

16/09/19

INVENTARIO

11 OCT 2018

POR: Liliana O.

20/12/2015

Ing. María José Nieto Nieto  
ASISTENTE DE ACTUACIÓN

26/12/17  
Liliana



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“Estudio de la Coordinación de las Protecciones por  
Métodos Computarizados Aplicados al Centro Comercial  
Mall del Sur”**

**INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACIÓN POTENCIA**

Presentado por:

**Anthony Mauren Ramírez Rivera**

**Luis Roberto Inde Yanzapanta**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO**

**2011**





CIB - ESPOL

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“Estudio de la Coordinación de las Protecciones por  
Métodos Computarizados Aplicados al Centro Comercial  
Mall del Sur”**

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACIÓN POTENCIA**

Presentado por:

**Anthony Mauren Ramírez Rivera**

**Luis Roberto Inde Yanzapanta**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2011

espol

Biblioteca



D-91452

# AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres por todo el esfuerzo, bendiciones, apoyo brindado para culminar la carrera y en especial por la confianza puesta en nosotros para cumplir una meta en común.

Queridos padres, sabemos que la única manera de retribuir tanto esfuerzo es brindándoles esta alegría de vernos grandes como algún día lo imaginaron.

Un agradecimiento sincero a todos y cada uno de nuestros maestros quienes inculcaron en nosotros sabiduría y conocimiento. De manera especial al Ing. Juan Saavedra por guiarnos en la recta final para alcanzar nuestra meta, una de las más importantes de nuestras vidas.

# DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia en especial a mí querido padre Alejandro Ramírez y a mi querida madre Mery Rivera quienes supieron tener la suficiente paciencia para caminar conmigo en este largo camino para conseguir tan ansiada meta.

*Anthony Ramírez Rivera*

Dedico este trabajo a mis padres por siempre apoyarme en mi formación académica cuyo esfuerzo se ve reflejado en el comienzo de una nueva etapa de mi vida al pasar a ser un profesional.

*Luis Inde Yanzapanta*

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo final de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Anthony Mauren Ramírez Rivera



Luis Roberto Inde Yanzapanta




**CIB - ESPOL**

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

Ing. Juan Saavedra  
Profesor de la Materia de Graduación



---

Ing. Alberto Hanze Bello  
Delegado del Decano

# RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata sobre la coordinación de las protecciones eléctricas en un sistema industrial tipo Centro Comercial. Lo cual nos garantizará una alta confiabilidad en los sistemas eléctricos de distribución.

Este estudio consiste en la coordinación de las protecciones desde el punto de interconexión en las redes de media tensión a 13.8KV hasta las barras de carga a 480 y 220V.

A nivel de 13.8KV las protecciones principales se realizan mediante relés SEL 551 y G.E 735, mientras que aguas abajo al mismo nivel de tensión se realiza la protección de los alimentadores mediante Seccionadores-Fusibles trifásicos (los fusibles utilizados son de marca INAEL), finalmente se tiene las barras a 480 y 220V las mismas que son protegidas con Breakers Cutler Hammer.



CIB - ESPOL

# INDICE GENERAL

## RESUMEN

CAPITULO 1.- DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES.....	1
CAPITULO 2.- ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA.....	18
2.1 Criterios adoptados para el estudio.....	18
2.1.1 Flexibilidad Operacional.....	18
2.1.2 Niveles de Confiabilidad.....	18
2.1.3 Niveles de sobrecarga.....	19
2.1.4 Regulación de Voltaje.....	19
2.2 Análisis de casos.....	19
2.3 Datos del Sistema.....	20
2.3.1 Datos de barras de carga.....	22
2.3.2 Datos de líneas y conductores.....	22
2.3.3 Datos de Transformadores de Fuerza.....	23
2.4 Resultados de los Estudios de Flujo de Carga.....	25
2.4.1 Casos base Máxima Carga.....	25
2.4.1.1 Voltajes en barras.....	26
2.4.1.2 Consumo Total y Factor de Potencia.....	26
2.4.1.3 Carga de conductores.....	26
2.4.1.4 Carga de los Transformadores.....	27

2.5 Conclusiones del estudio de Flujo.....	27
CAPITULO 3.- ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.....	29
3.1 Alcance de los estudios de Corto Circuito.....	30
3.2 Datos del Sistema.....	31
3.2.1 Impedancias Equivalentes en el Punto de Entrega de la E.E.....	31
3.2.1.1 MVA de Corto Circuito.....	31
3.2.1.2 Impedancias Equivalentes.....	32
3.2.2 Datos de Conductores.....	32
3.2.3 Datos de Transformadores de Fuerza.....	32
3.3 Resultados de los Estudios de Corto Circuito.....	33
3.3.1 Casos base.....	33
3.3.1.1 Corriente de Falla en cada barra.....	33
3.3.1.2 Capacidad de Interrupción.....	35
3.4 Conclusiones y recomendaciones.....	36
CAPITULO 4.- COORDINACION DE LAS PROTECCIONES.....	38
4.1 Esquemas de Protecciones.....	39
4.1.1 Esquemas de Protección Barra Principal 13.8 KV.....	39
4.1.2 Esquemas de protección de Transformadores (Cámara #1).....	40
4.1.3 Esquemas de protección de Transformadores (Cámara #2).....	41
4.1.4 Esquemas de protección de Transformadores (Cámara #3).....	42
4.1.5 Esquemas de protección de Transformadores (Cámara #4).....	43



4.2 Ajuste y Coordinación de las Protecciones.....	44
4.2.1 Protección de Barra Principal 13.8 KV.....	44
4.2.2 Protección de Cámara de Transformadores #1.....	49
4.2.3 Protección de Cámara de Transformadores #2.....	55
4.2.4 Protección de Cámara de Transformadores #3.....	62
4.2.5 Protección de Cámara de Transformadores #4.....	69
4.3 Resumen de Ajustes.....	76

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## ANEXOS

## BIBLIOGRAFIA

# INDICE DE FIGURAS

## Capítulo 1

Figura N° 1 CABINA DE MEDICION TOTALIZADORA	3
Figura N° 2 CABINA DE MEDICION TOTALIZADORA	3
Figura N° 3 MEDICION INDIRECTA	4
Figura N° 4 MEDICION INDIRECTA	4
Figura N° 5 ARMARIO ELECTRICO PRINCIPAL	5
Figura N° 6 ARMARIO ELECTRICO PRINCIPAL	5
Figura N° 7 DISYUNTOR TRIPOLAR 1200 AMP.	6
Figura N° 8 RELE DE SOBRE CORRIENTE SEL-551	7
Figura N° 9 DISYUNTOR TRIPOLAR 1200 AMP.	7
Figura N° 10 RELE DE SOBRE CORRIENTE GE 735	8
Figura N° 11 SECCIONADOR FUSIBLE 15 KV 600A	9
Figura N° 12 SECCIONADOR FUSIBLE 15 KV 600A	9
Figura N° 13 SECCIONADOR FUSIBLE 15KV 600 A.	10
Figura N° 14 SECCIONADOR FUSIBLE 15 KV 600 A.	10
Figura N° 15 GENERADOR TRIFASICO MARCA CUMMINS	16
Figura N° 16 ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE CARGA	17

## Capítulo 4

Figura N° 17 ESQUEMA DE PROTECCION BARRA DE 13.8 KV 27	39
Figura N° 18 ESQUEMA DE PROTECCION-CAMARA DE TRANSF.1	40
Figura N° 19 ESQUEMA DE PROTECCION-CAMARA DE TRANSF.2	41

Figura N° 20 ESQUEMA DE PROTECCION-CAMARA DE TRANSF.3	42
Figura N° 21 ESQUEMA DE PROTECCION-CAMARA DE TRANSF. 4	43
Figura N° 22 COORDINACION RELES SEL551 Y GE #1 Y #2	46
Figura N° 23 COORDINACION CAMARA DE TRAFOS #1 Inicial	49
Figura N° 24 COORDINACION CAMARA DE TRAFOS #1	53
Figura N° 25 COORDINACION CAMARA DE TRAFOS #2 Inicial	55
Figura N° 26 COORDINACION CAMARA DE TRAFOS #2	61
Figura N° 27 COORDINACION CAMARA DE TRAFOS #3 Inicial	62
Figura N° 28 COORDINACION CAMARA DE TRAFOS #3	68
Figura N° 29 COORDINACION CAMARA DE TRAFOS #4 Inicial	69
Figura N° 30 COORDINACION CAMARA DE TRAFOS #4	75

# INDICE DE TABLAS

## Capítulo 2

TABLA N°1 CARGAS DEL SISTEMA	22
TABLA N°2 IMPEDANCIAS DE LINEAS – VALORES REALES	22
TABLA N°3 IMPEDANCIAS DE LINEAS – VALORES P.U.	23
TABLA N°4 DATOS DE TRANSFORMADORES	23
TABLA N°5 VOLTAJES EN LAS BARRAS DEL SISTEMA – CASO BASE	26
TABLA N°6 DEMANDA TOTAL MALL DEL SUR	26
TABLA N°7 CARGA DE LINEAS	26
TABLA N°8 CARGA DE TRANSFORMADORES	27

## Capítulo 3

TABLA N°9 CORRIENTES Y MVA DE CORTOCIRCUITO MAX. CARGA	31
TABLA N°10 IMPEDANCIAS EQUIVALENTES DE CORTOCIRCUITO	32
TABLA N°11 CORRIENTES DE FALLA MAXIMA Y MINIMA	33
TABLA N°12 CAPACIDAD INTERRUPCION DE PROTECCIONES	34-35

## Capítulo 4

TABLA N°13 AJUSTES DE RELES SEL551 Y GE 735	48
---	----

# CAPITULO 1

## DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES.

### 1.1 Ubicación geográfica del sitio de estudio.

El Centro Comercial MALL DEL SUR se encuentra ubicado al sur de la ciudad de Guayaquil en la Ave. 25 de Julio entre las calles José de la Cuadra y Ernesto Albán, su edificación se levanta sobre una área aproximada de 62.000 m<sup>2</sup>, cuenta con 3 niveles los cuales acogen un total de 166 locales comerciales siendo los más importantes Megamaxi, Casa Tosi, Cinemark, Súper éxito, Maratón, Mc Donalds y Fybeca (considerados como buenas anclas para el éxito del funcionamiento del centro comercial).

### 1.2 Demanda Eléctrica Total

Para llevar a cabo las actividades comerciales en el interior del centro comercial, éste tiene una **demanda eléctrica total de diseño** igual a 4982 KW.

Como **demanda eléctrica total instalada** se tiene un valor de 2755 KW los cuales son distribuidos a los diferentes locales comerciales, ésta distribución se detallará posteriormente.

### **1.3 Descripción de las Instalaciones Eléctricas.**

#### **1.3.1 Red Eléctrica en Media Tensión (ANEXO A /Plano 1).**

El suministro del fluido eléctrico al centro comercial MALL DEL SUR se toma a partir de las Redes de Media Tensión de la Empresa Eléctrica.

Para tal efecto el centro comercial cuenta con una Acometida Subterránea Principal Trifásica en Media Tensión 13.8 KV, construida con cable # 500 MCM (XLPE – 15KV) para cada una de las fases y una línea de neutro construida con cable N° 4/0 AWG THHN, esta acometida recorre una distancia de 60 metros hasta llegar a una Cabina de Medición Totalizadora en el interior del centro comercial tal como se muestra en las figuras N°1 y N°2.

La interconexión de esta acometida con la Red de Media Tensión 13.8 KV se realiza mediante conexión directa a



través de puntas terminales armadas en los extremos de los cables 500 MCM-15 KV.



Figura N° 1

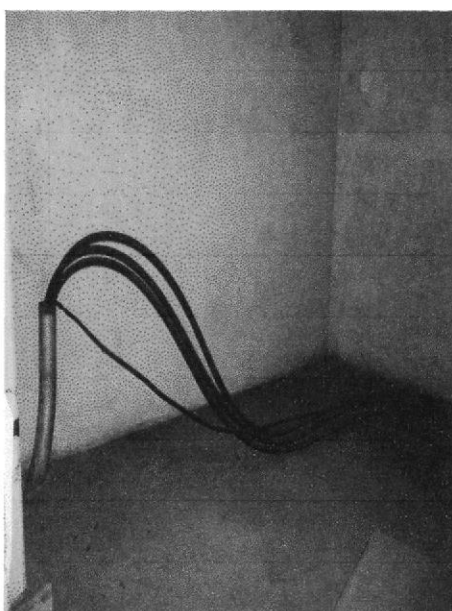


Figura N° 2

La acometida ya descrita llega hasta la Cabina de Medición Totalizadora en la cual se alojan todos los equipos requeridos para una Medición Indirecta (ver figuras N°3 y N°4 detallados a continuación:

- 3 PT's - 70:1 / 8400 – 120V
- 3 CT's – 600/5A - 15KV
- Medidor de Estado Sólido

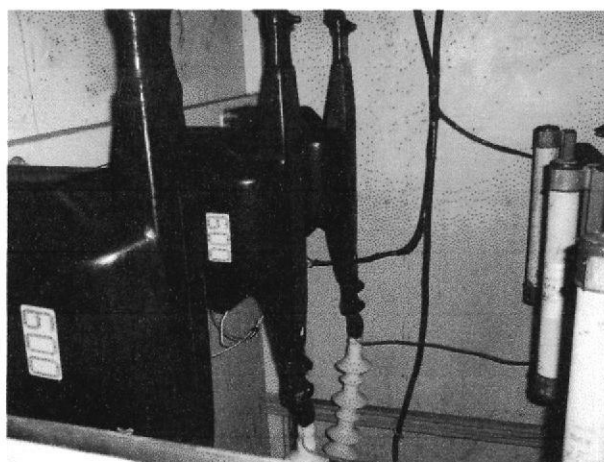


Figura N°3

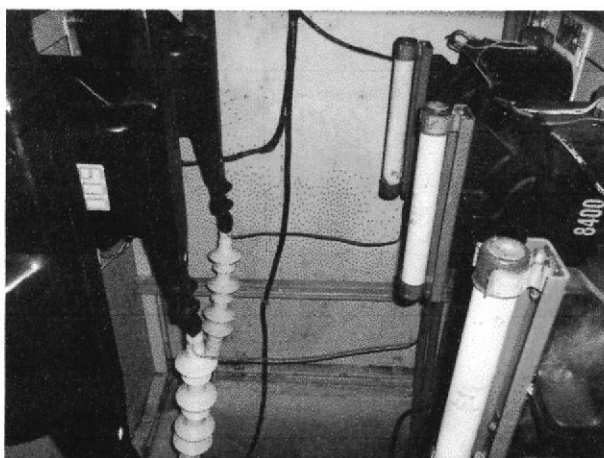


Figura N°4



De la Cabina de Medición, a partir del extremo H2 de los CT's continúa la Acometida Principal hacia un Armario Eléctrico Principal ubicado en el segundo nivel del edificio, tal como se muestra en las figuras N°5 y N°6

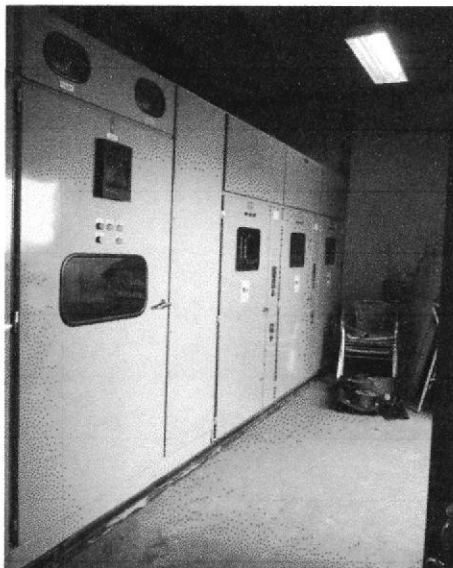


Figura N°5

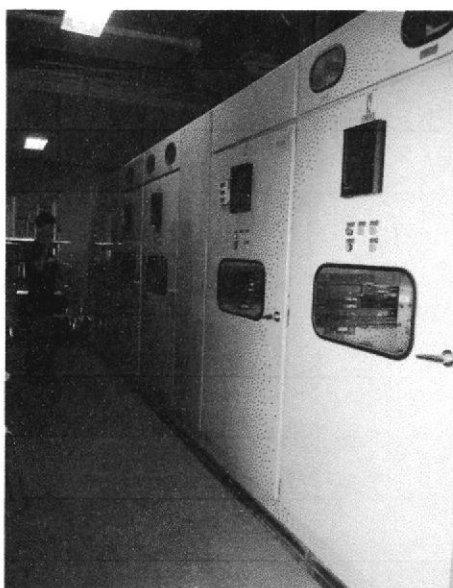


Figura N°6

Esta acometida está construida con cables # 4/0 AWG – XLPE-15 KV para las fases y una línea de neutro construida con cable # 2 AWG THHN.

### 1.3.2 Armario Eléctrico Principal

En el segundo nivel de la edificación se encuentra instalado un Armario Eléctrico con las siguientes características:

- **Cabina Principal:**

Disyuntor Tripolar en Vacío / 1200 Amp. Cont. 17.5KV Montaje Fijo (fig. N°7)

Relé de Sobre-corriente 50/51 Marca SEL-551(fig. N°8)



Figura N°7

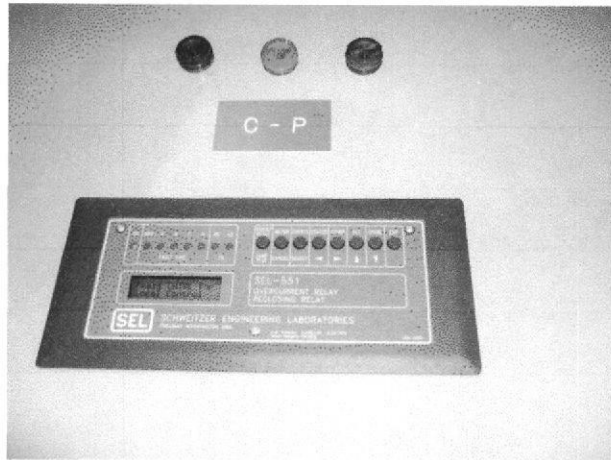


Figura N°8

- **Transferencia Automática # 1 – 15 KV:**

2 Disyuntores Tripolares en Vacío / 630 Amp. Cont.  
17.5KV Motorizados Extraíbles (fig. N°9).

2 Relés de Sobre-corriente 50/51 (735-FEEDER  
PROTECTION RELAY (fig. N°10))

3PT's 70:1 / 8400-120V

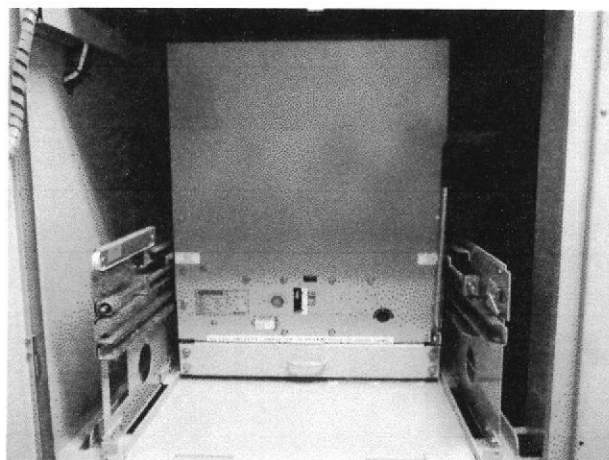


Figura N°9



Figura N°10

- **Transferencia Automática # 2 – 15 KV:**

2 Disyuntores Tripolares en Vacío / 630 Amp. Cont.  
17.5KV Motorizados Extraíbles.

2 Relés de Sobre-corriente 50/51 (735-FEEDER  
PROTECTION RELAY)

3PT's 70:1 / 8400-120V

Luces Indicadoras

- **Cabina de Línea – Cámara de Transformación #2  
(Fusibles 100A)**

Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. (Figs. N°11,  
12, 13 y 14)



CIB - ESPOL



Figura N°11

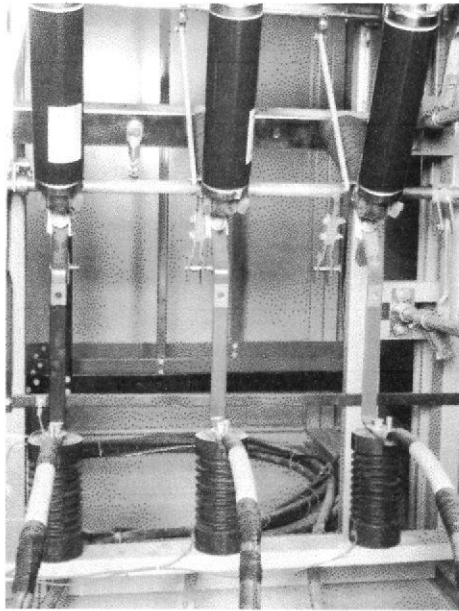


Figura N°12

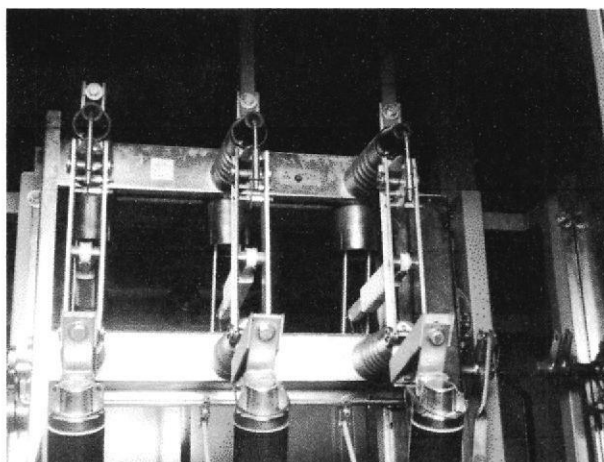


Figura N°13

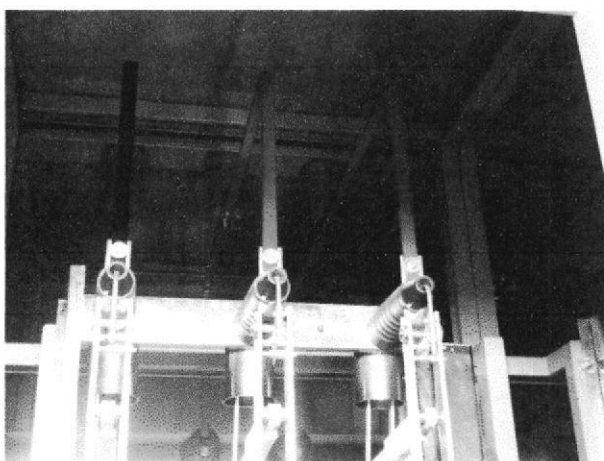


Figura N°14

- **Cabina de Línea – Cámara de Transformación #3**  
**(Fusibles 100A)**  
Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico
- **Cabina de Línea – Cámara de Transformación #4**  
**(Fusibles 100A)**  
Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico

### **1.3.3 Alimentadoras Principales en Media Tensión 15 KV**

#### **Alimentadora # 1 (Cámara de Transformación # 1).-**

3#1/0 Cu AWG XLPE 15 KV + 1#1/0 Cu desnudo, se deriva desde la Transferencia Automática # 1 hasta la Cámara de Transformación # 1.

