

Reporte Final de Estadía

ISAAC RODRIGUEZ ROSAS

Coordinación de protecciones a Laminación
II de subestación 5 planta siderúrgica ICH
S.A. de C.V.



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Reporte para obtener título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Proyecto de estadía realizado en la empresa
Prestación de Servicios de Administración y Organización de
Empresas.

Nombre del proyecto
“Coordinación de protecciones a Laminación II de subestación
5 planta siderúrgica ICH S.A. de C.V.”

Presenta
T.S.U. Isaac Rodríguez Rosas

Cuitláhuac Ver., a 17 de Abril de 2018.



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo

Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial
Ing. Edgar Alcaraz Contreras

Nombre del Asesor Académico
M.A.D. Emilio Constantino Hernández

Jefe de Carrera
Ing. Gonzalo Malagón González

Nombre del Alumno
T.S.U. Isaac Rodríguez Rosas

AGRADECIMIENTOS

A Dios;

Por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi camino, por darme las fuerzas y el valor de enfrentar cualquier obstáculo que se interpuso en mi camino y por haber puesto en mi camino a todas aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre;

Por haberme brindado la oportunidad de seguir estudiando y poder lograr este paso tan importante en mi vida, por su dedicación y entera confianza.

Tu eres la persona que siempre me ha levantado los ánimos tanto en los momentos difíciles en mi vida como personal. Gracias por tu paciencia y esas palabras sabias que siempre expresas por mis enojos, mi tristeza y mis momentos felices, por ayudarme a cumplir mis sueños, gracias madre; por tu educación que me has dado, te quiero mucho.

A mis maestros;

Por su gran apoyo, confianza, y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; al Ing. Gonzalo Malagón Gonzales por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional, Gracias a todos ustedes por habernos mostrado el interés de aprender nuevas cosas cada día, ¡gracias...!

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que les encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis

recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

RESUMEN

En este proyecto se implementó la coordinación de protecciones en los breaker para los equipos en operación (bombas, ventiladores) de la nave de la laminación II con el apoyo del software LSPS, este programa nos hace la simulación de cortocircuito que se presenta en la planta, buscando encontrar las curvas de Tiempo-Corriente a la que deben estar los interruptores.

Para realizar las etapas en el proyecto se siguió una secuencia de pasos, el primero fue guiarse del diagrama unifilar que supuestamente tenía todos los equipos en operación, caso que este tenía equipo obsoleto, se rediseño un nuevo diagrama unifilar de los equipos que se encontraban en operación para poder las curvas.

Teniendo los datos se introdujeron en el software facilitando el proceso, teniendo una secuencia las etapas desde el diagrama unifilar, la codificación de interruptores y la verificación de curvas.

Las curvas encontradas nos presentan los tiempos de ruptura que presentan los interruptores, al tener la sobrecarga, teniendo una correcta coordinación

Una de las recomendaciones que se dan es la elaboración de un plan de mantenimiento, para tener un seguimiento del estado que presenta los equipos, esto facilitara a tiempo futuro el desarrollo de nuevas redes.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN	5
1.1 <i>Estado del Arte</i>	6
1.1.1 Coordinación de protecciones.....	9
1.1.2 Aspectos generales de la coordinación de protecciones.....	9
1.1.3 Curva tiempo-corriente (CCT).....	10
1.1.4 Pickup.....	11
1.1.5 Cortocircuito.....	11
1.1.6 Tipos de coordinación de sobrecorriente.....	13
1.2 <i>Planteamiento del Problema</i>	16
1.3 <i>Objetivos</i>	17
1.4 <i>Definición de variables</i>	18
1.5 <i>Hipótesis</i>	19
1.6 <i>Justificación del Proyecto</i>	19
1.7 <i>Limitaciones y Alcances</i>	20
1.8 <i>Datos de la Empresa Operadora de Servicios de la Industria Siderúrgica ICH</i>	22
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	27
2.1 <i>revisión de planos eléctricos de subestación</i>	27
2.2 <i>Normativas relacionadas con la Coordinación de protecciones</i>	27
2.3 <i>Levantamiento del diagrama unifilar sin equipos obsoletos</i>	29
2.4 <i>Implementación del sistema eléctrico mediante un software para la simulación de la curvas T-C</i>	29
CAPÍTULO 3.DESARROLLO DEL PROYECTO	30
3.1 <i>Recopilación y organización de la información</i>	30
3.2 <i>Análisis de la información</i>	32
3.2.1 <i>Formulas implementadas por el software para la coordinación</i>	34
3.3 <i>Propuesta de solución</i>	35
3.4 <i>Desarrollo del proyecto</i>	35
3.4.1 <i>Situación presentada por la empresa</i>	36
3.4.2 <i>Cargas presentadas por los equipos en operación</i>	37

3.4.3 Software para la implementación de la coordinación de protecciones	38
3.4.5 Dibujo del sistema (Drawing)	42
3.4.6 Comprobación del diagrama	45
3.4.7 Selección automática CB.....	46
3.4.8 Coordinación de protecciones.....	48
3.4.9 Costo de equipo	52
CAPÍTULO 4.RESULTADOS Y CONCLUSIONES	53
4.1 Resultados.....	54
4.2 Trabajos Futuros.....	55
4.3 Recomendaciones.....	55
ANEXOS	56
BIBLIOGRAFÍA	57

Tabla de ilustraciones

CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN

En la empresa Simec de la ciudad de Guadalajara Jal., se encuentra la nave de Laminación II que cuenta con un cuarto de bombas, en esta se presentó un problema de sobrecorriente con el interruptor general de 1200 A que alimenta la distribución del agua a las bombas, esto sirve para el enfriamiento de las mismas. En base a esto se llevó a cabo una coordinación de protecciones a los interruptores de esta nave con el fin de encontrar las curvas de Tiempo-Corriente con el apoyo del software LSPS, el cual hace la simulación de dichas curvas.

Mediante las curvas de protección obtenidas por el software, se coordinaron los dispositivos de protección tomando en cuenta la selectividad requerida por los equipos que se encuentran en operación, teniendo un buen funcionamiento en los equipos. La presentación del desarrollo del proyecto es manejada por etapas, mismas que son las que le dan seguimiento a la ejecución del software.

Esta implementación nos ayuda a reducir los tiempos de demoras que se ocasionan cuando se bota el breaker principal, ayudando a reducir los costos de demoras que presenta el área de eléctricos en la nave de laminación II.

1.1 Estado del Arte

En la actualidad se han desarrollado un cierto número de proyectos, abordando el tema de coordinación de protecciones, se debe tomar en cuenta que es muy complejo ya que se deben considerar varios aspectos sobre ello desde la manera en cómo está distribuida en su diagrama unifilar, selección del equipo hasta las fallas que se pueden encontrar.

Se han llevado a cabo proyectos de coordinación en varias industrias, no solo del país, sino que también extranjeras por la necesidad que ahora en día es esencial la seguridad de los equipos y más que nada la del personal que labore en el sector.

Ejemplo de ello es el estudio de la coordinación de protecciones en alta y media tensión que se realizó en la subestación de Machala propiedad de la Corporación Nacional de Electricidad S.A., donde se realizó un estudio de la coordinación de protecciones de sobrecorriente en los alimentadores a nivel de media tensión, protección diferencial y sobrecorriente de los transformadores de potencia.

Primero se conoció el estado de los alimentadores y de los equipos de protección, mediante la obtención de sus datos y características, para saber el estado actual del sistema de protección, y así saber si existe o no coordinación, como también ver donde se ocasiona el fallo.

Se emplea un software utilizado para realizar el análisis de la coordinación de protecciones de sobrecorriente de donde se obtienen los datos y se hace el registro de información. Corroborando en el mismo si es viable la utilización de dicho programa, hay mismo se analizan las curvas y parámetros de los equipos de protección para determinar las corrientes de falla.

Verificando la coordinación se efectuaron algunos cambios en los alimentadores de la subestación 4, siendo la coordinación fusible-fusible que es la de mayor uso por su economía, gracias a la implementación de seccionadores fusibles se protegerá y

se respaldara a todos los equipos de distribución que se encuentran dentro del respectivo ramal.(Lazo, 2010)

Dentro de uno de los alimentadores no existía protección alguna dentro del ramal principal esto significaba que al momento de presentarse alguna falla de sobrecorriente actuaba directamente el reconectador (actualmente como disyuntor) dejando a todo el alimentador sin energía, fue por ese motivo fue por ese motivo que se implementaron dos seccionadores fusibles dentro del ramal principal y se comprobó que al inicio de todas las derivaciones existiera un fusible de protección.

Los sistemas de distribución de energía eléctrica y los sistemas eléctricos industriales y comerciales son el medio que permite que la energía eléctrica se entregue directamente a los centros de consumo y a las cargas industriales respectivamente. Estos sistemas eléctricos siempre estarán expuestos a fallas de diferentes tipos y también dependerán de dispositivos de protección para asegurar el suministro de la energía durante su operación. En casos de fallas, los sistemas de protección deberán operar para que los clientes y las cargas no sufran la falta de suministro eléctrico.

En resumen, los dispositivos de protección se utilizan para minimizar los efectos de las fallas sobre los sistemas eléctricos.

Los estudios de coordinación de protecciones son necesarios para seleccionar o verificar las características de los dispositivos de protección tales como fusibles, interruptores en baja tensión, restauradores y relevadores que se usan en los esquemas de protección para liberar las fallas. Con estos estudios se determinan los ajustes que proporcionen selectividad cuando se requiera aislar una falla. El objetivo principal de estos estudios es la protección del equipo y el aislamiento selectivo de la falla, esto debe ser consistente con los requerimientos de operación del sistema eléctrico.

La filosofía de la protección de los sistemas eléctricos consiste en la rápida detección y aislamiento lo más localmente que se pueda de la porción dañada del sistema, cuando una falla u otra condición anormal que genera una sobre-corriente pueda dañar o afectar la operación de cualquier parte de la red eléctrica.

La coordinación de los sistemas de protección consiste en un estudio organizado de las curvas tiempo-corriente de los equipos de protección conectados en serie.

Para la selección y ajuste de protecciones se deben tomar las características que definen el comportamiento de una coordinación ideal.(Tolomeo, 2006)

Sensibilidad. Define la característica por medio de la cual todos los dispositivos deben operar con señales relativamente pequeñas.

Selectividad. Esta característica, sostiene que al presentarse una falla en el sistema, deberá operar la protección más cercana al punto de falla, garantizando con esto la continuidad del servicio al resto de la instalación.

Velocidad. Es una característica fundamental, pues la rapidez con que se despeje el sobre corriente es de suma importancia para disminuir al máximo los daños en la zona de falla. La velocidad depende de la magnitud de la sobre corriente y de la coordinación con las demás protecciones.

Confiabilidad. Esta característica en conjunto con la velocidad de despeje es de los puntos más importantes, ya que un relevador digital puede ser muy rápido y en un momento crítico puede fallar. Por esta razón las protecciones seleccionadas deben corresponder a una manufactura de primera calidad.

Costo. La selección de un esquema específico de coordinación de protecciones, equipos y secuencias de operación, tiene como principal objetivo el proteger y aislar la zona fallada, evitando así que esta se extienda hacia más equipos. El costo de los esquemas depende de su selectividad, y por lo tanto se evalúa el punto óptimo o de equilibrio entre el costo y la selectividad de la protección.

1.1.1 Coordinación de protecciones.

El objetivo de una coordinación de protecciones es determinar las características, capacidades y configuraciones de los dispositivos, que minimicen el daño a los equipos e interrumpan de la manera más rápida y eficaz ante un cortocircuito. Estos dispositivos se aplican generalmente de manera que tras una condición de falla o sobrecarga, solo una parte del sistema se interrumpa. Un estudio de coordinación de protecciones es la comparación y selección de los tiempos de funcionamiento, de los dispositivos que logren los objetivos del sistema de protección en condiciones anormales. Este estudio debe de incluir todas las protecciones, desde la carga hasta la fuente.(noriega, 2008)

En un sistema radial el objetivo de la selectividad es desconectar de la red la carga o la derivación de la salida defectuosa y solo esta, manteniendo en servicio la mayor parte posible de la instalación. Se llama selectividad total si queda garantizado este objetivo para cualquier valor de corriente de falla hasta el valor máximo disponible en la instalación, en caso contrario se llama selectividad parcial.

