

# Estudio de la Coordinación de la Protecciones por Métodos Computarizados Aplicados a la Subestación TECNOVA

Iván Collantes Rizzo <sup>(1)</sup>, Andrés Delgado Calle <sup>(2)</sup>, Samuel Ortega Constantine <sup>(3)</sup>, Juan Saavedra, M.Sc <sup>(4)</sup>  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación <sup>(1)</sup>  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
[icollantesrizzo@gmail.com](mailto:icollantesrizzo@gmail.com) <sup>(1)</sup>, [afdelgad@espol.edu.ec](mailto:afdelgad@espol.edu.ec) <sup>(2)</sup>  
[wasaorte@espol.edu.ec](mailto:wasaorte@espol.edu.ec) <sup>(3)</sup>

## Resumen

*En todo sistema eléctrico es de vital importancia tener un esquema de protecciones que garantice la seguridad y el perfecto funcionamiento de los equipos involucrados. En el presente artículo se realiza el estudio de la coordinación de las protecciones de la subestación eléctrica de la empresa TECNOVA teniendo en cuenta un futuro incremento de carga en sus instalaciones. Como primer paso se realiza el estudio de flujo de carga el cual permite conocer en el sistema la corriente de plena carga, estos valores son datos necesarios para realizar el estudio de coordinación. Luego de obtener las corrientes de plena carga, se realiza un estudio de cortocircuito en los puntos principales del sistema considerados como barras que representan a los cuartos de equipos eléctricos, de tal manera que permitirá conocer las corrientes de fallas correspondientes. Luego de obtener la información necesaria, se realiza la coordinación de las protecciones del sistema considerando los puntos importantes donde se aplican los criterios necesarios para dicho estudio. El análisis se realiza usando la plataforma de "POWER WORLD" y "Microsoft EXCEL" como herramienta de apoyo para realizar cálculos y gráficos de las curvas de los elementos. Finalmente se obtienen los ajustes del relé SEL 587, equipo utilizado en la subestación eléctrica para su respectiva protección.*

**Palabras Claves:** Subestación eléctrica, TECNOVA, flujo de carga, corrientes de plena carga, cortocircuito, corrientes de fallas, POWER WORLD, SEL 587.

## Abstract

*In any electrical system is vital to have a scheme that guarantees security and the perfectly functioning involved equipment. In this article we study the coordination of the protections of the electrical substation TECNOVA company considering future load growth in its facilities. The first step is performed load flow study which allows me to meet the system is full load current, these values are data necessary for the study of coordination. After getting the full load current, is a study of short circuit on the main points of the system considering as bars representing electrical equipment rooms, so that reveal the corresponding fault currents. After obtaining the necessary information is made coordination of the system protections considering the important points where they apply the criteria for the study. The analysis is performed using the Power World platform and Microsoft Excel as a support tool to perform calculations and graphs of the curves of the elements. Finally we got the SEL 587 settings, equipment used in the electrical substation for their respective protection.*

**Keywords:** Electrical substation, TECNOVA, load flow, full load current, short circuit, fault currents, Power World, SEL 587.

## 1. Introducción

La empresa TECNOVA en el año 2009 elaboro el proyecto "SUBESTACIÓN TECNOVA" para poder obtener energía eléctrica a un nivel mayor de voltaje (69 KV), con la finalidad de obtener todos los beneficios y ventajas que trae consigo el comprar energía a altos niveles de voltaje. La capacidad instalada de la subestación TECNOVA es de 5MVA.

La coordinación de las protecciones se la realiza con la finalidad de mantener la seguridad de los respectivos equipos eléctricos en caso de presentarse

anomalías durante la operación y maniobras del sistema. De esta manera se garantiza de que en caso de presentarse una falla, la configuración del relé de protección con su respectiva coordinación será capaz de aislar el sistema eléctrico evitando daños y averías a los dispositivos eléctricos.

En el presente proyecto se realiza un análisis de flujo de carga y cortocircuito en base a la potencia instalada, debido a que la carga actual de la planta es cercana a los 5MVA y funcionara al 100% en el transcurso de este año; esta información es básica para realizar los ajustes al Relé SEL 587, que presenta dos

sistemas de protección, sobrecorriente y diferencial, el presente trabajo nos muestra los diferentes criterios de coordinación que hemos elegido para garantizar una operación exitosa del Relé al momento que se presente una falla en el sistema de la subestación TECNOVA.

### 1.1 Descripción de las Instalaciones

La Subestación TECNOVA se encuentra ubicada en el Km 16 ½ Vía a Daule (Lotización Industrial Pascuales). La subestación es de tipo terminal, abierta. Todo equipo, estructura y elemento de la subestación están adecuadamente puestos a tierra por medio de una malla calculada para estos fines la cual presenta siempre un doble camino de conducción ante cualquier perturbación. La línea de subtransmisión que alimenta a la subestación llega en forma aérea desde un ramal de 69 KV. El ingreso se hace a través de tres puentes aéreos que se conectan al seccionador de aire a 69 KV.