#### **Alimentadora # 2 (Cámara de Transformación # 2).-**

3#2 Cu AWG XLPE 15 KV + 1#1/0 Cu desnudo, se deriva desde el Armario Eléctrico Principal (Cabina de Línea – Cámara de Transformación # 2) hasta la Cámara de Transformación # 2.

#### **Alimentadora # 3 (Cámara de Transformación # 3).-**

3#2 Cu AWG XLPE 15 KV + 1#1/0 Cu desnudo, se deriva desde el Armario Eléctrico Principal (Cabina de Línea – Cámara de Transformación # 3) hasta la Cámara de Transformación # 3.

#### **Alimentadora # 4 (Cámara de Transformación # 4).-**

3#2 Cu AWG XLPE 15 KV + 1#1/0 Cu desnudo, se deriva desde el Armario Eléctrico Principal (Cabina de

Línea – Cámara de Transformación # 4) hasta la Cámara de Transformación # 4.

#### **1.3.4 Cámaras de Transformación**

**Cámara de Transformación # 1.-** Contiene:

Seccionador Principal de M.T. de operación bajo carga para uso interior 600A Cont. 15KV. Trifásico.

Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico:

Protección para Transformador # 1.

Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico:

Protección para Transformador # 2.

Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico:

Protección para Transformador # 3.

Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico:

Protección para Transformador # 4.

Medición Indirecta en M.T.

**Cámara de Transformación # 2.-** Contiene:

Seccionador Principal de M.T. de operación bajo carga para uso interior 600A Cont. 15KV. Trifásico.



Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico:  
Protección para Transformador # 5.

Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico:  
Protección para Transformador # 6.

**Cámara de Transformación # 3.-** Contiene:

Seccionador Principal de M.T. de operación bajo carga  
para uso interior 600A Cont. 15KV. Trifásico.

Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico:  
Protección para Transformador # 7.

Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico:  
Protección para Transformador # 8.

**Cámara de Transformación # 4.-** Contiene:

Seccionador-Fusible 15 KV – 600A Cont. Trifásico:  
Protección para Transformador # 9.

### **1.3.5 Transformadores**

**Transformador #1.-** Trifásico  $\Delta$ -Y, 500KVA, 13200-  
480Y/277, 3.35% IMP.

**Transformador #2.-** Trifásico  $\Delta$ -Y, 750KVA, 13200-  
220Y/127, 4.02% IMP.

**Transformador #3.-** Trifásico  $\Delta$ -Y, 400KVA, 13200-  
480Y/277, 3.10% IMP.

**Transformador #4.-** Trifásico  $\Delta$ -Y, 1000KVA, 13200-  
208Y/120, 4.03% IMP.

**Transformador #5.-** Trifásico  $\Delta$ -Y, 1000KVA, 13200-  
208Y/120, 4.03% IMP.

**Transformador #6.-** Trifásico  $\Delta$ -Y, 750KVA, 13200-  
480Y/277, 4.02% IMP.

**Transformador #7.-** Trifásico  $\Delta$ -Y, 750KVA, 13200-  
208Y/120, 4.03% IMP.

**Transformador #8.-** Trifásico  $\Delta$ -Y, 400KVA, 13200-  
480Y/277, 3.10% IMP.

**Transformador #9.-** Trifásico  $\Delta$ -Y, 1000KVA, 13200-

208Y/120, 4.03% IMP.

### **1.3.5 Red Eléctrica en Baja Tensión**

La distribución de energía a nivel de baja tensión para los locales comerciales, servicios generales, ascensores, equipos de climatización, bombas, escaleras eléctricas, entre otros se realiza a partir de los secundarios de cada uno de los transformadores hacia los diversos Tableros Eléctricos Principales de Distribución en baja tensión tal como se muestra en los planos adjuntos del Anexo A.

### **1.3.6 Generadores de Emergencia**

El centro comercial cuenta con una generación emergente de potencia a nivel de 480V por medio de la conexión en paralelo de 4 generadores trifásicos marca Cummins Power Generation tipo Standby, 750 KW (fig.N°15)

El nivel de voltaje es elevado a 13200V mediante dos transformadores de 2000KVA cada uno tal como se muestra en el plano #1 del Anexo A.

De cada transformador elevador se deriva una alimentadora trifásica en M.T. las cuales energizan las transferencias automáticas correspondientes #1 y #2.

Para efectos del presente estudio no se considera la generación emergente debido a que no contribuye con corrientes en presencia de fallas trifásicas o de línea a tierra.

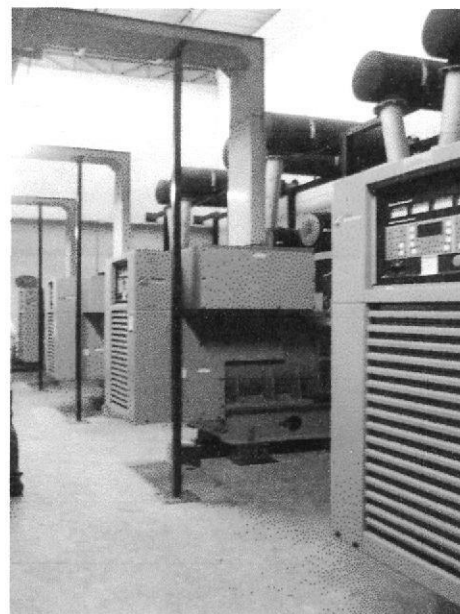


Figura N°15

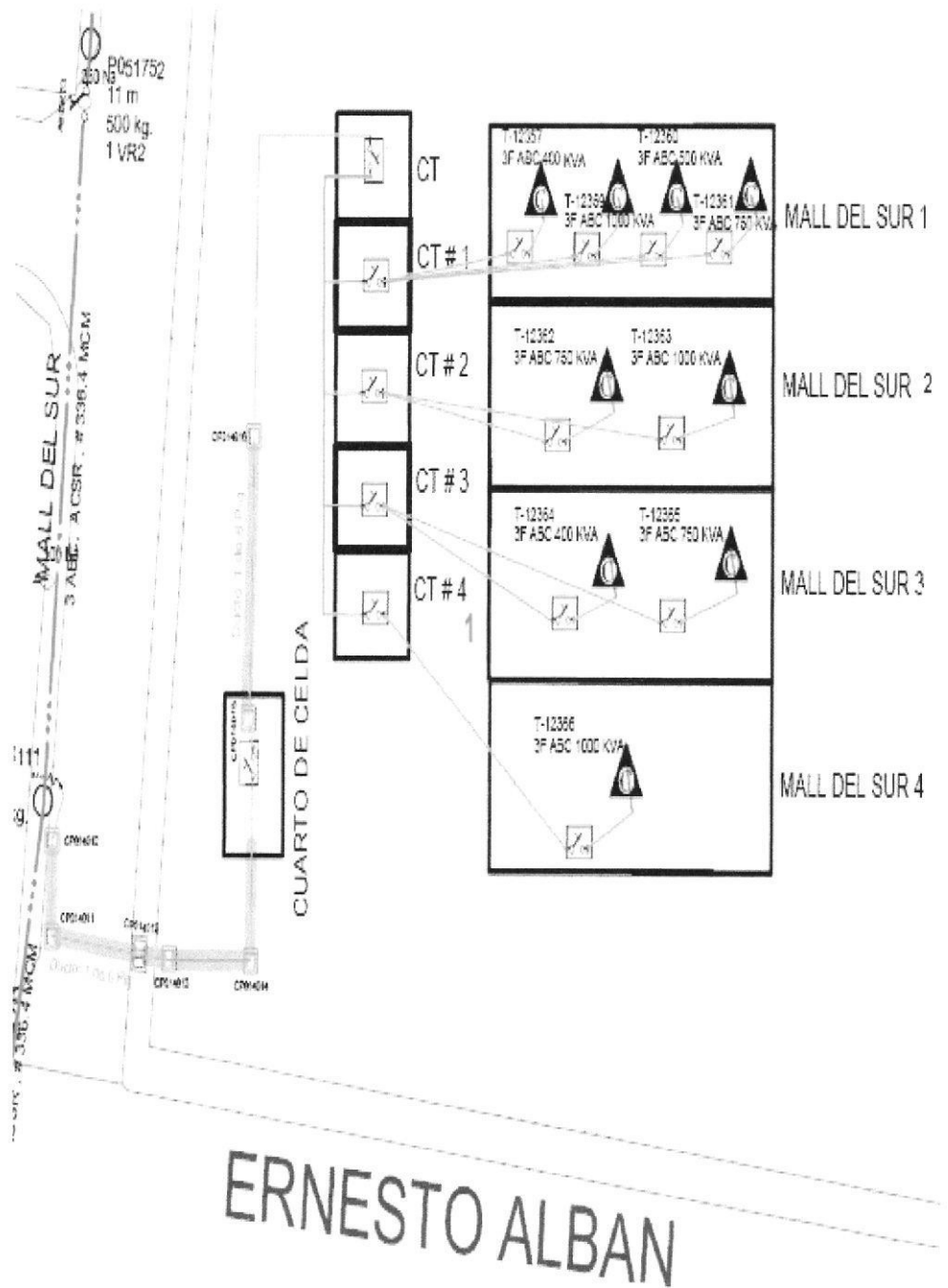


Figura N°16 Esquema de Distribución de Carga



# CAPITULO 2

## **ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA.**

Los estudios de flujo de carga, son sumamente importantes para evaluar el funcionamiento de los sistemas de potencia, su control y planificación para expansiones futuras. Un estudio de flujo de potencia define principalmente las potencias activa y reactiva y el vector de tensión en cada barra del sistema.

### **2.1 Criterios adoptados para el estudio.**

#### 2.1.1 Flexibilidad Operacional

El sistema podrá funcionar alimentado por la Empresa Eléctrica o por medio de los Generadores de Emergencia sin ninguna restricción

#### 2.1.2 Niveles de Confiabilidad.

El sistema debe proveer la continuidad del servicio y la alimentación a las instalaciones del Centro Comercial Mall del Sur en forma prioritaria, ante la existencia de falla de un elemento del Sistema.

### 2.1.3 Niveles de sobrecarga.

No se aceptan sobrecarga en los cables del Sistema mayores a la cargabilidad establecida en las especificaciones técnicas. Para el caso de los Transformadores Convencionales de Fuerza, la carga no debe exceder su capacidad OA.

### 2.1.4 Regulación de Voltaje.

Los voltajes a nivel de barras del Sistema no deben exceder del 2.5% hacia arriba y 2.5% hacia abajo, ante cualquier contingencia operativa.

## 2.2 Análisis de casos

### - Caso Base Máxima Carga

El análisis del caso citado se realizará con la ayuda de una herramienta computacional, Software – PowerWorld, el cual nos permitirá simular el funcionamiento del sistema eléctrico del centro comercial en las condiciones actuales y acogiendo las posibles soluciones que se planteen en el desarrollo de este estudio.

Es decir, se podrán visualizar los Flujos de Potencia, de corriente, voltajes de barras, capacidades disponibles de líneas de transmisión y transformadores, cargas instaladas, entre otros.

La información obtenida nos permite plantear soluciones y visualizar los efectos que estas producen en el sistema eléctrico.

Para tal efecto se requiere del ingreso de la información levantada en el sitio de estudio tal como datos de Cargas, Impedancias de Líneas, Transformadores, Voltajes a nivel de Media Tensión, distancias de acometidas, diagramas unifilares, entre otros.

Toda la información real es llevada a datos en por unidad considerando como bases 13.8KV y 100MVA.

### **2. 3. Datos del Sistema.**

Para obtener los datos de carga se realizaron varias mediciones durante dos fines de semana obteniendo de este proceso la mayor medición de corriente para cada transformador. A continuación se procedió al cálculo de las demandas en MW, MVAR y MVA con la ayuda del factor de



potencia (0,92) medido en la Cámara de Medición Totalizadora, las cuales se muestran en la tabla N° 1.

Del levantamiento de información realizado también se obtuvieron las distancias de acometidas y sección de conductores. Mediante el uso de tablas se obtuvieron los valores de impedancias para cada conductor en  $\Omega$ /millas.

Finalmente se transformaron todas las impedancias a valores en p.u. considerando las nuevas bases para el sistema eléctrico (13.8KV – 100MVA). Ver tablas N° 2 y N°3.

Se obtuvieron los datos de placa de cada transformador siendo los más importantes los valores de impedancia mismos que se debieron transformar a valores p.u. mostrados en la tabla N° 4.

### 2.3.1 Datos de barras de carga

TABLA DE CARGAS					
Number Bus	Name	Nom kV	Load MW	Load MVAR	Load MVA
4	TD - T3	0,220	0,264	0,053	0,270
5	TD - T4	0,480	0,132	0,085	0,158
6	TD - T1	0,208	0,403	0,196	0,451
7	TD - T2	0,480	0,080	0,031	0,086
9	TD - T5	0,208	0,537	0,134	0,554
10	TD - T6	0,480	0,365	0,244	0,438
12	TD - T7	0,208	0,462	0,152	0,488
13	TD - T8	0,480	0,105	0,092	0,140
15	TD - T9	0,208	0,407	0,118	0,424

Tabla N° 1 Cargas del Sistema

### 2.3.2 Datos de líneas y conductores

IMPEDANCIAS DE LINEAS - VALORES REALES							
De Barra	To Barra	AWG	DISTANCIA (mi)	R (ohm/mi)	X (ohm/mi)	(A)	MVA
Empresa Eléctrica	Cabina Principal	4/0	0,14879	0,342672	0,215952	405	9,68
Cabina Principal	Cam.Transf 1	1/0	0,033108	0,676368	0,24288	260	6,21
Cabina Principal	Cam.Transf 2	2	0,10022	1,072896	0,268224	195	4,66
Cabina Principal	Cam.Transf 3	2	0,099882	1,072896	0,268224	195	4,66
Cabina Principal	Cam.Transf 4	2	0,078306	1,072896	0,268224	195	4,66

Tabla N° 2 Impedancias de líneas - Valores Reales

IMPEDANCIAS DE LINEAS - VALORES P.U.						
De Barra	To Barra	AWG	R ( $\Omega$ )	X ( $\Omega$ )	R (p.u.) B:1,9044 $\Omega$	X (p.u.) B:1,9044 $\Omega$
Empresa Eléctrica	Cabina Principal	4/0	0,016995	0,010710	0,008924	0,005624
Cabina Principal	Cam.Transf 1	1/0	0,007464	0,00268	0,00392	0,001407
Cabina Principal	Cam.Transf 2	2	0,035842	0,00896	0,018821	0,004705
Cabina Principal	Cam.Transf 3	2	0,035721	0,00893	0,018757	0,004689
Cabina Principal	Cam.Transf 4	2	0,028005	0,007001	0,014705	0,003676

Tabla N° 3 Impedancias de líneas - Valores p.u.

### 2.3.3 Datos de Transformadores de Fuerza.

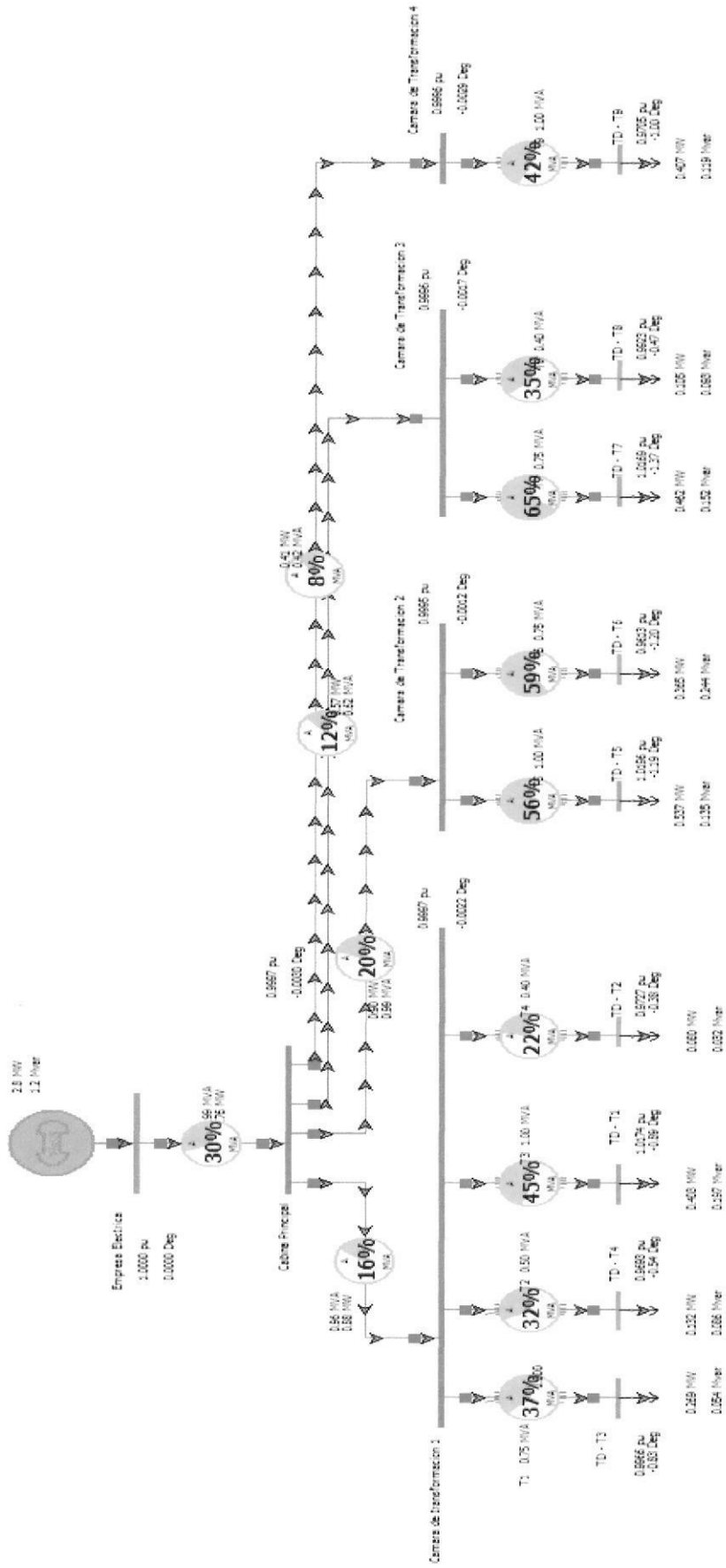
CARACTERISTICAS TRANSFORMADORES									
Datos	Cam. Transf. 1				Cam. Transf. 2		Cam. Transf. 3		Cam. Transf. 4
	Trafo 1	Trafo 2	Trafo 3	Trafo 4	Trafo 5	Trafo 6	Trafo 7	Trafo 8	Trafo 9
KVA	<b>500</b>	<b>750</b>	<b>400</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>750</b>	<b>750</b>	<b>400</b>	<b>1000</b>
H.V.	13200 $\Delta$ 480Y /	13200 $\Delta$ 220Y /	13200 $\Delta$ 480Y /	13200 $\Delta$ 208Y /	13200 $\Delta$ 208Y /	13200 $\Delta$ 480Y /	13200 $\Delta$ 208Y /	13200 $\Delta$ 480Y /	13200 $\Delta$ 208Y /
L.V.	277	127	277	120	120	277	120	277	120
% Z	3.35%	4.02%	3.10%	4.03%	4.03%	4.02%	4.03%	3.10%	4.03%
H.V. BIL	95	95	95	95	95	95	95	95	95
L.V. BIL	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabla N° 4 Características de Transformadores

Una vez analizados los datos obtenidos en el área de estudio se procedió al ingreso de la información en el software PowerWorld para obtener el diseño del sistema eléctrico en condiciones reales mostrado a continuación.

