICA

L-61526-08

MASA APROXIMADA EN KGS.

DEVANADO DE A. T. POR FASE:	1450
DEVANADO DE B. T. POR FASE:	857
NUCLEO:	3970
HERRAJES Y CAMBIADOR:	2532
AISLAMIENTOS:	624
PARTE ACTIVA:	19047
TANQUE Y ACCESORIOS:	12000
ACEITE:	12927
PIEZA MAS PESADA:	26000
TOTAL:	43974

CONTENIDO DE ACEITE EN LTS A 25 °C

TANQUE:	12406
RADIADORES:	840
TANQUE CONSERVADOR:	1137
REQUERIDO PARA CUBRIR DEVANADOS:	9810
TOTAL:	14383

TIPO DE MATERIAL

DEVANADO B. T.:	COBRE.
DEVANADO A. T.:	COBRE.
NUCLEO:	ACERO AL SILICIO GRANO ORIENTADO.

LIBRO DE INSTRUCCIONES

6158512

REPORTE DE PRUEBAS FINALES

PRESTION DE DISEÑO DE TANQUE Y ACCESORIOS

POSITIVA: 103 KPa

NEGATIVA: VACIO COMPLETO

PRESTION DE OPERACION DEL SISTEMA DE PRESERVACION DEL ACEITE: "P ATMOSFERICA"

DATOS DE IMPEDANCIAS Y PERDIDAS MEDIDAS @ 75 °C, 60 HERTZ

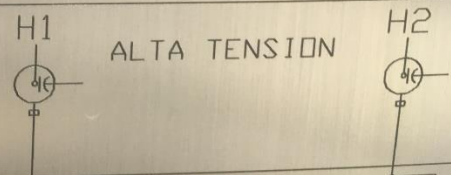
IMPEDANCIA PROBADA PERDIDAS MEDIDAS EN WATTS IMPEDANCIA EN POSICIONES EXTREMAS

DATOS DE IMPEDANCIAS Y PERDIDAS MEDIDAS @

IMPEDANCIA PROBADA			PERDIDAS MEDIDAS EN WATTS				IMPE
%Z H-X	KVA BASE	KV BASE	Pfe	Pcu	Penf	PTOTAL	
9.00	12 000	115/34.5	11905	27675	N.A.	39640	%Z 5.1
12.16	16 000			50134	299	62397	%Z 5.2
15.27	20 000			78615	620	91399	
17.08	22 400			101597	620	114181	

DIAGRAMA VECTORIAL

DIAGRAMA DE CONEXIONES





Se organiza los datos en la siguiente tabla:

GIA T1	
MVA	12
MVA F1	16
MVA F2	20
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	34.5
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	9

Tabla 3.2.11

Se inician los cálculos de corto circuito del GIA T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{9}{100} = 0.09 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 34.5 kV, las nuevas bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.09 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{12} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.73125 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.73125}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 687.37 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 34.5 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 34.5 \times 0.73125}$$

$$I_{cc} = 2291.23 A$$

En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

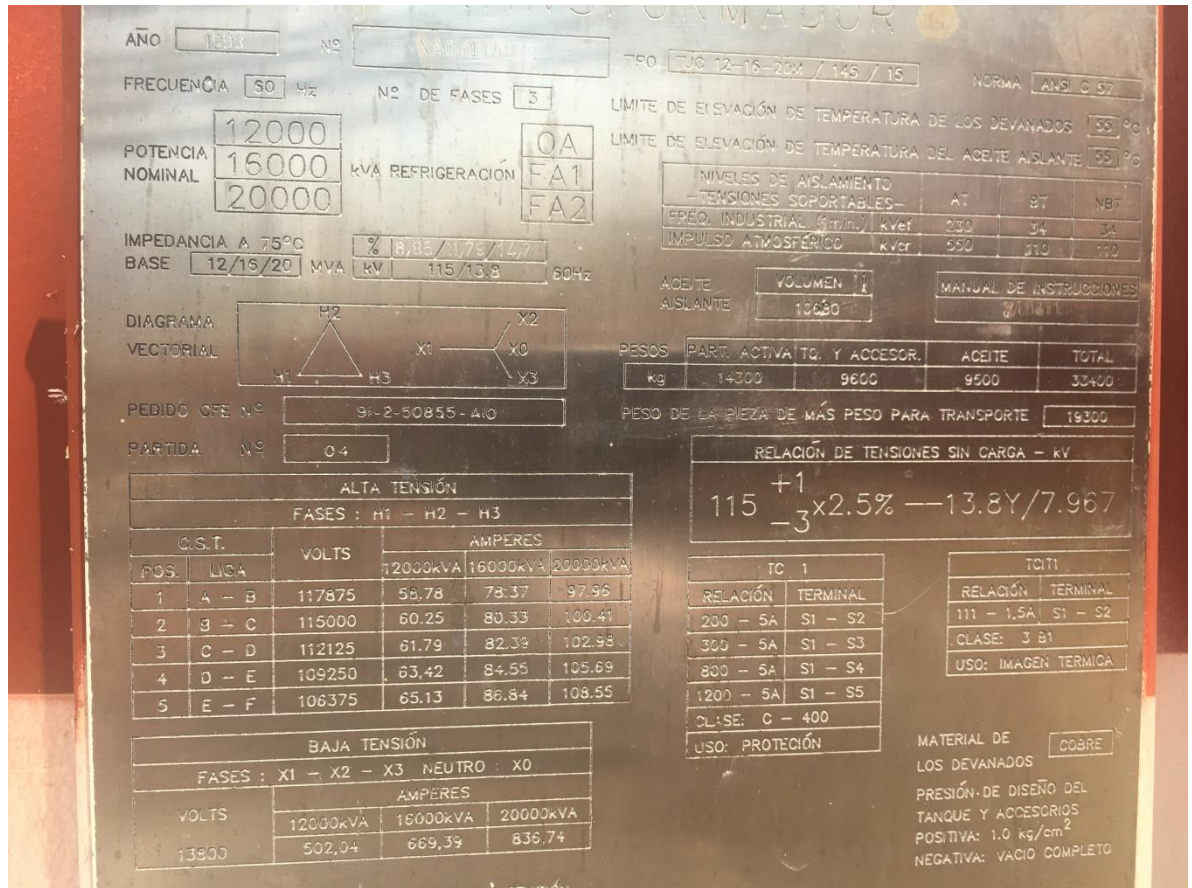
kV	I _{cc}
115	687.37 A
34.5	2291.23 A

Tabla 3.2.12

▪ GIA T2

En el transformador GIA T2 no se encuentra fotos correspondientes al tap de operación, y gracias al departamento de Subestaciones se obtuvo el valor de tensión de operación, por lo cual se mostrará solo fotos de la placa de datos del GIA T2.





Se organiza los datos en la siguiente tabla:

GIA T2	
MVA	12
MVA F1	16
MVA F2	20
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	109.25
Z%	8.85

Tabla 3.2.13

Se inician los cálculos de corto circuito del GIA T2 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{8.85}{100} = 0.0885 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0885 \left(\frac{109.25}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{12} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.700625 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.700625}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 717.41 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.700625}$$

$$I_{cc} = 5978.46 A$$

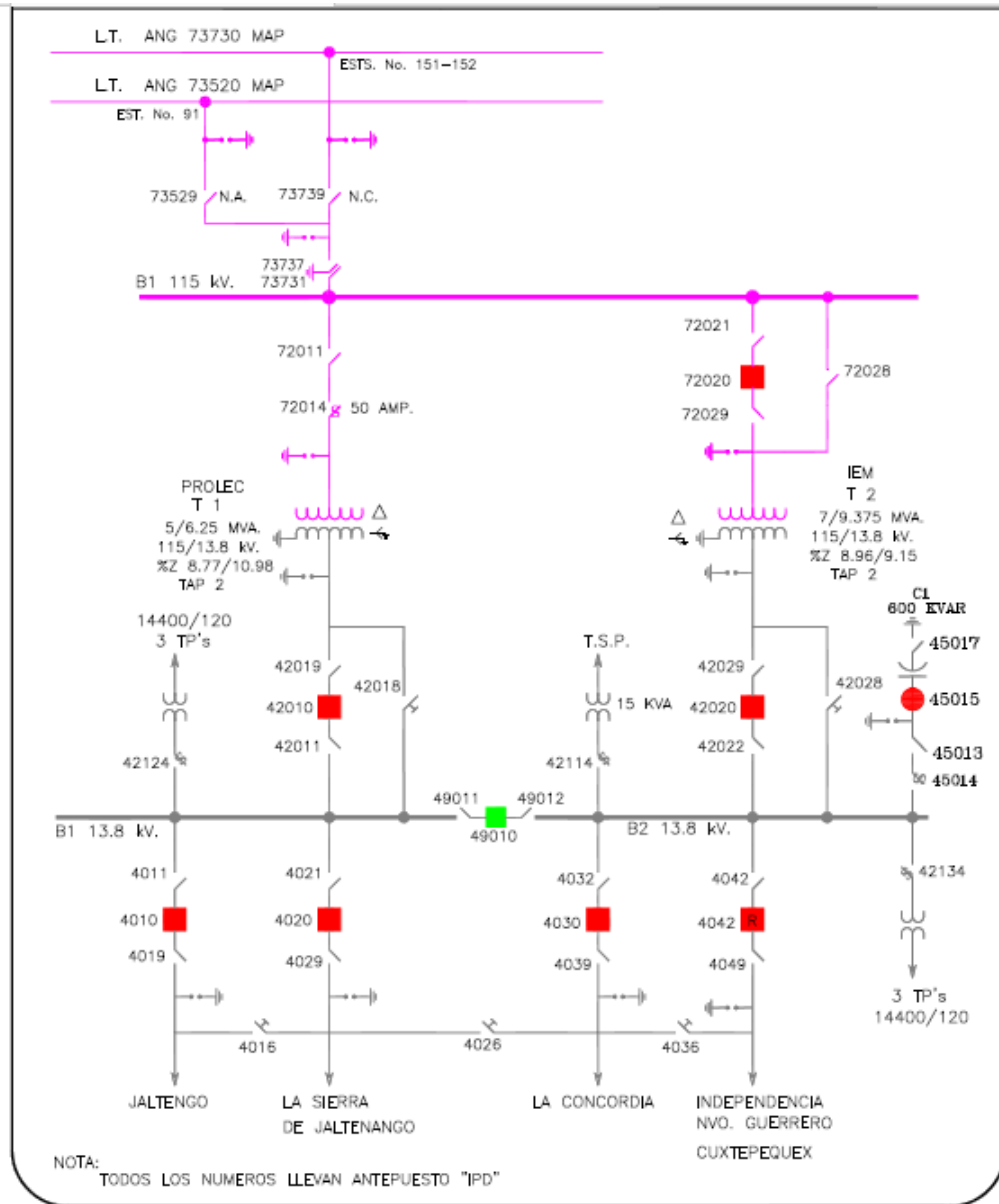
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	717.41 A
13.8	5978.46 A

Tabla 3.2.14

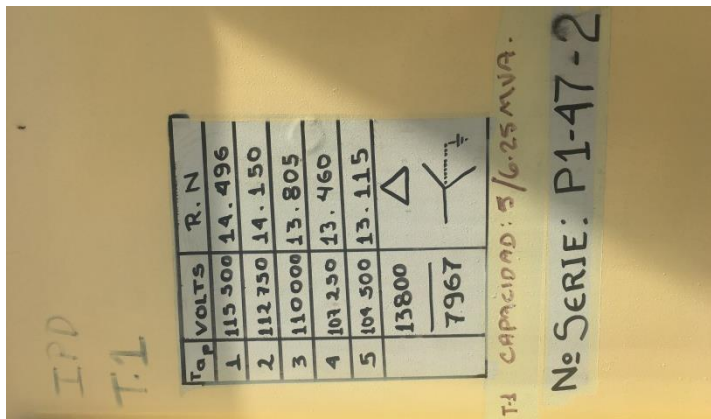
6. S.E Independencia (IPD)

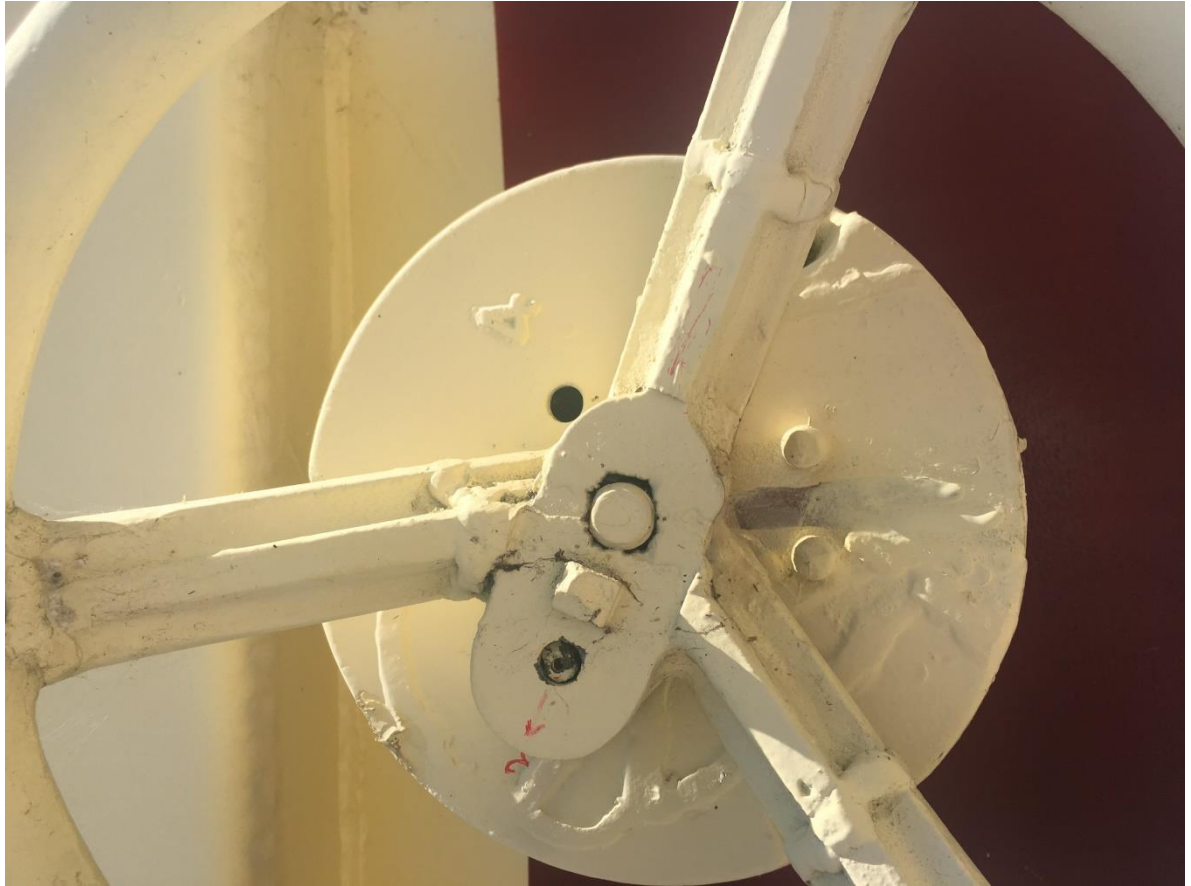
Igual que la subestación anterior, la S.E IPD contiene dos transformadores de potencia. A continuación se mostrara el diagrama unifilar de la subestación.



▪ **IPD T1**

Se mostraran la placa de datos y el tap de operación.





En la placa de datos no se encuentra la Z% pero gracias al Departamento de Protecciones se obtuvo el dato, con eso aclarado, se organiza los datos en la siguiente tabla:

IPD T1	
MVA	5
MVA F1	6.25
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.75
Z%	8.77

Tabla 3.2.15

Se inician los cálculos de corto circuito del IPD T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{8.77}{100} = 0.0877 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0877 \left(\frac{112.75}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{5} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.7196826 \text{ p.u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.7196826}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 292.29 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.7196826}$$

$$I_{cc} = 2435.72 \text{ A}$$

En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	292.29 A
13.8	2435.72 A

Tabla 3.2.16

- **IPD T2**

Se mostraran la placa de datos y el tap de operación.



TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE AISLANTE

TIPO COLUMNAS
CLASE
ONAN/ONAF

DEVANADO	CONEXIONES	TENSION EN VOLTS	CAPACIDAD EN MVA		
			ONAN(55°C)	ONAF(55°C)	ONAF(65°C)
ALTA TENSION	DELTA	115 000	7,5	9,375	10,5
BAJA TENSION	ESTRELLA	13 800	7,5	9,375	10,5

MES Y AÑO DE FABRICACION: MARZO 2009

CLIENTE: COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

55/65°C ELEVACION DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS A PLENA CARGA CONTINUA A 1000 m.s.n.m.

NIVELES BASICOS DE IMPULSO

	TRANSFORMADOR	BOQUILLAS
A.T.	550 kV	550 kV
B.T.	110 kV	150 kV
NEUTRO	110 kV	150 kV

N° DE SERIE

26-1664

PEDIDO CLIENTE

700275086 PDS.00003

PEDIDO IEM

PV921 P06

DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

ESQUEMATICO (PLACAS)

FISICO

61664-04

(HOJA 1 Y 2)

61664-05

(HOJA 1)

ESPECIFICACION ELECTRICA

L-61630-08

FRECUENCIA 60 Hz

MAÑA APROXIMADA EN kg.

DEVANADO DE A.T. POR FASE:	867
DEVANADO DE B.T. POR FASE:	503
NUCLEO:	6515
HERRAJES Y CAMBIADOR SIN CARGA:	2404
AISLAMIENTOS:	189
PARTE ACTIVA:	13218
TANQUE Y ACCESORIOS:	9520
ACEITE:	9737
PIEZA MAS PESADA:	21000
TOTAL:	32475

CONTENIDO DE ACEITE EN LTS A 25 °C

TANQUE:	9453
RADIADORES:	442
TANQUE CONSERVADOR:	1273
REQUERIDO PARA CUBRIR DEVANADOS:	6640
TOTAL:	11168
TIPO DE MATERIAL	
DEVANADO B.T.:	COBRE.
DEVANADO A.T.:	COBRE.
NUCLEO: ACERO AL SILICIO GRANO ORIENTADO.	

LIBRO DE INSTRUCCIONES

61664-12
PRESION DE DISEÑO DE TANQUE Y ACCESORIOS
POSITIVA: 103 kPa
NEGATIVA: VACIO COMPLETO
PRESION DE OPERACION DEL SISTEMA DE PRESERVACION DEL ACEITE: "P ATMOSFERICA"
LIBRE DE BPC

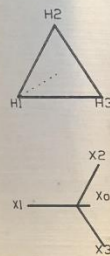
TOTAL: 32475

NUCLEO: ACERO AL SILICIO GRANO ORIENTADO.