La llegada al transformador de fuerza se la hace a través de conexiones en los pararrayos de 69 KV y Breaker de Poder 69 kV con aislamiento en SF6. La subestación tiene una capacidad de 5 MVA OA, a 65 grados rice, con provisión FA.

La salida de 13.8 KV del transformador se encuentran ubicados tres pararrayos de 15 kV. A continuación de los mismos se encuentran los transformadores medición para la empresa distribuidora y finalmente hacia las cuchillas monopolares. La línea de 13.8 KV se dirige vía subterránea al cuarto de control y se conecta con el interruptor en vacío 15 KV tipo interior. Desde ahí parte el alimentador a 13.8 KV subterráneo para alimentar la carga y proveer de energía a la planta. En la figura 1 se muestra el diagrama unifilar de la subestación con sus alimentadores principales y en las figuras 2 y 3 se muestran de forma detallada las cargas correspondientes a cada alimentador.

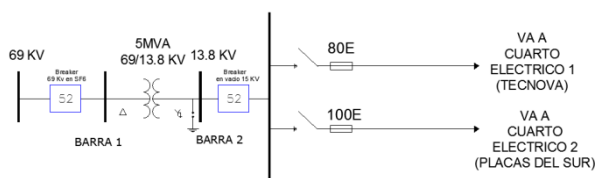


Figura 1. Diagrama Unifilar Subestación Tecnova

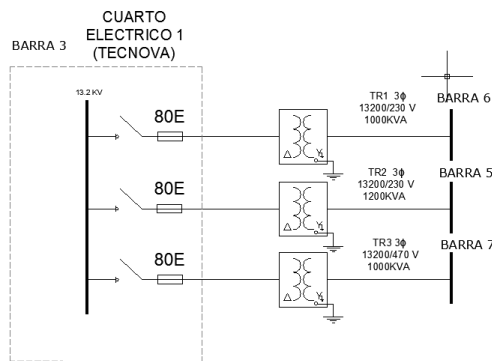


Figura 2. Diagrama Unifilar Subestación Tecnova (Alimentador Tecnova)

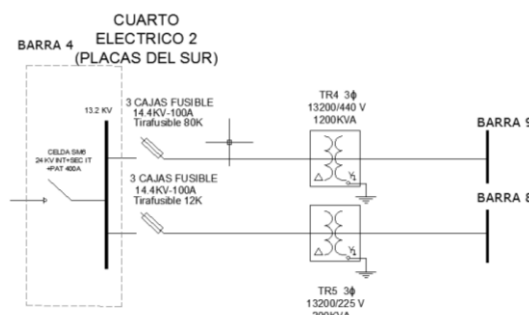


Figura 3. Diagrama Unifilar Subestación Tecnova (Alimentador Placas del sur)

## 2. Estudio de Flujo de carga

En el análisis de flujo de carga se realizan en base a los siguientes criterios.

Flexibilidad Operacional.- El sistema podrá funcionar alimentado por la Empresa Eléctrica sin ninguna restricción

Niveles de Confiabilidad.- El sistema debe proveer la continuidad del servicio y la alimentación a las instalaciones de la empresa TECNOVA en forma prioritaria, ante la existencia de falla de un elemento un del Sistema.

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.

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.

## 2.1 Resultados del Estudio de flujo de carga

En el análisis de flujo de carga corresponde al caso de carga máxima considerado para el análisis en la coordinación.

En la tabla 1 se muestran los voltajes en cada barra correspondiente al caso de análisis.

En la tabla 2 y tabla 3 se muestran los datos correspondientes al flujo de potencia.

**Tabla 1.** Voltajes de barra.

BARRA	NOMBRE DE LA BARRA	V (pu)	V (Kv)
1	S/E 69 KV	1	69
2	S/E 13.8 KV	0.9997	13.7956
3	TECNOVA (CE1)	0.9996	13.7951
4	PLACAS DEL SUR (CE2)	0.9996	13.7944
5	TR 2 230 V	0.9993	0.2298
6	TR 1 230 V	0.9994	0.2299
7	TR 3 470 V	0.9995	0.4698
8	TR 5 225 V	0.9995	0.2249
9	TR 4 440 V	0.9994	0.4397