1.1.2 Aspectos generales de la coordinación de protecciones.

El proceso de coordinación de protecciones implica necesariamente el uso de curvas tiempo-corriente de los distintos elementos de protección que intervienen. Esto obliga a considerar ciertos intervalos de tiempo entre las curvas y dispositivos de protección, ya que es la única forma de garantizar una operación secuencial correcta.(Tolomeo, 2006)

La coordinación de los intervalos de tiempo de los dispositivos de protección se determina de acuerdo con los siguientes parámetros:

- ❖ La magnitud de la corriente de falla en el punto que se esté protegiendo.

- ❖ Características del detector del dispositivo de protección.
- ❖ La sensibilidad del dispositivo de protección correspondiente a las magnitudes de las corrientes de falla.
- ❖ El margen de tiempo que se presenta entre el detector del dispositivo de protección y el propio tiempo de apertura del interruptor.

1.1.3 Curva tiempo-corriente (CCT)

La curva tiempo-corriente (TCC por sus siglas en inglés) define el tiempo de funcionamiento de un dispositivo de protección para diferentes magnitudes de la corriente de funcionamiento. Las curvas son graficadas en escala logarítmica, con el tiempo en la escala vertical y la corriente en la horizontal. El factor multiplicador elegido y el nivel de tensión deben de ser considerados a la hora de graficar. En la gráfica el tiempo cero es considerado el instante que ocurre la falla. La relativa posición de la curva en el gráfico refleja la respuesta de cada dispositivo en el tiempo. La región bajo la curva y a la izquierda de esta es la región de no operación del dispositivo. A la derecha de la curva es la región de operación (o accionamiento del dispositivo). Para sistemas radiales simple, todos los dispositivos entre el punto de falla y la fuente experimentan aproximadamente la misma corriente de corto circuito.

Iniciando en un tiempo de 0.01 segundos y a un valor de la corriente de falla, se procede hacia arriba en el trazado de la gráfica, la primer curva en ser intersecada, correspondería al primer dispositivo en accionarse. La intersección en este punto también indica lo que durara en operar. Las curvas que están a la derecha pertenecen a los dispositivos de protección aguas arriba o dispositivos de protección secundarios. En general para minimizar la pérdida de servicio, esté dispositivo aguas

arriba no debe de operar hasta que se le dé el tiempo (o margen) adecuado para detectar y aislar la falla.

1.1.4 Pickup.

El término pickup ha adquirido distintos significados. Para muchos dispositivos, pickup es definido como la mínima corriente para entrar en funcionamiento. Esta definición es frecuentemente usada cuando se describe la característica de un relé. Pickup también es utilizado para describir el funcionamiento de un disyuntor de baja tensión con un elemento de desconexión electrónico. (Quesada, 2014)

1.1.5 Cortocircuito.

Un corto circuito es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial se ponen en contacto entre sí, caracterizándose por elevadas corrientes circulantes hasta el punto de falla.

Las corrientes de cortocircuito son alimentadas por elementos activos como: los generadores, motores, la compañía distribuidora de electricidad, etc., y se limitan o atenúan por elementos pasivos del sistema como: impedancias de conductores, transformadores, reactores, etc. Los estudios de cortocircuito se deben de realizar al momento de diseñar el sistema eléctrico, y luego actualizarse cuando se realicen modificaciones importantes o remodelaciones como sería el caso de:

- Cambios en la capacidad de cortocircuito de la compañía distribuidora debido a que, conforme nuevos generadores y líneas de transmisión se incorporan al sistema, la capacidad de cortocircuito tiende a crecer.
- Cambios en la configuración del sistema primario o secundario de la instalación industrial.

- Cambio en los transformadores o en las impedancias de los mismos.
- Cambio en la longitud o dimensiones de los conductores.
- Aumento de los motores internos de la empresa. Sin embargo la buena práctica aconseja, que dichos estudios deben de realizarse por lo menos cada cinco años en las instalaciones.

Es a consecuencia de las ampliaciones y modificaciones del sistema, donde los ingenieros a cargo del mantenimiento adquieren responsabilidad, de hacer el reemplazo de interruptores o fusibles, o realizar la instalación de dispositivos limitadores de corriente, como los reactores. La elección de los dispositivos de protección, se hace en la mayoría de los casos únicamente desde el punto de vista de amperacidad o sea, de la capacidad que tengan los mismos de manejar un cierto valor de corriente en condiciones normales de operación. Sin embargo, el cálculo y elección deben de hacerse considerando las corrientes de cortocircuito. En el caso de considerar solamente la corriente nominal de operación, al efectuarse una sobrecarga en el sistema, simplemente lo que sucedería es que la protección se fundiría o disparará según sea el caso. Pero, si se tuviese una condición de falla y la capacidad interruptiva se seleccionó sin ningún estudio de cortocircuito previo, simplemente las protecciones estallarían ya que no tienen el soporte necesario para absorber la energía esperada.

1.1.5.1 Fuentes de corriente de corto circuito

Las máquinas eléctricas rotatorias son la fuente de alimentación de corriente de corto circuito hacia la falla. Esto es; generadores, motores y condensadores síncronos, así como máquinas de inducción y especialmente las compañías suministradoras de electricidad.

La compañía suministradora de energía eléctrica que alimenta a la instalación que presenta la falla contribuye al cortocircuito con una corriente de falla que se presenta con un oscilograma parecido a un generador síncrono pues a fin de cuentas, la compañía se puede representar eléctricamente con un equivalente que es un generador síncrono.(Bojorquez, 2007)

1.1.6 Tipos de coordinación de sobrecorriente.

Existen diferentes tipos de coordinación de protecciones en el sector industrial los cuales nos ayudan a proteger nuestros equipos, de los cuales se comentara a continuación.

1.1.6.1 Coordinación fusible-fusible.

En este tipo de coordinación el fusible 2 que se encuentra más cercano a la falla se denomina protección principal y debe terminar su proceso de fundición antes que la protección de respaldo fusible 1 inicie su proceso de fusión, con lo cual estamos cumpliendo uno de los criterios más importantes que es el de la selectividad, para la coordinación fusible-fusible se logra mediante la selección adecuada del tipo de fusible y su capacidad de manera que el fusible más cercano a la falla se funda antes que el de respaldo, aislando el área con problemas.

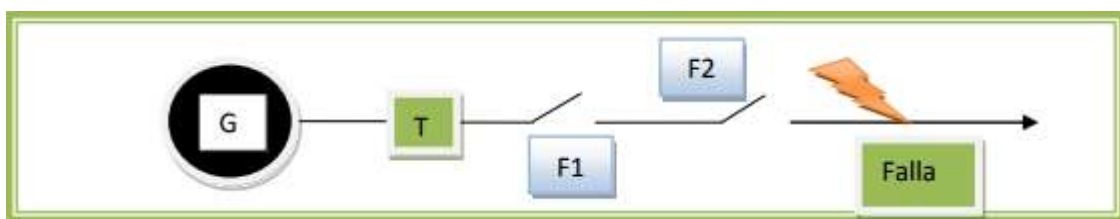


Ilustración 1 Coordinación fusible-fusible.

1.1.6.2 Reconectador-fusible.

Para la coordinación del reconectador-fusible se pretende que una falla permanente en el ramal secundario sea liberada por el fusible que protege y una falla temporal sea liberada por el reconectador de cabecera. A continuación se explica dicha coordinación mediante un ejemplo. En la figura mostrada a continuación se presenta un diagrama unifilar muy sencillo para ejemplificar la correcta coordinación de protecciones que debe existir entre un fusible y el reconectador de cabecera, tomando en cuenta dos situaciones diferentes a las cuales debe actuar o no un reconectador, una falla temporal y una falla permanente que ocurren en el mismo lugar pero en diferentes ocasiones.

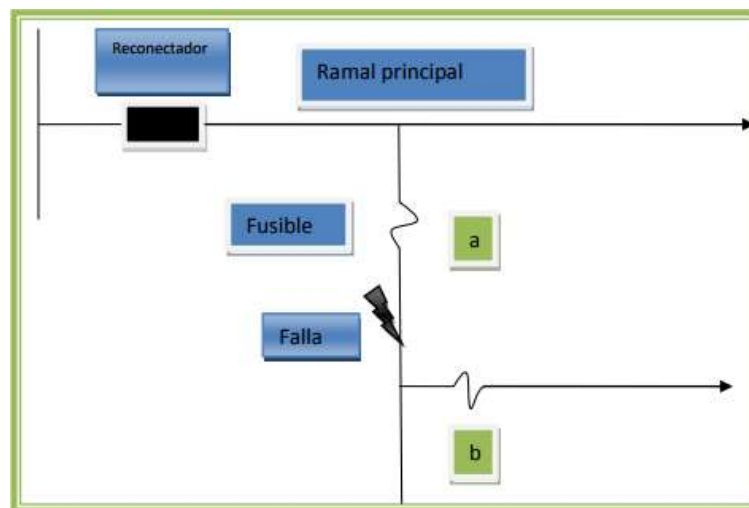


Ilustración 2 Coordinación reconectador-fusible

1.1.6.3 Coordinación relé-fusible.

Para este tipo de coordinación entre un relé de subestación y un fusible ubicado en un alimentador, se da cuando el fusible opera y despeja la falla antes de que el relé, esto se da en un margen de tiempo de 0.2 a 0.3 segundos entre la curva máxima de

despeje del fusible y la curva de tiempo inverso del relé, esto debe mantenerse con el fin de permitir sobre-viajes del relé, errores en la señal del transformador de corriente, etc.

De manera que aislemos el área afectada. Sin embargo, ciertos interruptores tienen relés de cierre, que ejecutan una secuencia de cierres en un intento de despejar fallas temporales. En este caso, la coordinación entre el relé de cierre y el fusible se logra cuando los despejes de recierres de despeje operen sin fundir el fusible; una vez dados estos recierres y la falla persiste, dicho fusible debe fundirse antes que el relé abra permanentemente el circuito. Cuando un relé de protección de respaldo de un fusible, la curva tiempo-corriente temporizada del relé debe quedar por arriba de la curva de (mtf) del fusible o principal.

Cuando un fusible es respaldo de un relé, la curva de (mtf) del fusible debe quedar por arriba de la curva tiempo-corriente temporizada del relé por protección principal. Por último cuando un relé esté conectado entre dos fusibles la curva tiempo-corriente temporizada del relé debe quedar por arriba de la curva de (mtf) de F1 y también debe estar por debajo de la curva de (mtf) F2.

1.1.6.4 Coordinación Relé-Reconectador.

Cuando en una subestación de distribución, las salidas se realizan con disyuntor comandado por relés, y se tiene un reconectador en el alimentador, la coordinación estará dada entre el relé que comanda al disyuntor y el reconectador. El reconectador debería actuar cuantas veces sean necesarias por el relé no debe llegar completar su ciclo de actuación. La secuencia acumulada de operaciones del reconectador debe ser menor que la curva característica de tiempo-corriente del relé. Este rango de coordinación está limitado por los relés con curvas de tiempo extremadamente inversa.