**POWERWORLD**

**Diseño Eléctrico Caso Base Máxima Carga**



## **2. 4 Resultados de los Estudios de Flujo de Carga.**

Los resultados de Flujo de carga serán presentados principalmente en forma grafica por ser el método más conciso y usualmente mas informativo. El flujo del sistema puede ser rápidamente analizado con la presentación grafica y relacionar la configuración del sistema, condiciones operativas y resultados.

El análisis del flujo de carga muestra lo siguiente:

- a) Voltaje en barras.
- b) Consumo de Potencia total
- c) Factor de Potencia. Requerimientos de potencia Reactiva.
- d) Carga sobre todos los conductores y transformadores, verificar que la carga este dentro de la capacidad de transmisión para condiciones normales y contingencias operativas.
- e) Ajustes de TAPS de los Transformadores.

### **2. 4.1 Casos base Máxima Carga**

En el Anexo B se adjunta los resultados gráficos del Flujo de carga del Caso base, que se resume a continuación:



### 2.4.1.1 Voltajes en barras

Bus Records	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)
Empresa Eléctrica	13,8	1	13,8	0
Cabina Principal	13,8	0,9997	13,796	0
Cámara de Transformación 1	13,8	0,9996	13,795	0
TD - T3	0,2	0,9917	0,198	-0,93
TD - T4	0,48	0,9920	0,476	-0,89
TD - T1	0,2	0,9901	0,198	-1,11
TD - T2	0,48	0,9914	0,476	-0,96
Cámara de Transformación 2	13,8	0,9996	13,794	0
TD - T5	0,21	0,9944	0,207	-0,61
TD - T6	0,48	0,9899	0,475	-1,13
Cámara de Transformación 3	13,8	0,9996	13,794	0
TD - T7	0,21	0,9880	0,206	-1,34
TD - T8	0,48	0,9944	0,477	-0,6
Cámara de Transformación 4	13,8	0,9996	13,795	0
TD - T9	0,21	0,9934	0,207	-0,73

Tabla N° 5 Voltajes de Barras

### 2.4.1.2 Consumo Total de Potencia y Factor de Potencia

Demanda Total Mall del Sur	Nom kV	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar	F.P.
	13,8	13,8	2,72	1,37	0,90

Tabla N° 6 Demanda Total Mall del Sur

### 2.4.1.3 Carga de Conductores

From Name	To Name	MVA	Lim MVA	% of MVA Limit (Max)
Empresa Eléctrica	Cabina Principal	3	10	30,4
Cabina Principal	Cámara de Transformación 1	1,4	6,2	22
Cabina Principal	Cámara de Transformación 2	0,7	5	14
Cabina Principal	Cámara de Transformación 3	0,6	5	12,7
Cabina Principal	Cámara de Transformación 4	0,3	5	7

Tabla N° 7 Carga de Líneas

#### 2.4.1.4 Carga de los Transformadores.

From Name	To Name	MVA	Lim MVA	% of MVA Limit (Max)
Cámara de Transformación 1	TD - T3	0,3	0,7	44,6
Cámara de Transformación 1	TD - T4	0,3	0,5	51,2
Cámara de Transformación 1	TD - T1	0,5	1	53,3
Cámara de Transformación 1	TD - T2	0,2	0,4	59,7
Cámara de Transformación 2	TD - T5	0,3	1	29,1
Cámara de Transformación 2	TD - T6	0,4	0,7	54,2
Cámara de Transformación 3	TD - T7	0,5	0,7	64,3
Cámara de Transformación 3	TD - T8	0,2	0,4	37,7
Cámara de Transformación 4	TD - T9	0,3	1	35

Tabla N° 8 Carga de Transformadores

#### 2.5 Conclusiones del estudio de Flujo.

Mediante el flujo de carga se pudo determinar las siguientes condiciones del sistema:

- Los voltajes en las barras se encuentran dentro del estándar establecido para posibles caídas de voltajes. (+- 2.5%).
- La capacidad de las líneas son muy bajas con respecto a su ampacidad lo cual permitirá a futuro aumentos de carga sin ningún problema.
- Se puede apreciar que los transformadores están trabajando en un promedio del 60 % de su capacidad, es decir el sistema eléctrico cuenta con un 40% de reserva para energizar futuras cargas.

- Finalmente el factor de potencia calculado de acuerdo a los datos de potencia activa y reactiva es de 0,90 mientras que la información que registra el medidor totalizador del sistema muestra un valor de 0,92 con lo cual se concluye que el centro comercial no está siendo penalizado por bajo factor de potencia.



CIB - ESPOL



# CAPITULO 3

## **ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.**

En el análisis de corto circuito, las fallas del sistema se manifiestan como condiciones anormales de operación que nos podrían conducir a uno de los siguientes fenómenos:

- Indeseables flujos de Corrientes.
- Presencia de Corrientes de magnitudes exageradas que podrían dañar los equipos.
- Caída de Voltaje en la vecindad de la falla que puede afectar adversamente la operación de las maquinas rotatorias.
- Creación de condiciones peligrosas para la seguridad del personal.

El Centro Comercial Mall del Sur requiere realizar estudios de Corto Circuito para resolver las situaciones críticas señaladas, y obtener la información básica para la coordinación de las protecciones. Los estudios se realizarán con los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de las corrientes de falla en los componentes del sistema tales como cables, barras y transformadores durante el tiempo que persista la falla.
- Los estudios determinaran las zonas del sistema en donde la falla puede resultar en depresión inaceptable de voltajes.
- Determinar el ajuste de los equipos de protección, los cuales son establecidos considerando el sistema bajo condiciones de falla.

### **3.1 Alcance de los estudios de Corto Circuito.**

Considerando que el Sistema del Centro Comercial Mall del Sur se caracteriza por ser un sistema típicamente aterrizado el estudio de corto circuito considera los siguientes tipos de falla:

- Falla Trifásica a tierra
- Falla de línea a tierra.
- Falla de dos líneas a tierra
- Falla entre dos líneas

La falla trifásica a tierra es a menudo, para este tipo de sistema, la más severa de todas, por ello es costumbre de simular

solamente la falla trifásica cuando se busca las magnitudes máximas de corriente de falla; sin embargo se verificará que la corriente de falla a tierra no exceda la corriente trifásica.

### 3.2 Datos del Sistema.

La información básica es aplicable a todos los casos del Sistema, su aplicación depende del tipo de corriente de falla a determinar.

#### 3.2.1 Impedancias Equivalentes en el Punto de Entrega de E.E.

La Empresa Eléctrica nos ha entregado los MVA de Corto Circuito y las Impedancias de Thevenin en la Barra de Interconexión del Mall con la Empresa.

La información ha sido trasladada a la base de 100MVA y 13.8 KV y se indica en la siguiente tabla:

##### 3.2.1.1 MVA de Corto Circuito. (MAXIMA CARGA)

Tipo de Falla	Corriente de Falla Amperios	Angulo	MVA de Corto Circuito
Trifásica	5164,1	-79,34	125
Línea-Tierra	3496,9	-68,72	85

Tabla N° 9 Corrientes y MVA de cortocircuito máx. Carga

### 3.2.1.2 Impedancias Equivalentes.

Sec.	R + jX p.u.	R + jX Ohmios	X/R
Zeq(+)	0,1740208+J0,8041871	0,3314+J1,5315	4,6212
Zeq(0)	1.0841316+J1,7437545	2,0646+J3,3208	

Tabla N° 10 Impedancias equivalentes de cortocircuito máx. carga.

Estas Impedancias se aplicaran para los cálculos de la Corriente Momentánea y la corriente a interrumpir debido a que la Empresa Eléctrica es considerada siempre como una barra infinita que se caracteriza por no tener decremento AC.

### 3.2.2 Datos de Conductores.

Los conductores son elementos pasivos en el análisis de corto circuito, sus características técnicas son similares a las aplicadas en los estudios de flujo de carga.

### 3.2.3 Datos de Transformadores de Fuerza.

Igual que en el caso de los conductores los Transformadores son elementos pasivos en el análisis de corto circuito, sus

características técnicas son similares a las aplicadas en los estudios de flujo de carga.

### **3.3 Resultados de los Estudios de Corto Circuito.**

Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas considerando los criterios técnicos para este fin. Las fallas ya mencionadas se aplican a cada barra del sistema.

#### **3.3.1 Casos base.**

En el Anexo C se adjunta los valores de todas las corridas de Corto Circuito del Caso base MAXIMA CARGA, que se resume a continuación:

##### **3.3.1.1 Corriente de Falla en cada barra.**

En la tabla N° 11 se muestran las corrientes de falla máxima y mínima para cada barra en amperios.

BARRA	I falla max.	Tipo de Falla	I falla min.	Tipo de Falla
Empresa Eléctrica	5158,04	LLL	2552,22	LL-T
Cabina Principal	5111,95	LLL	2523,24	LL-T
Cámara de transformación 1	5105,36	LLL	2517,01	LL-T
TD - T3	2039,24	LL-T	585,24	LL
TD - T4	1642,55	LL-T	472,00	LL
TD - T1	2800,06	LL-T	802,03	LL
TD - T2	1439,22	LL-T	413,81	LL
Cámara de Transformacion 2	5056,29	LLL	2483,43	LL-T
TD - T5	2796,23	LL-T	800,93	LL
TD - T6	2003,43	LL-T	575,14	LL
Cámara de Transformacion 3	5055,53	LLL	2483,10	LL-T
TD - T7	2194,15	LL-T	629,56	LL
TD - T8	1468,34	LL-T	422,11	LL
Cámara de Transformacion 4	5067,63	LLL	2491,76	LL-T
TD - T9	2557,99	LL-T	733,15	LL

Tabla N° 11 Corrientes de Falla Máxima y Mínima reflejadas a 13.8 KV

Donde: (LLL): Falla trifásica

(L-T): Falla de una fase a tierra.

(LL): Falla de línea a línea.

### 3.3.1.2 Capacidad de Interrupción.

Interruptor	Ubicación	I <sub>rms</sub> Nominal [A]	I <sub>rms</sub> Momentáneo [KA]
Principal 13,8 KV Cutler Hammer Transferencia 13,8 KV	Cabina Principal	1200	16
General Electric Transferencia 13,8 KV	Transf. Automat. # 1	1200	18
General Electric	Transf. Automat. # 2	1200	18
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cuarto de Transformadores # 1	80	25
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cuarto de Transformadores # 1	50	71
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cuarto de Transformadores # 1	40	80
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cuarto de Transformadores # 1	31,5	80
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cabina de Línea Cámara de Transfor. # 2	100	25
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cuarto de Transformadores # 2	80	25
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cuarto de Transformadores # 2	50	71
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cabina de Línea Cámara de Transfor. # 3	100	25
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cuarto de Transformadores # 3	50	71
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cuarto de Transformadores # 3	31,5	80
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cabina de Línea Cámara de Transfor. # 4	100	25
Fusibles 17,5 KV INAEL	Cuarto de Transformadores # 4	100	25
Breakers Cutler Hammer 440 V Mod. MWI632	TD-T1-1	3200	65
Breakers Cutler Hammer 480 V Cat. MT3800T	TD-T2	800	20
Breakers Cutler Hammer 440 V Mod. MWI632	TD-T3	3200	65
Breakers Cutler Hammer 440 V Cat. MT3800T	TD-T4	800	20

Breakers Cutler Hammer 440 V Mod. MWI632	TD-T5	3200	65
Breakers Cutler Hammer 480 V Mod. MWI812	TD-T6	1250	85
Breakers Cutler Hammer 440 V Mod. MWI625	TD-T7-1	2500	65
Breakers Cutler Hammer 440 V Mod. MWI632	TM-T9-1	3200	65

Tabla N° 12 Capacidad de Interrupción de las protecciones existentes

### 3.4 Conclusiones y recomendaciones.

El presente estudio de Corto Circuito preparado para el Centro Comercial Mall del Sur ha permitido cumplir los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de las corrientes de falla en los componentes del sistema tales como cables, barras y transformadores durante el tiempo que persista la falla.
- Determinar las zonas del sistema en donde la falla puede resultar en depresión inaceptable de voltajes.

El estudio de corto circuito considera los siguientes tipos de falla:





- Falla Trifásica a tierra
- Falla de línea a tierra.
- Falla de dos líneas a tierra
- Falla entre dos líneas

Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas considerando los estándares de la IEEE aplicables para el cálculo de falla para voltajes medio y alto. I Standard IEEE Std C37.010-1979, IEEE Std C37.5-1979, IEEE Std 141-1993, IEEE Std 241-1990, and IEEE Std 242-1986.

Las fallas Trifásica a tierra, línea a tierra, dos líneas a tierra y entre dos líneas fueron aplicadas a cada barra del sistema, los resultados se muestran en el Anexo C.

El ajuste de los equipos de protección, los cuales son determinados considerando el sistema bajo condiciones de falla, será estudiado en el siguiente capítulo de este trabajo relacionado con la coordinación de las protecciones.

# CAPITULO 4

## **COORDINACION DE LAS PROTECCIONES.**

Los estudios de flujo de carga y corto circuito del Centro Comercial Mall del Sur son la base para el ajuste y coordinación de las Protecciones del Sistema. Los estudios se realizaran con los siguientes objetivos:

- Determinar el ajuste de los equipos de protección, los cuales son establecidos considerando el sistema bajo condiciones de falla.
- Determinar la coordinación de las Protecciones del Sistema eléctrico del centro comercial.
- La aplicación del Estudio permitirá el despeje oportuno y selectivo de las fallas del sistema.