**Tabla 2.** Análisis de flujo de potencia.

BARRA	NOMBRE DE LA BARRA	MW	MVAR
1 a 2	S/E 13.8 KV a S/E 69 KV	3.7158	2.4055
2 a 3	S/E A CE1	3.7151	2.4041
3 a 4	CE 1 A CE2	1.1557	0.7166
3 a 5	TR 2 230 V	0.9600	0.6320
3 a 6	TR 1 230 V	0.8000	0.5270
3 a 7	TR 3 470 V	0.8000	0.5270
4 a 8	TR 5 225 V	0.1600	0.0840
4 a 9	TR 4 440 V	0.9960	0.6320

**Tabla 3.** Datos de factor de potencia.

BARRA	NOMBRE DE LA BARRA	Fp
5	TR 2 230 V	0.8352
6	TR 1 230 V	0.8351
7	TR 3 470 V	0.8351
8	TR 5 225 V	0.8854
9	TR 4 440 V	0.8444

## 3. Estudios de cortocircuito

Una falla en un sistema es cualquier evento que interfiere con el flujo normal de corriente. El tipo de falla más grave es la simétrica, también llamada falla trifásica a tierra, sin embargo la mayoría de las fallas que ocurren en los sistemas de potencia, son fallas asimétricas.

Las fallas nos podrían conducir a los siguientes fenómenos:

- Flujos de corrientes no deseados.
- Corrientes elevadas que podrían dañar los equipos.
- Armónicos.
- Peligro para la seguridad del personal

El sistema eléctrico de la subestación Tecnova requiere realizar estudios de cortocircuito para resolver las situaciones críticas señaladas, y obtener la información básica para la coordinación de las protecciones.

### 3.1 Alcance de los estudios de cortocircuito

Considerando que la subestación Tecnova 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 doble línea a tierra.
- Falla línea a línea.

La falla trifásica a tierra es a menudo, para este tipo de sistema, la más severa de todas, por ello se realiza el análisis de 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

Los datos proporcionados por la Empresa Eléctrica de Guayaquil corresponden a los MVA de corto circuito y las impedancias de Thévenin en la barra de interconexión de la industria con el sistema de 69KV. La información está dada en bases de 100MVA y 69KV.

Las tablas 4 y 5 muestran la impedancia del sistema tanto en máxima y mínima generación respectivamente.

**Tabla 4.** Impedancia equivalente para máxima generación

Secuencia	Magnitud [p.u.]	R + jX [Ohmios]	X/R
Positiva	0.06688671	0.2852+j3.1717	11
Cero	0.06294049	0.3225+j2.9792	9

**Tabla 5.** Impedancia equivalente para mínima generación

Secuencia	Magnitud [p.u.]	R + jX [Ohmios]	X/R
Positiva	0.08075037	0.3421+j3.8293	11
Cero	0.06294049	0.3225+j2.9792	9

### 3.3 Resultados de los estudios de corto circuito

Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas en base a los datos de la sección anterior. Para el cálculo correspondiente se utilizó el método de las componentes simétricas de tal manera que se obtiene un circuito equivalente para cada tipo de falla.

En las tablas siguientes muestran los valores de las corrientes de falla en cada barra obtenidos analíticamente en base a las impedancias equivalentes de máxima generación, debido a que este es el caso más severo y en la cual se tomara de referencia para la coordinación.

**Tabla 6.** Fallas en barra 1

KV Pre falla	Tipo falla	Ia [KA]	Ia [p.u.]	Ib [KA]	Ib [p.u.]	Ic [KA]	Ic [p.u.]
69	LLL	12,51	14,95	12,51	14,95	12,51	14,95
69	LG	12,76	15,25	0	0	0	0
69	LL	0	0	10,83	12,95	10,83	12,95
69	LLG	0	0	12,71	15,18	12,57	15,03

**Tabla 7.** Fallas en barra 2

KV Pre falla	Tipo falla	Ia [KA]	Ia [p.u.]	Ib [KA]	Ib [p.u.]	Ic [KA]	Ic [p.u.]
13,8	LLL	2,852	0,681	2,852	0,681	2,852	0,681
13,8	LG	2,901	0,693	0	0	0	0
13,8	LL	0	0	2,47	0,59	2,47	0,59
13,8	LLG	0	0	2,821	0,697	2,937	0,702

**Tabla 8.** Fallas en barra 3

KV Pre falla	Tipo falla	Ia [KA]	Ia [p.u.]	Ib [KA]	Ib [p.u.]	Ic [KA]	Ic [p.u.]
13,8	LLL	2,837	0,678	2,837	0,678	2,837	0,678
13,8	LG	2,887	0,69	0	0	0	0
13,8	LL	0	0	2,457	0,587	2,457	0,587
13,8	LLG	0	0	2,808	0,671	2,916	0,697

**Tabla 9.** Fallas en barra 4

KV Pre falla	Tipo falla	Ia [KA]	Ia [p.u.]	Ib [KA]	Ib [p.u.]	Ic [KA]	Ic [p.u.]
13,8	LLL	2,79	0,667	2,79	0,667	2,79	0,667
13,8	LG	2,841	0,679	0	0	0	0
13,8	LL	0	0	2,416	0,577	2,416	0,577
13,8	LLG	0	0	2,766	0,661	2,866	0,685

Los valores de corrientes de fallas mostrados en la tabla XXI en el lado de 69KV son muy altas debido a que la subestación TECNOVA está ubicada a 1km de la subestación PASCUALES.

