



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE ENERGÍA INDUSTRIAS Y RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

NIVEL DE PREGRADO

TÍTULO: *Selección y Coordinación de las Protecciones Eléctricas de los alimentadores primarios Norte, Sur y Juan de Salinas de la subestación San Cayetano.*

Tesis de grado previa la obtención del título en Ingeniera Electromecánica.

AUTORES: *Gorky Fabián Ludeña Guaicha.
Luis Fabián Tinoco Torres.*

DIRECTOR: *Ing. Carlos Raúl Barreto Calle.*

LOJA – ECUADOR

2008



Certificado:

Que los Señores Fabian Tinoco Torres y Gorky Fabian Ludeña, egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica, previo a la obtención de su título, desarrollaron el trabajo “SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE LOS ALIMENTADORES PRIMARIOS; NORTE, SUR Y JUAN DE SALINAS DE LA SUBESTACIÓN SAN CAYETANO” mismo que a sido revisado en forma apropiada, cumpliendo con las normas generales para la graduación en la Universidad Nacional de Loja, para lo cual autorizó su presentación.

.....

Ing. Carlos Raúl Barreto Calle.



Declaración de Autoridad

Los abajo firmantes, declaramos haber desarrollado el presente trabajo de tesis en base a nuestro esfuerzo, habiendo invertido en muchas horas de trabajo así como también un significativo aporte económico, todo con la finalidad de llevar a final termino y consagración de nuestras carrera universitaria y la anhelada consecuencia de nuestro titulo en Ingeniería Electromecánica

.....
Luis Fabian Tinoco Torres

.....
Gorky Fabian Ludeña Guaicha



Dedicatoria

Quisiera dedicar esta tesis especialmente a mi mamá Doris Torres Cruz por ser mi más grande tesoro y ejemplo de todas las cosas buenas que de ella brotan.

Dedico esta tesis a mi padre Luís German Tinoco S. por su apoyo espiritual para la confección de este trabajo.

Por ultimo quisiera agradecer a mi familia por todo el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

Fabian Tinoco Torres.

Dedico la culminación de este trabajo que conseguimos juntos a mis padres Cesar Ludeña y Bertha Guaycha por ser las personas que siempre creen en mi y están en todo momento a mi lado, a mis hermanos Betty Amparito, Cesar Augusto y Julio Cesar por ser quienes hacen sonreír mi corazón. Para toda mi familia por ser siempre mejoramiento de mi vida.

Para mis incondicionales amigos que siempre estuvimos juntos y me dieron fuerza cuando no estaba muy animado a trabajar.

Gorky Fabian Ludeña.



Agradecimientos

Agradecemos al Dr Orllys Ernesto Torres Breffe por toda su ayuda, sus conocimientos y por la confianza depositada en el éxito de este trabajo.

De la misma manera agradecemos al Ing. Raúl Barreto por la ayuda brindada para la culminación del presente trabajo.

También agradecemos e todas las personas que de una u otra manera nos ofrecieron su ayuda.



Pensamiento

Nunca andes por el camino trazado, pues el te conduce únicamente hacia donde los otros fueron.

Grahan Bell.



Resumen

Ante la necesidad de optimización de los circuitos eléctricos de distribución, en la subestación San Cayetano de la ciudad de Loja, para disminuir al mínimo el tiempo de interrupción al usuario se acometió un estudio minucioso de los circuitos Norte, Sur y Juan de salinas, donde mediante la correcta selección y coordinación adecuada de las protecciones se analizan las diferentes variantes que permitan resolver el problema y así aumentar la continuidad y brindar un mejor servicio eléctrico.

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo se realizo el calculo de las corrientes de cortocircuito con el software Spard mp Distribution y se llevo acabo la comprobación de las capacidades de interrupción de los equipos de protección así como su coordinación.

El contenido del trabajo se dividió en cuatro capítulos, definidos de la siguiente manera:

Capítulo 1: Incluye los fundamentos teóricos de la investigación: generalidades de los sistemas de distribución, los regimenes transitorios permisibles y no permisibles, dispositivos de protección, teoría de las protecciones, una metodología adecuada para la selección y ajuste de los dispositivos de protección en los sistemas de distribución.

Capítulo 2: Se realiza una caracterización de los circuitos Norte, Sur y Juan de Salinas, que incluye los datos necesarios para el posterior análisis.

Capítulo 3: Se consideran diferentes variantes para la protección de los tres circuitos estudiados, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas que pudiera tener cada una.

Capítulo 4: Se hace un análisis económico de todas las variantes, escogiendo la más idónea. Este capitulo finaliza con las correspondientes conclusiones parciales.

Finalmente se emitieron conclusiones y recomendaciones generales del trabajo.



Summary

Given the distribution electric circuits optimization necessity in the San Cayetano substation, in Loja city, in order to decrease to the minimum the user interruption time, a detailed study of the North, South and Juan de Salinas circuits is carried out in this work, in which different variants are analyzed looking for a correct selection and an adequate coordination of protections to resolve the problem so to increase the continuity and supply a better electric service.

In the development of this investigations work, short circuit currents calculation is done using the software Spard mp Distribution as well as a revision of the protection devices interruption capacity and coordination.

The content of this work is divided into four chapters as follows:

Chapter 1: Includes the investigation fundamental theory: distributions systems generalities, permissible and non permissible transient regime, protection theory and devices, adequate methodology for protection devices selection and setting in distribution system.

Chapter 2: North, South and Juan de Salinas circuits characterizations is done including later analysis necessary data.

Chapter 3: Different variants for the mentioned analyzed three circuits are developed considering the advantages and disadvantages of each of them.

Chapter 4: An economical analysis of all the variants is carried out indicating the best one. That chapter ends with respective partial conclusions.

Finally general conclusions and recommendations of the work are given.



Tabla de Contenido

Declaración de autoridad.....	I
Pensamiento.....	II
Agradecimientos.....	III
Dedicatoria.....	IV
Resumen.....	V
Summary.....	VI
Índice	
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.	
1.1. Introducción.....	3
1.2.Generalidades de los sistemas eléctricos de distribución.....	4
1.2.1. Subestaciones de distribución.....	5
1.2.2. Tipos de sistemas de distribución.....	6
1.2.3. Clasificación de los sistemas eléctricos de distribución.....	6
1.2.4. Principales componentes de los Sistemas de Distribución.....	8
1.2.5. Normas establecidas para la protección de redes de distribución.....	12
1.3. Regimenes transitorios permisibles.....	13
1.3.1. Corriente de magnetización (inrush).....	13
1.3.2. Pico de carga fría (Cold load pick up).....	14
1.3.3. Sobrecargas temporales.....	15
1.4. Regimenes transitorios no permisibles.....	15
1.4.1. Fallas.....	16
1.4.2. Cortocircuitos.....	16
1.4.3. Sobrecargas permanentes.....	18
1.4.4. Descargas atmosféricas.....	19
1.5. Dispositivos de protección.....	20
1.5.1. Fusibles.....	20
1.5.2. Recerradores.....	22
1.5.3. Seccionalizadores.....	29
1.5.4. Interruptores automáticos.....	30



1.5.5. Reles.....	32
1.5.6. Pararrayos o descargadores.....	34
1.6. Teoría de las protecciones.....	35
1.7. Selección y coordinación de los dispositivos de protección.....	39
1.7.1. Selección de fusibles para transformadores de distribución autoprotegidos.....	40
1.7.2. Fusibles para proteger ramales. Metodología para su selección.....	40
1.7.3. Coordinación fusible-fusible.....	43
1.7.4. Coordinación entre recerradores y fusibles.....	44
1.8. Conclusiones.....	47
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN ACTUAL DE LOS CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN	
2.1. Introducción.....	49
2.2. Características generales de los circuitos.....	50
2.2.1. Alimentador Norte.....	50
2.2.2. Alimentador Sur.....	53
2.2.3. Alimentador Juan de Salinas.....	54
2.3. Subestación.....	56
2.4. Características de los circuitos primarios.....	64
2.5. Transformadores de distribución.....	68
2.6. Circuitos secundarios.....	69
2.7. Protecciones de los sistemas de distribución actualmente instaladas.....	69
2.8. Cálculo de las fallas.....	70
2.9. Conclusiones.....	70
CAPÍTULO III. PROPUESTAS DE PROTECCIÓN PARA LOS CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN.	
3.1 Introducción.....	72
3.2 Propuestas de protección para el Circuito Sur.....	72
3.3 Propuestas de protección para el Circuito Norte.....	95
3.4 Propuestas de protección para el Circuito Juan de Salinas.....	104
CAPÍTULO IV. VALORACIÓN ECONOMICA DE LAS VARIANTES	
4.1. Introducción.....	111
4.2. Análisis de las variantes para el Circuito Sur.....	111



4.3. Análisis de las variantes para el Circuito Norte.....	113
4.4. Análisis de las variantes para el Circuito Juan de Salinas.....	115
4.5. Conclusiones.....	117
CONCLUSIONES.....	118
RECOMENDACIONES.....	119
BIBLIOGRAFÍA.....	120
ANEXOS.....	VII
Tablas de coordinación para fusibles K.....	VIII
Curvas de tiempo-corriente. Tiempo mínimo de fusión de fusibles K.....	IX
Curvas de tiempo-corriente. Tiempo maximo de limpieza de fusibles K.....	X
Curva de temporización de un recerrador.....	XI
Características de los conductores de aluminio.....	XII
Curvas de daño para conductores de ASCR.....	XIII
Curva de temporización del Rele DPU2000R Función Recierre.....	XIV
Corrientes de cortocircuitó del Alimentador Norte.....	XV
Corrientes de cortocircuitó del Alimentador Sur.....	XXXIII
Corrientes de cortocircuitó del Alimentador Juan de Salinas.....	XLV
Balanced load flor: prueba san Cayetano.....	XLVIII
Transformadores de mayor potencia en el circuito norte.....	XLIX
Transformadores de mayor potencia en el circuito sur.....	L
Transformadores de mayor potencia en el circuito Juan de Salinas.....	LI
Esquema de la variante 1 del Circuito Sur.....	LII
Esquema de la variante 2 del Circuito Sur.....	LIII
Esquema de la variante 3 del Circuito Sur.....	LIV
Esquema de la variante 1 del Circuito Norte.....	LV
Esquema de la variante 2 del Circuito Norte.....	LVI
Esquema de la variante 3 del Circuito Norte.....	LVII
Esquema de la variante 1 del Circuito Juan de Salinas.....	LVIII
Esquema de la variante 2 del Circuito Juan de Salinas.....	LIX
Esquema de la variante 3 del Circuito Juan de Salinas.....	LX



Introducción General

El campo de las protecciones eléctricas es muy amplio y su correcta aplicación es de suma importancia en los sistemas de distribución.

Un sistema eléctrico debidamente protegido garantiza un servicio estable y seguro a los consumidores de la energía.

Las protecciones eléctricas deben estar correctamente coordinadas para evitar daños a los equipos, personal de trabajo y así minimizar los gastos en nuevos equipamientos.

Una gran variedad de dispositivos son utilizados para proteger los sistemas eléctricos de distribución, los cuales deben ser coordinados para un funcionamiento adecuado del sistema.

Para un correcto diseño de un proyecto de protecciones se deben tener en cuenta las características de los circuitos, sus principales componentes, así como sus distintos regímenes de funcionamiento.

Situación problemática:

La Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A., EERSSA, localizada al sur de la República del Ecuador, el área de concesión asignada corresponde a las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza de Morona Santiago.

La EERSSA a emprendido un programa de optimización de los proceso de Planificación y Administración de sus REDES DE DISTRIBUCIÓN, esto a conllevado a dar solución a problemas existentes en los Alimentadores Norte, Sur y Juan de Salinas de dicha Subestación, problemas como disparos intempestivos de fusibles que dejan sin servicio durante un tiempo considerable a los consumidores, conllevan a un nuevo concepto como es la coordinación de las protecciones eléctricas.

Problema.

Falta de una correcta coordinación y selección de las protecciones eléctricas para los sistemas de distribución.



Hipótesis:

Mediante el uso del Software SPARD ® mp Distribución se diseñara un método que facilite la adecuada coordinación y selección de los dispositivos de protección para los alimentadores primarios de una subestación, obteniendo un conocimiento claro y de mucho contenido científico.

Objetivo General:

Seleccionar y coordinar los dispositivos de protección para los alimentadores primarios de distribución Norte, Sur y Juan de Salinas de la subestación San Cayetano en la ciudad de Loja.

Resultados:

Diagramas unifilares en Auto CAD con los tipos de desconectivos adecuados para la protección de los alimentadores primarios Norte Sur y Juan de Salinas de la Subestación San Cayetano.

Posibles resultados esperados:

- Garantizar un mayor tiempo de vida útil de los desconectivos empleados.
- Disminuir la cantidad de elementos dañados en los Circuitos de Distribución.
- Disminuir el tiempo de interrupciones al usuario.



Capítulo 1.

Marco Teórico.

- 1.1. Introducción.**
- 1.2. Generalidades de los sistemas eléctricos de distribución.**
- 1.3. Regimenes transitorios permisibles.**
- 1.4. Regimenes transitorios no permisibles.**
- 1.5. Dispositivos de protección.**
- 1.6. Teoría de las protecciones.**
- 1.7. Metodología para la selección y ajuste de los dispositivos de protección.**
- 1.8. Conclusiones.**

1.1. Introducción.

La dependencia cada vez mayor del consumo de energía eléctrica para las diferentes actividades humanas, ha traído como consecuencia que los usuarios exijan mayor calidad del servicio, por tal motivo las empresas suministradoras, en todo el mundo, buscan mejorar los esquemas de protección de las redes con las que distribuyen la energía eléctrica, para mejorar su confiabilidad.

Las protecciones eléctricas proporcionan a los sistemas de distribución de energía eléctrica y sus respectivos equipamientos una protección contra corrientes excesivas que son producidas por condiciones anormales, causadas por interrupciones ambientales, errores humanos o animales. Un fallo en la línea puede ser producido cuando se unen conductores por el viento, árboles en contacto, conductores que caen a la tierra, o por descargas atmosféricas, mientras que el daño al equipamiento puede ser causado por descargas atmosféricas, el deterioro del aislamiento e instalaciones o aplicaciones inadecuadas.

Los principales equipos de protección contra sobrecorriente, empleados en los sistemas de distribución son interruptores de potencia controlados por relevadores, restauradores automáticos, seccionalizadores y fusibles.

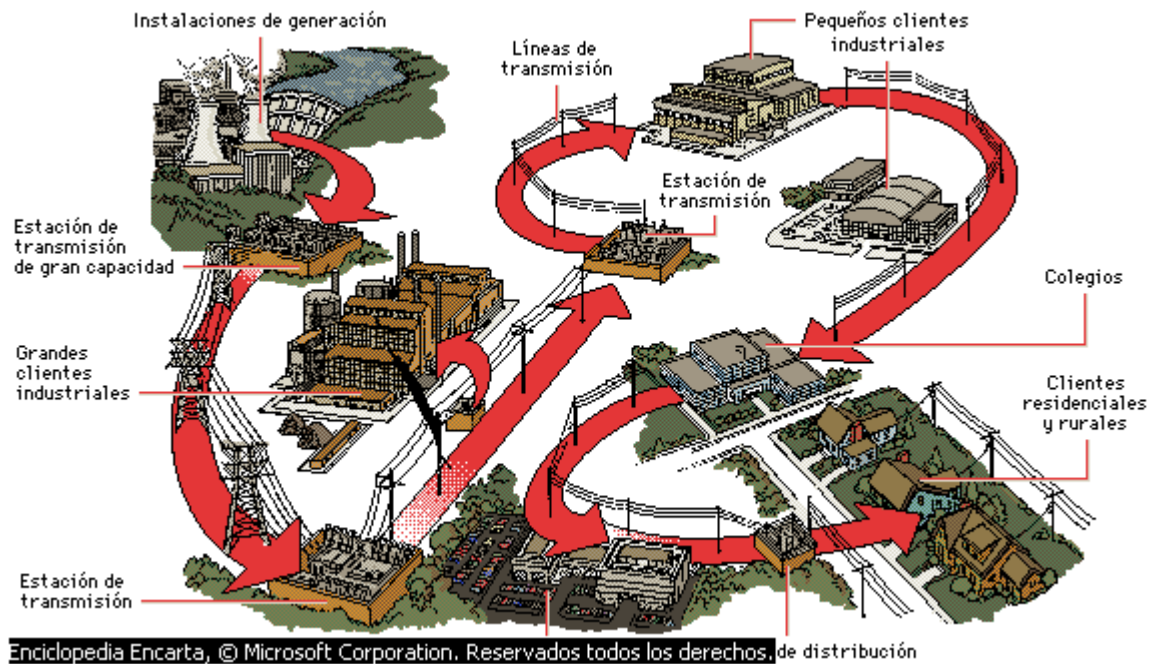


1.2. Generalidades de los sistemas eléctricos de distribución.

Los actuales Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) modernos se pueden dividir en dos grandes partes, 1) donde se **manipula la energía masivamente** y otra muy amplia 2) donde se **distribuye**. Las centrales de generación, las líneas de transporte de energía y las grandes subestaciones se hallan ubicadas en la primera parte. El consumo, excepto la industria muy grande y la distribución con todas sus instalaciones, figurarán en la segunda parte. En la mayoría de los sistemas actuales, todos estos elementos definidos separadamente se hallan geográficamente entremezclados.

Generación: Se distinguen **tres** tipos clásicos de centrales eléctricas. Las centrales **hidroeléctricas** que generan energía eléctrica procedente del agua y que se diferencian por las características del salto. Los saltos de gran altura y caudal reducido equipadas con turbinas o ruedas Pelton, los de altura y caudales medios equipadas con turbinas Francis y, finalmente los saltos de pequeña altura y grandes caudales equipadas con turbinas Kaplan. Por otro están las centrales que generan la energía eléctrica procedente de combustibles fósiles, (carbón, gas y fuel-oil) clasificadas como **térmicas** convencionales y en tercer lugar, las denominadas centrales **nucleares**. Las centrales solares, eólicas, geotérmicas, de biomasa, etc, por ahora no tienen gran entidad ya que sus potencias de generación son relativamente pequeñas.

Líneas de transporte: En los sistemas eléctricos, el transporte de energía a los centros de consumo se debe realizar a las tensiones más elevadas posibles con el fin de incrementar al máximo la capacidad de transporte y, minimizar las pérdidas. Pero claro, el nivel de las tensiones de transporte tiene los límites impuestos por las posibilidades tecnológicas y los costos económicos asociados. Así la electricidad se transporta por cables de alta tensión a las estaciones de distribución, donde se reduce la tensión mediante transformadores hasta niveles adecuados para los usuarios. Las líneas primarias pueden transmitir electricidad con tensiones de hasta 500.000 voltios o más. Las líneas secundarias que van a las viviendas tienen tensiones de 220 o 110 voltios, en la (**fig 1.1**) se muestra un sistema de generación y distribución eléctrico. [1]



(Fig 1.1). Sistema de generación y distribución eléctrica.

1.2.1. Subestación de distribución.

La función del sistema de distribución es similar a de subtransmision, en una proporción mucho menor; en este sistema están los circuitos de distribución primarios y los circuitos de distribución secundaria. La distribución primaria recibe la energía de la subestación de distribución y en su recorrido la traspasa directamente a los consumidores medianos, talleres, centros comerciales, etc., y a los consumidores pequeños residenciales a través de la distribución secundaria.

Es frecuente en la distribución primaria voltajes de 7.8 – 13.8 kV. 12.7 – 22 kV, correspondiente en cada caso a los voltajes de fase y de línea de los secundarios de la subestaciones conectadas en la estrella con el neutro solidamente aterrado, respectivamente este neutro corre simultáneamente con las tres fases, formando un sistema de 4 hilos. Los circuitos de 22 kV pueden cubrir zonas mas extensas que los de 13.8 kV por lo que pueden absorber con mas facilidad el crecimiento de la carga y la ampliación de las líneas para cubrir las nuevas necesidades de servicio. La distribución está formada por circuitos trifásicos en sus secciones principales, pero en los ramales de poca carga, generalmente existen 1 ó 2 fases, además del conductor neutro.



1.2.2. Tipos de sistemas de distribución.

Los tipos más conocidos y utilizados para los sistemas de distribución son:

Topología de los Sistemas.

Radial.- Estos circuitos reciben el suministro de energía por un solo punto, esa corriente tiene una sola trayectoria desde la subestación hasta los primarios de los transformadores de distribución. La ventaja de este tipo de sistema es su bajo costo en su instalación, una de sus desventajas es que son poco confiables ya que una falla de carácter permanente puede dejar sin servicio a un gran número de consumidores.

Mallada.- Posee dos o más caminos simultáneos para el flujo. Es un sistema más confiable, de mejores características de regulación de voltaje; pero es más costoso.

Constitución física.

Aéreas y subterráneas: Los sistemas aéreos están constituidos por transformadores, fusibles cortacircuitos, cables desnudos, entre otros, los que se instalan en postes o estructuras de distintos materiales. En éste tipo de sistema se encuentra muy generalizado el empleo de seccionadores, como protección de la línea aérea, para cortar la salida de todo el circuito cuando hay una falla transitoria.

Los sistemas subterráneos se construyen en zonas urbanas con alta densidad de carga y fuertes tendencias de crecimiento, debido a la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al paisaje. Están constituidos por transformadores tipo interior o sumergible, cajas de conexión, interruptores de seccionamiento y protección, cables aislados, etc, los que se instalan en locales en interior de edificios o en bóvedas y pozos construidos en banquetas. [2]

1.2.3. Clasificación de los sistemas eléctricos de distribución.

Dependiendo de las características de las cargas, los volúmenes de energía involucrados, y las condiciones de confiabilidad y seguridad con que deban operar, los sistemas de distribución se clasifican en:



- Industriales.
- Comerciales.
- Urbana.
- Rural.

Sistemas de distribución industrial

Comprende a los grandes consumidores de energía eléctrica, tales como las industrias del acero, químicas, petróleo, papel, etc.; que generalmente reciben el suministro eléctrico en alta tensión. Es frecuente que la industria genere parte de su demanda de energía eléctrica mediante procesos a vapor, gas o diesel. Los sistemas de distribución industrial pueden ser tanto de la industria ligera como industria pesada.

Sistemas de distribución comercial.

Es un término colectivo para sistemas de energía existentes dentro de grandes complejos comerciales y municipales, tales como edificios de gran altura, bancos, supermercados, escuelas, aeropuertos, hospitales, puertos, etc. Este tipo de sistemas tiene sus propias características, como consecuencia de las exigencias especiales en cuanto a seguridad de las personas y de los bienes, por lo que generalmente requieren de importantes fuentes de respaldo en casos de emergencia.

Sistemas de distribución urbana.

Alimenta la distribución de energía eléctrica a poblaciones y centros urbanos de gran consumo, pero con una densidad de cargas pequeña. Son sistemas en los cuales es muy importante la adecuada selección en los equipos y el dimensionamiento.

Sistemas de distribución rural.

Estos sistemas de distribución se encargan del suministro eléctrico a zonas de menor densidad de cargas, por lo cual requiere de soluciones especiales en cuanto a equipos y a



tipos de red. Debido a las distancias largas y las cargas pequeñas, es elevado el costo del kWh consumido. En muchos casos es justificado, desde el punto de vista económico, la generación local, en una fase inicial, y sólo en una fase posterior, puede resultar económica y práctica la interconexión para formar una red grande. [3]

1.2.4. Principales componentes de los sistemas de distribución.

Los principales elementos componentes de un sistema de distribución son:

Alimentadores primarios de distribución.

Se considera Alimentadores Primarios a las líneas (conductores) de media tensión que transportan la potencia y energía desde la subestación de distribución hasta cada uno de los transformadores de distribución y acometidas en alta tensión, los conductores van soportados en postes cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos cuando se trata de instalaciones subterráneas. Los componentes de un alimentador primario son:

Troncal: es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía eléctrica desde la subestación de potencia a los ramales, esta formada por circuitos trifásicos.

Ramal: es la parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en el cual van conectados los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en media tensión. Normalmente puede estar conformado de una o dos fases acompañados del neutro de calibre menor a la troncal.

Se pueden introducir algunas mejoras en un alimentador tales como:

- Seccionamiento y / o protección en ramales.
- Seccionamiento bajo carga.
- Enlaces.
- Protecciones intermedias.

Los alimentadores primarios normalmente se estructuran en forma radial, en un sistema de este tipo la forma geométrica del alimentador semeja la de un árbol, donde por el



grueso del tronco, se transmite el mayor flujo de la energía eléctrica, derivándose la carga a lo largo de los ramales. [2]

Transformadores de Distribución.

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas. En si el transformador de distribución es la liga entre los alimentadores primarios y los alimentadores secundarios. Pueden ser monofásicos o trifásicos, se los define por el numero de fases disponibles en el secundario, el transformador monofásico normalmente tiene una toma intermedia que se la referencia a tierra, dando voltajes de 240 – 120V.

- Transformadores Autoprotegidos.- Los autoprotegidos poseen algunas ventajas sobre los convencionales como:

- Inversión inicial menor.
- Fácil y económica protección secundaria.
- Fácil montaje.
- Mejor estética.
- Calibración exacta de las protecciones, ya que se realizan en las fabricas.

El término transformador de distribución "auto-protegido" se aplica a las unidades que tienen incorporado un fusible primario interno de expulsión, un pararrayos montado directamente y un interruptor automático de circuito, interno secundario. El interruptor automático de circuito de bajo voltaje protege al transformador contra la sobrecarga excesiva y contra algunas de las fallas que se originan en el sistema secundario. El fusible de expulsión tiene la única función de aislar del sistema a un transformador que haya fallado.

La capacidad nominal del fusible interno de expulsión suele ser bastante grande en comparación con la capacidad nominal de corriente continua del transformador, quizá de 10 a 14 veces. Esto se hace:

- Para asegurar que el fusible no sea dañado por la corriente máxima de disparo del interruptor automático de circuito.



- Para minimizar la posibilidad de que el fusible se quemé en forma extraña por los efectos de la corriente de rayos.

Otra razón es que la remoción y reemplazo del fusible puede requerir que el transformador se lleve a un taller. Los fusibles internos de expulsión de los transformadores se instalan en la fábrica y se les da un número de designación, en lugar de una capacidad nominal en amperes, para fines de coordinación. Para un transformador de 7200 V, el fusible interno de expulsión, a menudo conocido como "elemento débil", tiene una capacidad de interrupción de alrededor de 3000 A. Los elementos débiles para los transformadores de voltajes más altos tienen una capacidad de interrupción algo más baja.

- Transformadores convencionales.- Los transformadores convencionales de distribución suelen estar protegidos por medio de cortacircuitos de fusible de expulsión, montados por separado, en serie con el devanado primario. Para fallas contra sobrecorrientes en el secundario, se emplean fusibles NH o breaker. Por lo tanto, el tamaño del fusible del primario es comparativamente mucho menor que para el transformador autoprotegido y, por lo general, se elige en el rango de dos o tres veces la corriente a carga plena del transformador. Es conveniente mantener la capacidad nominal del fusible tan baja como sea posible, que guarde relación con ciertas limitaciones de la aplicación como:

a. Cuando se energiza un transformador por el cierre de su cortacircuito o la operación de un reconector u otro tipo de interruptor, puede presentarse una gran corriente "de irrupción magnetizadora". Inicialmente, esta corriente puede ser tan grande como 20 o más veces la normal, la que disminuye con rapidez hasta la normal, en un corto tiempo. El elemento fusible del primario debe ser lo bastante grande como para evitar daños por la corriente de irrupción magnetizadora; de modo que suele seleccionarse al menos lo bastante grande como para conducir 12 veces la corriente nominal del transformador, sin que haya daños, durante 0,1 s.

b. El fusible del primario no debe resultar dañado por las corrientes de los rayos o las corrientes de descarga de los pararrayos (dependiendo de la conexión que se utilice) o



las grandes corrientes magnetizadoras que pueden resultar por la saturación del núcleo debido a las corrientes de los rayos. Muchas empresas de servicio eléctrico asignan un tamaño mínimo arbitrario del fusible que emplearán. Con fusibles de expulsión, es frecuente que se designe como el tamaño mínimo los de capacidad nominal de 10 o 15A.

Con una capacidad nominal del fusible de dos a tres veces la corriente nominal del transformador, la corriente mínima de fusión, en condiciones de larga duración, se encontrará en el rango de cuatro a seis veces la capacidad nominal del transformador; como consecuencia, se obtiene una protección pequeña contra sobrecargas. [2]

Alimentadores Secundarios.

Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas a los usuarios. Los conductores de distribución primaria y secundaria corren conjuntamente sobre el mismo poste; los primarios se colocan horizontalmente sobre crucetas en aisladores de porcelana o polímero, mientras que los del secundario se disponen verticalmente directamente sobre el poste en aisladores rollo.

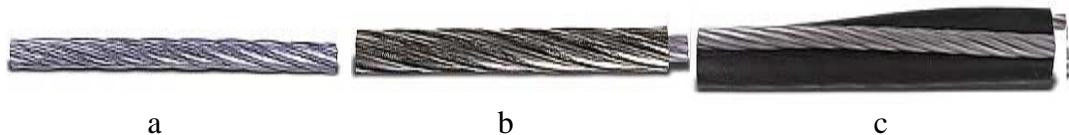
Conductores.

Son los elementos metálicos, generalmente cobre o aluminio, permeables al paso de la corriente eléctrica, que cumplen la función de transportar la "presión electrónica" de un extremo a otro del cable. Los metales mencionados se han elegido por su alta conductividad, característica necesaria para optimizar la transmisión de energía.

Los conductores pueden estar constituidos por hilos metálicos de distinto diámetro, según la mayor o menor flexibilidad exigida al cable. La mayoría de las normas de conductores para cables aislados clasifica a los conductores desde el más rígido (clase 1), constituido por un solo alambre, al más flexible (clase 6), formado por haces de hilos extremadamente finos.

En la selección de conductores se consideran varios factores principales. Entre ellos se pueden citar:

Materiales: Los materiales más usados como conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque el primero es superior en características eléctricas y mecánicas (la conductividad del aluminio es aproximadamente un 60% de la del cobre y su resistencia a la tracción es de un 40%), las características de bajo peso y menor costo del aluminio, han dado lugar a un amplio uso tanto para conductores desnudos como aislados. Véase la (fig 1.2).



(Fig 1.2) Conductores a) Aluminio puro o aleación de aluminio desnudo, b) Aluminio puro o aleación de aluminio con alma de acero, c) Preensamblados de aluminio aislados con XLPE.

En el cobre usado en conductores eléctricos (fig1.3), se distinguen tres temple: blando, semiduro y duro; con propiedades algo diferentes, siendo el cobre blando de mayor conductibilidad y el cobre duro el de mayor resistencia mecánica.



(Fig 1.3) Conductores de cobre.

Flexibilidad: La flexibilidad de un conductor se logra de dos maneras, recociendo el material para suavizarlo o aumentando el número de hebras que lo forman. La operación de reunir varios conductores se denomina cableado y da lugar a diferentes flexibilidades, de acuerdo con el número de hebras que lo forman, el peso o longitud del torcido de agrupación y el tipo de cable. [4]

1.2.5. Normas establecidas para la protección de redes de distribución en la EERSSA.

- En todas las derivaciones trifásicas y en las monofásicas se instalarán seccionadores fusibles.
- Cada 3 Km. de la red de distribución o alimentadores primarios se instalarán seccionadores fusibles y pararrayos.
- Los seccionadores fusibles tipo abierto, serán de 100 A de capacidad.



- Cuando se diseñe la instalación de seccionadores – fusible o de barra en los recorridos principales de los alimentadores, deberá consultarse su capacidad en la EERSSA.
- Los niveles de aislamiento de los sistemas de media y baja tensión serán los recomendados por la EERSSA. [5]

1.3. Regímenes transitorios permisibles.

Los regímenes transitorios permisibles son aquellos que ocurren en los circuitos de distribución para los cuales no debe perderse el correcto funcionamiento. Estos son regímenes para los cuales la carga no debe perder el suministro de energía. Es importante destacar que al ser transitorios solamente duran un período determinado de tiempo. Los regímenes transitorios que se mencionarán a continuación son: la corriente de magnetización (inrush), la carga fría y las sobrecargas temporales. [6]

1.3.1. Corriente de magnetización (inrush).

La corriente magnetizante de conexión (o corriente de irrupción) es un fenómeno transitorio que se presenta en el momento de la energización del transformador. No es una condición de falla, por lo que no debe actuar la protección, la que por el contrario debe permanecer estable durante ese transitorio. Este es un requerimiento de la mayor importancia en el diseño del sistema de protección de transformadores. Cuando un inductor es energizado con una tensión estable, el flujo que enlaza al circuito inductivo varía desde un pico negativo a otro equivalente positivo durante medio ciclo de la onda de tensión. La variación del flujo de dos veces del valor máximo es proporcional a la integral respecto al tiempo de la onda de tensión entre dos pasos sucesivos por cero.

Realizando la conexión durante el paso por cero de la onda de tensión, se produce una variación total del flujo durante el primer medio ciclo, pero con el flujo inicial cero, el máximo a generarse será de cerca del doble del pico normal.

Si el inductor es lineal, como por ejemplo, una bobina con núcleo de aire, la corriente de conexión también crecerá hasta cerca del doble de la corriente final estable. El primario de un transformador puede ser considerado como un inductor con núcleo de hierro, en



donde el pico normal de flujo está cercano a la saturación, por lo que un incremento al doble del flujo corresponde a una saturación extrema. Por lo tanto, la corriente de magnetización crece a un valor muy alto, que puede exceder a la de plena carga nominal, y de ahí el nombre de "corriente de irrupción" o de "conexión". [7]

1.3.2. Pico de carga fría (Cold load pick up).

La carga fría es el resultado de la combinación de cargas conectadas en el circuito y que en el momento de energizar dicho circuito pueden intervenir. Experimentalmente muchos especialistas han demostrado que las protecciones en los transformadores de subestaciones deben quedar por encima de varios puntos de tiempo contra corriente, los cuales se muestran en la **tabla 1.1** Nótese como la corriente va decreciendo con el aumento del tiempo desde valores superiores a la corriente nominal hasta acercarse a ella.

Tabla 1.1 Puntos de la curva de carga fría

Valor de corriente	Tiempo (s)
6 In	1 s
3 In	10 s
2 In	15x60 s

Fuente: Procedimiento para coordinación de protecciones de sobrecorriente en sistemas de distribución. Comisión Federal de Electricidad México.

Los fusibles del primario de los transformadores de las subestaciones son sometidos a sobreintensidades de corriente de larga duración que ocurren debido a la pérdida de diversidad de la carga después de una interrupción extendida (30 minutos o más). Estas sobreintensidades de larga duración son las causantes de la carga fría. Las corrientes de carga fría suelen tener una duración de hasta 30 minutos después del re-avivamiento. Este fenómeno ocurre desde cargas eléctricas grandes tales como acondicionadores de aire, refrigeradores, y los calentadores eléctricos que se controlan por termostatos.

Se debe evitar para este régimen una operación del fusible conectado al primario del transformador. Este debe ser capaz de soportar la corriente del transformador expuesto a la sobreintensidad de corriente transitoria provocada por la carga fría.

Para transformadores regularmente grandes (hasta 1000 KVA) el perfil de la recolección de la carga fría no se diferencia mucho de los transformadores más pequeños. Siempre



se debe tratar de que las protecciones de los transformadores queden por encima de los puntos en la tabla mostrados

1.3.3. Sobrecargas temporales.

Una sobrecarga es causada comúnmente por cargar en exceso el sistema eléctrico, como lo podemos apreciar al instalar demasiados equipos, tales como muchos consumidores en una línea, etc. Los elementos de un sistema eléctrico son construidos para soportar un tiempo determinado de sobrecarga. Al ser llamadas sobrecargas temporales el dispositivo de protección no debe operar ante su aparición.

1.4. Regímenes transitorios no permisibles.

Los regímenes transitorios no permisibles son aquellos que pueden causar daños en el equipamiento y en el circuito de distribución como tal. Su acción es indeseada, causando pérdida de la calidad de la energía. Por tales razones, deben ser desconectados en el menor tiempo posible, evitando la ruptura de dispositivos y el mal funcionamiento del sistema.

Los dispositivos de protección en los sistemas de distribución deben desconectar los circuitos y equipos antes de que ocurran aumentos de temperatura dañinos. Aun moderados aumentos de temperatura pueden reducir considerablemente la vida de los equipos; por ejemplo, sobrecargas de tan solo el 15% en algunos consumidores reducen la vida de aislamiento en un 50%. En el caso de los transformadores pueden trabajar en sobrecarga en periodos de tiempos determinados.

Los elementos de protección seleccionados deben ser lo suficientemente capaces de detectar sin ejecutar operación alguna la conexión de grandes cargas y sobrecargas temporales. Sin embargo, si la sobrecarga continúa, las protecciones deben operar antes de que haya daños en el sistema o sus componentes.