DATOS DE IMPEDANCIAS Y PERDIDAS MEDIDAS @ 75 °C, 60 Hz

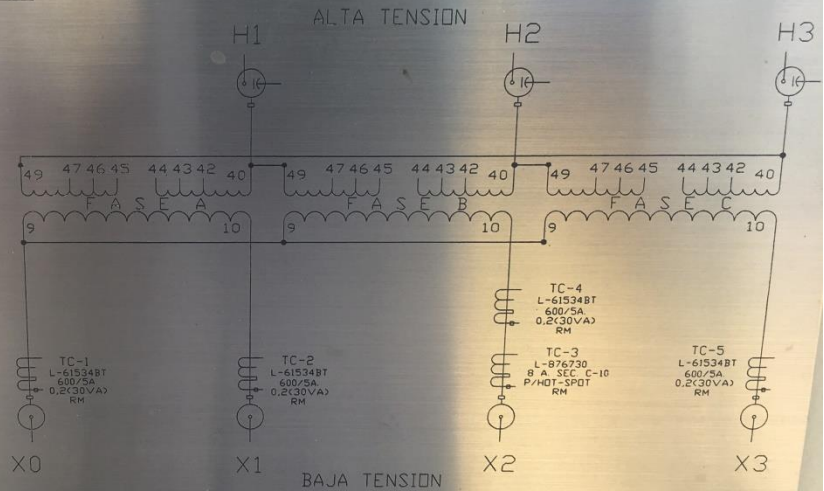
IMPEDANCIA PROBADA			PERDIDAS MEDIDAS EN kW				IMPEDANCIA EN POSICIONES EXTREMAS	
%Z H-X	kVA BASE	kV BASE	P _{Fe}	P _{Cu}	P _{enf}	P _{TOTAL}	%Z	POSICIONES
8,93	7 500	115/13,8	7,601	25,210	N.A.	32,812	8,95	A 7 500 kVA, Y 117 875-13 800 V
11,12	9 375	115/13,8	7,601	39,578	0,189	47,368	9,15	A 7 500 kVA, Y 106 375-13 800 V

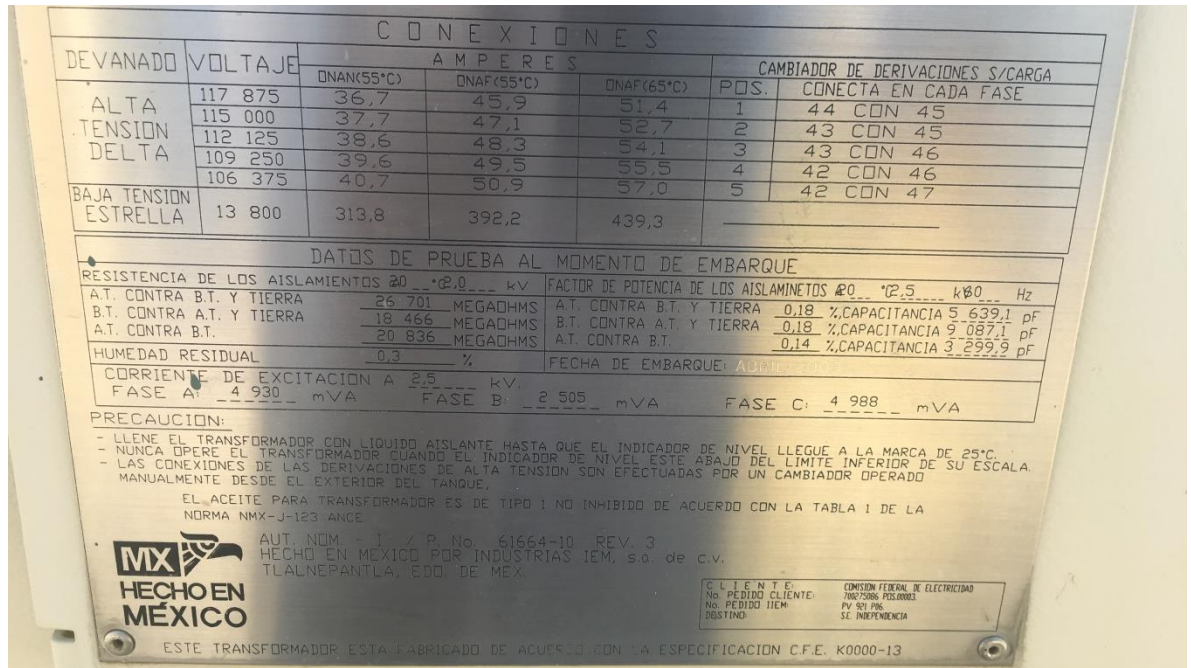
DIAGRAMA VECTORIAL



DESPLAZAMIENTO ANGULAR
H - 30° - X

DIAGRAMA DE CONEXIONES





Se organiza los datos en la siguiente tabla:

IPD T2	
MVA	7.5
MVA F1	9.375
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2

TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	115
Z%	8.93

Tabla 3.2.17

Se inician los cálculos de corto circuito del IPD T2 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{8.93}{100} = 0.0893 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0893 \left(\frac{115}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{7.5} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.1906667 \text{ p.u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.1906667}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 422.15 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.1906667}$$

$$I_{cc} = 3517.91 \text{ A}$$

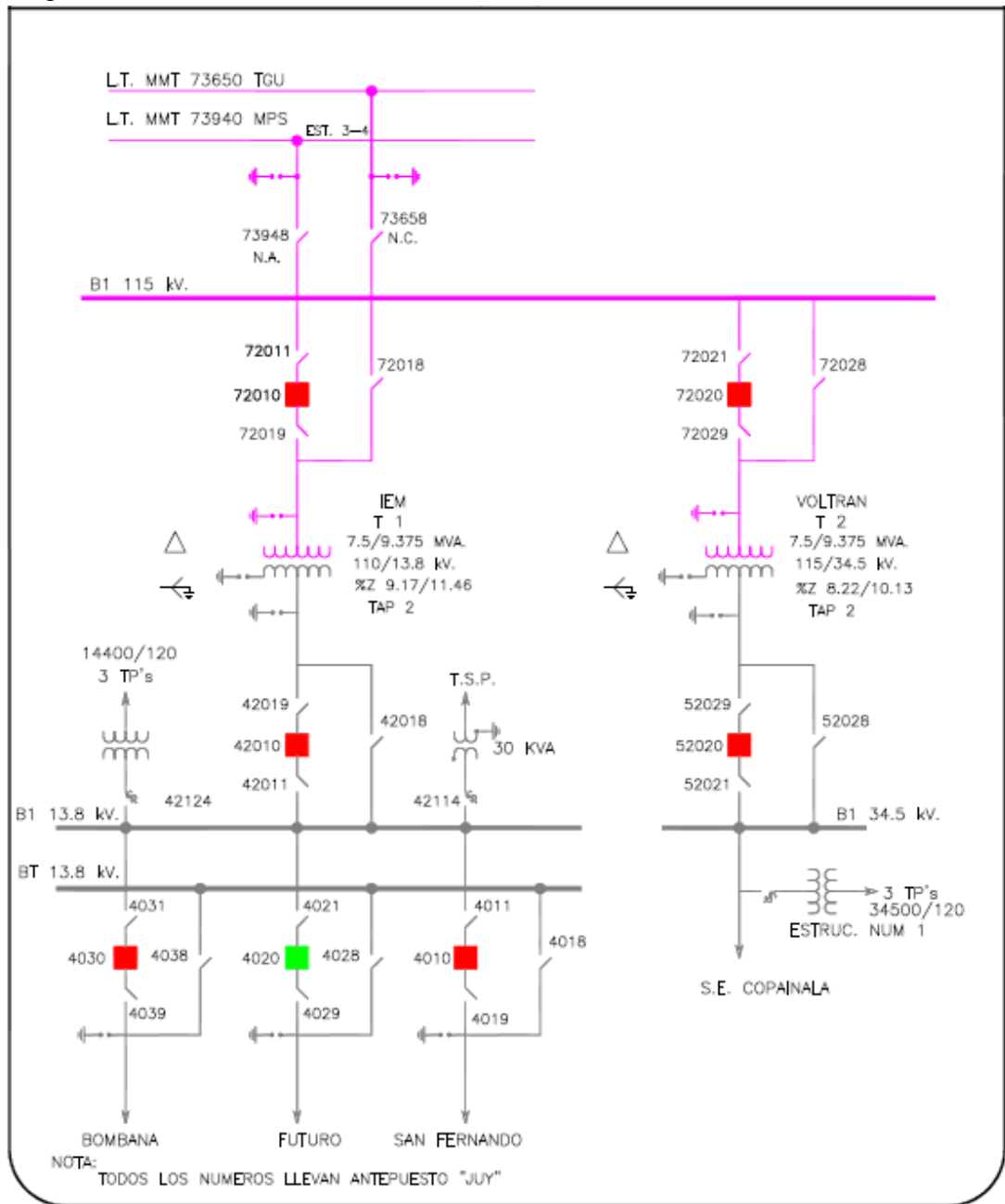
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	422.15 A
13.8	3517.91 A

Tabla 3.2.18

7. S.E Juy Juy (JUY)

La S.E JUY contiene dos transformadores de potencia. A continuación se mostrara el diagrama unifilar de la subestación.



▪ JUY T1

Se mostraran la placa de datos y el tap de operación.



TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE

CLASE DA/FA
EN ACEITE
TIPO COLUMNAS
AÑO DE FABRICACION

DEVANADO	VOLTS	CAPACIDAD EN KVA	
		DA	FA
A.T.	110000	7500	9375
B.T.	13800	500	9375

ELEVACION DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS 55°C A 1000 M.S.N.M.

PED. CLIENTE 055-0450	XZ EN BASE	110-13.8 KV.	FRECUENCIA
AND PARTIDA 50	75 MVA		60 Hz.
PED. SEM 00555 PARTIDA 55	9375 KVA		
INSTRUCTIVO 00555	GRUPO 05-1055 (PED. L-9375) DE LTS. ACEITE		

DIAGRAMAS DE ALAMBRE 300000 A 6005000
NIVEL DE IMPULSO EN LA COMPRESA AT 550 KV. BT 110 KV.
PESOS APROXIMADOS EN KILOGRAMOS
YUGOS Y PERNAS 12149

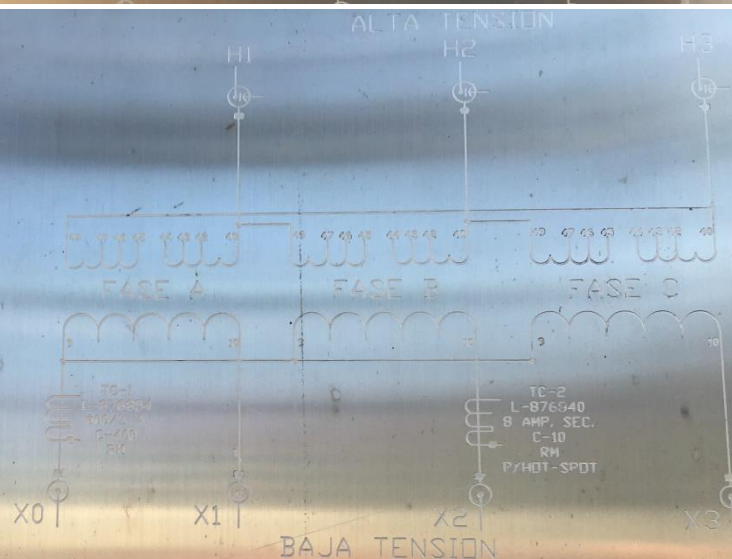
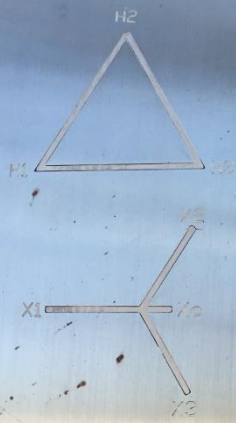
TANQUE Y ACCESORIOS. **3822** PESO DE **1851** PESO **30281**
EMBARQUE TOTAL

DIAGRAMA VECTORIAL

DIAGRAMA DE CONEXIONES

ALTA TENSION

H1 H2 H3



CONEXIONES

DEVANADO	VOLTS	AMPERES		CAMBIADOR DESEMERGIZADO	
		DA	FA	POS.	CONECTA
ALTA TENSION DELTA	115500	37.49	46.86	1	44 CON 45
	112750	38.40	48.00	2	43 CON 45
	110000	39.36	49.20	3	43 CON 46
	107250	40.37	50.47	4	42 CON 46
	104500	41.44	51.80	5	42 CON 47
BAJA TENSION ESTRELLA	13800	313.78	392.22		



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

JUY T1	
MVA	7.5
MVA F1	9.375
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.75
Z%	9.17

Tabla 3.2.19

Se inician los cálculos de corto circuito del JUY T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{9.17}{100} = 0.0917 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0917 \left(\frac{112.75}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{7.5} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.1987449 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.1987449}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 419.30 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.1987449}$$

$$I_{cc} = 3494.20 A$$

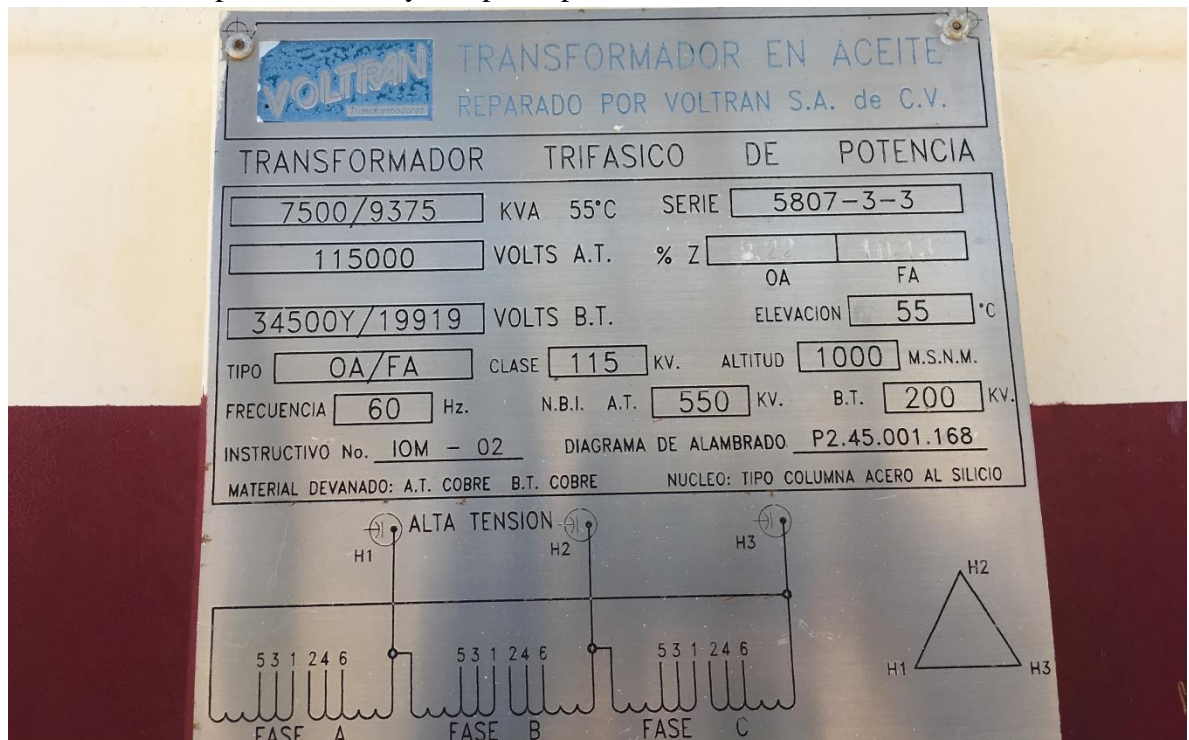
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

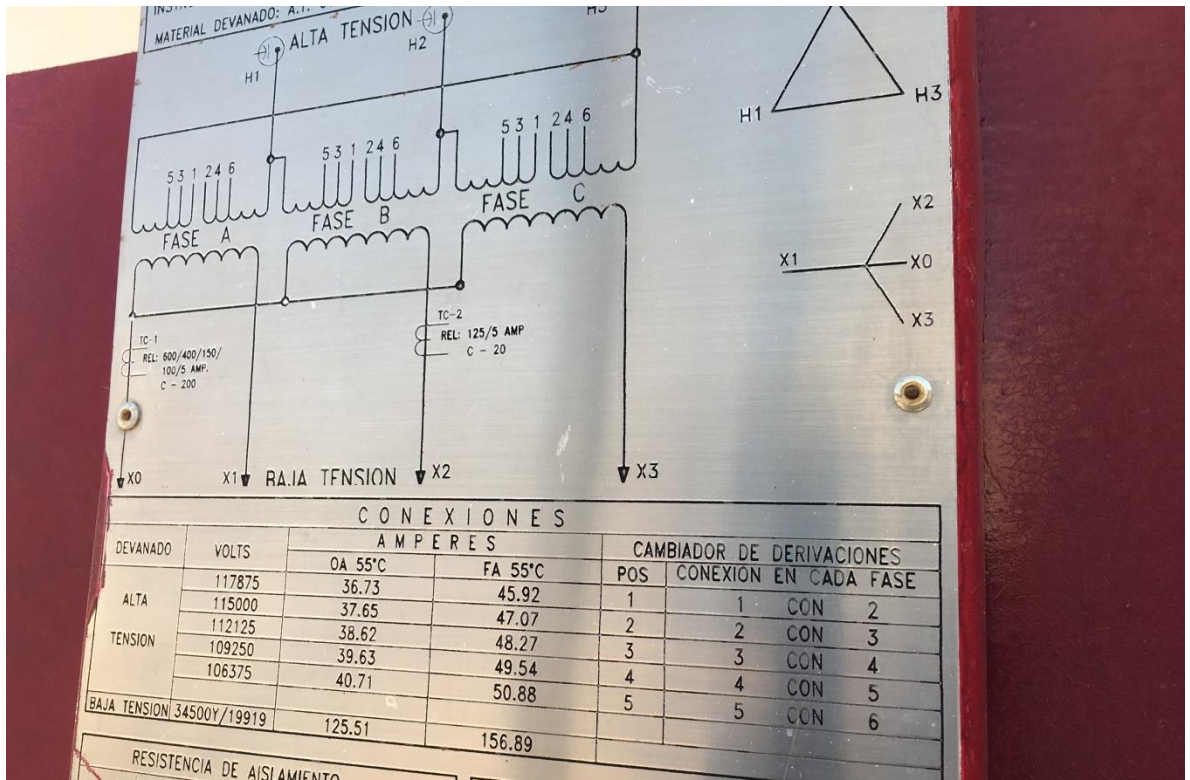
kV	I _{cc}
115	419.30 A
13.8	3494.20 A

Tabla 3.2.20

▪ JUY T2

Se mostraran la placa de datos y el tap de operación.







Se organiza los datos en la siguiente tabla:

JUY T2	
MVA	7.5
MVA F1	9.375
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	34.5
TAP DE OPERACIÓN	4
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	109.25
Z%	8.22

Tabla 3.2.21

Se inician los cálculos de corto circuito del JUY T2 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{8.22}{100} = 0.0822 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 34.5 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0822 \left(\frac{109.25}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{7.5} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.0412 \text{ p.u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.0412}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 482.75 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 34.5 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 34.5 \times 1.0412}$$

$$I_{cc} = 1609.17 \text{ A}$$

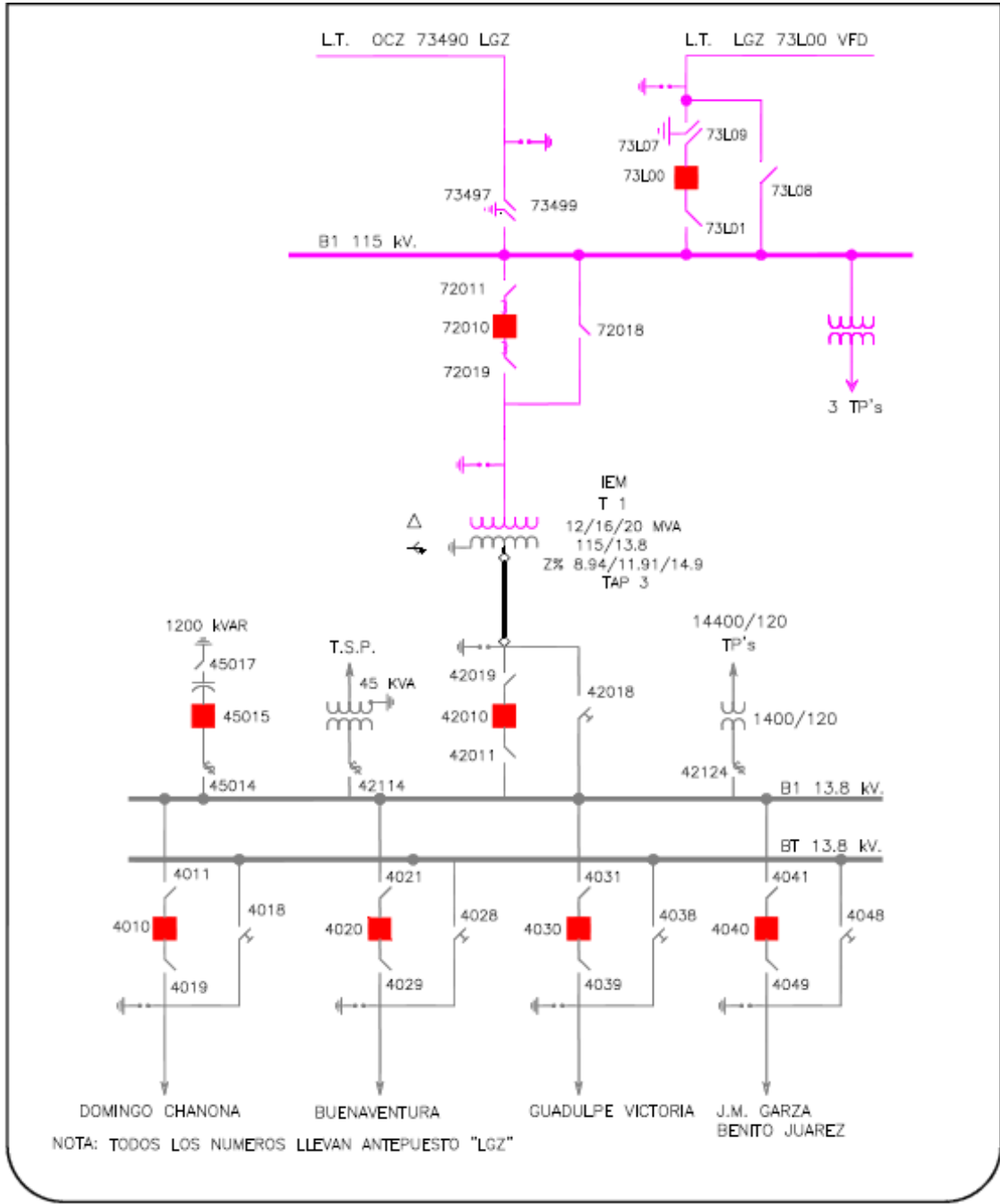
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	482.75 A
34.5	1609.17 A

Tabla 3.2.22

8. S.E La Garza (LGZ)

La S.E LGZ solo cuenta con un transformador de potencia. A continuación se mostraran el diagrama unifilar, la placa de datos y el tap de operación.



ITEM TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE AISLANTE

TIPO COLUMBIA CLASE ONAN/ONAF/ONAF MES Y AÑO DE FABRICACION: OCTUBRE 2011

CLIENTE: CFE ZONA DE DISTRIBUCION SURESTE

DEVANADO	CONEXIONES	TENSION EN VOLTS	CAPACIDAD EN KVA			
			ONAN (55°C)	ONAF (55°C)	ONAF (55°C)	ONAF (55°C)
ALTA TENSION	DELTA	115 000	12 000	16 000	20 000	22 400
BAJA TENSION	ESTRELLA	13 800	12 000	16 000	20 000	22 400

55/65°C ELEVACION DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS A PLENA CARGA CONTINUA A 1000m s. n. m.

	NIVELES BASICOS DE IMPULSO	
	TRANSFORMADOR	BOQUILLAS
A.T.	550 kV	550 kV
B.T.	110 kV	150 kV
NEUTRO	110 kV	150 kV

MASA APROXIMADA EN kg.