## 4. Coordinación de las protecciones

Si bien es cierto, resulta imposible predecir la ocurrencia de fallas, se puede mitigar el efecto de estas teniendo un buen sistema de protecciones que sea selectivo y eficaz.

Los estudios de flujo de carga y corto circuito de la subestación TECNOVA, son la base para el ajuste y coordinación de las protecciones del sistema.

### 4.1 Descripción del sistema de protección

El diagrama unifilar de la subestación TECNOVA consta de modelo simple. (1 ENTRADA – 1 SALIDA). El esquema de protección es el siguiente:

-Para protección a nivel de 69 kV, se utilizará un breaker SF6 tanque vivo de marca CROMPTON GREAVES. Este equipo estará controlado por el relé digital de la marca SEL 587.

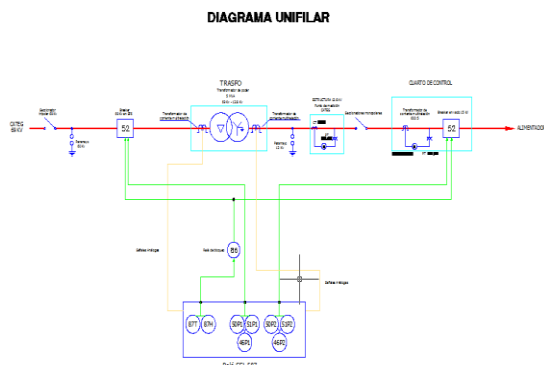
-Para protección a nivel de 13,8 kV, se utilizará un breaker en vacío tipo interior de marca Cuttler Hammer. Este equipo estará controlado por el mismo relé digital de la marca SEL 587.

-El relé SEL 587 brindará al transformador de Poder protección de sobrecorriente de fase, neutro y secuencia negativa (50/51) tanto en el lado de alta y media tensión.

-Además será ajustada la protección diferencial con y sin restricción de armónicos. (Con dos pendientes) Las señales análogas para los relés (entrada de corriente), se utilizaran de la siguiente manera:

**Tabla 10.** Entradas analógicas del relé

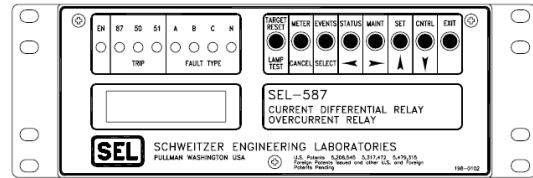
Equipos de proteccion	Entradas analogas 1	Entrada analogas 2
Rele SEL 587 Transformador	Ct's 69 kV	Ct's 15 kV



**Figura 4.** Esquema de protección Tecnova

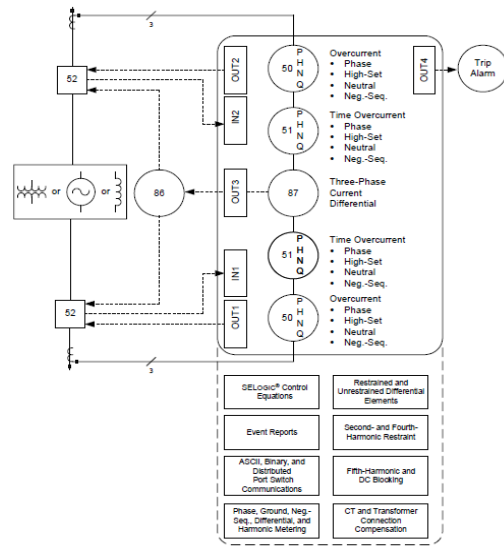
## 4.2 Relé SEL 587

El relé SEL-587 provee protección de corriente diferencial más dos grupos completos de elementos de sobrecorriente en un paquete compacto. El relé mide las corrientes del lado de alta y del lado de baja, las cantidades de operación y retención diferencial.



**Figura 5.** Vista frontal del relé

### 4.3 Funciones del relé



**Figura 6.** Funciones de protección del relé SEL

### 4.4 Protección diferencial

El relé SEL-587 incluye elementos diferenciales de corriente independientes, con retención y sin retención. El elemento con retención tiene una característica de retención de porcentaje con una pendiente dual. Donde se requiera, se puede ajustar funciones de bloqueo de segunda y quinta armónica, para proveer seguridad al elemento diferencial para condiciones sin falla. Un elemento diferencial sin retención provee un despeje más rápido en fallas internas de gran magnitud.