1.4.1. Fallas.

La ocurrencia de fallas en los sistemas de distribución es mucho mayor que en los sistemas de transmisión y generación debido a la gran cantidad de equipos y circuitos de



los sistemas de distribución, instalados en extensas zonas urbanas o rurales y que por sus características de construcción, permiten mayor contacto con los usuarios.

Las causas que trastornan el servicio de los circuitos de distribución son muy variadas:

- Influencias exteriores: tales como las descargas atmosféricas, sobretensiones, rebote de los conductores bruscamente,
- Influencia de animales, pájaros en redes aéreas.
- Aisladores manchados en regiones húmedas brumosas o costeras.
- Ruptura de conductores con o sin puesta a tierra.
- Factores humanos como apertura de seccionadores bajo carga o falsas sincronizaciones.
- Desconexión de líneas muy cargadas.

Las fallas se podrían clasificar de acuerdo a su naturaleza en dos tipos:

- Temporales.
- Permanentes.

El 85 % de las fallas es de carácter transitorio, en la mayoría de las ocasiones provocadas por descargas atmosféricas y solamente un 15 % es de fallas permanentes. Hay muchas fallas que se originan como fallas temporales, pero si no se despejan oportunamente se pueden convertir en una falla permanente.

1.4.2. Cortocircuitos.

Se le llama cortocircuito o falla en un punto o nodo que se crea del sistema eléctrico donde se tiene un cambio súbito de tensión, que ocasiona que se tenga un cambio topológico de la red del sistema, por lo tanto, el estudio de las fallas en un sistema es el análisis de la red bajo esa nueva condición.

Al ocurrir un corto circuito en la red, la impedancia que alimenta la fuente es muy pequeña comparada con la de la carga normal, el resultado de esta condición es una corriente elevada (miles de amperes), a esta corriente se la conoce como corriente de cortocircuito.

Se produce un cortocircuito en un sistema de potencia, cuando entran en contacto, entre sí o con tierra, conductores energizados correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces el valor máximo de la corriente de carga en el punto de falla, en la figura (**fig 1.4**) se muestra los componentes de la corriente de cortocircuito.

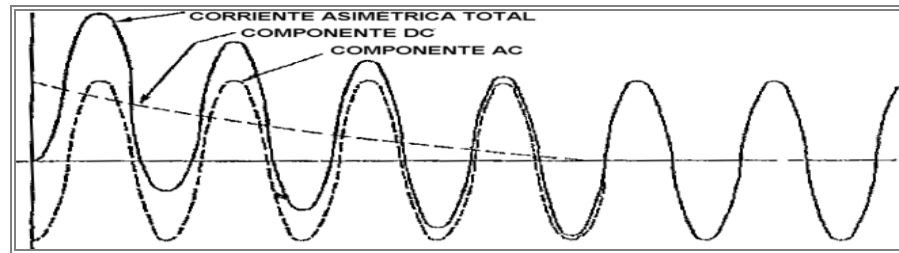


Fig 1.4 Componentes de la corriente de cortocircuito.

Fuente: Estudio para la Reducción de la Frecuencia de Interrupción en el Sistema Eléctrico del Edificio Petróleos de Venezuela.

Estas pueden causar funcionamiento no deseado del sistema y si no se desconectan en un tiempo prudencial (extremadamente pequeño), pueden causar daños a los equipos y personal de trabajo. Los cortocircuitos se pueden clasificar en simétricos (balanceados) y asimétricos (desbalanceados).

En las fallas simétricas las corrientes de las tres fases del sistema son iguales en el instante del cortocircuito. Entre ellas se tiene:

- Cortocircuito trifásico.
- Cortocircuito trifásico a tierra.

En las fallas asimétricas las corrientes en las tres fases del sistema no son iguales en el instante del cortocircuito. Entre ellas se pueden citar:

- Cortocircuito bifásico (fase a fase).
- Cortocircuito bifásico a tierra (dos fases a tierra).
- Cortocircuito monofásico (fase a tierra).

El porcentaje relativo de cada tipo de falla varía dependiendo de varios factores tales como la configuración de los circuitos, condiciones atmosféricas, el método de puesta a tierra, etc. Para líneas aéreas, los manuales de distribución indican las siguientes distribuciones entre tipos de fallas:



- Falla de una línea a tierra 70%
- Falla de línea a línea 15%
- Falla de dos líneas a tierra 10%
- Falla trifásica 5%

Puede observarse que la falla por cortocircuito que tiene la probabilidad de ocurrencia mayor es la falla de línea a tierra y en último término se encuentra la falla trifásica cuya ocurrencia se presenta principalmente por causas accidentales.

En los sistemas subterráneos la situación es diferente ya que los cables están bien protegidos dentro de tubos plásticos, metálicos o de asbesto y además estos tubos están recubiertos por concreto, por lo cual es difícil causarle daños mecánicos. Cabe destacar que para el propósito de determinar las características de los equipos de protección así como la protección misma, normalmente se efectúan estudios de cortocircuito para fallas de línea a tierra, por ser éstas las más probables de ocurrir, y para fallas trifásicas porque, a pesar de ser la menos probable de ocurrencia, es la que puede someter a los equipos, las máquinas y/o dispositivos a los esfuerzos más severos y además, desde el punto de vista analítico, resulta más fácil de estudiar y sus resultados son bastantes satisfactorios para distintas aplicaciones.

1.4.3. Sobrecargas permanentes.

Cuando una sobrecarga supera un tiempo determinado para el cual un elemento puede ser dañado, esta se convierte en una avería. Los dispositivos conectados en las líneas de distribución, tales como transformadores y otros elementos deben ser protegidos contra sobrecargas excesivas. En el caso de los transformadores se construyen con un margen de tiempo de sobrecarga para el cual no deben dañarse sus elementos de construcción. Muchos circuitos de distribución se construyen con múltiples posibilidades de enlace, evitando así las desconexiones por tiempos prolongados y las sobrecargas excesivas del transformador de alimentación. Las sobrecargas permanentes se caracterizan por provocar un incremento de temperatura en las partes conductoras de transformadores y



otros. Debido a esta acción, pueden perderse las propiedades de los conductores y perder gran parte de la vida útil del dispositivo en general.

1.4.4. Descargas atmosféricas.

Como las redes se encuentran ubicadas a la intemperie, están constantemente en peligro de la incidencia de una descarga atmosférica directa, así como la invasión de ondas viajeras producidas por descargas alejadas o inducidas por alguna descarga ocurrida en las cercanías de estas líneas.

Contra las **Descargas Atmosféricas Directas**, las Redes de Distribución van acompañadas por un *Cable Protector o Shield Wire* en la parte superior de los postes y que por lo general se aterran en la mayoría de ellos. Contra las **Descargas Atmosféricas Indirectas o la invasión de ondas viajeras** no se utilizan protecciones especiales, dado que estas redes no son afectadas por este tipo de regímenes y sí los consumidores a ellas conectados.

Es útil mencionar que los **Aisladores** constituyen una protección inicial contra este tipo de fenómeno. El incremento de tensión producido por la descarga es mucho mayor que la tensión de ruptura del aislador y éste, puede efectuar una descarga superficial con la consiguiente disminución de la tensión en la red a valores tolerables. Los niveles de corrientes que acompañan a estas descargas superficiales son de gran magnitud, similares a cortocircuitos, por lo tanto puede que actúen las protecciones más cercanas.

Como se ha explicado sólo circularán en estas redes las sobretensiones que sean menores que la tensión de ruptura de los aisladores. Este hecho obliga a tomar las medidas necesarias para la selección correcta del aislamiento de las redes. Además de representar una cuestión de carácter mecánico (esfuerzos mecánicos producidos por las grandes corrientes y el peso de los materiales), también constituyen una protección eléctrica no tanto para las líneas, sino para el transformador que por lo general es el elemento que se encuentra al final de ellas. [8]



1.5. Dispositivos de protección.

Para lograr que los sistemas de distribución operen de forma satisfactoria, las fallas que ocurran en cualquier parte de el, tienen que ser aisladas, desconectando la sección afectada del resto del sistema, tan rápido como sea posible, esto dependerá en gran medida de los equipos de protección empleados.

El análisis del principio de funcionamiento y el conocimiento de las partes integrantes de los dispositivos de protección, tiene una importancia cardinal para comenzar a estudiar las protecciones eléctricas. Cada uno de estos dispositivos representa un método de protección y fueron creados cuando los anteriores no podían cumplir con las exigencias impuestas por el Sistema Eléctrico.

1.5.1. Fusibles.

Los fusibles aunque son los más antiguos de los dispositivos de protecciones aún se utilizan con gran frecuencia en la protección de las redes de distribución urbanas. Estos dispositivos poseen el más sencillo de los funcionamientos posibles. Cuando una gran corriente pasa a través del fusor o lámina fusora, entonces se genera una alta temperatura que logra fundirla, quedando así desconectada la fase averiada.

Esencialmente es un elemento de aleación metálica que por efecto térmico se funde al paso de una corriente eléctrica superior a un valor predeterminado, ver figura (**fig 1.5**).

Un fusible debe especificarse en base a la frecuencia de operación, capacidad nominal de corriente, voltaje nominal de operación, voltaje máximo de diseño y capacidad interruptiva. La capacidad nominal es por definición la corriente que el elemento puede soportar continuamente sin sufrir calentamientos que pudieran modificar sus características de diseño.

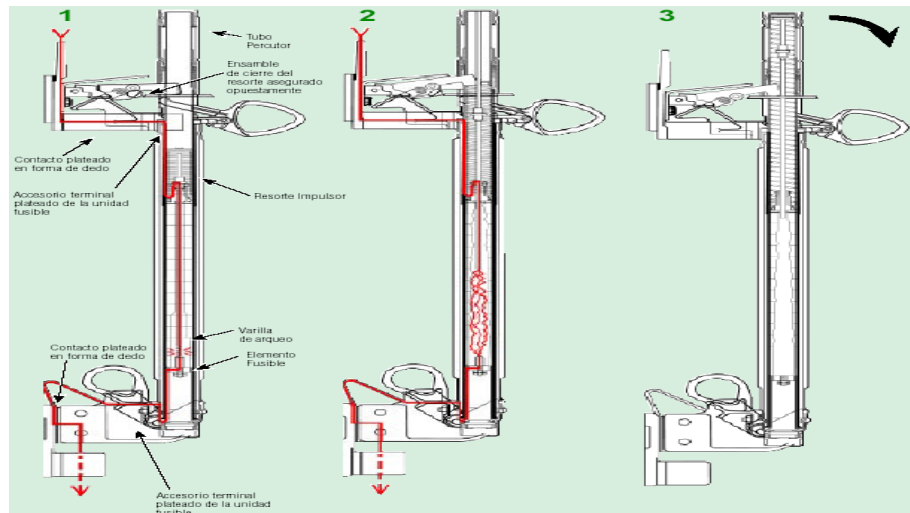


Fig 1.5 Proceso de corte de sobrecorriente con un fusible

Los fusibles se encuentran soportados por una unidad porta fusible, los fusibles tipo K y tipo T se caracterizan en rápidos y lentos respectivamente, los fusibles no se construyen para ser operados bajo carga, el proceso de apertura o cierre siempre debe realizarse sin carga alguna. Estas operaciones se realizan con una pértiga de material aislante protegiendo al personal de la operación. Es un dispositivo de protección primario; es decir, que no utiliza transformadores de corriente sino que por el contrario se conecta directamente en las fases de potencia del sistema eléctrico. Los fusibles no pueden ajustarse; sólo se seleccionan, es decir, que el objetivo radica en hacer una buena selección del fusible para la protección contra determinado defecto que por lo general es el cortocircuito. Algunos fusibles se muestran en la figura siguiente (**fig 1.6**):

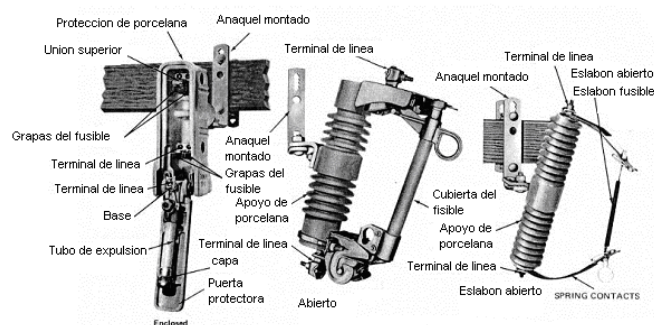


Fig 1.6 Algunos tipos de seccionador-fusible

Existe una cosa muy importante a tomar en cuenta en los fusibles y es su característica de respuesta. Un fusible no tiene un tiempo único para su operación, sino por el contrario este depende del nivel de la corriente que lo atraviesa. Para corrientes mayores, mayores temperaturas y, por tanto, más rápida es la fusión de la lámina fusora

y todo lo contrario ocurre para menores corrientes. Es decir, el tiempo de operación es inversamente proporcional a la corriente (**fig 1.7**).

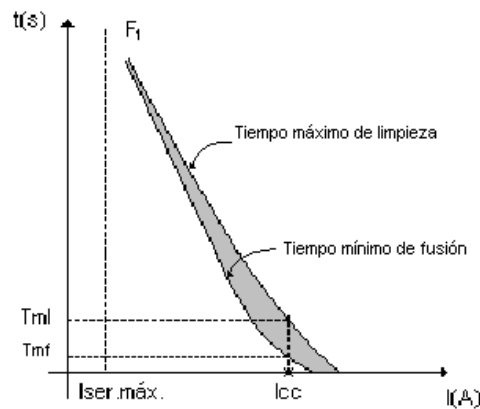


Fig 1.7 Característica hipotética de temporización de un fusible.

Además de la característica de tiempo inverso, es válido destacar que existe una diferencia entre el tiempo que necesita la lámina para comenzar a fundirse y el tiempo en que logra fundirse por completo. En este sentido los fabricantes suelen ofrecer dos curvas de temporización, la curva de tiempo mínimo de fusión y la de tiempo máximo de limpieza. Como casi todos los dispositivos de tiempo inverso, jamás accionará para la corriente que los caracteriza. Es decir, un fusible de 100A jamás fundirá para una corriente igual a este y en el caso de los fusibles, este fenómeno suele ser exagerado; es decir, que un fusible de 100A comenzará la fusión con no menos de 300A. Este detalle es muy importante y útil a la hora de coordinar el funcionamiento de los mismos con respecto a otros tipos de dispositivos. [9]

1.5.2. Reconectores.

En los sistemas de distribución aérea, el 85% de las fallas son de tipo temporal; es decir, duran desde unos pocos ciclos hasta a lo más algunos segundos. Aunque estas fallas son transitorias hacen operar fusibles e interruptores automáticos. Esto trae consigo demoras en la reposición del servicio, las que pueden ser bastante prolongadas, (especialmente en el caso de zonas rurales) ya que es necesario llegar al lugar donde se produjo el problema y reponer el fusible o accionar el interruptor. Todo lo anterior justifica disponer de un dispositivo de protección que desconecte rápidamente antes de que actúen los elementos mencionados y que a su vez, en forma automática reconecte el sistema; este dispositivo es el reconector automático.



El reconectador es un interruptor con reconexión automática, instalado preferentemente en líneas de distribución. Es un dispositivo de protección capaz de detectar una sobrecorriente, interrumpirla y reconectar automáticamente para energizar la línea. Está dotado de un control que le permite realizar varias reconexiones sucesivas, pudiendo además, variar el intervalo y la secuencia de estas reconexiones. De esta manera, si la falla es de carácter permanente el reconectador abre en forma definitiva después de cierto número programado de operaciones (generalmente tres o cuatro), de modo que aísla la sección fallada de la parte principal del sistema.

La tarea principal de un reconectador entonces es discriminar entre una falla temporal y una de carácter permanente, dándole a la primera tiempo para que se aclare sola a través de sucesivas reconexiones; o bien, sea despejada por el elemento de protección correspondiente instalado aguas abajo de la posición del reconectador, si esta falla es de carácter permanente.

Para comprender mejor el funcionamiento de un reconectador es necesario considerar lo siguiente:

– **Secuencia de Operación:** Los reconectores pueden ser programados para un máximo de cuatro aperturas y tres reconexiones. Los tiempos de apertura pueden determinarse de curvas características tiempo-corriente, como las que se muestran en la (**Fig 1.8**). Cada punto de la curva características representa el tiempo de aclaramiento del reconectador para un determinado valor de corriente de falla. Es importante destacar que este dispositivo consta de dos tipos de curvas, una de operación rápida y una segunda de operación retardada.

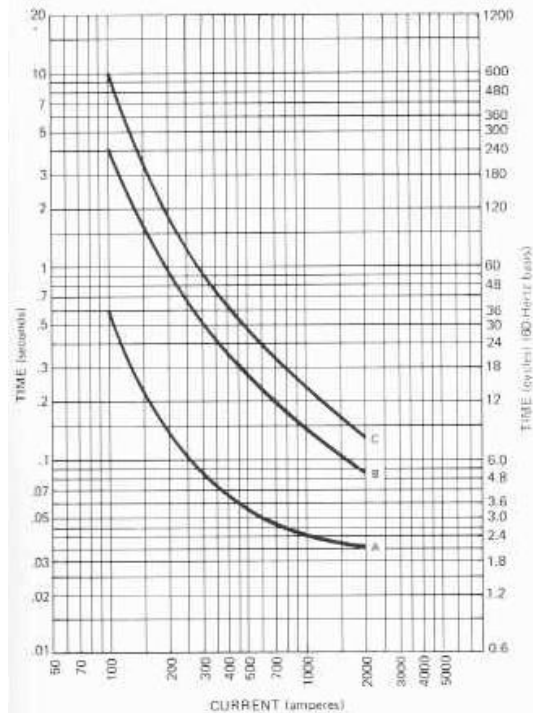


Fig 1.8 Curvas de operación de un reconnector.

- **Número total de operaciones o aperturas:** Los re conectadores permiten programar desde una apertura hasta un máximo de cuatro, lo que depende del estudio de coordinación con otros elementos de protección y que resulte más favorable para cada caso en particular.
- **Tiempo de reconexión:** Son los intervalos de tiempo en que los contactos del reconnector permanecen abiertos entre una apertura y una orden de cierre o de reconexión.
- **Tiempo de reposición:** Es el tiempo después del cual el reconnector repone su programación, cuando su secuencia de operación se ha cumplido parcialmente, debido a que la falla era de carácter temporal o fue aclarada por otro elemento de protección.
- **Corriente mínima de operación:** Es el valor mínimo de corriente para el cual el reconnector comienza a ejecutar su secuencia de operación programada.

La secuencia de operación típica de un reconnector para abrir en caso de una falla permanente se muestra en la (**fig 1.9**), donde se ha supuesto que la programación es C

22, es decir, dos aperturas rápidas y dos aperturas lentas, con tiempos obtenidos respectivamente, de la curva A y de la curva C de la (**Fig 1.8**), para la magnitud de corriente de falla correspondiente.

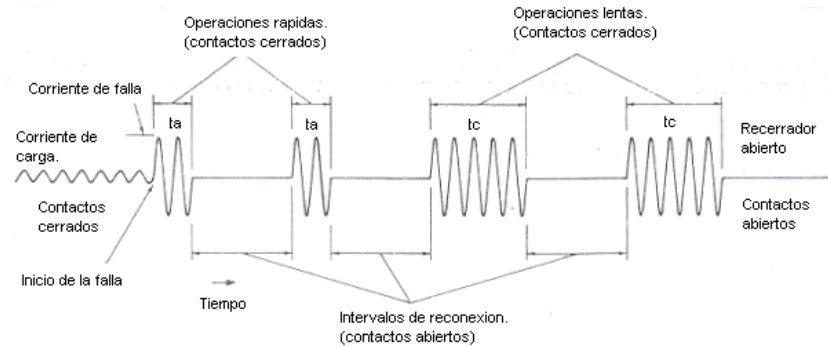


Fig 1.9 Secuencia de operación de un reconectador.

Según la **Fig 1.9**, en condiciones normales de servicio, por la línea protegida circula la corriente de carga normal. Si ocurre una falla aguas abajo de la instalación del reconectador y la corriente del cortocircuito es mayor a la corriente mínima de operación preestablecida, el reconectador opera por primera vez según la curva rápida A en un tiempo t_a . Permanece abierto durante un cierto tiempo, usualmente 1 segundo, al cabo del cual reconecta la línea fallada. Si la falla ha desaparecido el reconectador permanece cerrado y se restablece el servicio. Si por el contrario, la falla permanece, el reconectador opera por segunda vez en curva rápida A y después de t_a segundos abre nuevamente sus contactos. Luego de cumplirse el segundo tiempo de reconexión el reconectador cierra sus contactos y si aún la falla persiste, abre por tercera vez pero de acuerdo al tiempo de aclaramiento t_c correspondiente a la curva lenta tipo C. Una vez que se cumple el tiempo de la tercera y última reconexión, reconecta por última vez cerrando sus contactos. Si aún la falla está presente, el reconectador al cabo de t_c segundos abre definitivamente.

En caso que el reconectador no haya completado su secuencia de operación, después de transcurrido el tiempo de reposición, repone su programación que tenía antes que ocurriera la falla, quedando en condiciones de ejecutar completamente su secuencia de operación en caso de presentarse una nueva condición de falla en la línea.

Control de los reconectores.

Control hidráulico: El control hidráulico es usado en la mayoría de los reconectores monofásicos y en algunos reconectores trifásicos. Está construido como parte integral del reconector. Con este tipo de control, la sobrecorriente es censada por una bobina (de trip) que se conecta en serie con la línea. Cuando la sobrecorriente fluye a través de la bobina, un émbolo es introducido en la bobina de apertura para abrir los contactos del reconector. La temporización y la secuencia son logradas por el bombeo de aceite a través de compartimientos o de conductos hidráulicos separados. En los reconectores pequeños, la energía necesaria para la reconexión se obtiene de resortes que son cargados por la bobina serie durante la operación de apertura. En los de tamaño mayor, el cierre se realiza mediante un solenoide distinto, que es energizado por voltaje del lado fuente del reconector. La corriente mínima de operación en estos reconectores es de un 200% la nominal de la bobina de disparo.

Control Electrónico: El método de control electrónico de los reconectores es más flexible, de más fácil calibración y programación que el control hidráulico. Se entrega en un gabinete separado y permite cambiar la característica tiempo-corriente, los niveles de corriente mínima de operación y la secuencia de operación, sin desenergizar o retirar el reconector del sistema. Dispone de un amplio rango de accesorios para modificar su operación básica y resolver muchos problemas de aplicación. La **(Fig 1.10)** muestra un diagrama simplificado de la operación de un reconector con control electrónico. La corriente de línea es censada por tres TT/CC tipo bushing. Las corrientes secundarias de estos transformadores son llevadas al control por un cable multiconductor que lleva también las señales de apertura y cierre de vuelta al reconector. Cuando la corriente secundaria que pasa a través de los circuitos sensores en el control, excede el nivel mínimo de la corriente de apertura programada, los circuitos detectores de nivel y de tiempo se activan. Después de un retardo de tiempo, determinado por la característica tiempo-corriente programada, el circuito de apertura es energizado y se envía una señal de apertura al reconector. Opera entonces un relé de secuencia que ordena la reconexión y reajusta los circuitos para comenzar a medir el tiempo y el programa de control avanza a su siguiente secuencia preestablecida.

Después que el tiempo programado para la reconexión expira, una señal de cierre es enviada al reconectador y la detección de corriente comienza otra vez. Cuando el tiempo de ajuste expira, el relé de secuencia ajusta el programa de control a su posición de partida. El control se cerrará (inmediatamente después de una señal de apertura) si el número de operaciones de apertura programado ocurre antes que el tiempo de reajuste expire. Cuando está abierto-enclavado, el control no se reajusta ni envía una señal de cierre hasta que el reconectador sea cerrado manualmente desde el panel de control.

Los reconectores con control electrónico emplean un solenoide de cierre o un mecanismo motor para el cierre de potencia. La apertura de los contactos se consigue mediante los resortes de apertura, con el comando de apertura del control. Los resortes de apertura son cargados cuando se produce el cierre. En cuanto a la corriente mínima de operación, en estos reconectores electrónicos es de un 100% de la corriente nominal de la bobina de disparo o ajuste.

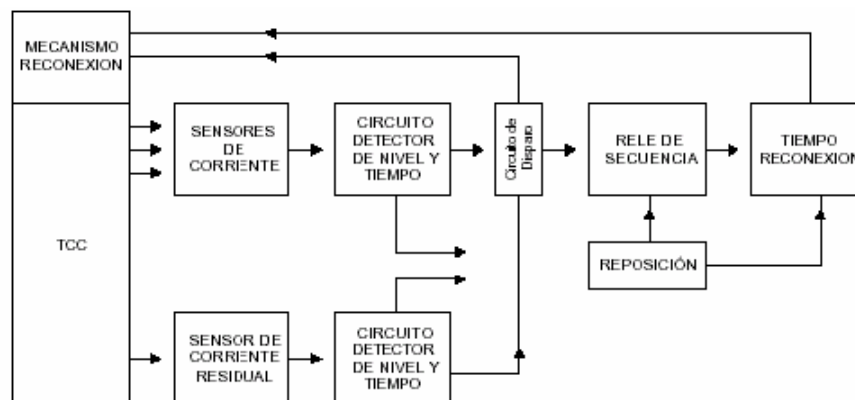


Fig 1.10 Diagrama de bloques de un reconectador con control electrónico.

Medio de interrupción y aislamiento.

Los reconectores utilizan aceite, el vacío y hexafluoruro de azufre (SF₆) como medio de interrupción. En el primer caso, el mismo aceite es usado tanto para la interrupción del arco como el aislamiento básico. Algunos reconectores con control hidráulico también utilizan el mismo aceite para las funciones de temporización y conteo.

El vacío como medio de interrupción, proporciona las ventajas de reducir la mantención y minimizar la reacción externa durante el proceso de interrupción. Algunos tipos de

reconectores están disponibles ya sea con interruptor en aceite o vacío. Los reconectores de vacío pueden utilizar aceite o aire como medio básico de aislamiento.

Aplicaciones.

Los reconectores pueden ser usados en cualquier punto de un sistema de distribución donde el rango del reconnector es adecuado para los requerimientos del sistema. Las localizaciones lógicas para reconectores se muestran en la (**Fig 1.11**) y corresponden a las indicadas por las respectivas letras:

- A.** En subestaciones, como el dispositivo de protección del alimentador primario que permite aislar el alimentador en caso de falla permanente
- B.** En líneas de distribución a una distancia de la subestación, para seccionar alimentadores largos y así prevenir salidas del alimentador entero cuando una falla permanente ocurre cerca del final del alimentador
- C.** En ramales importantes desde el alimentador principal para proteger el alimentador principal de interrupciones y salidas debido a fallas en el ramal.
- D.** En pequeños ramales monofásicos.

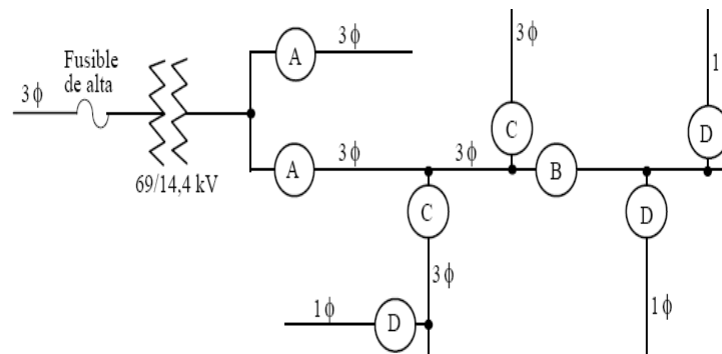


Fig 1.11 Diagrama unifilar de un sistema de distribución mostrando aplicaciones de los reconectores.

Criterios técnicos de aplicación.

Para la correcta aplicación de los reconectores, se deben considerar los siguientes factores:

- La tensión nominal del sistema debe ser igual o menor a la tensión de diseño del reconnector.
- La corriente máxima permanente de carga en el punto del sistema donde se ubicará, debe ser menor o igual a la corriente nominal de reconnector.



- Debe tener una capacidad de ruptura mayor o igual, a la corriente máxima de falla en el punto de aplicación.
- La corriente mínima de operación debe escogerse de modo que detecte todas las fallas que ocurran dentro de la zona que se ha encomendado proteger (sensibilidad)
- Las curvas tiempo-corriente y la secuencia de operación deben seleccionarse adecuadamente, de modo que sea posible coordinar su operación con otros elementos de protección instalados en el mismo sistema.

1.5.3. Seccionalizadores.

El seccionalizador es un dispositivo de protección que aísla automáticamente las fallas en las líneas de distribución. Se instala necesariamente aguas abajo de un equipo con reconexión automática. Para fallas ocurridas dentro de su zona de protección, el seccionalizador cuenta las aperturas y cierres efectuadas por el equipo dotado de reconexión automática instalado aguas arriba y de acuerdo a un ajuste previo, abre en el momento en que el reconectador está abierto; es decir, el seccionalizador cuenta los impulsos de corriente de falla que fluyen en el sistema, ajustándose para que abra después de un determinado número de pulsos que pueden ser uno, dos o tres como máximo. Siempre debe ajustarse para un pulso menos que el número de operaciones del reconectador asociado. Se usan a menudo en lugar de desconectores fusibles en arranques donde es necesario reponer el servicio rápidamente y donde no se justifica el uso de otro reconectador en serie. No tienen curvas características de operación tiempo-corriente y se coordinan con los reconectores, simplemente por sus corrientes nominales y sus secuencias de operación.

Los requisitos básicos que deben considerarse para su adecuada aplicación son los siguientes:

- El dispositivo de protección con reconexión automática, ubicado aguas arriba del seccionalizador, debe tener la sensibilidad suficiente para detectar la corriente mínima de falla en toda la zona asignada para ser protegida por él.
- La corriente mínima de falla del sector de la línea que debe ser aislada por el seccionalizador debe exceder a su corriente mínima de operación.



- El seccionalizador debe ajustarse como máximo para que abra en una operación menos que el dispositivo con reconexión automática ubicado aguas arriba.
- No debe excederse los valores de corrientes máximas de corta duración del seccionalizador.
- Puede ser usado en serie con otros dispositivos de protección, pero no entre dos reconectores. [10]

Las ventajas de usar seccionalizadores en líneas radiales de distribución son:

- Cuando se emplean en lugar de un reconector, resultan de un costo de inversión inicial y de mantención menor.
- Cuando se emplean sustituyendo un desconectador fusible, no presentan dificultades de coordinación como se presentaría, al ser reemplazado por otro desconectador fusible de tamaño diferente.
- Pueden ser utilizados para desconectar o conectar líneas de carga, siempre que éstas estén dentro de su rango admisible.

Los seccionalizadores se clasifican como sigue:

- Monofásicos
- Trifásicos
- Hidráulicamente controlados
- Electrónicamente controlados.

1.5.4. Interruptores Automáticos.

Cuando se presentan muchos fallos en las redes protegidas por fusibles, el tiempo de restauración depende de la demora en cambiar el fusible o al menos la lámina fusora y en ocasiones, fundamentalmente en las redes de distribución industriales, el costo de las desconexiones suele ser elevado y, por tanto, se precisa de tiempos cortos de reenergización.

El interruptor automático puede reponerse, por lo general, de forma muy rápida mediante la acción mecánica luego de una actuación contra un cortocircuito. Además,

suelen fabricarse con mayor capacidad y desde uno a tres polos en un mismo dispositivo.

Los interruptores automáticos a diferencia del fusible, se pueden encontrar con variantes ajustables o no ajustables. Es decir, en muchos casos sólo se debe seleccionar el dispositivo deseado, pero en otros casos algunos de los parámetros que caracteriza su actuación pueden configurarse. En la (**fig 1.12**) se muestra la curva del comportamiento del tiempo de acción algunos interruptores automáticos, aunque se conocen muchos tipos de curvas en dependencia de la tecnología y el fabricante.

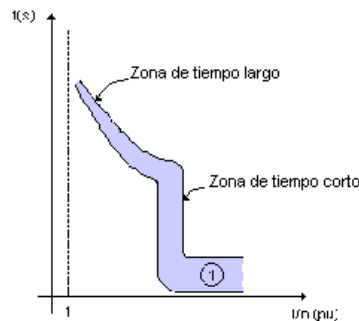


Fig 1.12 Característica hipotética de temporización de los interruptores

Los interruptores automáticos a diferencia de los fusibles, en su gran mayoría tienen varias zonas de operación. En la (**fig. 1.12**), se muestra la zona de tiempo largo o de acción lenta que suele ser de tiempo inverso y la zona de tiempo corto, que puede ser instantánea o no. En muchos interruptores estas zonas de tiempo corto pueden estar divididas en: zona de tiempo corto y zona instantánea (**fig 1.13**).

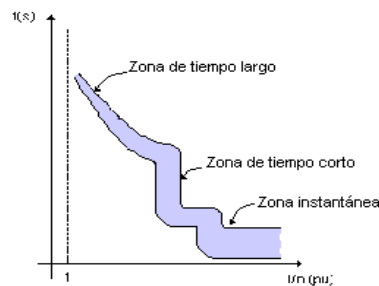


Fig. 1.13 Característica hipotética de un interruptor con varias zonas de operación

Otros interruptores son capaces de indicar el tipo de acción que efectuó, si fue por la zona de tiempo corto o instantáneo (provocado por cortocircuitos) o por la zona de



tiempo largo (provocado por sobrecorrientes debidas a sobrecargas, etc.) lo que permite mayor velocidad en la detección futura de la avería. [9]

1.5.5. Relés.

Los dispositivos anteriores por lo general son primarios y no siempre presentan las bondades necesarias en cuanto a sus ajustes y se muestran rígidos o complejos. Para ganar en flexibilidad aparecieron los relés en todas sus variantes con grandes posibilidades de ajustes y menor costo.

Son muchas las variantes de relés que existen, pero lo normal es que constituye un dispositivo que se conecta al secundario de los transformadores de medición (corriente o tensión) y acciona directa o indirectamente al interruptor, que en este caso no será automático.

Los relés pueden medir corriente o tensión y en muchos casos las dos al mismo tiempo, extraen la componente que desean, la comparan, esperan el tiempo determinado por el tipo de temporización que posean; ya sea tiempo inverso o definido y actúan cerrando sus contactos. Por lo general los contactos de un relé no tienen la suficiente potencia como para controlar las bobinas de los interruptores y, por tanto, se hace necesario utilizar otros elementos intermedios.

Relés de Sobrecorriente de fase.

Estos dispositivos son muy sencillos y su principio de acción está muy relacionado con el valor eficaz de la corriente. Este dispositivo mide el valor eficaz de la corriente que llega a sus bornes, y opera si el valor medido supera un valor preestablecido con anterioridad (ajuste). La operación la hará en dependencia del tipo de temporización que posea: Tiempo inverso o Tiempo definido.

En la (**fig 1.14**) se muestra la acción de tiempo definido. Para corrientes mayores que (I_0) el relé operará en un tiempo siempre igual a (t_0). Es decir, que sin importar la magnitud de la sobrecorriente el tiempo de operación siempre será el mismo.

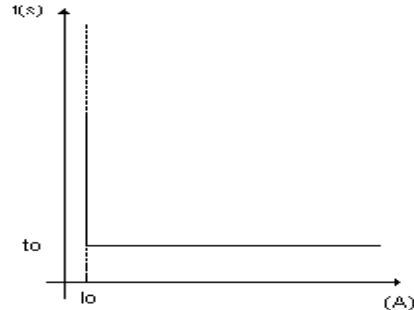


Fig 1.14 Característica hipotética de un Relé de Sobrecorriente de tiempo definido

En la (**fig 1.15**) se muestra la acción de tiempo inverso. Para corrientes mayores que (I_0) el tiempo dependerá del nivel de la sobrecorriente. Mayores sobrecorrientes menores tiempos. Estos dispositivos están caracterizados por tener un grado de inversión determinado y poseer una familia de curvas enumeradas entre las cuales es necesario seleccionar una. A esta numeración se le conoce como múltiplo o palanca de tiempo y constituye uno de los parámetros a ajustar.

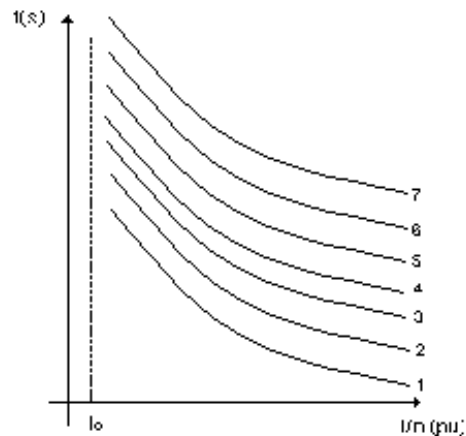


Fig1.15 Característica hipotética de un Relé de Sobrecorriente de tiempo inverso

En la actualidad existen relés que extraen las componentes de secuencia cero de las corrientes de las fases y actúan de manera similar a los explicados anteriormente, pero con las corrientes de secuencia cero. Son conocidos en la norma ANSI como 50G y



51G. Estos últimos sólo actuarían para aquellos fenómenos con la tierra como los cortocircuitos monofásicos.