DEVANADO DE A.T. POR FASE:	1 470
DEVANADO DE B.T. POR FASE:	1 060
NUCLEO:	10 590
HERRAJES Y CAMBIADOR SIN CARGA:	2 100
AISLAMIENTOS:	1 890
PARTE ACTIVA:	22 170
TANQUE Y ACCESORIOS:	11 429
ACEITE:	12 633
PIEZA MAS PESADA:	29 508
TOTAL:	46 232

CONTENIDO DE ACEITE EN L A 25 °C:

TANQUE:	12 864
RADIADORES:	686
TANQUE CONSERVADOR:	550
REQUERIDO PARA CUBRIR DEVANADOS:	11 737
TOTAL:	14 100

TIPO DE MATERIAL:

DEVANADO B.T.: COBRE.
DEVANADO A.T.: COBRE.

NUCLEO: ACERO AL SILICIO GRANO ORIENTADO.

IMPEDANCIA EN POSICIONES EXTREMAS

HZ	A 12 000 KVA Y 127,875-138 KV
HZ	A 12 000 KVA Y 106,519-138 KV

LIBRO DE INSTRUCCIONES: 61754 12

PRECISION DE DISEÑO DE TANQUE Y ACCESORIOS: 103 MPa

POSITIVA: VACIO COMPLETO

NEGATIVA: VACIO COMPLETO

PRECISION DE OPERACION DEL SISTEMA DE PRESERVACION DEL ACEITE: "ATMOSFERICA"

LIBRE DE IPC

RELACION: 1200/5, 1000/5, 800/5, 600/5, 400/5, 200/5

PLACA No.

FASE A FASE B FASE C

DESPLAZAMIENTO ANGULAR H = 30° - X

TC-1 L-61754X0 1200/5A 0.2(30VA) RW
TC-2 L-61754LV 1200/5A 0.2(30VA) RW
TC-3 L-61754LV 1200/5A 0.2(30VA) RW
TC-4 L-61754LV 1200/5A 0.2(30VA) RW
TC-5 L-61754LV 1200/5A 0.2(30VA) RW

BAJA TENSION X0 X1 X2 X3

DEVANADO	VOLTAJE	AMPERES			CAMBIADOR DE DERIVACIONES S/CARGA CONECTA EN CADA FASE	
		ONAN	ONAF(55°C)	ONAF(65°C)	POS.	
ALTA TENSION DELTA	117 875	58,8	78,4	98,0	1	44 CON 45
	115 000	60,2	80,3	100,4	2	43 CON 46
	112 125	61,8	82,4	103,0	3	43 CON 46
	109 250	63,4	84,6	105,7	4	42 CON 46
	106 519	65,0	86,7	108,4	5	42 CON 47
BAJA TENSION ESTRELLA	13 800	502,0	669,4	836,7	937,2	

DATOS DE PRUEBA AL MOMENTO DE EMBARQUE

RESISTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS A °C: A.T. CONTRA B.T. Y TIERRA, B.T. CONTRA A.T. Y TIERRA, A.T. CONTRA B.T.

HUMEDAD RESIDUAL: FASE A: mVA, FASE B: mVA, FASE C: mVA

CORRIENTE DE EXCITACION A: mVA, B: mVA, C: mVA

PRECAUCION: LLENE EL TRANSFORMADOR CON LIQUIDO AISLANTE HASTA QUE EL INDICADOR DE NIVEL LLEGUE A LA MARCA DE 25°C. NUNCA OPERE EL TRANSFORMADOR CUANDO EL INDICADOR DE NIVEL ESTE ABAJO DEL LIMITE INFERIOR DE SU ESCALA. LAS CONEXIONES DE LAS DERIVACIONES DE ALTA TENSION SON EFECTUADAS POR UN CAMBIADOR OPERADO MANUALMENTE DESDE EL EXTERIOR DEL TANQUE. NUNCA LO OPERE ESTANDO EL TRANSFORMADOR ENERGIZADO.

CLIENTE: CFE ZONA DE DISTRIBUCION SURESTE
PROYECTO: PV 2633 PI-P4
FECHA DE DISEÑO: 08/04/11
FECHA DE EMBARQUE: 08/04/11

INDUSTRIAS IEM, S.A. DE C.V. LA ESPECIFICACION C.F.E. K0000-13 DEL 2006



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

LGZ T1	
MVA	12
MVA F1	16
MVA F2	20
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	8.94

Tabla 3.2.23

Se inician los cálculos de corto circuito del LGZ T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{8.94}{100} = 0.0894 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0894 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{12} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.726375 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.726375}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 691.98 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.726375}$$

$$I_{cc} = 5766.52 A$$

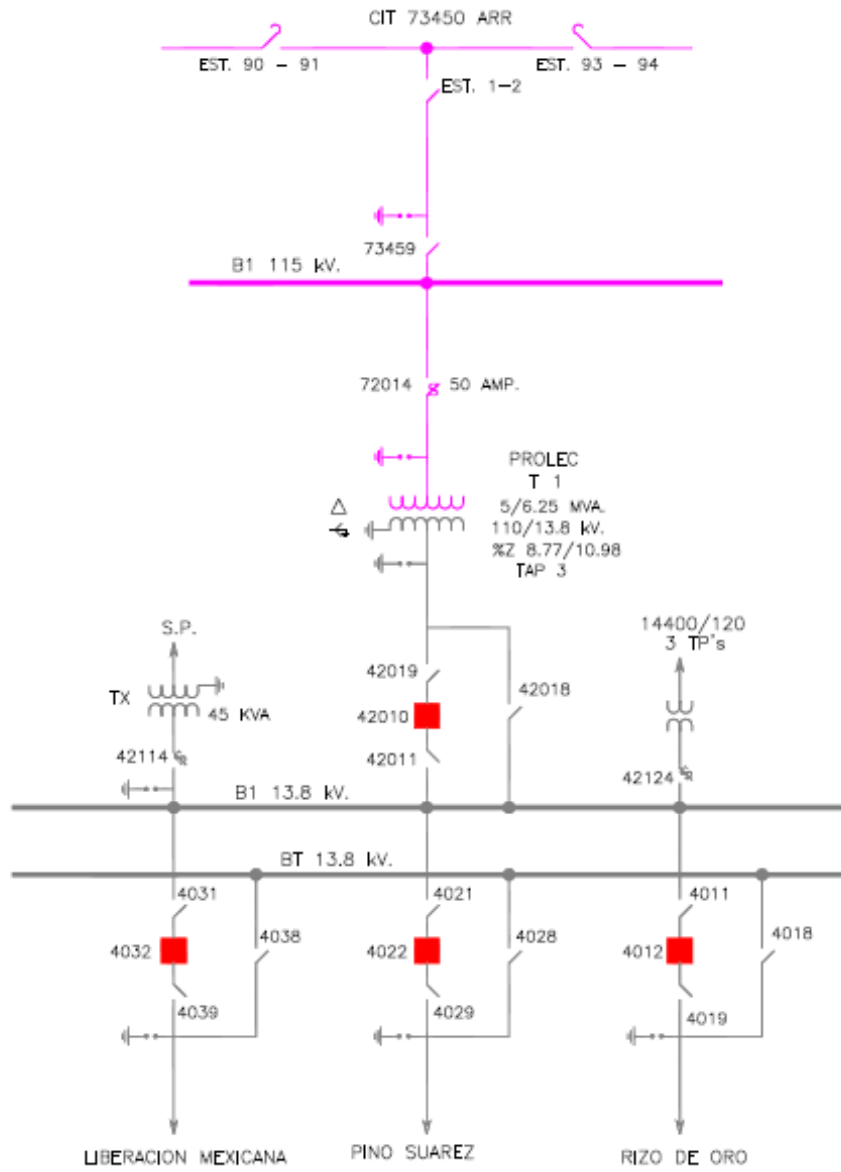
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	691.98 A
13.8	5766.52 A

Tabla 3.2.22

9. S.E. Liberación mexicana (LMX)

La subestación LMX igual que la anterior, solo cuenta con un transformador de potencia. A continuación se mostrará el diagrama unifilar, la placa de datos y el tap de operación correspondiente al transformador.



PROLEC

TRANSFORMADOR EN ACEITE CLASE OA/FA

SERIE No. PI-47-01 INSTRUCTIVO No. PI4701

FASES 3 60 HZ. FORMA DEL NUCLEO COLUMNA

K V A		
OA	FA	'C
5000	6250	55

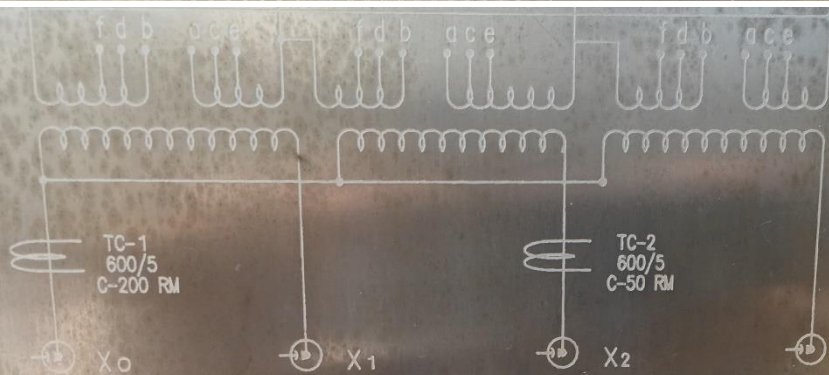
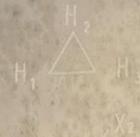
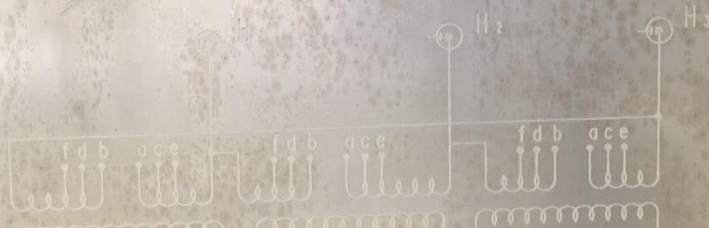
TENSIONES EN VOLTS	
110000	Δ - 13800/7967

NIVELES BASICOS DE IMPULSO
KV DE ONDA COMPLETA

A T = 550	
B T = 110	X ₀ = 110

Z	a 75 °C	
	KVA BASE	KV BASE
77	5000	110
98	6250	110

ELEVACION DE TEMPERATURA A PLENA CARGA
CONTINUA A 1000 M.S.N.M. 55°C
AÑO DE FABRICACION 1991



DEVANADO	VOLTS	CONEXIONES		CAMBIAADOR DE DERIVACIONES	
		AMPERES		POS.	CONECTA EN CADA FASE
		OA	FA		
ALTA TENSION Δ	115500	25.0	31.2	1	a con b
	112750	23.6	32.0	2	b con c
	110000	22.2	32.8	3	c con d
	107250	20.8	33.6	4	d con e
	104500	19.4	34.5	5	e con f
BAJA TENSION /	13800/7967	209	261		

PESOS APROXIMADOS: NUCLEO Y BOBINAS 15272 KG TANQUE Y ACCESORIOS 13680 KG
ACEITE 7900 KG TOTAL 26000 KG
LTS. CONT. ACEITE: TANQUE 7830 RADIAADORES 470

PRECAUCION

CONECTAR EL TRANSFORMADOR CON ACEITE AISLANTE HASTA QUE EL INDICADOR DE NIVEL MUESTRE UN NIVEL DE ACEITE ADECUADO A 25°C.

Se organiza los datos en la siguiente tabla:

LMX T1	
MVA	5
MVA F1	6.25
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	110
Z%	8.77

Tabla 3.2.23

Se inician los cálculos de corto circuito del LMX T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{8.77}{100} = 0.0877 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0877 \left(\frac{110}{115}\right)^2 \left(\frac{100}{5}\right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.677739 \text{ p.u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.677739}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 299.59 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.677739}$$

$$I_{cc} = 2496.61 \text{ A}$$

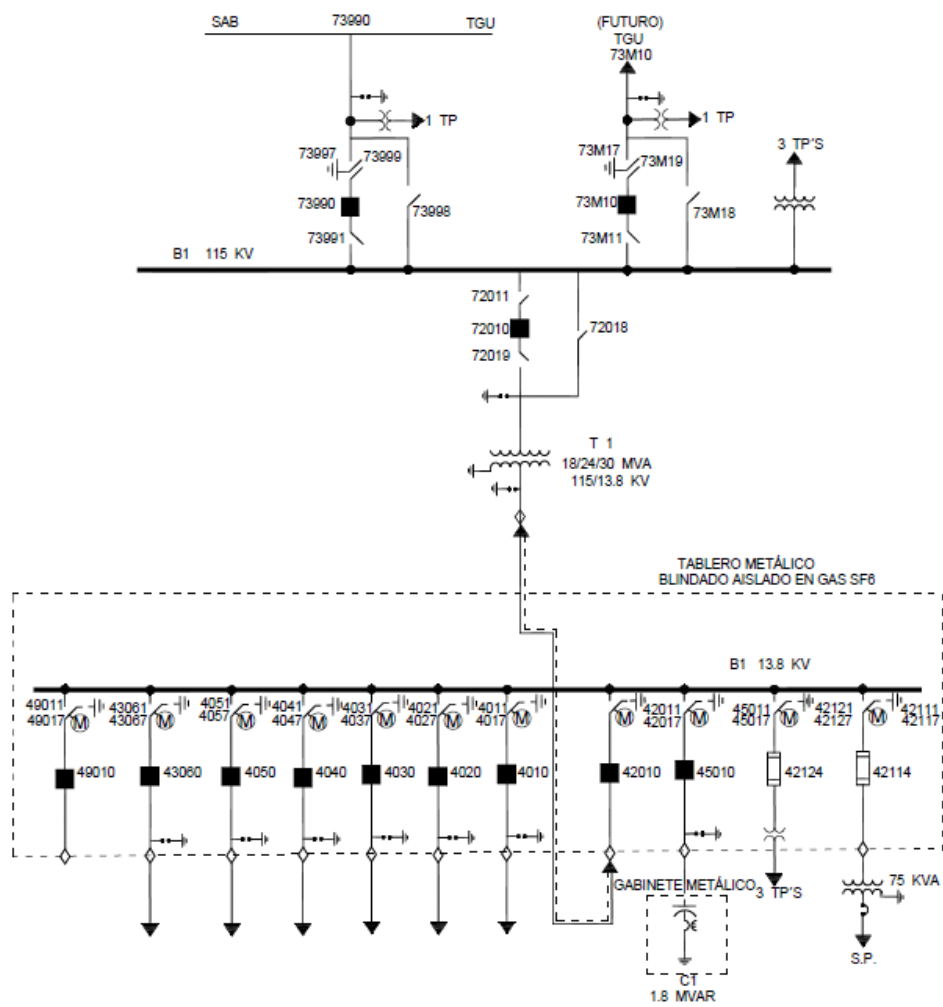
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	691.98 A
13.8	5766.52 A

Tabla 3.2.24

10. S.E Mactumatza (MAA)

La subestación cuenta con un transformador de potencia. Se mostrara el diagrama unifilar, la placa de datos y el tap de operación del transformador.



VOLTRAN
WEG Group

VOLTRAN, S.A. D
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE POTENCIA INMERS

NUMERO DE SERIE **1020009896** TIPO **12988007** NORMA **IEEE-K0000-13** TIPO NUCLEO **COLUMNA** FR

VOLTAJE NOMINAL (V)		115 000 - 13 800Y/7 967
kVA NOMINAL	18000 CONTINUOS @ 55 °C ONAN	
kVA NOMINAL	24000 CONTINUOS @ 55 °C ONAF	
kVA NOMINAL	30000 CONTINUOS @ 55 °C ONAF	
kVA NOMINAL	33600 CONTINUOS @ 65 °C ONAF	

PEDIDO CLIENTE:	4117
No. DE PARTIDA:	
REPORTE DE PRUEBAS:	
LIQUIDO AISLANTE:	
NIVEL:	
DEVANADOS:	H1,H2,H3
BOQUILLAS:	550

ALTA TENSION		BOQUILLAS H1-H2-H3						
POS	CONEXION	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)					
			18000 kVA	24000 kVA	30000 kVA	20160 kVA	28880 kVA	33600 kVA
1	a b	117 875	88	118	147	99	132	165
2	b c	115 000	90	120	151	101	135	169
3	c d	112 125	93	124	154	104	138	173
4	d e	109 250	95	127	159	107	142	177
5	e f	106 375	98	130	163	109	146	182

BAJA TENSION		BOQUILLAS X0-X1-X2-X3					
VOLTAJE (V)		CORRIENTE (A)					
		18000 kVA	24000 kVA	30000 kVA	20160 kVA	28880 kVA	33600 kVA
13 800 Y / 7 967		753	1004	1255	843	1125	1407

TABLA DE MASA EN KILOGRAMOS Y TIPO DE MATERIAL	
TIPO DE MATERIAL Y MASA DEL DEVANADO ALTA	COBRE / 1,7
TIPO DE MATERIAL Y MASA DEL DEVANADO BAJA	COBRE / 2,7
MASA TOTAL DE LOS DEVANADOS	4,495
TIPO DE MATERIAL Y MASA DEL NUCLEO	27ZDKH / 11,4
MASA DE LOS HERRAJES + CAMBIADOR	3,302
MASA DE LOS AISLAMIENTOS E IMPREGNACION	1,792
MASA DE PARTE ACTIVA	21,000
MASA DEL TANQUE + ACCESORIOS	11,274
MASA DEL LIQUIDO AISLANTE TOTAL	11,570
MASA DE LA PARTE MAS PESADA DEL TANQUE	11,570

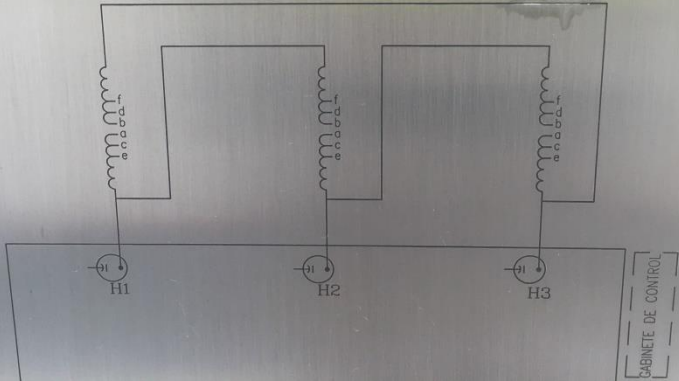
OR	3,302	kg
EGNACION	1,792	kg
	21,000	kg
	11,274	kg
	11,570	kg
QUE PUDIERA	29,080	kg
MENTE		
CONTENIDO DE ACEITE EN LITROS	11,531	L
	740	L
	729	L
PARA CUBRIR LOS DEVANADOS	7,400	L
	13,000	L
STENCIA DE AISLAMIENTOS @ 20 °C 5.0 KV		M Ω
IA	2650	M Ω
RA	1922	M Ω
	4483	M Ω

A.I. CONTRA B.T.	0,230
HUMEDAD RESIDUAL	0,22 %
FECHA DE EMBARQUE	07 / 2015

IMPEDANCIA SEC. (0) MEDIDA EN LAS POSICION NOMINAL DEL CAMBIADOR DE DERIVACIONES.				
% HX POSICION	VOLTS	% @ 18000 KVA	% @ 24000 KVA	% @ 30000 KVA
NOMINAL	115000	9,028	12,037	15,047

IMPEDANCIA SEC. (+) MEDIDA EN LAS POSICIONES NOMINAL Y EXTREMAS DEL CAMBIADOR DE DERIVACIONES.				
% HX POSICION	VOLTS	% @ 18000 KVA	% @ 24000 KVA	% @ 30000 KVA
MAXIMA	117875	8,833	11,762	14,686
NOMINAL	115000	8,853	11,795	14,728
MINIMA	106375	9,156	12,197	15,230

KVA BASE	KV BASE	PÉRDIDAS MEDIDAS EN KW			
		Vacío	En cobre	Enfriamiento	Totales
18000	115	15,862	41,576	---	57,438
24000		15,862	74,011	0,320	90,193
30000		15,862	111,717	0,875	128,454



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

MAA T1	
MVA	18
MVA F1	24
MVA F2	30
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	8.853

Tabla 3.2.25

Se inician los cálculos de corto circuito del MAA T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{8.853}{100} = 0.08853 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.08853 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{18} \right)$$

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.4795375 \text{ p. u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.4795375}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1048.17 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.4795375}$$

$$I_{cc} = 8734.79 \text{ A}$$

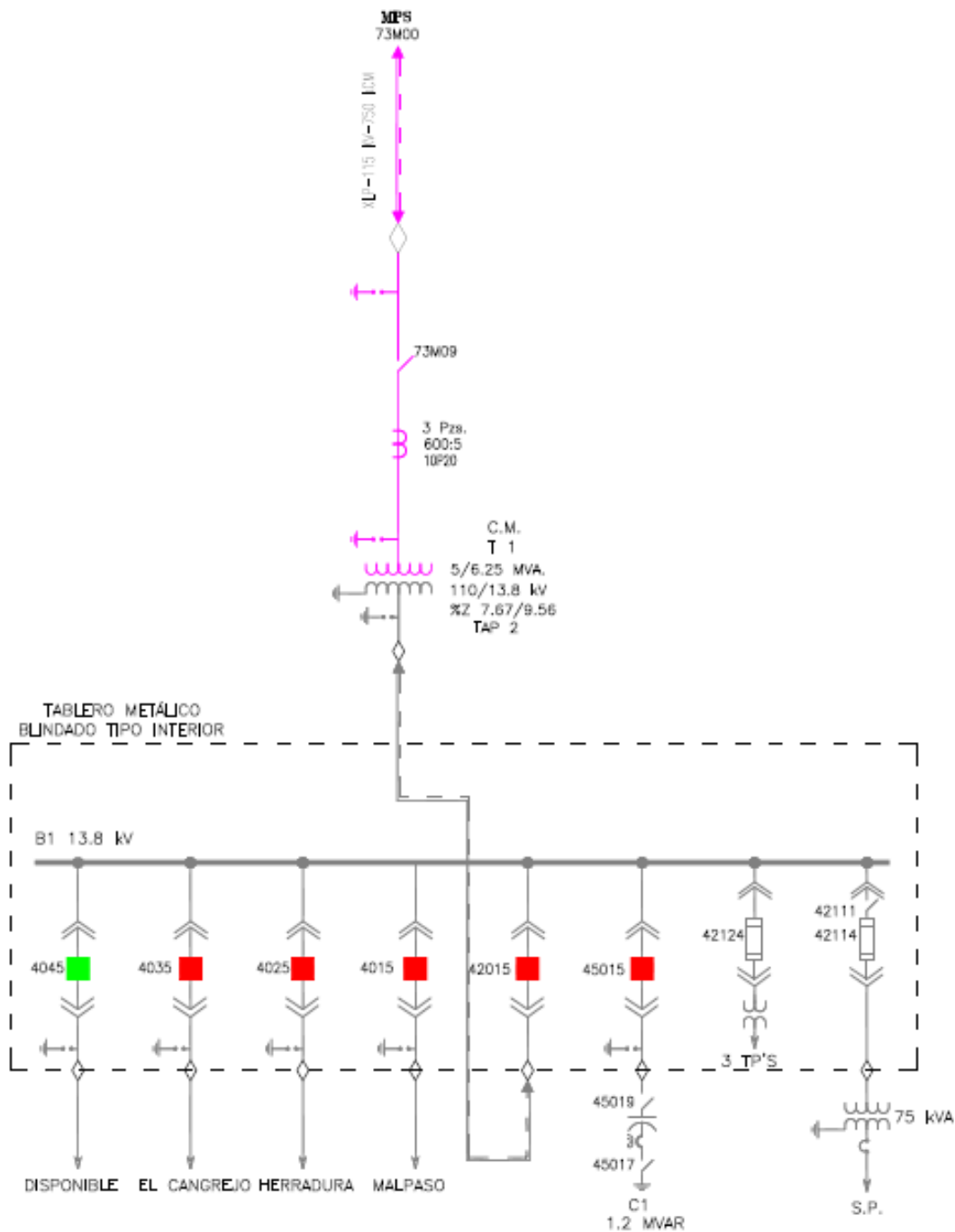
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	1048.17 A
13.8	8734.79 A

Tabla 3.2.26

11. S.E Malpaso Tres (MPE)

La subestación MPE contiene solo un transformador de potencia. A continuación se mostrara el diagrama unifilar, la placa de datos y el tap de operación.