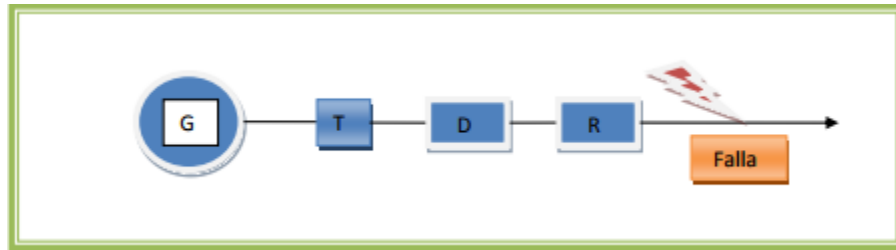


Ilustración 3 Coordinación Relé-Reconectador

1.1.6.5 Coordinación Relé-Relé.

En la coordinación de relés de sobre corriente es obtenida a través del establecimiento de la corriente mínima de disparo y del retardo de tiempo, de manera que exista sensibilidad para poder detectar los diferentes tipos de fallas que se pueden presentar en líneas de distribución, selectividad para poder discriminar fallas en zonas de protección primarias y secundarias (de respaldo). Para que la operación de los relé en conjuntó sea selectiva, es preferible utilizar curvas de tiempo inverso con el mismo grado de inversión (curvas inversas, muy inversas, extremadamente, etc).

1.2 Planteamiento del Problema

La planta de Grupo Simec de la ciudad de Guadalajara, Jal., ubicada en Av. Lázaro Cárdenas. Es una empresa líder en aceros especiales/comerciales, en la que día a día se fabrican gran cantidad de productos, por la demanda existente no debe haber ningún inconveniente en alguno de los procesos porque esto ocasiona pérdidas de tiempo y capital para la misma.

En los últimos meses se ha tenido un inconveniente en la nave de Laminación II de subestación 5 con el interruptor general, uno de ellos ocurrido el día domingo 07 de enero del presente año en la que se presentó una falla en los circuitos derivados de los tableros de distribución de las bombas, cuando esto sucede el interruptor se dispara ocasionando el paro en el proceso del área, al ocurrir esto se detiene la producción ya que las bombas de enfriamiento del tren trio (seis pasos) y el tren continuo dejan de recircular el agua.

Esto que ocurre no es conveniente ya que puede dañar los equipos en funcionamiento derivados de los circuitos. Por ello se hace la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles serían las curvas de tiempo-corriente para los interruptores de las bombas de la nave de Laminación II?

1.3 Objetivos

Objetivo general.

Implementar la coordinación de protecciones a Laminación II de subestación 5 de planta siderúrgica ICH S.A. mediante el software LSPS para seleccionar ajustes en las cargas de los dispositivos de los circuitos eléctricos.

Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento del diagrama unifilar de la empresa, incluyendo los datos técnicos de los equipos.
- Utilizar una herramienta de software (LG LSPS) que nos ayude a simular el sistema eléctrico, para llevar a cabo un análisis de corto circuito y así obtener las curvas de protección.

- Determinación de los parámetros requeridos por los interruptores.

1.4 Definición de variables

A continuación se dará la definición de las variables que se utilizaron para llevar a cabo la medición y poder cumplir nuestros objetivos.

Capacidad de ruptura. También conocida como poder de corte de un interruptor es la máxima corriente de cortocircuito que es capaz de interrumpir con éxito sin sufrir daños mayores. Si la corriente de cortocircuito se establece a un valor superior al poder de corte de un interruptor, éste no podrá interrumpirla, y se destruirá.

Amperacidad. Facilita incrementos de suministro, el circuito alimentador deberá estar protegido de una manera eficaz.

Corriente eléctrica. La circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, que se mueven siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de fuerza electromotriz (FEM).

Capacidad de ruptura ultima I_{cu} . Es el poder de corte último, esto quiere decir que es la máxima corriente de corto circuito que el interruptor puede cortar la cual el interruptor debe cortar dos veces consecutivas esta corriente.

Poder de corte en servicio I_{cs} . Traduce la aptitud del interruptor en tener un servicio normal después de haber cortado tres veces consecutivas esta corriente. Es un parámetro de comparación importante pues brinda una medida de la robustez del interruptor.

1.5 Hipótesis

La coordinación de protecciones pretende que al finalizar el proyecto se pueda saber la capacidad a la que deben estar los interruptores con forme al levantamiento del nuevo diagrama unifilar así como también el tiempo de ruptura a la que estos deben estar para detectar de donde proviene la falla, esto con la implementación del software que se ejecutara.

Con esto se espera minimizar el tiempo de demora que afecta al proceso ante su capital de producción.

1.6 Justificación del Proyecto

Hoy en día se han desarrollado diferentes dispositivos de protección a distribuciones eléctricas para evitar una sobre corrientes, tomando en cuenta el factor económico que este implica a la necesidad de cada uno de los dispositivos de protección.

Cuando no se contempla una falla la cual no puede ser controlada, se pone en riesgo la integridad del personal así como la del equipo, provocando paros no deseados en la producción, por tales razones se implementara una coordinación de protecciones a las bombas de distribución de la nave Laminación II ya que se tiene una sobrecarga en los interruptores provocado se bote el breaker del interruptor general, por lo que se presenta una demora en general para las áreas de eléctricos ya que el tiempo perdido afecta el capital de la empresa en dólares esto presentado mediante la fórmula $\text{tiempo}(t) * 100 / 1440$ que cada vez que sucede esto se detiene la producción dejando sin energía las bombas del tren trio(seis pasos) y el tren continuo por las altas temperaturas no pueden operar ya que son las encargadas del enfriamiento de las mismas en estos procesos.

De esta manera se podrá minimizar la demora de fallo, como también saber el tiempo de ruptura en conjunto con la capacidad de corriente que tendrán los interruptores.

1.7 Limitaciones y Alcances

Limitaciones.

- Poco acceso al área de trabajo, ya que los equipos se encuentran energizados.
- Insuficiente presupuesto por parte del área de proyectos para invertir en proyectos solicitados.
- El tiempo para el desarrollo del proyecto no es suficiente (remiso) para la elaboración.
- No hay formato de mantenimiento preventivo de cuarto de bombas para la adquisición de datos.

Alcances.

- El proyecto solo se aplicara a Laminación II de la subestación 5 planta siderúrgica ICH.
- Una adecuada coordinación en la prevención de algún tipo de fallo presentado.
- Se disminuye el riesgo a que los equipos se dañen por factores existentes cuando este ocurra.
- Se detecta el equipo de dónde provino el cortocircuito.

- Se minimiza el capital ocasionado por el fallo.

1.8 Datos de la Empresa Operadora de Servicios de la Industria Siderúrgica ICH.

A continuación se mencionan los datos generales de la empresa donde se realizó el proyecto de coordinación de protecciones.

- **Ubicación**

La planta de grupo Simec se encuentra en la ciudad de Guadalajara, Jal., en Av. Lázaro Cárdenas No. 601, Col. La Nogalera.



- Giro. Siderúrgico
- Tamaño. Grande

- **Historia de la empresa.**

Las operaciones de grupo Simec en el campo del acero se iniciaron en 1969 cuando un grupo de familias jaliscienses formaron Compañía Siderúrgica de Guadalajara, S.A. de C.V. En 1990 Compañía Siderúrgica de Guadalajara, S.A. de C.V. consolidó sus operaciones industriales en una empresa independiente: Grupo Simec, cuya principal área de negocio es el acero.

En 1993 se incrementó la capacidad de producción al iniciarse las operaciones de Compañía Siderúrgica de California, S.A. de C.V. en la ciudad de Mexicali, B.C. Hoy en día, grupo Simec es el mayor productor mexicano de perfiles estructurales de acero. Los productos de Grupo Simec están dirigidos a las industrias de la construcción, aeroespacial, minera, naval, del transporte y automotriz.

En 2001 industrias CH adquiere el 82.5% de las acciones de grupo Simec, S.A. de C.V.

En 2004, Simec adquirió los activos en México de Grupo Sidenor: dos plantas ubicadas en Apizaco, Tlaxcala y Cholula, Puebla, dedicadas a la fabricación de aceros especiales, perfiles comerciales y varilla. Con esta operación, se incrementó en forma significativa la capacidad instalada y las ventas, y consolidó su posición líder como fabricante de aceros especiales en México.

En 2005, ICH y Grupo Simec adquiere RepublicEngineeredProducts Inc. - actualmente Republic Steel-, empresa líder en el mercado de aceros especiales de Estados Unidos y propietario de cinco plantas en EUA.

En 2006 industrias CH junto con Simec se establecen como el principal productor de aceros especiales en el continente americano, gracias a la consolidación de los resultados de Republic.

En 2008, Simec adquiere Corporación Aceros DM, S.A. de C.V. y ciertas afiliadas (Grupo San), productor de aceros largos y uno de los productores de varilla corrugada más importantes de la República Mexicana, ubicado en San Luis Potosí. Con ello, ICH y Simec se posicionan como el segundo productor de varilla dentro del país y como el principal productor mexicano de acero.

En 2011, Republic adquirió los activos de Bluff City (BCS Industries), los cuales constan de plantas para tratamiento térmico y estirado en frío de barras de acero, ubicadas en Cleveland, Ohio, y Memphis, Tennessee, en Estados Unidos. Con dicha adquisición, Republic aumenta y complementa su capacidad de producción para aceros especiales (SBQ, por sus siglas en inglés), proporcionando mayor valor agregado.

En 2012, ICH junto con Simec, completo un programa de inversiones en su planta ubicada en San Luis Potosí, S.L.P., México que le permitió alcanzar una capacidad de 1 millón de toneladas de billet y palanquilla de acero para producir varilla, alambón, alambre y derivados.

En términos de su capacidad de producción y por su volumen de embarques y ventas netas, Grupo SIMEC ha sido una de las compañías siderúrgicas mexicanas con mayor crecimiento en los últimos años. Hoy por hoy, continúa encaminando sus esfuerzos a mejorar su posición líder como productora y procesadora de aceros especiales y de productos de aceros comerciales, además de identificar las oportunidades que le permitan

mejorar su posición en el mercado de América y seguir diversificando su línea de productos.

- **Misión.**

Satisfacer en forma rentable, confiable y permanente las necesidades de productos de aceros largos, tomando ventaja de nuestra localización geográfica y aprovechando las oportunidades que presenta el sector.

- **Visión.**

Ser la compañía líder en la fabricación y venta de productos siderúrgicos en América y una referencia del mercado a nivel global.

- **Valores.**

- Esfuerzo
- Orden
- Honestidad
- Austeridad

- **Principales productos y/o servicios que ofrece.**

Grupo SIMEC cuenta con una flexibilidad operativa para ajustar su producción de acuerdo a la demanda existente y así aprovechar las áreas de oportunidad que el mismo mercado ofrece. Como fabricante de productos de acero, tiene líneas de producción tanto especial como comercial.

➤ **Aceros especiales.**

Barras redondas, cuadradas y hexagonales.

Son utilizados como materia prima en la producción de autopartes como ejes, transmisiones y suspensiones. La industria petrolera los utiliza en la producción de válvulas y para coples de tubería para la extracción de petróleo, entre otros.

➤ **Perfiles comerciales chicos.**

La línea de producción de perfiles comerciales chicos (hasta 3") consiste en producir ángulos, canales, solera y barras cilíndricas y cuadradas.

➤ **Perfiles estructuras grandes.**

Esta línea consiste en producir vigas, canales y ángulos de sección de 3" y más pulgadas.

➤ **Varilla.**

Consiste en barras de acero cilíndricas y corrugadas.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

En este capítulo se centran los pasos que se siguieron para el desarrollo del proyecto, llevándose de la mano con los alcances así como los objetivos.

2.1 revisión de planos eléctricos de subestación

Una de las partes en este proyecto es revisar los circuitos que se encuentran en esta subestación así como también la distribución que se espera encontrar, de tal manera que nos sea fundamental en el apoyo del desarrollo del mismo.

En la planta solo se cuenta con el diagrama unifilar de la subestación 4 que a su vez está en conjunto con la subestación 5, este mostrando los equipos con los que se contaba anteriormente, actualmente algunos de ellos se encuentran obsoletos o prácticamente ya no se encuentran en el área .

Este diagrama se encuentra en la parte de anexos, con el fin de tener una mejor apreciación.