#### 4.4.1 Ajustes de la protección diferencial

Una aplicación diferencial de porcentaje con dos pendientes o variable, mejora la sensibilidad en la región donde el error del CT es más pequeño e

incrementa la seguridad en la región de alta corriente, donde el error del CT es más grande.

En el caso de TECNOVA, el error del transformador de corriente,  $e$ , es igual a  $\pm 10$  por ciento. En por unidad:  $e = 0.1$  La variación de la razón de voltaje del cambiador de taps del transformador de poder es desde el 95 por ciento al 105 por ciento. En por unidad:  $a = 0.05$

La corriente máxima diferencial (que representa un error) se puede expresar como un porcentaje de la corriente del enrollado:

$$\%error = (1 + e) - \frac{(1 - e)}{(1 + a)}$$

$$\%error = (1 + 0.1) - \frac{(1 - 0.05)}{(1 + 0.1)}$$

$$\%error = 23.6\%$$

Además del error calculado arriba, se tiene que considerar errores adicionales debido a la corriente de excitación del transformador ( $\approx 3\%$ ) y al error de medida del relé ( $\leq 5\%$ ). El error total máximo llega al 32%. Por lo tanto, si sólo se usa una pendiente, un ajuste conservador de la pendiente, es cercana al 35% por ciento. Esto representa una aplicación diferencial de porcentaje fijo y es un buen ajuste promedio para cubrir el rango de corriente completo.

Una segunda pendiente con un valor del 60% cubre el error del CT hasta cerca del 20% en la que obtendremos la curva de la siguiente manera:

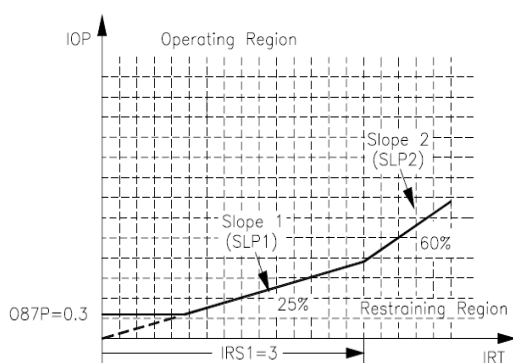


Figura 7. Característica de la curva diferencial

## 4.5 Protección de sobrecorriente

El relé SEL-587 provee elementos de sobrecorriente no direccional para los lados de alta y baja. Los ajustes de pickup de sobrecorriente y las

características de operación son independientes de los ajustes del elemento diferencial.

Un ejemplo de esta flexibilidad se muestra en la Figura 4, en que OUT1 y OUT2 están ajustadas para disparar en forma independiente a los interruptores del lado de alta y de baja, mientras que OUT3 opera el relé de bloqueo (lockout) del transformador y OUT4 opera el anunciador de disparo.

### 4.5.1 Ajustes de la protección de sobrecorriente de fase

En el diagrama unifilar de TECNOVA se encuentra un fusible aguas abajo del sistema, las curvas de tiempo inverso de dicho fusible se encuentra en el anexo 4.5, el Relé SEL 587 debe darle respaldo al mismo. A este relé lo llamaremos SEL 587 BAJA y se encuentra ubicado en la barra 2 de 13.8 KV.

Para que el Relé SEL 587 BAJA le dé respaldo al fusible se utiliza la curva extremadamente inversa U4. La función de esta curva viene dada por la fórmula:

$$t = TD \left[ 0.0352 + \frac{5.67}{M^2 - 1} \right]$$

Dónde:

$tp$  es el tiempo de operación del Relé

$TD$  es el ajuste del Dial de Tiempo

$M$  es el múltiplo de la corriente de pickup aplicada.

Se procede a calcular la corriente de disparo del Relé, para esto utilizaremos la ecuación:

$$I_{pickup} = 1.30 \times I_{carga}$$

$$I_{pickup} = 1.3 \times 186.2 \text{ A}$$

$$I_{pickup} = 242.06$$

$$I_{pickup} \approx 242 \text{ A}$$

Este valor nos sirve para reemplazar en la función U4 del Relé por lo que procedemos a resolver las ecuaciones:

$$tp = TD \left[ 0.0352 + \frac{5.67}{\left( \frac{2852.1}{242} \right)^2 - 1} \right]$$

$$tp = TD \left[ 0.0352 + \frac{5.67}{137.90} \right]$$

$$tp = TD[0.0352 + 0.0411]$$

$$tp = TD[0.0763]$$

Para determinar el tiempo de operación del Relé utilizamos la ecuación:

$$tp = 0.4t + 0.15 \text{ segundos}$$

El tiempo de operación nominal del fusible para una falla de 2852.1 A es 0.01, al reemplazar este valor en la formula se determina que el tiempo de operación mínimo para que opere el Relé es:

$$tp = 0.154 \text{ s}$$

Reemplazando este valor en la ecuación correspondiente:

$$0.154 = TD[0.0763]$$

$$TD = 2$$

El Relé SEL 587 ALTA debe respaldar al Relé en la barra 2 de 13.8 KV. En este caso también seleccionamos la curva extremadamente inversa U4 y su función es:

$$tp = TD \left[ 0.0352 + \frac{5.67}{M^2 - 1} \right]$$

Se debe tomar en cuenta que el relé SEL 587 de ALTA debe operar si el relé SEL 587 BAJA no llegase a operar, dada esta condición el Relé SEL 587 ALTA observa una corriente de 48.4 A que es la corriente de disparo del relé 587 SEL BAJA referido a 69 KV.

$$tp = TD \left[ 0.0352 + \frac{5.67}{\left( \frac{12509.7}{49} \right)^2 - 1} \right]$$

$$tp = TD \left[ 0.0352 + \frac{5.67}{65177.09} \right]$$

$$tp = TD[0.0352 + 0.0000870]$$

$$tp = TD[0.035287]$$

El Relé SEL 587 BAJA tiene el siguiente ajuste del dial:

$$TD = 2$$

Reemplazamos este valor en la ecuación y nos da el tiempo de operación en el que el relé SEL 587 ALTA funcionaria.

$$tp = 0.070574$$

El tiempo de operación del RELE SEL 587 ALTA debe considerar el intervalo entre relés, en este caso el intervalo de tiempo entre relés es 0.3s. Por lo que se

debe considerar un tiempo de operación más alto, en este caso le llamaremos tp''.

$$tp'' = 0.3 + 0.070574$$

$$tp'' = 0.3706$$

Para encontrar el ajuste del Dial requerido para la coordinación reemplazamos en la formula correspondiente.

$$tp'' = TD2[0.035287]$$

$$TD2 = \frac{tp''}{0.035287}$$

$$TD2 = \frac{0.3706}{0.035287}$$

$$TD2 \approx 10.5$$

El ajuste del DIAL del relé SEL 587 ALTA es de 10.5.

De esta forma se han realizado los ajustes en los relés y el fusible para la protección de sobrecorriente de la subestación TECNOVA, las curvas de coordinación referenciadas a 13.8 KV se muestran en la siguiente figura.

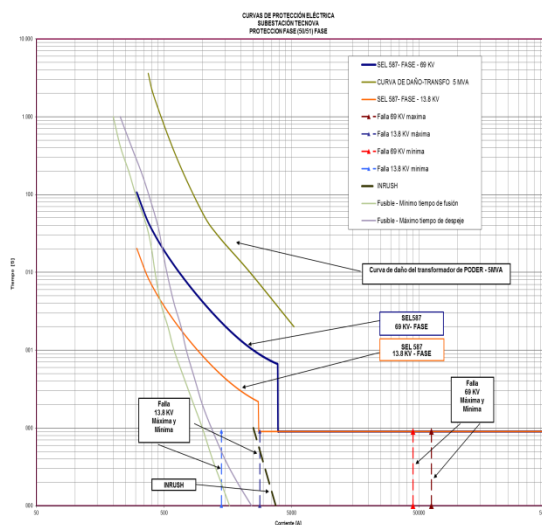


Figura 8. Coordinación de sobrecorriente de fase

Si la falla se da en la barra 3 y en la barra 2 el Relé SEL 587 BAJA debe operar para la falla mínima (1412.7 A) y en la falla máxima (2825.4) tiene el instantáneo que opera en 2 ciclos.

El Relé SEL 587 ALTA respalda al relé y protege tanto la barra de 2 como la barra 1. Note que para la falla máxima (62548.5 A reflejado a 13.8 KV) el relé opera instantáneamente.

Es importante tomar en cuenta que el Relé coordina con los fusibles hasta una corriente de 500 Amperios, esta corriente es 400% de la corriente de carga nominal de la barra 4.

#### 4.5.2 Ajustes de protección del neutro

En este caso se ajusta el RELE SEL con el mismo tipo de curva en la protección de sobrecorriente. Las curvas de ambos relés son extremadamente inversas

$$tp = TD \left[ 0.0352 + \frac{5.67}{M^2 - 1} \right]$$

$$I_{pickup} = 0.10 \times I_{carga}$$

$$I_{pickup} = 0.10 \times 186.2$$

$$I_{pickup} \approx 20$$

Otra diferencia respecto a la coordinación anterior es el ajuste del instantáneo. El instantáneo se ajusta para proteger las fallas mínimas, tanto en la barra 1 de 69 KV, como en la barra 2 de 13.8 KV.