1.5.6. Pararrayos o descargadores.

Los rayos son la causa más frecuente de los sobrevoltajes en los sistemas de distribución, Básicamente, el rayo es una chispa gigantesca que proviene del desarrollo de millones de volts entre las nubes o entre una nube y la tierra.

El voltaje de la caída de un rayo se puede iniciar a cientos de millones de volts entre la nube y la tierra. Aun cuando estos valores no alcanzan a la tierra, se pueden entregar millones de volts al edificio, árbol o línea de distribución en el que caiga. En el caso de las líneas de distribución aéreas, no es necesario que un rayo caiga en la línea para producir sobrevoltajes peligrosos para el equipo. Esto se debe a que los "voltajes inducidos" causados por el colapso del campo electrostático con la caída cercana de un rayo pueden alcanzar valores hasta de 500 KV.

La cantidad de corriente en la caída de un rayo es una cantidad estadística, la que depende de la energía existente en la nube y de la diferencia en el voltaje entre ésta y la tierra, al iniciarse la descarga. Se han medido unas cuantas corrientes producidas por estas descargas que sobrepasan los 200 000 A; sin embargo, el 50% de todas las corrientes producidas por los rayos son menores que 15 000 A.

En resumen, los rayos pueden producir voltajes peligrosos para el sistema de distribución y todo su equipo componente. Representan una amenaza importante para la continuidad del servicio y se les debe hacer frente por medio de pararrayos en el sistema.

La elección de la capacidad nominal de un pararrayos para un sistema de distribución se basa en el voltaje línea a tierra del sistema y en la manera en que éste se encuentra conectado a tierra. La condición limitativa para un pararrayos no suele tener que ver con la magnitud de las ondas de impulso (por conmutación o por los rayos) que debe enfrentar. Este hecho contrasta con la selección de los pararrayos para los sistemas de



transmisión. En la distribución, el voltaje nominal del pararrayos se basa en el voltaje máximo línea a tierra de estado estable que debe aceptar. Normalmente, esta condición limitativa es provocada cuando existe una falla línea a tierra en una de las otras fases [11].

1.6. Teoría de las protecciones.

El campo de las protecciones tiene una antigüedad del orden de unos 70 años y a lo largo de este periodo han habido grandes evoluciones con la utilización de distintas tecnologías. Los fenómenos de la red siguen siendo prácticamente los mismos y las faltas de las que proteger también, pero las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías deben de hacernos replantear todos los fenómenos derivados de las perturbaciones en el sistema eléctrico, para hacer el mejor uso y aplicar nuevas técnicas en la selección y detección de las faltas.

Se deben tener en cuenta tres principios básicos de las protecciones:

- 1- Todas las fallas deben considerarse como transitorias.
- 2- Si la falla es permanente, se debe desconectar (eliminar) la falla.
- 3- Se debe desconectar la menor parte del circuito.

Los principales objetivos de la coordinación de protecciones en una red de distribución son:

- Eliminar el punto de falla del sistema lo mas rápido posible.
- Minimizar el número de consumidores afectados por la falla.
- Proteger los equipos de los consumidores.
- Proteger el sistema de interrupciones innecesarias del servicio.
- Desconectar la zona afectada del resto del sistema.

A todo sistema de protección, se le exigen cuatro requisitos fundamentales para que realice su función correctamente. Estos requisitos son:



- Sensibilidad
- Selectividad
- Rapidez
- Fiabilidad

Sensibilidad.

El sistema de protección debe ser lo suficientemente sensible para operar en las condiciones de falla mínima que se puedan dar en la parte del sistema que tenga encomendada. En cualquier sistema eléctrico, en varias ocasiones en el día y durante las distintas estaciones del año, la carga puede variar entre límites muy amplios. Para cubrir estas exigencias cambiantes de la carga solicitada, es preciso poner diferentes combinaciones en la generación con el fin de atender la demanda de la forma más adecuada. La condición de mínima exigencia de generación es generalmente la que nos va a definir la sensibilidad de las protecciones. En estas condiciones, circulará por la protección la mínima corriente de falta al producirse un cortocircuito y esta deberá ser lo suficientemente sensible para detectar esa falla.

Selectividad.

La selectividad de una determinada protección es la facultad para reconocer inequívocamente una falla dentro de la zona que tiene encomendada y posteriormente, disparar los elementos necesarios para despejar la falla. Las protecciones deben diferenciar entre aquellas fallas para las que deben de operar por haberse producido en los propios equipos que protegen, de las fallas que se produzcan en otros equipos para las que no deben de operar.

Las protecciones tienen una propiedad o misión fundamental, que es la desconexión del elemento averiado, pero solo de este elemento sin necesidad de desconectar a otro elemento adyacente (**selectividad absoluta**). En ocasiones, pero solo como respaldo, se necesita que las protecciones desconecten o garanticen la alimentación de ciertas zonas de sistemas adyacentes a ellas, en el caso de que sus protecciones no actúen (**selectividad relativa**).



Velocidad de operación.

Las protecciones deben operar con la rapidez adecuada. Por supuesto que la rapidez es esencial en la separación del elemento dañado de la red, para evitar que se produzcan mayores desperfectos debidos a los efectos del cortocircuito y de esta manera, reducir los costos de reparación y el de su permanencia fuera de servicio. La rapidez de operación tiene además, repercusión directa en la estabilidad general del sistema eléctrico.

Fiabilidad.

Además de los requisitos anteriores, para que un sistema de protecciones funcione satisfactoriamente, debe de ser fiable. La fiabilidad (*reliability*) es la medida del grado de confianza de que un sistema de protección va a actuar correctamente. El término *fiabilidad* engloba dentro de sí dos conceptos. Por un lado, la **obediencia** (*dependability*), que es la cualidad de que una protección opere correctamente cuando es requerido para operar y por otro lado la **seguridad** (*security*), que es la cualidad de no operar ante unas causas extrañas, evitando actuaciones incorrectas. La fiabilidad de un sistema de protecciones depende, en primer lugar, de la fiabilidad de los propios relés y, en segundo lugar, de su aplicación, de su correcta instalación y de su mantenimiento preventivo. [12]

Coordinación de las protecciones.

El proceso de selección de equipos de sobrecorriente con base a los ajustes tiempo – corriente y su adecuada ubicación a lo largo del circuito de distribución, a fin de confinar las fallas, de acuerdo a una secuencia preajustada de operación se le llama coordinación de las protecciones. [13]

Los pasos generales que se deben seguir para un estudio de coordinación de protecciones, son los siguientes:



1. Recopilar la información necesaria sobre el sistema eléctrico a proteger, indicando las características de los elementos del sistema en el diagrama unifilar.
2. Determinar los valores máximos de carga, de acuerdo a la capacidad nominal del circuito protegido.
3. Calcular las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los puntos del sistema que sean importantes para la coordinación.
4. Recopilar y seleccionar información técnica sobre los equipos de protección existentes o que se instalarán en el sistema eléctrico, entre ellas las curvas características de tiempo-corriente de cada dispositivo de protección. Esta información generalmente la suministra el fabricante.
5. Ubicar y seleccionar las características y rango de ajustes de los equipos de protección para que cumplan con las exigencias básicas del circuito a proteger y las normas existentes para tal fin.
6. El proceso de coordinación debe realizarse desde la carga hacia la fuente, en los sistemas radiales.
7. Realizar la coordinación, es decir, escoger las características de operación y ajuste de los dispositivos de protección de modo que exista selectividad. Toda esta información se resume en gráficas de tiempo-corriente (en papel logarítmico) para verificar el cumplimiento de los requerimientos de protección y coordinación. [12]

Ubicación de los dispositivos de protección.

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

- El primer punto lógico a proteger será la salida al alimentador.
- Idealmente el origen de cada ramal debería considerarse como punto de seccionalización con el objeto de limitar el retiro de servicio al menor segmento práctico del sistema.
- Se debe tomar en cuenta la facilidad de acceso al equipo de protección que se instale.



- La decisión definitiva sobre el grado de protección debe quedar sujeta a una evaluación técnico-económica que tome en cuenta la inversión inicial en los equipos contra los ahorros en costo y beneficio a largo plazo.

Factores para la Aplicación del Equipo de Protección.

Los factores que deben tomarse en cuenta para la aplicación apropiada del equipo de protección se pueden resumir en:

- Distancia y calibre de conductores a lo largo del circuito que se desea proteger.
- Voltaje del sistema.
- Corrientes normales de carga en las ubicaciones del equipo de protección.
- Niveles de falla máxima y mínima en los puntos que se desean proteger.
- Valores mínimos de operación.
- Características operativas (curvas tiempo-corriente) y secuencia seleccionada en los equipos de protección.
- En el equipo de protección se deben considerar ciertos márgenes de capacidad, tales que cubran los futuros crecimientos de carga o probables modificaciones del sistema.
- Normalmente, a medida que las distancias desde la subestación aumentan, se utilizan equipos menos caros y menos sofisticados. [14]

1.9. Metodología para la selección y ajuste de los dispositivos de protección.

En general, los conceptos básicos de coordinación de los elementos de protección en alimentadores de distribución, pueden resumirse en dos:

- El dispositivo de protección más próximo a la falla (local) debe despejarla, sea ésta permanente o transitoria, antes que el dispositivo de respaldo opere si este no tiene reconexión automática o antes que agote las reconexiones en caso de tenerlas.
- Las interrupciones deben restringirse al mínimo en fallas permanentes, tanto en el tramo de la línea conectada como en el tiempo de duración.

1.7.1. Selección de fusibles para transformadores de distribución autoprotegidos. Metodología para su selección.

Para la selección de los fusibles normalmente usados para la protección de transformadores autoprotegidos se utilizó la **tabla 1.2**.

Tabla 1.2 Tabla para la selección de fusibles en transformadores de distribución autoprotegidos.

Fuse Voltage	Recommended Fuse Current Ratings (Amperes)																	
	8.3kV									15.5kV						23kV		
	Transformer 1-Phase Voltage Rating (kV) Phase-to-Ground																	
1-Phase Transformer kVA	2.4		4.16		4.8		7.2		7.62		12		14.4		16		19.9	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
10	6*	8		6*		3		3*		3*		3*		3*		3*		6*
15	8	12		6		6		3		3		3*		3*		3*		6*
25	18	20	8	12	8*	10		6		6		3		3		3		6*
37.5	20	30	12	18	12*	18	8	10		8		6		6*		6*		6*
50	30	40	18	20	18	20	10	12	10	12		6		6		6		6*
75	50	80	25	40	20	30	12	20	12	20	8	12	8	10		8		6
100	60	80	30	50	25	40	20	25	20	25	12*	18	10	12	10*	12		8
167	100		60	80	50	80	30	50	30	50	20	25	18	25	18	20	12	18
250			80		80		50	80	50	60	25	40	20	40	20	30	18	25
333					100		60	100	60	100	40	60	30	50	25	40	20	30
500											60	80	50	80	40	60	40	50
750											80		80		60	100		
1000															100			

Fuente: Catálogo de Protección y Control. General Electric.

En la columna de la izquierda de la tabla 1 aparecen las potencias de los transformadores y distribuidos a lo largo de la tabla, aparecen los fusibles correspondientes para cada potencia de transformadores según la tensión del primario. Por ejemplo un transformador de 37.5 kVA con una tensión de 7.62 kV utiliza un fusible de 8 A.

1.7.2. Fusibles para proteger ramales. Metodología para su selección.

Todo fusible posee un tiempo mínimo de fusión (t_{mf}) y un tiempo máximo de limpieza (t_{ml}), como se muestra en la (**fig 1.16**).

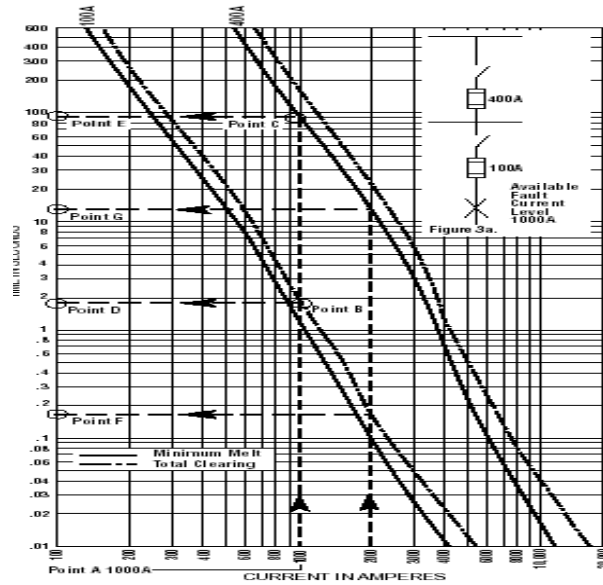


Fig 1.16 Curvas típicas de tiempo-corriente de dos fusibles.

Para seleccionar el fusible que protegerá un ramal determinado se tendrán en cuenta ciertas condiciones:

$$t_{mf(n)} \cdot 0.75 > t_{ml(n-1)} \quad (1.1)$$

$$I_{cc.max.(n-1)}$$

$$I_f > I_{ser.máx.} \quad (1.2)$$

Donde:

$t_{mf(n)}$: Es el tiempo mínimo de fusión del fusible n.

$t_{ml(n-1)}$: Es el tiempo máximo de limpieza del fusible n-1

$I_{ser.máx.}$: Es la corriente de servicio máximo que puede circular por el fusible n.

(n): Es la identificación del fusible seleccionado.

(n-1): Es la identificación del fusible adyacente. [15]

Para ramales trifásicos se trabaja con la corriente de cortocircuito trifásica, para ramales bifásicos se trabaja con la corriente de cortocircuito bifásica y para ramales monofásicos



se trabaja con la corriente de cortocircuito monofásica. Las ecuaciones para el cálculo se muestran a continuación. Véanse las ecuaciones 1.3, 1.4 y 1.5.

Estas corrientes de cortocircuito se calculan de la siguiente forma:

$$I_{cc_{3f}} = \frac{E}{Z_1} \quad (1.3)$$

Donde:

$I_{cc_{3f}}$: Es la corriente de cortocircuito trifásica.

E: Es la tensión de la fuente.

Z_1 : Es la impedancia de secuencia positiva.

$$I_{cc_{2f}} = \frac{\sqrt{E}}{Z_1 + Z_2} \quad (1.4)$$

Donde:

$I_{cc_{2f}}$: Es la corriente de cortocircuito bifásica.

E: Es la tensión de la fuente.

Z_1 : Es la impedancia de secuencia positiva.

Z_2 : Es la impedancia de secuencia negativa.

$$I_{cc_{1f}} = \frac{3E}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (1.5)$$

Donde:

$I_{cc_{1f}}$: Es la corriente de cortocircuito monofásica.

E: Es la tensión de la fuente.

Z_1 : Es la impedancia de secuencia positiva.

Z_2 : Es la impedancia de secuencia negativa.

Z_0 : Es la impedancia de secuencia cero.

Es extremadamente importante que en todos los estudios de coordinación de dispositivos de protección, se observe la duración y magnitud de las corrientes de falla, calibre y tipo de conductor, ya que la falla debe despejarse antes de que el calor lo

recueza y haga que cambie sus propiedades y características mecánicas lo suficiente como para que la línea resulte peligrosa. [12]

Existen dos métodos para la selección de fusibles. Se pueden usar las curvas de tiempo contra corriente (**anexos IX, X**), aunque puede hacerse con mayor rapidez a través del uso de las tablas de coordinación (**anexos VIII**), estas están disponibles para una amplia gama de fusibles.

1.7.3. Coordinación fusible – fusible.

Se lo explicara mejor mediante el siguiente ejemplo.

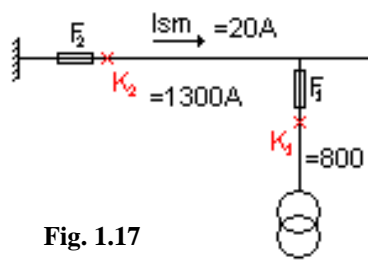


Fig. 1.17

En la porción del circuito de distribución que se muestra en la **Fig 1.17**, se necesita seleccionar el fusible F_2 para proteger el ramal que le corresponde, si se conocen las características del fusible $F_1 = 20K$ que protege al transformador; así como los niveles máximos de cortocircuitos en cada uno de los puntos mostrados.

Seleccionar el fusible F_2 partiendo de la utilización de las curvas y tablas de coordinación.

Respuesta utilizando las curvas características (t vs I) (Anexo IX y X)

1. Garantizando Selectividad y Sensibilidad

$$t_{mfF2} \cdot 0.75 > t_{mlF1(K1)}$$

Obtención del tiempo máximo de limpieza ($t_{mlF1(K1)}$) a partir de la característica de (t vs I) del fusible $F_1 = 20K$ para una corriente de cortocircuito en K_1 ($I_{cc3f(K1)} = 800 \text{ A}$).

$$T_{mlF1} = 0.033 \text{ s}$$

$$t_{mfF2} > \frac{t_{mlF1}}{0.75} = \frac{0.033}{0.75}$$

$$t_{mfF2} > 0.044\text{s}$$



A partir de un tiempo mínimo de fusión del fusible F_2 ($t_{mfF_2} > 0.044s$) y la corriente de cortocircuito K_1 ($I_{cc3f (K1)} = 800 A$), utilizando las características de (t vs I) de los fusibles, se obtiene que los fusibles 40K o superiores, sin dudas, coordinan con el fusible 20K para 800A, pero se seleccionará temporalmente el más pequeño para elevar la sensibilidad de la protección.

$$F_2 = 40K$$

2. Comprobando Velocidad de Respuesta

Los tiempos mínimos de fusión y máximo de limpieza del $F_2 = 40K$ para cortocircuitos trifásicos más próximos ($I_{cc3f (K2)} = 1300 A$) utilizando sus curvas características de (t vs I) son:

$$t_{mfF_2(K2)} = 0.02 s$$

$$t_{mlF_2(K2)} = 0.047 s$$

Estos tiempos son bastantes pequeños $< 0.5s$, lo que garantizará una veloz operación para cualquier cortocircuito en la red protegida.

Conclusiones

Cualquier fusible superior a **40K**, cumplirá las exigencias impuesta a la coordinación, pero será más lento en su operación y quizás insensible.

Respuesta utilizando las tablas de coordinación (Anexo VIII)

Conociendo que el fusible adyacente es F_1 (20K) y que la corriente máxima para este fusible es K_1 (800 A), en la tabla de coordinación se debe seleccionar un fusible que coincida con las paralelas entre estos dos puntos. El fusible **40K** coordina con un 20T hasta 1100 A, según la tabla de coordinación (**anexo VIII**). [15]

1.7.4. Coordinación entre reconectores y fusibles.

Se pueden distinguir dos casos, reconector-fusible y fusible-reconector. En ambos, se usa el método de trazado de curvas del reconector (**anexo XI**) y del fusible, con el fin de obtener el rango de corrientes de cortocircuito en que existe coordinación.

Coordinación de reconectador con fusible en el lado de la carga (reconectador – fusible).

En este caso el reconectador deberá detectar las fallas ocurridas en su zona y también las de la zona del fusible. Por lo tanto, el fusible debe operar después de la característica rápida y antes de la lenta del reconectador, como se muestra en la (Fig 1.18).

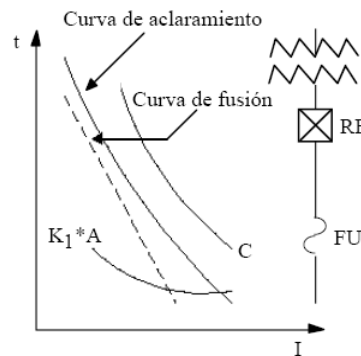


Fig 1.18 Coordinación reconectador – fusible.

Para ello se debe cumplir lo siguiente:

1. Para todo el rango de corriente de falla de la zona protegida por el fusible, su tiempo mínimo de fusión debe ser mayor que el tiempo de operación del reconectador en su característica rápida, multiplicada por el factor K_1 , dado por el fabricante, que se indica en la **tabla 1.3** y su valor depende de la secuencia de operación y del tiempo de la primera reconexión. La intersección de esta curva con la de tiempo mínimo de fusión del fusible determina el punto de corriente máxima de coordinación.

Tabla 1.3 Valores del Factor de corrección K_1 .

Tiempo de Reconexión (ciclos)	Una operación rápida		Dos operaciones rápidas	
	Promedio	Máximo	Promedio	Máximo
25-30	1,3	1,2	2,0	1,80
60	1,3	1,2	1,5	1,35
90	1,3	1,2	1,5	1,35
120	1,3	1,2	1,5	1,35

Los valores de la columna “promedio” se aplican cuando las curvas rápidas son dibujadas para valores promedio y la columna “máximo”, cuando la curva rápida se grafica para valores máximos.



2. Para todo el rango de corriente de falla de la zona protegida por el fusible, su tiempo máximo de aclaramiento, debe ser menor que el tiempo de operación del reconectador en su característica lenta. Si estas curvas pasan muy cerca, el reconectador deberá dejarse con a lo menos 2 operaciones lentas, para que pueda operar simultáneamente con el fusible. De esta forma, el reconectador podrá reponer el servicio al resto del sistema. Determina el punto de corriente mínima de coordinación. [16]

Lo anteriormente dicho se muestra a continuación por medio de las ecuaciones (1.6) y (1.7).

Para la corriente de cortocircuito máxima:

$$t_{mf} > \frac{t_A}{K} \quad (1.6)$$

Donde:

t_A es el tiempo de la curva rápida del reconectador.

t_{mf} es el tiempo mínimo de fusión del fusible más rápido.

K es el factor de multiplicación explicado en la tabla 1.3 valores del factor de corrección $K1$.

$$t_B > \frac{t_{ml}}{K} \quad (1.7)$$

Donde:

t_B es el tiempo de la curva lenta B del reconectador.

t_{ml} es el tiempo máximo de limpieza del fusible más lento.

K es el factor de multiplicación explicado en la tabla 1.3 valores del factor de corrección $K1$

La corriente nominal del reconectador siempre debe ser mayor que la corriente de servicio máximo.



$$I_R \geq 1.4 \times I_{sm} \quad (1.8)$$

Donde:

$I_{R(fase)}$: Corriente del reconnector

I_{sm} : Corriente de servicio máxima

La sensibilidad del reconnector para la menor corriente de cortocircuito se expresa.

$$\frac{I_{cc \min}}{I_R} \geq 2 \quad (1.9)$$

Donde:

I_{ccmin} : Corriente mínima de cortocircuito

La corriente del reconnector para la protección a tierra se expresa.

$$I_{R(tierra)} \geq (0.3 - 0.5) \times I_{R(fase)} \quad (1.10)$$

1.8. Conclusiones.

- En las Redes de Distribución Urbana, es muy utilizado el Fusible para actuar contra cortocircuitos.
- Las fallas más probables en los circuitos de distribución son las monofásicas.
- De 80 al 85 % de las fallas ocurridas en los circuitos de distribución son de carácter transitorio, de ahí que el empleo del reconnector es imprescindible.
- Como los fallos tienen naturaleza aleatoria, el trabajo del especialista en protecciones es muy difícil. En primer lugar una protección puede haber estado mal seleccionada o ajustada durante todo el tiempo, pero es que han pasado 20 años o más y nunca ha operado, ni mal ni bien. Estos son los momentos más



difíciles y se necesita de mucho conocimiento de los regímenes de operación de los sistemas eléctricos de potencia para demostrar una hipótesis.

- La Misión de las Protecciones Eléctricas es Desconectar tan rápido como sea posible y necesario, la parte del sistema eléctrico que esté averiada.
- El Reconectador debe actuar primero que muchos fusibles que estén conectados delante de él, alejándose de la fuente de generación y mucho más lento que los fusibles más cercanos a él, luego de haber realizado algunas acciones rápidas. Esto último permite la fundición del fusible o la actuación de la protección particular en caso de que el fallo sea permanente.
- En la actualidad como el costo entre dispositivos de uno y otro tipo es similar, se está imponiendo la utilización de la tecnología de tiempo inverso por sus ventajas en cuanto a la sensibilidad y la velocidad de operación de los dispositivos de respaldo.



Capítulo 2

Caracterización de los Circuitos de Distribución.

- 2.1 Introducción.**
- 2.2 Características generales de los circuitos.**
- 2.3 Subestación.**
- 2.4 Características de los circuitos primarios.**
- 2.5 Transformadores de distribución.**
- 2.6 Circuitos secundarios.**
- 2.7 Protecciones de los sistemas de distribución actualmente instaladas..**
- 2.8 Cálculo de las fallas.**
- 2.9 Conclusiones.**

2.1. Introducción.

Para realizar un estudio de selección y coordinación de equipos de protección, en general, se debe contar con algunos datos como: un previo análisis del circuito, diagrama unifilar de los alimentadores, ubicación de los equipos de protección existentes, curvas tiempo-corriente de los equipos de protección, corriente de carga en condiciones normales y de emergencia, corrientes de falla o potencia de corto circuito mínimas y máximas en los puntos donde están instalados los equipos.

En el presente capítulo se hace un análisis de los alimentadores Norte, Sur y Juan de Salinas, y los equipos y dispositivos de protección existentes en cada uno de estos circuitos.

En los **anexos (XLIX, L, LI)** se muestran los circuitos de distribución analizados.



Cabe señalar que la caracterización de cada alimentador se la realizó tomando en cuenta el levantamiento realizado por la Empresa Eléctrica Regional del Sur SA. para el software Spard Mp Distribution, a mediados del año 2007.

Los diagramas unifilares de los alimentadores Norte, Sur y Juan de Salinas, así como la ubicación de las cargas, equipos de protección, flujos de carga, corrientes de falla o de corto circuito mínima y máxima en todos los puntos (nodos) del circuito, fueron tomados del software Spard Mp Distribution, tomando en cuenta el levantamiento de cada alimentador mencionado.

2.2. Características generales de los circuitos.

2.2.1. Alimentador Norte.

El circuito Norte es más extenso (longitud) que los alimentadores Sur y Juan de Salinas, posee una longitud total de 47.99 km. Alimenta en su mayoría clientes residenciales urbanos y rurales distribuidos en los sectores; San Cayetano Alto, San Cayetano Bajo, Urbanización La Samana, Urbanización la Cuadra, Urbanización la Inmaculada, el Valle, Urbanización el Paraíso, Urbanización los Molinos, Urbanización la Estancia Norte, y parte de la urbanización La Paz y Amable María, puede enlazarse en dos puntos diferentes con el alimentador Celi Román y en un punto con el alimentador Consacola, ambos de la subestación Obrapia y en un punto con el alimentador Motupe de la subestación Norte, además alimenta algunos servicios comerciales que poseen cargas importantes, como:

- Universidad Técnica Particular de Loja.
- Colegio Técnico Daniel Álvarez Burneo.
- Predesur.
- Aserrio maderas del sur.
- Colegio Iberoamericano.
- Industria ILELSA.
- Centro comercial Hipervalle.
- Fabrica de fideo.



- Hospital de SOLCA.
- Complejo Ferial.
- Tanques de Agua Potable.
- Piscina Valle.
- Porta.

Universidad Técnica Particular de Loja: Este centro de formación superior posee dentro de sus instalaciones, una fabrica de lácteos muy reconocida en la ciudad llamada ECOLAC, fabrica de cerámica Cerart, una fabrica de impresión, laboratorios de computación y algunas cargas mas que son significativas, por lo cual cuenta con varios transformadores alimentados desde distintos puntos del circuito norte. En la **tabla 2.1** se muestran los transformadores que sirven a la UTPL:

Tabla 2.1 Transformadores instalados en el centro universitario.

UTPL	
Cantidad	Potencia
1	10 kVA 1Ø
1	30 kVA 3Ø
2	60 kVA 3Ø
4	75 kVA 3Ø
2	100 kVA 3Ø
4	112.5 kVA 3Ø (Banco)
2	200 kVA 3Ø
1	300 kVA 3Ø

Colegio Técnico Daniel Álvarez Burneo: Este centro educativo cuenta con muchas instalaciones tanto para la parte administrativa como para los talleres de mecánica donde existen algunos motores de las máquinas torneadoras, fresadoras, etc, para las practicas de los estudiantes, toda la carga esta conectada a tres bancos de transformadores monofásicos de 37.5 KVA para la sección de Ciencias, piscina y mecánica. Este consumidor es significativo para el circuito norte.

Predesur: Este consumidor está compuesto por un edificio donde funcionan todas las oficinas de dichas institución. Su alimentación se realiza a través de un banco de tres



transformadores monofásico de 37.5kVA teniendo una carga total trifásica instalada de 112.5 kVA.

Aserrío Maderas del Sur: El servicio eléctrico a este consumidor se realiza a través de un banco de tres transformadores monofásico de 37.5kVA teniendo una carga total trifásica de 112.5 kVA.

Colegio Iberoamericano: Este centro educativo se alimenta de un transformador trifásico 100 KVA.

Industria ILELSA: La industria de licores ILELSA cuenta con diferentes maquinarias para el procesamiento, producción y distribución de sus productos pero no posee una carga significativa para el circuito y esta alimentada por un transformador de monofásico 75kVA.

Centro Comercial Hipervalle: Este nuevo edificio centro comercial posee varias cargas de diferente tipo como, 2 ascensores, en la última planta tres salas de cine, una sala de juegos electrónicos, una planta de venta de electrodomésticos y en su planta baja una sala de venta de todo tipo de mercaderías y comida donde existen frigoríficos, por lo cual este usuario representa una carga significativa para el circuito norte, estando por lo tanto alimentado con un transformador de 200kVA.

Fabrica De Fideos: Para alimentar las diferentes cargas que tiene esta fábrica, posee instalado un transformador trifásico de 125kVA.

Hospital de SOLCA: El edificio del centro médico SOLCA, se encuentra alimentado por cuatro transformadores trifásicos, dos de los cuales tienen una capacidad de 125kVA, uno de 160kVA, un cuarto de 50 kVA, y finalmente un monofásico de 15 kVA. Constituyéndose en una carga significativa para el circuito norte.

Complejo Ferial: Gran parte del año este usuario casi no representa una carga significativa solo en situaciones especiales como fiestas y otro tipo de eventos parecidos que tienen duración de máximo mes y medio, es cuando empieza a significar



una carga para el circuito, está alimentado con seis transformadores de 50 kVA, un transformador de 75kVA y uno de 37,5 kVA.

2.2.2. Alimentador Sur.

La mayoría de las cargas alimentadas por este circuito son de carácter residencial. Este circuito alimenta la urbanización Rodríguez Alvarado, parte de la ciudadela Zamora, barrio Buena Esperanza, urbanización las Cochas, barrio Zamora Huayco, Fuerte Militar Miguel Iturralde, Urbanización El Tejar, urbanización El Prado, urbanización de Atamer, urbanización Alta Vista, urbanización El Rincón, es mas pequeño que el circuito norte, posee una longitud total de 27.31 km, se puede interconectar en tres puntos diferentes con el alimentador Juan de Salinas de la propia subestación, con el alimentador Hospital y IV Centenario de la subestación Obrapia y con los alimentadores Yaguarcuna y Pío Jaramillo de la subestación Sur, posibilitando mucha flexibilidad del circuito. Entre las cargas más significativas e importantes están:

- Caballería Loja (villas).
- Estadio Reina del Cisne.
- Coliseo Ciudad de Loja.
- Edificio Godoy.
- Edificio La Estancia.
- Casa Hogar El Ángel.
- Beatriz Cueva de Ayora.
- UMAPAL.

Caballería Loja (Villas): Para alimentar la carga del recinto militar Caballería se encuentra colocado un transformador de 75kVA, no es muy significativo para el circuito.

Estadio Reina del Cisne: Este consumidor representa una carga significativa para el circuito pero únicamente cuando se organizan eventos deportivos y espectáculos musicales (conciertos) por las noches, cuenta con dos fuentes de alimentación de dos



puntos diferentes del circuito, uno mediante un banco de tres transformadores monofásicos de 37.5 kVA y otro transformador trifásico de 300kVA.

Coliseo Ciudad de Loja: Las cargas del coliseo al igual que las del estadio son significativas cuando se realizan eventos de carácter deportivo y culturales por las noches, posee dos transformadores alimentados de distintos puntos del circuito uno de 75 y el otro de 100kVA.

Edificio Godoy y Edificio La Estancia: Son dos edificaciones repartidas en departamentos que se encuentran alimentadas de un transformador de 100kVA cada edificación.

Casa Hogar El Ángel: Este centro de ayuda social esta alimentado mediante un banco de tres transformadores monofásicos de de 37.5 kVA.

Beatriz Cueva de Ayora: Este centro educativo esta alimentado por dos transformadores uno de 45 kVA y otro de 50 kVA.

UMAPAL: La empresa suministradora de agua potable cuenta con los siguientes transformadores para su servicio de energía eléctrica: Dos bancos trifásicos compuestos de tres transformadores monofásicos cada uno de 15 kVA, un banco trifásico compuesto de 25 kVA cada uno, u otro transformador de 75 kVA.

2.2.3. Alimentador Juan de Salinas.

El circuito Juan de Salinas brinda servicio a un pequeño número de consumidores residenciales en comparación con los dos alimentadores caracterizados anteriormente, posee una longitud total de 5.36 km, posee muchas cargas comerciales, debido a que alimenta básicamente el sector céntrico de la ciudad de Loja, puede interconectarse en tres puntos diferentes con el circuito Sur de la misma subestación San Cayetano y también se enlaza con el alimentador Hospital de la Subestación Obrapia, algunos consumidores no residenciales que representan una carga importante para el circuito son analizados a continuación:



- Casa Episcopal.
- IESS
- Banco de Loja.
- Edificio Bolívar.
- Colegio San Francisco.
- SRI.
- Banco de la Vivienda.
- Pacifictel.

Casa Episcopal: La Casa episcopal cuenta con un transformador de 125kVA para poder alimentar las cargas que poseen las instalaciones de su edificación.

IESS: La edificación del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social cuenta con un transformador de 75kVA para poder cubrir con la demanda de carga que existe en sus instalaciones.

Banco de Loja: Esta entidad financiera cuenta con una edificación bastante considerable, donde existen instalaciones de computación, monitoreo mediante cámaras, cajeros y diferentes equipos existentes, cuenta con la alimentación de un banco de tres transformadores de monofásicos de 37.5kVA, dando una carga total trifásica de 112.5kVA para satisfacer la demanda de todas las cargas.

Edificio Bolívar: Es una edificación alimentada por un transformador trifásico de 125kVA.

Colegio San Francisco: Este centro educativo posee laboratorios de computación y además talleres mecánicos e industriales dentro de cuyas maquinas existen motores, posee un transformador de 75kVA.

SRI: El Servicio de Rentas Internas, para dotarse del servicio eléctrico, cuenta con un transformador trifásico de 75kVA.

Banco de la Vivienda: Esta entidad financiera esta alimentado con un banco de tres transformadores trifásico de 50kVA, dando una carga total de 150kVA.



Edificio de Pacifictel: Este centro de telefonía convencional cuenta con un banco de tres transformadores trifásicos de 100kVA.

2.3. Subestación.

La subestación San Cayetano, se encuentra ubicada en la parte nor-occidental de la ciudad, en las calles Paris y Berlín, se alimenta independientemente de una línea procedente desde la subestación Obrapia, posee dos transformadores de potencia uno de 10 MVA y otro de 5MVA, los cuales reducen la tensión desde 69 a 13.8kV.

Desde el transformador de 10MVA se alimentan los sistemas de distribución primarios Norte, Sur y Juan de Salinas, Centro, Banco 1,2MVAR y Trafo 3 que brindan energía a una considerable parte de la ciudad. El transformador de potencia de 5MVA alimenta a los sistemas de distribución Carlos Mora C.

En la **figura 2.1** se muestra el diagrama unifilar de la subestación.