2.2 Normativas relacionadas con la Coordinación de protecciones

En la actualidad existen normas que se recomiendan para el desarrollo en coordinaciones, como también de corto circuito las cuales son la norma American National Standards Institute (ANSI) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

La norma ANSI aprueba estándares que se obtienen como fruto del desarrollo de tentativas de estándares por parte de otras organizaciones, agencias gubernamentales, compañías y otras entidades. Estos estándares aseguran que las características y las prestaciones de los productos son consistentes, es decir, que la

gente use dichos productos en los mismos términos y que esta categoría de productos se vea afectada por las mismas pruebas de validez y calidad.

ANSI acredita a organizaciones que realizan certificaciones de productos o de personal de acuerdo con los requisitos definidos en los estándares internacionales. Los programas de acreditación ANSI se rigen de acuerdo a directrices internacionales en cuanto a la verificación gubernamental y a la revisión de las validaciones.

Mientras que la norma IEC es la organización mundial líder que publica Normas Internacionales globalmente pertinentes para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y demás relacionadas, y respalda toda forma de evaluación de conformidad y administra Sistemas de EC de tercera parte. Coordinamos el trabajo de miles de expertos que representan a sus interesados nacionales en IEC. Estos expertos elaboran los diversos documentos técnicos que definen pruebas, interoperabilidad, seguridad y otros requisitos esenciales que necesita la industria y respalda el crecimiento y avance de economías. Diseñadores, fabricantes, laboratorios de pruebas, reguladores y dirigentes dependen del trabajo de IEC para garantizar que los dispositivos trabajan segura y eficientemente juntos, en cualquier lugar del mundo.

Una de las principales aplicaciones, usando tanto norma IEC como ANSI, del estudio de fallas de corto circuito es la selección de interruptores de circuito (ICs) en los sistemas eléctricos industriales y los sistemas de potencia, estos ICs protegen el sistema y a los equipos de las corrientes que ocurren sobre el sistema durante fallas de corto circuito. Por esto uno de los puntos más importantes en el estudio de las fallas es la determinación de las máximas corrientes de corto circuito que el IC deberá conducir e interrumpir.

2.3 Levantamiento del diagrama unifilar sin equipos obsoletos

Para llevar a cabo este apartado se tuvo que ver como estaba distribuido el diagrama unifilar del cual se pretendía estaba todos los equipos mostrados en él. Tomándolo como guía se facilitó encontrar las bombas y ventiladores que se encuentran en el área de laminación II (Anexo No. 1)

Después de tener los equipos que se alimentaban del interruptor general, se empezaron a tomar los datos técnicos para saber la capacidad que debían tener los interruptores que se encontraban en el sistema. De esta manera se encontraron los equipos en operación así como las capacidades interruptivas a las que debían estar los interruptores.

2.4 Implementación del sistema eléctrico mediante un software para la simulación de la curvas T-C

Para llevar a cabo esta parte del desarrollo del proyecto se utilizó un software el cual nos ayudara con la implementación de las curvas Tiempo-Corriente, esto con el fin de minimizar tiempos en la elaboración ya que las horas para la realización del mismo son muy pocas.

Este software es de la marca LG lleva por nombre LSPS, en este se introducen los datos de los equipos que se encuentran así como las capacidades, donde por default nos da las corriente de ruptura a la que pueden estar los interruptores. De igual manera se tiene en cuenta el tiempo en que deben estar los interruptores.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se llevaron a cabo las etapas del desarrollo del proyecto, en donde se implementó la coordinación de protecciones en los interruptores principales de la nave de Laminación II.

3.1 Recopilación y organización de la información

En la empresa siderúrgica se lleva un mantenimiento predictivo el cual se realiza anualmente a la subestación 5, donde se desenergiza la subestación para hacer una inspección visual así como el mantenimiento establecido mencionado a continuación:

- Limpieza general de subestación (aislamiento, interruptores, etc.)
- Mantenimiento a tableros I-Line 440 V.
- Mantenimiento a seccionadores Drisher.

Este mantenimiento es realizado por el área de servicios eléctricos.

Por otra parte la nave de Laminación II tiene su taller general encargado de realizar mantenimiento preventivo el cual cuenta con personal mecánico, hidráulico, bomberos y eléctricos, enfocándonos en este último.

Ellos son los encargados de realizar el mantenimiento en Baja Tensión (BT) que implica desde los 120 V a 440 V, esto nos indica que, esta área es quien realiza el mantenimiento a cuarto de bombas que distribuyen el agua en Lam. II.

Aquí se encuentra un inconveniente para la recolección de datos, ya que el mantenimiento realizado por los eléctricos no toma en cuenta las mediciones de las corrientes ni voltajes consumido por los equipos en operación, realizando solo la limpieza, asegurando que el aislamiento se encuentre correctamente, el reapriete de tornillería este bien, así como también no se escuchen ruidos extraños.

En este caso solo se cuenta con la información del diagrama unifilar, presentado a continuación donde nos indica la distribución de la subestación 5 encontradas en la planta.

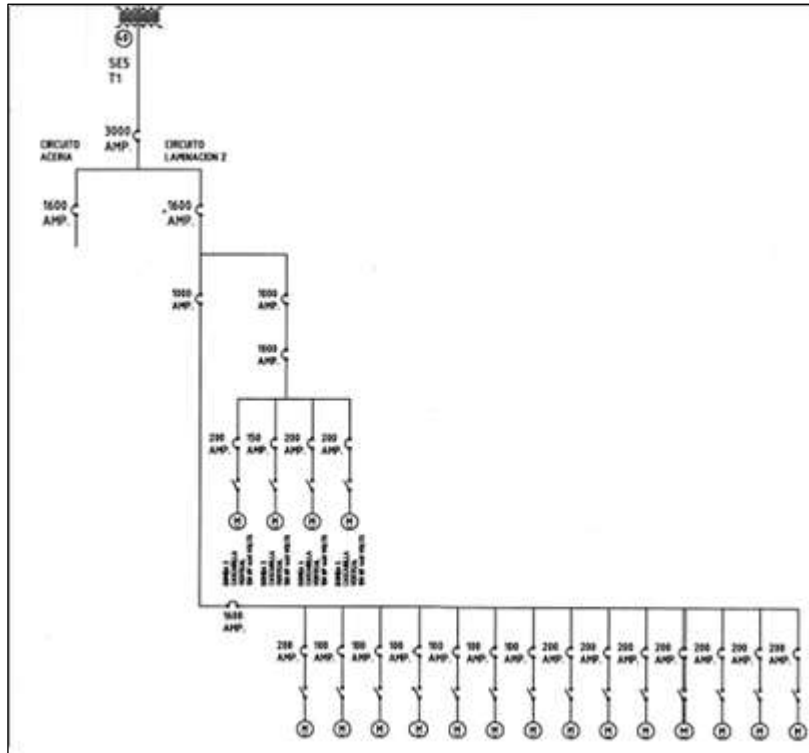


Ilustración 4 Diagrama unifilar bombas y ventiladores (obsoletos) subestación 5

Este diagrama se enfoca a los equipos de bombas y ventiladores de la nave de Laminación II que fue donde sucedió el percance.

Para un mejor análisis, se realizó una tabla donde nos muestra los elementos encontrados en el diagrama unifilar pertenecientes al circuito de Laminación II.

DATOS DE LA CORRIENTE DE SUBESTACION 5 QUE ALIMENTA EL CIRCUITO DE LAMINACION II		
ELEMENTOS	DIAGRAMA UNIFILAR	
1	TRANSFORMADOR	2.5 MVA 23/0.440 KV
1	INTERRUPTOR M32 H1	3000 AMP
1	INT. GENERAL LAM. II	1600 AMP
2	INT. BOMBAS VERTICALES HIDROCICLON	1000 AMP
3	INT. AUTOMATICO BOMBA CASCARILLA VERTICAL	200 AMP
1	INT. AUTOMATICO BOMBA CASCARILLA VERTICAL	150 AMP
4	BOMBA CASCARILLA VERTICAL	440 V, 150 HP
1	INT. CCM LAM II	1600 AMP
1	INT. CCM LAM II	1000 AMP
6	INT. AUTOMATICO BOMBAS Y VENTILADORES	100 AMP
8	INT. AUTOMATICO BOMBAS Y VENTILADORES	200 AMP
1	BOMBA VERTICAL AGUAS CLARAS	440 V, 60 HP
4	VENTILADOR AGUAS CLARAS	440 V, 30 HP
2	VENTILADOR AGUAS CASCARILLAS	440 V, 30 HP
2	BOMBA AGUAS CLARAS	440 V, 60 HP
4	BOMBA AGUAS CASCARILLA	440 V, 60 HP
1	BOMBA AUXILIAR	440 V, 60 HP

Ilustración 5 Tabla del circuito eléctrico Laminación II (OBSOLETOS)

Estos fueron los datos que se obtuvieron del diagrama unifilar de la empresa.

3.2 Análisis de la información

Desde ya hace un tiempo la planta ha realizado modificaciones en los equipos, dejando fuera de servicios algunos, el diagrama unifilar presentado anteriormente muestra el equipo con que inicio a trabajar el suministro de agua para la nave de Laminación II, esta información no nos serviría para realizar la coordinación de protecciones por lo que se empezó hacer una recolección de datos de los elementos que existen actualmente, de igual manera también nos servirá de apoyo en la realización del diagrama unifilar.

Algunos de estos equipos se conservan sin operar quedando obsoletos, otros se les ha reducido la capacidad, Por ello se muestra una tabla de los equipos desde el transformador hasta las bombas y ventiladores con los que cuenta la nave de laminación II adicionando la cantidad de amperaje con la que trabajan estos equipos.

DATOS DE SUBESTACION 5 QUE ALIMENTA EL CIRCUITO DE LAMINACION II		
No. DE ELEMENTOS	EQUIPO EXISTENTE	
1	TRANSFORMADOR	2.5 MVA 23/0.440 KV
1	INTERRUPTOR M32 H1	3000 AMP
1	INT. GENERAL LAM II	1200 AMP
1	INT. BOMBAS VERTICALES HIDROCICLON	1000 AMP
1	INT. AUTOMATICO BOMBA CASCARILLA VERTICAL	400 AMP
2	BOMBAS CASCARILLA VERTICAL	440 V, 150 HP
1	INT. CCM LAM II	1000 AMP
3	INT. AUTOMATICO VENTILADORES	100 AMP
12	INT. AUTOMATICO BOMBAS	200 AMP
3	BOMBAS VERTICAL AGUAS CLARAS	440 V, 60 HP
3	VENTILADORES TORRES DE ENFRIAMIENTO	440 V, 5 HP
3	BOMBAS AGUAS CLARAS	440 V, 60 HP
6	BOMBAS AGUAS CASCARILLA	440 V, 60 HP

Ilustración 6 Tabla del equipo existente LAM II

Con estos datos, podemos ver que de nuestro interruptor general de 1200 A se derivan dos interruptores más, un interruptor de Bombas Verticales Hidrociclon de 1000 A que tiene la capacidad de dos bombas de cascarilla en vertical alimentadas a 440 V de 150 Hp, también del de 1200 A se deriva otro interruptor de 1000 A CCM LAM II que protege tres bombas en vertical de aguas claras que alimentan a 440 V con 60 Hp de igual manera tres ventiladores ubicados en las torres de enfriamiento alimentados a 440 V de 5 Hp, así como tres bombas de aguas claras alimentadas a 440 V de 60 Hp y seis bombas de agua de cascarilla alimentadas a 440 V de 60 Hp .

Como nos hemos dado cuenta tenemos dos interruptores de suma importancia antes de llegar al general uno de Bombas Verticales Hidrociclón y el otro de CCM Lam II, los cuales teniendo una correcta coordinación podemos prevenir algún cortocircuito, claro sin pasar por omiso que cada equipo tiene un interruptor que nos previene algún fallo en el mismo cortando la corriente y asegurando los demás equipos continúen operando.

Con esta coordinación podemos asegurar un buen rendimiento en los equipos, además de que se les alarga el tiempo de funcionamiento, algo importante de lo que se debe mencionar es que con esta coordinación se implementa el buen suministro de agua para la nave de laminación II sin ser interrumpida la energía desde el general, ya que cuando este se votaba las bombas del tren trío o el tren continuo se debía de parar la producción por la falta de enfriamiento realizada por la función del agua.