## 4.1. Esquemas de Protecciones.

### 4.1.1. Esquemas de Protección Barra Principal 13.8 KV.

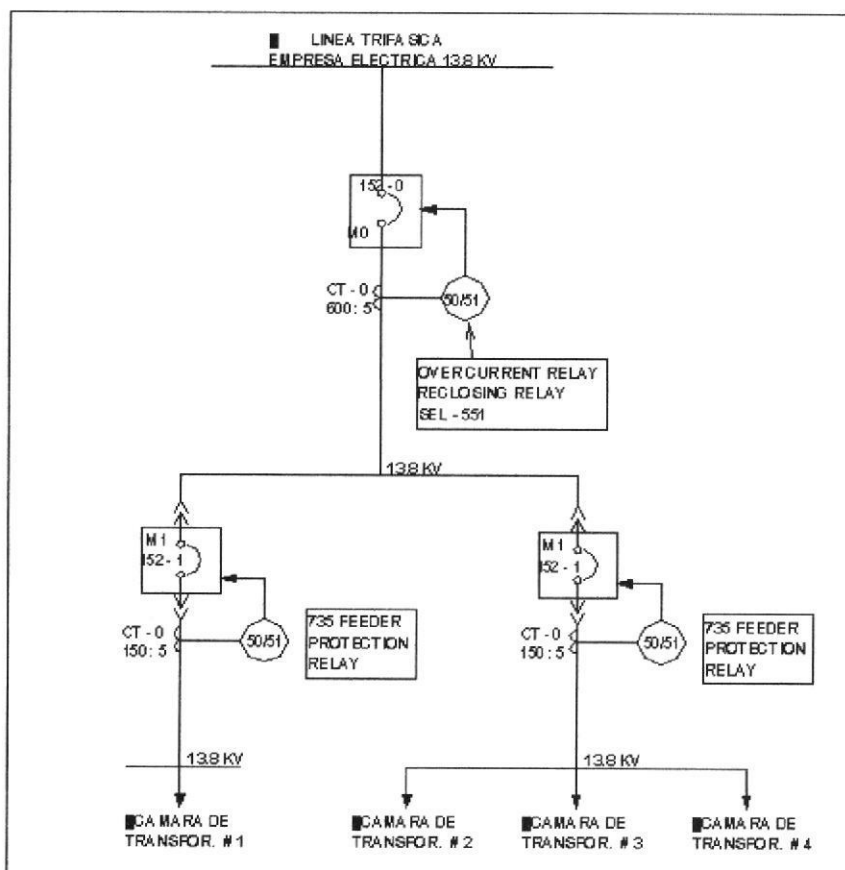


Figura N°17



CIB - ESPOL

## 4.1.2 Esquemas de protección de Transformadores (Cámara # 1).

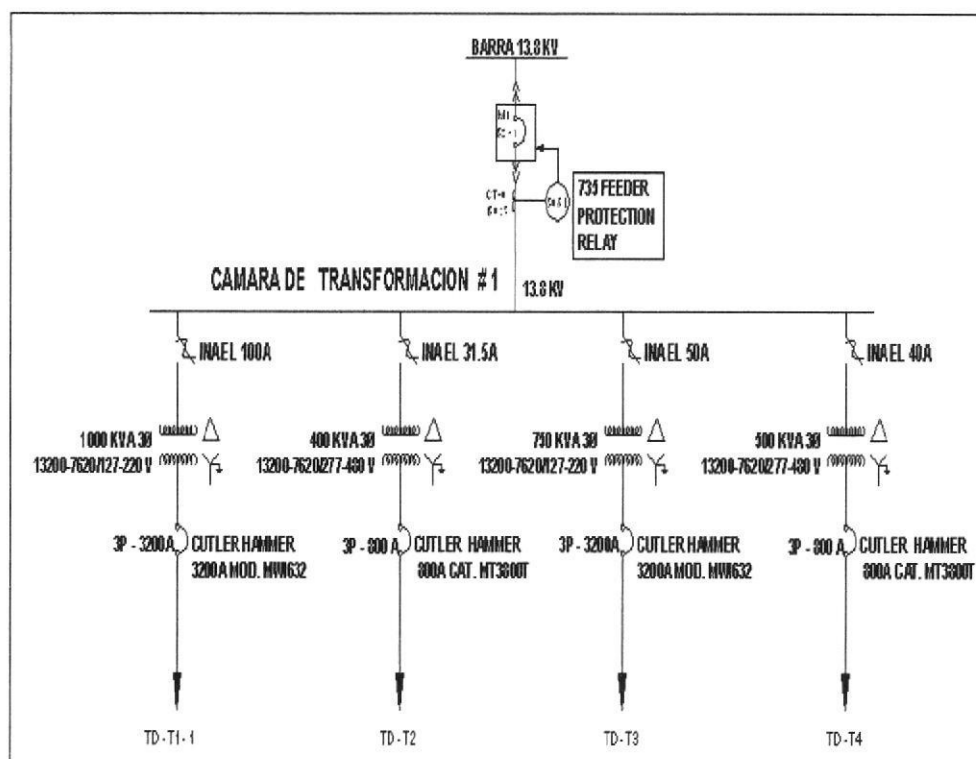


Figura N°18

## 4.1.3 Esquemas de Protección de Transformadores (Cámara # 2)

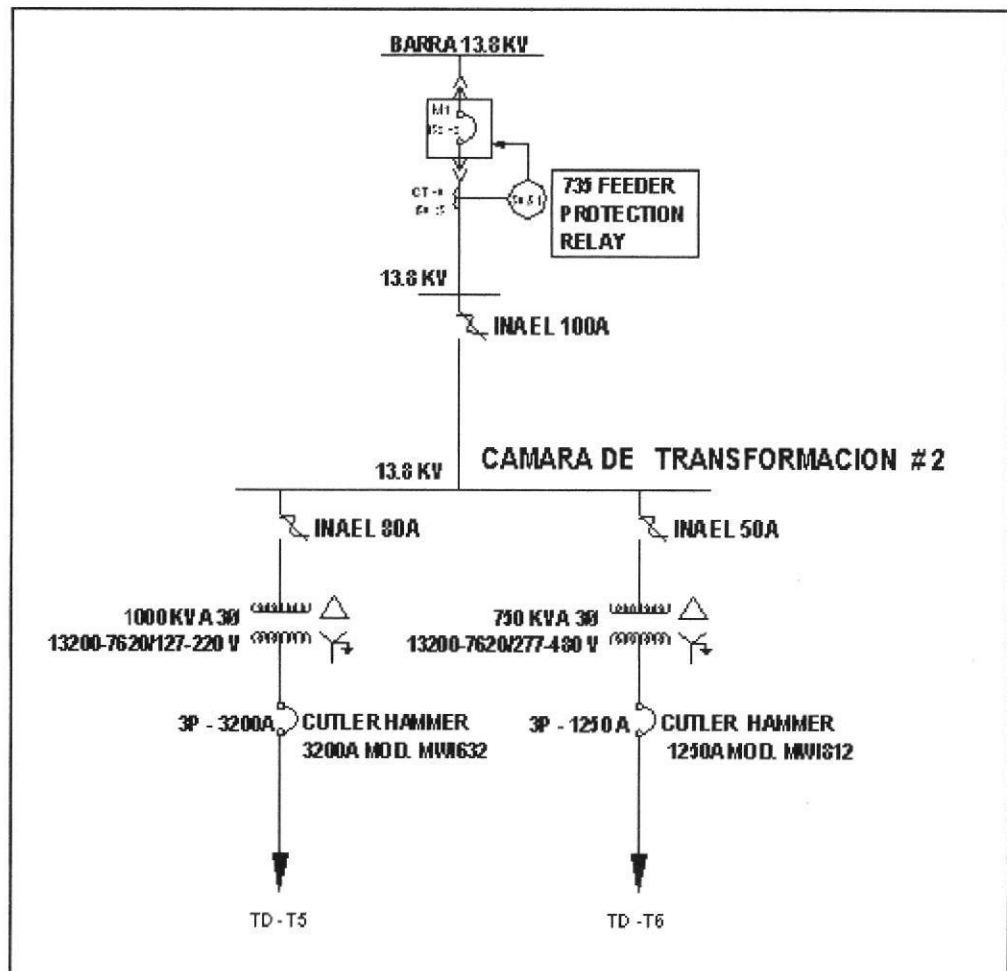


Figura N°19

## 4.1.4 Esquemas de Protección de Transformadores (Cámara # 3).

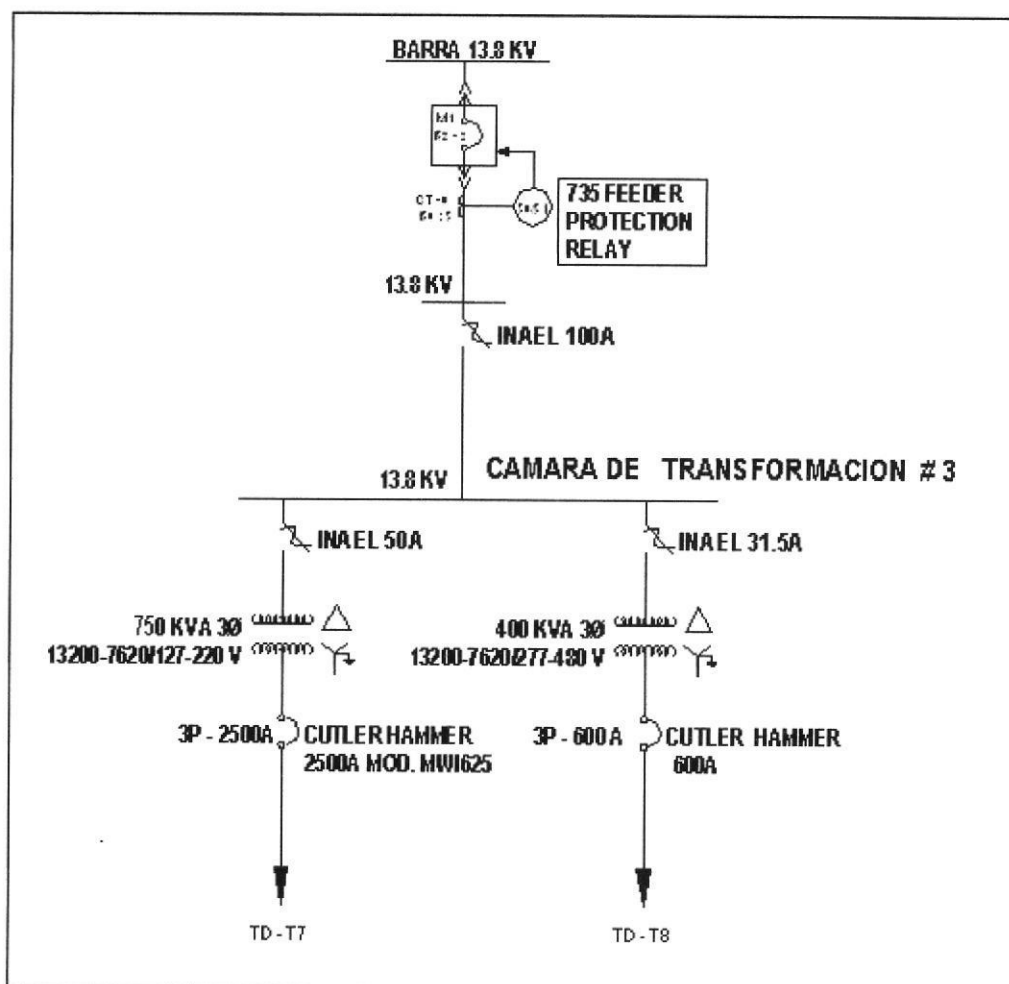


Figura N°20

## 4.1.5 Esquemas de Protección de Transformadores (Cámara # 4).

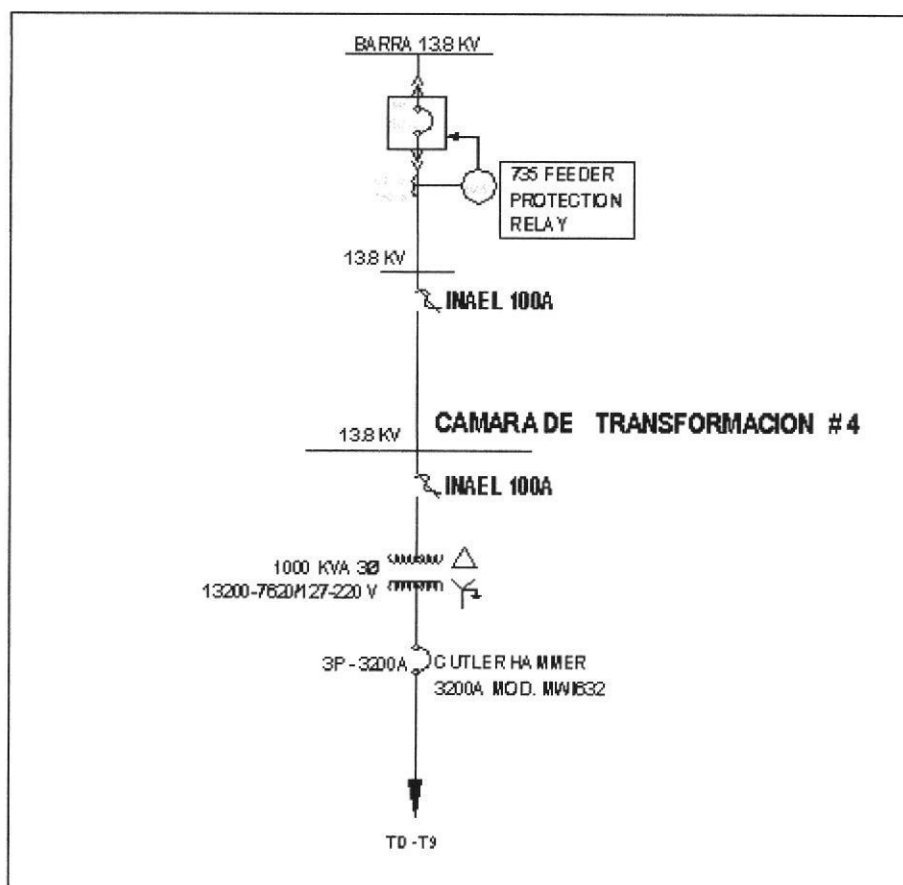


Figura N°21

## **4.2 Ajuste y Coordinación de las Protecciones.**

La información básica para el ajuste y coordinación de las protecciones proviene de los estudios de flujo de carga, corto circuito y los esquemas de protección indicados en los numerales anteriores.

### **4.2.1 Protección de Barra Principal 13.8 KV.**

Para la protección de la barra principal 13.8 KV (Punto de Conexión del Sistema Mall del Sur con E.E.) se han utilizado unidades de sobre corriente cumpliendo los siguientes criterios

**Selectividad:** Cada Relé o elemento de protección opera en su zona protegida.

**Respaldo :** Los Relés dan protección primaria en la zona protegida y protección de respaldo a la zona adyacente

**Tiempo de operación:** El tiempo de operación se ha ajustado para cumplir los criterios de selectividad y respaldo.

**Simplicidad :**La protección cumple este criterio, evitando la redundancia de la protección en las zonas protegidas.



Como protección principal se tiene un Relé SEL 551, el mismo que se coordina con 2 Relés G.E. 735 a nivel de 13.8 KV.

A continuación se muestran las curvas de coordinación para esta protección principal.

Debido a la configuración del sistema eléctrico del centro comercial no se requiere coordinación alguna entre los dos relés G.E. 735, ya que cada uno protege áreas independientes:

G.E. 735 # 1 : Cámara de Transformación # 1

G.E. 735 # 2 : Cámara de Transformación # 2, 3 y 4.

Se requiere únicamente la coordinación de cada uno de los relés G.E. 735 con el relé principal SEL 551.

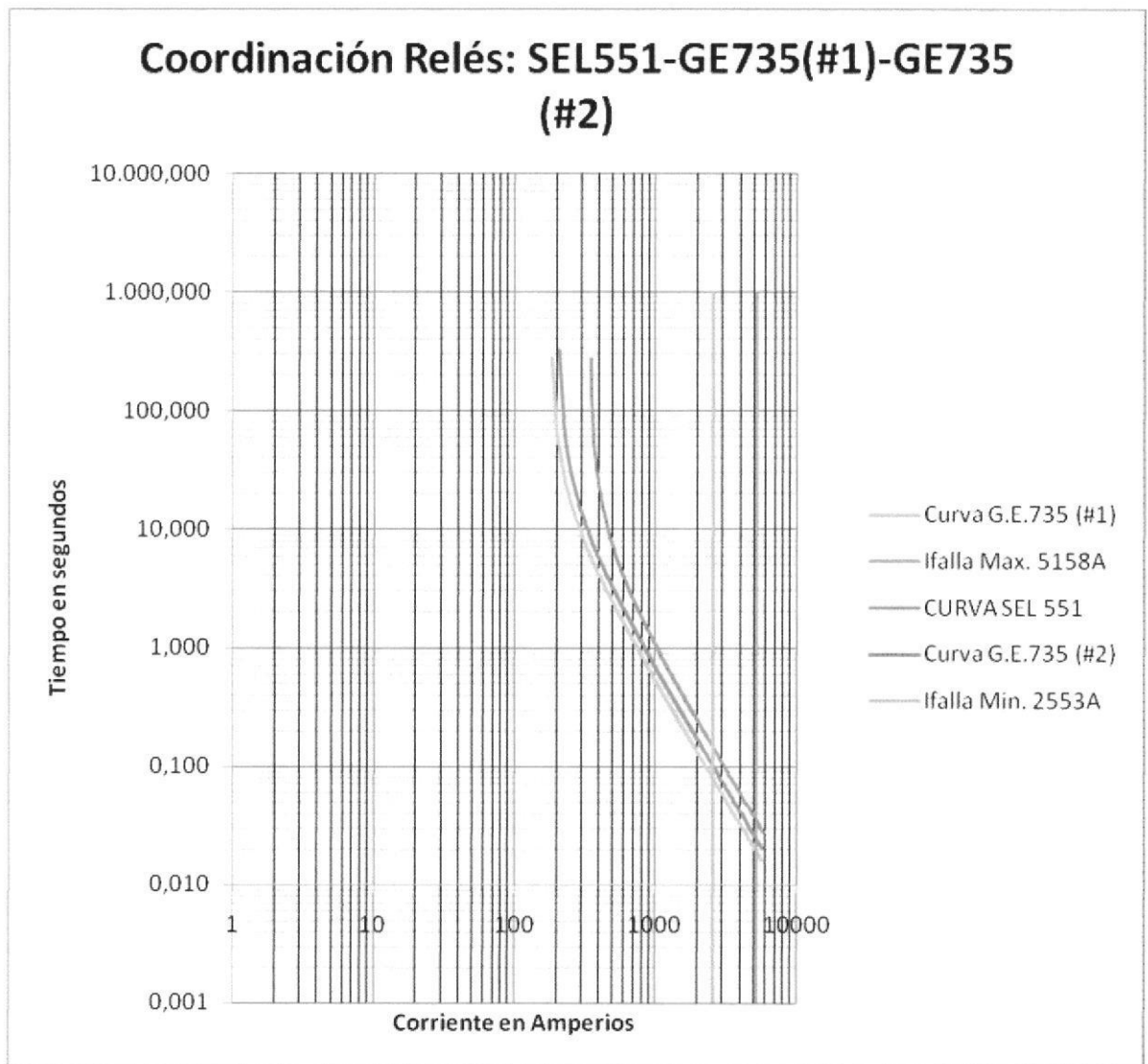


Figura N°22

Cabe indicar que para obtener las corrientes de puesta en trabajo de los relés se consideró lo siguiente:

**Para Ipickup SEL 551**

Capacidad total instalada de transformadores + 25% de sobre carga a pesar que los transformadores no deberían ser sobre cargados por tener enfriamiento tipo OA (342,54 Amperios)

**Para Ipickup G.E. # 1**

Capacidad total instalada en la cámara de transformación #1 (138.58A)

**Para Ipickup G.E. #2**

Capacidad total instalada en las cámaras de transformación # 2, 3, 4. (203,96 A)

En la tabla N° 13 se muestran los ajustes de estos 3 Relés para la protección contra sobre-corriente de la barra Principal 13.8 KV.

	<b>SEL 551</b>	<b>G. E. 735 # 1</b>	<b>G. E. 735 # 2</b>
Voltage L-L [KV]	13,8	13,8	13,8
Corriente Nominal Prim. [A]	343	140	204
Corriente Pick Up Prim. [A]	348	180	209
Relación CT	600/5	150/5	150/5
Factor CT	120	30	30
Corriente Nominal Sec. [A]	2,85	4,62	6,8
Corriente Pick Up Sec. [A]	2,90	6	7
Protección	51	51	51
Tipo de Curva	IEC Extremely Inverse. C3	IEC Extremely Inverse C	IEC Extremel Inverse C
TD de Selección	1,0	0,1	0,1
Tiempo de coordinación	0,36 [s]	0,01 [s]	0,04 [s]

Tabla N° 13 Ajustes de Relés

Para la coordinación de los relés indicados se ha considerado un intervalo de corrientes de fallas máxima y mínima de valores 5158 Amperios y 2553 Amperios respectivamente, simulando fallas en el punto de interconexión de del sistema eléctrico del centro comercial con la empresa eléctrica.

#### 4.2.2 Protección de Cámara de Transformadores #1 (Falla máx. barra TD-T1)

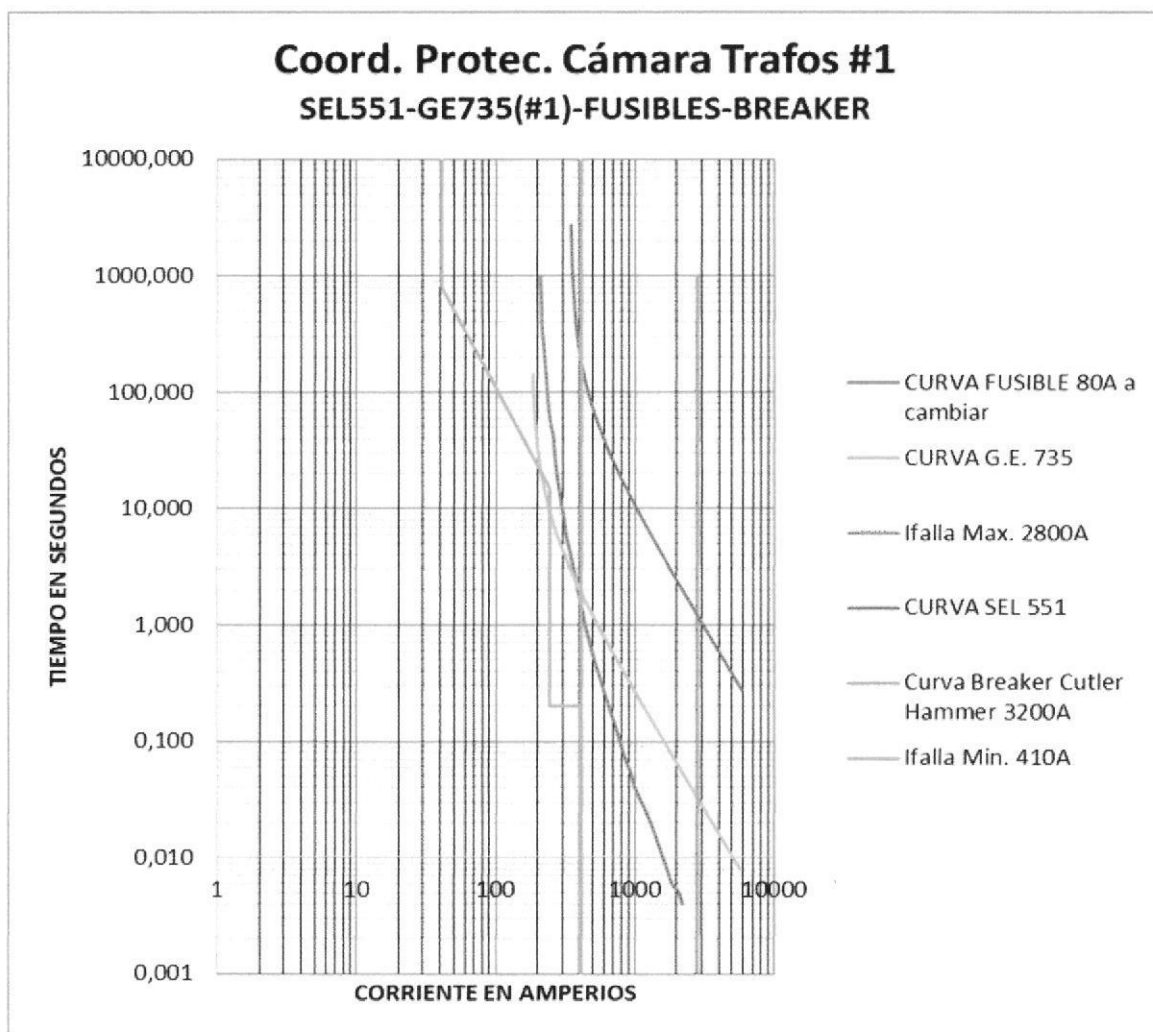


Figura N°23

Para realizar esta coordinación se consideró una corriente de falla máxima de 2800 Amp. la cual se presenta en la barra TD-T1 tal como se muestra en la tabla N° 11. La barra se energiza mediante la conexión de un transformador trifásico de 1000 KVA (T1). Esta

corriente está reflejada al lado de 13.8 KV, para el lado secundario del transformador tiene un valor de 175640 Amp.

Con la finalidad de realizar una coordinación completa, también se ha considerado una corriente de falla mínima de valor 413 Amp (lado de 13.8KV) los mismos que se presentan en la barra TD-T2 y se muestran en la tabla N° 11.

Debido a que existen 4 transformadores conformando la Cámara de Transformación # 1, se ha elegido el peor de los casos para falla máxima y mínima (corrientes ya indicadas). Esto debido a que los relés de protecciones ya descritos no pueden guardar 4 configuraciones a la vez.

Con los valores de corriente para falla máxima y mínima obtenidos se establece un rango para la coordinación de las protecciones establecidas y también se procede a realizar las sugerencias para mejorar la coordinación existente.

La figura N° 23 mostrada está construida a nivel de 13.8 KV.



CIB - ESPOL

La barra TD-T1 (donde ocurre la falla máx.) es energizada mediante un transformador de 1000 KVA cuya corriente nominal en el lado de alta tensión es de 41,88A.

Para la protección del mismo en el lado de alta se tiene instalado un seccionador fusible trifásico de 80 A.

Para la protección en el lado de baja tensión se tiene instalado un breaker Cutler Hammer de 3200 Amp. mismo que tiene los siguientes ajustes:

- Long Delay Setting                      0,8 In
- Long Delay Time                         15 seg.
- Short Delay Setting                      6 Ir
- Short Delay Time                         0,2 seg.
- Instantaneous                             8 In

Siendo  $I_n=3200A$  ( $I_n=51A$  reflejado a nivel de 13.8KV) e  $I_r=I_n \times$

#### **Long Delay Setting**

Entonces reflejando los valores a nivel de 13.8 KV tenemos:

- |                       |                                     |
|-----------------------|-------------------------------------|
| - Long Delay Setting  | 2560Asecunadrios/40.8A<br>primarios |
| - Long Delay Time     | 15 seg                              |
| - Short Delay Setting | 245 A primarios                     |
| - Short Delay Time    | 0.2 seg.                            |
| - Instantaneous       | 408 A primarios                     |

Analizando la coordinación existente se puede observar que la curva del fusible de 80A no coordina con la curva del relè G.E.735 # 1.