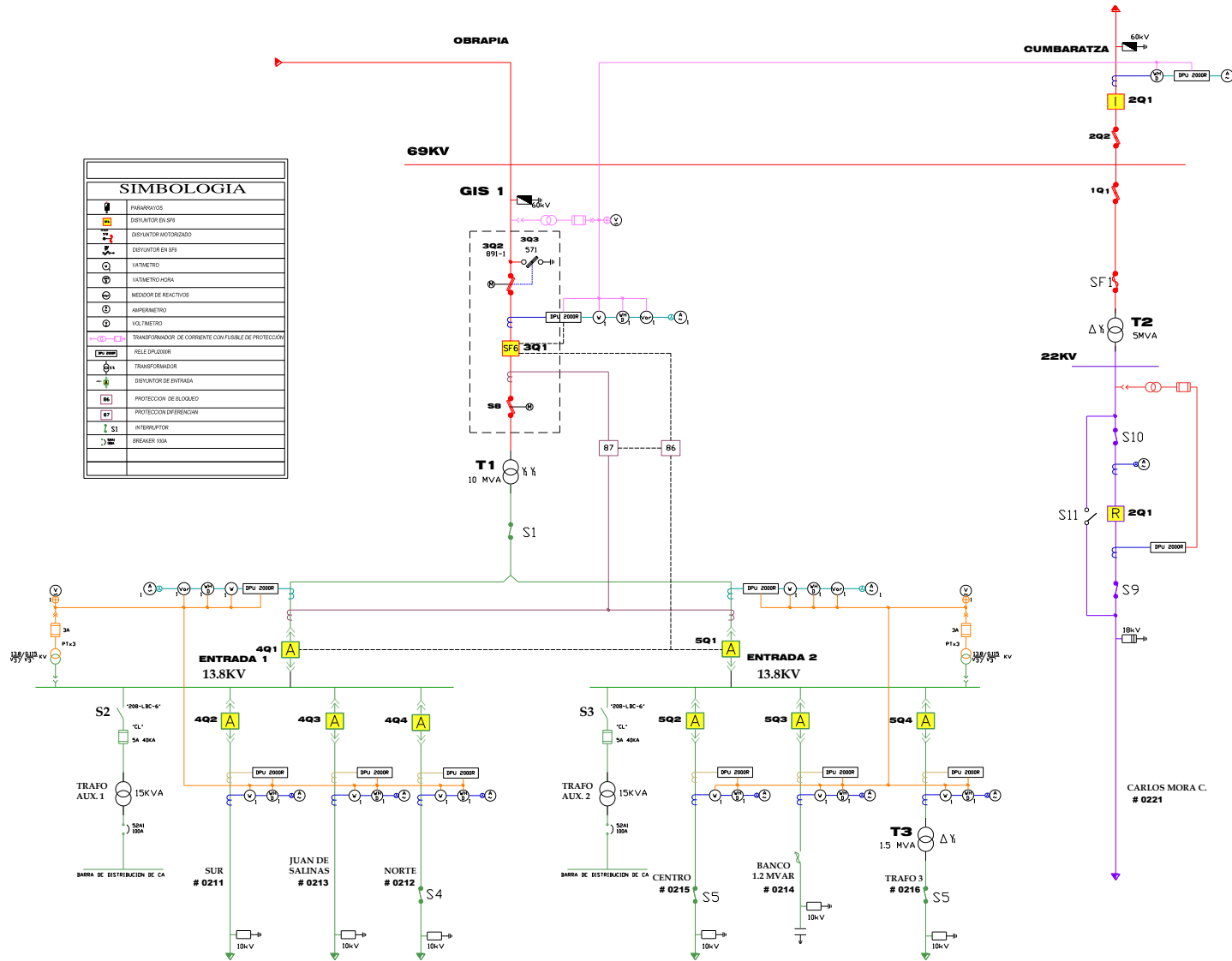


Figura 2.1 Diagrama Unifilar de la subestación San Cayetano.

Transformador.

En la **figura 2.2** se muestra una vista de uno de los dos transformadores ubicados en la subestación. El transformador tiene una capacidad de 10MVA posee además cambiador de taps los cuales son operados de forma manual.



Figura 2.2 Transformador de 10MVA de la subestación San Cayetano.

Las características de dicho transformador se detallan en la **tabla 2.2**.

PAUWELS TRAFID BELGIUM	
TRANSFORMADOR	
TIPO	OLS 10/40
NUMERO	85.4.1839
AÑO DE FABRIC.	1986
NORMAS	IEC 76 - ANSI
CAPACIDAD MVA	10 (Terceario=3.33)
ENFRIAMIENTO	ONAN
FRECUENCIA	60 Hz
FASES	3
NIVEL DE AISLAMIENTO	LI 350 AC140/ LI 110 AC 34/ LI - AC 19.
GRUPO DE CON.	YN y n 0 (d5)
MODO DE SERV.	CONTINUO
CONMUTADOR	SIN TENSION ASP F II 72.5kV 90A 5POS Δ
TIEMPO DE C. C.	2 s.
ELEV. TEMP. ACEITE	55 °C
ELEV. TEMP. BOBINA	55 °C
ALTURA DE DESENC.	5.18 m.
ACEITE	IEC 296
ESQUEMA NR	1677/8541839/B
PESO TOTAL	21.5 t
ACEITE	5 t
DESENCUBAR	10.05 t
TRANSPORTE	t

POS.	TENSION		CORRIENTE		TENS. DE C.C. %
	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	
5	72450		79.7		6.64
3	69000	13800	83.7	418.4	6.86
1	65550		88.1		7.20

ALTURA S.N.M. = 2500m

ALTA TENSION					
P	VOLT	AMPERE			
5	72450	79.7			
4	70725	81.6			
3	69000	83.7			
2	67275	85.8			
1	65550	88.1			
ALTA TENSION					
	VOLT	AMPERE	TERMINALES		
	13800	418.4	XO - X1 - X2 - X3		
TERCEARIO					
	VOLT	AMPERE	TERMINALES		
	4160	$\sqrt{3} \times 267.1$			

Tabla 2.2 Características generales del transformador de la subestación.

Protecciones Instaladas en la Subestación.

El transformador se encuentra protegido por el lado de alta tensión (69 kV) con un interruptor tipo Gis, con material aislante SF6 comandado mediante un relé DPU2000R, marca ABB, un pararrayos de 60kV y a su vez por una protección diferencial relé (87). En la **figura 2.3 (a)** se muestra el relé DPU 2000R y el interruptor respectivamente.



Figura 2.3 (a) Relé DPU2000R

En el lado de baja tensión (13.8 kV) posee interruptores extraíbles, relés DPU2000R, pararrayos de 10kV, en el inicio de las líneas de los circuitos que alimentan. En la **figura 2.4** se muestra al relé DPU 2000R junto con los interruptores extraíbles que se encargan de su protección.



Figura 2.4 Relé DPU2000R junto a un interruptor extraíble.

Todos los alimentadores de la subestación se encuentran protegidos exactamente de la misma manera.

Características técnicas del Relé DPU2000R.

- Protección temporizada de sobrecorriente de fases e instantáneas: 51P, 50P-1, 50P-2, 50P-3
- Protección temporizada de sobrecorriente de neutro e instantáneas : 51N, 50N-1, 50N-2, 50N-3
- Protección temporizada de secuencia negativa(I₂): 46
- Recierre de intentos múltiples: 79
- Protección direccional temporizada de fases: 67P
- Protección direccional temporizada de neutro: 67N
- Dos pasos de rechazo de carga, dos pasos de restauración y dos pasos de sobrefrecuencia:
81S-1/2, 81R-1/2, 81O-1/2
- Bajo voltaje monofásico y trifásico, sobrevoltaje monofásico: 27-1P, 27-3P and 59
- Comprobación de sincronismo (25), Desbalance de voltaje (47), Sobrevoltaje de secuencia negativa (59G), 4 zonas de protección de distancia (21-1, 21-2, 21-3, 21-4) y potencia inversas (32P-2, 32N-2)



- Medición: corrientes, voltajes, Potencia activa y reactiva, Energía activa y reactiva, frecuencia, factor de potencia
- Valores de demanda: Corrientes, Potencia activa y reactiva
- Valores máximos y mínimos de demanda con registro del tiempo: Corrientes, Potencia activa y reactiva
- Localización de fallas, distancia a la cual ocurrió la falla y resistencia de falla
- Función de arranque en frío
- Respaldo de disparo del interruptor de barras fácilmente implementable
- Funciones de Falla interruptor y coordinación de secuencia de zonas
- Resumen de las corrientes interrumpidas y ciclo de operación del interruptor
- Panel Frontal expandido (OCI) opcional, con 6 botones de control, 22 Diodos programables, control del interruptor y Hot Line Tag opcional

Comunicación que posee el rele DPU2000R:

- Procesador de Comunicaciones Remotas
 - Comunicaciones simultáneas (HMI)
 - Respuesta de datos Rápida (dedicado)
 - Puertos Aislados (diseño robusto)
 - Capacidad de Local Area Network (LAN)
 - Velocidad de comunicaciones (19.2 k - posterior, 9.6k - frente)

- Programa de comunicación Externa
 - Formato de aplicación familiar (WinECP y GPUECP)
 - Presentación muy profesional de la información
 - Fácil de usar
 - Interface para uso Off-line
 - Guardar los ajustes en archivos
 - Envío al relé posteriormente
 - Protegidos por Palabra Clave



En la **tabla 2.3**, se muestran los AJUSTES de las Protecciones que posee actualmente el Rele DPU2000R:



Tabla 2.3 Parámetros para el ajuste del Rele DPU 2000R.

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL DEL SUR S.A.
 GERENCIA DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO
 SUPERINTENDENCIA DE GENERACION Y SUBESTACIONES
 REGISTRO DE PROTECCIONES DE LAS SUBESTACIONES

SUBESTACION		ALIMENTADOR		VOLT. (kV)	TRAFO CORRIENTE			RELE DE FASE							RELE DE NEUTRO							
Nombre	Nro.	Nombre	No. Tomas		Terminales	RTC	DATOS GENERALES			AJUSTES				DATOS GENERALES			AJUSTES					
							Protección	Marca	Tipo	Curva	Tap	Dial	Inst.	Tiempo	Protección	Marca	Tipo	Curva	Tap	Dial	Inst.	Tiempo
San Cayetano	0211	Sur	13,8	5	X2 - X4	60	Sobrecorriente	DPU 2000R	50/51	Muy inversa	3,5	1	1050	210	Sobrecorriente	DPU 2000R	50/51	Muy inversa	1	1	1200	60
San Cayetano	0212	Norte	13,8	5	X2 - X4	60	Sobrecorriente	DPU 2000R	50/51	Muy inversa	3,5	1	1050	210	Sobrecorriente	DPU 2000R	50/51	Muy inversa	1	1	1200	60
San Cayetano	0213	Juan de Salinas	13,8	5	X2 - X4	60	Sobrecorriente	DPU 2000R	50/51	Muy inversa	3,5	1	1050	210	Sobrecorriente	DPU 2000R	50/51	Muy inversa	1	1	1200	60

Fuente: Empresa Eléctrica Regional De Loja.

Interruptor tipo SF6.

En la **figura 2.5** se muestra el mecanismo de funcionamiento que posee el interruptor que protege la subestación por el lado de alta tensión.

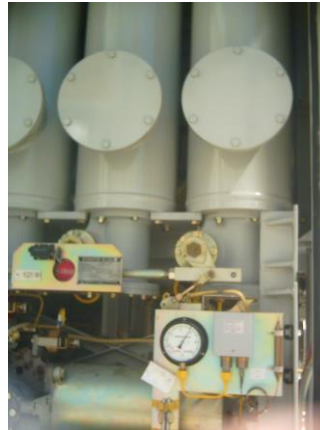


Figura 2.5 Mecanismo de funcionamiento de interruptor

El SF 6 se usa como material aislante y también para apagar el arco. El SF 6 es un gas muy pesado (5 veces la densidad del aire), altamente estable, inerte, inodoro e inflamable. En presencia del SF 6 la tensión del arco se mantiene en un valor bajo, razón por la cual la energía disipada no alcanza valores muy elevados. La rigidez dieléctrica del gas es 2.5 veces superior a la del aire (a presión atmosférica). La rigidez dieléctrica depende de la forma del campo eléctrico entre los contactos, el que a su vez depende de la forma y composición de los electrodos. Si logra establecerse un campo magnético no uniforme entre los contactos, la rigidez dieléctrica del SF 6 puede alcanzar valores cercanos a 5 veces la rigidez del aire.

2.4. Característica de los Circuitos Primarios.

Postes

En los alimentadores que parten de la subestación se utilizan postes de hormigón armado de 11m. x 600Kg. y 11m. x 316Kg. de tensión a la rotura, para los circuitos primarios específicamente, en estos postes se encuentran ubicados los transformadores de distribución. Los circuitos secundarios están compuestos por postes de hormigón

armado de 9m. x 316Kg. de tensión a la rotura. La **Figuras 2.6** muestra un tipo de poste.



Figura 2.6 Tipo de poste.

Otra de las observaciones dadas en los alimentadores es la gran longitud entre vanos en algunos tramos del circuito, influyendo esto en la reactancia creada en las líneas.

Para soportar los cables a lo largo del circuito se utiliza distintos tipos de estructuras trifásicas y monofásicas entre ellas tenemos:

Trifásicas: RC, AC, SC, RRC, HRR, HS, P, PP, RR.

Monofásicas: RU, RRU, AU, SU, UP,

En la **figura 2.7 (a, b)** y **2.8 (a, b, c)** se muestran algunos de estos tipos de estructuras trifásicas y monofásicas respectivamente.

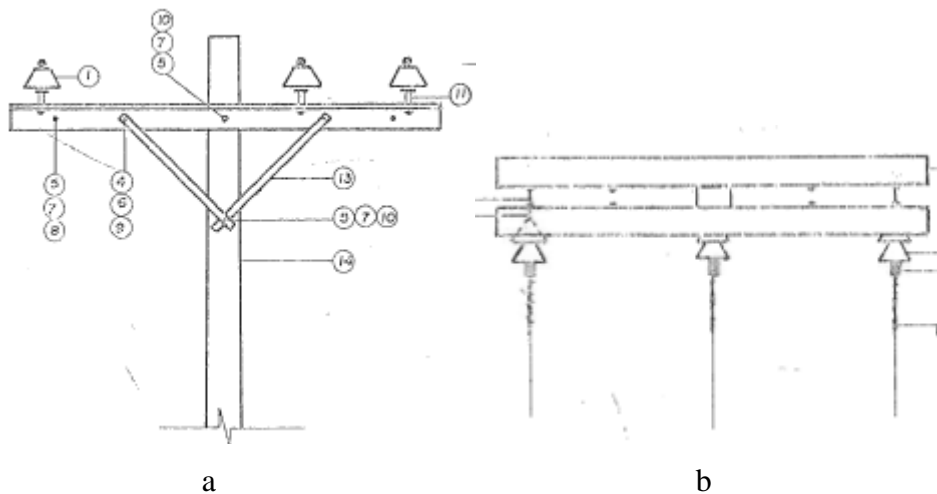


Figura 2.7 Trifásicas. a) Estructura tipo RC, b) Estructura tipo AC.

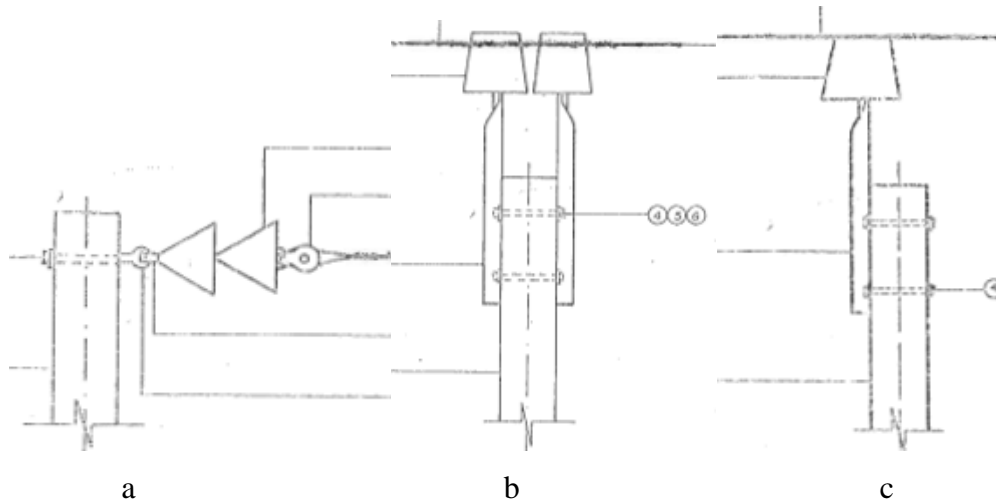


Figura 2.8 Monofásicas. a) Estructura tipo RU, b) Estructura tipo AU, c) Estructura tipo UP.

Cables

De acuerdo a los planos en los alimentadores Norte, Sur y Juan de Salinas se utilizan cables de aluminio desnudo tipo AWG – ACSR, AWG – 5005, XLPE en el caso de las líneas subterráneas, de diferentes secciones (4/0, 3/0, 2/0, 1/0, 2,). En el (**anexos XII**) se muestra algunas características de conductores usados en la distribución y en el (**anexo XIII**) las curvas de daños que poseen algunos de ellos.

Aisladores.

A lo largo de los alimentadores se ha utilizado para la sujeción de los conductores aisladores de porcelana, tipo suspensión ANSI 52-1, aisladores pin ANSI 55-4 y aisladores de polímero, tanto para las estructuras trifásicas como para las monofásicas. Las siguientes figuras muestran los distintos tipos de aisladores, aisladores de suspensión (**figura 2.9 a**), aisladores PIN (**figura 2.9 b**) y aisladores de polímero (**figura 2.9 c**).

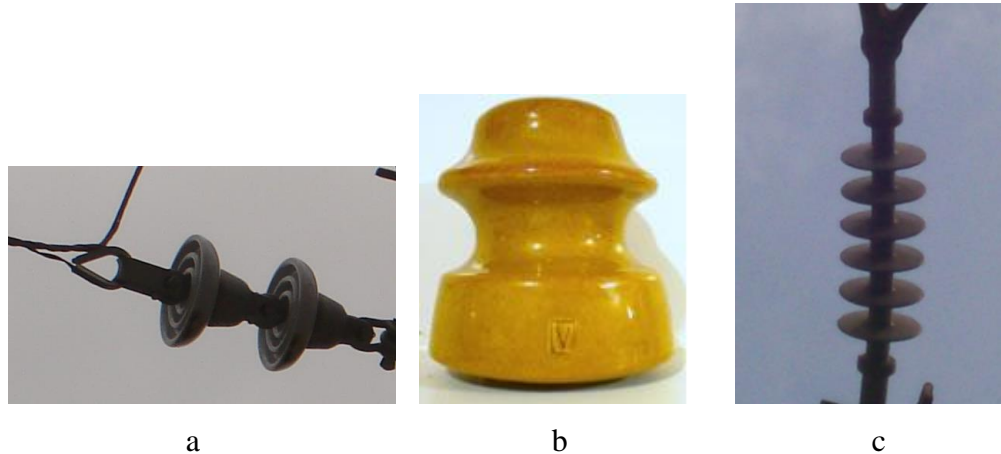


Figura 2.9 a) Aisladores de suspensión ANSI 52-1, b) Aisladores PIN ANSI 55-4, c) Aisladores de polímero.

En la **Tabla 2.4**, siguiente, se muestran algunas de las características técnicas de dos de los aisladores mencionados.

Tabla 2.4 Característica de los aisladores.

CLASE ANSI (C29.1 – 1992)	CLASE 52 – 1	CLASE 52 – 4	CLASE 55 – 4
DISTANCIAS CRÍTICAS, mm			
Distancia de arco	114	197	154
Distancia de fuga	178	292	305
Altura máxima del pasador			153
VALORES MECÁNICOS			
Resistencia electromecánica, kN	44	67	
Resistencia al impacto, Nm	5	6	
Prueba de carga de rutina, kN	22	33.5	
Prueba de carga sostenida, kN	27	44	
VALORES ELÉCTRICOS, kV			
Flameo de baja frecuencia en seco	60	80	85
Flameo de baja frecuencia en húmedo	30	50	45
Flameo crítico al impulso positivo	100	125	130
Flameo crítico al impulso negativo	100	130	150
Voltaje de perforación a baja frecuencia	80	110	115
RADIO INFLUENCIA			
Voltaje de prueba RMS a tierra, kV	7.5	10	15
RIV máximo a 1000 kHz, μV	50	50	100
Peso neto por unidad, kg	2.3	5.2	2,95

2.5. Transformadores de distribución.

En los alimentadores primarios que parten de la subestación se han utilizados transformadores de distribución para un voltaje de 13800GRDY/7620/240/120 V, que cumplen con la norma NTE INEN 2 114 para los monofásicos y la norma NTE INEN 2 115 para los trifásicos, es decir los valores de corriente de carga, las pérdidas sin carga, las pérdidas con carga, las pérdidas totales y el voltaje de cortocircuito, deben estar dentro de los valores máximos permisibles para la mencionada norma.

Tipos

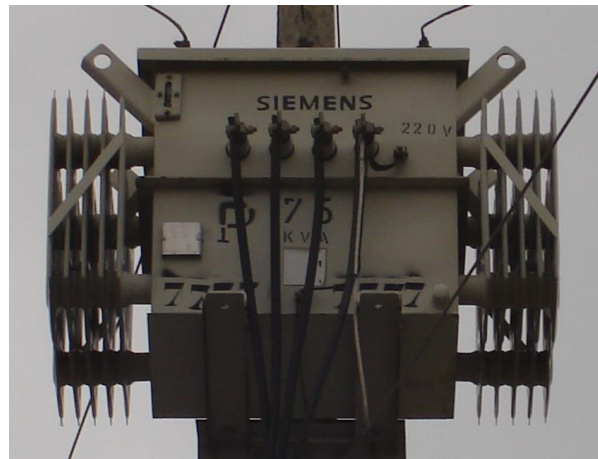
Los transformadores usados son de dos tipos:

- Transformadores monofásicos.
- Transformadores trifásicos.

Los transformadores monofásicos, son utilizados para alimentar clientes residenciales en su mayoría y otros consumidores con cargas monofásicas (**figura 2.10 a**).



a



b

Figura 2.10 a) Transformador monofásico para alimentar clientes residenciales, b) Transformador trifásico para alimentar clientes no residenciales.

Los transformadores trifásicos, son utilizados para alimentar otras cargas que no son de carácter residencial, tales como centros comerciales, Instituciones, colegios, universidades, fabricas, hospitales, bancos y otros (**figura 2.10 b**).

Otra alternativa es utilizar tres transformadores monofásicos para conformar un banco trifásico (**figura 2.11**).



Figura 2.11 Bancos trifásico conformados por tres transformadores monofásicos.

Protección de los transformadores

Los transformadores monofásicos utilizados son de 1 bushin, tipo autoprotegido (CSP), refrigerado en aceite tipo OA, de BIL 95 KV, 60 Hz, con cambiador de taps, fusible incorporado en alta tensión y en baja tensión con interruptor termomagnético, apropiado para instalación de mas de 2000 m.s.n.m.

2.6. Circuitos Secundarios.

Los circuitos secundarios están constituidos en su mayoría por conductores tipo AWG – ACSR AWG - 5005 de aluminio, en su amplia extensión y son los encargados de llevar la energía eléctrica a los consumidores con un valor de tensión adecuado (120-240V).

Desde los circuitos secundarios parten las acometidas tanto aéreas como subterráneas que van directamente desde las líneas secundarias hasta los consumidores.

2.7. Protecciones de los sistemas de distribución actualmente instaladas.

Las protecciones existentes en los ramales estudiados corresponden a seccionadores fusibles. Estos se encuentran instalados a lo largo de toda la extensión del circuito, sin poder detectar la existencia de un tronco y las derivaciones de los ramales.

Uno de los problemas de los cuales se tiene conocimiento, es la falta de un registro detallado de todos los fusibles conectados, dependiendo de esto la falta de coordinación entre ellos. Así mismo se pudo observar el mal estado de los fusibles y en algunos casos la no presencia de ellos.

2.8. Cálculo de Fallas.

Los cortocircuitos calculados en los diferentes puntos de los circuitos se los obtuvo mediante la aplicación del **Software SPARD® mp Distribución**, (anexos **XV**, **XXXIII** y **XLV**). En la **tabla 2.5** se muestran algunos valores calculados de la corriente de cortocircuito monofásica y trifásica en diferentes puntos. Si se analiza esta tabla se puede observar claramente que las corrientes de cortocircuito van disminuyendo a medida que se van alejando de la subestación.

Tabla 2.5 Valores de corriente de cortocircuito en diferentes puntos de los circuitos.

Tipo de Puntos Alimentador Tomados	NORTE		SUR		JUAN DE SALINAS	
	$I_{cc\ 3f}$	$I_{cc\ 1f}$	$I_{cc\ 3f}$	$I_{cc\ 1f}$	$I_{cc\ 3f}$	$I_{cc\ 1f}$
Salida de la subestación	3470 A	3610 A	3480 A	3630 A	3480 A	3630 A
Punto intermedio	2010 A	1640 A	2260 A	1900 A	2930 A	2750 A
Extremo de la subestación	1380 A	1050 A	1760 A	1390 A	2480A	2140 A

2.9. Conclusiones.

- En los circuitos de distribución Norte, Sur y Juan de Salinas predominan los conductores de aluminio reforzado con acero ACSR, así como los postes de hormigón armado de 11m diferentes estructuras como la SC, AC, RC, SV, AV, RU, AU, SU entre otras.
- Los transformadores instalados a lo largo de los circuitos son transformadores tipo autoprotectidos con fusible incorporado en alta tensión sumergido en aceite, para falla interna del transformador y en baja tensión con interruptor termomagnético.



- La falta de un registro detallado de las protecciones existentes en todos los circuitos, provoca como consecuencia una inadecuada coordinación de las protecciones.

- Existe un amplio predominio de ramales los cuales no presentan protección contra fallas permanentes.



Capítulo 3

Propuestas de Protección para los Circuitos de Distribución

3.1 Introducción

3.2 Propuestas de protección para el Circuito Sur

3.3 Propuestas de protección para el Circuito Norte

3.4 Propuestas de protección para el Circuito Juan de Salinas

3.5 Conclusiones

3.1 Introducción

Para todo proyecto de protección se deben tener en cuenta las variantes más ventajosas tanto técnicamente como desde el punto de vista económico. Es necesario que el proyecto de protección cumpla con los requerimientos específicos de las protecciones, así como con las expectativas y necesidades del circuito a proteger. Todos los elementos del circuito deben quedar debidamente protegidos, posibilitando a la vez que menores cantidades de consumidores sean afectados ante la presencia de una falla.

3.2 Propuestas de protección para el Circuito Sur

3.2.1 Variante 1. Fusibles de mínima capacidad que coordinan con los fusibles de los transformadores.

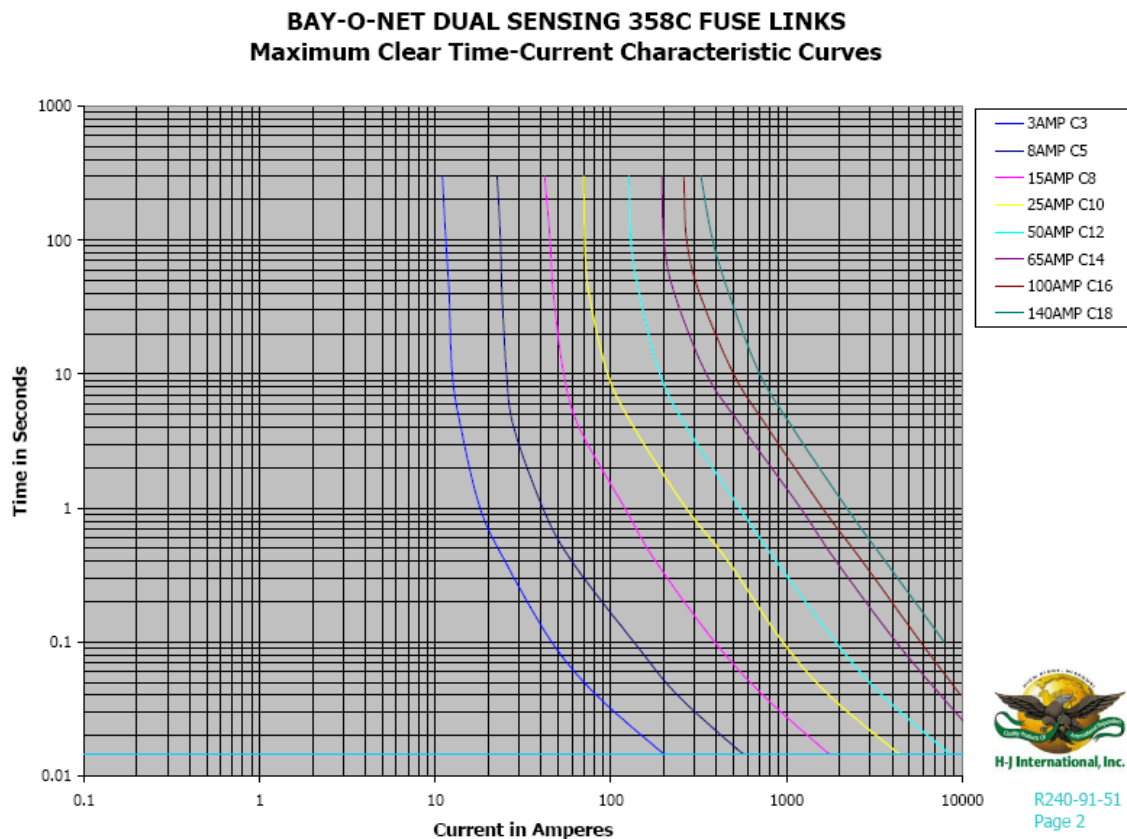
Para la primera variante se consideró el tronco de la línea desde la salida de la subestación nodo NEM_AS1 hasta el nodo NEM_AS329, que corresponde a una línea trifásica en toda su longitud, ver planimetría en el (**anexo LII**).

Siguiendo la metodología explicada en el primer capítulo los fusibles que se escogieron para cada transformador del circuito SUR, se muestran en la **tabla 3.1**, considerando la tensión 7.6 kV, que es la tensión de fase de la subestación San Cayetano de 13.8 kV.

Tabla 3.1 Fusibles seleccionados para los transformadores del CIRCUITO SUR

Transformadores KVA	Fusible
10	3
15	3
25	6
37.5	8
50	12
75	20
100	25

En la **figura 3.1** se muestran las curvas de tiempo máximo de limpieza de los fusibles para los transformadores autoprotegidos de la firma INATRA. Son curvas inversas donde el tiempo disminuye a medida que la corriente aumenta. Como es lógico los fusibles más grandes muestran mayores tiempos de limpieza a una misma corriente. Estas curvas permitirán la selección de los fusibles de los ramales.

**Figura 3.1** Curva de los fusibles para transformadores autoprotegidosFuente: http://www.geindustrial.com/solutions/consultants/Time_curves.htm

Posteriormente se escogió el fusible que protegería al ramal aplicando la ecuación (1.1) explicada en el capítulo 1.

$$tmf_{F2} \cdot 0.75 > tml_{F1}$$

Para el ejemplo del transformador de 37.5 kVA conectado entre el nodo NEM_AS66 y el nodo NEM_AS73 y su fusible de 8 A que para este caso correspondería con el fusible F1, la tarea sería encontrar que fusible coordina con él (F2) a la corriente máxima de cortocircuito en el punto donde está conectado el transformador.

En el nodo NEM_AS73 existe una corriente de cortocircuito máxima igual a 2370 A. Utilizando la figura 3.1 se puede obtener el tiempo máximo de limpieza del fusible 8 A que corresponde con 0.015 s.

Según la ecuación (1.1), el tiempo mínimo de fusión del fusible que se está seleccionando debe ser mayor que 0.02s. Con esto se garantiza el 75% de respaldo entre los tiempos de ambos fusibles.

$$tmf_{F2} > \frac{tml_{F1}}{0.75} > \frac{0.015}{0.75} > 0.02 \text{ s}$$

Utilizando las curvas (t vs I) (**anexo IX**) para el tmf_{F2} tenemos como resultado que cualquier fusible igual o superior al 80 K cumplirá las exigencias. Un fusible de 80 K coordina con un fusible de 8 A **figura 3.2**, que es el transformador más grande de ese ramal. Se puede verificar utilizando el mismo procedimiento que igualmente coordina con los fusibles de los transformadores de menor potencia.

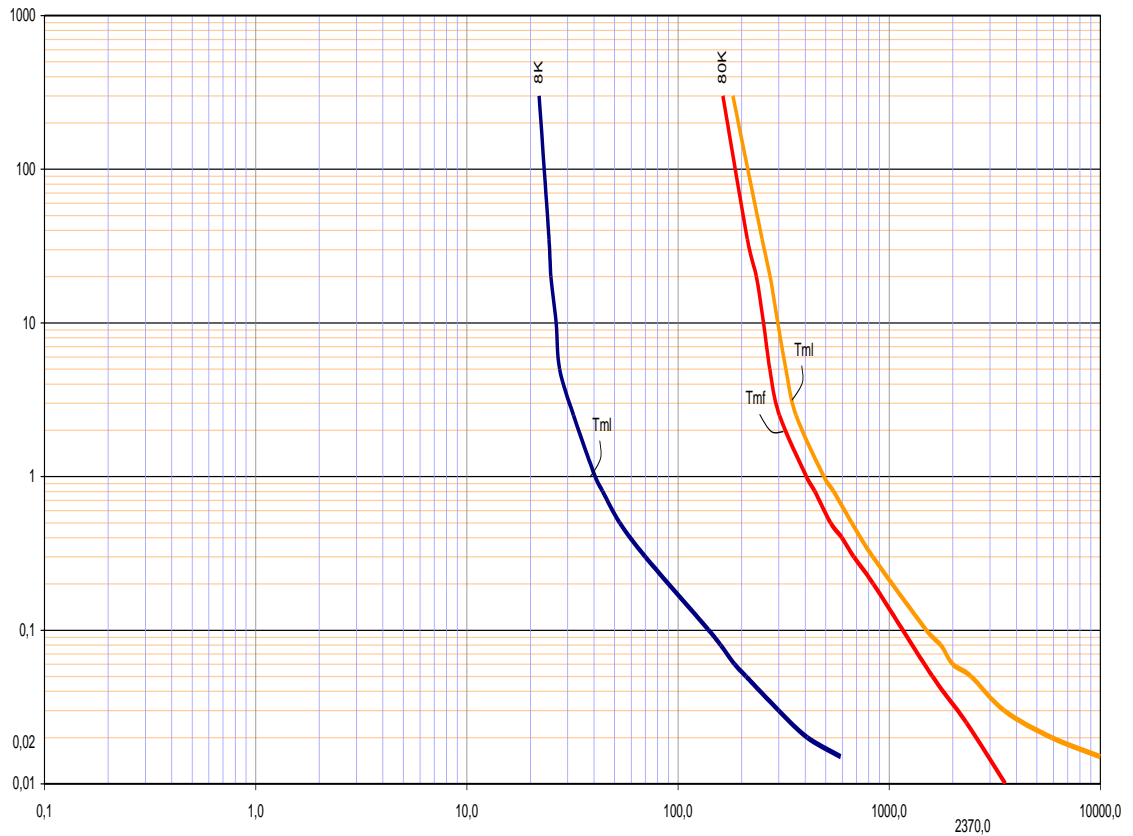


Figura 3.2 Curvas de coordinación del fusible del ramal y del transformador autoprotegido

En el caso de un ramal más grande que posee derivaciones, el problema sería entonces encontrar el fusible de este ramal que coordine con los fusibles de los ramales de distribución terminales.

En el **anexo VIII** se encuentra la tabla de coordinación de fusibles tipo K según la cual se pueden seleccionar los fusibles y las corrientes máxima a la que coordinan. Por ejemplo un fusible de 80K coordina perfectamente con un fusible de 140 K hasta los 4500 A.

De esta forma se seleccionaron los fusibles de todos los ramales tal y como se muestra en la **tabla 3.2**. Los fusibles a medida que se alejan de los consumidores se hacen mayores. Los fusibles que están en los ramales que se derivan del tronco igualmente son los mayores.



En esta primera variante mostrada en la figura del **anexo LII**, se muestran los fusibles más pequeños posibles a instalar en cada punto. Esto aumenta la sensibilidad para fallas pequeñas que puedan aparecer en el circuito que por lo general son las fallas a tierra. Fusibles mayores a estos pueden igualmente coordinar con los fusibles de los transformadores y de los ramales más alejados, pero la sensibilidad no sería la misma.

En la **tabla 3.2**, se muestran todos los parámetros necesarios para la coordinación de los fusibles que se encuentran en el circuito sur según la variante 1. Los niveles de corrientes de cortocircuitos máximos y mínimos, así como los tiempos mínimos de fusión y máximo de limpieza son mostrados para ser utilizados en la coordinación necesaria de las protecciones del circuito de distribución.