3.2.1 Formulas implementadas por el software para la coordinación

El software que se usó para la implementación de la coordinación de protecciones en los interruptores tiene fórmulas que se implementan, por ello debemos de introducir bien los datos para tener resultados confiables.

Para obtener el rendimiento también se clasifican en:

- Estándar inverso
- Muy inverso
- Extremadamente inverso

Estos se determinan sobre la base de las constantes aplicadas a la siguiente Formula de características, verificando la aplicación de las constantes <A, B, C> de la siguiente manera: * $TL = 0.05 \sim 1.20 / 0.01$, $DT = 0 \sim 300s / 0.001s$

Según lo determinado por la formula cada relevador lleva valores por defecto, sujeto al ajuste del usuario en sus características de rendimiento.

Tenga en cuenta que el valor 'Fault Current' es necesario para dibujar la curva de relé sin el procedimiento de composición del sistema.

Sort	Type	A	B	C
IEC	SI	0.14	0.02	0
	VI	13.5	1	0
	EI	80	2	0
	LI	120	1	0
IEEE[ANSI]	MI	0.0515	0.02	0.114
	VI	19.61	2	0.491
	EI	28.2	2	0.1217
KEPCO	SI	0.11	0.02	0.42
	VI	39.85	1.95	1.084

Ilustración 7 Tabla de rendimiento en relevadores

De esta manera es como se obtiene el rendimiento en el uso del software.

3.3 Propuesta de solución

Con los datos obtenidos de los equipos que se encontraren en operación, se simularan las curvas de Tiempo-Corriente, una vez encontradas se debe aplicar a cada equipo en operación del circuito un guarda motor, un contactor y su respectivo breaker con el fin de tener una adecuada calibración en estos, ayudando a tener una eficiente protección al percibir alguna sobrecarga.

3.4 Desarrollo del proyecto

Toda empresa debe tener un buen control de la alimentación de corriente que deben tener los equipos con los que opera, este tema es muy importante porque podemos prevenir cortocircuito provenientes de algún fallo, llevándonos a que los equipos

puedan ser irreparables o aun peor lleguen a deterioro por incendios ocasionados por lo mismo, por esta razón se desarrolló un proyecto para la coordinación de protecciones implementada a las bombas y ventiladores de las torres de enfriamiento de la nave de Laminación II, alimentada por la subestación 5. Con esta coordinación de protecciones no debe botarse el interruptor general, llevando a que se anticipe alguno de los interruptores con los que cuenta el equipo, de no serlo así cada grupo cuenta con su interruptor siendo estos el interruptor de CCM Laminación II o Bombas Verticales Cascarilla.

3.4.1 Situación presentada por la empresa

En los días pasados del mes de enero se presenta un fallo en el interruptor general de las bombas de Laminación II, ocasionando que este se botara dejando sin función las bombas de aguas claras y las de cascarilla, a su vez provoco que el tren continuo dejara de fluir el agua. No se sabe de dónde vino la falla ya que ninguno de los interruptores que se derivan de este cortó la corriente.

La nave de laminación II lleva un registro de la demoras ocasionadas por los equipos que se encuentran en esta, por lo que se muestra una orden de emergencia (Demora) realizada el 29 de enero del 2018.

Formulario de SINEC ORDEN DE EMERGENCIA. El documento contiene los siguientes datos:

- Logo SINEC y título "ORDEN DE EMERGENCIA".
- Fecha: 27-01-16.
- Descripción de la falla: "Falla Agua en el Equipo".
- Estado de la falla: "No se encuentra falla en este equipo".
- Sección de "REPORTE DE LA FALLA" con una tabla que muestra "Falla Agua en el Equipo" y "No se encuentra falla en este equipo".
- Sección de "FIRMAS" con firmas de "Alfredo" y "Germán".

Ilustración 8 Demora presentada por breaker del interruptor general

Como se puede ver en la ilustración la falla no fue encontrada, solo se volvió a subir el break reinstalando la corriente en los equipos.

3.4.2. Cargas presentadas por los equipos en operación

Se realizó una medición en las cargas presentadas por los equipos para ver el estado en que operan, con esto nos podemos dar cuenta del porcentaje en que trabajan de la corriente establecida antes de que estos tengan algún fallo de sobre corriente.

La medición solo se hizo en los equipos que se encuentran trabajando, por lo que a continuación se muestra una tabla donde nos indica la corriente en las líneas de alimentación.

EQUIPOS EN EXISTENCIA	CORRIENTE AMPERAJE	CORRIENTE EN LAS LINEAS DE ALIMENTACION		
		L1	L2	L3
BOMBA VERT. (2) AGUAS CLARAS	101.72	71.4	77.8	75.7
BOMBA VERT.(1) AGUAS CASCARILLA	254.31	125.8	129.2	127.1
BOMBA H. (2) AGUAS CLARAS	101.72	67.5	64.7	63.5
BOMBA H. (2) AGUAS CASCARILLA	101.72	48.7	50.4	47.7
BOMBA H. (3) AGUAS CASCARILLA	101.72	56.2	57.6	57.8
BOMBA H. (4) AGUAS CASCARILLA	101.72	40.5	41.6	39.7
VENTILADOR 1 TORRE DE ENFRIAMIENTO	8.47	4.4	4.5	4.2
VENTILADOR 2 TORRE DE ENFRIAMIENTO	8.47	4.7	4.9	4.7
VENTILADOR 3 TORRE DE ENFRIAMIENTO	8.47	4.3	4.6	4.5

Ilustración 9 Tabla de equipos existentes en operación

Como se puede ver los equipos operan entre un 45% y un 55% de la corriente nominal a la que pueden llegar, con excepción de la BOMBA VERT. 2 A.CLARAS la cual está trabajando entre un 70% y un 80% de la corriente, de esta manera podemos decir que los equipos se encuentran en buen estado de consumo de corriente proveniente de las líneas de alimentación.

3.4.3 Software para la implementación de la coordinación de protecciones

El software que se usara para la implementación de la coordinación de protecciones se llama LSPS de LG, en este programa se puede hacer el desarrollo del proyecto

que se llevara a cabo, con el cual podemos obtener las curvas de Tiempo-Corriente de los interruptores que se encuentran en el circuito.

Este software se caracteriza por manejarse en cuatro etapas de las cuales solo 3 son las principales.

3.4.3.1 Susol Design module

Es el más importante de los tres. Los usuarios pueden diseñar el diagrama del sistema LV / HV y analizar las corrientes de cortocircuito relacionadas con el equilibrio / desequilibrio / circuito de una fase. A partir del análisis, se seleccionará el interruptor de circuito LV / HV (CB). Al usar este módulo, los usuarios pueden diseñar un sistema real. Las funciones principales del módulo Susol Design incluyen:

- Análisis de cortocircuito (según IEC 60909)
- Selección automática de CB
- Coordinación del LV, incluida la discriminación y la cascada

De la siguiente manera es como se ilustra en el programa.



Ilustración 10 Panel Susol Design

3.4.3.2 Susol T-C Curve module

Los usuarios pueden confirmar la curva T-C de los equipos que incluyen CBs, fusibles, motores, transformadores y relés. Los usuarios también pueden verificar la coordinación de protección entre los equipos. Los usuarios pueden insertar directamente la corriente nominal y la corriente de cortocircuito en los dispositivos nuevos. En función de esta función, los usuarios pueden analizar la coordinación de protección y compararla con los dispositivos existentes. Gracias a los parámetros ajustables de los dispositivos, los usuarios pueden observar las desviaciones actuales en el dominio del tiempo.

De la siguiente manera es como se puede ver en el programa:



Ilustración 11 Panel Susol T-C Curve

3.4.3.3 Susol Coordination module

Los usuarios pueden usar directamente este módulo para seleccionar el CB ascendente (LV / HV) sin utilizar los otros dos módulos, también pueden elegir el OC de una lista determinada de EC, a partir de entonces aparecerá una lista de CBs adecuados para el lado descendente. Los usuarios pueden elegir uno de esos CB para la coordinación entre cadena arriba y cadena abajo o pueden confirmar la curva T-C del CB seleccionado en el dominio de Coordinación de Susol.

De esta manera es como se puede observar en el programa:



Ilustración 12 Panel Susol Coordination

3.4.3.4 Menú principal

El menú principal consiste en Archivo, Edición, Vista, Análisis, Propiedades y Ayuda. En la Barra de herramientas básicas podemos encontrar lo mostrado en la siguiente figura.

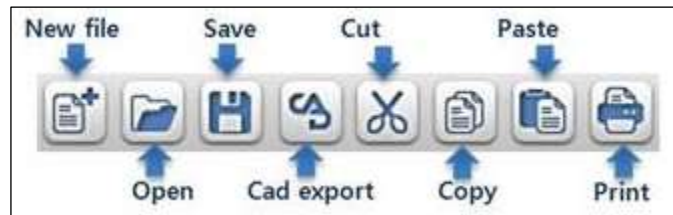


Ilustración 13 Menú principal

La barra de herramientas de la función ejecutada es como se muestra en la siguiente figura.

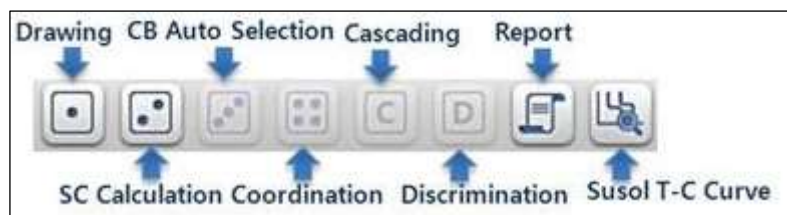


Ilustración 14 Herramientas de ejecución

En la barra de herramientas de iconos de los componentes del sistema se comprende todo tipo de componentes, como se muestra en la siguiente tabla.

Icons	Components
Source	Generator, Equivalent Source
Circuit Breaker	LV/HV CB, Relay, Fuse
Transformer	3-phase transformer, 1-phase transformer
Cable	3-phase cable, 1-phase cable
Busbar	T/ Π type
Load	Motor, static load

Ilustración 15 Componentes de trabajo

En el programa se ven de la siguiente manera la visualización horizontal:

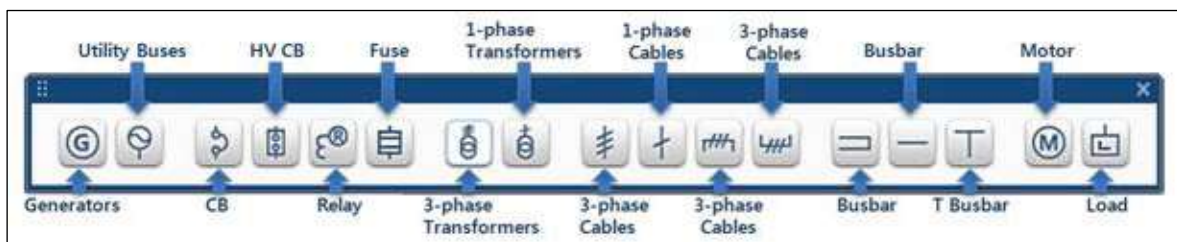


Ilustración 16 Visualización horizontal de los componentes

3.4.5 Dibujo del sistema (Drawing)

Esta es la primera etapa de programa de LSPS que se implementa para realizar la coordinación de protecciones, en esta parte se hace el diagrama unifilar de los equipos que lo integran, así como también se anexan los datos técnicos de cada uno.