De igual manera se observa que en una parte de la gráfica no se logra la coordinación entre las curvas del relé G.E. 735 # 1 con el breaker de 3200 A. (ver figura N° 23)

Para mejorar esta situación se ha considerado el cambio de fusible de 80 A a 50 A ya que la corriente nominal en el lado de alta del transformador de 1000 KVA es de 41.88 A y actualmente sólo se está utilizando un 45.1% equivalente a 18.87 A primarios.

En la figura N° 24 se puede apreciar la correcta coordinación entre las curvas del fusible de 50A, la curva del relé G.E.735 # 1 y la curva del breaker Cutler Hammer de 3200 A.





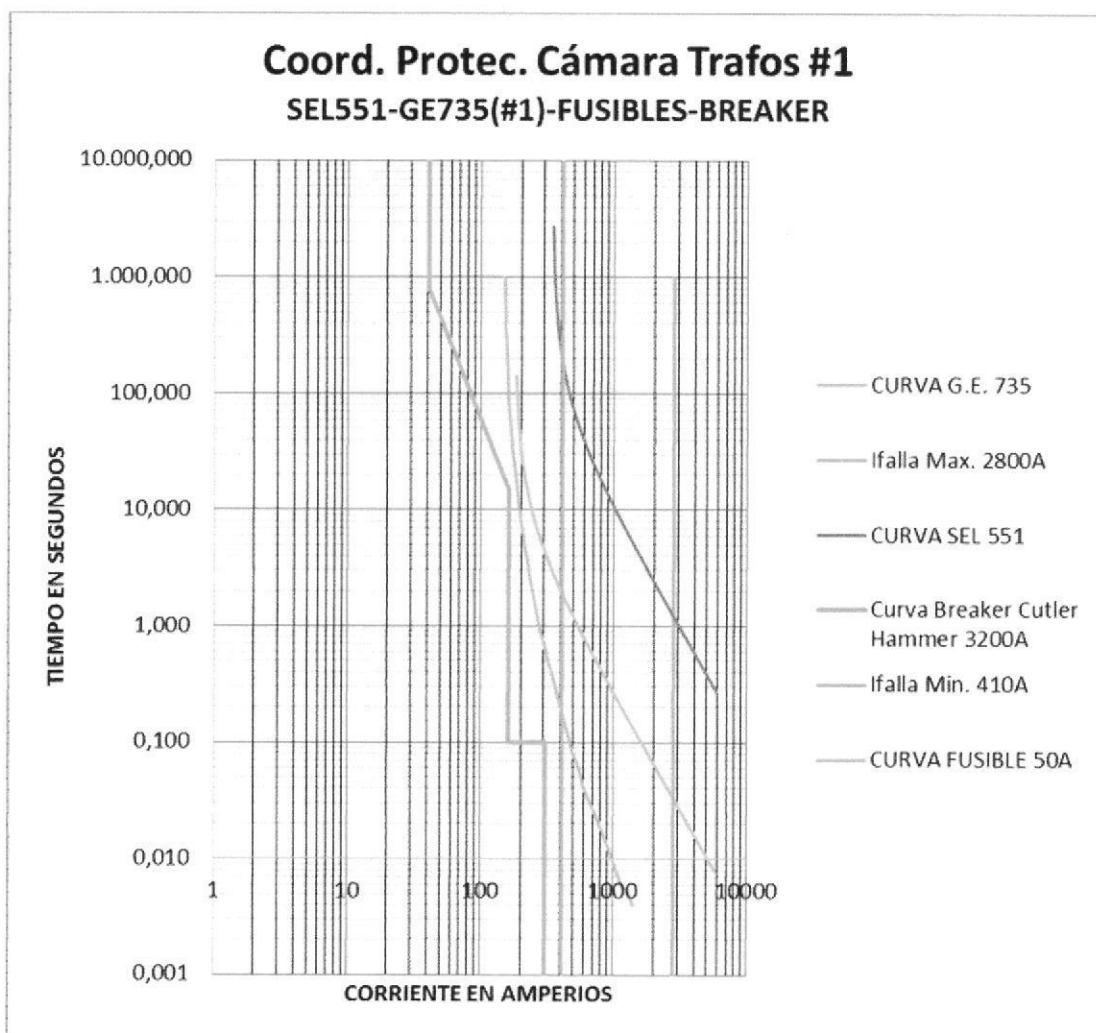


Figura N°24

Los ajustes del breaker Cutler Hammer fueron modificados por los siguientes:

- Long Delay Setting                      0,8 In
- Long Delay Time                         15 seg.

- Short Delay Setting	4 Ir
- Short Delay Time	0,1 seg.
- Instantaneous	6 In
- Long Delay Setting	2560 A secundarios /40.8 A primarios
- Long Delay Time	15 seg
- Short Delay Setting	163 A primarios
- Short Delay Time	0.1 seg.
- Instantaneous	306 A primarios

Con estos ajustes se obtiene una correcta coordinación, manteniendo los ajustes obtenidos en el numeral anterior para los relés SEL 551 y G.E.735 #1 mostrado en la tabla N° 13.

Finalmente en el grafico se muestran los valores de corriente de falla máxima y mínima y la coordinación establecida en este intervalo.

Es importante indicar que la corriente de falla mínima en la barra TD-T1 es de 802 Amp. mostrados en la tabla N° 11 pero para efectos de protección de toda la cámara de transformación se consideró la

mínima corriente de falla establecida en la barra TD-T2 cuyo valor es de 413 Amp.

#### 4.2.3 Protección de Cámara de Transformadores # 2 (Falla máx. Barra TD-T5)

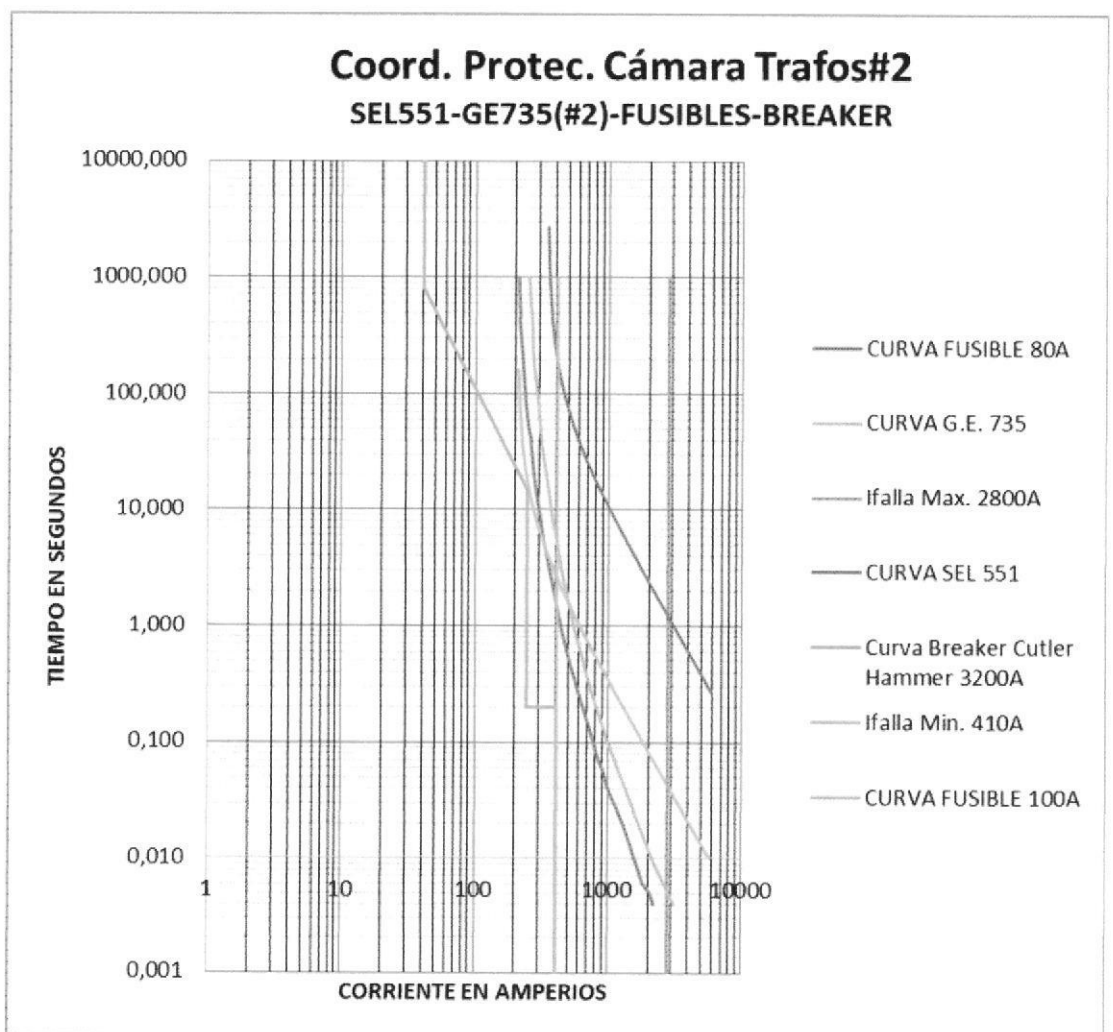


Figura N°25

Como se muestra en el plano 1 (Anexo A), las cámaras de transformación 2, 3 y 4 están protegidas por un relé G.E. 735 # 2 el mismo que fue ajustado considerando la capacidad total de las cámaras indicadas en conjunto con el relé de protección principal SEL 551 instalado aguas arriba.

La coordinación individual de cada cámara de transformación 2, 3 y 4 con los relés situados aguas arriba se la ha realizado seleccionando la máxima y mínima corriente de falla de todas las corrientes calculas en las barras del lado de baja tensión de cada uno de los transformadores de cada cámara (# 2, 3 y 4). Esto debido a que los relés ya indicados no pueden almacenar varias configuraciones a la vez.

Para realizar esta coordinación se consideró una corriente de falla máxima de 2796,23 Amp. la cual se presenta en la barra TD-T5 (Transformador 1000KVA-Cámara de Transformación # 2) tal como se muestra en la tabla N° 11. Esta corriente está reflejada al lado de 13.8 KV, para el lado secundario del transformador tiene un valor de 175400 Amp.

Con la finalidad de realizar una coordinación completa, también se ha considerado una corriente de falla mínima de valor 422,11 Amp (lado

de 13.8KV) los mismos que se presentan en la barra TD-T8 y se muestran en la tabla N° 11.

Debido a que existen 2 transformadores conformando la Cámara de Transformación # 2, se ha elegido el peor de los casos para falla máxima y mínima únicamente en esa cámara que serían considerando las fallas en el transformador de 1000 KVA (TD-T5).

Con los valores de corriente para falla máxima y mínima obtenidos se establece un rango para la coordinación de las protecciones establecidas y también se procede a realizar las sugerencias para mejorar la coordinación existente.

La figura mostrada está construida a nivel de 13.8 KV.

La barra TD-T5 (donde ocurre la falla máx.) es energizada mediante un transformador de 1000 KVA cuya corriente nominal en el lado de alta tensión es de 41,88A.

Para la protección del mismo en el lado de alta se tiene instalado un seccionador fusible trifásico de 80 A y aguas arriba se tiene una

protección principal para el alimentador de la cámara de transformación mediante un seccionador fusible trifásico de 100 A.

Para la protección en el lado de baja tensión se tiene instalado un breaker Cutler Hammer de 3200 Amp. mismo que tiene los siguientes ajustes:

- Long Delay Setting                      0,8 In
- Long Delay Time                         15 seg.
- Short Delay Setting                      6 Ir
- Short Delay Time                         0,2 seg.
- Instantaneous                            8 In
- 

Siendo  $I_n=3200A$  ( $I_n=51A$  reflejado a nivel de 13.8KV) e  $I_r=I_n \times$

#### **Long Delay Setting**

Entonces reflejando los valores a nivel de 13.8 KV tenemos:

- Long Delay Setting                      2560 A secundarios / 40.8 A primarios
- Long Delay Time                         15 seg
- Short Delay Setting                      245 A primarios

- Short Delay Time                      0.2 seg.
- Instantaneous                            408 A primarios

Analizando la coordinación existente se puede observar que no existe coordinación entre las curvas de los fusibles de 80, 100A, la curva del breaker de 3200 A y la curva del relé G.E. 735 #2, también se cuenta con un sobredimensionamiento de los fusibles tanto para protección del transformador como para la protección de la cámara.

Para mejorar esta situación se ha considerado el cambio de los fusibles de protección del transformador de 80 A a 50 A ya que la corriente nominal en el lado de alta del transformador de 1000 KVA es de 41.88 A y actualmente sólo se está utilizando un 55.4% equivalente a 23.18 A primarios.

También se considera el cambio de los fusibles de seccionador instalado como protección principal de la cámara de transformación implicada, se cambiarían los fusibles de 100 A por fusibles de 80 A considerando la capacidad total de la cámara.

En la figura N°26 se puede apreciar la correcta coordinación entre las curvas del fusible de 80A, la curva del fusible de 50 A la curva del relé





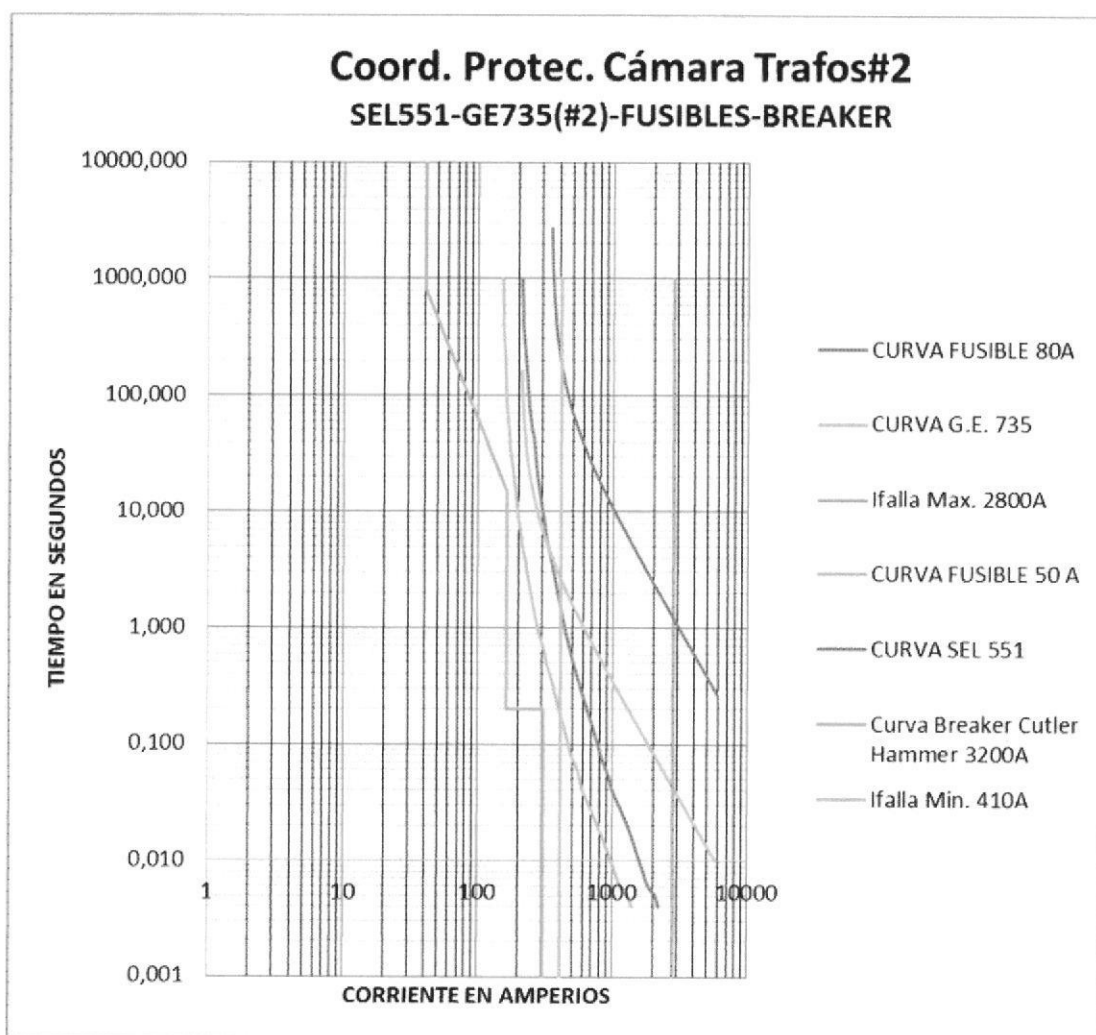


Figura N°26

Finalmente en la figura N°26 se muestran los valores de corriente de falla máxima y mínima y la coordinación establecida en este intervalo. Es importante indicar que la corriente de falla mínima en la barra TD-T5 es de 800,93 Amp. mostrados en la tabla N°11 pero para efectos de protección de toda la cámara de transformación y para mantener los ajustes de los relés ya indicados se consideró la mínima corriente

de falla establecida en la cámara 3/barra TD-T8 cuyo valor es de 422,10 Amp.

#### 4.2.4 Protección de Cámara de Transformadores # 3 (Falla máx. Barra TD-T7)

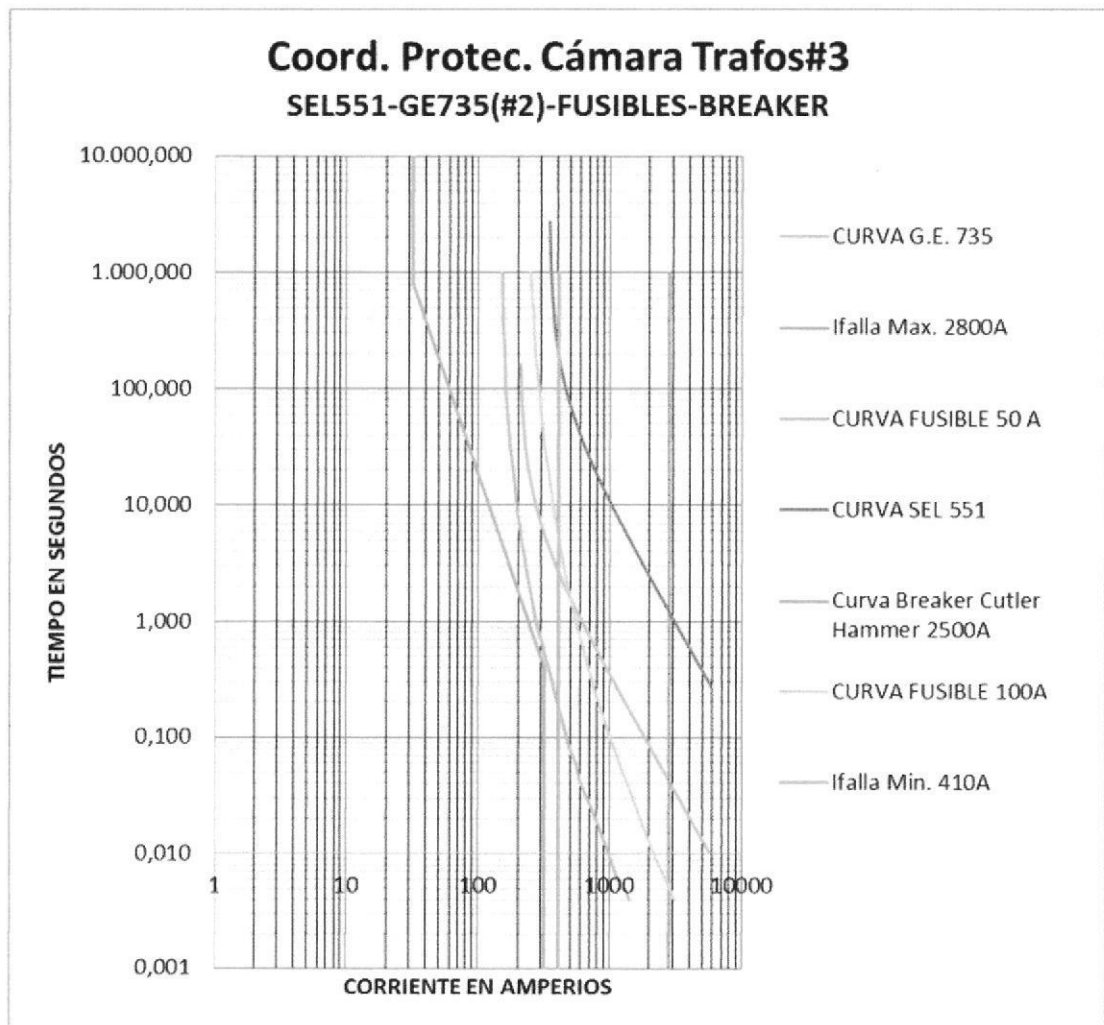


Figura N°27

Como se muestra en el plano 1 (Anexo A, las cámaras de transformación 2, 3 y 4 están protegidas por un relé G.E. 735 # 2 el mismo que fue ajustado considerando la capacidad total de las cámaras indicadas en conjunto con el relé de protección principal SEL 551 instalado aguas arriba.