V PROMEDIO A 25 °C

ORDEN F961 0100

PRODUCTOS INDUSTRIALES S.A.

TRANSFORMADOR EN ACEITE CLASE OA/FA

SERIE N° F-961-01-00 INSTRUCTIVO N. F96101

FASES 3 60 Hz. FORMA NUCLEO 140/500/1000

1	KVA	55 °C
OA	FA	
5 000	6 250	

PRIMARIO	110 KV
SECUNDARIO	13.8 KV

NIVELES BASICOS DE IMPULSO
KV DE ONDA COMPLETA

A.T. 550 X₀ 110

B.T. 110

ELEVACION DE TEMPERATURA A PLENA CARGA 55 °C

CONTINUA A 1100

Diagrama de conexiones con bobinas y terminales H₁, H₂, H₃, H₄, H₅, H₆, H₇, H₈, H₉, H₁₀, H₁₁, H₁₂, H₁₃, H₁₄, H₁₅, H₁₆, H₁₇, H₁₈, H₁₉, H₂₀, H₂₁, H₂₂, H₂₃, H₂₄, H₂₅, H₂₆, H₂₇, H₂₈, H₂₉, H₃₀, H₃₁, H₃₂, H₃₃, H₃₄, H₃₅, H₃₆, H₃₇, H₃₈, H₃₉, H₄₀, H₄₁, H₄₂, H₄₃, H₄₄, H₄₅, H₄₆, H₄₇, H₄₈, H₄₉, H₅₀, H₅₁, H₅₂, H₅₃, H₅₄, H₅₅, H₅₆, H₅₇, H₅₈, H₅₉, H₆₀, H₆₁, H₆₂, H₆₃, H₆₄, H₆₅, H₆₆, H₆₇, H₆₈, H₆₉, H₇₀, H₇₁, H₇₂, H₇₃, H₇₄, H₇₅, H₇₆, H₇₇, H₇₈, H₇₉, H₈₀, H₈₁, H₈₂, H₈₃, H₈₄, H₈₅, H₈₆, H₈₇, H₈₈, H₈₉, H₉₀, H₉₁, H₉₂, H₉₃, H₉₄, H₉₅, H₉₆, H₉₇, H₉₈, H₉₉, H₁₀₀.

CONEXIONES

DEVANADO	VOLTS	AMPERES		CAMBIADOR DE DERIVACIONES	
		OA	FA	POS.	CONECTA EN CADA BASE
ALTA TENSION	115 500	24.9	31.2	1	a con b
	112 750	25.6	32.00	2	b con c
	110 000	26.24	32.8	3	c con d
	107 250	26.92	33.65	4	d con e
	104 500	27.62	34.53	5	e con f
BAJA TENSION	13 800	209.2	261.9		

PESOS APROXIMADOS: NUCLEO Y BOBINAS 14 077 KG. TANQUE Y ACCESORIOS 9020 KG. ACEITE 12 421 KG. TOTAL 35 518 KG. RADIADORES 493 KG. CONSERVADOR TOTAL 13 802 KG.

LTS. CONT. ACEITE: TANQUE 13 309

PRECAUCION:

- EL NIVEL DE ACEITE BAJO LA SUPERFICIE SUPERIOR DE LA BRIDA DE REGISTRO MUEBRE DEBE LLEGAR A LA MARCA DE 25 °C.
- LLENE EL TRANSFORMADOR CON ACEITE AISLANTE HASTA QUE EL INDICADOR DEL NIVEL LLEGUE A LA MARCA DE 25 °C.
- EL NIVEL DE ACEITE CAMBIA CAMBIO POR 10 °C DE CAMBIO DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE.
- NUNCA OPERE EL TRANSFORMADOR CUANDO EL INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE ESTE ABAJO DEL LIMITE INFERIOR DE SU ESCALA.
- LAS CONEXIONES DE ALTA TENSION SON HECHAS POR UN CAMBIADOR OPERANDO DESDE EL EXTERIOR DEL TANQUE.
- EL TRANSFORMADOR DEBE ESTAR DESCONECTADO DE LA LINEA AL CAMBIAR DERIVACION.
- PRESION DE OPERACION DEL SIST. DE PRESERVACION DE ACEITE 0.58 KG/CM² POSITIVOS. 0.035 KG/CM² POSITIVOS. 0.05 KG/CM² NEGATIVOS.

AUTORIZACION NOM-I-10554



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

MPE T1	
MVA	5
MVA F1	6.25
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	2
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.75
Z%	7.67

Tabla 3.2.27

Se inician los cálculos de corto circuito del MPE T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{7.67}{100} = 0.0767 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0767 \left(\frac{112.75}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{5} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.503987 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.503987}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 334.20 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.503987}$$

$$I_{cc} = 2785.04 A$$

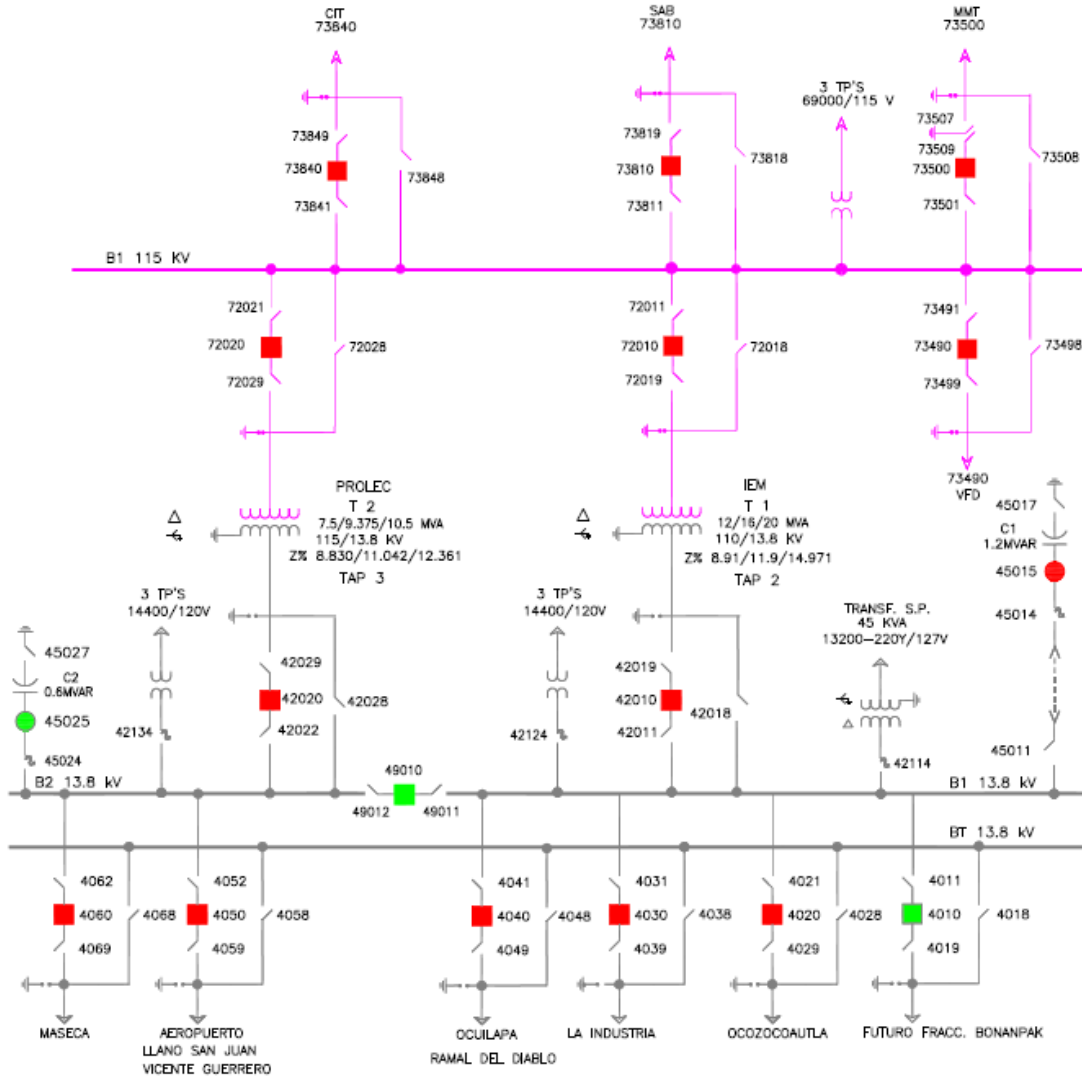
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	334.20 A
13.8	2785.04 A

Tabla 3.2.28

12. S.E Ocozocoautla (OCZ)

La subestación OCZ cuenta con dos transformadores de potencia. A continuación se mostrara el diagrama unifilar de la subestación.



▪ **OCZ T1**

Se mostraran la placa de datos y el tap de operación.



SERIE: 26-0468 ESPEC.L-6044332 LTS. LIQUIDO 0225

LIBRO DE INSTRUCCIONES: 6044312 DIAGRAMA DE ALAMBRADO: 6044302
 NIVEL DE IMPULSO ONDA COMPLETA: ALTA TENSION 550 KV, BAJA TENSION 110 KV

RESOS APROX. 15876 TANQUE 844 LIQUIDO 9240 TOTAL 9956

FASE A FASE B FASE C

TC40002 H15 1200/5A C-400 TC40002 H24 P/HOT SPOT C-10

BAJA TENSION

C O N E X I O N E S							
DEVANADO	VOLTS	AMPERES			CAMBIADOR DE CONEXIONES		
		OA	FA1	FA2	POS.	CONEC. EN CADA FASE	
ALTA TENSION EN DELTA	115500	89.9	79.9	98.9	1	36	CON 45
	112750	61.4	61.9	102.6	2	43	CON 45
	110000	62.0	63.9	106.9	3	43	CON 46
	107250	66.6	66.1	107.6	4	52	CON 46
	104500	66.3	66.6	110.5	5	52	CON 47
BAJA TENSION EN ESTRELLA	13800	502.0	660.6	686.7			

LUBRICA EL TRANSFORMADOR CON "LIQUIDO AISLANTE" HASTA QUE EL INDICADOR DE NIVEL LLEGUE A LA MARCA DE NIVEL.
 NUNCA OPERE EL TRANSFORMADOR CUANDO EL INDICADOR ESTE ACUADO DEL LIMITE INFERIOR DE SU ESCALA.
 LAS CONEXIONES DE LAS DERIVACIONES DE ALTA TENSION SON MEDIDAS POR UN CAMBIADOR OPERADO DESDE EL EXTERIOR DEL TANQUE.
 EL TRANSFORMADOR DEBE ESTAR DESCONECTADO DE LA LINEA AL CAMBIAR DERIVACION.
 EL VOLUMEN DE ACEITE EN EL TANQUE CONSERVADOR ES APROX. 10% DEL CONTENIDO EN EL TANQUE PRINCIPAL.
 EL TANQUE ESTA DISEÑADO PARA RESISTIR VACIO COMPLETO Y UNA PRESION DE 4 KG. / CM².



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

OCZ T1	
MVA	12
MVA F1	16
MVA F2	20
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	2
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.75
Z%	8.91

Tabla 3.2.29

Se inician los cálculos de corto circuito del OCZ T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{8.91}{100} = 0.0891 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.0891 \left(\frac{112.75}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{12} \right)$$

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.7279728 \text{ p. u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.7279728}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 690.46 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.7279728}$$

$$I_{cc} = 5753.86 \text{ A}$$

En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	690.46 A
13.8	5753.86 A

Tabla 3.2.30

▪ **OCZ T2**

En el transformador OCZ T2 no se encuentra evidencia fotográfica del tap de operación, pero gracias a la información del Departamento de Subestaciones, se sabe cuál era la tensión de operación, entonces se toma este como la tensión de operación para el estudio de corto circuito correspondiente. Se mostrará solamente evidencia de la placa de datos.

PROLEC

http://www.prolecge.com

TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE

No. SERIE G1015-01, 60 Hz, 1000m s.n.m. 115000-13800Y/7965 ELEVACION DE TEMPERATURA 55/65°C

IMPEDANCIA PROBADA				PERDIDAS MEDIAS EN kW EN POS. NOMINAL				MASA (KILOGRAMOS)	
% Z	kVA BASE	kV BASE	TEMP.°C	P _{Fe}	P _{Cu}	P _{ent}	P _{Total}	DEVANADO DE B.T. POR FASE	488
8.830	7500 OA	115-13.8	75	7.150	23.943	0.922	21.092	DEVANADO DE A.T. POR FASE	750
11.042	9375 FA1		75		37.402		45.174	BOBINAS	3714
12.361	10500 FA1		85		47.894		55.659	NUCLEO (23ZDKH90)	7248
								HERRAJES + CAMBIADOR SIN CARGA	1167
								GUIAS Y BARRAS	58
								AISLAMIENTOS	1172
								NUCLEO+HERRAJES+AISLAMIENTOS	9645
								PARTE ACTIVA	13159
								TANQUE + ACCESORIOS	7112
								ACEITE	1140
								TOTAL	11719
								PEZA MAS PESADA PARA DESENTANQUE	11719

IMPEDANCIA MEDIDA @ 75°C EN LAS POSICIONES EXTREMAS DEL CAMBIADOR DE DERIVACIONES				VALOR MEDIDO RESISTENCIA DE AISLAMIENTO @ 20°C	
% Z	POS.	kV BASE	kVA BASE	A.T. CONTRA B.T. Y TIERRA	MΩ
8.888	1	117.875	7500	7000	MΩ
8.899	5	106.375	7500	12430	MΩ
				A.T. CONTRA B.T.	MΩ

VALOR MEDIDO DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO @ 20°C				FECHA DE EMBARQUE	
A.T. CONTRA B.T. Y TIERRA	% CAPACITANCIA	B.T. CONTRA A.T. Y TIERRA	% CAPACITANCIA	REPORTE DE PRUEBAS	NO. DE PARTIDA
0.97	11.50	0.91	11.50	01-2002	G1015-01
A.T. CONTRA B.T.	% CAPACITANCIA			No. CONTRATO CIE	4800115928
				% HUMEDAD RESIDUAL	0.001

NIVEL BASICO DE IMPULSO ONDA COMPLETA (kV)			
	A.T.	B.T.	40
BOQUILLA	55.0	110	110
DEVANADO	55.0	110	110

DEVANADO DE ALTA TENSION

TENSION H1,H2,H3	CORRIENTE			CAMBIADOR DE DERIVACIONES DE OPERACION (CORRIENTE)
	kVA (OA)	kVA (FA1)	kVA (FA2)	
117875	7500	9375	10500	POS. NUCLEO PAR.
115000	36.7	45.5	51.4	1
112125	37.7	47.1	52.7	2
109250	38.6	48.3	54.1	3
106375	39.5	49.5	55.5	4
	40.7	50.7	57.0	5

DEVANADO DE BAJA TENSION

TENSION	CORRIENTE		
	kVA (OA)	kVA (FA1)	kVA (FA2)
117875	7500	9375	10500
115000	37.4	46.8	53.1
112125	38.4	48.2	54.6
109250	39.4	49.6	56.1
106375	40.4	51.0	57.6

PRECAUCION

- ANTES DE OPERAR EL TRANSFORMADOR LEER EL MANUAL DE INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO G1015.
- NO EMERGICIZAR EL TRANSFORMADOR CUANDO LA LECTURA DEL INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE ESTE AGUJO DEL MINIMO.
- NO OPERAR EL "CAMBIADOR DE DERIVACIONES DE OPERACION DESARREZADO" CON EL TRANSFORMADOR EMERGICIZADO.

NOTAS

- VERIFICAR PRESION DEL SISTEMA DE PRESERVACION DE ACEITE (DAPS - PRESION ATMOSFERICA).
- TANQUE DE ALARMA PARA SUPERAR 102% NIVEL ONDA COMPLETA.
- DESDE LAS BOBINAS SON DE MATERIAL DE COBRE.
- EL TRANSFORMADOR DEBE MANTENERSE SIN OLEO EN EL TAP DE OPERACION (0.001% HUMEDAD RESIDUAL) PARA EL MANTENIMIENTO DE LA MANTENCIÓN.

AÑO DE FABRICACION 2002

Se organiza los datos en la siguiente tabla:

OCZ T2	
MVA	7.5
MVA F1	9.375
MVA F2	10.5
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	2
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	8.83

Tabla 3.2.31

Se inician los cálculos de corto circuito del OCZ T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{8.83}{100} = 0.0883 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.0883 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{7.5} \right)$$

$$Z_{eq}(p. u.) = 1.1479 \text{ p. u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.1479}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 437.88 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.1479}$$

$$I_{cc} = 3648.97 \text{ A}$$

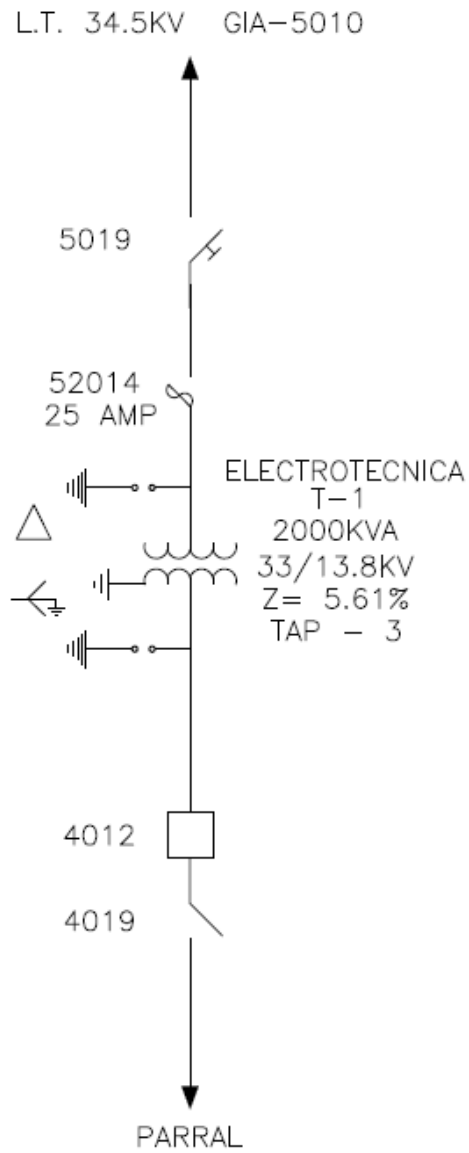
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	437.88 A
13.8	3648.97 A

Tabla 3.2.32

13. S.E. Parral (PAR)

La subestación PAR solo cuenta con un transformador de potencia. A continuación se mostrara el diagrama unifilar, la placa de datos y el tap de operación.