El diagrama se empezó a integrar desde la operación de red el cual se agregó un transformador con capacidad de 2500 KVA donde tiene una entrada de 23 KV y una salida de .44 KV en el secundario. El interruptor general con un amperaje clasificado de 3000 A, de tipo Metasol ACB, con salida de 440 V. De este derivándose el interruptor de Laminación II con un Amperaje clasificado de 1200 A, voltaje de 440 v, de tipo Metasol MCCB Thermal (Fixed) al que se le derivan dos interruptores uno que es el de las BOMBAS VERTICALES HIDROCICLON y el otro de CCM Lam II, el primero es un interruptor de tipo Metasol MCCB Thermal (Fixed) con un Amperaje nominal de 1000 A a 0.44 KV, del que dependen dos Bombas Verticales de Cascarilla con una capacidad de 44.7 KW alimentadas con un voltaje de 440 que a su vez cuentan con un interruptor de 400 A de tipo Metasol MCCB Thermal (Fixed). Por otra parte el interruptor de CCM Lam II tiene un Amperaje clasificado de 1000 A del cual se derivan los siguientes equipos, una bomba vertical aguas cascarilla alimentada a 440 V con una capacidad de 44.7 KW la cual tiene un interruptor con corriente clasificada de 200 A. También se derivan tres ventiladores para las torres de enfriamiento alimentados a 440 V con una capacidad de 3.7 KW los cuales cuentan con un interruptor de 100 A, de igual manera se derivan cinco bombas con una capacidad de 44.7 KW alimentadas a .44 KV que cuentan con su interruptor independiente de 200 A.

Este diagrama mencionado lo podemos observar a continuación, tomando en cuenta que para simplificar el diagrama en el software solo se debe de multiplicar la cantidad de equipos, este mismo respetando las corrientes.

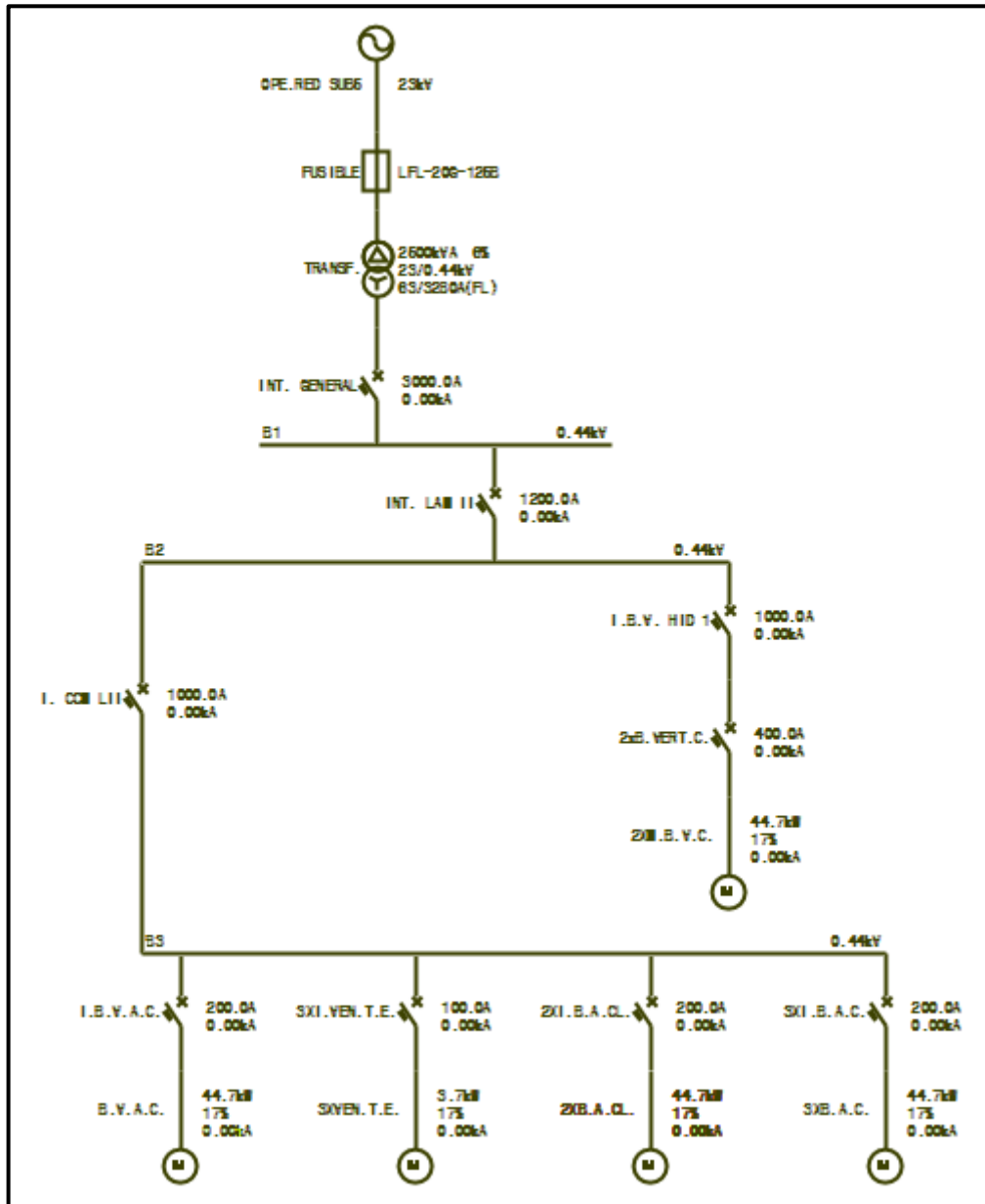


Ilustración 17 Diagrama presentado en la parte de Drawing

De esta manera es como se puede observar la primera etapa del programa.

3.4.6 Comprobación del diagrama

En esta etapa del proyecto como su nombre lo dice es donde se llevó a cabo la comprobación del diagrama, el cual nos hace una evaluación del sistema si hay alguna falla el mismo software nos da una referencia de algún interruptor en dado caso este mal en la capacidad de su amperaje.

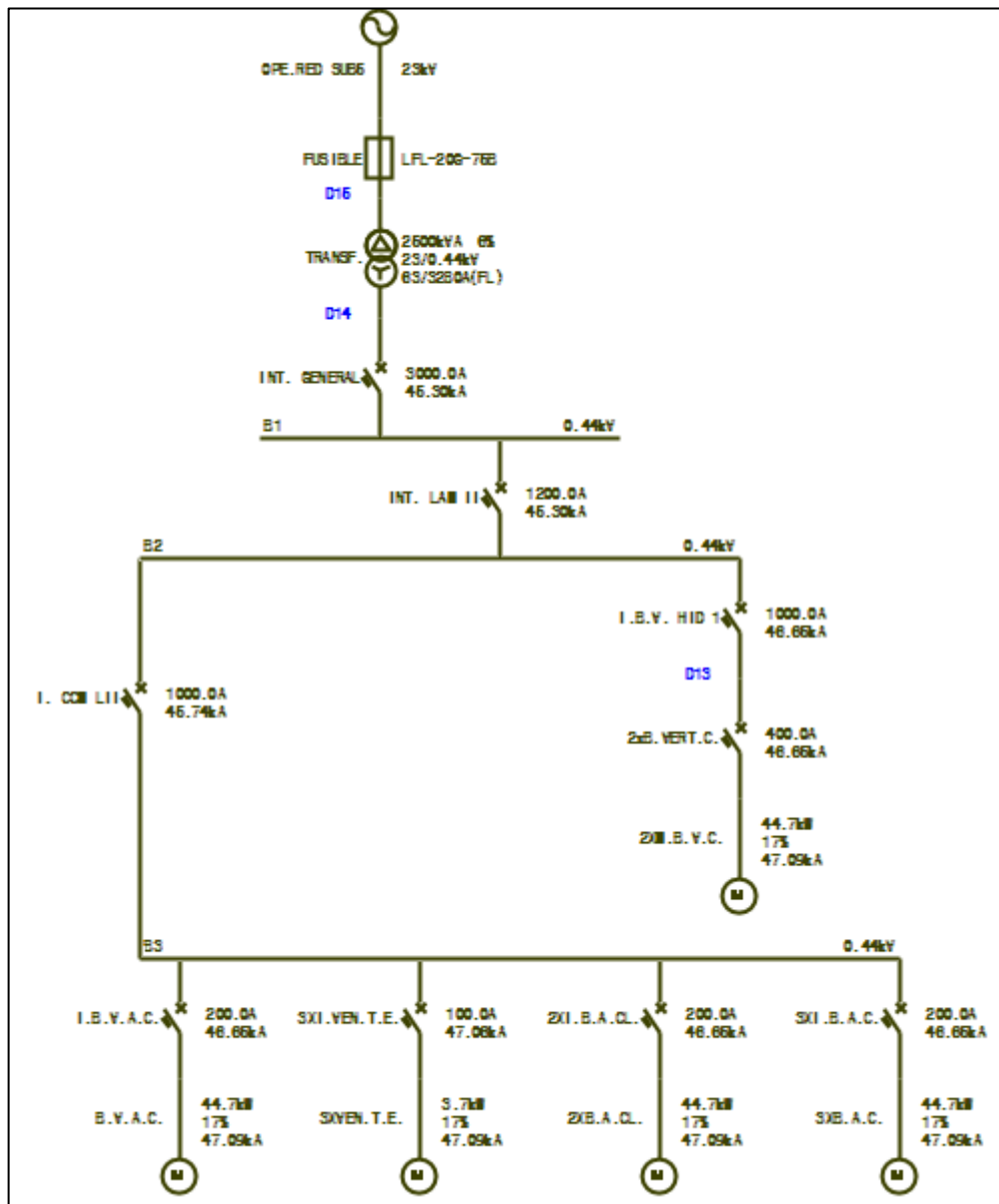


Ilustración 18 Comprobación del diagrama

Como se puede observar en el programa no marca solo tres referencias que se deben de modificar, en la siguiente etapa se puede resolver.

3.4.7 Selección automática CB

En esta etapa del software se hace la selección de alguna referencia de circuitbreaker que debemos seleccionar el cual no tenga dificultad, para ello se tomó en cuenta la capacidad de ruptura y las condiciones adecuadas del interruptor para poderse ubicar en los nodos.

En la imagen se puede observar cómo quedan los niveles de referencia en los interruptores.

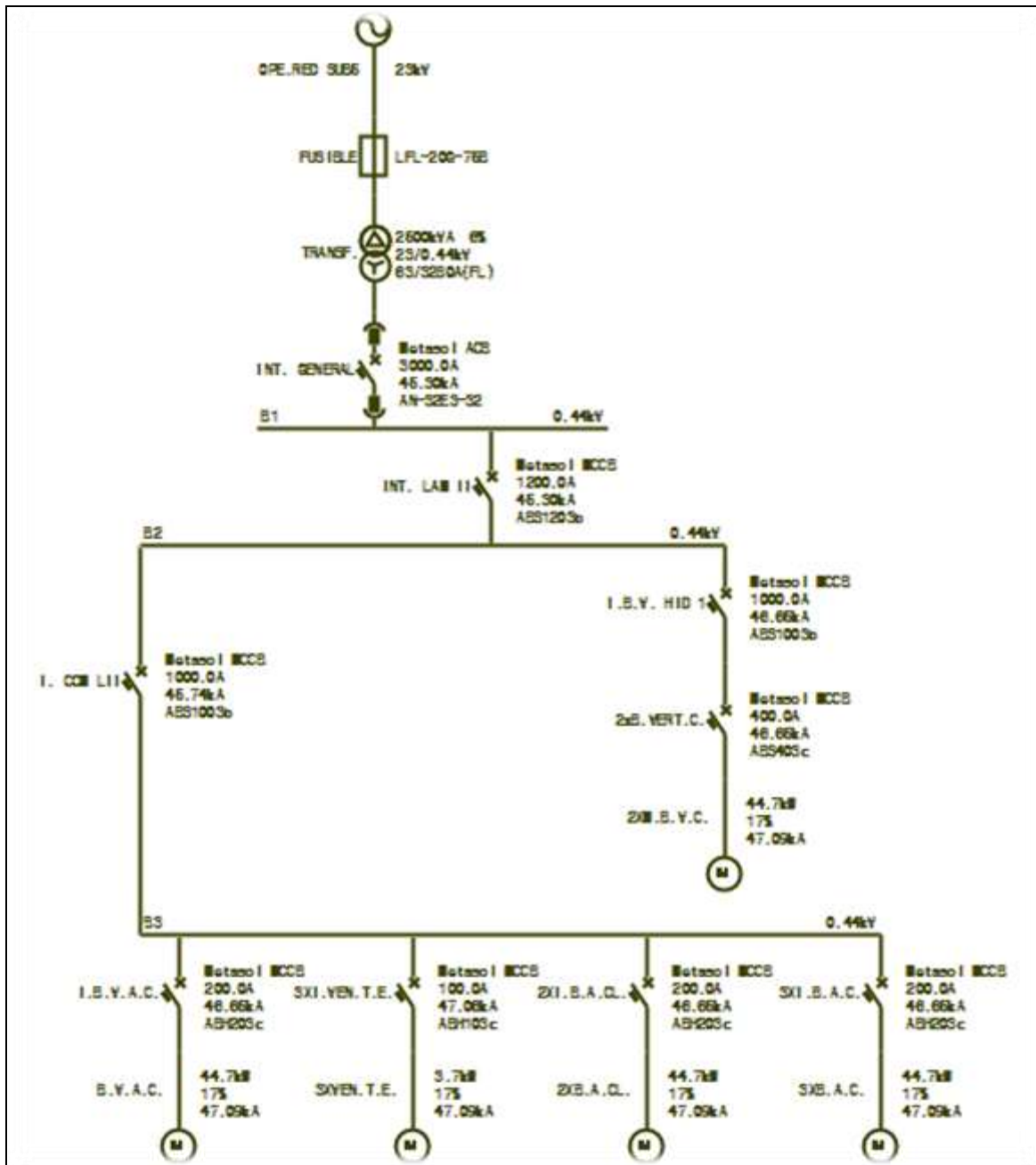


Ilustración 19 Selección automática del CB

Como se ve el interruptor general nos dice que tenemos un nivel de corto circuito de 46.30 KA.