Tabla 3.2 Tabla de parámetros necesarios para la coordinación de fusibles en la variante I donde se escogen los menores fusibles que coordinen con los fusibles de los transformadores

Nro	Fusible	Nodo NEM_AS	Iccmax (kA)	Tipo de fase	Tmf (ms)	Nodo NEM_AS	Iccmin (kA)	Tipo de fase	Tml (ms)
1	100K	8	3.21	1Ø	20	9	3.15	1 Ø	49
2	100K	19	2.95	3Ø	27	26	2.65	1 Ø	60
3	80K	29	2.57	3Ø	20	21	2.50	1 Ø	46
4	80K	32	2.52	1Ø	21	38	2.38	1 Ø	50
5	80K	33	2.50	1Ø	22	63	2.13	1 Ø	57
6	80K	66	2.44	1Ø	24	73	2.37	1 Ø	51
7	80K	67	2.44	1Ø	24	70	2.39	1 Ø	50
8	100K	76	2.66	3Ø	32	79	2.33	1 Ø	78
9	140K	172	2.67	3Ø	94	200	1.84	1 Ø	340
10	80K	174	2.31	1Ø	27	177	2.25	1 Ø	53
11	100K	198	1.84	1Ø	65	203	1.77	1 Ø	120
12	50K	203	1.77	1Ø	17	224	1.52	1 Ø	48
13	50K	204	1.77	1Ø	17	212	1.41	1 Ø	43
14	80K	89	2.54	3Ø	20	100	2.06	1 Ø	58
15	80K	141	2.01	3Ø	35	118	1.99	1 Ø	66
16	200K	125	2.26	3Ø	400	356	1.85	1 Ø	1200
17	65K	152	1.67	1Ø	31	171	1.55	1 Ø	61
18	65K	229	1.65	1Ø	31	258	1.51	1 Ø	65
19	100K	264	1.97	3Ø	58	285	1.50	1 Ø	160
20	50K	286	1.5	1Ø	25	294	1.38	1 Ø	57
21	65K	270	1.91	3Ø	24	278	1.47	1 Ø	69
22	50K	329	1.39	1Ø	26	335	1.31	1 Ø	60
23	140K	356	2.21	3Ø	140	396	1.40	1 Ø	580
24	80K	360	2.16	3Ø	30	361	1.77	1 Ø	80
25	80K	366	2.05	3Ø	35	368	1.65	1 Ø	90
26	80K	372	1.59	1Ø	50	395	1.42	1 Ø	115
27	40K	385	1.52	1Ø	14	387	1.48	1 Ø	39
28	40K	380	1.53	1Ø	14	384	1.47	1 Ø	40
29	65K	389	1.88	3Ø	23	393	1.46	1 Ø	70
30	80K	396	1.40	1Ø	65	421	0.77	1 Ø	370
31	40K	404	1.27	1Ø	19	405	1.22	1 Ø	56
32	140K	355	2.21	3Ø	140	493	1.54	1 Ø	460
33		355	2.21	3Ø	140	591	1.59	1 Ø	440
34	65K	426	1.75	1Ø	27	430	1.72	1 Ø	55
35	65K	432	1.73	1Ø	27	436	1.68	1 Ø	58
36	100K	453	1.96	3Ø	58	460	1.53	1 Ø	155
37	50K	455	1.55	1Ø	22	458	1.53	1 Ø	47
38	80K	463	1.95	3Ø	35	467	1.51	1 Ø	100
39	100K	480	1.92	3Ø	62	488	1.45	1 Ø	170
40	65K	488	1.84	3Ø	26	491	1.43	1 Ø	72
41	65K	493	1.92	3Ø	24	501	1.49	1 Ø	68
42	65K	473	1.53	1Ø	36	479	1.44	1 Ø	71



43	65K	472	1.53	1Ø	36	734	1.52	1 Ø	64
44	65K	573	2.01	3Ø	21	578	1.55	1 Ø	61
45	100K	542	20.1	3Ø	54	552	1.52	1 Ø	157
46	50K	557	1.57	1Ø	22	572	1.44	1 Ø	51
47	50K	558	1.57	1Ø	22	561	1.53	1 Ø	47
48	65K	553	1.52	1Ø	36	556	1.47	1 Ø	69
49	100K	510	1.97	3Ø	57	527	1.46	1 Ø	165
49i	50K	579	1.60	1Ø	21	584	1.54	1 Ø	46
50	50K	535	1.47	1Ø	22	541	1.41	1 Ø	43
51	65K	527	1.84	3Ø	26	534	1.39	1 Ø	77
52	100K	591	1.97	3Ø	57	666	1.37	1 Ø	190
53	50K	597	1.56	1Ø	22	598	1.52	1 Ø	48
54	65K	602	1.91	3Ø	23	604	1.50	1 Ø	66
55	65K	623	1.78	3Ø	28	649	1.27	1 Ø	92
56	50K	664	1.38	1Ø	27	701	1.13	1 Ø	78
Tmf(ideal)ms					95				
Tml(ideal)ms					1200				

41	Fusibles que no coordinan con el recerrador a las corrientes ideales ni reales.
10	Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes y reales.
5	Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales y reales.
56	TOTAL

Fusible mas rapido para la corriente ideal
Fusible mas lento para la corriente ideal

Tmf(ideal)ms = 95
Tml(ideal)ms = 1200

En la columna de la izquierda se muestra la capacidad de los fusibles, siguiendo hacia la derecha se tiene los nodos en el cual está instalado cada fusible, su corriente de cortocircuito máxima [$I_{cc(max)}$], la cantidad de fases involucradas en dicho cortocircuito y el tiempo mínimo de fusión [t_{mf}] para dicha corriente. Las siguientes columnas, siguiendo hacia la derecha, muestran los nodos donde ocurren las corrientes más pequeñas del ramal que esta protegiendo [$I_{cc(min)}$], la cantidad de fases involucradas en ese cortocircuito mínimo y el tiempo mínimo de limpieza [t_{ml}] para dicha corriente mínima.

Las corrientes máximas son las más cercanas a los fusibles que protegen ramales cualesquiera. Comparándolas entre las trifásicas, bifásicas y monofásicas, se escoge la mayor. Las corrientes mínimas son las que ocurren en el punto más alejado de los fusibles según los limites de protección de cada fusible, es decir, sin involucrar otros fusibles en el medio. Se escoge la menor de todas las fallas que brinda el programa, **figura 3.3.**

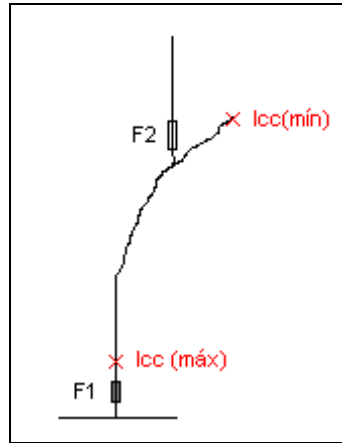


Figura 3.3. Localización de las corrientes máximas y mínimas en el ramal protegido por el fusible F1

En la **tabla 3.3** se muestra un ejemplo para el ramal protegido por el fusible 100 K conectado al nodo NEM_AS591. Este ramal posee una corriente máxima trifásica de 1.97 kA y una corriente mínima monofásica de 1.37 kA. Este fusible muestra su velocidad máxima a 55 ms y su desconexión mínima a 125 ms. La corriente mínima que protege este fusible es la que puede ocurrir en el nodo NEM_AS666.

Tabla 3.3 Ejemplo de los parámetros para el ramal protegido por un fusible 100 K

Nro	Fusible	Nodo NEM_AS	Iccmax (kA)	Tipo de fase	t _{mf} (ms)	Nodo NEM_AS	Iccmin (kA)	Tipo de fase	t _{ml} (ms)
52	100K	591	1.97	3Ø	55	666	1.37	1 Ø	190

Ambas corrientes de cortocircuitos son las obtenidas por el programa y son ideales, es decir, pudieran aparecer corrientes más pequeñas que estas, si son producidas por la caída de un árbol, un animal, etc. Por tanto, el tiempo máximo de limpieza puede ser aún mayor.

Si se analiza detenidamente los datos de la **tabla 3.2** se tienen como resultados que la $I_{cc(max)}$ de un ramal es de 3210 A y se encuentra en el nodo NEM_AS8. Este ramal donde ocurre esta falla máxima es monofásico y se explica porque es el más cercano a la subestación. La $I_{cc(mim)}$ es de 770 A en el nodo más alejado NEM_AS421 del sistema y corresponde igualmente a un ramal monofásico.

Los tiempos mínimos de fusión oscilan entre 14 ms para un 40 K a 1.52 kA y 400 ms para un 200K para 2.26 kA. Los tiempos máximos de limpieza oscilan entre 37 ms para

un fusible de 40 K a 1.48 kA y 1.3 s para 1.85 kA. Como se observa los fusibles más pequeños son mucho más rápidos que los fusibles de mayor capacidad.

Siguiendo con el análisis, se tiene que el fusible 40K instalado en el nodo NEM_AS385 a una corriente $I_{cc}(\max) = 1520$ A tiene un $t_{mf} = 14$ ms, considerándose así el fusible más rápido de todo el circuito. En otros ramales existen mayores corrientes pero están protegidos por fusibles de mayor capacidad por lo que exhiben tiempo mínimos de fusión mucho mayores. En este caso de la variante 1 no existen fusibles más pequeños que este de 40K.

El fusible 200K instalado en el nodo NEM_AS125 a una corriente a $I_{cc}(\min) = 1850$ A tiene un $(t_{ml}) = 1300$ ms. Aunque existen ramales que exhiben corrientes muchos menores, están protegidos por fusibles de menor capacidad por tanto son mucho más rápidos. El fusible de 200 K es el de mayor capacidad de todo el circuito.

Relé DPU2000R (Recierre)

El reconectador es el encargado de eliminar las fallas transitorias haciendo dos desconexiones rápidas. El reconectador hará 3 reconexiones y la última será lo suficientemente lenta como para que se fundan los fusibles correspondientes si la falla es permanente.

Este relé con capacidad de reconexión posee cuatro funciones de protección. Posee funciones de protección de sobrecorriente de fase y de tierra, instantáneas y con tiempo inverso.

En las reconexiones se pueden desactivar solo las funciones de sobrecorrientes instantáneas, ya sea de fase o de tierra o las dos. Si están activas las dos funciones, es lógico que solo actuará la instantánea.

Este relé tiene bloqueos contra los fenómenos de carga fría e Inrush, por tanto, no será necesario considerar estos fenómenos en el ajuste de las funciones de sobrecorriente instantánea.



- Ajuste de la función de sobrecorriente instantánea

Como su nombre lo indica la función de sobrecorriente instantánea no posee tiempo adicional, es decir, el operador del relé no puede adicionar tiempo o no tiene sentido adicionarlo a no ser para una coordinación muy específica como por ejemplo, una coordinación entre reconectores.

En la función instantánea se ajusta el valor de la corriente y este ajuste tiene que responder a dos exigencias fundamentales:

1. No puede realizar ninguna reconexión para el régimen de carga normal del circuito
2. Debe ser sensible a cualquier falla en el circuito, es decir, cumplir con la norma de sensibilidad.

Siguiendo estas exigencias y considerando que en el circuito la corriente de servicio máxima se calculó con el Software SPARD ® mp Distribucion y es igual 180 A, así como la corriente de cortocircuito mínima es igual a 770 A entonces el reconector se ajusta de la siguiente manera, ecuación (1.8) y (1.9) capítulo I.

$$I_{R(fase)} \geq 1.4 \times I_{sm}$$

$$\frac{I_{cc \min}}{I_R} \geq 2$$

Las ecuaciones (1.8) y (1.9) se emplean en el cálculo de los ajustes del reconector para la función de sobrecorriente instantánea. Siguiendo estas ecuaciones el reconector se ajustó para la función de sobrecorriente instantánea de fase como sigue:

$$I_{R(fase)} \geq 1.4 \times 180A$$

$$I_{R(fase)} \geq 252A$$



Para lograr que el reconectador esté aún más alejado de la corriente de servicio máximo se asumió un coeficiente de 2, en lugar de 1.4.

$$I_{R(fase)} = 360A$$

Es decir, para corrientes mayores o iguales a 360 A, el reconectador hará su primera reconexión. Verificando la sensibilidad para 770 A que es la menor corriente de cortocircuito del circuito se obtiene

$$\frac{770}{360} = 2.14 \geq 2$$

Como la sensibilidad es mayor que 2 quiere decir que con este ajuste se cumple con la coordinación y las posibilidades que el reconectador haga reconexiones innecesarias será menor porque se ha utilizado un coeficiente mayor.

Aunque es sensible, el coeficiente de sensibilidad está muy cercano a la norma. Por tanto valdría la pena activar las protecciones de sobrecorriente instantáneas de tierra que garantizarán mayor sensibilidad.

Del capítulo I se conoce que los ajustes se realizan siguiendo la siguiente ecuación (1.10).

$$I_{R(tierra)} \geq (0.3 - 0.5) \times I_{R(fase)}$$

Asumiendo un coeficiente de 0.4 el ajuste de la protección de sobrecorriente instantánea de tierra será igual a:

$$I_{R(tierra)} \geq (0.4) \times 360A$$

$$I_{R(tierra)} \geq 144A$$

Con esta nueva función para corrientes monofásicas aún más pequeñas, iguales o superiores a 144 A, el reconector hará su primera reconexión. Verificando la sensibilidad se obtiene:

$$\frac{I_{cc \min}}{I_R} = \frac{770}{144} = 5.35 \geq 2$$

La sensibilidad del reconector se elevó desde 2.14 que poseía con la protección de sobrecorriente de fase a 5.35 con la nueva protección de tierra. Esto indica que la protección de tierra siempre hace al reconector más sensible.

Para que estas funciones de protección cumplan con su función de eliminar las fallas transitorias del circuito con una desconexión y conexión muy rápida en el circuito, el reconector debe ser más rápido que el fusible más rápido.

La función de recierre que posee el rele DPU2000R está compuesto por los tiempos del propio relé ($T_{Relé}$), el tiempo de apertura del interruptor (T_{Int}) y otros tiempos de otros equipos y circuitos intermedios (T_{aux}) si es que existen (ecuación 3.1).

$$T_{R(\text{mínimo})} = T_{Int} + T_{Relé} + T_{aux} \quad (3.1)$$

Este tiempo debe ser suficientemente menor que el tiempo mínimo de fusión del fusible más rápido. Tal y como se muestra en la ecuación 3.1 el tiempo mínimo total de desconexión del reconector debe ser menor que el tiempo mínimo de fusión del fusible más rápido.

$$t_{reconector} < t_{mf}(\text{fusible rápido})$$

Según opiniones de expertos el valor de tiempo de los reles e interruptores instalados en la subestación se considera:

$$T_{INT} = 50 \text{ ms}$$

$$T_{RELÉ} = 20 \text{ ms}$$

$$T_{AUX} = 0 \text{ ms}$$

El Interruptor se consideró de SF6 y estos exhiben tiempos de apertura de 3 ciclos, por lo que el tiempo oscila en los 50 ms, que añadiendo el tiempo del relé, que muchos casos es mucho mayor, se llegará a un tiempo máximo de 70 ms. Por tanto, el fusible más rápido debe actuar mucho más lento que 70 ms. Siguiendo la norma, los fusibles deben actuar con tiempo 94.5 ms.

En la **tabla 3.2** se observa que el fusible más rápido es de 40 K a un tiempo mínimo de fusión de 14 ms. Esto indica que jamás el reconectador podrá disparar más rápido que este fusible. En la **tabla 3.4** se observa que los fusibles de 40 K, 50K, 65K y 80K tienen tiempos muchos menores que el tiempo mínimo en que puede operar el reconector.

Tabla 3.4 Operación de los fusibles menores

Fusible	I _{cc} (calculada)	I _{cc} (real)	t _{mf} (calculada)	t _{mf} (real)
40K	1520 A	760 A	0.014	0.055
50K	1570 A	785 A	0.022	0.090
65K	2010 A	1005 A	0.021	0.080
80K	2570 A	1285 A	0.020	0.088

En la **tabla 3.4** se observa que asumiendo que las corrientes reales de cortocircuito son 2 veces menores a la calculada, aún los tiempos son mucho menores que el necesario para garantizar la coordinación del reconectador.

Aunque el reconectador no pueda ser más rápido que algunos fusibles si lo es más rápido que otros como los de 100K, 140K y 200 K, por tanto, se continua con el ajuste de la última reconexión que debe ser más lento que el resto de los fusibles más lentos.

Anteriormente se explicó en la tabla 3.2 que el fusible más lento era el de 200 K con un tiempo máximo de limpieza de 1200 ms, instalado en el nodo NEM_AS125 para una corriente mínima de 1850 A. Ahora el tiempo de la función de sobrecorriente de tiempo debe ser mucho mayor que el tiempo máximo de limpieza del fusible 200K.

Para que el reconectador sea más lento que este, debe de cumplir:

$$T_{R(\text{mínimo})} \geq 1.35 \times tml_{(\text{mayor})}$$

Este tiempo debe ser suficientemente mayor que el tiempo máximo de limpieza del fusible más lento. Tal y como se muestra en la ecuación 1.7 el tiempo mínimo total de desconexión del reconfigurador debe ser mayor que el tiempo máximo de limpieza del fusible más lento.

Para este caso se tiene:

$$T_{R(\text{mínimo})} \geq 1.35 \times 1.2 \text{ seg.}$$

$$T_{R(\text{mínimo})} \geq 1.76 \text{ seg}$$

Este es el tiempo mínimo total que el reconfigurador tendrá que esperar para una falla de 1850 A, cumpliendo con la norma. Puede tener un tiempo nunca menor que aproximadamente 2 s, pero no tan mayor que permita la destrucción de los conductores si la falla ocurre en el tronco.

Siguiendo con las anteriores exigencias:

$$Ipu_{(\text{fase})} = \frac{Icc \text{ min}}{I_{R(\text{fase})}} = \frac{1850 \text{ A}}{360 \text{ A}} = 5.1$$

$$Ipu_{(\text{tierra})} = \frac{Icc \text{ min}}{I_{R(\text{tierra})}} = \frac{1850 \text{ A}}{144 \text{ A}} = 12.85$$

De los resultados anteriores se deriva que la corriente de cortocircuito de 1850 A es 5.1 veces mayor que el ajuste de la protección de sobrecorriente de fase y 12.85 veces mayor que la protección de sobrecorriente de tierra.

Ahora con estas corrientes expresadas en múltiplos de la corriente de ajuste de las protecciones, se busca una curva de tiempo inverso que demore igual o más de 2 segundos. En la **figura 3.4** se muestra este proceso de selección de la menor corriente.

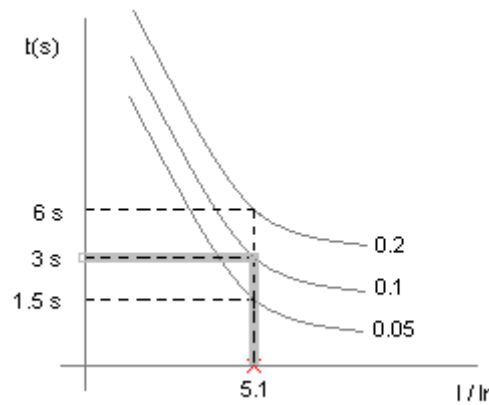


Figura 3.4 Selección de la curva para un corriente y un tiempo deseado.

Se observa como para una corriente 5.1 veces superior al ajuste del reconectador el dial de tiempo de 0.05 genera tiempos de 1.5s, pero para un dial de tiempo de 0.2 es excesivamente muy alta la demora, alcanzando 6 segundos. Por tal razón, el dial de tiempo que se necesita que debe ser superior a 2 segundos es el dial de 0.1.

Según se ha explicado en el ejemplo anterior y utilizando una curva Inversa de Tiempo Largo (**anexoXIV**), el Dial de 0.1 cumple perfectamente las exigencias para el relé de sobrecorriente de tiempo de fase. La función de sobrecorriente de tierra con tiempo estará ajustado a 144 A, entonces la curva Inversa de Tiempo Largo IEC con Dial de 0.3 también cumple las exigencias.

Como se conoce, los relés están conectados a través de transformadores de corrientes de 300 amperes en el primario a 5 amperes por el secundario, lo que genera un coeficiente de transformación de 60. Por tanto las corrientes ajustadas para las protecciones de sobrecorrientes quedarían expresadas como:

$$TAP_{(fase)} = \frac{I_{R(fase)}}{RTC} = \frac{360A}{60} = 6$$
$$TAP_{(tierra)} = \frac{I_{R(tierra)}}{RTC} = \frac{144A}{60} = 2.4$$

Según los resultados antes obtenidos el relé de sobrecorriente de fase estaría ajustado con un TAP de 6 y el relé de sobrecorriente de tierra estaría ajustado con un TAP de 2.4 que es mucho menor dado que este relé es más sensible.

Tabla 3.5 Ajuste de las funciones de protección del relé reconector

Reconexiones	Fase			Tierra		
	50	51		50 G	51	
	Tap	Tap	Dial	Tap	Tap	Dial
1	6	6	0.1	2.4	2.4	0.3
2	6	6	0.1	2.4	2.4	0.3
3	X	6	0.1	X	2.4	0.3

X: no está habilitado

Las protecciones de sobrecorriente de tiempo son Curva Inversa de Tiempo Largo

En la **tabla 3.5** se muestra el ajuste del reconector para las 3 reconexiones programadas. Ambos relés tanto instantáneos (50) como de tiempo (51) están ajustados con TAP iguales. La diferencia es que el relé de tiempo espera un tiempo de alrededor de 3 s para el dial de 0.1. Como ambas funciones tienen el mismo TAP o, lo que quiere decir, la misma sensibilidad, esto garantizará que actuará solo la protección instantánea. En la última reconexión se desactiva la función instantánea, y por tanto solo operará el relé de tiempo, permitiendo así que se fundan los fusibles de los ramales correspondientes. Según lo ajustado, el reconector operará con 2 reconexiones rápidas y una última reconexión con tiempo.

Aún quedan aspectos por ajustar en el reconector que son los tiempos entre reconexiones y el tiempo de reseteo del relé. En todo momento se ha utilizado el multiplicador de 1.35 lo que según la norma este se utiliza para tiempo entre reconexiones mayores de 60 ciclos. Por tanto, se recomienda este tiempo entre reconexiones, dado que un tiempo mayor pudiera resultar en inconvenientes a la población. El tiempo de reseteo según las experiencias de algunos ingenieros en Cuba oscila en 30 segundos. Este tiempo, es el que espera el reconector, luego de realizada la primera desconexión, para si no ocurre otra falla, entonces comenzar desde la primera nuevamente.

Valoración de los resultados de la variante 1

En esta variante se han seleccionado los fusibles de menor capacidad para proteger los ramales de todo el circuito. Esta variante con los menores fusibles tiene como ventajas que son los fusibles más sensibles a las menores corrientes de cortocircuitos que puedan



aparecer. Además se fundirían más rápido y las afectaciones al resto de los consumidores sería menor.

Como desventaja de esta variante es que los fusibles pequeños es decir, los de 80 K hacia abajo, son tan rápidos que el reconector jamás operaría más rápido que ellos y por tanto, todas las fallas serían consideradas permanentes.

3.2.2 Variante 2. Selección de los fusibles con la capacidad necesaria para coordinar con el reconector.

Para esta variante el tronco considerado será el mismo que la variante 1, ver planimetría en el **anexo LIII**.

En la **tabla 3.6**, se muestran los fusibles que se encuentran en el circuito sur propuestos en la variante 1, con los parámetros necesarios para la coordinación, continuando hacia la derecha se exponen los fusibles a reemplazar de forma que coordinen con el reconector para las corrientes ideales, seguidamente se muestran las corrientes de cortocircuito reales y los tiempos mínimos de fusión para cada uno de los fusibles que no coordinan con el reconector para las corrientes ideales.

Tabla 3.6 Parámetros de los fusibles que coordinan con el reconector a la corriente ideal

Nro	Fusible	Nodo NEM_AS	Iccmax (kA)	Tipo de fase	t _{mf}	Fusible reemplazado	T _{mf} (ideal) (ms)	Iccmax (real) (kA)	t _{mf} (real) (ms)
1	100K	8	3,21	1Ø	20	200K	170	1,61	
2	100K	19	2,95	3Ø	27	200K	200	1,48	
3	80K	29	2,57	3Ø	20	140K	99	1,29	
4	80K	32	2,52	1Ø	21	140K	105	1,26	
5	80K	33	2,5	1Ø	22	140K	108	1,25	
6	80K	66	2,44	1Ø	24	140K	116	1,22	
7	80K	67	2,44	1Ø	24	140K	116	1,22	
8	100K	76	2,66	3Ø	32	140K	96	1,33	
9	140K	172	2,67	3Ø	94	200K	260	1,34	
10	80K	174	2,31	1Ø	27	140K	128	1,16	
11	100K	198	1,84	1Ø	65	140K	225	0,92	
12	50K	203	1,77	1Ø	17	100K	71	0,89	290
13	50K	204	1,77	1Ø	17	100K	71	0,89	290
14	80K	89	2,54	3Ø	20	140K	102	1,27	
15	80K	141	2,01	3Ø	35	140K	170	1,01	
16	200K	125	2,26	3Ø	400	x	x	1,13	x
16i	65K	344	1,86	1Ø	32	140K	210	0,93	
16ii	80K	338	2,21	3Ø	29	140K	140	1,11	
17	65K	152	1,67	1Ø	31	140K	260	0,84	
18	65K	229	1,65	1Ø	31	140K	270	0,83	
19	100K	264	1,97	3Ø	58	140K	180	0,99	
20	50K	286	1,5	1Ø	25	100K	99	0,75	425
21	65K	270	1,91	3Ø	24	100K	63	0,96	250
22	50K	329	1,39	1Ø	26	100K	124	0,7	475



23	140K	356	2,21	3Ø	140	x	x	1,11	x
24	80K	360	2,16	3Ø	30	100K	50	1,08	200
25	80K	366	2,05	3Ø	35	100K	52	1,03	210
26	80K	372	1,59	1Ø	50	100K	88	0,8	370
29	65K	389	1,88	3Ø	23	100K	65	0,94	255
30	80K	396	1,4	1Ø	65	100K	120	0,7	475
31	40K	404	1,27	1Ø	19	65K	55	0,64	210
32	140K	355	2,21	3Ø	140	x	x	1,11	x
33		355	2,21	3Ø	140	x	x	1,11	x
34	65K	426	1,75	1Ø	27	100K	75	0,88	300
35	65K	432	1,73	1Ø	27	100K	77	0,87	305
36	100K	453	1,96	3Ø	58	100K	58	0,98	240
37	50K	455	1,55	1Ø	22	65K	34	0,78	150
38	80K	463	1,95	3Ø	35	100K	59	0,98	240
39	100K	480	1,92	3Ø	62	100K	62	0,96	250
40	65K	488	1,84	3Ø	26	65K	26	0,92	100
41	65K	493	1,92	3Ø	24	100K	62	0,96	250
42	65K	473	1,53	1Ø	36	100K	95	0,77	400
43	65K	472	1,53	1Ø	36	100K	95	0,77	400
44	65K	573	2,01	3Ø	21	100K	54	1,01	220
45	100K	542	2,01	3Ø	54	100K	54	1,01	220
46	50K	557	1,57	1Ø	22	65K	33	0,79	180
47	50K	558	1,57	1Ø	22	65K	33	0,79	180
48	65K	553	1,52	1Ø	36	65K	36	0,76	165
49	100K	510	1,97	3Ø	57	100K	57	0,99	230
50	50K	535	1,47	1Ø	22	65K	40	0,74	173
51	65K	527	1,84	3Ø	26	65K	26	0,92	100
52	100K	591	1,97	3Ø	57	100K	57	0,99	230
53	50K	597	1,56	1Ø	22	65K	34	0,78	150
54	65K	602	1,91	3Ø	23	65K	23	0,96	95
55	65K	623	1,78	3Ø	28	65K	28	0,89	110
56	50K	664	1,38	1Ø	27	65K	44	0,69	190

- Fusibles reemplazados que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales.
- Fusibles no reemplazados que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales.
- Fusibles que no coordinan con el recerrador a las corrientes ideales pero a las reales si.

Siguiendo la indicación anteriormente explicada se escogieron fusibles que tengan la velocidad de respuesta igual o superior a 94.5ms. De esta manera, se cumpliría la norma del recerrador explicada en la primera variante.

En la **tabla 3.7** se muestran todos los parámetros de los fusibles sustituidos necesarios para la coordinación de la variante 2.

Tabla 3.7. Parámetros de los fusibles que coordinan con el recerrador a la corriente ideal

Nro	Fusible reemplazado	Nodo NEM_AS	Iccmax (kA)	Tipo de fase	t _{mf} ideal ms	Nodo NEM_AS	Iccmin ideal (kA)	Tipo de fase	T _{mf} ideal (ms)
1	200K	8	3,21	1Ø	170	9	3,15	1 Ø	
2	200K	19	2,95	3Ø	200	26	2,65	1 Ø	430
3	140K	29	2,57	3Ø	99	21	2,50	1 Ø	160
4	140K	32	2,52	1Ø	105	38	2,38	1 Ø	180
5	140K	33	2,5	1Ø	108	63	2,13	1 Ø	240
6	140K	66	2,44	1Ø	116	73	2,37	1 Ø	180
7	140K	67	2,44	1Ø	116	70	2,39	1 Ø	180
8	140K	76	2,66	3Ø	96	79	2,33	1 Ø	190
9	200K	172	2,67	3Ø	260	200	1,84	1 Ø	1350
10	140K	174	2,31	1Ø	128	177	2,25	1 Ø	190
11	140K	198	1,84	1Ø	225	203	1,77	1 Ø	340
12	100K	203	1,77	1Ø	71	224	1,52	1 Ø	157
13	100K	204	1,77	1Ø	71	212	1,41	1 Ø	179



14	140K	89	2,54	3Ø	102	100	2,06	1 Ø	240
15	140K	141	2,01	3Ø	170	118	1,99	1 Ø	260
16	200K	125	2,26	3Ø	400	356	1,85	1 Ø	1200
16i	140K	344	1,86	1Ø	210	354	1,69	1 Ø	350
16ii	140K	338	2,21	3Ø	140	343	1,81	1 Ø	246
17	140K	152	1,67	1Ø	260	171	1,55	1 Ø	440
18	140K	229	1,65	1Ø	270	258	1,51	1 Ø	460
19	140K	264	1,97	3Ø	180	285	1,50	1 Ø	460
20	100K	286	1,5	1Ø	99	294	1,38	1 Ø	185
21	100K	270	1,91	3Ø	63	278	1,47	1 Ø	163
22	100K	329	1,39	1Ø	124	335	1,31	1 Ø	200
23	140K	356	2,21	3Ø	140	396	1,40	1 Ø	470
24	100K	360	2,16	3Ø	50	361	1,77	1 Ø	120
25	100K	366	2,05	3Ø	52	368	1,65	1 Ø	146
26	100K	372	1,59	1Ø	88	395	1,42	1 Ø	176
29	100K	389	1,88	3Ø	65	393	1,46	1 Ø	165
30	100K	396	1,4	1Ø	120	421	0,77	1 Ø	624
31	65K	404	1,27	1Ø	55	405	1,22	1 Ø	99
32	140K	355	2,21	3Ø	140	493	1,54	1 Ø	460
33		355	2,21	3Ø	140	591	1,59	1 Ø	440
34	100K	426	1,75	1Ø	75	430	1,72	1 Ø	128
35	100K	432	1,73	1Ø	77	436	1,68	1 Ø	143
36	100K	453	1,96	3Ø	58	460	1,53	1 Ø	155
37	65K	455	1,55	1Ø	34	458	1,53	1 Ø	63
38	100K	463	1,95	3Ø	59	467	1,51	1 Ø	159
39	100K	480	1,92	3Ø	62	488	1,45	1 Ø	170
40	65K	488	1,84	3Ø	26	491	1,43	1 Ø	72
41	100K	493	1,92	3Ø	62	501	1,49	1 Ø	161
42	100K	473	1,53	1Ø	95	479	1,44	1 Ø	174
43	100K	472	1,53	1Ø	95	734	1,52	1 Ø	157
44	100K	573	2,01	3Ø	54	578	1,55	1 Ø	152
45	100K	542	2,01	3Ø	54	552	1,52	1 Ø	157
46	65K	557	1,57	1Ø	33	572	1,44	1 Ø	71
47	65K	558	1,57	1Ø	33	561	1,53	1 Ø	63
48	65K	553	1,52	1Ø	36	556	1,47	1 Ø	69
49	100K	510	1,97	3Ø	57	527	1,46	1 Ø	165
50	65K	535	1,47	1Ø	40	541	1,41	1 Ø	74
51	65K	527	1,84	3Ø	26	534	1,39	1 Ø	77
52	100K	591	1,97	3Ø	57	666	1,37	1 Ø	190
53	65K	597	1,56	1Ø	34	598	1,52	1 Ø	64
54	65K	602	1,91	3Ø	23	604	1,50	1 Ø	66
55	65K	623	1,78	3Ø	28	649	1,27	1 Ø	92
56	65K	664	1,38	1Ø	44	701	1,13	1 Ø	118
Tmf(ideal)ms					95				
Tml(ideal)ms							1350		

23	Fusibles reemplazados que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales.
4	Fusibles no reemplazados que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales.
29	Fusibles que no coordinan con el recerrador a las corrientes ideales pero a las reales si.
56	TOTAL

Fusible mas rapido para la corriente ideal 100K **Tmf(ideal)ms = 95**
 Fusible mas lento para la corriente ideal 200K **Tml(ideal)ms = 1350**

Relé DPU2000R (Recierre)

Teniendo en cuenta las ecuaciones y los procedimientos utilizados en la variante 1, el recerrador se ajustará para la función de sobrecorriente instantánea de la siguiente manera.

$$I_{R(fase)} = 360A$$

$$\frac{I_{cc \min}}{I_{R(\text{fase})}} = \frac{770}{360} = 2.14 \geq 2$$

El ajuste de la protección de sobrecorriente instantánea de tierra será igual a:

$$I_{R(\text{tierra})} \geq (0.4) \times 360A$$

$$I_{R(\text{tierra})} \geq 144A$$

$$\frac{I_{cc \min}}{I_{R(\text{tierra})}} = \frac{770}{144} = 5.35 \geq 2$$

El fusible más lento que está instalado en el circuito es de 200 K con un tiempo máximo de limpieza de 1350 ms, instalado en el nodo NEM_AS172 para una corriente mínima de 1840 A.

$$T_{R(\text{mínimo})} \geq 1.83 \text{ seg}$$

Cumpliendo con las exigencias se tiene que:

$$I_{pu(\text{fase})} = \frac{I_{cc \min}}{I_{R(\text{fase})}} = \frac{1840A}{360A} = 5.11$$

$$I_{pu(\text{tierra})} = \frac{I_{cc \min}}{I_{R(\text{tierra})}} = \frac{1840A}{144A} = 12.77$$

Utilizando los resultados anteriormente expuestos y la curva Inversa de Tiempo Largo, el Dial para la función de de sobrecorriente de tiempo de fase será 0.1, y el dial para la función de sobrecorriente de tierra con tiempo será 0.3, ambos cumplen con las exigencias.

Las corrientes ajustadas para las protecciones de sobrecorrientes quedarían expresadas como:

$$TAP_{(\text{fase})} = \frac{I_{R(\text{fase})}}{RTC} = \frac{360A}{60} = 6$$

$$TAP_{(\text{tierra})} = \frac{I_{R(\text{tierra})}}{RTC} = \frac{144A}{60} = 2.4$$

De los resultados obtenidos el relé queda configurado de la siguiente manera **tabla 3.8**.

Tabla 3.8 Ajuste de las funciones de protección del relé reconector para la variante 2.

Reconexiones	Fase			Tierra		
	50	51		50 G	51	
	Tap	Tap	Dial	Tap	Tap	Dial
1	6	6	0.1	2.4	2.4	0.3
2	6	6	0.1	2.4	2.4	0.3
3	X	6	0.1	X	2.4	0.3

X: no está habilitado

Las protecciones de sobrecorriente de tiempo son Curva Inversa de Tiempo Largo

Valoración de los resultados de la variante 2.

En esta variante se han seleccionado los fusibles de la capacidad necesaria para que coordinen con el reconector para las corrientes de cortocircuito ideales, aplicado al circuito en general. Esta variante presenta como desventaja que 57% del total de fusibles instalados siempre serán más rápidos que el recorre, es decir todas las fallas serian consideradas permanentes. Además, esto ocasionaría molestias a los usuarios.

3.2.3 Variante 3. Tronco de menor longitud con fusibles de 200K en las derivaciones del tronco y fusibles de menor capacidad en las subdivisiones de los ramales

Para la variante 3, se consideró el tronco de la línea desde la salida de la subestación nodo NEM_AS1 hasta el nodo NEM_AS355, que corresponde a una línea trifásica en toda su longitud, ver planimetría en el **anexo LIV**.

En la **tabla 3.9**, se muestran todos los parámetros de los fusibles necesarios para la coordinación de la variante 3.

En esta variante, como se mencionó anteriormente se utilizaron fusibles de 200K y tronco de menor longitud. Esto disminuye la sensibilidad para fallas pequeñas que puedan aparecer en el circuito que por lo general son las fallas a tierra.



Tabla 3.9 Tronco de menor longitud con fusibles de 200K en las derivaciones del tronco y fusibles de menor capacidad en las subdivisiones de los ramales.