ESA ELECTROTECNICA S. A.
TRANSFORMADOR EN ACEITE

KVA 2000 **Nº. C.F.E.** **N.º FAB. 6323**
VOLTS 33000-13800 V / 7967 **5.61 % IMPRA 75 °C**
33 KV

VOLTS	CAMB. DERIVS.	AMPERES NOMINALES	FASES 3
ALTA TENSION	POS CONECTA	ALTA TENSION	BAJA TENSION
3 4 6 5 0	1 1 CON 2	34.99	83.68
3 3 8 2 5	2 2 CON 3	VOL. ACEITE	2 1 7 0 LTS
3 3 0 0 0	3 3 CON 4	PESO ACEITE	1 9 5 2 KGS
3 2 1 7 5	4 4 CON 5	NUCLEO Y BOBS	3 5 1 4 KGS
3 1 3 5 0	5 5 CON 6	TANQUE Y ACCS.	1 9 5 4 KGS
		PESO TOTAL	7 4 2 0 KGS

CLASE OA
FREC. 60 HZ.
INSTRUCTIVO N.º II-B
ELEV. TEMP. 55 °C
ALTITUD 1000 M.S.N.M.
N.B.I. AT: 200 KV
BT: 110 KV

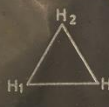
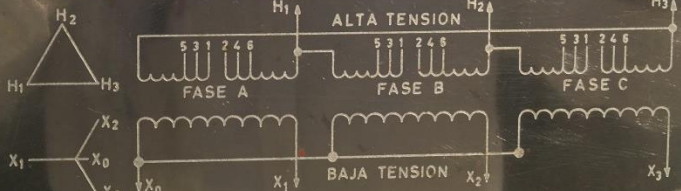
DIAGRAMA VECTORIAL


DIAGRAMA DE CONEXIONES


AUTORIZACION SIC-DGE-4229 **HECHO EN MEXICO**



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

PAR T1	
MVA	2
TIPO DE ENFRIAMIENTO	1
TENSIÓN EN ALTA	34.5
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	33
Z%	5.61

Tabla 3.2.33

Se inician los cálculos de corto circuito del PAR T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{5.61}{100} = 0.0561 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 34.5 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 34.5 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0561 \left(\frac{33}{34.5} \right)^2 \left(\frac{100}{2} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 2.6830435 \text{ p.u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión. Recordando que en el bus en alta es de 34.5 kV

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 34.5 \times 2.6830435}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 624.46 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 2.6830435}$$

$$I_{cc} = 1561.16 \text{ A}$$

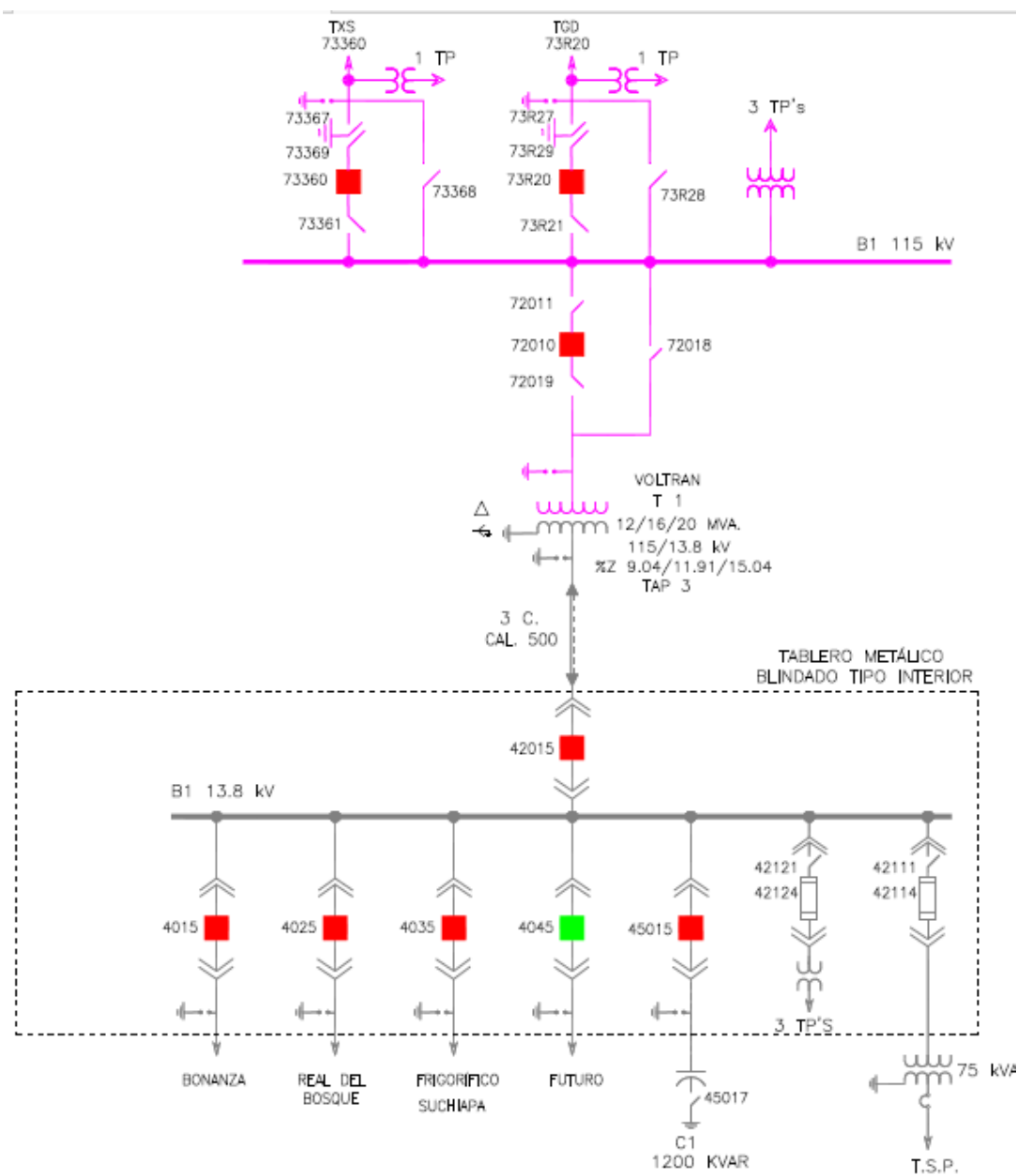
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
34.5	624.46 A
13.8	1561.16 A

Tabla 3.2.34

14. S.E. Real Del Bosque (RDB)

La subestación RDB cuenta con un solo transformador de potencia. A continuación se mostrará el diagrama unifilar, la placa de datos y el tap de operación.





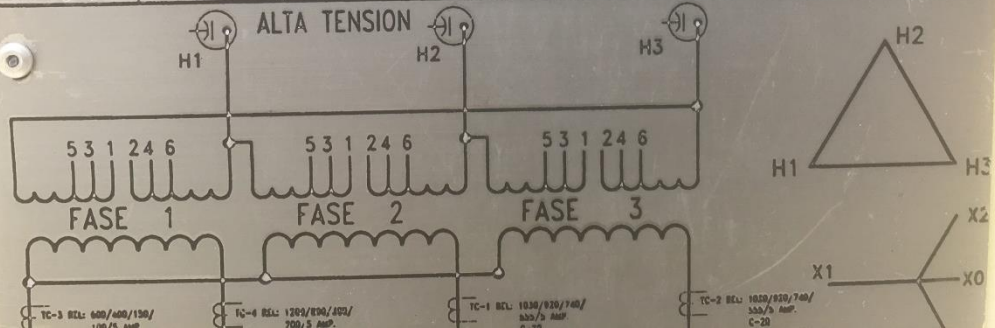
VOLTRAN, S.A. DE C.V.
TRANSFORMADORES

TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA

12000/16000/20000 KVA 55°C
 13440/17920/22400 KVA 65°C
 115000 VOLTS A.T.
 13800Y/7967 VOLTS B.T.
 TIPO OA/FA1/FA2 CLASE 115 KV. ALTITUD 1000 M.S.N.M.
 FRECUENCIA 60 Hz. N.B.I. A.T. 550 KV. B.T. 110 KV.
 INSTRUCTIVO No. IOM - 02 DIAGRAMA DE ALAMBRADO P2.45.001.131
 PARTIDA No. 04 CONTRATO 00-1-00085-DXA
 MATERIAL DEVANADO: A.T. COBRE B.T. COBRE NUCLEO: TIPO COLUMNA ACERO AL SILICIO ZH90

IMPEDANCIA Y PERDIDAS A 75 °C 60 HERTZ

IMPEDANCIA PROBADA				PERDIDAS GARANTIZADAS EN KW			
% Z	KVA	BASE KV	BASE	Pfe	Pcu	Penf.	Ptotal
9.04	12000	115		12.8	26.82	-	39.62
11.95	16000	115		12.8	47.68	0.75	63.21
15.04	20000	115		12.8	74.50	0.75	88.80





Se organiza los datos en la siguiente tabla:

RDB T1	
MVA	12
MVA F1	16
MVA F2	20
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	9.04

Tabla 3.2.35

Se inician los cálculos de corto circuito del RDB T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{9.04}{100} = 0.0904 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0904 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{12} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.7345 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.7345}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 684.33 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.7345}$$

$$I_{cc} = 5702.73 A$$

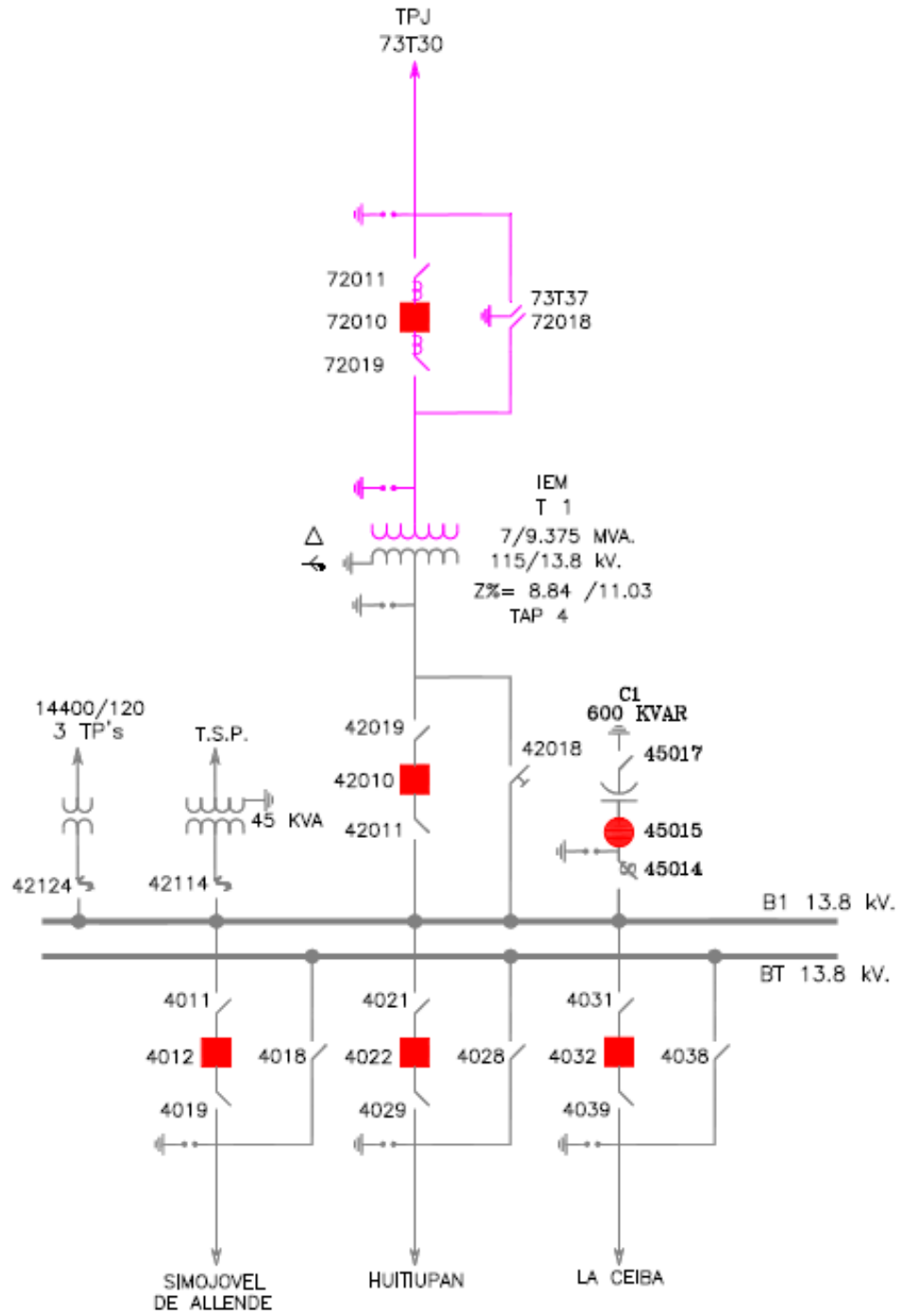
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	684.33 A
13.8	5702.73 A

Tabla 3.2.36

15. S.E. Simojovel (SMJ)

Esta subestación también cuenta con solo un transformador de potencia. A continuación se mostrará el diagrama unifilar, la placa de datos y el tap de operación.





TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE AISLANTE

TIPO COLUMNAS
CLASE
ONAN/ONAF

MES Y AÑO DE FABRICACION: MARZO 2009

CLIENTE: COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

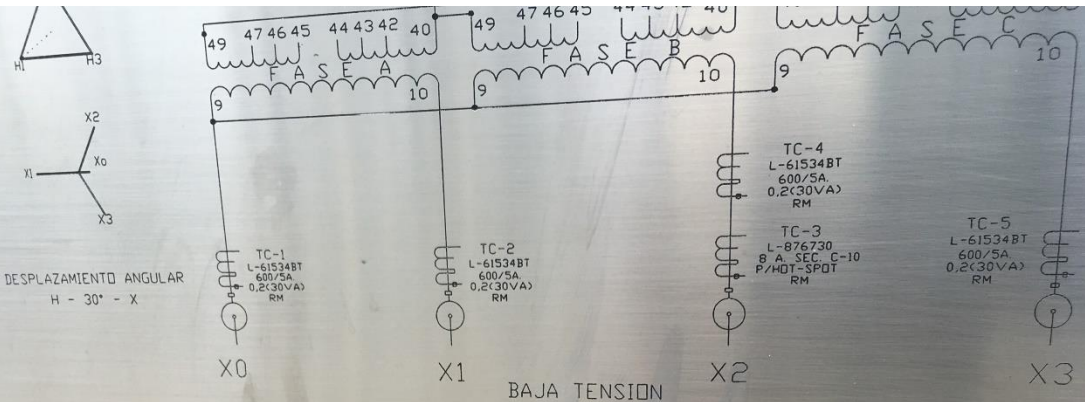
DEVANADO	CONEXIONES	TENSION EN VOLTS	CAPACIDAD EN MVA		
			ONAN(55°C)	ONAF(55°C)	ONAF(65°C)
ALTA TENSION	DELTA	115 000	7,5	9,375	10,5
BAJA TENSION	ESTRELLA	13 800	7,5	9,375	10,5

55/65°C ELEVACION DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS A PLENA CARGA CONTINUA A 1000 m.s.n.m	NIVELES BASICOS DE IMPULSO		N° DE SERIE	DIAGRAMAS DE ALAMBRADO	
			26-1653	ESQUEMATICO (PLACAS)	FISICO
	TRANSFORMADOR	BOQUILLAS	PEDIDO CLIENTE	61663-04 (HOJA 1 Y 2)	61663-05 (HOJA 1)
	A.T.	550 kV	550 kV	700275086 PDS.00003	ESPECIFICACION ELECTRICA
B.T.	110 kV	150 kV	PEDIDO IEM	L-61630-08	
NEUTRO	110 kV	150 kV	PV921 P05	FRECUENCIA 60 Hz	

MASA APROXIMADA EN kg.		CONTENIDO DE ACEITE EN LTS A 25 °C		LIBRO DE INSTRUCCIONES	
DEVANADO DE A.T. POR FASE:	867	TANQUE:	9453	61663-12	
DEVANADO DE B.T. POR FASE:	503	RADIADORES:	442	PRESION DE DISEÑO DE TANQUE Y ACCESORIOS	
NUCLEO:	6313	TANQUE CONSERVADOR:	1273	POSITIVA:	103 kPa
HERRAJES Y CAMBIADOR SIN CARGA:	2404	REQUERIDO PARA CUBRIR DEVANADOS:	6640	NEGATIVA:	VACIO COMPLETO
AISLAMIENTOS:	189	TOTAL:	11168	PRESION DE OPERACION DEL SISTEMA DE PRESERVACION DEL ACEITE: "P ATMOSFERICA"	
PARTE ACTIVA:	13218	TIPO DE MATERIAL:		LIBRE DE BPC	
TANQUE Y ACCESORIOS:	9520	DEVANADO B.T.:	LIBRE		
ACEITE:	3737	DEVANADO A.T.:	LIBRE		
PIEZA MAS PESADA:	21000	MILIDALERO AL NIVEL DEBIDO DEBIDA			
TOTAL:	32475				

DATOS DE IMPEDANCIAS Y PERDIDAS MEDIDAS A 25 °C 60 HERTZ

IMPEDANCIA PROBADA	PERDIDAS MEDIDAS EN %	IMPEDANCIA EN POSICIONES EXTREMAS
22 H.V. / 13.8 KV BASE 1 KV BASE		



CONEXIONES

DEVANADO	VOLTAJE	AMPÉRES			CAMBIADOR DE DERIVACIONES S/CARGA	
		ONAN(55°C)	ONAF(55°C)	ONAF(65°C)	POS	CONECTA EN CADA FASE
ALTA TENSION DELTA	117 875	36,7	45,9	51,4	1	44 CON 45
	115 000	37,7	47,1	52,7	2	43 CON 45
	112 125	38,6	48,3	54,1	3	43 CON 46
	109 250	39,6	49,5	55,5	4	42 CON 46
BAJA TENSION ESTRELLA	106 375	40,7	50,9	57,0	5	42 CON 47
	13 800	313,8	392,2	439,3		

DATOS DE PRUEBA AL MOMENTO DE EMBARQUE

RESISTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS 20 °C 0 kV	FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS 20 °C 2,5 kV
A.T. CONTRA B.T. Y TIERRA 20 108 MEGAOHMS	A.T. CONTRA B.T. Y TIERRA 0,16 % CAPACITANCIA 5 675,8 pF
B.T. CONTRA A.T. Y TIERRA 15 416 MEGAOHMS	B.T. CONTRA A.T. Y TIERRA 0,20 % CAPACITANCIA 9 170,5 pF
A.T. CONTRA B.T. 23 325 MEGAOHMS	A.T. CONTRA B.T. 0,13 % CAPACITANCIA 3 352,6 pF
HUMEDAD RESIDUAL 0,3 %	
CORRIENTE DE EXCITACION A 2,5 kV	FECHA DE EMBARQUE:
FASE A: 4 770 mVA	FASE B: 2 383 mVA

PRECAUCION: LLENE EL TANQUE...



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

SMJ T1	
MVA	7.5
MVA F1	9.375
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	11.03

Tabla 3.2.37

Se inician los cálculos de corto circuito del SMJ T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{11.03}{100} = 0.1103 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.1103 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{7.5} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.4339 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.4339}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 350.54 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.4339}$$

$$I_{cc} = 2921.16 A$$

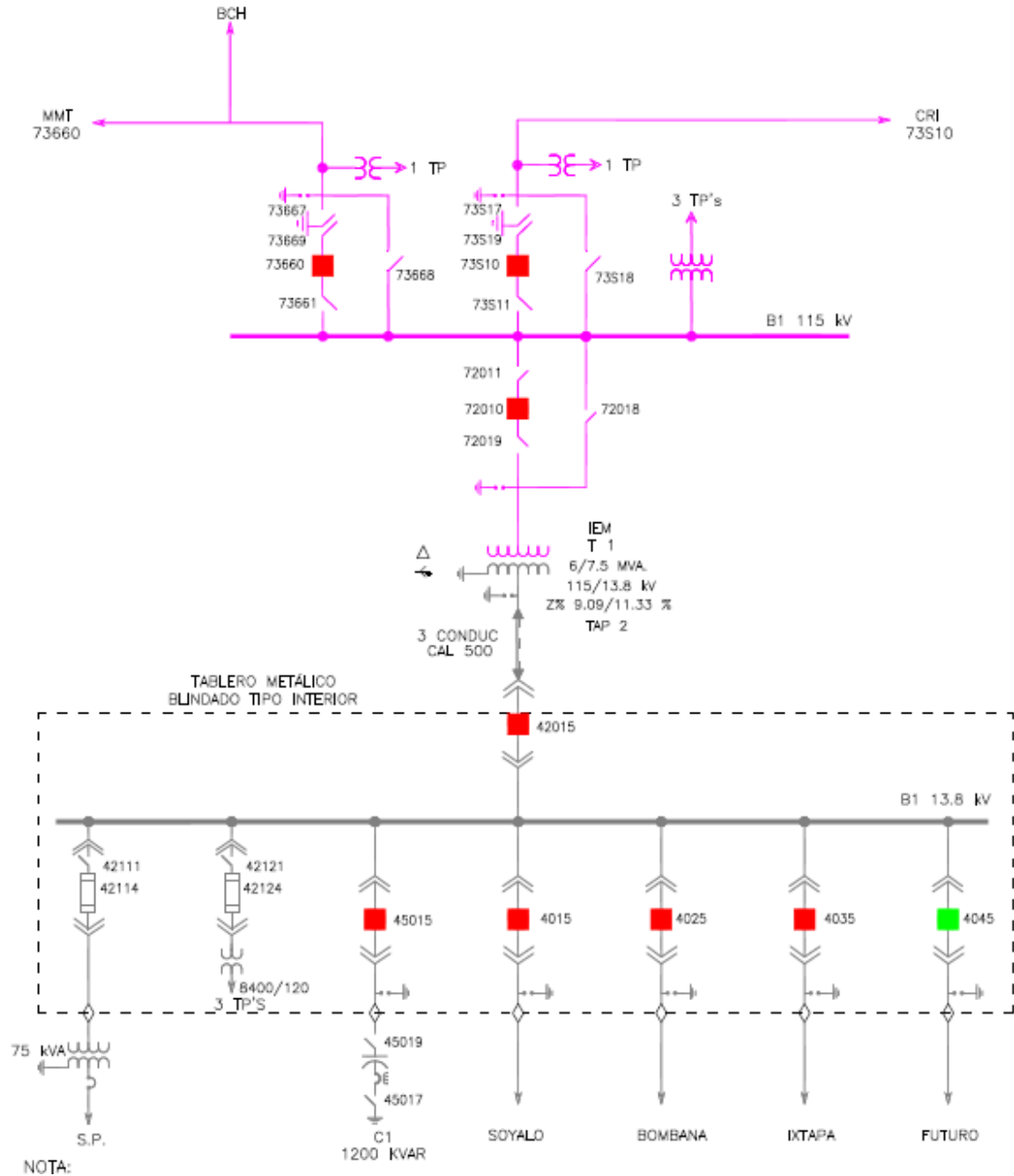
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	350.54 A
13.8	2921.16 A

Tabla 3.2.38

16. S.E. Soyalo (SOY)

La subestación SOY también cuenta con un transformador de potencia. A continuación se mostrara el diagrama unifilar, la placa de datos como también el tap de operación.