Teniendo en cuenta lo anterior se empezó a realizar la coordinación de protecciones de los interruptores de laminación II.

3.4.8 Coordinación de protecciones

En esta etapa se desarrolló la coordinación de los interruptores donde estos cumplieron los niveles de Icu e Ics calculados por el software de LSPS, para las protecciones exigidas por el RETIE 2013 establecidos en el artículo 10.1 literal m. mostrando los ramales representativos de este proyecto, graficando las curvas termomagnéticas de Tiempo-Corriente en los interruptores presentes en dichos ramales.

3.4.8.1 Coordinación para interruptores de Bombas Verticales Hidrociclón

Para poder desarrollar la coordinación de protecciones en el software se debe saber que interruptores debemos seleccionar esto dependiendo el ramal que deseamos, como en este caso ya sabemos que se desea la coordinación de los interruptores para las Bombas Verticales de Hidrociclón, se hace la selección de los siguientes elementos tomando en cuenta que para hacerlo se debe de oprimir control + Shift y por consiguiente seleccionar el fusible, el interruptor general, el interruptor de Laminación II estos son esenciales para dicha coordinación ya que las modificaciones realizadas en ellos no deben tener cambios en el siguiente paso, después el interruptor de las Bombas Verticales Hidrociclón junto con el interruptor de las Bombas Verticales Cascarilla, quedando de la siguiente manera.

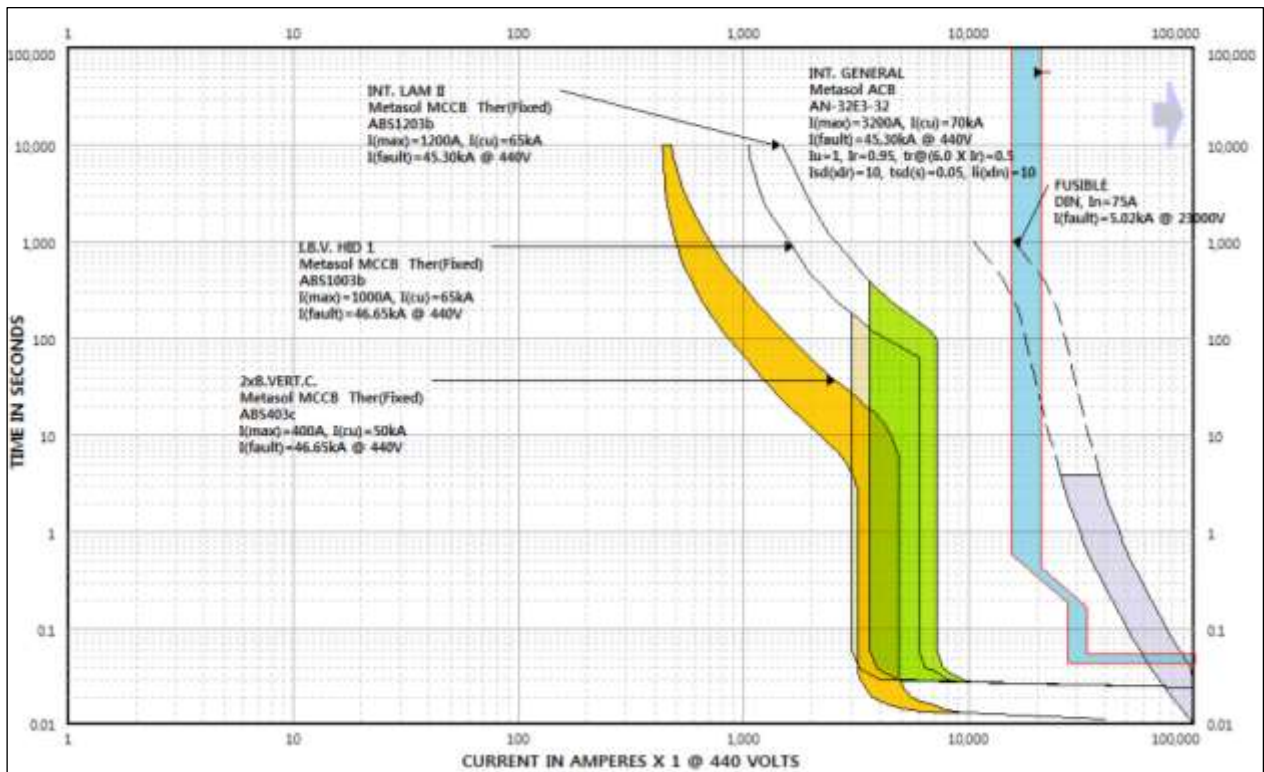


Ilustración 20 Coordinación B. V. Hidrociclón

Tomando en cuenta las curvas de tiempo-corriente el interruptor de las bombas verticales cascarilla esta antes de todos, este previniendo si hay algún cortocircuito en las bombas, después el interruptor de las Bombas Verticales Hidrociclón con un tiempo de ruptura de 0.03 s por lo que este se debe botar antes que el interruptor de 1200 A esto por la capacidad ya que este es de 1000 A.

El Interruptor General se encuentra después, se debe de recordar que de este de deriva dos interruptores, uno que es el de Laminación II y el otro de acería, esto no influye en el cálculo del cortocircuito.

De esta manera es como quedan los tiempos en la coordinación del interruptor Bombas Verticales Hidrociclón.

3.4.8.2 Coordinación para interruptores de CCM Lam II

En esta parte solo se seleccionan los interruptores del siguiente ramal. En la imagen nos podemos dar cuenta que de una curva se desglosan tres, esto se debió a que tienen la misma capacidad de ruptura.

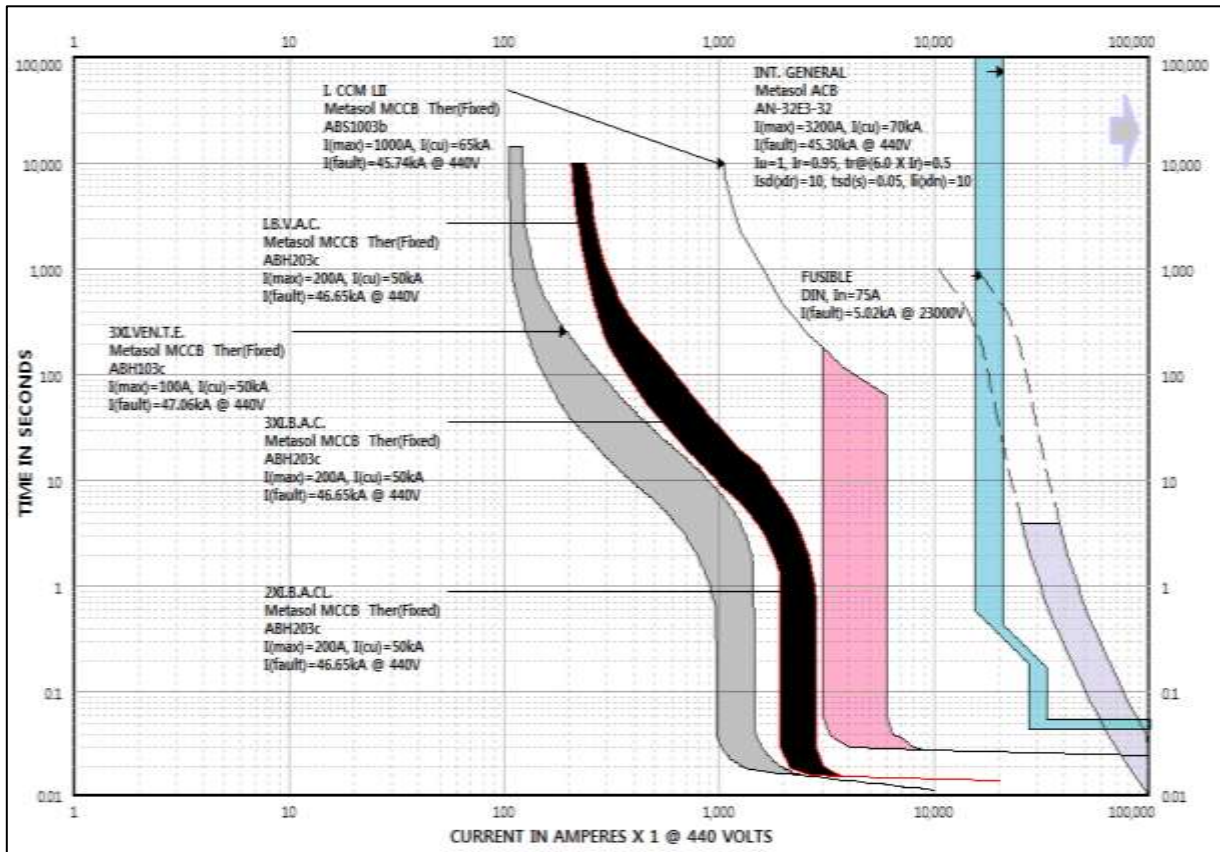


Ilustración 21 Coordinación I. CCM LAM II

Como se puede observar en la imagen, la curva del interruptor de los ventiladores esta antes, esto se debe a la capacidad de amperaje pero en el tiempo está igual que los interruptores de las bombas, mencionado anteriormente los interruptores de las bombas en la imagen se ven traslapados porque tienen la misma capacidad, la curva del interruptor de CCM LAM II podemos notar que esta después, esto a que tiene más capacidad y el tiempo es aún más que los anteriores ya que es quien debe percibir el corto después.

3.4.8.3 Curvas Tiempo-Corriente

Con la imagen que se presentara a continuación se puede apreciar de una mejor manera como queda la coordinación de protecciones en capacidad de Amperaje así como el tiempo en que llegan a la ruptura.