La coordinación individual de cada cámara de transformación 2, 3 y 4 con los relés situados aguas arriba se la ha realizado seleccionando la máxima y mínima corriente de falla de todas las corrientes calculas en las barras del lado de baja tensión de cada uno de los transformadores de cada cámara (# 2, 3 y 4). Esto debido a que los relés ya indicados no pueden almacenar varias configuraciones a la vez.

Para realizar esta coordinación se consideró una corriente de falla máxima de 2796,23 Amp. la cual se presenta en la barra TD-T5 (Transformador 1000KVA-Cámara de Transformación # 2) tal como se muestra en la tabla N° 11. Esta corriente está reflejada al lado de 13.8 KV, para el lado secundario del transformador tiene un valor de 175400 Amp.

Con la finalidad de realizar una coordinación completa, también se ha considerado una corriente de falla mínima de valor 422,11 Amp (lado de 13.8KV) los mismos que se presentan en la barra TD-T8 y se muestran en la tabla N° 11.

Debido a que existen 2 transformadores conformando la Cámara de Transformación # 3, se ha elegido el peor de los casos para falla máxima y mínima únicamente en esa cámara que serían considerando las fallas en el transformador de 750 KVA (TD-T7).

Con los valores de corriente para falla máxima y mínima obtenidos se establece un rango para la coordinación de las protecciones establecidas y también se procede a realizar las sugerencias para mejorar la coordinación existente.

La figura mostrada está construida a nivel de 13.8 KV.

La barra TD-T7 (donde ocurre la falla máx.) es energizada mediante un transformador de 750 KVA cuya corriente nominal en el lado de alta tensión es de 31,37A.

Para la protección del mismo en el lado de alta se tiene instalado un seccionador fusible trifásico de 50 A y aguas arriba se tiene una protección principal para el alimentador de la cámara de transformación mediante un seccionador fusible trifásico de 100 A.

La máxima y mínima corriente de falla que puede ocurrir en la cámara de transformación # 3 son 2194,15 A y 422,11 A respectivamente, pero se ha considerado las corrientes de fallas indicadas anteriormente para la coordinación por las razones ya expuestas.

Para la protección en el lado de baja tensión se tiene instalado un breaker Cutler Hammer de 2500 Amp. mismo que tiene los siguientes ajustes:

- Long Delay Setting                      0,8 In
- Long Delay Time                         15 seg.
- Instantaneous                             8 In

Siendo  $I_n=2500A$  ( $I_n=39,86A$  reflejado a nivel de 13.8KV) e  $I_r=I_n \times$

### **Long Delay Setting**

Entonces reflejando los valores a nivel de 13.8 KV tenemos:

- Long Delay Setting                      2000 A secundarios / 31,89 A primarios
- Long Delay Time                         15 seg
- Instantaneous                            318,88 A primarios

Analizando la coordinación existente se puede observar que la curva del fusible de 100A (protección principal cámara # 3) no coordina con la curva del relé G.E.735 # 2 en el rango de las corrientes de fallas.

Con respecto a la protección para el transformador de 750 KVA (barra TD-T7) se puede apreciar que las curvas de coordinación entre los fusibles instalados en lado de alta tensión (50 A) y el breaker Cutler Hammer de 2500A instalado en el lado de baja tensión están relativamente juntas en un punto lo cual indica que no habría el tiempo necesario para que el fusible sea el respaldo del breaker.

Para mejorar la protección del transformador se ha considerado mantener el fusible de 50 A a pesar de que la corriente nominal en el lado de alta es de 31.37 A y actualmente sólo se está utilizando un 65% equivalente a 20.42 A primarios. Esto debido a que si se cambiase los fusibles de 50 A por unos de 31,5 A implicaría ajustar el

breaker de 2500 A a valores muy bajos con relación a la corriente mínima de falla.

Para coordinar los fusibles de 50 A con el breaker de 2500 A se realizó un ajuste de menores consecuencias que los que se obtendría si se cambiasen los fusibles por 31,5 A.

Para mejorar la protección de la cámara se propone el cambio de los fusibles de 100A por fusibles de 63A ya que la capacidad total de la cámara es de 1150 KVA equivalentes a 48,11A.

En la figura N°27 se puede apreciar la correcta coordinación entre las curvas de los fusibles propuestos, las curvas de los relés G.E.735 # 2 y SEL 551 y la curva del breaker Cutler Hammer de 2500 A.

Los ajustes del breaker Cutler Hammer fueron modificados por los siguientes:

- Long Delay Setting                      0,8 In
- Long Delay Time                         4 seg.
- Instantaneous                            6 In
- Long Delay Setting                      2000 A secundarios / 31,89 A primarios





#### 4.2.5 Protección de Cámara de Transformadores # 4 (Falla máx. Barra TD-T9)

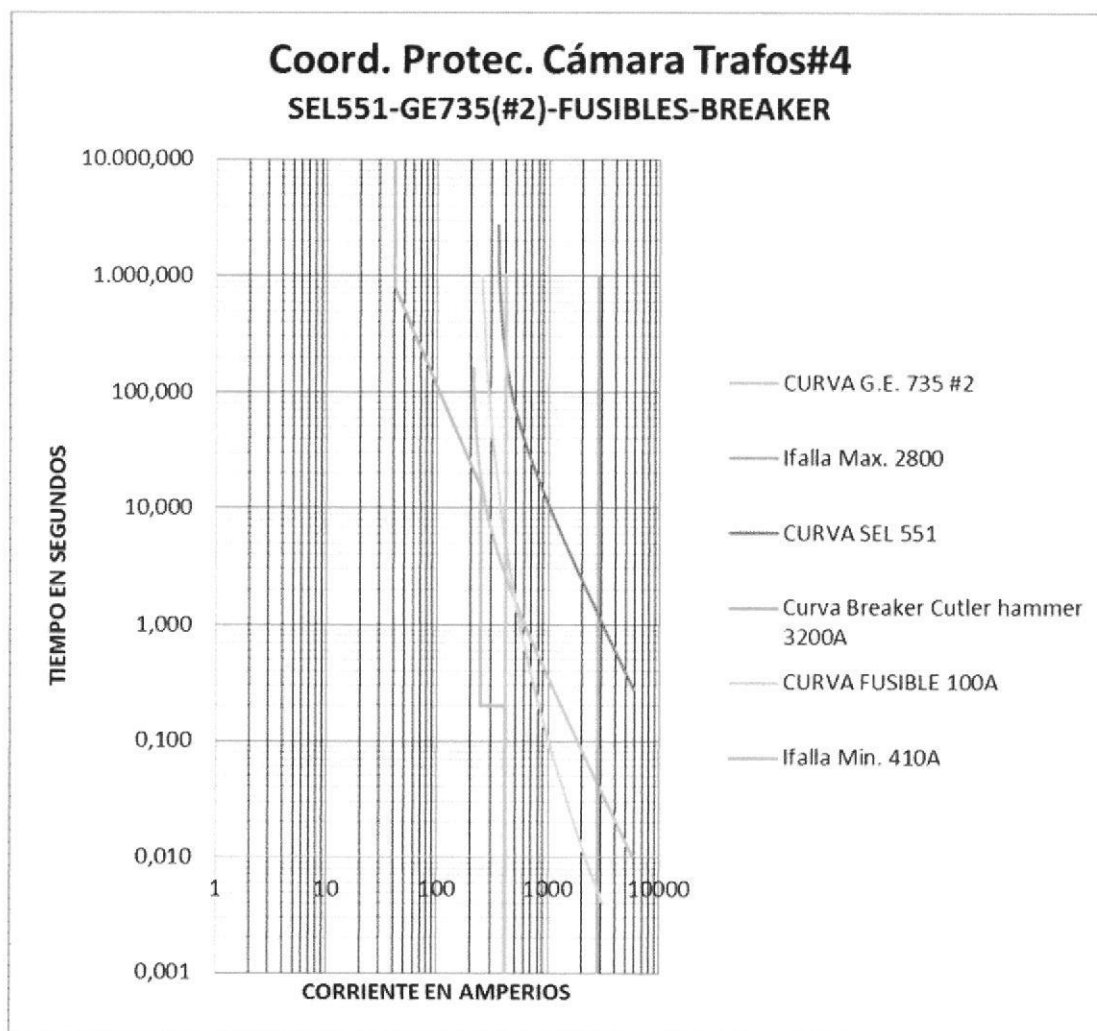


Figura N°29

Como se muestra en el plano 1 (Anexo A, las cámaras de transformación 2, 3 y 4 están protegidas por un relé G.E. 735 # 2 el mismo que fue ajustado considerando la capacidad total de las cámaras indicadas en conjunto con el relé de protección principal SEL 551 instalado aguas arriba.

La coordinación individual de cada cámara de transformación 2, 3 y 4 con los relés situados aguas arriba se la ha realizado seleccionando la máxima y mínima corriente de falla de todas las corrientes calculas en las barras del lado de baja tensión de cada uno de los transformadores de cada cámara (# 2, 3 y 4). Esto debido a que los relés ya indicados no pueden almacenar varias configuraciones a la vez.

Para realizar esta coordinación se consideró una corriente de falla máxima de 2796,23 Amp. la cual se presenta en la barra TD-T5 (Transformador 1000KVA-Camara de Transformación # 2) tal como se muestra en la tabla N° 11. Esta corriente está reflejada al lado de 13.8 KV, para el lado secundario del transformador tiene un valor de 175400 Amp.

Con la finalidad de realizar una coordinación completa, también se ha considerado una corriente de falla mínima de valor 422,11 Amp (lado de 13.8KV) los mismos que se presentan en la barra TD-T8 y se muestran en la tabla N° 11.

Con los valores de corriente para falla máxima y mínima obtenidos se establece un rango para la coordinación de las protecciones

establecidas y también se procede a realizar las sugerencias para mejorar la coordinación existente.

La figura N° 28 mostrada está construida a nivel de 13.8 KV.

La máxima y mínima corriente de falla que puede ocurrir en la cámara de transformación # 4/barra TD-T9 son 2557,99 A y 733,15 A respectivamente,

con la finalidad de mantener los ajustes de los relés instalados aguas arriba la coordinación se lleva a cabo con los valores de corrientes de fallas indicados en las secciones anteriores.

La barra TD-T9 es energizada mediante un transformador de 1000 KVA cuya corriente nominal en el lado de alta tensión es de 41,88A.

Para la protección del mismo en el lado de alta se tiene instalado un seccionador fusible trifásico de 100 A y aguas arriba se tiene una protección principal para el alimentador de la cámara de transformación mediante un seccionador fusible trifásico también de 100 A.



Analizando la coordinación existente se puede observar que la curvas de los fusibles de 100A no coordinan con la curva del relé G.E.735 # 2.

Para mejorar esta situación se ha considerado el cambio de los fusibles de 100 A a 50 A ya que la corriente nominal en el lado de alta del transformador de 1000 KVA es de 41.88 A y actualmente sólo se está utilizando un 42.4% equivalente a 17,73 A primarios.

Se plantea el cambio de los fusibles tanto en el lado de alta del transformador como también los fusibles instalados en el arranque del alimentador de la cámara # 4.

La figura N°29 muestra la correcta coordinación entre las curvas de los fusibles de 50A, la curva del relé G.E.735 # 2, la curva del relé SEL 551 y la curva del breaker Cutler Hammer de 3200 A.

Los ajustes del breaker Cutler Hammer fueron modificados por los siguientes:

- Long Delay Setting                      0,8 In
- Long Delay Time                         15 seg.

- Short Delay Setting 4 Ir
- Short Delay Time 0,1 seg.
- Instantaneous 6 In
  
- Long Delay Setting 2560 A secundarios / 40.8 A primarios
- Long Delay Time 15 seg
- Short Delay Setting 163 A primarios
- Short Delay Time 0.1 seg.
- Instantaneous 306 A primarios

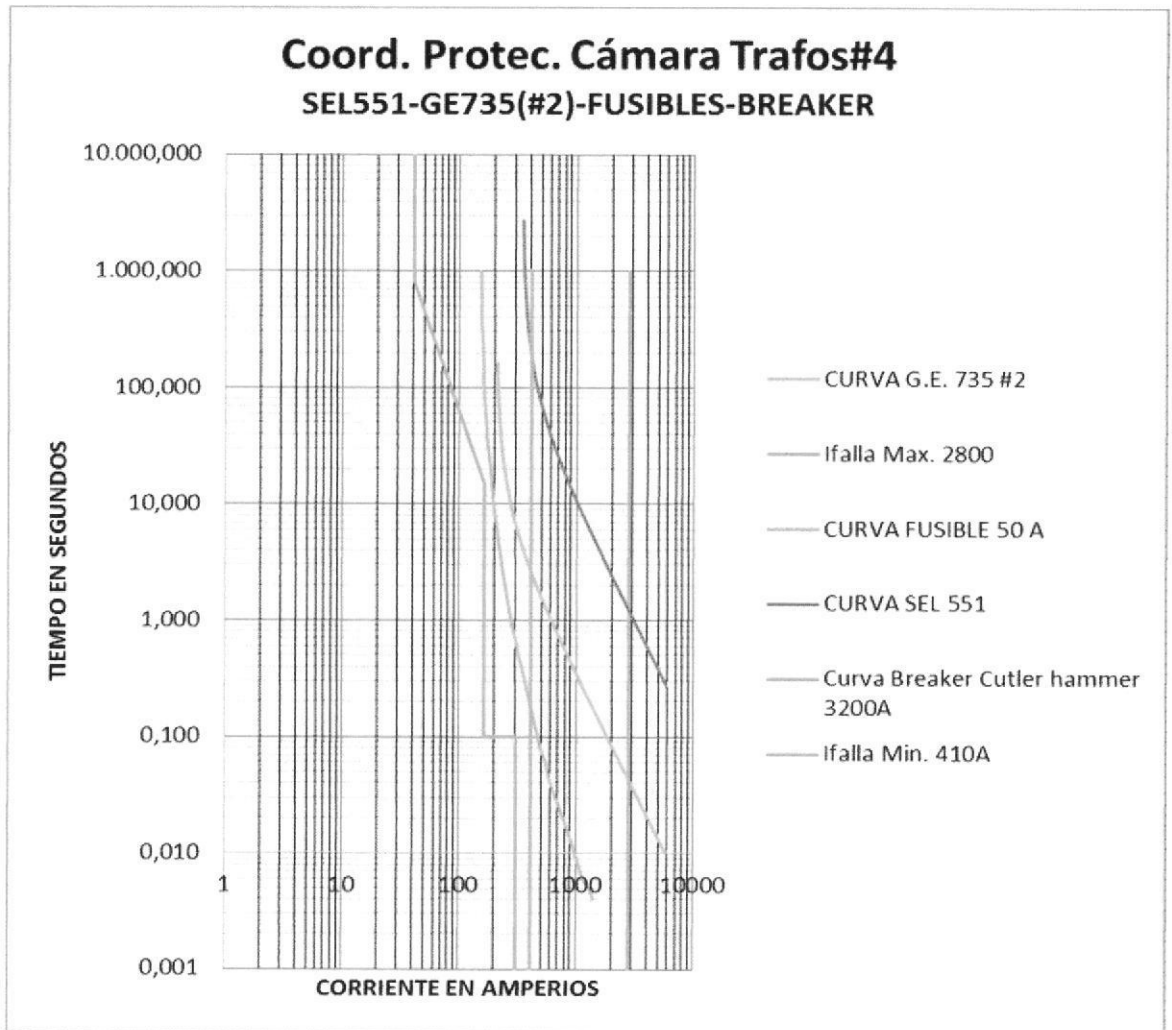


Figura N°30

### 4.3 Resumen de Ajustes.

#### Protección de Barra Principal 13.8 KV.

	SEL 551	G. E. 735 # 1	G. E. 735 # 2
Voltage L-L [KV]	13.8	13,8	13,8
Corriente Nominal Prim. [A]	343	140	204
Corriente Pick Up Prim. [A]	348	180	209
Relación CT	600/5	150/5	150/5
Factor CT	120	30	30
Corriente Nominal Sec. [A]	2,85	4,62	6,8
Corriente Pick Up Sec. [A]	2,90	6	7
Protección	51	51	51
Tipo de Curva	IEC Extremely Inverse. C3	IEC Extremely Inverse C	IEC Extremely Inverse C
TD de Selección	1,0	0,1	0,1
Tiempo de coordinación	0,36 [s]	0,01 [s]	0,04 [s]

#### Protección de Cámara de Transformadores #1 (Falla máx. Barra TD-T1)

	SEL 551	G. E. 735 # 1
Voltage L-L [KV]	13.8	13,8
Corriente Nominal Prim. [A]	343	140
Corriente Pick Up Prim. [A]	348	180
Relación CT	600/5	150/5
Factor CT	120	30
Corriente Nominal Sec. [A]	2,85	4,62
Corriente Pick Up Sec. [A]	2,90	6
Protección	51	51
Tipo de Curva	IEC Extremely Inverse. C3	IEC Extremely Inverse C
TD de Selección	1,0	0,1
Tiempo de coordinación	1,2 [s]	0,034 [s]



### Fusible INAEL IBD-2

50A : 17.5KV / I1=71 KA/ I3=159 A

Tiempo de coordinación: Según la figura, si falla el breaker el fusible despejará la falla inmediatamente.

### Ajustes Breaker Cutler Hammer 3200 A

- |                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
| - Long Delay Setting  | 0,8 In                                |
| - Long Delay Time     | 15 seg.                               |
| - Short Delay Setting | 4 Ir                                  |
| - Short Delay Time    | 0,1 seg.                              |
| - Instantaneous       | 6 In                                  |
| -                     |                                       |
| Long Delay Setting    | 2560 A secundarios / 40.8 A primarios |
| - Long Delay Time     | 15 seg                                |
| - Short Delay Setting | 163 A primarios                       |
| - Short Delay Time    | 0.1 seg.                              |
| - Instantaneous       | 306 A primarios                       |

## Protección de Cámara de Transformadores # 2 (Falla máx. Barra TD-T5)

	SEL 551	G. E. 735 # 2
Voltage L-L [KV]	13.8	13,8
Corriente Nominal Prim. [A]	343	204
Corriente Pick Up Prim. [A]	348	209
Relación CT	600/5	150/5
Factor CT	120	30
Corriente Nominal Sec. [A]	2,85	6,8
Corriente Pick Up Sec. [A]	2,90	7
Protección	51	51
Tipo de Curva	IEC Extremely Inverse. C3	IEC Extremely Inverse C
TD de Selección	1,0	0,1
Tiempo de coordinación	1,2 [s]	0,045 [s]

### Fusibles INAEL IBD-2

80A: 17.5KV / I1=25 KA/ I3=290 A

50A: 17.5KV / I1=71 KA / I3=159 A

Tiempo de coordinación: Según la figura, si falla el breaker el fusible de 50 A despejará la falla inmediatamente antes que lo haga el fusible de 80 A.

### Ajustes Breaker Cutler Hammer 3200 A

- Long Delay Setting 0,8 In

- Long Delay Time 15 seg.
- Short Delay Setting 4 Ir
- Short Delay Time 0,1 seg.
- Instantaneous 6 In
- Long Delay Setting 2560 A secundarios / 40.8 A primarios
- Long Delay Time 15 seg
- Short Delay Setting 163 A primarios
- Short Delay Time 0.1 seg.
- Instantaneous 306 A primarios

**Protección de Cámara de Transformadores # 3 (Falla máx. Barra TD-T7)**

	<b>SEL 551</b>	<b>G. E. 735 # 2</b>
Voltage L-L [KV]	13.8	13,8
Corriente Nominal Prim. [A]	343	204
Corriente Pick Up Prim. [A]	348	209
Relación CT	600/5	150/5
Factor CT	120	30
Corriente Nominal Sec. [A]	2,85	6,8
Corriente Pick Up Sec. [A]	2,90	7
Protección	51	51
Tipo de Curva	IEC Extremely Inverse. C3	IEC Extremely Inverse C
TD de Selección	1,0	0,1
Tiempo de coordinación	1,2 [s]	0,045 [s]

## Fusibles INAEL IBD-2

63A: 17.5KV / I1=71 KA / I3=210 A

50A: 17.5KV / I1=71 KA / I3=159 A

Tiempo de coordinación: Según la figura, si falla el breaker el fusible de 50 A despejará la falla inmediatamente antes que lo haga el fusible de 63 A.