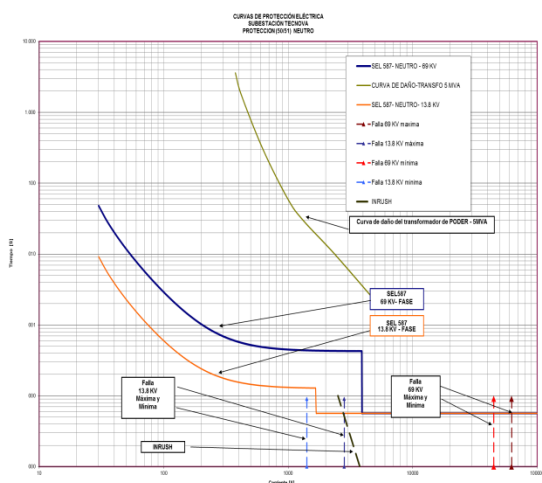


Figura 9. Coordinación de sobrecorriente del neutro

Si la falla de una fase a tierra se da en la barra 2 de media tensión y en la barra 3 el Relé SEL 587 BAJA el instantáneo opera para dicha falla, esto es 1664.5 A

El Relé SEL 587 ALTA respalda al relé y protege tanto la barra 2 de 13.8KV como la barra 1 de 69 KV. Note que el relé opera para una falla de 44870 A.

En ambos casos el relé opera cuando en la red existe un desbalance de 20 A. La protección de sobrecorriente del neutro no coordina con el fusible.

#### 4.5. Ajustes de protección de secuencia negativa

En el caso de la protección de la secuencia negativa, se modifica la corriente de disparo.

$$I = \sqrt{3}(I_{pickup})$$

Dónde:

$I$  es la corriente de disparo de secuencia negativa  
 $I_{pickup}$  es la corriente de disparo ajustada en la protección de sobrecorriente

#### SEL 587 ALTA

$$I = \sqrt{3}(49 A)$$

$$I = 84.87 A$$

#### SEL 587 BAJA

$$I = \sqrt{3}(242 A)$$

$$I = 419.16 A$$

El ajuste del Dial se lo realiza tomando en cuenta de que sea mayor al ajuste del Dial en la protección de sobrecorriente.

En este caso se toma un TD = 15 para el relé SEL 587 ALTA y de TD = 6 para el relé SEL 587 BAJA

#### 4.6 Resumen de ajustes

Tabla 11. Ajuste de sobrecorriente de fase en alta

PROTECCIÓN DE FASE		
PARAMETROS	AJUSTES	UNIDADES
Pick Up	49	
Time Dial	10,5	
Tipo de Curva	U.S	
Estilo de Curva	U4	
Unidad Instantánea	16	X IN
Tiempo de disparo (Breaker)	0,04	segundos
Cierre de Contacto del Relé	0,016666667	segundos
Instantánea Temporizada	2	ciclos
	0,033333333	segundos
TIEMPO TOTAL	0,056666667	segundos
CT RATIO	10	



**Tabla 12.** Ajuste de sobrecorriente de fase en baja

PROTECCIÓN DE FASE		
PARAMETROS	AJUSTES	UNIDADES
Pick Up	245	
Time Dial	2	
Tipo de Curva	U.S	
Estilo de Curva	U4	
Unidad Instantánea	11,3	X IN
Tiempo de disparo (Breaker)	0,04	segundos
Cierre de Contacto del Relé	0,016666667	segundos
Instantánea Temporizada	2	ciclos
	0,033333333	segundos
<b>TIEMPO TOTAL</b>	0,056666667	segundos
<b>CT RATIO</b>	50	

**Tabla 13.** Ajuste de sobrecorriente de neutro en alta

PROTECCIÓN DE NEUTRO		
PARAMETROS	AJUSTES	UNIDADES
Pick Up	4	
Time Dial	10,5	
Tipo de Curva	U.S	
Estilo de Curva	U4	
Unidad Instantánea	196	X IN
Tiempo de disparo (Breaker)	0,04	segundos
Cierre de Contacto del Relé	0,016666667	segundos
Instantánea Temporizada	0	ciclos
	0	segundos
<b>TIEMPO TOTAL</b>	0,056666667	segundos
<b>CT RATIO</b>	10	