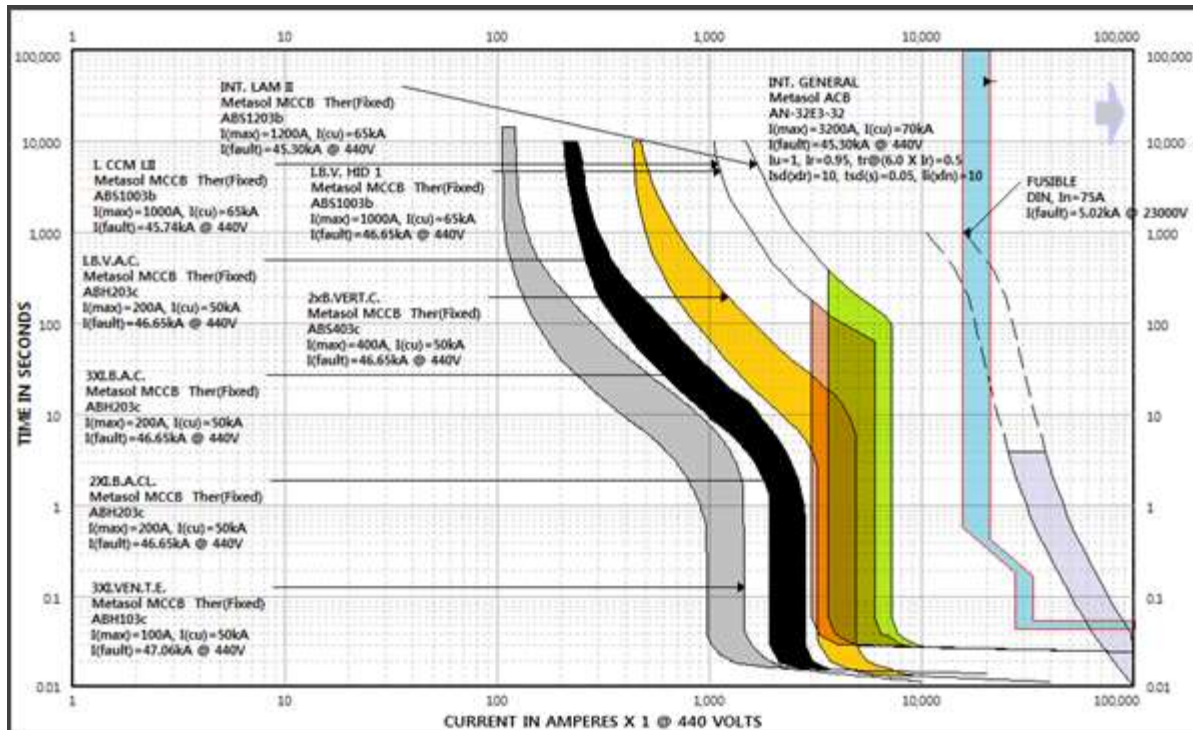


Ilustración 22 Curvas T-C

Una de las cosas que podemos observar en la parte inferior de la imagen es que la corriente que circula es de 440 V, de ahí se toma en cuenta la capacidad de ruptura de los interruptores, como se ve los interruptores de las bombas y los ventiladores son los que andan en un tiempo de 0.05 a 0.08 s, después están los interruptores de las Bombas Verticales Hidrociclón junto con los de CCM LAM II que tienen un amperaje de 1000 A con un tiempo de ruptura de 0.3 s al igual que el interruptor de LAM II solo que este tiene una capacidad de 1200 A

De esta manera es como queda representado la coordinación de protecciones en los interruptores de la nave de Laminación II.

3.4.9 Costo de equipo

En todo proyecto se debe de contar con el presupuesto que implica en la elaboración de este. Por ello se tomó en cuenta la lista de precios que nos muestra la compañía de Proelectrico, con el fin de saber el costo de los interruptores en caso de que alguno de estos sufra algún fallo, así como también nos muestra la capacidad de corriente y el Icu en KA.

A continuación se presenta una tabla que nos muestra los datos de los interruptores que se usaron para la coordinación de protecciones.

Interruptor	Ics	Referencia	Corriente	Polos	Voltaje (VAC)	Icu (IEC-947-2)KA		Precio lista
						230 V	440 V	
INT. Lam II	50% Icu	ABS1203b	1200 (Im ajustable 3-6 In)	3	690	100	65	42,861.75
I.B.V. HIDROCICLON	50% Icu	ABS1003b	1000 (Im ajustable 3-6 In)	3	690	100	65	39,561.66
I. B. VERT.C.	100% Icu	ABS403c	400	3	690	75	50	8,999.65
I. CCM LAM II	50% Icu	ABS1003b	1000 (Im ajustable 3-6 In)	3	690	100	65	39,561.66
I. VENT. T.E.	100% Icu	ABH103c	125	3	690	100	50	3,175.19
I.B.V.C.	100% Icu	ABH203c	200	3	690	100	50	4,384.78
I.B.A.CL.	100% Icu	ABH203c	200	3	690	100	50	4,384.78
I.B.A.C	100% Icu	ABH203c	200	3	690	100	50	4,384.78

Ilustración 23 Costos de interruptores

Esta información la podemos tomar en cuenta cuando un equipo ya se encuentre fuera de servicio, esto ayudándonos de los datos para adquirir un nuevo interruptor. De esta manera es como queda este apartado de los costos.

CAPÍTULO 4.RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El estudio de las corrientes de corto circuito es fundamental para dimensionar las capacidades interruptivas que deben de tener las protecciones, la eficiente rapidez con que obtienen los cálculos mediante el software, se hace más atractivo al llevar a cabo el estudio de corto circuito, ofreciendo la ventaja de obtener cambios en la red y obtener de manera automática los nuevos resultados, a cambio si la coordinación se realizara mediante cálculos teóricos, nos sería más difícil ya que si se llega a realizar algún cambio en la red se modificarían los resultados. Este método es útil para detectar los errores. Por esta razón este método es útil de utilizar, ya que es más sencillo detectar un error en el cálculo mediante la simulación que si se usara otro método.

- Se logra cumplir con la selectividad de los interruptores para la adecuada coordinación, lo cual se desea para una buena protección, además de lograr verificar sus capacidades interruptivas en la tensión.
- Debemos de tomar en cuenta que por la sola presencia de tener una adecuada coordinación de protecciones, no se pueda ocasionar algún corto, esto sobre todo a que las instalaciones ya son un poco viejas, teniendo cambios internos en la red.
- Los rangos de ajuste para las protecciones de la nave de Laminación II quedaron con sus respectivas curvas de T-C.

4.1 Resultados

Mediante el levantamiento de datos para la realización del reporte, se realizó un nuevo diagrama unifilar de las bombas para la nave de Laminación II, ahora incluyendo las capacidades a la que se encuentran actualmente.

Por otra parte, mediante el uso del software de LSPS se obtuvieron las curvas de Tiempo-Corriente a la que deben estar los interruptores en el rango de ruptura, quedando de la siguiente manera:

Tabla 1 Resultados T-C

INTERRUPTORES						
CAPACIDAD	100 A	200 A	400 A	1000 A	1200 A	3200 A
EQUIPOS EN OPERACION	VENT. TORRES DE ENFRIAMIENTO	BOMBAS VERT. AGUAS CASCARILLA	BOMBAS VERT. CASCARILLA	BOMBAS VERT. HIDROCICLON	LAM II	INT. GENERAL
		BOMBAS AGUAS CASCARILLA		CCM LAM II		
		BOMBAS AGUAS CLARAS				
TIEMPO EN SEGUNDOS	0.018	0.017	0.015	0.025	0.027	0.045

De esta manera es como se pueden observar los tiempos presentados por los interruptores.

Es importante recordar que el esquema del reporte sigue los pasos del método científico, por lo que se deben incluir resultados del estudio, tales como tablas con mediciones, resultados de pruebas de uso (si se realizaron), entre otros. En el caso de planos, pueden incluirse como anexos y doblados al tamaño carta. Las imágenes,

ya sean fotografías o impresiones de pantalla, no deberán exceder su tamaño de un cuarto de página; además, deberán incluir pie de página o referencia.

4.2 Trabajos Futuros

Para tener una mejor implementación en la coordinación de protecciones de la subestación 5, este proyecto debe tener continuidad con el área de Acería ya que del breaker principal distribuye la corriente a las bombas de estas dos naves, lo que es Laminación II y el área de acería, con ello se reducen los fallos de sobrecargas en los equipos.

4.3 Recomendaciones

- Al realizar un cambio en el sistema eléctrico, se recomienda construir nuevas curvas para tener una mejor selectividad en los interruptores.
- Elaborar un plan de mantenimiento para el cuarto de bombas Lam II, para verificar el buen funcionamiento en los equipos.
- Asegurar que los guarda motores en los interruptores estén bien calibrados.

ANEXOS

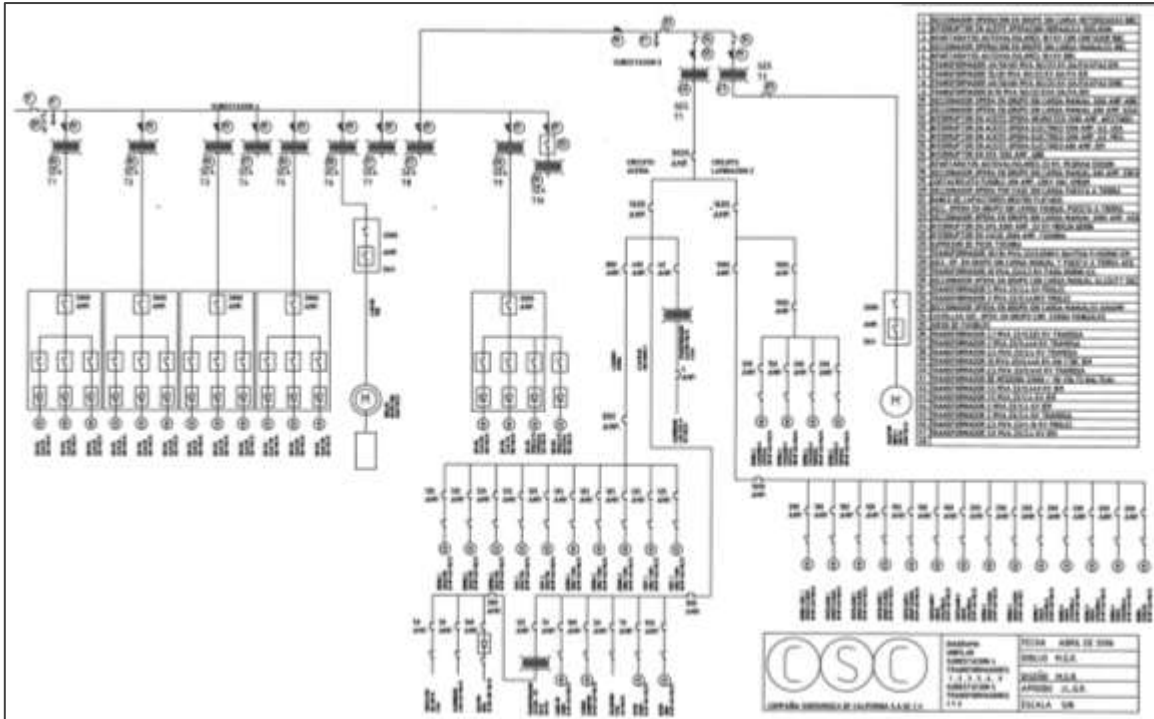


Ilustración 24 Diagrama unifilar subestación 4- subestación 5 (equipos obsoletos)

BIBLIOGRAFÍA

- Bojorquez, v. j. (06 de septiembre de 2007). *Estudio comparativo de las normas IEC y ANSI para calculo de corto circuito*. Obtenido de <http://www.sepielectrica.esimez.ipn.mx>
- Lazo, E. S. (21 de Febrero de 2010). *Estudio de coordinaciones de protecciones en alta y media tension de la subestacion machala*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/309/14/UPS-CT001693.pdf>
- noriega, p. (17 de septiembre de 2008). *proyecciones electricas* . Obtenido de www.proyeccionelectricallamas.com.mx/protecciones-electricas/
- Quesada, J. C. (16 de julio de 2014). *Estudio de cortocircuito y coordinaci3n de protecciones en CVG ALUNASA*. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/367535217/Pb0851t-Diagramas-de-Curvas-de-Rele-51-en-Sobre-Tension>
- Tolomeo, P. (03 de Enero de 2006). *coordinacion de protecciones* . Obtenido de www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.../A8%20Capitulo%20V.pdf