Westinghouse

MARCA REG.

TRANSFORMADOR TRIFASICO

TIPO OA/FA EN ACEITE	6000 KVA 9.09 %Z 7500 KVA 11.33 %Z 10000A 13800 VOLTS ESPEC. L- 4531	55 °C. ELEVACION DE TEMPERATURA A PLENA CARGA CONTINUA A 1000 M.S.N.M.
----------------------------	---	--

SERIE 24 6304-2 60 CICLOS LTS. ACEITE 8620

LIBRO DE INSTRUCCIONES: 63.2 DIAGRAMA DE ALAMBRADO: TB22338
 NIVEL DE IMPULSO, ONDA COMPLETA: ALTA TENSION 550 KV, BAJA TENSION 110 KV,
 PESOS APROX. EN KG. TANQUE 7595 ACEITE 7780 TOTAL 24325

ALTA TENSION



BAJA TENSION

C O N E X I O N E S

DEVANADO	VOLTS	AMPERES		CAMBIADOR DE CONEXIONES		
		OA	FA	POS.	CONEC.	EN CADA FASE
ALTA TENSION EN DELTA	115500	30.1	37.5	1	5	CON 6
	112750	30.8	38.5	2	4	CON 6
	110000	31.5	39.4	3	4	CON 7
	107250	32.3	40.3	4	3	CON 7
BAJA TENSION EN ESTRELLA	104500	33.2	41.4	5	3	CON 8
	101750	34.1	42.6	6	2	CON 8

LLENE EL TRANSFORMADOR CON ACEITE "PEMEX No. 1" HASTA QUE EL INDICADOR DE NIVEL LLEGUE A LA MARCA 25 °C.
 NUNCA OPERE EL TRANSFORMADOR CUANDO EL INDICADOR ESTE ABAJO DEL LIMITE INFERIOR DE SU ESCALA.
 LAS CONEXIONES DE LAS DERIVACIONES DE ALTA TENSION SON HECHAS POR UN CAMBIADOR OPERADO DESDE EL EXTERIOR DEL TANQUE.
 EL TRANSFORMADOR DEBE ESTAR DESCONECTADO DE LA LINEA AL CAMBIAR DERIVACION.

DIAGRAMA VECTORIAL



AUT. S.I.C.-D.G.E. REG.
No. SIC-DGE - 5323
No. T- 838 B



INDUSTRIA ELECTRICA DE MEXICO, S. A.
TALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO, MEXICO
ASOCIADA A WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

SOY T1	
MVA	6
MVA F1	7.5
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	110
Z%	9.09

Tabla 3.2.39

Se inician los cálculos de corto circuito del SOY T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{9.09}{100} = 0.0909 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0909 \left(\frac{110}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{6} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 1.4491304 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 1.4491304}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 346.86 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 1.4491304}$$

$$I_{cc} = 2890.46 A$$

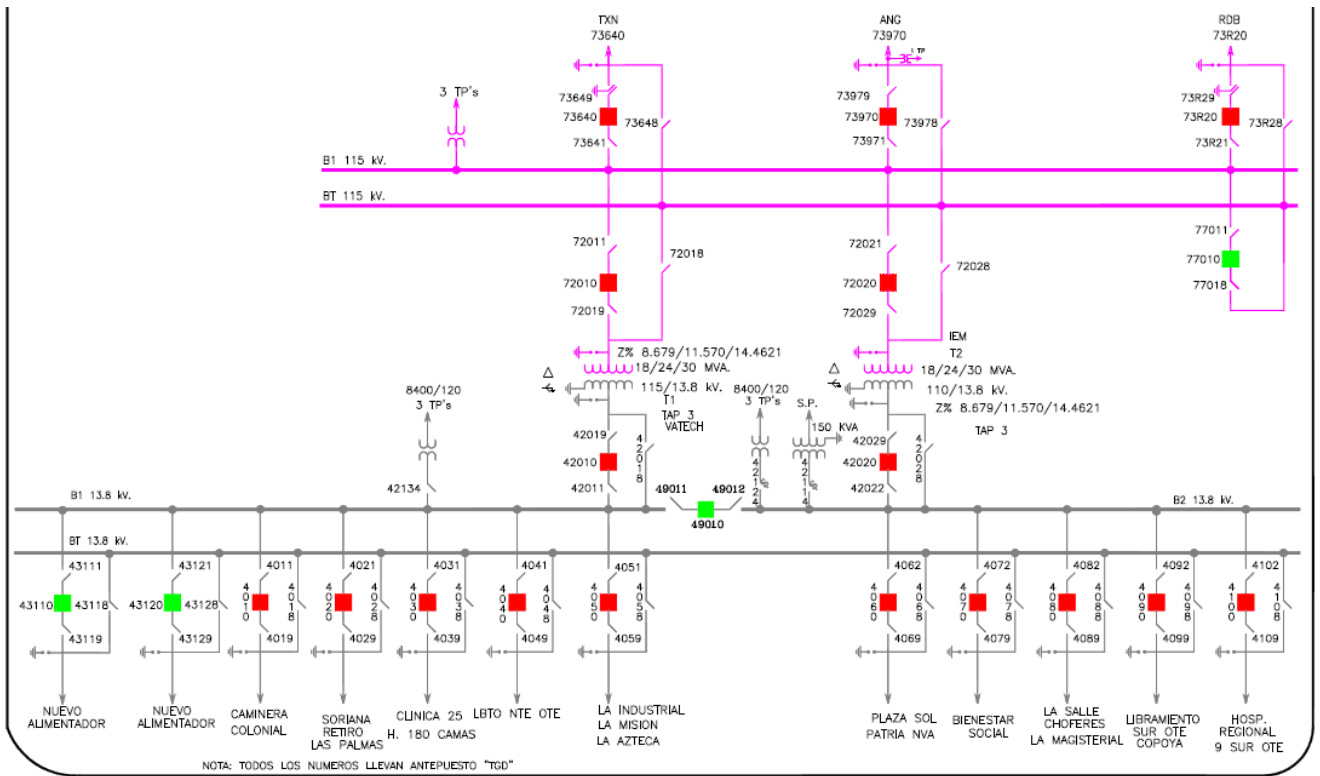
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	346.86 A
13.8	2890.46 A

Tabla 3.2.40

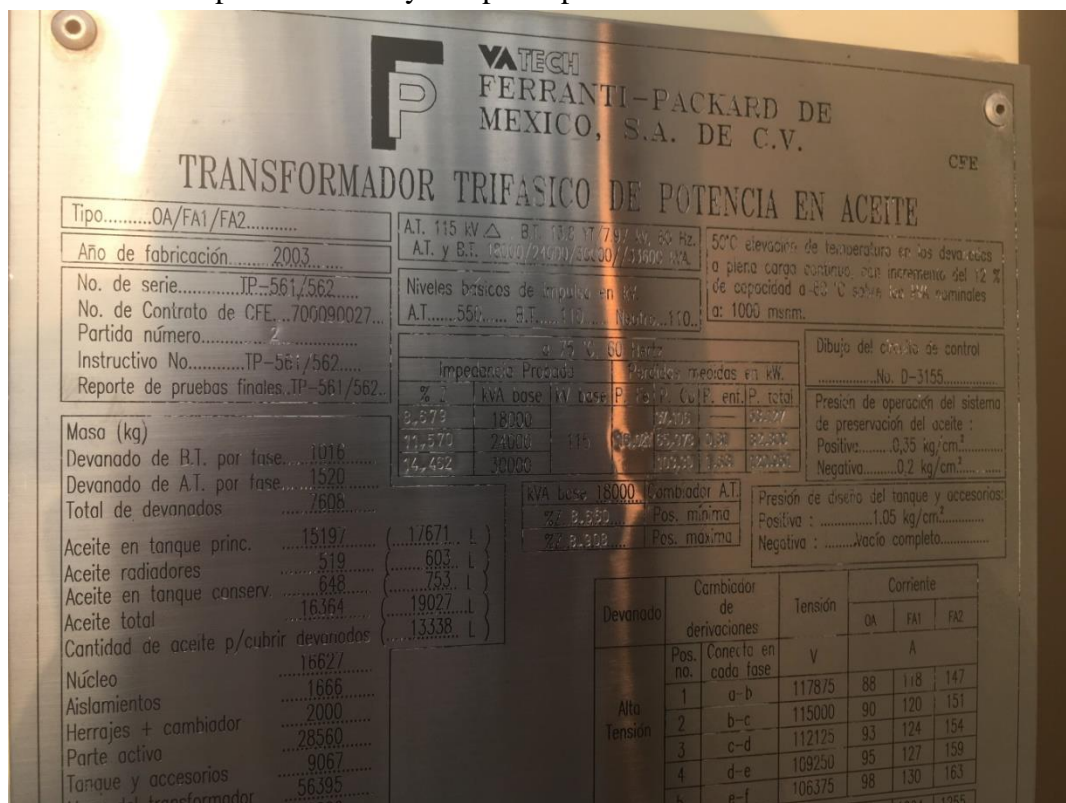
17. S.E Tuxtla Gutiérrez Dos (TGD)

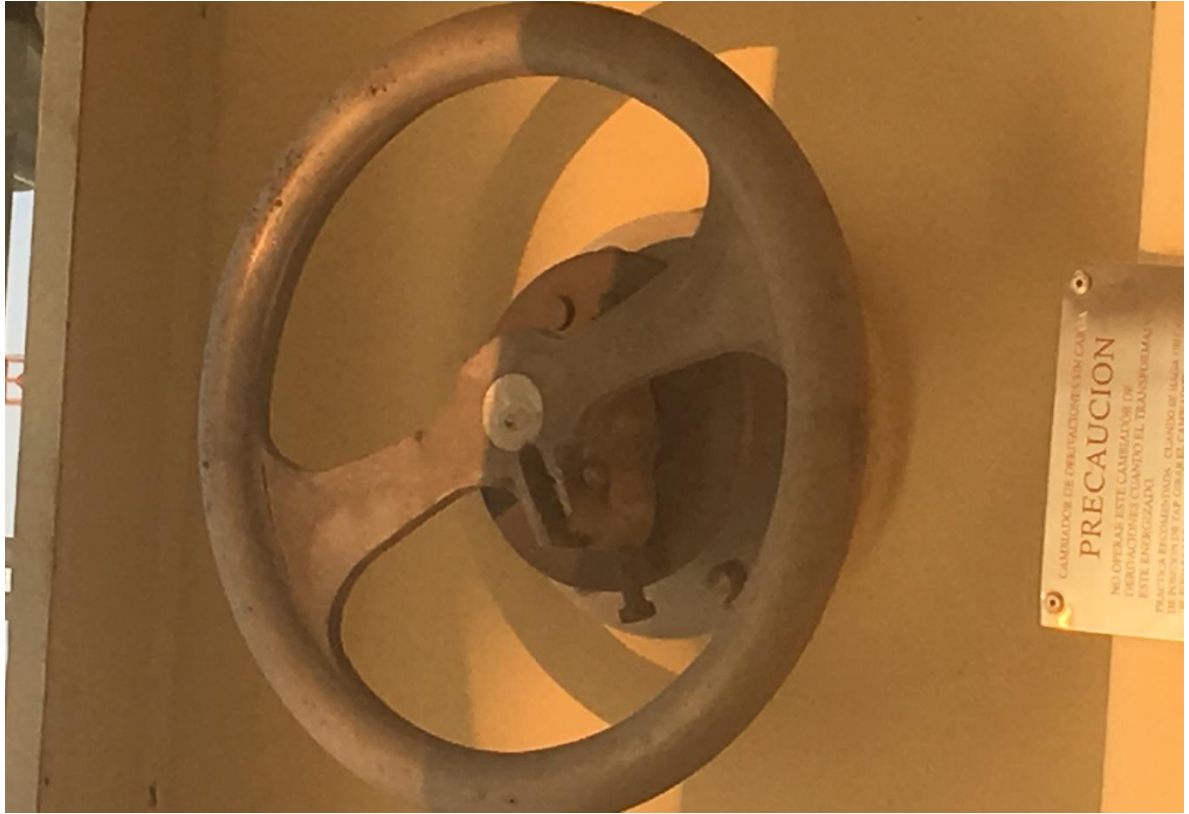
La subestación TGD cuenta con dos transformadores de potencia. A continuación se mostrara el diagrama unifilar.



▪ TGD T1

Se mostraran la placa de datos y el tap de operación.





Se organiza los datos en la siguiente tabla:

TGD T1	
MVA	18
MVA F1	24
MVA F2	30
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	2
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	115
Z%	8.679

Tabla 3.2.41

Se inician los cálculos de corto circuito del TGD T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{8.679}{100} = 0.08679 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.08679 \left(\frac{115}{115}\right)^2 \left(\frac{100}{18}\right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.4821667 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.4821667}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1042.46 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.4821667}$$

$$I_{cc} = 8687.16 A$$

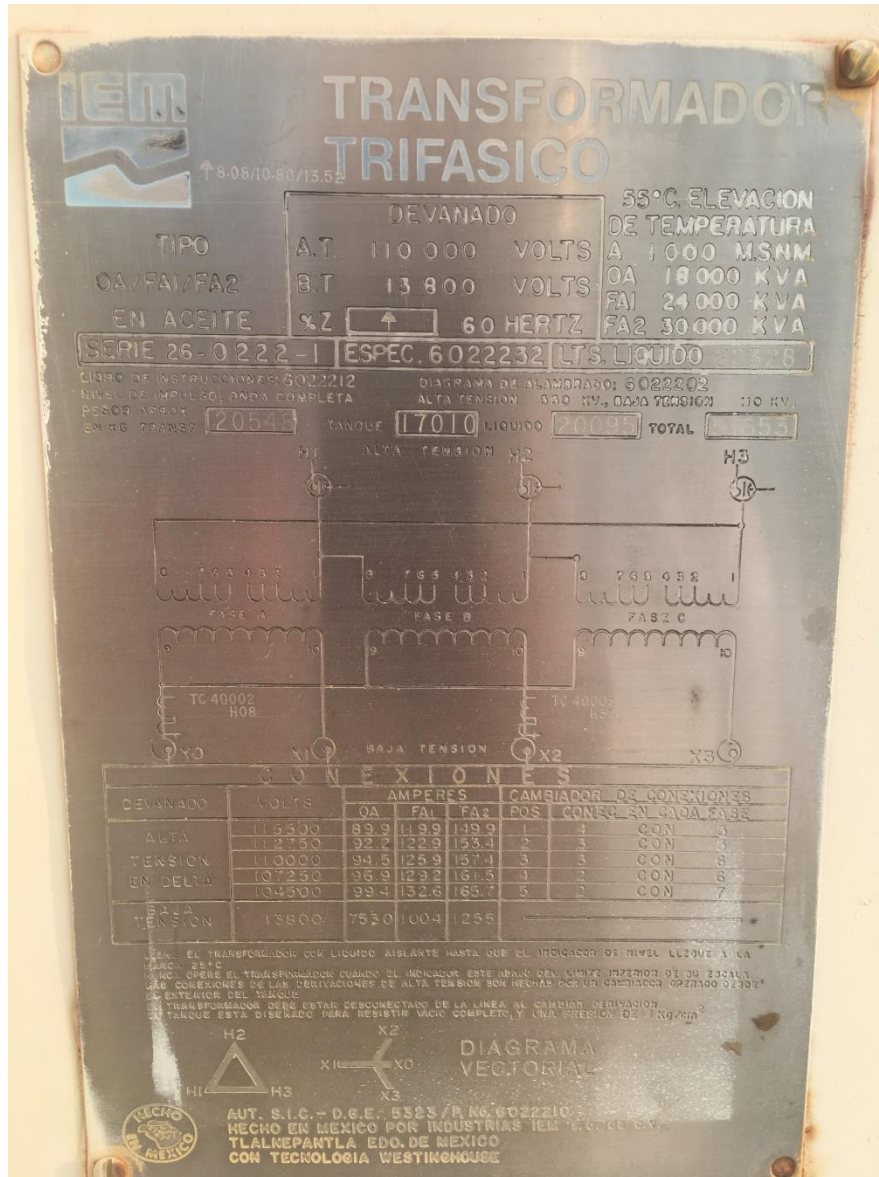
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	1042.46 A
13.8	8687.16 A

Tabla 3.2.42

- **TGD T2**

En este transformador no se encuentra evidencia fotográfica del tap de operación, a lo cual se usara la información obtenida anteriormente con el Departamento de Subestaciones. Únicamente se mostrara la placa de datos.



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

TGD T2	
MVA	18
MVA F1	24
MVA F2	30
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSION EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACION	2
TENSION OPERACION DEL TAP	110
Z%	8.08

Tabla 3.2.43

Se inician los cálculos de corto circuito del TGD T2 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{8.08}{100} = 0.0808 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0808 \left(\frac{110}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{18} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.429372 \text{ p.u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.429372}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1170.64 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.429372}$$

$$I_{cc} = 9755.31 \text{ A}$$

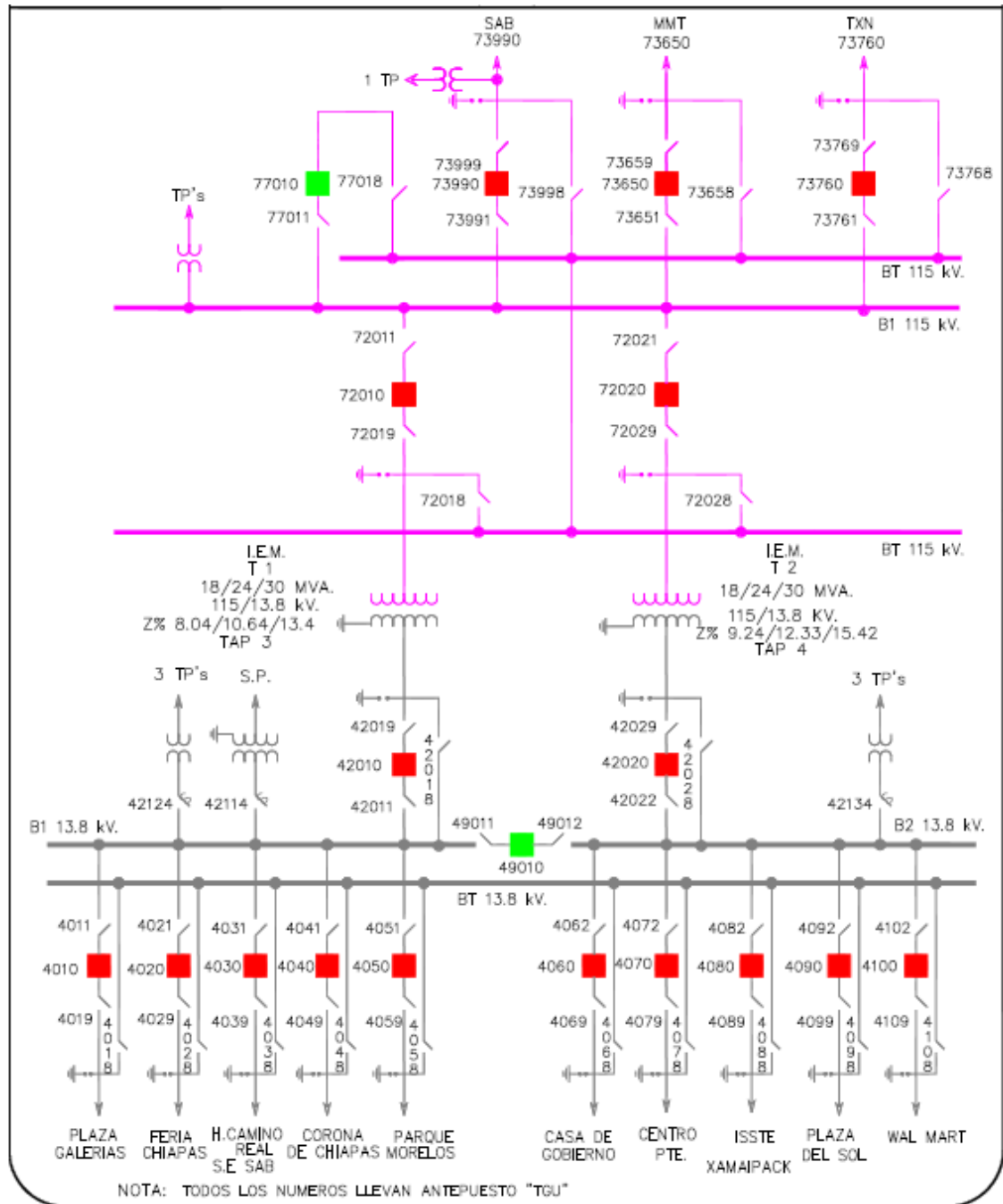
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	1170.64 A
13.8	9755.31 A

Tabla 3.2.44

18. S.E. Tuxtla Gutiérrez Uno (TGU)

La subestación TGU cuenta con dos transformadores de potencia. A continuación se mostrará el diagrama unifilar de la subestación.