## Ajustes Breaker Cutler Hammer 2500 A

- |                      |  |
|----------------------|--|
| - Long Delay Setting | 0,8 In                                 |
| - Long Delay Time    | 4 seg.                                 |
| - Instantaneous      | 6 In                                   |
| <br>                 |  |
| - Long Delay Setting | 2000 A secundarios / 31,89 A primarios |
| - Long Delay Time    | 4 seg                                  |
| - Instantaneous      | 239,16 A primarios                     |

### Protección de Cámara de Transformadores # 4 (Falla máx. Barra TD-T9)

	SEL 551	G. E. 735 # 2
Voltage L-L [KV]	13.8	13,8
Corriente Nominal Prim. [A]	343	204
Corriente Pick Up Prim. [A]	348	209
Relación CT	600/5	150/5
Factor CT	120	30
Corriente Nominal Sec. [A]	2,85	6,8
Corriente Pick Up Sec. [A]	2,90	7
Protección	51	51
Tipo de Curva	IEC Extremely Inverse. C3	IEC Extremely Inverse C
TD de Selección	1,0	0,1
Tiempo de coordinación	1,2 [s]	0,045 [s]

### Fusibles INAEL IBD-2

50A: 17.5KV / I1=71 KA / I3=159 A

Tiempo de coordinación: Según la figura, si falla el breaker el fusible despejará la falla inmediatamente.

### Ajustes Breaker Cutler Hammer 3200 A

- Long Delay Setting                      0,8 In
- Long Delay Time                         15 seg.
- Short Delay Setting                       4 Ir
- Short Delay Time                         0,1 seg.

- Instantaneous 6 In
  
- Long Delay Setting 2560 A secundarios / 40.8 A primarios
  
- Long Delay Time 15 seg
  
- Short Delay Setting 163 A primarios
  
- Short Delay Time 0.1 seg.
  
- Instantaneous 306 A primarios

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- 1.- La capacidad de todos los fusibles instalados tanto para protección de cada transformador como para la protección de cada una de las cámaras de transformación se encuentran sobre dimensionados, con lo cual se podrían permitir sobre-corrientes que restarían la vida útil de los transformadores así como daños en las cargas conectadas.
- 2.- En su mayoría no se cumplen las coordinaciones para las protecciones existentes.
- 3.- Los transformadores no están trabajando a plena carga, según operarios del sistema eléctrico del mall manifiestan que en la actualidad los transformadores están trabajando al 60 % de su capacidad.
- 4.- Todos los locales del centro comercial Mall del Sur están en siendo ocupados, en la actualidad el centro comercial tiene conectada su máxima carga con los transformadores trabajando al 60% de sus respectivas capacidades.

### **RECOMENDACIONES:**

- 1.- Se recomienda el cambio de los fusibles INAEL para la protección de transformadores y cámaras de transformación en todos los casos analizados con la finalidad de que las fallas eléctricas sean despejadas correctamente y en tiempos muy cortos.

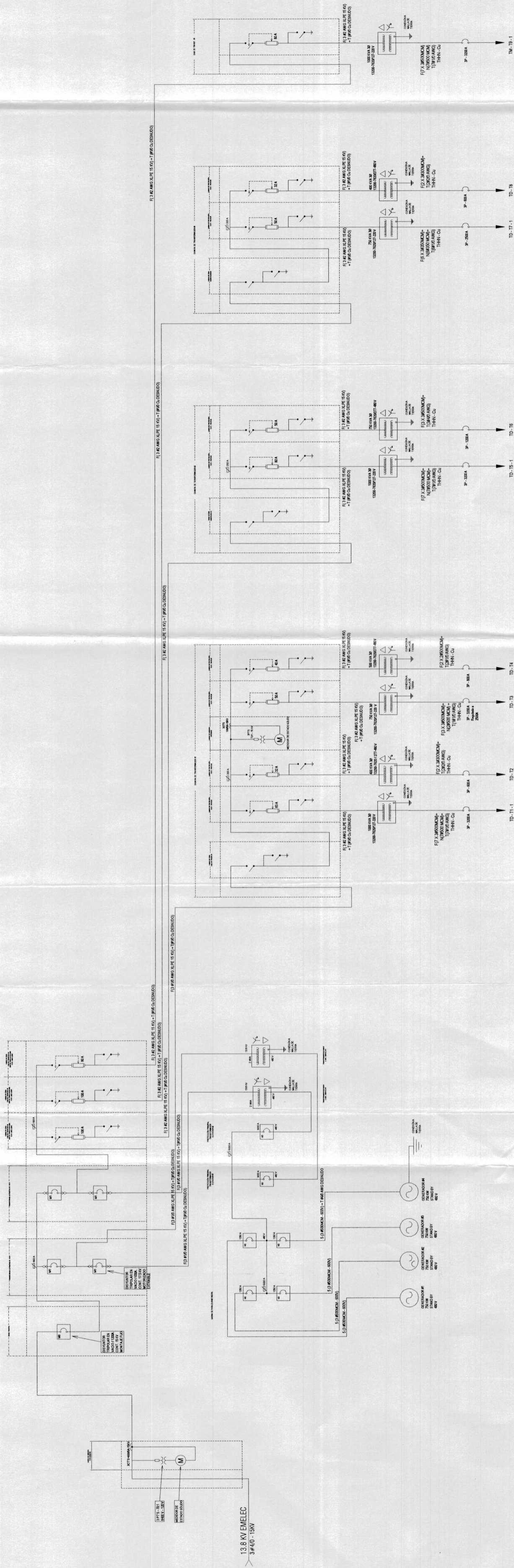
- 2.- Con el cambio de fusibles es posible obtener una mejor coordinación de las protecciones, se sugiere realizar los ajustes indicados en cada caso.
- 3.- Al no estar trabajando a plena carga cada transformador, se tiene una mayor seguridad para realizar el cambio de los fusibles.
- 4.- Finalmente se recomienda realizar las coordinaciones indicadas considerando que el centro comercial ya no incrementaría cargas significantes que afecten los cambios sugeridos y alteren las coordinaciones recomendadas.



# **ANEXO A PLANOS**



# DIAGRAMA UNIFILAR MEDIA TENSIÓN - MALL DEL SUR



## COORDINACION DE PROTECCIONES POR METODOS COMPUTARIZADOS CENTRO COMERCIAL MALL DEL SUR

### SIMBOLOGÍA

CONTIENE

DIAGRAMA UNIFILAR MEDIA TENSION

LAMINA

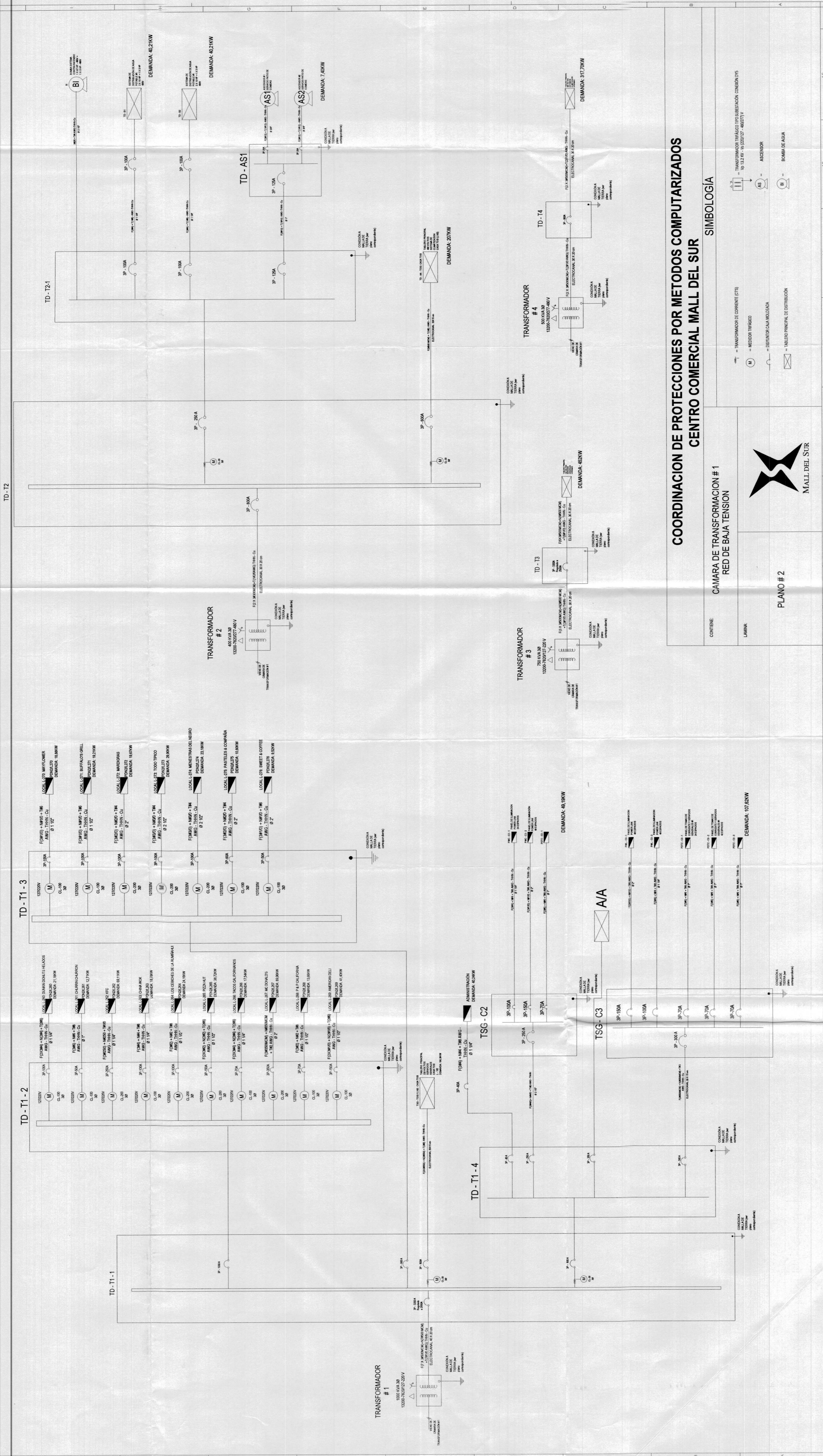
PLANO # 1



- ⊙ = MEDIDOR EN ESTADO SÓLIDO
- ⊞ = INTERRUPTOR TRIPOLAR EN VACÍO (S3) A CONT. - 17.5 kV MOTORIZADO EXTENSIBLE
- ⊞ = INTERRUPTOR TRIPOLAR 400 V MOTORIZADO
- ⊞ = INTERRUPTOR TRIPOLAR EN VACÍO / 120kV - 50V MONTAJE FIJO
- ⊞ = BARRA DE COBRE
- ⊞ = TRANSFORMADOR ELEVADOR TIPO SUBESTACION CONEXIÓN V/D
- ⊞ = TRANSFORMADOR ELEVADOR TIPO SUBESTACION CONEXIÓN Y/D
- ⊞ = TRANSFORMADOR DE POTENCIA (PT'S)
- ⊞ = TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (CT'S)
- ⊞ = TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO SUBESTACION CONEXIÓN DPS
- ⊞ = V. 13.8 kV - V. 20kV (220127-480271V)
- ⊞ = LIMITADOR DE CORRIENTE 15 kV
- ⊞ = INTERRUPTOR TRIPOLAR EN VACÍO (S3) A CONT. - 17.5 kV MOTORIZADO EXTENSIBLE
- ⊞ = INTERRUPTOR TRIPOLAR 400 V MOTORIZADO
- ⊞ = INTERRUPTOR TRIPOLAR EN VACÍO / 120kV - 50V MONTAJE FIJO
- ⊞ = BARRA DE COBRE
- ⊞ = TRANSFORMADOR ELEVADOR TIPO SUBESTACION CONEXIÓN V/D
- ⊞ = TRANSFORMADOR ELEVADOR TIPO SUBESTACION CONEXIÓN Y/D
- ⊞ = TRANSFORMADOR DE POTENCIA (PT'S)
- ⊞ = TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (CT'S)
- ⊞ = TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO SUBESTACION CONEXIÓN DPS
- ⊞ = V. 13.8 kV - V. 20kV (220127-480271V)
- ⊞ = LIMITADOR DE CORRIENTE 15 kV



# CAMARA DE TRANSFORMACION #1 RED DE BAJA TENSION

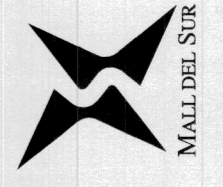


## COORDINACION DE PROTECCIONES POR METODOS COMPUTARIZADOS CENTRO COMERCIAL MALL DEL SUR

CONTIENE CAMARA DE TRANSFORMACION #1  
RED DE BAJA TENSION

SIMBOLOGIA

- = TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (CTS)
- = MEDIDOR TRIFASICO
- = INTERRUPTOR GENERAL
- = INTERRUPTOR PRINCIPAL DE DISTRIBUCION
- = TRANSFORMADOR TRIFASICO POS SUBSTANCIA COMANDADA  
Vs 13.2KV - Vn 220V/27 - 4620V/7V
- = ASCENSOR
- = BOMBA DE AGUA



PLANO #2



# CAMARA DE TRANSFORMACION # 2 RED DE BAJA TENSION

TD-15-3

TD-15-2

TD-15-1

TD-EM (NORTE)

TD-15-4

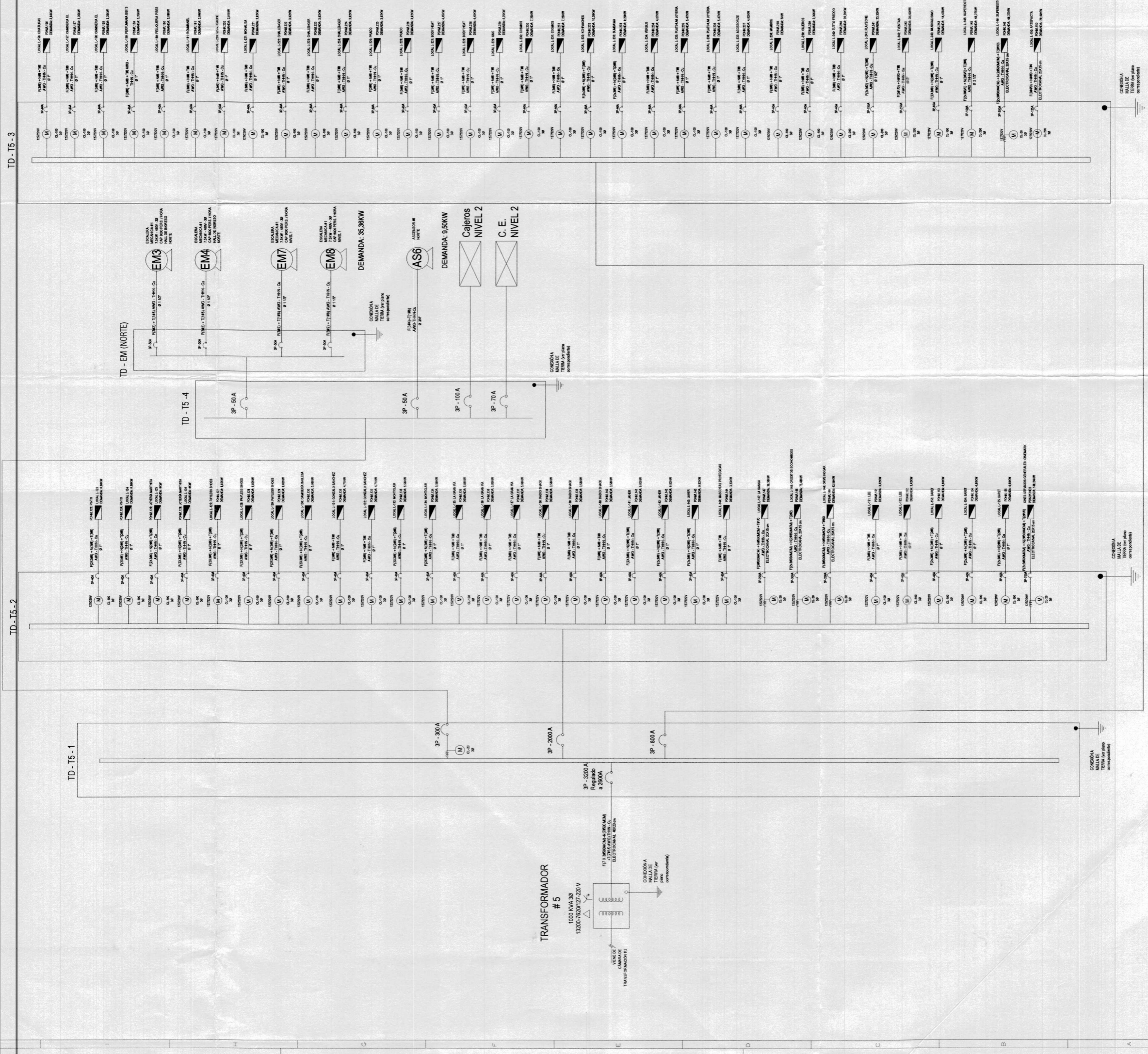
TD-16

TD-AA-ONES

TD-AA-LISEAS

TRANSFORMADOR #6

TRANSFORMADOR #5



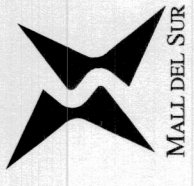
## COORDINACION DE PROTECCIONES POR METODOS COMPUTARIZADOS CENTRO COMERCIAL MALL DEL SUR

CAMARA DE TRANSFORMACION # 2  
RED DE BAJA TENSION

PLANO # 3

SIMBOLOGIA

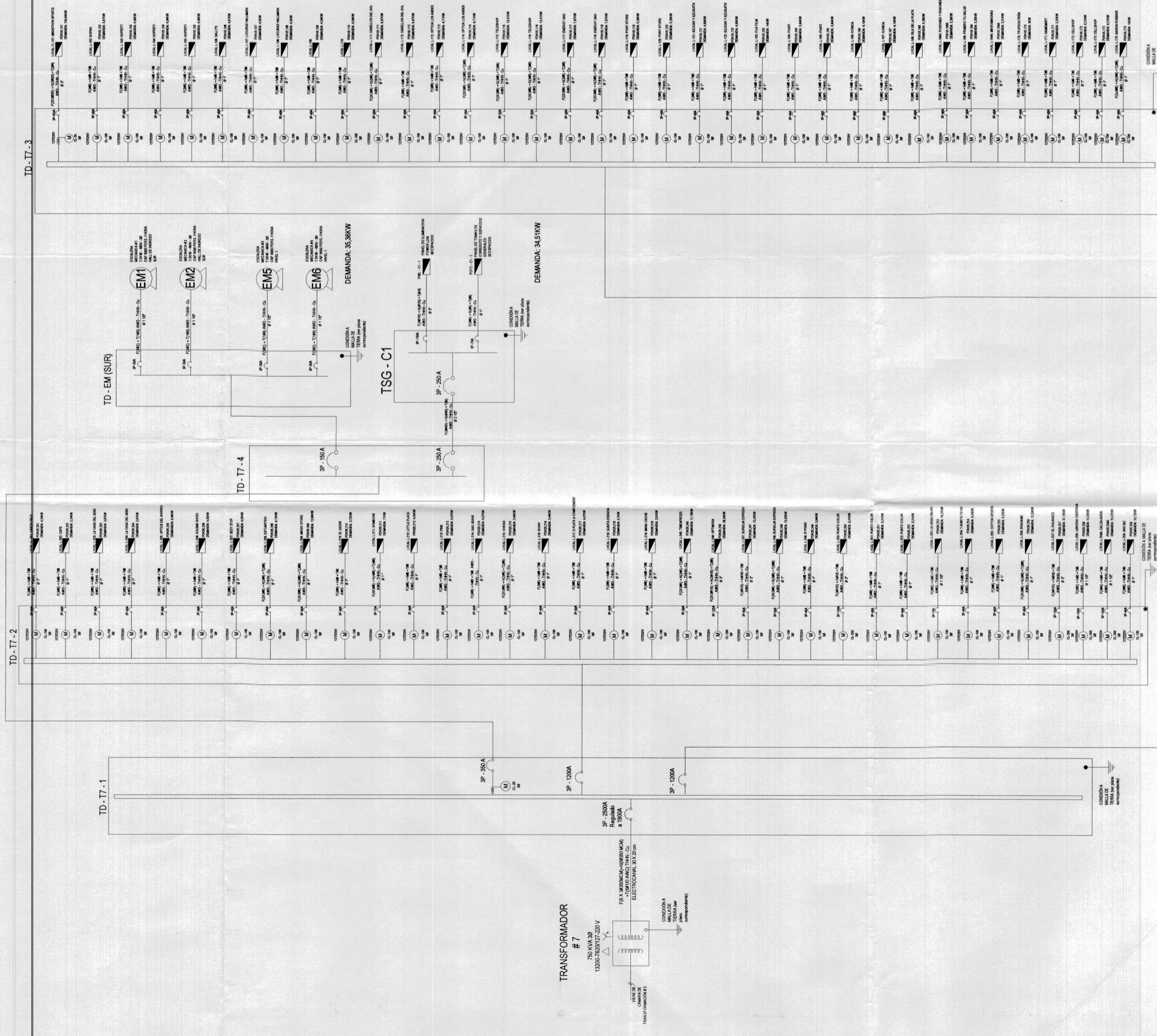
- = TRANSFORMADOR TRIFASICO (POSIBILITACION CONEXION DS)
- = MEDIDOR TRIFASICO
- = DISYUNTOR C.A.M. MOLESTIA
- = TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCION
- = UNIDAD CLIMATIZADORA
- = ESCALERA MECANICA