**Tabla 14.** Ajuste de sobrecorriente de neutro en baja

PROTECCIÓN DE NEUTRO		
PARAMETROS	AJUSTES	UNIDADES
Pick Up	20	
Time Dial	2	
Tipo de Curva	U.S	
Estilo de Curva	U4	
Unidad Instantánea	84	X IN
Tiempo de disparo (Breaker)	0,04	segundos
Cierre de Contacto del Relé	0,016666667	segundos
Instantánea Temporizada	0	ciclos
<b>TIEMPO TOTAL</b>	0,056666667	segundos
<b>CT RATIO</b>	50	

**Tabla 15.** Ajuste de secuencia negativa en alta

PROTECCIÓN DE SECUENCIA NEGATIVA		
PARAMETROS	AJUSTES	UNIDADES
Pick Up	86,60254038	
Time Dial	15	
Tipo de Curva	U.S	
Estilo de Curva	U4	
Unidad Instantánea	15	X IN
Tiempo de disparo (Breaker)	0,04	segundos
Cierre de Contacto del Relé	0,1	segundos
Instantánea Temporizada	4	ciclos
	0,066666667	segundos
<b>TIEMPO TOTAL</b>	0,14	segundos
<b>CT RATIO</b>	10	

**Tabla 16.** Ajuste de secuencia negativa en alta

PROTECCIÓN DE SECUENCIA NEGATIVA		
PARAMETROS	AJUSTES	UNIDADES
Pick Up	433,0127019	
Time Dial	6	
Tipo de Curva	U.S	
Estilo de Curva	U4	
Unidad Instantánea	10	X IN
Tiempo de disparo (Breaker)	0,04	segundos
Cierre de Contacto del Relé	0,1	segundos
Instantánea Temporizada	0	ciclos
	0	segundos
<b>TIEMPO TOTAL</b>	0,14	segundos
<b>CT RATIO</b>	50	

**Tabla 17.** Ajuste del diferencial

I operación	0.3
TAP 1	4.2
TAP 2	7.3

## 5. Conclusiones

Conocer la topología del sistema permite clasificar las zonas de protección, la subestación TECNOVA es la zona de más alto riesgo del sistema debido a que se encuentra el transformador de potencia; el RELE SEL 587 es el que se encarga de proteger esa zona y dar respaldo a los fusibles y breakers aguas abajo de la subestación.

La elevadas corrientes de falla que se presentan en la subestación TECNOVA inciden directamente en la curvas de coordinación y en la elección de los transformadores de corriente. Se realizó consideraciones especiales en el instantáneo para ahorrar costos y no sobredimensionar los transformadores de corriente.

Económicamente el tener un buen sistema de protecciones representa minimizar riesgos; por lo general los equipos eléctricos implican altos costos y esencial proteger la inversión del cliente.

La coordinación de protecciones de TECNOVA represento una buena experiencia para reforzar conocimientos y tener criterios básicos para realizar estudios de coordinación en el futuro.

## 6. Recomendaciones

El Relé SEL 587 es un equipo de bajo costo y altamente eficiente, se recomienda leer el manual de instrucción para evitar malas maniobras del operador.

Es importante analizar las corrientes de falla en el sistema ya que influyen directamente en la coordinación. La empresa eléctrica local puede proporcionar información que este incompleta por lo que recomendamos que al comenzar un estudio de coordinación se verifique dicha información.

El departamento de mantenimiento eléctrico de la empresa TECNOVA debe ajustar las protecciones al momento de haber cambios o aumentos de carga en la empresa, nos encontramos con una serie de cambios que no estaban incluidos en el estudio de protecciones y que podrían afectar la operación del Relé.

## 7. Agradecimiento

Se agradece a la empresa Tecnova por su colaboración en este proyecto de grado, al igual que a los profesores de la Escuela Superior Politécnica del Litoral que nos ayudaron en la realización del mismo.

## 8. Referencia

[1] Blackburn, J. Lewis - Protective Relaying Principles and Applications. Editorial Marcel Dekker: New York 1987.

[2] Layana Chancay, José - Análisis de Falla en los Sistemas Eléctricos de Potencia. Editorial Espol: Ecuador 2010.

[3] William, Stevenson Análisis de Sistemas de Potencia. Editorial McGRAW-HILL: México 2004.

[4] Manual de Instrucción SEL-587-0,-1 - Schweitzer Engineering Laboratories Inc.

[5] Areva - Network Protection and Automation Guide. Editorial ALSTOM GRID: Reino Unido 2011.

[6] ANSI/IEEE Standard C37.110: 1996 “IEEE Guide for the Application of Current Transformers Used for Protective Relaying Purposes”

[7] Carrillo Caicedo, Gilberto - Protecciones Eléctricas, notas de clases.

[8] Criterios de ajustes y coordinación de los sistemas de protección del SEIN - Comité de Operación Económica de Sistema Interconectado Nacional.