- **TGU T1**

Se mostrarán la placa de datos y el tap de operación.



TRANSFORMADOR TRIFASICO

EM

LIBRO DE INSTRUCCIONES: 0049412
 NIVEL DE MANTENIMIENTO COMPLETO:
 SECCION: BARRIL
 EX-45: 0049412

TIPO: 04/PALVAR EN ACERTE 60 HERTZ

DEVANADO: A.T. 110 000 VOLTS B.T. 13 800 VOLTS %Z 8.04/10.64/13.40

55° C. ELEVACION DE TEMPERATURA A 1000 M.S.N.M. GA 30000 K.V.A. FA1 20000 K.V.A. FA2 30000 K.V.A.

SERIE: 17384 ESPECL.-6049432 LITR. LIQUIDO: 13000

DIAGRAMA DE ALABRADO: 0049412
 ALTA TENSION: 0049412

TANQUE: 20455 LIQUIDO: 17384

HI ALTA TENSION H2 H3

FASE A FASE B FASE C

TO 40000 H19 TO 20000 H19 TO 10000 H19

BAJA TENSION XI X2 X3

DEVANADO	VOLTS	AMPERES			CAMBIADOR DE CONEXIONES
		OA	FA	FA2	
ALTA TENSION EN DELTA	110000	55.2	110.4	148.8	1
	112750	56.7	113.3	153.6	2
	115500	58.4	116.8	157.4	3
BAJA TENSION EN ESTRELLA	13800	36.8	73.2	97.6	4
	14025	37.1	74.2	98.9	5
	14250	37.6	75.2	101.6	6

POS. CONEC. EN CADA FASE

EL TRANSFORMADOR DEBE ESTAR DESCONECTADO DE LA LINEA AL CAMBIO DE CONEXION. EL VOLUMEN DE ACEITE EN EL TANQUE CONSERVADOR ES APROX. 10% DEL VOLUMEN DEL TANQUE. EL TANQUE ESTA DISEÑADO PARA RESISTIR VACIO COMPLETO Y UNA PRESION DE 100 PSI.

DIAGRAMA MECANICO

AUT. S.C. - D.G.E. 5323/P No. 5013610
 HECHO EN MEXICO POR INDUSTRIAS IEM S.C. 60 AN.
 TLALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO

Se organiza los datos en la siguiente tabla:

TGU T1	
MVA	18
MVA F1	24
MVA F2	30
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	2
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	110
Z%	8.04

Tabla 3.2.45

Se inician los cálculos de corto circuito del TGU T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{8.04}{100} = 0.0804 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.0808 \left(\frac{110}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{18} \right)$$

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.4272464 \text{ p. u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.4272464}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1176.46 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.4272464}$$

$$I_{cc} = 9803.84 \text{ A}$$

En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	1176.46 A
13.8	9803.84 A

Tabla 3.2.46

▪ TGU T2

Se mostraran la placa de datos y el tap de operación.



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

TGU T2	
MVA	18
MVA F1	24
MVA F2	30
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	4
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	109.25
Z%	9.24

Tabla 3.2.47

Se inician los cálculos de corto circuito del TGU T2 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{9.24}{100} = 0.0924 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.0924 \left(\frac{109.25}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{18} \right)$$

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.4876667 \text{ p. u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.4876667}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1030.70 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.4876667}$$

$$I_{cc} = 8589.18 \text{ A}$$

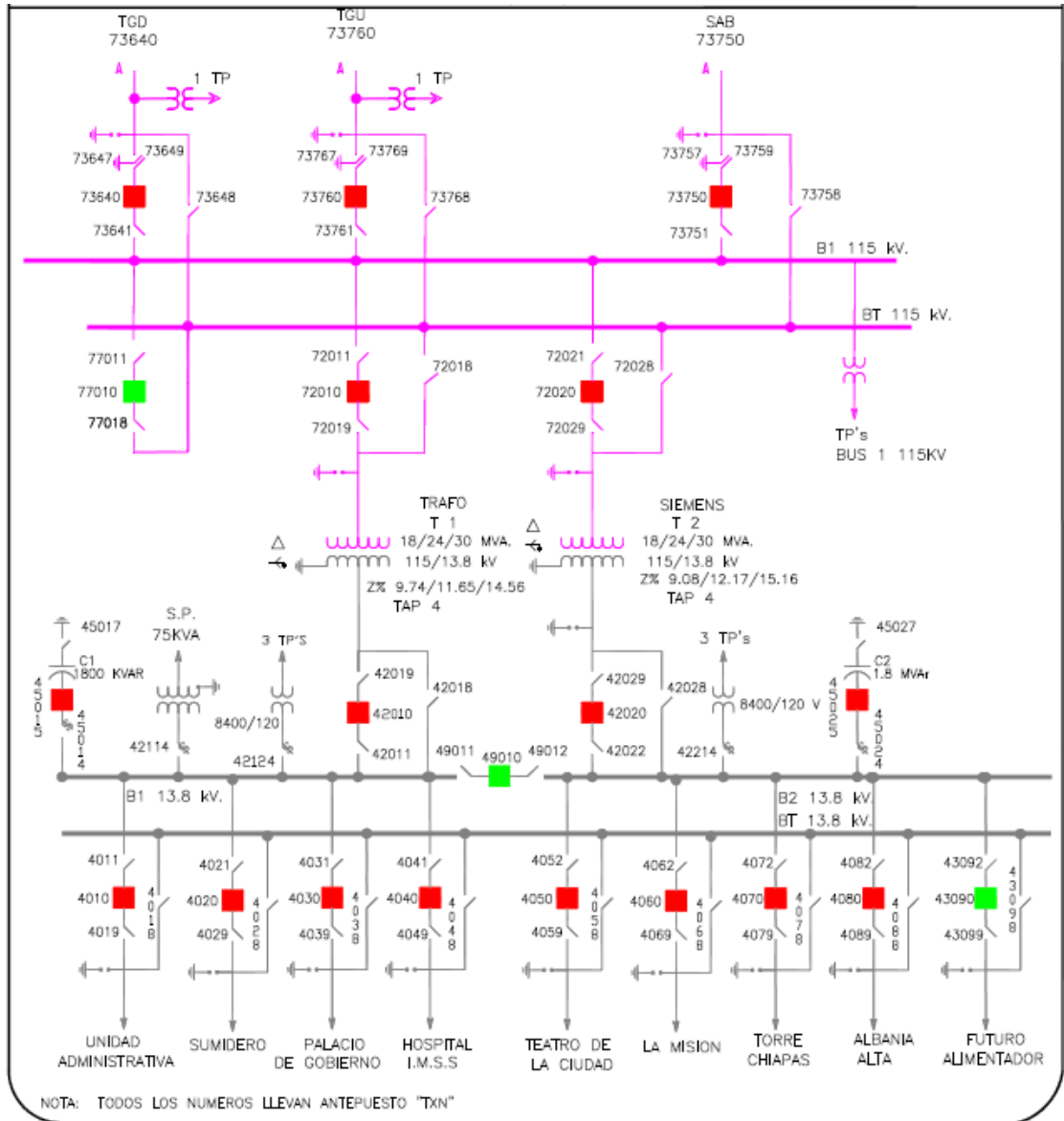
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	1030.70 A
13.8	8589.18 A

Tabla 3.2.48

19. S.E Tuxtla Norte (TXN)

La subestación TXN cuenta con dos transformadores de potencia. En esta subestación no se contiene evidencia fotográfica del tap de operación de los transformadores, por lo cual para el estudio se utilizó los datos obtenidos anteriormente por el Departamento de Subestaciones. A continuación se mostrara el diagrama unifilar de la subestación.



▪ TXN T1

Se mostrara la placa de datos correspondiente a este transformador.

TRANSFORMAD

AÑO N° TIPO

FRECUENCIA Hz N° DE FASES LIMITE DE ELEVACIÓN DE T

POTENCIA NOMINAL

 KVA REFRIGERACIÓN

IMPEDANCIA A 75°C %
 BASE MVA KV 60Hz

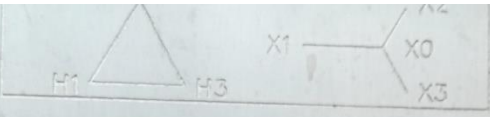
DIAGRAMA VECTORIAL



PEDIDO CFE N°

ALTA TENSIÓN		
FASES : H1 - H2 - H3		
C.S.T.	VOLTS	AMPERES

DIAGRAMA VECTORIAL



PEDIDO CFE N°

ALTA TENSIÓN			AMPERES		
FASES : H1 - H2 - H3					
POS.	LIGA	VOLTS	18000kVA	24000kVA	30000kVA
1	A - B	117875	88.16	117.55	146.93
2	B - C	115000	90.37	120.49	150.62
3	C - D	112125	92.68	123.57	154.47
4	D - E	109250	95.12	126.83	158.53
5	E - F	106375	97.69	130.25	162.82

BAJA TENSIÓN			
FASES : X1 - X2 - X3 NEUTRO : X0			
VOLTS	AMPERES		
	18000kVA	24000kVA	30000kVA
13800	753.07	1004.1	1255.1

Se organiza los datos en la siguiente tabla:

TXN T1	
MVA	18
MVA F1	24
MVA F2	30
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	4
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	109.25
Z%	8.74

Tabla 3.2.49

Se inician los cálculos de corto circuito del TXN T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{8.74}{100} = 0.0874 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.0874 \left(\frac{109.25}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{18} \right)$$

$$Z_{eq}(p. u.) = 0.4612778 \text{ p. u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.4612778}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1089.67 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.4612778}$$

$$I_{cc} = 9080.55 \text{ A}$$

En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	1089.67 A
13.8	9080.55 A

Tabla 3.2.50

▪ **TXN T2**

Se mostrara la placa de datos correspondiente a este transformador.

SIEMENS

TRANSFORMADOR DE POTENCIA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD - SUBESTACION TUTTLA NORTE Bco. 2 MVAR

TIPO: TLUN 7451	N° DE SERIE: 185437	ALTURA DE INSTALACION: 1000 m.s.n.m.	AÑO DE FABRICACION: 2002	NORMAS: ANSI - CFE
N° DE PEDIDO CFE PIF-011/2001	REPORTE DE PRUEBAS N° 398	FRECUENCIA: 60 Hz	REFRIGERACION: ONAN/ONAF1/ONAF2	POTENCIA [kVA]
INSTRUCTIVO N° L03 12 408	NUCLEO TIPO: COLUMNAS	RISE 65		
NIVEL BASICO DE IMPULSO AT/BT-PH: 550 / 110-110 kV	RISE 55			
GRUPO DE CONEXION: Dyn1	N° DE FASES: 3	ONAN ONAF1 ONAF2		
TEMPERATURA RISE: 65 / 55 °C	TEMPERATURA PROMEDIO: 30 °C	AT 20160 26880 33600	AT 18000 24000 30000	
		BT 20160 26880 33600	BT 18000 24000 30000	

Pos.	TENSION		CORRIENTE (RISE 55°C)	
	AT	BT	AT	BT
1	117875 V	13800 V	88/118/147 A	753/1004/1255 A
2	115000 V	13800 V	90/121/151 A	753/1004/1255 A
5	106375 V	13800 V	98/130/163 A	753/1004/1255 A

MVA	POSICION	IMPEDANCIA (%Z)	Pcc [kW](75°C)	Pfe [kW](75°C)	Pvent [kW]	Pt [kW](75°C)	PESOS		ACEITE SHELL DIALA A (20°C)	
							HERRAJES + CONMUTADORES:	ACEITE EN EL CONSERVADOR:		
18	115/13.8 kV	9.08 %	37.83	0	53.90	0.82	84.16	563 Kg	352 Lbs	
24	115/13.8 kV	12.17 %	67.27	16.07	0.82	84.16	1325 Kg	13229 Lbs		
30	115/13.8 kV	15.16 %	105.12	1.36	122.55	1.36	24521 Kg	659 Lbs		

RESISTENCIA AISLMIENTOS		FACTOR DE POTENCIA AISLMIENTOS	
20°C - 115/13.8 kV - 5 kV - 1 mic.		20°C - 115/13.8 kV - 60 Hz - 10 kV	
AT - TIERRA	5.40 GΩ	AT - TIERRA	0.17 %
BT - TIERRA	4.26 GΩ	BT - TIERRA	0.26 %
AT - BT	6.69 GΩ	AT - BT	0.18 %

CONMUTADOR SIN CARGA AT: ABB DTU165-15 / CORRIENTE Nom. 375 A / BIL 650 kV	PESO TOTAL:	ACEITE SHELL DIALA A (20°C):
	4809 Kg	3360 Kg

! PRECAUCION ! ALTA TENSION EN BORNES AL ABRIR EL SECUNDARIO DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

! PRECAUCION ! LEVANTAR TCDO EL TRANSFORMADOR DE LAS OREJAS DEL TANQUE

! PRECAUCION ! ANTES DE LEVANTAR LA TAPA DEL TANQUE PRINCIPAL SOLTAR EL C.R. DEL ACCIONAMIENTO DEL CONMUTADOR

ALTA TENSION		CORRIENTE [A] (RISE 55°C)	
CONEXION	TENSION [V]	ONAN	ONAF1 ONAF2
1	117875	88	118 147
2	115000	90	121 151
3	112125	93	124 155
4	109250	95	127 159
5	106375	98	130 163

BAJA TENSION		CORRIENTE [A] (RISE 55°C)	
CONEXION	TENSION [V]	ONAN	ONAF1 ONAF2
	13800	753	1004 1255

TC N°	REL	2000:5	1800:5	1500:5	1400:5	1200:5	1100:5	1000:5	900:5	800:5	600:5	500:5	400:5	300:5	200:5	100:5	BURDEN [VA]	CLASE	USO	FT
1	1x1:1x5	1x2:1x5	1x1:1x4	1x1:1x3	1x2:1x4					1x2:1x3	1x4:1x5	1x1:1x2	1x3:1x4			50	0.380-1-2.0	Medición BT	2.0	
2	2x1:2x5	2x2:2x5	2x1:2x4	2x1:2x3	2x2:2x4					2x2:2x3	2x4:2x5	2x1:2x2	2x3:2x4			50	0.380-1-2.0	Medición BT	2.0	
3	3x1:3x5	3x2:3x5	3x1:3x4	3x1:3x3	3x2:3x4					3x2:3x3	3x4:3x5	3x1:3x2	3x3:3x4			50	0.380-1-2.0	Medición BT	2.0	
4			4x1:4x2								5x4:5x5	5x1:5x4	5x4:5x5	5x1:5x3	5x2:5x3	10	3x	Progen Térmico BT	1.33	
5				5x1:5x5	5x2:5x5	5x3:5x5	5x1:5x4	5x2:5x4	5x3:5x4	5x4:5x5	5x1:5x3	5x2:5x3	5x3:5x4	5x4:5x5	5x1:5x3	5x2:5x3	100	C400	Protección pn BT	2.0

FABRICADO EN COLOMBIA

Ref. 000/2002-07

Se organiza los datos en la siguiente tabla:

TXN T2	
MVA	18
MVA F1	24

MVA F2	30
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	4
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	109.25
Z%	9.08

Tabla 3.2.51

Se inician los cálculos de corto circuito del TXN T2 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Zv = \frac{9.08}{100} = 0.0908 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0908 \left(\frac{109.25}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{18} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.4792222 \text{ p.u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.4792222}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1048.66 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.4792222}$$

$$I_{cc} = 8740.53 \text{ A}$$

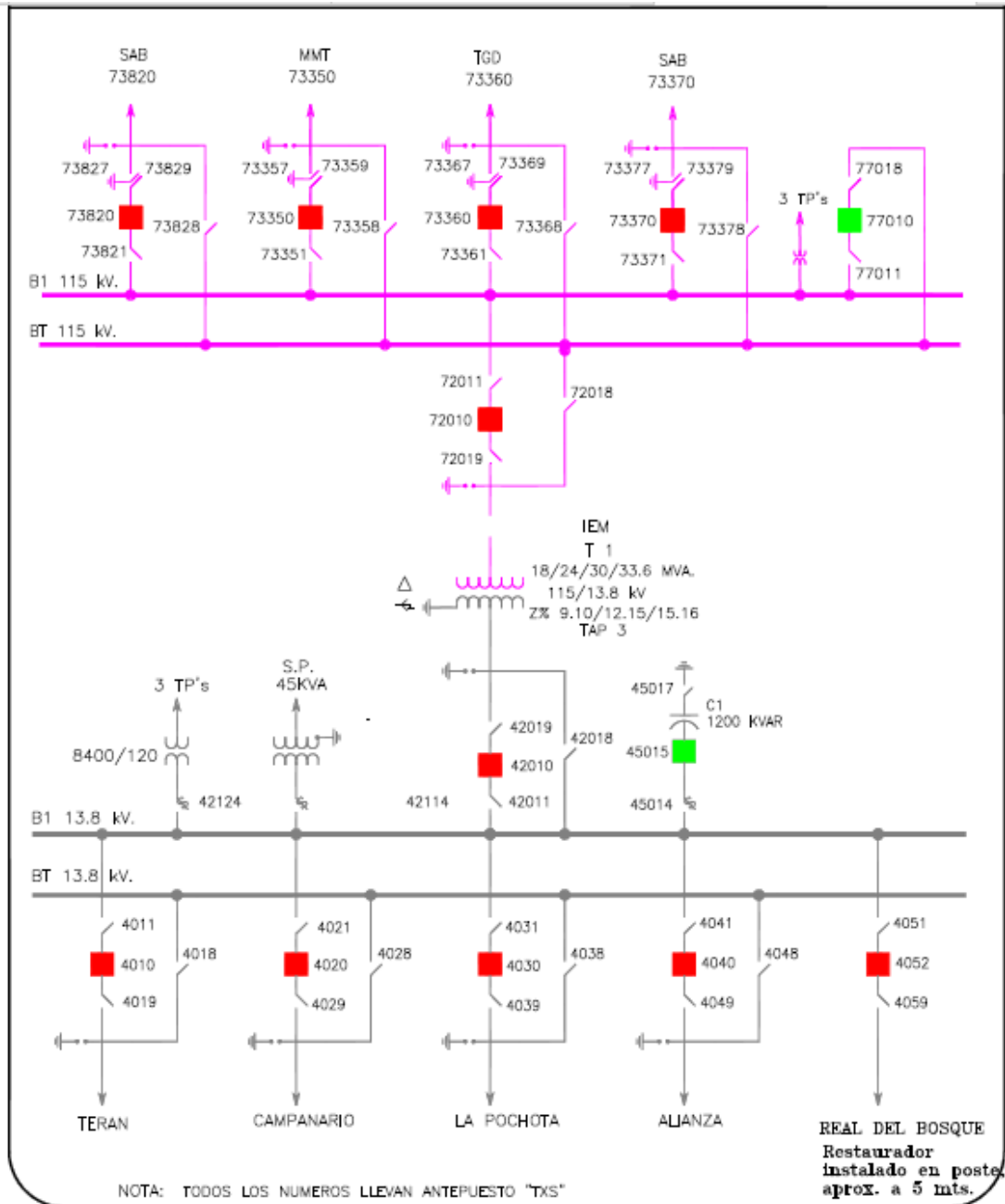
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	1048.66 A
13.8	8740.53 A

Tabla 3.2.52

20. S.E. Tuxtla Sur (TXS)

Esta subestación solo cuenta con un transformador de potencia. A continuación se mostrara el diagrama unifilar, la placa de datos y el tap de operación.





TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE AISLANTE

TIPO COLUMNAS
CLASE
ONAN/ONAF/ONAF

MES Y AÑO DE FABRICACION: **ABRIL-2005**

DEVANADO	CONEXIONES	TENSION EN VOLTS	CAPACIDAD EN KVA			
			ONAN(55°C)	ONAF(55°C)	ONAF(55°C)	ONAF(65°C)
ALTA TENSION	DELTA	115 000	18 000	24 000	30 000	33 600
BAJA TENSION	ESTRELLA	13 800	18 000	24 000	30 000	33 600

CLIENTE: COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

55/65°C ELEVACION DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS A PLENA CARGA CONTINUA A 1000 M. S. N. M.