MALL DEL SUR

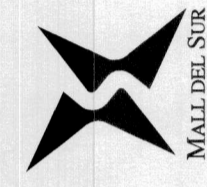


# CAMARA DE TRANSFORMACION # 3 RED DE BAJA TENSION



## COORDINACION DE PROTECCIONES POR METODOS COMPUTARIZADOS CENTRO COMERCIAL MALL DEL SUR

CENTRO  
CAMARA DE TRANSFORMACION # 3  
RED DE BAJA TENSION



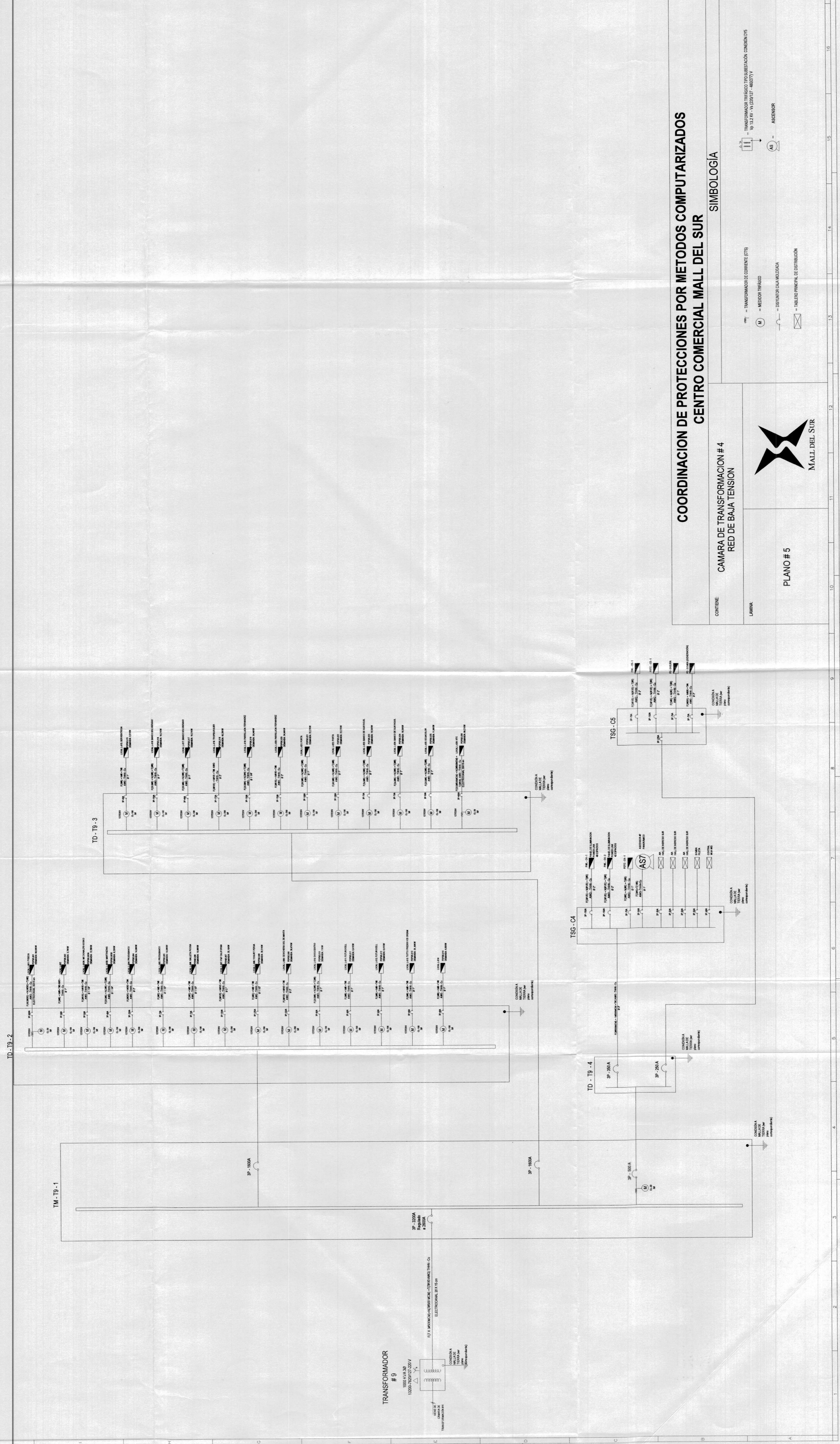
PLANO # 4

### SIMBOLOGIA

- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (CTS)
- MEDIDOR TRIFASICO
- MOTOR DE FUERZA MOTRIZ
- TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCION
- TRANSFORMADOR TRIFASICO POR SEPARACION - CONEXION Y
- UNIDAD CLIMATIZADORA
- ESCALERA MECANICA
- ASCENSOR



# CAMARA DE TRANSFORMACION # 4 RED DE BAJA TENSION

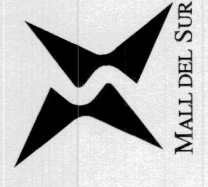


## COORDINACION DE PROTECCIONES POR METODOS COMPUTARIZADOS CENTRO COMERCIAL MALL DEL SUR

### SIMBOLOGIA

- TTT = TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (CTS)
- M = MEDIDOR TRIFASICO
- = DISYUNTOR OJA MEDIDA
- ⊠ = PANEL PRINCIPAL DE DISTRIBUCION
- = TRANSFORMADOR TRIFASICO PRO SUBSTANCIA CONDANUDIS V<sub>0</sub> 13.2 KV - V<sub>1</sub> (200/27 - 462/27 V)
- AS = ASESOR

CONTIENE CAMARA DE TRANSFORMACION # 4  
RED DE BAJA TENSION



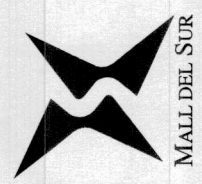
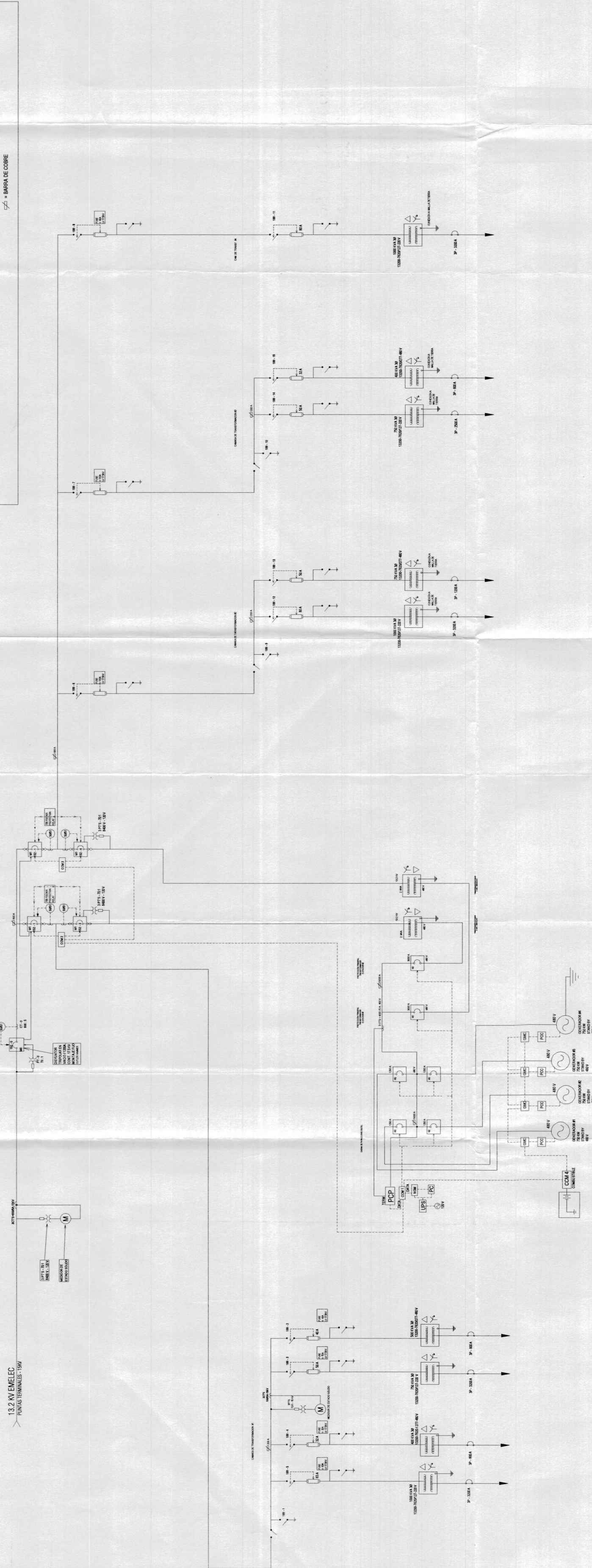
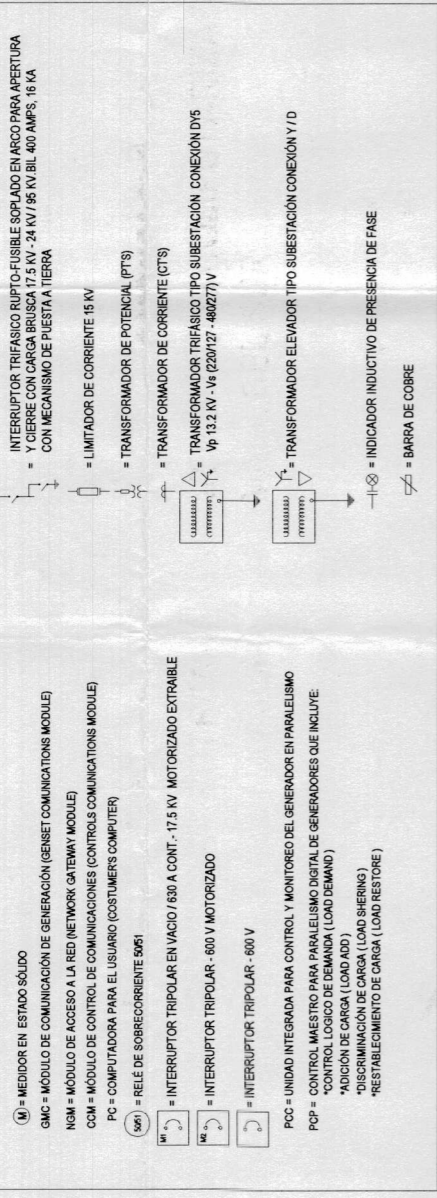
PLANO # 5

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16



# ESQUEMA DE PROTECCION MEDIA TENSION MALL DEL SUR

## SIMBOLOGÍA



PROYECTO: MALL DEL SUR		FECHA: 15/05/2023	
AUTOR: PL1RENG PL2RENG		REVISOR: PL1RENG PL2RENG	
ESCALA: 1:1	FECHA: 15/05/2023	NUM. ITEM:	1
PROYECTO: MALL DEL SUR	FECHA: 15/05/2023	REVISOR: PL1RENG PL2RENG	FECHA: 15/05/2023



# **ANEXO B**

## **RESULTADOS GRAFICOS DEL ESTUDIO DE CARGA**



Model Explorer - Buses

Records: Set Columns: Options

Bus Records

	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	Empresa Electric 1		13.80	1.00000	13.800	0.00	0.00	0.00	2.76	1.16
2	Cabina Principal 1		13.80	0.99969	13.796	0.00	0.00	0.00		
3	Camara de traf 1		13.80	0.99965	13.795	0.00	0.00	0.00		
4	TD - T3	1	0.22	0.99964	0.219	-0.83	0.27	0.05		
5	TD - T4	1	0.48	0.99928	0.465	-0.54	0.13	0.09		
6	TD - T1	1	0.21	1.01736	0.212	0.89	0.40	0.20		
7	TD - T2	1	0.48	0.97770	0.467	-0.38	0.08	0.03		
8	Camara de Traf 1		13.80	0.99950	13.793	0.00				
9	TD - T5	1	0.21	1.01958	0.212	-1.19	0.54	0.14		
10	TD - T6	1	0.48	0.96131	0.461	-1.20	0.37	0.24		
11	Camara de Traf 1		13.80	0.99957	13.794	0.00				
12	TD - T7	1	0.21	1.02688	0.212	1.37	0.46	0.15		
13	TD - T8	1	0.48	0.99226	0.476	-0.47	0.10	0.09		
14	Camara de Traf 1		13.80	0.99967	13.795	0.00				
15	TD - T9	1	0.22	0.97046	0.214	-1.00	0.41	0.12		

Model Explorer - Loads

Records: Set Columns: Options

Load Records X Buses

	Number of Bus	Name of Bus	Area Name of Load	Zone Name of Load	ID	Status	MW	Mvar	MVA
1		Empresa Electric 1	1	1	1	Open	0.00	0.00	0.00
2		2 Cabina Principal 1	1	1	1	Open	0.00	0.00	0.00
3		3 Camara de traf 1	1	1	1	Open	0.00	0.00	0.00
4		4 TD - T3	1	1	1	Closed	0.27	0.05	0.27
5		5 TD - T4	1	1	1	Closed	0.13	0.09	0.16
6		6 TD - T1	1	1	1	Closed	0.40	0.20	0.45
7		7 TD - T2	1	1	1	Closed	0.08	0.03	0.09
8		9 TD - T5	1	1	1	Closed	0.54	0.14	0.55
9		10 TD - T6	1	1	1	Closed	0.37	0.24	0.44
10		12 TD - T7	1	1	1	Closed	0.46	0.15	0.49
11		13 TD - T8	1	1	1	Closed	0.10	0.09	0.14
12		15 TD - T9	1	1	1	Closed	0.41	0.12	0.42

Search Search Now Options

Model Explorer - Branches

Explore Options

Line and Transformer Records | Buses | Loads

	From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Kfmr	MW From	Mvar From	MVA From
1	3	Empresa Electric	2	Cabina Principal	1	Closed	No	2.8	1.2	
2	2	Cabina Principal	3	Camara de trans	1	Closed	No	0.9	0.4	
3	2	Cabina Principal	8	Camara de Trans	1	Closed	No	0.9	0.4	
4	2	Cabina Principal	11	Camara de Trans	1	Closed	No	0.6	0.3	
5	2	Cabina Principal	14	Camara de Trans	1	Closed	No	0.4	0.1	
6	3	Camara de trans	4	TD - T3	1	Closed	Yes	0.3	0.1	
7	3	Camara de trans	5	TD - T4	1	Closed	Yes	0.1	0.1	
8	3	Camara de trans	6	TD - T1	1	Closed	Yes	0.4	0.2	
9	3	Camara de trans	7	TD - T2	1	Closed	Yes	0.1	0.0	
10	8	Camara de Trans	9	TD - T5	1	Closed	Yes	0.5	0.1	
11	8	Camara de Trans	10	TD - T6	1	Closed	Yes	0.4	0.3	
12	11	Camara de Trans	12	TD - T7	1	Closed	Yes	0.5	0.2	
13	11	Camara de Trans	13	TD - T8	1	Closed	Yes	0.1	0.1	
14	14	Camara de Trans	15	TD - T9	1	Closed	Yes	0.4	0.1	

Search Search Now Options

Model Explorer - Generators

Explore Options

Gen Records | Branches | Buses | Loads

	Number of Bus	Name of Bus	ID	Status	Gen MW	Gen Mvar	Set Volt	AGC	AVR	Min MW	Max MW
1	1	Empresa Electri	1	Closed	2.76	1.16	1.00000	YES	YES	2.00	

Search Search Now Options

**ANEXO C**  
**CORRIENTES DE FALLAS**  
**TOTALES**  
**Máxima y Mínima Impedancia**  
**de Cortocircuito en el punto**  
**de interconexión**

N°	BARRA	Ifalla trifásica (Amp)	Ifalla 13.8KV	Ifalla L-T (Amp)	Ifalla 13.8KV	Ifalla L-L (Amp)	Ifalla 13.8KV	Ifalla LL-T (Amp)	Ifalla 13.8KV	Ifalla MAX
1	Empresa Eléctrica	5158,04	5158,04	3459,26	3459,26	4467,03	4467,03	2570,64	4467,03	5158,04
2	Cabina Principal	5111,95	5111,95	3421,93	3421,93	4427,12	4427,12	2541,2	4427,12	5111,95
3	Cámara de transformación 1	5105,36	5105,36	3414,63	3414,63	4421,41	4421,41	2534,85	4421,41	5105,36
4	TD - T3	42638,7	679,747	63958,1	1019,62	36928,2	588,71	127916	2039,24	2039,24
5	TD - T4	15741,1	547,517	23611,7	821,277	13633,1	474,195	47223,3	1642,55	1642,55
6	TD - T1	58547	933,358	87820,4	1400,04	50705,4	808,347	175640	2800,06	2800,06
7	TD - T2	13792,6	479,743	20688,8	719,61	11945,6	415,499	41377,6	1439,22	1439,22
8	Cámara de Transformación 2	5056,29	5056,29	3372,34	3372,34	4378,91	4378,91	2500,73	2500,73	5056,29
9	TD - T5	58466,8	932,079	87700,1	1398,12	50635,9	807,239	175400	2796,23	2796,23
10	TD - T6	19199,6	667,812	28799,4	1001,72	16628,2	578,372	57598,6	2003,43	2003,43
11	Cámara de Transformación 3	5055,53	5055,53	3371,86	3371,86	4378,26	4378,26	2500,39	2500,39	5055,53
12	TD - T7	45877,9	731,387	68816,7	1097,08	39733,6	633,434	137633	2194,15	2194,15
13	TD - T8	14071,6	489,447	21107,4	734,17	12187,2	423,903	42214,7	1468,34	1468,34
14	Cámara de Transformación 4	5067,63	5067,63	3382,64	3382,64	4388,74	4388,74	2509,19	2509,19	5067,63
15	TD - T9	53485,5	852,667	80228,2	1279	46321,8	738,463	160456	2557,99	2557,99

BARRA		Ifalla trifásica (Amp)	Ifalla 13.8KV	Ifalla L-T (Amp)	Ifalla 13.8KV	Ifalla L-L (Amp)	Ifalla 13.8KV	Ifalla LL-T (Amp)	Ifalla 13.8KV	Ifalla MIN
Empresa Eléctrica		4932,54	4932,54	3391,67	3391,67	4271,74	4271,74	2552,22	2552,22	2552,22
Cabina Principal		4890,55	4890,55	3355,90	3355,90	4235,38	4235,38	2523,24	2523,24	2523,24
Cámara de transformación 1		4884,58	4884,58	3348,96	3348,96	4230,21	4230,21	2517,01	2517,01	2517,01
TD - T3		42387,20	675,738	63580,80	1013,61	36710,4	585,238	127161	2027,2	585,24
TD - T4		15668,30	544,984	23502,50	817,478	13570,1	472,003	47004,9	1634,95	472,00
TD - T1		58089,50	926,064	87134,10	1389,09	50309,1	802,029	174268	2778,19	802,03
TD - T2		13736,40	477,788	20604,60	716,682	11897	413,809	41209,2	1433,36	413,81
Cámara de Transformación 2		4839,91	4839,91	3308,50	3308,50	4191,52	4191,52	2483,43	2483,43	2483,43
TD - T5		58009,60	924,791	87014,30	1387,18	50240	800,928	174028	2774,36	800,93
TD - T6		19092,30	664,08	28638,50	996,122	16535,3	575,141	57276,8	1992,24	575,14
Cámara de Transformación 3		4839,2	4839,2	3308,04	3308,04	4190,91	4190,91	2483,1	2483,1	2483,10
TD - T7		45597,20	726,912	68395,80	1090,37	39490,5	629,559	136791	2180,73	629,56
TD - T8		14012,00	487,374	21018,00	731,061	12135,6	422,108	42035,9	1462,12	422,11
Cámara de Transformación 4		4850,21	4850,21	3318,34	3318,34	4200,44	4200,44	2491,76	2491,76	2491,76
TD - T9		53100,40	846,528	79650,60	1269,79	45988,3	733,147	159301	2539,58	733,15

## **BIBLIOGRAFIA**

Stevenson William, Análisis de Sistemas de Potencia, Editorial McGRAW-HILL, México, 2004.

Mason Russell, El Arte y La Ciencia de la Protección por Relevadores, Editorial Continental S.A., México, 1971

IEEE, Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis, IEEE STD 399-1990, [ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp)

EATON Cutler Hammer, Magnum IEC Low Voltages Air Circuit Breakers, Cleveland, Mayo 2003  
[www.cutler-hammer.eaton.com](http://www.cutler-hammer.eaton.com)

General Eléctric Consumer & Industrial, 735/737 Feeder Protection Relay Instruction Manual, GE Multilin, Markham-Ontario, 2008  
[www.GEmultilin.com](http://www.GEmultilin.com)

Schweitzer Engineering Laboratories Inc, SEL 551 Relay Instruction Manual, Pullman Washington, 1998/2007.

Industrias de Aparellaje Eléctrico S.A., Manual Técnico Fusibles Limitadores de Corriente, INAEL, Toledo/España, 2007