Nro	Fusible	Nodo NEM_AN	Iccmax kA	Tipo de fase	tmf ms	Nodo NEM_AN	Iccmin kA	Tipo de fase	tml ms
1	200K	8	3.21	1Ø	170	9	3.15	1 Ø	275
2	200K	19	2.95	3Ø	200	86	2.65	1 Ø	430
3	200K	29	2.57	3Ø	280	31	2.52	1 Ø	488
4	200K	32	2.52	1Ø	286	38	2.38	1 Ø	610
5	200K	33	2.50	1Ø	290	43	2.37	1 Ø	620
5i	140K	43	2.37	1Ø	125	47	2.28	1 Ø	202
5ii	140K	48	2.34	1Ø	130	52	2.25	1 Ø	190
5iii	140K	53	2.30	1Ø	136	63	2.13	1Ø	240
6	200K	66	2.44	1Ø	320	73	2.37	1 Ø	620
7	200K	67	2.44	1Ø	320	70	2.39	1 Ø	600
8	200K	76	2.66	3Ø	259	79	2.33	1 Ø	640
9	200K	172	2.67	3Ø	260	200	1.84	1 Ø	1350
10	140K	174	2.31	1Ø	134	177	2.25	1 Ø	190
11	140K	198	1.84	1Ø	225	203	1.77	1 Ø	340
12	100K	203	1.77	1Ø	71	224	1.52	1 Ø	157
13	100K	204	1.77	1Ø	71	212	1.41	1 Ø	179
14	200K	89	2.54	3Ø	283	100	2.06	1 Ø	640
15	200K	141	2.01	3Ø	480	118	1.99	1 Ø	1005
16	200K	125	2.26	3Ø	400	356	1.85	1 Ø	1200
16i	200K	344	1.86	1Ø	620	354	1.69	1 Ø	160
16ii	200K	338	2.21	3Ø	410	343	1.81	1 Ø	1368
17	140K	152	1.67	1Ø	260	171	1.55	1 Ø	440
18	140K	229	1.65	1Ø	270	258	1.51	1 Ø	458
19	140K	264	1.97	3Ø	180	285	1.50	1 Ø	460
20	100K	286	1.50	1Ø	99	294	1.38	1 Ø	185
21	100K	270	1.91	3Ø	63	278	1.47	1 Ø	163
21i	140K	304	1.51	1Ø	308	279	1.47	1 Ø	520
21ii	140K	313	1.47	1Ø	345	314	1.45	1 Ø	550
22	140K	329	1.39	1Ø	400	335	1.31	1 Ø	690
23	200K	356	2.21	3Ø	410	396	1.40	1 Ø	2750
24	140K	360	2.16	3Ø	146	361	1.77	1 Ø	340
25	140K	366	2.05	3Ø	170	368	1.65	1 Ø	430
26	140K	372	1.59	1Ø	290	384	1.47	1 Ø	520
29	140K	389	1.88	3Ø	210	393	1.46	1 Ø	530
30	140K	396	1.40	1Ø	390	421	0.77	1 Ø	3400
31	100K	403	1.27	1Ø	146	405	1.22	1 Ø	248
32	200K	355	2.21	3Ø	410	493	1.54	1 Ø	1950
33		355	2.21	3Ø	410	507	1.64	1 Ø	1750
34	140K	426	1.75	1Ø	235	430	1.72	1 Ø	370
35	140K	432	1.73	1Ø	234	436	1.68	1 Ø	410
35i	140K	440	1.69	1Ø	252	441	1.67	1 Ø	420
36	140K	453	1.96	3Ø	184	460	1.53	1 Ø	446
37	100K	455	1.55	1Ø	96	458	1.53	1 Ø	155
38	140K	463	1.95	3Ø	187	467	1.51	1 Ø	420
39	140K	480	1.92	3Ø	193	488	1.45	1 Ø	550
40	100K	488	1.84	3Ø	68	491	1.43	1 Ø	175
41	140K	493	1.92	3Ø	193	501	1.49	1 Ø	498
42	140K	473	1.53	1Ø	305	479	1.44	1 Ø	560
43	140K	472	1.53	1Ø	305	734	1.52	1 Ø	452
44	140K	573	2.01	3Ø	176	578	1.55	1 Ø	440
44i	140K	505	2.02	3Ø	174	666	1.37	1 Ø	620
45	140K	542	2.01	3Ø	176	552	1.52	1 Ø	452
46	100K	557	1.57	1Ø	94	572	1.44	1 Ø	174
47	100K	558	1.57	1Ø	94	561	1.53	1 Ø	155
48	100K	553	1.52	1Ø	98	556	1.47	1 Ø	163
49	100K	510	1.97	3Ø	57	527	1.46	1 Ø	165
49i	65K	515	1.52	1Ø	36	521	1.48	1 Ø	68
50	65K	535	1.47	1Ø	40	541	1.41	1 Ø	74
51	65K	527	1.84	3Ø	26	534	1.39	1 Ø	77
52i	100K	581	1.59	1Ø	92	584	1.54	1 Ø	153
53	100K	597	1.56	1Ø	95	598	1.52	1 Ø	157
53i	100K	595	1.55	1Ø	96	596	1.53	1 Ø	155
54	100K	602	1.91	3Ø	63	604	1.50	1 Ø	158
54i	100K	613	1.85	3Ø	66	615	1.43	1 Ø	175
55	100K	623	1.78	3Ø	70	636	1.35	1 Ø	194



55i	100K	660	1.78	3Ø	70	662	1.37	1 Ø	190
55ii	65K	636	1.73	3Ø	30	649	1.27	1 Ø	92
56	100K	664	1.38	1Ø	126	701	1.13	1 Ø	283
Tmf(ideal)ms					94				
Tml(ideal)ms					3400				

- 93** Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales.
- 32** Fusibles que no coordinan con el recerrador a las corrientes ideales pero a las reales si.
- 125** TOTAL

Fusible mas rapido para la corriente ideal **Tmf(ideal)ms = 94**
 Fusible mas lento para la corriente ideal **Tml(ideal)ms = 3400**

Relé DPU2000R (Recierre)

Siguiendo el procedimiento empleado para las variantes antes mencionadas, el recerrador queda configurado, **tabla 3.10**.

Tabla 3.10 Ajuste de las funciones de protección del relé reconector para la variante 3.

Reconexiones	Fase			Tierra		
	50	51		50 G	51	
	Tap	Tap	Dial	Tap	Tap	Dial
1	6	6	0.05	2.4	2.4	0.2
2	6	6	0.05	2.4	2.4	0.2
3	X	6	0.05	X	2.4	0.2

X: no está habilitado

Las protecciones de sobrecorriente de tiempo son Curva Inversa de Tiempo Largo

Utilizando las curvas (t vs I), tenemos como resultado que la función de recierre para los dos primeros disparos actuara mucho más rápido que el fusible mas rápido 100K a 1570 A, para la tercera y ultima apertura será mas lento que el fusible mas lento 140 k a 770 a **figura 3.5**.

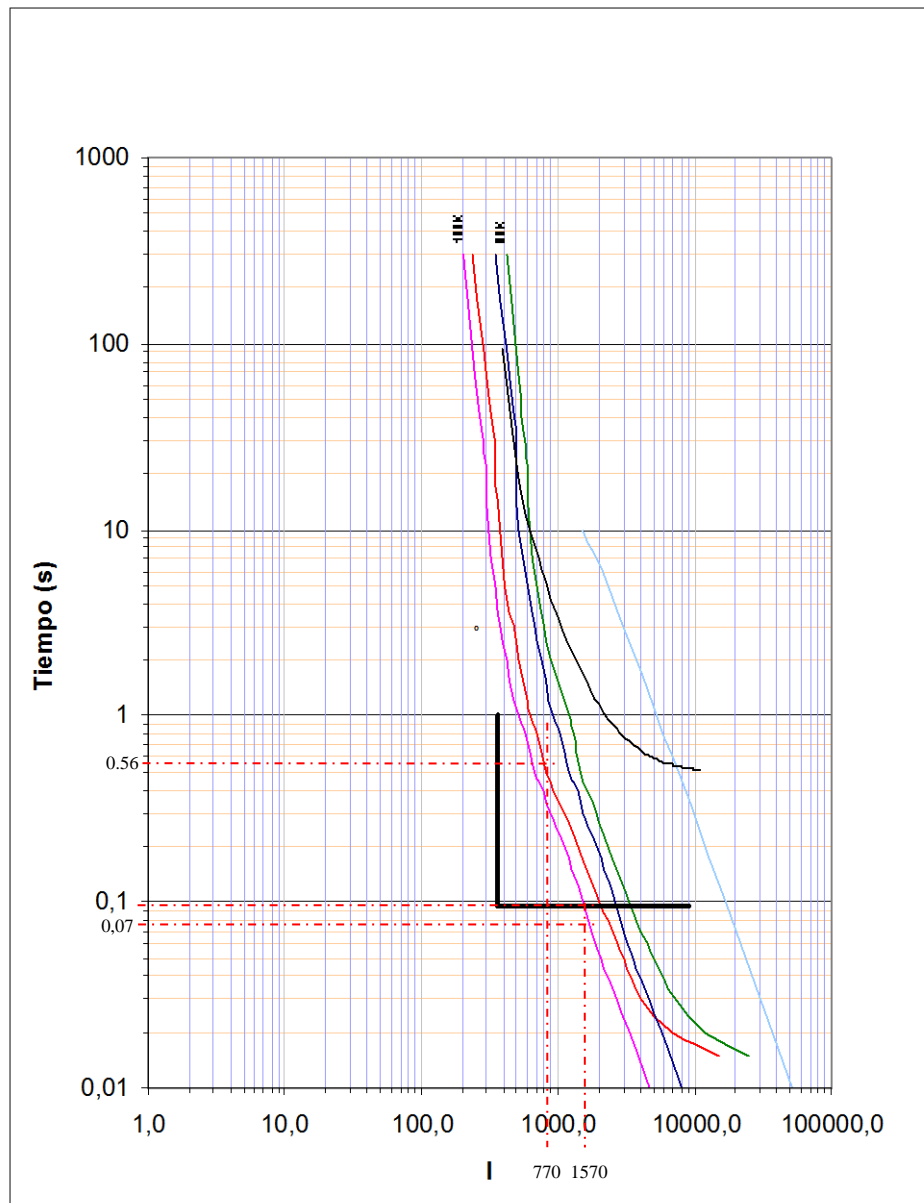


Figura 3.5 Selección de la curva para un corriente y un tiempo deseado.

Valoración de los resultados de la variante 3.

Para esta variante los fusibles seleccionados son los de mayor capacidad para que coordinen con el reconectador a las corrientes de cortocircuito ideales. Esta variante con tronco de menor longitud y fusibles grandes es decir, de 200K, 140K y 100K, tiene como ventaja que los ramales independientemente de sus características quedan protegidos de mejor manera y ante la presencia de una falla permanente el área del circuito quedará desconectada será la menor,



El uso de fusibles de mayor capacidad, hará que sean menos sensibles pero podrán actuar para cualquier falla que pueda aparecer.

Como desventaja esta variante es que del total de fusibles instalados a lo largo de todo el circuito un 20% opera con mayor rapidez que el recierre, ocasionando como resultado que todas las fallas serian consideradas permanentes.

3.3 Propuestas de protección para el Circuito Norte

3.3.1 Variante 1. Tronco desde NEM_AN1 hasta NEM_AN1134 Fusibles muy sensibles

Para esta variante se consideró el tronco de la línea desde la salida de la subestación nodo NEM_AN1 hasta el nodo NEM_AN1134, siendo una línea trifásica en toda su longitud, ver planimetría en el **anexo LV**. Se calcularon y seleccionaron los fusibles más pequeños posibles a instalarse en cada punto de los ramales.

En la **tabla 3.11**, se muestran los fusibles seleccionados para los ramales de todo el circuito, luego de analizar todos los tiempos mínimos de fusión de esta tabla, se tiene como resultado que muchos fusibles operaran con mayor rapidez que el recreador según la norma.

Tabla 3.11. Tabla de parámetros necesarios para la coordinación de fusibles en la variante 1 donde se escogen los menores fusibles que coordinen con los fusibles de los transformadores.

Nro	Fusible	Nodo NEM_AN	Iccmax (kA)	Tipo de fase	tmf (ms)	Nodo NEM_AN	Iccmin (kA)	Tipo de fase	tmi (ms)
1	100K	9	3.35	1Ø	20	13	3.27	1Ø	45
2	80K	22	3.24	3Ø	13	58	2.52	1Ø	45
3	200K	60	3.21	3Ø	155	121	1.56	1Ø	900
4	80K	65	3.02	3Ø	15	192	2.88	1Ø	39
5	80K	69	2.99	1Ø	17	197	2.81	1Ø	40
6	80K	181	2.40	1Ø	23	185	2.34	1Ø	51
7	80K	101	2.12	1Ø	29	180	2.05	1Ø	60
8	80K	113	1.71	1Ø	45	179	1.46	1Ø	110
9	50K	121	1.56	1Ø	21	130	1.33	1Ø	59
10	100K	145	1.75	1Ø	70	1076	1.06	1Ø	320
11	50K	156	1.41	1Ø	26	170	1.11	1Ø	80
12	40K	1067	1.33	1Ø	20	1069	1.25	1Ø	49
13	40K	1064	1.35	1Ø	19	1076	1.06	1Ø	64
14	140K	209	2.95	3Ø	64	217	2.76	1Ø	140
15	80K	214	2.85	1Ø	17	242	2.69	1Ø	41
16	200K	222	3.01	3Ø	170	236	2.42	1Ø	320
17	65K	237	2.50	1Ø	17	1145	2.38	1Ø	37
18	140K	249	2.68	3Ø	90	266	2.49	1Ø	160
19	80K	252	2.63	1Ø	19	262	2.53	1Ø	44
20	80K	272	2.50	1Ø	21	277	2.37	1Ø	50
21	80K	278	2.47	3Ø	22	281	2.43	1Ø	46
22	65K	292	2.30	3Ø	18	296	2.23	3Ø	42



23	65K	290	2.32	1Ø	18	299	1.07	1Ø	121
24	140K	314	2.11	3Ø	150	356	1.86	1Ø	300
25	65K	330	2.02	1Ø	19	335	1.98	1Ø	48
26	65K	357	1.80	1Ø	26	364	1.75	1Ø	58
27	50K	358	1.82	1Ø	16	369	1.75	1Ø	41
28	50K	370	1.80	1Ø	17	374	1.79	1Ø	40
29	65K	306	2.21	1Ø	19	312	2.00	1Ø	46
30	100K	376	2.01	3Ø	52	481	1.54	1Ø	155
31	65K	397	2.00	1Ø	20	398	1.98	1Ø	48
32	65K	402	1.92	1Ø	21	412	1.74	1Ø	59
33	65K	415	1.88	1Ø	24	417	1.85	1Ø	50
34	65K	420	1.82	1Ø	25	433	1.65	1Ø	60
35	65K	443	1.71	1Ø	27	452	1.61	1Ø	63
36	65K	454	1.66	1Ø	30	459	1.62	1Ø	62
37	65K	473	1.54	1Ø	35	479	1.33	1Ø	82
38	140K	379	2.06	3Ø	160	383	1.99	1Ø	260
39	50K	385	1.98	1Ø	14	389	1.91	1Ø	36
40	100K	485	2.02	3Ø	51	492	1.92	1Ø	110
41	50K	493	1.91	1Ø	36	507	1.66	1Ø	45
42	50K	518	1.88	1Ø	15	523	1.81	1Ø	39
43	100K	531	2.15	3Ø	50	650	1.36	1Ø	200
44	65K	536	1.67	1Ø	28	539	1.65	1Ø	50
45	50K	540	1.68	1Ø	18	541	1.67	1Ø	43
46	50K	547	1.65	1Ø	20	555	1.60	1Ø	45
47	50K	559	1.81	1Ø	17	562	1.59	1Ø	45
48	50K	566	1.57	1Ø	20	571	1.54	1Ø	44
49	50K	567	1.57	1Ø	80	570	1.51	1Ø	49
50	50K	576	1.53	1Ø	22	576	1.52	1Ø	48
51	50K	597	1.46	1Ø	24	606	1.43	1Ø	50
52	50K	586	1.45	1Ø	25	596	1.39	1Ø	54
53	50K	609	1.46	1Ø	24	612	1.43	1Ø	51
54	40K	619	1.41	1Ø	17	625	1.37	1Ø	45
55	40K	633	1.38	1Ø	18	643	1.34	1Ø	46
56	40K	651	1.36	1Ø	19	657	1.30	1Ø	47
57	100K	665	1.69	3Ø	78	671	1.67	1Ø	130
58	50K	668	1.67	1Ø	19	676	1.57	1Ø	46
59	100K	679	1.64	3Ø	80	1144	1.58	1Ø	150
60	100K	682	1.98	3Ø	58	799	1.37	1Ø	190
61	65K	687	1.58	1Ø	33	693	1.52	1Ø	64
62	65K	701	1.57	1Ø	34	698	1.50	1Ø	66
63	65K	702	1.54	1Ø	35	709	1.49	1Ø	67
64	65K	722	1.43	1Ø	39	736	1.26	1Ø	90
65	65K	781	1.40	1Ø	44	752	1.09	1Ø	120
66	30K	752	1.19	1Ø	14	772	1.09	1Ø	48
67	50K	784	1.39	1Ø	28	792	1.37	1Ø	55
68	65K	801	1.36	1Ø	47	808	1.31	1Ø	83
69	65K	799	1.37	1Ø	46	1062	0.72	1Ø	250
70	30K	1038	1.26	1Ø	14	1040	1.24	1Ø	35
71	30K	1045	1.21	1Ø	15	1048	1.17	1Ø	39
72	30K	1055	1.00	1Ø	19	1062	0.72	1Ø	76
73	40K	815	1.52	1Ø	14	820	1.44	1Ø	40
74	65K	831	1.45	1Ø	37	836	1.41	1Ø	74
75	100K	840	1.79	3Ø	66	847	1.75	1Ø	120
76	65K	849	1.39	1Ø	45	858	1.33	1Ø	82
77	80K	860	1.80	3Ø	41	932	1.27	1Ø	140
78	30K	904	1.36	1Ø	12	921	1.30	1Ø	33
79	65K	867	1.37	1Ø	46	899	1.07	1Ø	121
80	30K	875	1.34	1Ø	13	880	1.28	1Ø	34
81	30K	894	1.17	1Ø	16	896	1.12	1Ø	38
82	40K	948	1.31	1Ø	21	967	1.21	1Ø	50
83	80K	984	1.25	3Ø	90	986	1.24	1Ø	145
84	40K	998	1.15	1Ø	25	1008	1.07	1Ø	60
85	80K	1010	1.14	1Ø	130	1017	1.02	1Ø	340
86	40K	1018	1.02	1Ø	30	1027	0.90	1Ø	76
87	30K	1031	0.96	1Ø	24	1033	0.94	1Ø	50
88	30K	1035	0.96	1Ø	24	1104	0.77	1Ø	70
89	40K	1109	1.43	1Ø	16	1114	1.06	1Ø	62
90	40K	1115	1.43	1Ø	16	1127	1.01	1Ø	64
Tmf(ideal)ms					130				
Tml(ideal)ms					900				

Selección y coordinación de las protecciones eléctricas de los alimentadores primarios Norte, Sur y Juan de Salinas de la Subestación San Cayetano.



13	Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales y reales.	
65	Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes reales mas no a las ideales	
50	Fusibles que no coordinan con el recerrador ni a las ideales ni a las reales.	
128	TOTAL	
	Fusible mas rapido para la corriente ideal	Tmf(ideal)ms = 130
	Fusible mas lento para la corriente ideal.	Tml(ideal)ms = 900

La **tabla 3.11** se muestra en las filas de color amarillo todos los fusibles que operan con tiempos mucho menores al tiempo de acción del recerrador incluso para la corriente de cortocircuito real.

Para el fusible 80K ubicado en el Nodo NEM_AN 22 a una corriente calculada de 3240 A empieza a operar en un tiempo de 13ms y para la corriente real de 1620 A opera su tiempo en 50ms, teniendo como resultado que no cumplen con la norma. Lo mismo ocurre con todos los demás fusibles mostrados en las filas amarillas de la **tabla 3.11**.

Valoración de los resultados de la variante 1.

En las redes de distribución urbana, es muy utilizado el fusible para actuar contra cortocircuitos, a la vez que muchas veces es factible instalar reconectores que eliminen los cortocircuitos de carácter transitorios. Todos los fusibles seleccionados para esta variante, como se dijo, son los de menor capacidad que coordinan con los fusibles instalados en el interior de los transformadores autoprottegidos, como son pequeños se tiene como ventaja un bajo costo en la instalación inicial en el circuito.

Todos los fusibles mostrados en las filas amarillas de la **tabla 3.11** representan el 39% del total de los fusibles instalados en todo el circuito, debido a que estos fusibles operan más rápido que el recerrador y al ocurrir una falla transitoria no podrían ser salvados, los fusibles mostrados en filas de color blanco de la misma tabla actúan después del recierre del relé representan el 51% de los fusibles instalados en el circuito, dándonos un total del 90% de fusibles que resultarían dañados, por estas razones es que se deja de lado la presente variante, ya que se perderían muchos de los fusibles instalados, ocasionando como desventaja molestias a los usuarios al interrumpirse el suministro hasta el cambio de fusibles y un costo económico.

3.3.2 Variante 2. Tronco desde NEM_AN1 hasta NEM_AN1134 Selección de los fusibles con la capacidad necesaria para coordinar con el reconector.



Para esta variante se consideró el mismo tronco de línea que la propuesta anterior, ver planimetría en el **anexo LVI**.

En la **tabla 3.12**, se muestra los parámetros necesarios para la coordinación de la variante 2,

Tabla 3.12 Parámetros necesarios para la coordinación de fusibles en la variante 2 donde se elevan los fusibles que coordinen con el reconector.

Nº	Fusible reemplazado	Nodo NEM_AN	Iccmax (kA)	Tipo de fase	tmf ideal (ms)	Nodo NEM_AN	Iccmin Ideal (kA)	Tipo de fase	Tmf Ideal (ms)
1	200K	9	3.35	1Ø	145	13	3.27	1Ø	220
2	200K	22	3.24	3Ø	150	58	2.52	1Ø	450
3	200K	60	3.21	3Ø	155	121	1.56	1Ø	1600
4	140K	65	3.02	3Ø	67	192	2.88	1Ø	130
5	140K	69	2.99	1Ø	70	197	2.81	1Ø	135
6	140K	181	2.40	1Ø	130	185	2.34	1Ø	180
7	140K	101	2.12	1Ø	150	180	2.05	1Ø	230
8	140K	113	1.71	1Ø	230	179	1.46	1Ø	470
9	140K	121	1.56	1Ø	260	130	1.33	1Ø	650
10	140K	145	1.75	1Ø	225	1063	0.78	1Ø	3000
11	100K	156	1.41	1Ø	115	170	1.11	1Ø	290
12	100K	1067	1.33	1Ø	130	1069	1.25	1Ø	220
13	100K	1064	1.35	1Ø	127	1076	1.06	1Ø	305
14	200K	209	2.95	3Ø	190	217	2.76	1Ø	350
15	140K	214	2.85	1Ø	80	242	2.69	1Ø	360
16	200K	222	3.01	3Ø	170	236	2.42	1Ø	510
17	140K	237	2.50	1Ø	100	1145	2.38	1Ø	170
18	200K	249	2.68	3Ø	250	266	2.49	1Ø	500
19	140K	252	2.63	1Ø	97	262	2.53	1Ø	150
20	140K	272	2.50	1Ø	100	277	2.37	1Ø	175
21	140K	278	2.47	3Ø	110	281	2.43	1Ø	165
22	140K	292	2.30	3Ø	138	296	2.23	3Ø	200
23	140K	290	2.32	1Ø	130	299	1.07	1Ø	1100
24	200K	314	2.11	3Ø	410	356	1.86	1Ø	1050
25	140K	330	2.02	1Ø	153	335	1.98	1Ø	260
26	140K	357	1.80	1Ø	215	364	1.75	1Ø	350
27	140K	358	1.82	1Ø	210	369	1.75	1Ø	350
28	140K	370	1.80	1Ø	212	374	1.79	1Ø	310
29	140K	306	2.21	1Ø	140	312	2.00	1Ø	250
30	200K	376	2.01	3Ø	455	481	1.54	1Ø	1650
31	140K	397	2.00	1Ø	157	398	1.98	1Ø	260
32	140K	402	1.92	1Ø	180	412	1.74	1Ø	355
33	140K	415	1.88	1Ø	200	417	1.85	1Ø	285
34	140K	420	1.82	1Ø	210	433	1.65	1Ø	365
35	140K	443	1.71	1Ø	230	452	1.61	1Ø	380
36	140K	454	1.66	1Ø	243	459	1.62	1Ø	370
37	140K	473	1.54	1Ø	263	479	1.33	1Ø	650
38	200K	379	2.06	3Ø	450	383	1.99	1Ø	905
39	140K	385	1.98	1Ø	160	389	1.91	1Ø	265
40	200K	485	2.02	3Ø	453	492	1.92	1Ø	910
41	140K	493	1.91	1Ø	185	507	1.66	1Ø	360
42	140K	518	1.88	1Ø	200	523	1.81	1Ø	300
43	200K	531	2.15	3Ø	405	650	1.36	1Ø	3000
44	140K	536	1.67	1Ø	235	539	1.65	1Ø	365
45	140K	540	1.68	1Ø	238	541	1.67	1Ø	370
46	140K	547	1.65	1Ø	245	555	1.60	1Ø	390
47	140K	559	1.81	1Ø	215	562	1.59	1Ø	440
48	140K	566	1.57	1Ø	258	571	1.54	1Ø	450
49	140K	567	1.57	1Ø	258	570	1.51	1Ø	450
50	140K	575	1.53	1Ø	265	576	1.52	1Ø	400
51	100K	596	1.46	1Ø	100	606	1.43	1Ø	170
52	100K	586	1.45	1Ø	105	596	1.39	1Ø	180



53	140K	609	1.46	1Ø	340	612	1.43	1Ø	510
54	100K	619	1.41	1Ø	115	625	1.37	1Ø	190
55	100K	633	1.38	1Ø	120	643	1.34	1Ø	205
56	100K	651	1.36	1Ø	125	657	1.30	1Ø	210
57	200K	665	1.69	3Ø	710	671	1.67	1Ø	1300
58	140K	668	1.67	1Ø	240	676	1.57	1Ø	395
59	200K	679	1.64	3Ø	720	1144	1.58	1Ø	445
60	200K	682	1.98	3Ø	470	799	1.37	1Ø	2900
61	140K	687	1.58	1Ø	250	693	1.52	1Ø	400
62	140K	701	1.57	1Ø	255	698	1.50	1Ø	410
63	140K	702	1.54	1Ø	263	709	1.49	1Ø	450
64	140K	722	1.43	1Ø	350	736	1.26	1Ø	750
65	140K	783	1.40	1Ø	360	752	1.19	1Ø	850
66	100K	752	1.19	1Ø	165	772	1.09	1Ø	295
67	140K	784	1.39	1Ø	380	792	1.37	1Ø	600
68	140K	801	1.36	1Ø	380	808	1.31	1Ø	680
69	140K	799	1.37	1Ø	365	1055	1.00	1Ø	1450
70	100K	1038	1.26	1Ø	140	1040	1.24	1Ø	230
71	100K	1045	1.21	1Ø	150	1048	1.17	1Ø	250
72	100K	1055	1.00	1Ø	200	1062	0.72	1Ø	700
73	140K	815	1.52	1Ø	280	820	1.44	1Ø	480
74	140K	831	1.45	1Ø	320	836	1.41	1Ø	520
75	140K	840	1.79	3Ø	220	847	1.75	1Ø	350
76	100K	849	1.39	1Ø	118	858	1.33	1Ø	208
77	200K	860	1.80	3Ø	660	932	1.27	1Ø	3600
78	100K	904	1.36	1Ø	125	921	1.30	1Ø	210
79	140K	867	1.37	1Ø	365	899	1.07	1Ø	1100
80	100K	875	1.34	1Ø	128	880	1.28	1Ø	215
81	80K	894	1.17	1Ø	98	896	1.12	1Ø	170
82	100K	948	1.31	1Ø	135	967	1.21	1Ø	240
83	140K	984	1.25	3Ø	450	986	1.24	1Ø	800
84	100K	998	1.15	1Ø	180	1008	1.07	1Ø	300
85	140K	1010	1.14	1Ø	560	1017	1.02	1Ø	1400
86	80K	1018	1.02	1Ø	130	1027	0.90	1Ø	230
87	80K	1031	0.96	1Ø	140	1033	0.94	1Ø	240
88	80K	1035	0.96	1Ø	140	1104	0.77	1Ø	350
89	100K	1109	1.43	1Ø	108	1114	1.06	1Ø	310
90	100K	1115	1.43	1Ø	108	1127	1.01	1Ø	350
Tmf(ideal)ms					97				
Tml(ideal)ms					3600				

117	Fusibles reemplazados que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales.
6	Fusibles no reemplazados que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales.
5	Fusibles que no coordinan con el recerrador a las corrientes ideales pero a las reales si.
128	TOTAL

Fusible mas rapido para corriente ideal 140K
Fusible mas lento para corriente ideal 200K

Tmf(ideal)ms = 97
Tml(ideal)ms = 3600

Para esta variante el fusible mas rápido es de 65K que esta ubicado en el nodo NEM_AN 415 en un ramal monofasico a una corriente de cortocircuito real de 0.94kA posee un tiempo mínimo de fusión de 97ms. Mientras que el fusible más lento es uno de 200K ubicado en el nodo NEM_AN 859 en un ramal trifásico a una corriente de cortocircuito mínima de 1.27kA posee un tiempo máximo de limpieza de 3600ms.

Relé DPU2000R (Recierre)

Corriente de servicio máxima $I_{sm} = 250 \text{ A}$

$$I_{R(fase)} = 360A$$

$$\frac{I_{cc \min}}{I_{R(fase)}} = \frac{720}{360} = 2 \geq 2$$

Como la sensibilidad es 2 cumplirá con la coordinación, pero el coeficiente de sensibilidad está muy cercano a la norma. Por tanto sería necesario activar las protecciones de sobrecorriente instantáneas de tierra que garantizarán mayor sensibilidad.

El ajuste de la protección de sobrecorriente instantánea de tierra será igual a:

$$I_{R(tierra)} \geq 144A$$

$$\frac{I_{cc \min}}{I_{R(tierra)}} = \frac{720}{144} = 5 \geq 2$$

Conociendo que el fusible mas lento que esta instalado en el circuito Norte es de 200 K con un tiempo máximo de limpieza de 3600ms, instalado en el nodo NEM_AN 859 para una corriente mínima de 1270A,

$$T_{R(mínimo)} \geq 4.86 \text{ seg}$$

Cumpliendo con las exigencias se tiene que:

$$I_{pu(fase)} = \frac{I_{cc \min}}{I_{R(fase)}} = \frac{1270A}{360A} = 3.53$$

$$I_{pu(tierra)} = \frac{I_{cc \min}}{I_{R(tierra)}} = \frac{1270A}{144A} = 8.82$$

Utilizando los resultados anteriormente expuesto y la curva Inversa de Tiempo Largo, el Dial para la función de de sobrecorriente de tiempo de fase será 0.2, y el dial para la función de sobrecorriente de tierra con tiempo será igual de 0.4 ambos cumplen con las exigencias.

Las corrientes ajustadas para las protecciones de sobrecorrientes quedarían expresadas como:

$$TAP_{(fase)} = \frac{I_{R(fase)}}{RTC} = \frac{360A}{60} = 6$$

$$TAP_{(tierra)} = \frac{I_{R(tierra)}}{RTC} = \frac{144A}{60} = 2.4$$

Según los resultados antes obtenidos el relé se ajustara de acuerdo a la **tabla 3.13**.

Tabla 3.13 Ajuste de las funciones de protección del relé reconector para la variante 2.

Reconexiones	Fase			Tierra		
	50	51		50 G	51	
	Tap	Tap	Dial	Tap	Tap	Dial
1	6	6	0.2	2.4	2.4	0.4
2	6	6	0.2	2.4	2.4	0.4
3	X	6	0.2	X	2.4	0.4

X: no está habilitado

Las protecciones de sobrecorriente de tiempo son Curva Inversa de Tiempo Largo

Valoración de los resultados de la variante 2

En esta variante se han seleccionado sustituyendo los fusibles a la capacidad necesaria para que coordinen con el recerrador. Se tiene como ventaja que el recerrador siempre actuara mucho más rápido que el fusible más rápido y también será más lento que cualquiera de ellos. Elevar la capacidad de los fusibles hace que estos pierdan sensibilidad ya que operan en tiempos mayores pero igual podrán actuar para cualquier falla que aparezca.

Para esta variante tan solo 5 fusibles que representan el 4% del total de fusibles instalados operaran para las corrientes de cortocircuito reales. Como se puede ver se logra una gran optimización del circuito ya que se protege el 96% de los fusibles. Para los fusibles que fueron sustituidos se consideró también la corriente de cortocircuito calculada.

Al aparecer fallas de carácter transitorio con la selección de los fusibles mostrados en esta variante se mejorará el servicio y con la presencia de fallas permanentes se desconectara solamente la zona donde se ocasiona dicha falla, ganando con esto mucha selectividad.

3.3.3 Variante 3. Tronco desde NEM_AN1 hasta NEM_AN1134 reducción del tronco y fusibles grandes en todos los ramales del circuito.

Para esta variante se consideró el tronco de línea desde la salida de la subestación nodo NEM_AN1 hasta el nodo NEM_AN933 línea trifásica en toda su longitud, es decir se redujo el tronco ubicando un fusible de 140K en el nodo NEM_AN 933 y se instalaron fusibles grandes para todos los ramales, ver planimetría en el **anexo LVII**.

En la **tabla 3.14**, se muestra todos los fusibles que están instalados en el circuito para la variante 3.

Tabla 3.14. Tabla de parámetros necesarios para la coordinación de fusibles en la variante 3.