NIVELES BASICOS DE IMPULSO

	TRANSFORMADOR	BOQUILLAS
A. T.	550 KV	550 KV
B. T.	110 KV	150 KV
NEUTRO	110 KV	150 KV

Nº DE SERIE
26-1612
PEDIDO CLIENTE
ORDEN DE SURTIMIENTO
700236769 POS. 00002
PEDIDO IEM
PV57 PART. 04

DIAGRAMAS DE ALAMBRAO
ESQUEMATICO (PLACAS) FISIOL
6161204 (HELAS 1 Y 2) 6161205 (HELAS 1 Y 2)
ESPECIFICACION ELECTRICA
L-6150808
FRECUENCIA 60 HZ

MASA APROXIMADA EN KGS.

DEVANADO DE A. T. POR FASE:	2 372
DEVANADO DE B. T. POR FASE:	1 264
NUCLEO:	13 160
HERRAJES Y CAMBIADOR SIN CARGA:	3 426
AISLAMIENTOS:	331
PARTE ACTIVA:	27 826
TANQUE Y ACCESORIOS:	14 622
TOTAL:	17 734

CONTENIDO DE ACEITE EN LTS A 25 °C

TANQUE:	18 222
RADIADORES:	940
TANQUE CONSERVADOR:	568
REQUERIDO PARA CUBRIR DEVANADOS:	17 181
TOTAL:	19 730
TIPO DE MATERIAL DEVANADO B. T.: COBRE.	

LIBRO DE INSTRUCCIONES 6161212

PRESION DE DISEÑO DE TANQUE Y ACCESORIOS
POSITIVA: 103 KPa
NEGATIVA: VACIO COMPLETO
PRESION DE OPERACION DEL SISTEMA DE PRESERVACION DEL ACEITE: *P ATMOSFERICA*

DATOS DE IMPEDANCIAS Y PERDIDAS MEDIDAS @ 75 °C, 60 HERTZ.

IMPEDANCIA PROBADA			PERDIDAS MEDIDAS EN KW				IMPEDANCIA EN POSICIONES EXTREMAS	
ZZ H-X	KVA BASE	KV BASE	Pfe	Pcu	Penf	PTOTAL		
9, 10	18 000	115/13.8	14 345	35 986	N. A.	50 331	ZZ 9.02 A 18 000 KVA, Y 117 875-13 800 V	
12, 15	24 000	115/13.8		64 269	519	79 133	ZZ 9.24 A 18 000 KVA, Y 106 375-13 800 V	
15, 16	30 000	115/13.8		100 558	1 045	115 948		

DIAGRAMA VECTORIAL

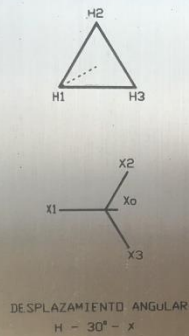
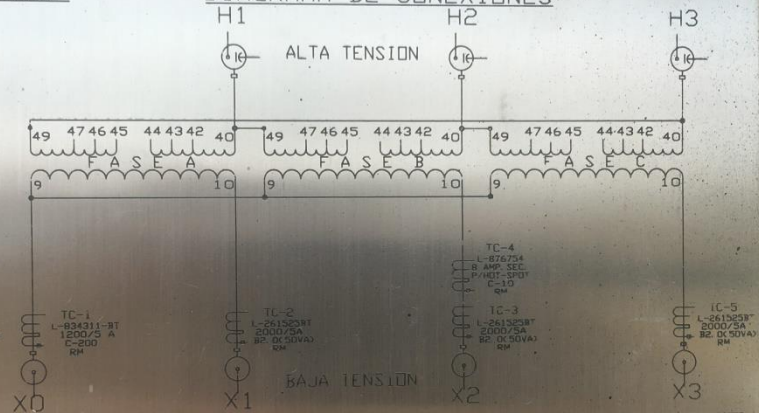


DIAGRAMA DE CONEXIONES



CONEXIONES

DEVANADO	VOLTAJE	AMPERES				CAMBIADOR DE DERIVACIONES S/CARGA	
		ONAN(55°C)	ONAF(55°C)	ONAF(55°C)	ONAF(65°C)	POS.	CONECTA EN CADA FASE
ALTA TENSION DELTA	117 875	88.2	117.6	146.9	164.6	1	44 CDN 45
	115 000	90.4	120.5	150.6	168.7	2	43 CDN 45
	112 125	92.7	123.6	154.5	173.0	3	43 CDN 46
	109 250	95.1	126.8	158.5	177.6	4	42 CDN 46
	106 375	97.7	130.3	162.8	182.4	5	42 CDN 47
BAJA TENSION ESTRELLA	13 800	753.1	1004.1	1255.1	1405.7		

DATOS DE PRUEBA AL MOMENTO DE EMBARQUE

RESISTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS A 20°C 2.0 KV		FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS A 20°C 2.5 KV 60 HZ	
A. T. CONTRA B. T. Y TIERRA	7.047 MEGADHMS	A. T. CONTRA B. T. Y TIERRA	0.13 % CAPACITANCIA 8.793 PF
B. T. CONTRA A. T. Y TIERRA	6.040 MEGADHMS	B. T. CONTRA A. T. Y TIERRA	0.22 % CAPACITANCIA 15.670 PF
A. T. CONTRA B. T.	6.845 MEGADHMS	A. T. CONTRA B. T.	0.11 % CAPACITANCIA 5.767 PF



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

TXS T1	
MVA	18
MVA F1	24
MVA F2	30
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	9.10

Tabla 3.2.53

Se inician los cálculos de corto circuito del TXS T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{9.10}{100} = 0.0910 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0910 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{18} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.4629167 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.4629167}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 1019.72 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.4629167}$$

$$I_{cc} = 8497.70 A$$

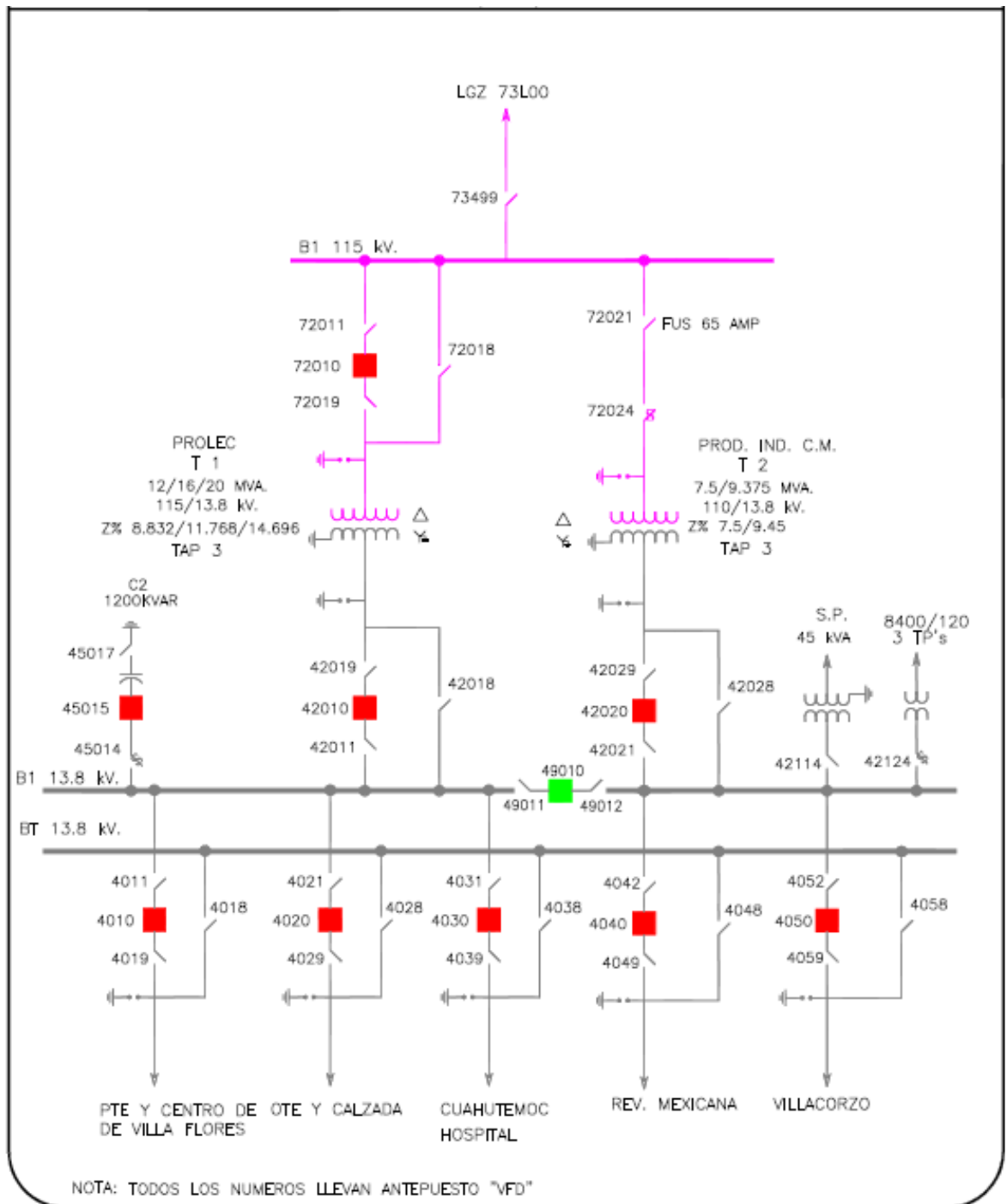
En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	1019.72 A
13.8	8497.70 A

Tabla 3.2.54

21. S.E. Villaflores Dos (VFD)

La subestación cuenta con dos transformadores de potencia. A continuación se mostrara el diagrama unifilar de la subestación.



- **VFD T1**

El transformador no cuenta con evidencia fotográfica del tap de operación, por lo que igual a los anteriores, usaremos la información dada por el Dpto. de Subestaciones. A continuación se mostrara los datos de placa.

PROLEC



http://www.prolecge.com

TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA EN ACEITE

No. SERIE G1044-02, 60 Hz, 1000 m s.n.m.115000-13800Y/7965 ELEVACION DE TEMPERATURA 55/65 °C

IMPEDANCIA PROBADA				PERDIDAS MEDIDAS EN kW EN POS. NOMINAL			
% Z	kVA BASE	kV BASE	TEMP. °C	P _{Fe}	P _{Cu}	P _{ext}	P _{total}
8.33	12000 OA	115-138	75	11.669	23.917	0.382	38.987
11.765	16000 FA1		75		45.839		58.790
14.688	20000 FA2		75		71.436		88.017
18.375	22400 FA2		85		90.987		104.629

MASA (KILOGRAMOS)	
DEVANADO DE B.T. POR FASE	869
DEVANADO DE A.T. POR FASE	1380
BOBINAS	6747
NUCLEO (232DKH90)	10969
HERRAJES + CAMBIADOR SIN CARGA	1848
GUIAS Y BARRAS	63
ASILAMIENTOS	1476
NUCLEO+HERRAJES+ASILAMIENTOS	14356
PORTE ACTIVA	21103
TANQUE + ACCESORIOS	9975
ACEITE	15850
TOTAL	46928
BEZA MAS PESADA PARA DESENTANQUE	21103

IMPEDANCIA MEDIDA @ 75°C EN LAS POSICIONES EXTREMAS DEL CAMBIADOR DE DERIVACIONES			
% Z	POS.	kV BASE	kVA BASE
8.33	1	117.875	12000
8.33	5	106.375	12000

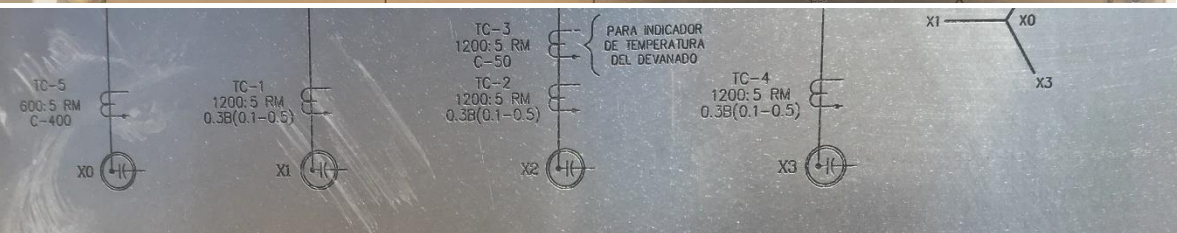
VALOR MEDIDO RESISTENCIA DE AISLAMIENTO @ 20 °C	
A.T. CONTRA B.T. Y TIERRA	16383 MΩ
B.T. CONTRA A.T. Y TIERRA	16700 MΩ
A.T. CONTRA B.T.	14000 MΩ

VALOR MEDIDO DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO @ 20 °C			
A.T. CONTRA B.T. Y TIERRA	CA	CB	CC
0.999	0.999	0.999	0.999

FECHA DE EMBARQUE	10-2002
REPORTE DE PRUEBAS	G1044-02
No. CONTRATO OEL	760003
No. DE PARTIDA	10
% HUMEDAD RESIDUAL	3

NIVEL BASICO DE IMPULSO ONDA COMPLETA (kV)			
	A.T.	B.T.	X0
BOQUILLA	550	110	110
DEVANADO	550	110	110

ACEITE (LITROS)	
TANQUE	16575
RADIADORES	228
TANQUE CONSERVADOR	808
TOTAL	17610
CANTIDAD PARA CUBRIR DEVANADOS	13500



TENSION H1, H2, H3	CORRIENTE				CAMBIADOR DE DERIVACIONES SIN CARGA	
	kVA (OA)	kVA (FA1)	kVA (FA2)	kVA (FA2)	POS.	CONECTAR
	12000	16000	20000	22400		
117875	58.8	78.4	98.0	110	1	a CON b
115000	60.2	80.3	100	113	2	b CON c
112125	61.8	82.4	103	115	3	c CON d
109250	63.4	84.6	106	118	4	d CON e
106375	65.1	86.8	109	122	5	e CON f

TENSION X1, X2, X3	CORRIENTE			
	kVA (OA)	kVA (FA1)	kVA (FA2)	kVA (FA2)
	12000	16000	20000	22400
13800	502	669	837	937

PRECAUCION !

- 1- ANTES DE OPERAR EL TRANSFORMADOR LEER EL MANUAL DE INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO G1044.
- 2- NO ENERGIZAR EL TRANSFORMADOR CUANDO LA LECTURA DEL INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE ESTE ABAJO DEL MINIMO.
- 3- NO OPERAR EL "CAMBIADOR DE DERIVACIONES SIN CARGA" CON EL TRANSFORMADOR ENERGIZADO.

NOTAS

- 1- MAXIMA PRESION DEL SISTEMA DE PRESERVACION DE ACEITE: 0 kPa (PRESION ATMOSFERICA).
- 2- TANQUE DISEÑADO PARA SOPORTAR 103.42 kPa VACIO COMPLETO.
- 3- TODAS LAS BOBINAS SON DE MATERIAL DE COBRE.
- 4- LLENADO CON ACEITE MINERAL CON UN NIVEL NO DETECTABLE DE PCB (MENOS DE 2 PPM) AL MOMENTO DE LA MANUFACTURA.

2

AÑO DE FABRICACION : 2 0 0 2

Se organiza los datos en la siguiente tabla:

VFD T1	
MVA	12
MVA F1	16
MVA F2	20
TIPO DE ENFRIAMIENTO	3
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	112.125
Z%	8.832

Tabla 3.2.55

Se inician los cálculos de corto circuito del VFD T1 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{8.832}{100} = 0.08832 \text{ p.u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.08832 \left(\frac{112.125}{115} \right)^2 \left(\frac{100}{12} \right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.7176 \text{ p.u.}$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.7176}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 700.44 \text{ A}$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.7176}$$

$$I_{cc} = 5837.04 \text{ A}$$

En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I _{cc}
115	700.44 A
13.8	5837.04 A

Tabla 3.2.56

▪ VFD T2

Se mostrara la placa de datos y el tap de operación.

PRODUCTOS INDUSTRIALES CM, S.A.

TRANSFORMADOR EN ACEITE CLASE OA/FA

SERIE N° **F-651-03-006** INSTRUCTIVO N° **F65103**

FASES **3** **60** Hz. FORMA NUCLEO **430/1420/975**

KVA		°C
OA	FA	55°
7500	9375	

TENSIONES EN VOLTS
110000-13800 Y/7967

NIVELES BASICOS DE IMPULSO
KV DE ONDA COMPLETA
AT = **550 KV**
BT = **110 KV**

% Z	a	°C
	KVA BASE	KV BASE
	7500	110
7.58	9375	
9.43		

ELEVACION DE TEMPERATURA A PLENA CARGA CONTINUA A **1000** M.S.N.M. / **55** °C.

CONEXIONES

DEVANADO	VOLTS	AMPERES		CAMBIADOR DE DERIVACIONES POS. CONECTA EN CADA FASE
		OA	FA	
ALTA TENSION 	115 500	37.49	46.86	1 a con b
	112 750	38.40	48.00	2 b con c
	110 000	39.36	49.2	3 c con d
	107 250	40.37	50.46	4 d con e
	104 500	41.43	51.79	5 e con f
BAJA TENSION 	13800 / 7967	313.77	392.22	

PESOS APROXIMADOS: NUCLEO Y BOBINAS **14 540** KG. TANQUE Y ACCESORIOS **10 000** KG.
ACEITE **15 218** KG. TOTAL **39 758** KG.

LTS. CONT. ACEITE: TANQUE **1571** RADIADORES **1192** CONSERVADOR **16909**



Se organiza los datos en la siguiente tabla:

VFD T2	
MVA	7.5
MVA F1	9.375
TIPO DE ENFRIAMIENTO	2
TENSIÓN EN ALTA	115
TENSION EN BAJA	13.8
TAP DE OPERACIÓN	3
TENSION OPERACIÓN DEL TAP	110
Z%	7.55

Tabla 3.2.57

Se inician los cálculos de corto circuito del VFD T2 con los datos obtenidos en la tabla anterior.

La magnitud impedancia sobre su propia base es:

$$Z_v = \frac{7.55}{100} = 0.0755 \text{ p. u.}$$

Se calcula la impedancia del transformador en las nuevas bases. Al ser una subestación con buses de 115 kV y 13.8 kV, las bases serán 100 MVA base y 115 kV.

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.0755 \left(\frac{110}{115}\right)^2 \left(\frac{100}{7.5}\right)$$

$$Z_{eq}(p.u.) = 0.9628986 p.u.$$

Se prosigue con la corriente de corto circuito tanto de alta como de baja tensión.

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 115 \times 0.9628986}$$

El resultado es:

$$I_{cc} = 522.01 A$$

Se calcula el lado de baja tensión, recordando que el bus de esta subestación se maneja a 13.8 kV:

$$I_{cc} = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.9628986}$$

$$I_{cc} = 4350.05 A$$

En la siguiente tabla se mostrará los resultados obtenidos.

kV	I_{cc}
115	522.01 A
13.8	4350.05 A

Tabla 3.2.58

4. Resultados y conclusiones

Se lograron los objetivos previstos de la actualización del estudio de corto circuito de los transformadores de potencia de la red de distribución de la zona Tuxtla de Comisión Federal de Electricidad.

Se mostrara una tabla que organiza los transformadores de potencia, con sus corrientes de corto circuito actualizados.

S.E	TRANSFORMADOR	ICC (ALTA)	ICC (BAJA)
BBN	T1	1552.85	3882.14
BCH	T1	688.13	5734.45
CIT	T1	432.51	3604.26
	T2	438.87	3657.26
COP	T1	1144.44	2861.10
GIA	T1	687.37	2291.23
	T2	717.41	5978.46
IPD	T1	292.29	2435.72

	T2	422.15	3517.91
JUY	T1	419.30	3494.20
	T2	482.75	1609.17
LGZ	T1	691.98	5766.52
LMX	T1	299.59	2496.61
MAA	T1	1048.17	8734.79
MPE	T1	334.20	2785.04
OCZ	T1	690.46	5753.86
	T2	437.88	3648.97
PAR	T1	624.46	1561.16
RDB	T1	684.33	5702.73
SMJ	T1	350.54	2921.16
SOY	T1	346.86	2890.46
TGD	T1	1042.46	8687.16
	T2	1170.64	9755.31
TGU	T1	1176.46	9803.84
	T2	1030.70	8589.18
TXN	T1	1089.67	9080.55
	T2	1048.66	8740.53
TXS	T1	1019.72	8497.70
VFD	T1	700.44	5837.04
	T2	522.01	4350.05

Con la tabla anterior se puede saber que el estudio fue un éxito, y se pudo actualizar a las corrientes de corto circuito, con el cual se tiene la base para poder otros estudios, como es el de coordinación de protecciones, y el estudio de redes de tierra.

Se logró conocer la importancia de estos estudios para las protecciones de la red eléctrica de distribución, y como estos pueden proteger igual a los equipos conectados a la red. Se logró de igual manera, explicar paso a paso, lo que conlleva hacer un estudio de corto circuito, en este caso usando el método de bus infinito.

Algo importante y que se toma mucho en cuenta que la seguridad, trabajar con respecto a las normas y estándares de protección, como también el trabajo en equipo y una relación buena entre el personal técnico.

Se concluye que a lo largo de mi residencia profesional, en el área de Protecciones de la zona Tuxtla, obtuve como resultado conocer y comprender las ventajas de este estudio para las protecciones eléctricas, y como ayuda estos datos en las subestaciones de distribución.

Referencias Bibliográficas

ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS.

Enríquez Harper.

COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION.

GOD 3539

ESQUEMAS NORMALIZADOS DE PROTECCIONES PARA TRANSFORMADORES Y REACTORES DE POTENCIA.

CFE G0000-62

TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES DE POTENCIA PARA SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION

CFE K0000-13

CRITERIOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS.

CFE. CPTT, MEXICO. 2001