Nro	Fusible	Nodo NEM_AN	Iccmax (kA)	Tipo de fase	tmf (ms)	Nodo NEM_AN	Iccmin (kA)	Tipo de fase	tml (ms)
1	200K	9	3.35	1Ø	145	13	3.27	1Ø	220
2	200K	22	3.24	3Ø	150	58	2.52	1Ø	450
3	200K	60	3.21	3Ø	155	121	1.56	1Ø	1600
4	140K	65	3.02	3Ø	67	192	2.88	1Ø	130
5	140K	69	2.99	1Ø	70	197	2.81	1Ø	135
6	140K	181	2.40	1Ø	130	185	2.34	1Ø	180
7	140K	101	2.12	1Ø	150	180	2.05	1Ø	230
8	140K	113	1.71	1Ø	230	179	1.46	1Ø	470
9	140K	121	1.56	1Ø	260	130	1.33	1Ø	650
10	140K	145	1.75	1Ø	225	1063	0.78	1Ø	3000
11	100K	156	1.41	1Ø	115	170	1.11	1Ø	290
12	100K	1067	1.33	1Ø	130	1069	1.25	1Ø	220
13	100K	1064	1.35	1Ø	127	1076	1.06	1Ø	305
14	200K	209	2.95	3Ø	190	217	2.76	1Ø	350
15	140K	214	2.85	1Ø	80	242	2.69	1Ø	360
16	200K	222	3.01	3Ø	170	236	2.42	1Ø	510
17	140K	237	2.50	1Ø	100	1145	2.38	1Ø	170
18	200K	249	2.68	3Ø	250	266	2.49	1Ø	500
19	140K	252	2.63	1Ø	97	262	2.53	1Ø	150
20	140K	272	2.50	1Ø	100	277	2.37	1Ø	175
21	140K	278	2.47	3Ø	110	281	2.43	1Ø	165
22	140K	292	2.30	3Ø	138	296	2.23	3Ø	200
23	140K	290	2.32	1Ø	130	299	1.07	1Ø	1100
24	200K	314	2.11	3Ø	410	356	1.86	1Ø	1050
25	140K	330	2.02	1Ø	153	335	1.98	1Ø	260
26	140K	357	1.80	1Ø	215	364	1.75	1Ø	350
27	140K	358	1.82	1Ø	210	369	1.75	1Ø	350
28	140K	370	1.80	1Ø	212	374	1.79	1Ø	310
29	140K	306	2.21	1Ø	140	312	2.00	1Ø	250
30	200K	376	2.01	3Ø	455	481	1.54	1Ø	1650
31	140K	397	2.00	1Ø	157	398	1.98	1Ø	260
32	140K	402	1.92	1Ø	180	412	1.74	1Ø	355
33	140K	415	1.88	1Ø	200	417	1.85	1Ø	285
34	140K	420	1.82	1Ø	210	433	1.65	1Ø	365
35	140K	443	1.71	1Ø	230	452	1.61	1Ø	380
36	140K	454	1.66	1Ø	243	459	1.62	1Ø	370
37	140K	473	1.54	1Ø	263	479	1.33	1Ø	650
38	200K	379	2.06	3Ø	450	383	1.99	1Ø	905
39	140K	385	1.98	1Ø	160	389	1.91	1Ø	265
40	200K	485	2.02	3Ø	453	492	1.92	1Ø	910
41	140K	493	1.91	1Ø	185	507	1.66	1Ø	360
42	140K	518	1.88	1Ø	200	523	1.81	1Ø	300
43	200K	531	2.15	3Ø	405	650	1.36	1Ø	3000
44	140K	536	1.67	1Ø	235	539	1.65	1Ø	365



45	140K	540	1.68	1Ø	238	541	1.67	1Ø	370	
46	140K	547	1.65	1Ø	245	555	1.60	1Ø	390	
47	140K	559	1.81	1Ø	215	562	1.59	1Ø	440	
48	140K	566	1.57	1Ø	258	571	1.54	1Ø	450	
49	140K	567	1.57	1Ø	258	570	1.51	1Ø	450	
50	140K	575	1.53	1Ø	265	576	1.52	1Ø	400	
51	100K	596	1.46	1Ø	100	606	1.43	1Ø	170	
52	100K	586	1.45	1Ø	105	596	1.39	1Ø	180	
53	140K	609	1.46	1Ø	340	612	1.43	1Ø	510	
54	100K	619	1.41	1Ø	115	625	1.37	1Ø	190	
55	100K	633	1.38	1Ø	120	643	1.34	1Ø	205	
56	100K	651	1.36	1Ø	125	657	1.30	1Ø	210	
57	200K	665	1.69	3Ø	710	671	1.67	1Ø	1300	
58	140K	668	1.67	1Ø	240	676	1.57	1Ø	395	
59	200K	679	1.64	3Ø	720	1144	1.58	1Ø	445	
60	200K	682	1.98	3Ø	470	799	1.37	1Ø	2900	
61	140K	687	1.58	1Ø	250	693	1.52	1Ø	400	
62	140K	701	1.57	1Ø	255	698	1.50	1Ø	410	
63	140K	702	1.54	1Ø	263	709	1.49	1Ø	450	
64	140K	722	1.43	1Ø	350	736	1.26	1Ø	750	
65	140K	783	1.40	1Ø	360	752	1.19	1Ø	850	
66	100K	752	1.19	1Ø	165	772	1.09	1Ø	295	
67	140K	784	1.39	1Ø	380	792	1.37	1Ø	600	
68	140K	801	1.36	1Ø	380	808	1.31	1Ø	680	
69	140K	799	1.37	1Ø	365	1055	1.00	1Ø	1450	
70	100K	1038	1.26	1Ø	140	1040	1.24	1Ø	230	
71	100K	1045	1.21	1Ø	150	1048	1.17	1Ø	250	
72	100K	1055	1.00	1Ø	200	1062	0.72	1Ø	700	
73	140K	815	1.52	1Ø	280	820	1.44	1Ø	480	
74	140K	831	1.45	1Ø	320	836	1.41	1Ø	520	
75	140K	840	1.79	3Ø	220	847	1.75	1Ø	350	
76	100K	849	1.39	1Ø	118	858	1.33	1Ø	208	
77	200K	860	1.80	3Ø	660	932	1.27	1Ø	3600	
78	100K	904	1.36	1Ø	125	921	1.30	1Ø	210	
79	140K	867	1.37	1Ø	365	899	1.07	1Ø	1100	
80	100K	875	1.34	1Ø	128	880	1.28	1Ø	215	
81	80K	894	1.17	1Ø	98	896	1.12	1Ø	170	
82	140K	933	1.79	3Ø	220	1134	1.05	1Ø	1380	
83	100K	948	1.31	1Ø	135	967	1.21	1Ø	240	
84	100K	984	1.25	3Ø	138	986	1.24	1Ø	235	
85	100K	998	1.15	1Ø	180	1008	1.07	1Ø	300	
86	100K	1010	1.14	1Ø	185	1017	1.02	1Ø	305	
87	65K	1018	1.02	1Ø	80	1027	0.90	1Ø	160	
88	65K	1031	0.96	1Ø	90	1033	0.94	1Ø	140	
89	65K	1035	0.96	1Ø	90	1104	0.77	1Ø	220	
90	100K	1109	1.43	1Ø	108	1114	1.06	1Ø	310	
91	100K	1115	1.43	1Ø	108	1127	1.01	1Ø	350	
Tmf(ideal)ms					97					
Tml(ideal)ms										3600

- 120** Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales y reales.
- 8** Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes reales mas no a las ideales
- 3** Fusible donde se dividió el tronco del circuito.

131 TOTAL

Fusible mas rapido para corriente ideal 140K
Fusiblemas lento para corriente ideal 200K

Tmf(ideal)ms = 97
Tml(ideal)ms = 3600

Para esta variante el fusible mas rápido es el 140K que esta ubicado en el nodo NEM_AN 252 en un ramal monofásico a una corriente de 2.63kA posee un tiempo mínimo de fusión de 97ms. Mientras que el fusible más lento es uno de 2000K ubicado en el nodo NEM_AN 799 en un ramal monofásico a una corriente de cortocircuito mínima de 0.72kA posee un tiempo máximo de limpieza de 3600ms.

Relé DPU2000R (Recierre)

Siguiendo los procedimientos empleados en las variantes antes mencionadas el recreador se configura de acuerdo a la **tabla 3.15**.

Tabla 3.15 Ajuste de las funciones de protección del relé reconector para la variante 2.

Reconexiones	Fase			Tierra		
	50	51		50 G	51	
	Tap	Tap	Dial	Tap	Tap	Dial
1	6	6	0.1	2.4	2.4	0.2
2	6	6	0.1	2.4	2.4	0.2
3	X	6	0.1	X	2.4	0.2

X: no está habilitado

Las protecciones de sobrecorriente de tiempo son Curva Inversa de Tiempo Largo.

Valoración de los resultados de la variante 3

En esta variante se seleccionaron fusibles grandes para todos los ramales, se pierde en sensibilidad pero están instalados y seleccionados de tal forma que coordinen sin ningún problema con el recerrador, además se redujo el tronco del circuito ya que al ser el tronco del circuito muy largo se corre el riesgo de que si ocurre una falla en este se quede sin servicio todo el circuito.

Para conseguir esto, el tronco del circuito debe ser el mas atendido, es decir, debe tener los mejores postes, buenos aisladores, conductores gruesos, mantenerlo alejado de ramas de árboles que puedan caer en el, etc. Conseguir esto implica un gasto de instalación inicial costoso pero se logra optimización en el servicio.

Se tiene también como ventaja que el recerrador siempre actuara mucho más rápido que el fusible más rápido, se trato de seleccionar la mayor cantidad de fusibles de la misma capacidad con la finalidad de que no hayan confusiones al momento de la instalación si se escogieran fusibles de muchas capacidades diferentes.

3.4 Propuestas de protección para el Circuito Juan de Salinas



3.4.1 Variante 1. Tronco desde NEM_AJS1 hasta NEM_AJS80 Fusibles de mínima capacidad que coordinan con los fusibles de los transformadores

Para esta variante se consideró como tronco de la línea desde la salida de la subestación nodo NEM_AJS1 hasta el nodo NEM_AJS80, siendo una línea trifásica en toda su longitud, ver planimetría en el **anexo LVIII**. Se calcularon y seleccionaron los fusibles más pequeños posibles a instalarse en cada punto de los ramales.

En la **tabla 3.16** se muestran los fusibles seleccionados para los ramales de todo el circuito, luego de analizar todos los tiempos mínimos de fusión de esta tabla, se puede ver que el 76% de los fusibles mostrados de color amarillo empiezan a operar en tiempos menores que el tiempo de acción instantáneo del recerrador. Tan solo 9 fusibles que representan el 18% de los fusibles instalados en el circuito quedarían salvaguardados por el recerrador, 3 fusibles que representan el 6% operan mas lento que el recierre pero para corrientes reales, al perderse el 82% de los fusibles cuando ocurra una falla transitoria, es que se deja de lado la presente variante 1.

Tabla 3.16 Parámetros necesarios para la coordinación de fusibles en la variante 1 donde se escogen los menores fusibles que coordinen con los fusibles de los transformadores

Nro	Fusible	Nodo NEM_AJS	Iccmax kA	Tipo de fase	t _{mf} ms	Nodo NEM_AJS	Iccmin kA	Tipo de fase	t _{ml} ms
1	80K	13	3.22	1Ø	14	16	3.08	1Ø	35
2	80K	95	2.97	3Ø	15	106	2.56	1Ø	44
3	200K	45	2.99	3Ø	190	120	2.81	1Ø	370
4	80K	109	2.92	3Ø	16	110	2.89	1Ø	38
5	80K	116	2.82	3Ø	17	118	2.71	1Ø	39
6	140K	120	2.81	3Ø	80	128	2.57	1Ø	150
7	65K	129	2.64	3Ø	11	133	2.54	1Ø	35
8	65K	37	2.60	1Ø	12	38	2.58	1Ø	34
9	65K	144	2.53	1Ø	13	44	2.42	1Ø	37
10	65K	50	2.48	1Ø	14	55	2.43	1Ø	36
11	65K	56	2.47	1Ø	15	60	2.44	1Ø	35
12	140K	65	2.39	3Ø	115	73	2.29	1Ø	190
13	65K	69	2.31	3Ø	16	71	2.29	1Ø	40
14	65K	320	2.31	3Ø	16	146	2.28	1Ø	41
15	65K	302	2.28	3Ø	17	305	2.22	1Ø	43
16	65K	81	2.25	3Ø	18	86	2.15	1Ø	46
17	140K	89	2.26	3Ø	140	94	2.16	1Ø	210
18	65K	91	2.21	3Ø	19	309	2.19	1Ø	44
19	65K	93	2.16	3Ø	20	151	2.15	1Ø	46
20	65K	150	2.14	3Ø	21	288	1.98	1Ø	48
T_{mf}(ideal)ms					140				
T_{ml}(ideal)ms									370

- 9** Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales y reales.
- 3** Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes reales mas no a las ideales
- 38** Fusibles que no coordinan con el recerrador ni a las ideales ni a las reales.

50 TOTAL

Fusible mas rapido para la corriente ideal **T_{mf}(ideal)ms = 130**
 Fusible mas lento para la corriente ideal. **T_{ml}(ideal)ms = 370**



3.4.2 Variante 2. Tronco desde NEM_AJS1 hasta NEM_AJS80 Selección de los fusibles con la capacidad necesaria para coordinar con el reconector

Para esta variante se consideró el mismo tronco de línea que la propuesta anterior, ver planimetría en el **anexo LIX**.

En la **tabla 3.17** se muestran todos los parámetros necesarios para la coordinación de los fusibles propuestos para la variante 2.

Tabla 3.17 Parámetros necesarios para la coordinación de fusibles en la variante 2 donde se elevan los fusibles que coordinen con el recerrador

Nº	Fusible reemplazado	Nodo NEM_AJS	Iccmax (kA)	Tipo de fase	tmf ideal (ms)	Nodo NEM_AJS	Iccmin ideal (kA)	Tipo de fase	tml ideal (ms)
1	200K	13	3.22	1Ø	180	16	3.08	1Ø	290
2	200K	95	2.97	3Ø	195	106	2.56	1Ø	450
3	200K	45	2.99	3Ø	190	120	2.81	1Ø	350
4	100K	109	2.92	3Ø	25	110	2.89	1Ø	54
5	100K	116	2.82	3Ø	26	118	2.71	1Ø	56
6	140K	120	2.81	3Ø	80	128	2.57	1Ø	155
7	100K	129	2.64	3Ø	32	133	2.54	1Ø	64
8	140K	37	2.60	1Ø	96	38	2.58	1Ø	150
9	140K	144	2.53	1Ø	100	44	2.42	1Ø	180
10	140K	50	2.48	1Ø	110	55	2.43	1Ø	175
11	140K	56	2.47	1Ø	115	60	2.44	1Ø	170
12	200K	65	2.39	3Ø	330	73	2.29	1Ø	610
13	140K	69	2.31	3Ø	130	71	2.29	1Ø	190
14	140K	320	2.31	3Ø	130	146	2.28	1Ø	195
15	140K	302	2.28	3Ø	140	305	2.22	1Ø	200
16	140K	81	2.25	3Ø	143	86	2.15	1Ø	220
17	200K	89	2.26	3Ø	380	94	2.16	1Ø	750
18	140K	91	2.21	3Ø	145	309	2.19	1Ø	210
19	140K	93	2.16	3Ø	150	151	2.15	1Ø	220
20	140K	150	2.14	3Ø	155	288	1.98	1Ø	270
Tmf(ideal)ms					96				
Tml(ideal)ms									750

35	Fusibles reemplazados que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales.
3	Fusibles no reemplazados que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales.
12	Fusibles que no coordinan con el recerrador a las corrientes ideales pero a las reales si.
50	TOTAL

Fusible mas rapido para la corriente ideal **Tmf(ideal)ms = 96**
 Fusible mas lento para la corriente ideal **Tml(ideal)ms = 750**

El fusible más rápido es de 140K ubicado en el nodo NEM_AJS 37 en un ramal monofásico a una corriente de cortocircuito de 2.60kA posee un tiempo mínimo de fusión de 96ms. Mientras que el fusible más lento es 200K ubicado en el nodo NEM_AJS 89 en un ramal trifásico a una corriente de cortocircuito mínima de 2.16kA posee un tiempo máximo de limpieza de 750ms.

Relé DPU2000R (Recierre)

$$I_{sm} = 100A$$

$$I_{R(fase)} = 180A$$

$$\frac{I_{cc \min}}{I_{R(fase)}} = \frac{1960A}{180A} = 10.8 \geq 2 \text{ Cumple con la sensibilidad.}$$

El ajuste de la protección de sobrecorriente instantánea de tierra será igual a:

$$I_{R(tierra)} \geq 72A$$

Y su sensibilidad estará dada por:

$$\frac{I_{cc \min}}{I_{R(tierra)}} = \frac{1960A}{72A} = 27.2 \geq 2$$

$T_{R(mínimo)} \geq 1.01seg$ Tiempo mínimo total que el recerrador tendrá que esperar para una falla de 2160A.

Cumpliendo con las exigencias.

$$I_{pu(fase)} = \frac{I_{cc \min}}{I_{R(fase)}} = \frac{2160A}{180A} = 12$$

$$I_{pu(tierra)} = \frac{I_{cc \min}}{I_{R(tierra)}} = \frac{2160A}{72A} = 30$$

El Dial para la función de de sobrecorriente de tiempo de fase será 0.1 y el dial para la función de sobrecorriente de tierra con tiempo será igual de 0.3 ambos cumplen con las exigencias.

Las corrientes ajustadas para las protecciones de sobrecorrientes quedarían expresadas como:

$$TAP_{(fase)} = \frac{I_{R(fase)}}{RTC} = \frac{180A}{60} = 3$$

$$TAP_{(tierra)} = \frac{I_{R(tierra)}}{RTC} = \frac{72A}{60} = 1.2$$

El relé se ajustara de acuerdo a la **tabla 3.18**:

Tabla 3.18 Ajuste de las funciones de protección del relé reconector para la variante 2.

Reconexiones	Fase			Tierra		
	50	51		50 G	51	
	Tap	Tap	Dial	Tap	Tap	Dial
1	3	3	0.1	1.2	1.2	0.3
2	3	3	0.1	1.2	1.2	0.3
3	X	3	0.1	X	1.2	0.3

X: no está habilitado

Las protecciones de sobrecorriente de tiempo son Curva Inversa de Tiempo Largo

Valoración de los resultados de la variante 2.

Se cambiaron el 70% de los fusibles que se seleccionaron en la variante 1, con esto se logro elevar la coordinación del circuito en un 76%, el 24% restante también coordinaran con el recerrador pero con la diferencia que lo harán para corrientes reales. En el caso de ocurrir una falla de carácter transitorio todos los fusibles podrán salvarse, con esto se gano en la optimización de todo el circuito.

Se seleccionaron fusibles únicamente de 100K, 140K y 200K con la finalidad de que no exista mucha variedad ya que se pueden presentar equivocaciones por parte de los operarios al momento de ser instalados y también para ganar en economía, ya que en su compra se pedirían fusibles casi de una misma capacidad.

3.4.3. Variante 3. Tronco desde NEM_AJS1 hasta NEM_AJS143 fusibles grandes en todas las derivaciones del tronco del circuito.

Para esta variante se consideró el tronco de línea desde la salida de la subestación nodo NEM_AJS1 hasta el nodo NEM_AJS143 línea trifásica en toda su longitud, se redujo el tronco ubicando un fusible de 200K en el nodo NEM_AJS144 y se instalaron fusibles grandes para todos los ramales, ver planimetría en el **anexo LX**.

En la **tabla 3.19** se muestran todos los parámetros necesarios para la coordinación y los fusibles que fueron seleccionados para el circuito para esta variante, él fusible mas rápido es el 140K que esta ubicado en el nodo NEM_AJS 89 en un ramal trifásico a una corriente de 2.26kA posee un tiempo mínimo de fusión 140ms. El fusible más lento es



de 200K ubicado en el nodo NEM_AJS 144 en un ramal trifásico a una corriente de cortocircuito mínima de 2.27kA posee un tiempo máximo de limpieza de 600ms.

Tabla 3.19 Tabla de parámetros necesarios para la coordinación de fusibles en la variante 3 con fusibles grandes.

Nro	Fusible	Nodo NEM_AJS	Iccmax kA	Tipo de fase	tmf ms	Nodo NEM_AJS	Iccmin kA	Tipo de fase	tml ms
1	200K	13	3.22	1Ø	180	16	3.08	1Ø	290
2	200K	95	2.97	3Ø	195	106	2.56	1Ø	450
3	200K	45	2.99	3Ø	190	120	2.81	1Ø	350
4	140K	109	2.92	3Ø	70	110	2.89	1Ø	125
5	140K	116	2.82	3Ø	78	118	2.71	1Ø	130
6	140K	120	2.81	3Ø	80	128	2.57	1Ø	155
7	140K	129	2.64	3Ø	94	133	2.54	1Ø	160
8	200K	37	2.60	1Ø	270	38	2.58	1Ø	430
9	200K	144	2.53	1Ø	280	44	2.42	1Ø	550
10	200K	144	2.56	3Ø	275	80	2.27	1Ø	600
11	140K	50	2.48	1Ø	110	55	2.43	1Ø	175
12	140K	56	2.47	1Ø	115	60	2.44	1Ø	170
13	140K	65	2.39	3Ø	116	73	2.29	1Ø	190
14	100K	69	2.31	3Ø	43	71	2.29	1Ø	78
15	100K	320	2.31	3Ø	43	146	2.28	1Ø	80
16	100K	302	2.28	3Ø	45	305	2.22	1Ø	82
17	140K	81	2.25	3Ø	143	86	2.15	1Ø	220
18	140K	89	2.26	3Ø	140	94	2.16	1Ø	210
19	100K	91	2.21	3Ø	48	309	2.19	1Ø	86
20	100K	93	2.16	3Ø	50	151	2.15	1Ø	87
21	100K	150	2.14	3Ø	52	288	1.98	1Ø	110
Tmf(ideal)ms					140				
Tml(ideal)ms									600

- 20** Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes ideales y reales.
- 30** Fusibles que coordinan con el recerrador a las corrientes reales mas no a las ideales
- 3** Fusible donde se dividió el tronco del circuito.
- 53** **TOTAL**

Fusible mas rapido para la corriente ideal **Tmf(ideal)ms = 140**
 Fusible mas lento para la corriente ideal. **Tml(ideal)ms = 600**

Relé DPU200R (Recierre)

$T_{R(mínimo)} \geq 0.81seg$ Tiempo mínimo total que el recerrador tendrá que esperar para una falla de 2270A.

Cumpliendo con las exigencias.

$$Ipu_{(fase)} = \frac{Icc \min}{I_{R(fase)}} = \frac{2270A}{180A} = 12.6$$

$$Ipu_{(tierra)} = \frac{Icc \min}{I_{R(tierra)}} = \frac{2270A}{72A} = 31.5$$

El Dial para la función de de sobrecorriente de tiempo de fase será 0.1 y el dial para la función de sobrecorriente de tierra con tiempo será igual de 0.3 ambos cumplen con las exigencias.



El relé se ajustara de acuerdo a la **tabla 3.20**:

Tabla 3.20 Ajuste de las funciones de protección del relé reconector para la variante 3.

Reconexiones				Tierra		
	50			Fase	51	
	Tap	Tap	51	Tap	Tap	Dial
1	3	3	0.1	1.2	1.2	0.3
2	3	3	0.1	1.2	1.2	0.3
3	X	3	0.1	X	1.2	0.3

X: no está habilitado

Las protecciones de sobrecorriente de tiempo son Curva Inversa de Tiempo Largo

Valoración de los resultados de la variante 3.

Se seleccionaron fusibles de 200K para proteger todos los ramales del tronco del circuito, además se cortó el tronco al igual que la variantes anteriores por las mismas razones ya explicadas, pero al cortar el tronco se eleva al 57% los fusibles que coordinaran con el recreador tan solo a las corrientes reales, es verdad que se reducen las fallas en el tronco pero se pierde en cantidad de fusibles que podrán coordinar con el recerrador a las corrientes ideales.



Capítulo 4

Valoración económica de los Resultados

4.1 Introducción

4.2 Análisis de las variantes para el Circuito Sur

4.3 Análisis de las variantes para el Circuito Norte

4.4 Análisis de las variantes para el Circuito Juan de Salinas

4.5 Conclusiones

4.1 Introducción

Una de las partes más importantes de un proyecto es la valoración en cuanto al costo de todo lo indispensable para llevarlo a la práctica. En este capítulo se realiza un análisis de cada una de las variantes teniendo en cuenta los gastos a efectuar y se llegará a conclusiones que permitan hacer una selección adecuada de la variante final que se propone llevar a la práctica.

4.2 Análisis de las variantes para el Circuito Sur

Se realiza un análisis del costo de los materiales a utilizarse en los circuitos como fusibles, seccionadores fusibles, conectadores, etc, se analiza también los costos directos dentro de los cuales está la mano de obra, transporte de materiales y transporte de personal, así mismo se consideraron los costos indirectos dentro de los cuales está la dirección técnica, administración e imprevistos 12%, véase las **tablas (4.1, 4.2, y 4.3)** mostradas a continuación.

**Variante 1:****Tabla 4.1** Costo para la aplicación de la Variante 1.

		CIRCUITO SUR LISTADO DE MATERIALES VARIANTE 1			
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN		P. UNITARIO	P. TOTAL
PARTIDA B: SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN					
1	59	SECCIONADOR FUSIBLE DE 15 KV - 100 A. TIPO ABIERTO		65,64	3.872,76
2	3	TIRAFUSIBLE TIPO 40K		2,08	6,24
3	10	TIRAFUSIBLE TIPO 50K		2,18	21,80
4	31	TIRAFUSIBLE TIPO 65K		2,18	67,58
5	23	TIRAFUSIBLE TIPO 80K		2,18	50,14
6	25	TIRAFUSIBLE TIPO 100K		2,48	62,00
7	9	TIRAFUSIBLE TIPO 140K		2,48	22,32
8	3	TIRAFUSIBLE TIPO 200K		3,06	9,18
9	59	CONECTOR RANURA PARALELA # 6 - 1/0 AWG, AL - AL		1,35	79,65
10	59	GRAPA PARA LÍNEA ENERGIZADA # 6 - 1/0 AWG		11,25	663,75
11	59	PERNO MÁQUINA 5/8" x 8 CON TUERCA Y ARANDELA DE 2"		1,52	89,68
SUB TOTAL MATERIALES US\$					4.945,10
MANO DE OBRA 25%				1.236,28	1.236,28
TRANSPORTE DE MATERIALES 8%				395,61	395,61
TRANSPORTE DE PERSONAL, MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS 10%				494,51	494,51
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS US\$					2.126,39
DIRECCIÓN TÉCNICA 15%				741,77	741,77
ADMINISTRACIÓN 10%				494,51	494,51
IMPREVISTOS 12%				593,41	593,41
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS US\$					1.829,69
TOTAL DE LA OBRA US\$					8.901,18

Variante 2:**Tabla 4.2** Costo para la aplicación de la Variante 2.

		CIRCUITO SUR LISTADO DE MATERIALES VARIANTE 2			
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN		P. UNITARIO	P. TOTAL
PARTIDA B: SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN					
1	58	SECCIONADOR FUSIBLE DE 15 KV - 100 A. TIPO ABIERTO		65,64	3.807,12
2	20	TIRAFUSIBLE TIPO 65K		2,18	43,60
3	48	TIRAFUSIBLE TIPO 100K		2,48	119,04
4	29	TIRAFUSIBLE TIPO 140K		2,48	71,92
5	10	TIRAFUSIBLE TIPO 200K		3,06	30,60
6	58	CONECTOR RANURA PARALELA # 6 - 1/0 AWG, AL - AL		1,35	78,30
7	58	GRAPA PARA LÍNEA ENERGIZADA # 6 - 1/0 AWG		11,25	652,50
8	58	PERNO MÁQUINA 5/8" x 8 CON TUERCA Y ARANDELA DE 2"		1,52	88,16
SUB TOTAL MATERIALES US\$					4.891,24
MANO DE OBRA 25%				1.222,81	1.222,81
TRANSPORTE DE MATERIALES 8%				391,30	391,30
TRANSPORTE DE PERSONAL, MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS 10%				489,12	489,12
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS US\$					2.103,23
DIRECCIÓN TÉCNICA 15%				733,69	733,69
ADMINISTRACIÓN 10%				489,12	489,12
IMPREVISTOS 12%				586,95	586,95
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS US\$					1.809,76
TOTAL DE LA OBRA US\$					8.804,23

Selección y coordinación de las protecciones eléctricas de los alimentadores primarios Norte, Sur y Juan de Salinas de la Subestación San Cayetano.

**Variante 3:****Tabla 4.3** Costo para la aplicación de la Variante 3.

		CIRCUITO SUR LISTADO DE MATERIALES VARIANTE 3			
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN		P. UNITARIO	P. TOTAL
PARTIDA B: SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN					
1	71	SECCIONADOR FUSIBLE DE 15 KV - 100 A. TIPO ABIERTO		65,64	4.660,44
2	8	TIRAFUSIBLE TIPO 65K		2,18	17,44
3	33	TIRAFUSIBLE TIPO 100K		2,48	81,84
4	52	TIRAFUSIBLE TIPO 140K		2,48	128,96
5	32	TIRAFUSIBLE TIPO 200K		3,06	97,92
6	71	CONECTOR RANURA PARALELA # 6 - 1/0 AWG, AL - AL		1,35	95,85
7	71	GRAPA PARA LÍNEA ENERGIZADA # 6 - 1/0 AWG		11,25	798,75
8	71	PERNO MÁQUINA 5/8" x 8 CON TUERCA Y ARANDELA DE 2"		1,52	107,92
SUB TOTAL MATERIALES US\$					5.989,12
MANO DE OBRA 25%				1.497,28	1.497,28
TRANSPORTE DE MATERIALES 8%				479,13	479,13
TRANSPORTE DE PERSONAL, MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS 10%				598,91	598,91
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS US\$					2.575,32
DIRECCIÓN TÉCNICA 15%				898,37	898,37
ADMINISTRACIÓN 10%				598,91	598,91
IMPREVISTOS 12%				718,69	718,69
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS US\$					2.215,97
TOTAL DE LA OBRA US\$					10.780,42

4.3 Análisis de las variantes para el Circuito Norte

En las **tablas (4.4, 4.5 y 4.6)** siguientes se realiza un análisis del costo de los materiales, costos directos y costos indirectos de la misma forma que en el circuito anterior.

**Variante 1:****Tabla 4.4** Costo para la aplicación de la Variante 1.

		CIRCUITO NORTE LISTADO DE MATERIALES VARIANTE 1		
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
PARTIDA B: SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN				
1	56	SECCIONADOR FUSIBLE DE 15 KV - 100 A. TIPO ABIERTO	65,64	3.675,84
2	9	TIRAFUSIBLE TIPO 30K	2,08	18,72
3	11	TIRAFUSIBLE TIPO 40K	2,08	22,88
4	18	TIRAFUSIBLE TIPO 50K	2,18	39,24
5	26	TIRAFUSIBLE TIPO 65K	2,18	56,68
6	23	TIRAFUSIBLE TIPO 80K	2,18	50,14
7	23	TIRAFUSIBLE TIPO 100K	2,48	57,04
8	12	TIRAFUSIBLE TIPO 140K	2,48	29,76
9	6	TIRAFUSIBLE TIPO 200K	3,06	18,36
10	56	CONECTOR RANURA PARALELA # 6 - 1/0 AWG, AL - AL	1,35	75,60
11	56	GRAPA PARA LÍNEA ENERGIZADA # 6 - 1/0 AWG	11,25	630,00
12	56	PERNO MÁQUINA 5/8" x 8 CON TUERCA Y ARANDELA DE 2"	1,52	85,12
SUB TOTAL MATERIALES US\$				4.759,38
MANO DE OBRA 25%			1.189,85	1.189,85
TRANSPORTE DE MATERIALES 8%			380,75	380,75
TRANSPORTE DE PERSONAL, MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS 10%			475,94	475,94
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS US\$				2.046,53
DIRECCIÓN TÉCNICA 15%			713,91	713,91
ADMINISTRACIÓN 10%			475,94	475,94
IMPREVISTOS 12%			571,13	571,13
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS US\$				1.760,97
TOTAL DE LA OBRA US\$				8.566,88

Variante 2:**Tabla 4.5** Costo para la aplicación de la Variante 2.

		CIRCUITO NORTE LISTADO DE MATERIALES VARIANTE 2		
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
PARTIDA B: SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN				
1	56	SECCIONADOR FUSIBLE DE 15 KV - 100 A. TIPO ABIERTO	65,64	3.675,84
2	4	TIRAFUSIBLE TIPO 80K	2,48	9,92
3	19	TIRAFUSIBLE TIPO 100K	2,48	47,12
4	62	TIRAFUSIBLE TIPO 140K	2,48	153,76
5	43	TIRAFUSIBLE TIPO 200K	3,06	131,58
6	56	CONECTOR RANURA PARALELA # 6 - 1/0 AWG, AL - AL	1,35	75,60
7	56	GRAPA PARA LÍNEA ENERGIZADA # 6 - 1/0 AWG	11,25	630,00
8	56	PERNO MÁQUINA 5/8" x 8 CON TUERCA Y ARANDELA DE 2"	1,52	85,12
SUB TOTAL MATERIALES US\$				4.808,94
MANO DE OBRA 25%			1.202,24	1.202,24
TRANSPORTE DE MATERIALES 8%			384,72	384,72
TRANSPORTE DE PERSONAL, MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS 10%			480,89	480,89
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS US\$				2.067,84
DIRECCIÓN TÉCNICA 15%			721,34	721,34
ADMINISTRACIÓN 10%			480,89	480,89
IMPREVISTOS 12%			577,07	577,07
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS US\$				1.779,31
TOTAL DE LA OBRA US\$				8.656,09

Selección y coordinación de las protecciones eléctricas de los alimentadores primarios Norte, Sur y Juan de Salinas de la Subestación San Cayetano.

**Variante 3:****Tabla 4.6** Costo para la aplicación de la Variante 3.

		CIRCUITO NORTE LISTADO DE MATERIALES VARIANTE 3			
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL	
PARTIDA B: SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN					
1	59	SECCIONADOR FUSIBLE DE 15 KV - 100 A. TIPO ABIERTO	65,64	3.872,76	
2	3	TIRAFUSIBLE TIPO 65K	2,18	6,54	
3	1	TIRAFUSIBLE TIPO 80K	2,48	2,48	
4	23	TIRAFUSIBLE TIPO 100K	2,48	57,04	
5	61	TIRAFUSIBLE TIPO 140K	2,48	151,28	
6	43	TIRAFUSIBLE TIPO 200K	3,06	131,58	
7	59	CONECTOR RANURA PARALELA # 6 - 1/0 AWG, AL - AL	1,35	79,65	
8	59	GRAPA PARA LÍNEA ENERGIZADA # 6 - 1/0 AWG	11,25	663,75	
9	59	PERNO MÁQUINA 5/8" x 8 CON TUERCA Y ARANDELA DE 2"	1,52	89,68	
SUB TOTAL MATERIALES US\$				5.054,76	
MANO DE OBRA 25%			1.263,69	1.263,69	
TRANSPORTE DE MATERIALES 8%			404,38	404,38	
TRANSPORTE DE PERSONAL, MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS 10%			505,48	505,48	
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS US\$				2.173,55	
DIRECCIÓN TÉCNICA 15%			758,21	758,21	
ADMINISTRACIÓN 10%			505,48	505,48	
IMPREVISTOS 12%			606,57	606,57	
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS US\$				1.870,26	
TOTAL DE LA OBRA US\$				9.098,57	

4.4 Análisis de las variantes para el Circuito Juan de Salinas

De la misma forma que se realizó en las variantes anteriores, lo primero que se hace es un análisis económico de los materiales, costos directos y costos indirectos propuestos para cada variante. Véanse las **tablas (4.7, 4.8 y 4.9)**.

**Variante 1:****Tabla 4.7** Costo para la aplicación de la Variante 1.

		CIRCUITO JUAN DE SALINAS LISTADO DE MATERIALES VARIANTE 1			
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL	
PARTIDA B: SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN					
1	22	SECCIONADOR FUSIBLE DE 15 KV - 100 A. TIPO ABIERTO	65,64	1.444,08	
2	28	TIRAFUSIBLE TIPO 65K	2,18	61,04	
3	10	TIRAFUSIBLE TIPO 80K	2,18	21,80	
4	9	TIRAFUSIBLE TIPO 140K	2,48	22,32	
5	3	TIRAFUSIBLE TIPO 200K	3,06	9,18	
6	22	CONECTOR RANURA PARALELA # 6 - 1/0 AWG, AL - AL	1,35	29,70	
7	22	GRAPA PARA LÍNEA ENERGIZADA # 6 - 1/0 AWG	11,25	247,50	
8	22	PERNO MÁQUINA 5/8" x 8 CON TUERCA Y ARANDELA DE 2"	1,52	33,44	
SUB TOTAL MATERIALES US\$				1.869,06	
MANO DE OBRA 25%			467,27	467,27	
TRANSPORTE DE MATERIALES 8%			149,52	149,52	
TRANSPORTE DE PERSONAL, MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS 10%			186,91	186,91	
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS US\$				803,70	
DIRECCIÓN TÉCNICA 15%			280,36	280,36	
ADMINISTRACIÓN 10%			186,91	186,91	
IMPREVISTOS 12%			224,29	224,29	
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS US\$				691,55	
TOTAL DE LA OBRA US\$				3.364,31	

Variante 2:**Tabla 4.8** Costo para la aplicación de la Variante 2.

		CIRCUITO JUAN DE SALINAS LISTADO DE MATERIALES VARIANTE 2			
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL	
PARTIDA B: SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN					
1	22	SECCIONADOR FUSIBLE DE 15 KV - 100 A. TIPO ABIERTO	65,64	1.444,08	
2	9	TIRAFUSIBLE TIPO 100K	2,48	22,32	
3	28	TIRAFUSIBLE TIPO 140K	2,48	69,44	
4	13	TIRAFUSIBLE TIPO 200K	3,06	39,78	
5	22	CONECTOR RANURA PARALELA # 6 - 1/0 AWG, AL - AL	1,35	29,70	
6	22	GRAPA PARA LÍNEA ENERGIZADA # 6 - 1/0 AWG	11,25	247,50	
7	22	PERNO MÁQUINA 5/8" x 8 CON TUERCA Y ARANDELA DE 2"	1,52	33,44	
SUB TOTAL MATERIALES US\$				1.886,26	
MANO DE OBRA 25%			471,57	471,57	
TRANSPORTE DE MATERIALES 8%			150,90	150,90	
TRANSPORTE DE PERSONAL, MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS 10%			188,63	188,63	
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS US\$				811,09	
DIRECCIÓN TÉCNICA 15%			282,94	282,94	
ADMINISTRACIÓN 10%			188,63	188,63	
IMPREVISTOS 12%			226,35	226,35	
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS US\$				697,92	
TOTAL DE LA OBRA US\$				3.395,27	

Selección y coordinación de las protecciones eléctricas de los alimentadores primarios Norte, Sur y Juan de Salinas de la Subestación San Cayetano.

**Variante 3:****Tabla 4.9** Costo para la aplicación de la Variante 3.

		CIRCUITO JUAN DE SALINAS LISTADO DE MATERIALES VARIANTE 3			
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL	
PARTIDA B: SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN					
1	25	SECCIONADOR FUSIBLE DE 15 KV - 100 A. TIPO ABIERTO	65,64	1.641,00	
2	18	TIRAFUSIBLE TIPO 100K	2,48	44,64	
3	23	TIRAFUSIBLE TIPO 140K	2,48	57,04	
4	12	TIRAFUSIBLE TIPO 200K	3,06	36,72	
5	25	CONECTOR RANURA PARALELA # 6 - 1/0 AWG, AL - AL	1,35	33,75	
6	25	GRAPA PARA LÍNEA ENERGIZADA # 6 - 1/0 AWG	11,25	281,25	
7	25	PERNO MÁQUINA 5/8" x 8 CON TUERCA Y ARANDELA DE 2"	1,52	38,00	
SUB TOTAL MATERIALES US\$				2.132,40	
MANO DE OBRA 25%			533,10	533,10	
TRANSPORTE DE MATERIALES 8%			170,59	170,59	
TRANSPORTE DE PERSONAL, MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS 10%			213,24	213,24	
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS US\$				916,93	
DIRECCIÓN TÉCNICA 15%			319,86	319,86	
ADMINISTRACIÓN 10%			213,24	213,24	
IMPREVISTOS 12%			255,89	255,89	
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS US\$				788,99	
TOTAL DE LA OBRA US\$				3.838,32	

4.5 Conclusiones

- Del análisis económico y técnico (explicado en el capítulo 3), para el **circuito Sur** se tiene como resultado, que la variante 3 se considera apropiada para su aplicación, no se considerada como la variante más económica pero si mejor protegida, obteniendo como resultado un mejor servicio a los usuarios.
- Teniendo en cuenta los mismos aspectos para el **circuito Norte** se escogió la variante 3.
- De la misma manera para el **circuito Juan de Salinas** se escogió la variante 2.



Conclusiones

- Se puede observar dispositivos de protección en los actuales circuitos de distribución pero no existe coordinación entre estos.
- Los actuales circuitos de distribución presentan serios problemas de coordinación de las protecciones eléctricas, esto debido a que no se posee información de los las curvas características de tiempo versus corriente (**t vs I**) de los transformadores autoprotegidos instalados a lo largo de los circuitos, indispensables para el inicio de la selección y coordinación.
- Existen muchos puntos de interconexión entre los circuitos de distribución estudiados en el presente trabajo con otros que brindan servicio a la ciudad los cuales complican la labor de coordinación.
- En los puntos de interconexión se deben instalar seccionadores sin protección.
- Se seleccionó la variante 3 para los circuitos Norte y Sur, mientras que para el circuito Juan de Salinas la variante 2.



Recomendaciones

Tomando en cuenta las dificultades encontradas en los circuitos de distribución estudiados se sugiere a la EERSSA:

- Que para estudios futuros de coordinación y selección de protecciones eléctricas para mejoras de sus circuitos de distribución, se pida toda la información existente de los fusibles instalados en los transformadores autoprotegidos a los fabricantes de los mismos.
- Cambiar todos los dispositivos de protección que se encuentren deteriorados debido al cambio de sus características producidas muchas veces por fallas de carácter transitorio ocurridas en el circuito.
- En lo posible proteger cada ramal que sale del tronco del circuito siguiendo la metodología mostrada en el presente trabajo.
- Tomar en cuenta como opción de llevar a la práctica para la optimización de los circuitos de distribución, la variante número 3 para los circuitos Norte y Sur, así mismo la variante 2 para el circuito Juan de Salinas, mostradas en el desarrollo del trabajo.



Bibliografía.

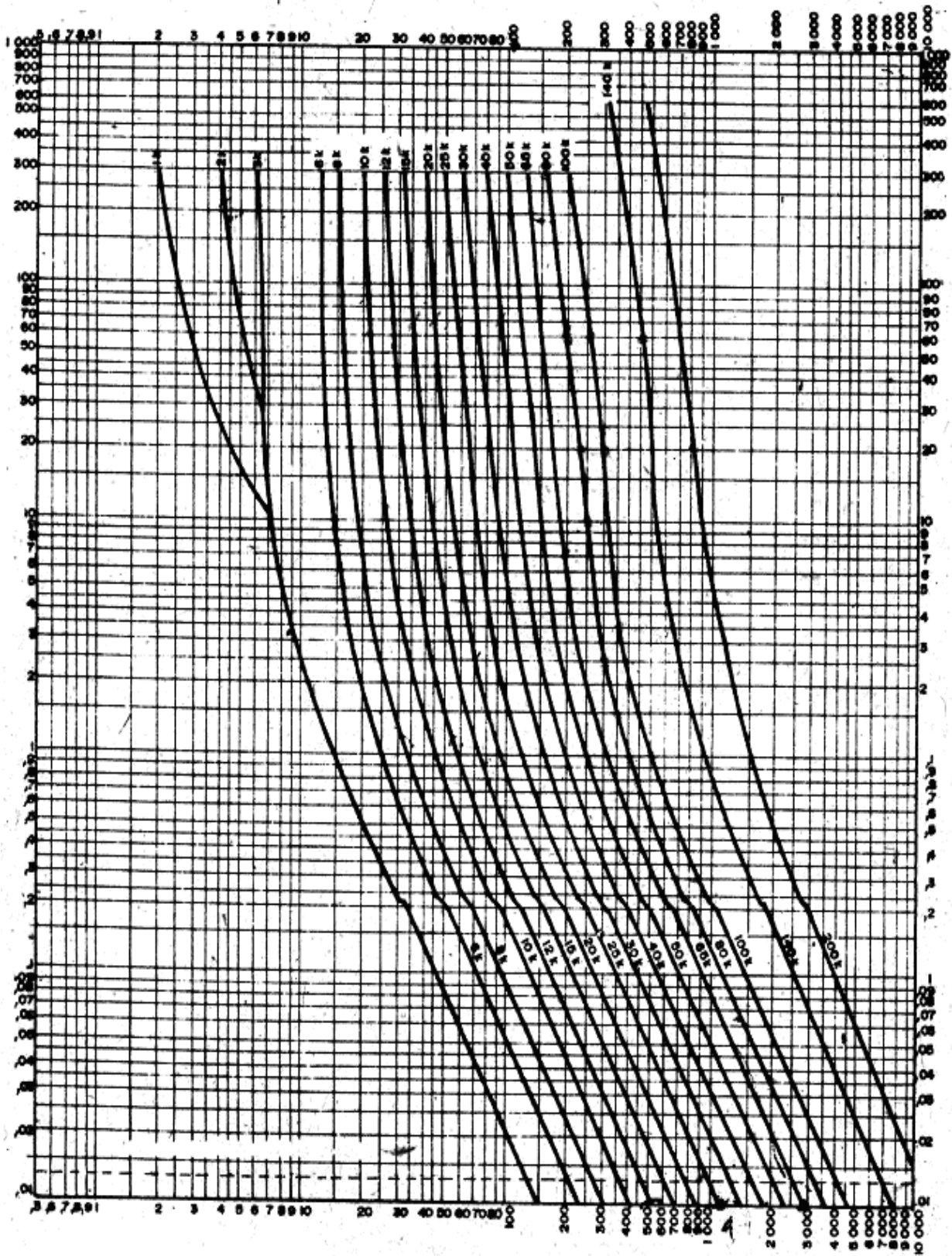
1. Enciclopedia Encarta.
2. Sistema de distribución de energía eléctrica – apuntes de ingeniería eléctrica y electrónica. Pdf.
3. http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electrica_y_electronica/sistemadistribucionenergiaelectrica/
4. DALE Power Systems. Manual de Operación.
5. Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales (Loja).
6. <http://es.wikipedia.org/wiki/>
7. Manual sobre protecciones para transformadores. Enrique Jaureguilazo.
8. S&C ELECTRIC COMPANY. Boletín Descriptivo 212-30S
9. Torres Breffe Orlys Ernesto. Protecciones Eléctricas. Conferencia 2. Dispositivos de protección.
10. <http://www.cooperpower.com/Library/Literature/>, “Catálogos de Productos de Cooper Power Systems”.
11. Villarroel M., Manuel “Sistemas Eléctricos de Potencia II”, Apunte Universidad de la Frontera, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Chile, 2003.
12. Colectivo de autores. Protecciones eléctricas en sistemas industriales.
13. Criterios de coordinación de protecciones, alimentadores de la región Pachuca.
14. Comisión Federal de Electricidad México. Procedimiento para coordinación de protecciones de sobrecorriente en sistemas de distribución.
15. Torres Breffe Orlys Ernesto. Protecciones Eléctricas. Clase Práctica 2. Selección y Coordinación de Fusibles y Recerradores.
16. Guevara V., Cristián “Cálculo y Selección de Protecciones en Media y Baja Tensión”, Productores Editores Integral Comunicaciones Ltda., Chile, 1998.
17. <http://www.electrocable.com/electrocables/electrohome.htm>



Anexos

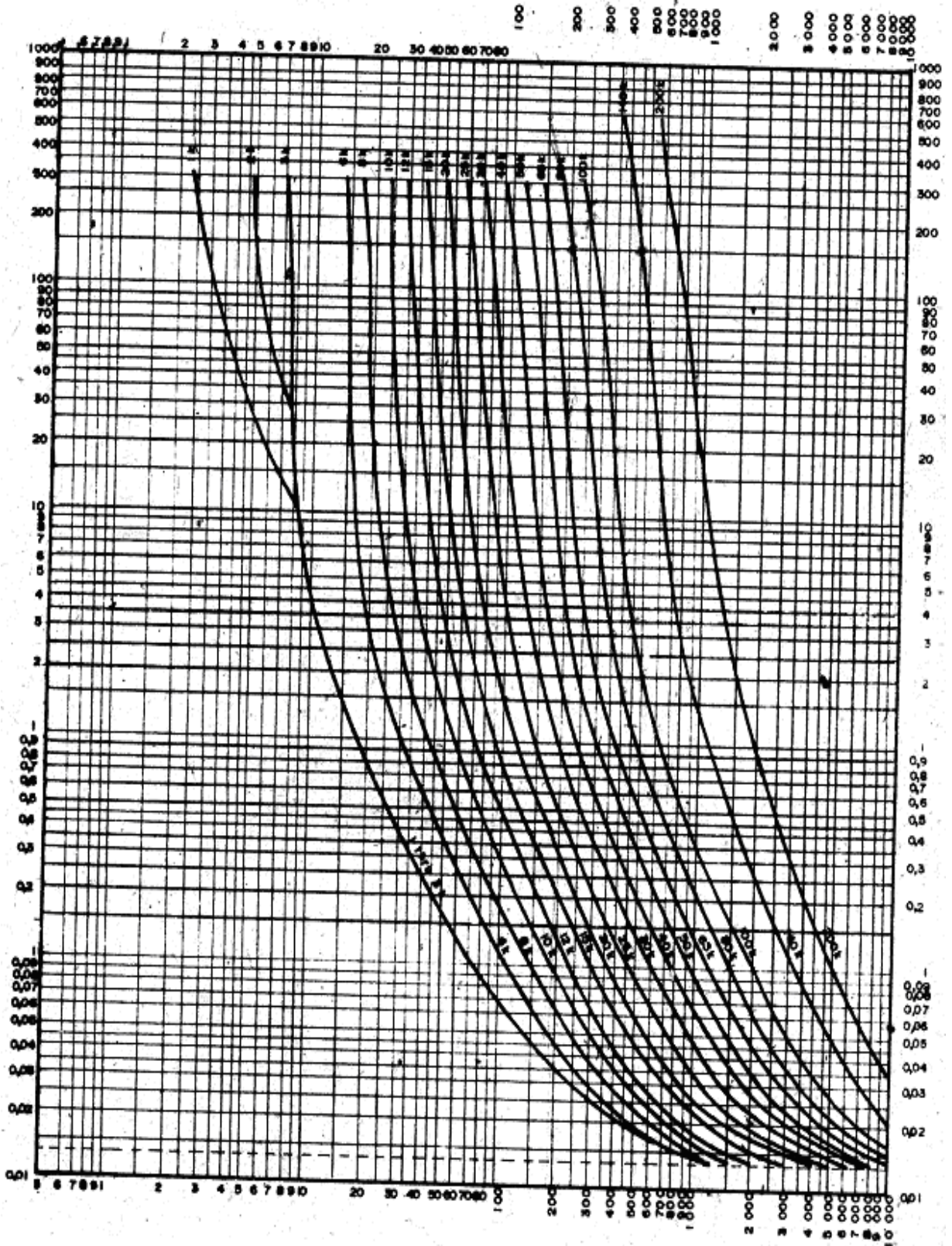


Curvas de tiempo-corriente. Tiempo mínimo de fusión de fusibles K.



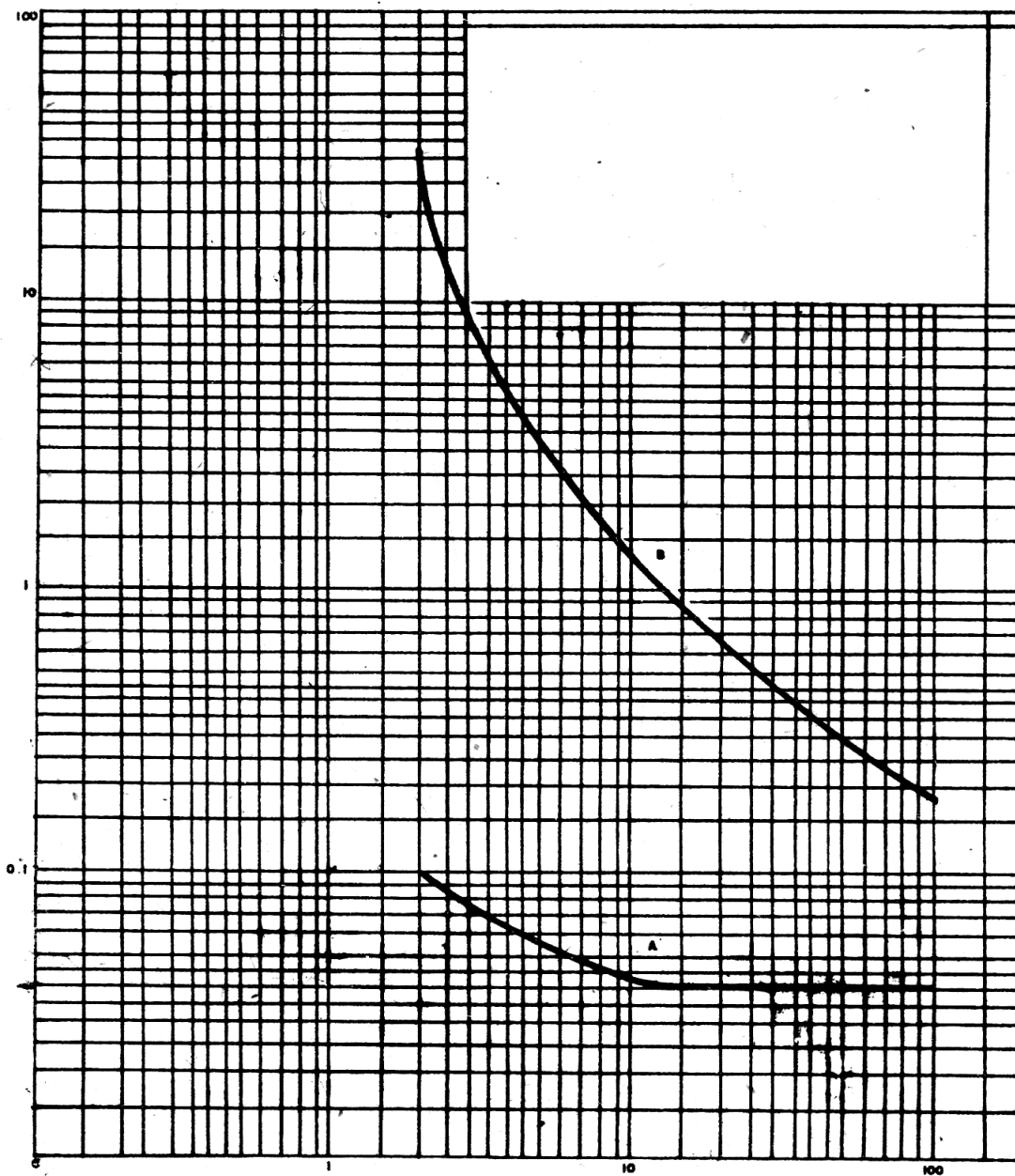


Curvas de tiempo-corriente. Tiempo máximo de limpieza de fusibles K.





Curva de temporización de un recerrador genérico (Curva A y B)



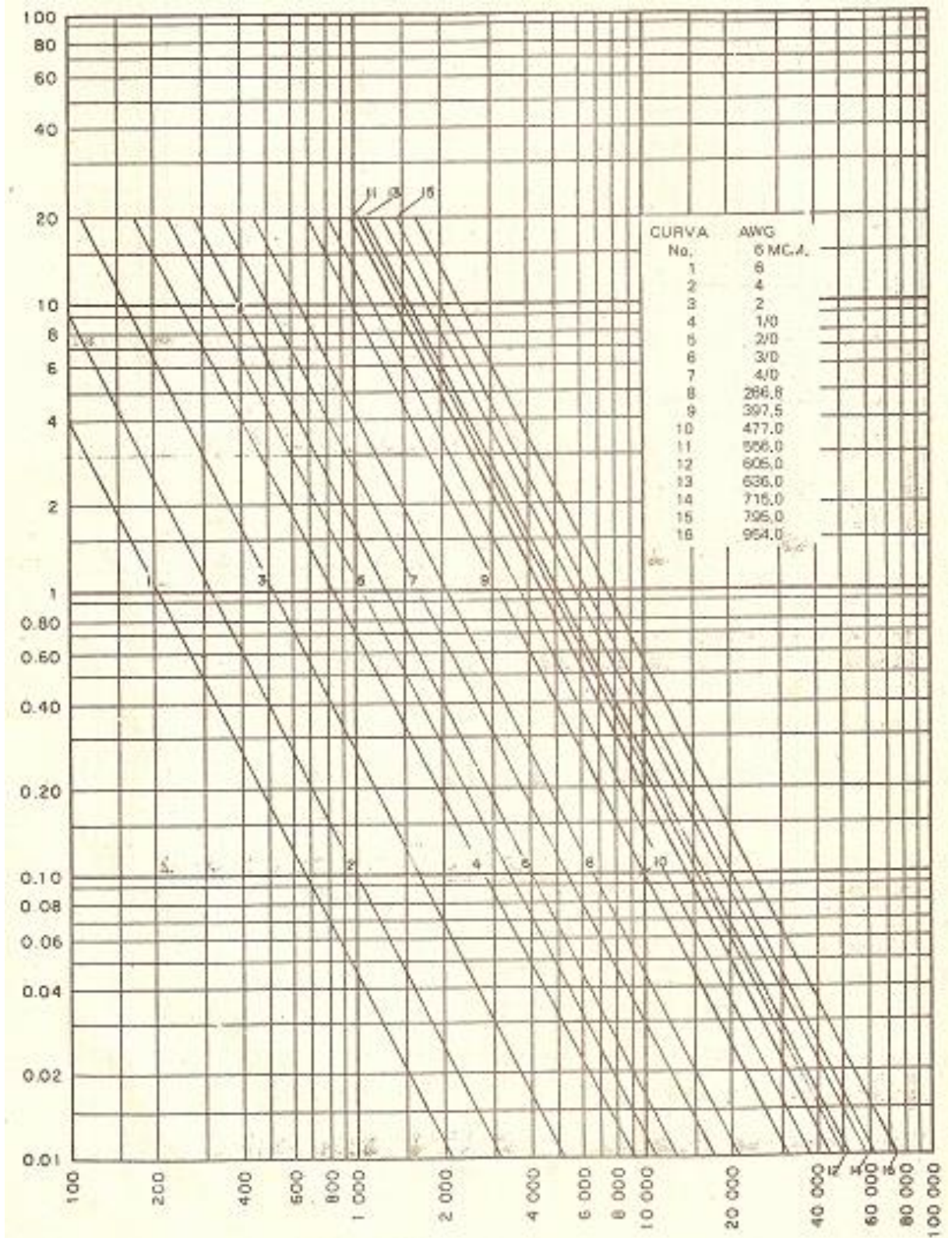
**Características de los conductores de aluminio.**

Calculada para una temperatura del conductor de 75 °C, temperatura ambiente 25 °C, emisividad de 0.5, viento de 0.61 m/seg. y con efecto del sol (1033 watts/m²).

TIPO	CALIBRE AWG O MCM	SECCION AL mm ²	SECCION TOTAL mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm. AL . St		DIAM. EXTER. mm.	PESO AL Kg/Km	PESO ACERO Kg/Km	TENSION DE RUPTURA Kg.	RESISTENCIA C.C. A 20°C ohms/Km.	CAP. DE CORRIENT DE AMP.
A C S R	6	13,30	15,46	6x1,68 + 1x1,68		5,04	36,39	17,22	530,00	2,154	105
	4	21,15	24,71	6x2,12 + 1x2,12		6,36	57,89	27,42	830,00	1,353	140
	2	33,62	29,22	6x2,67 + 1x2,67		8,01	92,02	43,63	1265,00	0,8507	184
	1/0	53,49	62,38	6x3,37 + 1x3,37		10,11	146,50	69,40	1940,00	0,5351	242
	2/0	67,43	78,64	6x3,78 + 1x3,78		11,34	184,60	87,50	2425,00	0,4245	276
	3/0	85,01	99,23	6x4,25 + 1x4,25		12,75	232,70	110,20	3030,00	0,3367	315
	4/0	107,20	125,10	6x4,77 + 1x4,77		14,31	293,50	139,00	3820,00	0,2671	357
TIPO	CALIBRE AWG O MCM	SECCION mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	DIAM. EXTER. mm.	PESO TOTAL Kg/Km	TENSION DE RUPTURA Kg.	RESISTENCIA C.C. A 20°C OHMS/Km.	CAP. DE CORRIENT AMP.			
A S C	6	13,30	7 x 1,554	4,65	36,59	265,00	2,163	103			
	4	21,15	7 x 1,961	5,89	57,70	415,00	1,351	138			
	2	33,62	7 x 2,474	7,42	91,80	635,00	0,854	185			
	1/0	53,49	7 x 3,119	9,36	146,10	940,00	0,534	247			
	2/0	67,43	7 x 3,503	10,55	184,20	1185,00	0,424	286			
	3/0	85,01	7 x 3,932	11,79	232,20	1435,00	0,336	331			
	4/0	107,20	7 x 4,417	13,26	292,30	1810,00	0,267	383			
	266,8	135,20	7 x 4,958	14,88	372,20	2190,00	0,212	443			
TIPO	CALIBRE AWG O MCM	SECCION mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.		Espesor Aislamiento mm.	DIAM. EXTER. mm.	CAP. DE CORRIENTE Para 1 cable al aire libre AMP.	Tipo de Cable	Alternat. de Enbalaaje		
			A.A.C.	A.C.S.R.							
X L P E	2 x 6	13,31	7x1,55	6x1,68 + 1x1,68	1,14	12,73	85	Duplex	A.Z		
	2 x 4	21,15	7x1,96	6x2,12 + 1x2,12	1,14	15,28	115	Duplex	A.Z		
	2 x 2	33,62	7x2,47	6x2,67 + 1x2,67	1,14	18,46	150	Duplex	A.Z		
	2 x 1/0	53,49	7x3,12	6x3,37 + 1x3,37	1,52	23,53	205	Duplex	A.Z		
	2 x 2/0	67,43	7x3,50	6x3,78 + 1x3,78	1,52	25,90	235	Duplex	A.Z		
	3 x 6	13,31	7x1,55	6x1,68 + 1x1,68	1,14	13,08	85	Triplex	A.Z		
	3 x 4	21,15	7x1,96	6x2,12 + 1x2,12	1,14	15,84	115	Triplex	A.Z		
	2x2 + 1x4	33,62	7x2,47	6x2,12 + 1x2,12	1,14	18,80	150	Triplex	A.Z		
	3 x 2	33,62	7x2,47	6x2,67 + 1x2,67	1,14	19,23	150	Triplex	A.Z		
	2x1/0 + 1x2	53,49	7x3,12	6x2,67 + 1x2,67	1,52	24,05	205	Triplex	A.Z		
	3 x 1/0	53,49	7x3,12	6x3,37 + 1x3,37	1,52	24,50	205	Triplex	A.Z		
	2x2/0 + 1x1/0	67,43	7x3,50	6x3,37 + 1x3,37	1,52	27,10	235	Triplex	A.Z		
	3 x 2/0	67,43	7x3,50	6x3,78 + 1x3,78	1,52	27,60	235	Triplex	A.Z		
	4 x 6	13,31	7x1,55	6x1,68 + 1x1,68	1,14	14,94	75	Cuadruplex	A.Z		
4 x 4	21,15	7x1,96	6x2,12 + 1x2,12	1,14	17,85	100	Cuadruplex	A.Z			
3x2 + 1x4	33,62	7x2,47	6x2,12 + 1x2,12	1,14	21,20	135	Cuadruplex	A.Z			
4 x 2	33,62	7x2,47	6x2,67 + 1x2,67	1,14	21,65	135	Cuadruplex	A.Z			
3x1/0 + 1x2	53,49	7x3,12	6x2,67 + 1x2,67	1,52	27,30	180	Cuadruplex	A.Z			
4 x 1/0	53,49	7x3,12	6x3,37 + 1x3,37	1,52	27,84	180	Cuadruplex	A.Z			
3x2/0 + 1x1/0	67,43	7x3,50	6x3,37 + 1x3,37	1,52	30,50	205	Cuadruplex	A.Z			
4 x 2/0	67,43	7x3,50	6x3,78 + 1x3,78	1,52	31,08	205	Cuadruplex	A.Z			



Curva de daño para conductores de ACSR (Aluminio reforzado con acero).





Curva de temporización deL Rele DPU2000R Función Recierre.

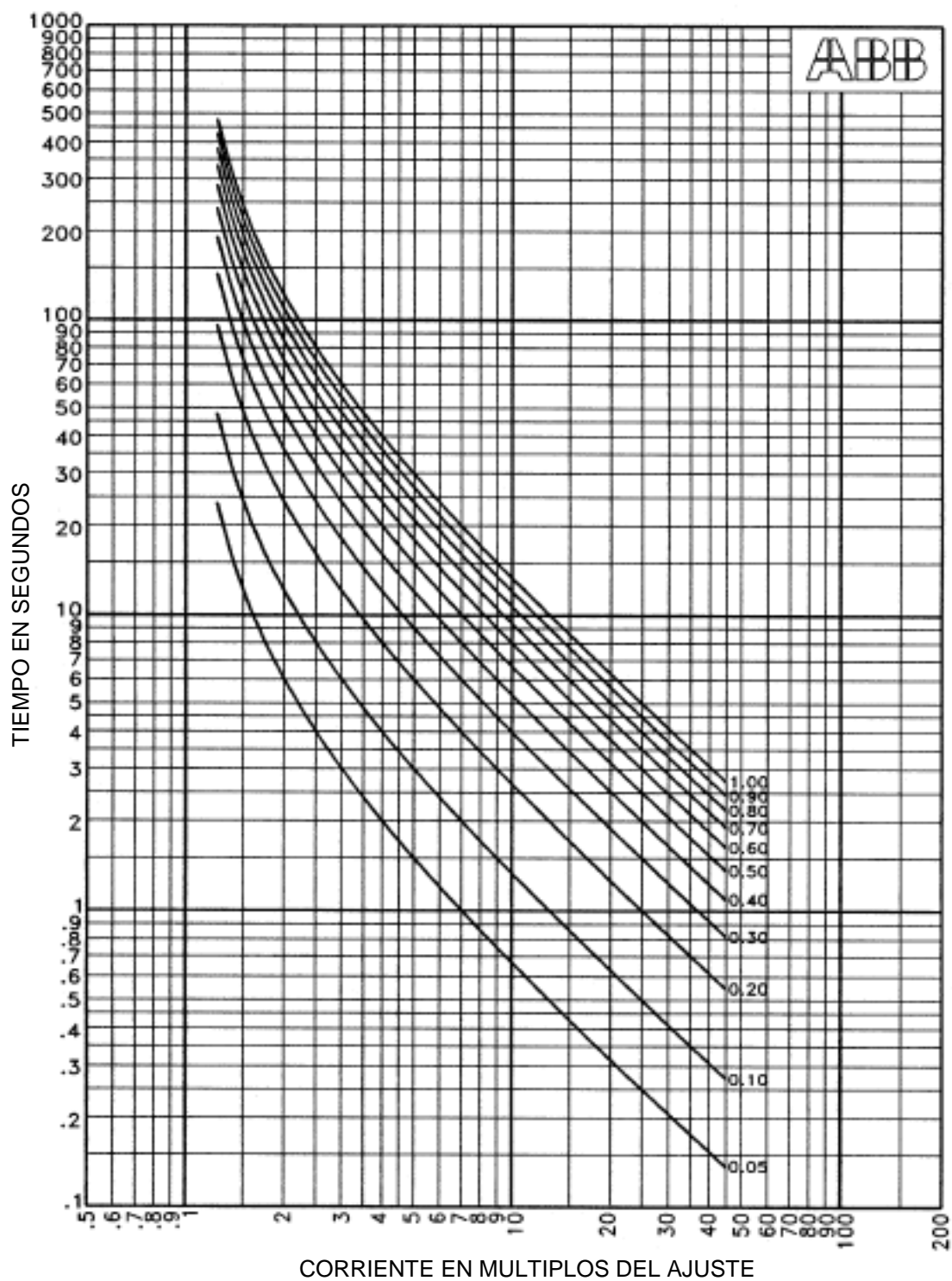


Figura 1-7. Curva Inversa de Tiempo Largo - IEC



Corrientes de cortocircuitó del Alimentador Norte

SHORT CIRCUIT :PRUEBACAYETANO

Feeder : [A Norte]

Date : 04/23/07

Time : 11:13:46

Fault Impedances :

1Phase Fault Impedance = 0.000 + j0.000

2Phase Fault Impedance = 0.000 + j0.000

2PhGround Fault Impedance = 0.000 + j0.000

3Phase Fault Impedance = 0.000 + j0.000

Short-Circuit Values				
Node	3Phase (kA)	2Phase (kA)	2PhGround (kA)	1Phase (kA)
NEM AN2	3.47	3.01	3.56	3.61
NEM AN3	3.46	3.00	3.54	3.59
NEM AN4	3.42	2.97	3.50	3.52
NEM AN5	3.38	2.94	3.46	3.46
NEM AN6	3.36	2.92	3.43	3.41
NEM AN7	3.35	2.91	3.41	3.39
NEM AN8	3.35	2.91	3.41	3.39
NEM AN9	3.33	2.89	3.38	3.35
NEM AN10	3.31	2.87	3.36	3.32
NEM AN11	3.31	2.87	3.36	3.32
NEM AN12	3.31	2.87	3.36	3.32
NEM AN13	3.27	2.85	3.32	3.27
NEM AN14	3.34	2.90	3.40	3.38
NEM AN15	3.35	2.91	3.42	3.40
NEM AN16	3.33	2.89	3.39	3.36
NEM AN17	3.32	2.89	3.38	3.34
NEM AN18	3.30	2.87	3.35	3.31
NEM AN19	3.31	2.88	3.37	3.34
NEM AN20	3.29	2.86	3.34	3.30
NEM AN21	3.26	2.84	3.31	3.26
NEM AN22	3.24	2.82	3.28	3.22
NEM AN23	3.24	2.82	3.28	3.22
NEM AN24	3.21	2.79	3.25	3.17
NEM AN25	3.19	2.78	3.22	3.13
NEM AN26	3.16	2.76	3.19	3.10
NEM AN27	3.13	2.73	3.16	3.05
NEM AN28	3.12	2.72	3.14	3.03
NEM AN29	3.11	2.71	3.13	3.02
NEM AN30	3.11	2.71	3.12	3.00
NEM AN31	3.09	2.70	3.11	2.99
NEM AN32	3.06	2.67	3.06	2.93
NEM AN33	3.02	2.64	3.02	2.88
NEM AN34	3.09	2.69	3.10	2.98
NEM AN35	3.08	2.69	3.09	2.97
NEM AN36	3.06	2.67	3.07	2.94
NEM AN37	3.05	2.66	3.05	2.92
NEM AN38	3.03	2.64	3.03	2.89
NEM AN39	3.03	2.64	3.03	2.89
NEM AN40	3.00	2.61	2.99	2.84
NEM AN41	2.99	2.61	2.98	2.83
NEM AN42	2.97	2.59	2.95	2.79
NEM AN43	2.96	2.58	2.94	2.78
NEM AN44	2.96	2.58	2.94	2.78
NEM AN45	2.93	2.55	2.90	2.73
NEM AN46	2.93	2.56	2.91	2.74
NEM AN47	2.92	2.54	2.89	2.72



NEM AN48	2.90	2.53	2.87	2.69
NEM AN49	2.90	2.52	2.86	2.69
NEM AN50	2.88	2.51	2.85	2.67
NEM AN51	2.86	2.49	2.81	2.63
NEM AN52	2.86	2.49	2.81	2.63
NEM AN53	2.83	2.47	2.78	2.60
NEM AN54	2.81	2.45	2.75	2.56
NEM AN55	2.80	2.44	2.75	2.55
NEM AN56	2.80	2.44	2.75	2.56
NEM AN57	2.78	2.42	2.72	2.53
NEM AN58	2.78	2.42	2.72	2.52
NEM AN59	2.76	2.40	2.70	2.50
NEM AN60	3.21	2.80	3.26	3.19
NEM AN61	3.21	2.80	3.26	3.19
NEM AN62	3.19	2.79	3.23	3.15
NEM AN63	3.17	2.76	3.20	3.11
NEM AN64	3.14	2.74	3.17	3.07
NEM AN65	3.14	2.74	3.17	3.07
NEM AN67	3.11	2.72	3.14	3.03
NEM AN68	3.09	2.69	3.11	2.99
NEM AN69	3.09	2.69	3.11	2.99
NEM AN70	3.06	2.67	3.07	2.95
NEM AN71	3.06	2.67	3.07	2.95
NEM AN72	3.03	2.65	3.04	2.91
NEM AN73	3.03	2.65	3.04	2.91
NEM AN74	3.00	2.62	3.01	2.87
NEM AN75	3.00	2.62	3.01	2.87
NEM AN76	2.98	2.60	2.98	2.83
NEM AN77	2.98	2.60	2.98	2.83
NEM AN78	2.98	2.60	2.98	2.83
NEM AN79	2.95	2.58	2.95	2.79
NEM AN80	2.92	2.55	2.92	2.75
NEM AN81	2.90	2.53	2.89	2.71
NEM AN82	2.86	2.50	2.84	2.66
NEM AN83	2.84	2.48	2.82	2.64
NEM AN84	2.84	2.48	2.82	2.64
NEM AN85	2.81	2.46	2.78	2.60
NEM AN86	2.81	2.46	2.79	2.60
NEM AN87	2.79	2.43	2.75	2.56
NEM AN88	2.76	2.41	2.72	2.52
NEM AN89	2.74	2.39	2.69	2.49
NEM AN90	2.71	2.37	2.66	2.46
NEM AN91	2.69	2.35	2.63	2.43
NEM AN92	2.69	2.35	2.63	2.43
NEM AN93	2.66	2.33	2.60	2.39
NEM AN94	2.63	2.30	2.57	2.36
NEM AN95	2.61	2.28	2.54	2.32
NEM AN96	2.57	2.24	2.49	2.27
NEM AN97	2.54	2.22	2.46	2.24
NEM AN98	2.50	2.19	2.42	2.20
NEM AN99	2.49	2.18	2.41	2.19
NEM AN100	2.45	2.14	2.37	2.14
NEM AN101	2.43	2.13	2.34	2.12
NEM AN102	2.41	2.11	2.32	2.10
NEM AN103	2.39	2.09	2.29	2.07
NEM AN104	2.36	2.06	2.27	2.04
NEM AN105	2.29	2.00	2.19	1.97
NEM AN106	2.27	1.98	2.17	1.95
NEM AN107	2.25	1.96	2.15	1.92
NEM AN108	2.19	1.92	2.09	1.87
NEM AN109	2.16	1.89	2.05	1.83
NEM AN110	2.13	1.86	2.02	1.79
NEM AN111	2.10	1.83	1.98	1.76
NEM AN112	2.06	1.80	1.95	1.73
NEM AN113	2.04	1.78	1.93	1.71
NEM AN114	2.04	1.78	1.93	1.71



NEM AN115	2.02	1.76	1.90	1.68
NEM AN116	2.00	1.75	1.88	1.67
NEM AN117	1.99	1.74	1.87	1.66
NEM AN118	1.96	1.71	1.84	1.63
NEM AN119	1.93	1.69	1.82	1.60
NEM AN120	1.91	1.67	1.79	1.58
NEM AN121	1.89	1.65	1.77	1.56
NEM AN122	1.89	1.65	1.77	1.56
NEM AN123	1.88	1.64	1.76	1.55
NEM AN124	1.85	1.61	1.73	1.52
NEM AN125	1.82	1.59	1.70	1.50
NEM AN126	1.81	1.58	1.69	1.49
NEM AN127	1.79	1.56	1.67	1.46
NEM AN128	1.77	1.55	1.65	1.45
NEM AN129	1.75	1.53	1.63	1.42
NEM AN130	1.65	1.45	1.55	1.33
NEM AN131	2.83	2.47	2.80	2.62
NEM AN132	2.81	2.45	2.78	2.59
NEM AN133	2.81	2.46	2.78	2.60
NEM AN134	2.78	2.43	2.75	2.56
NEM AN135	2.75	2.40	2.71	2.52
NEM AN136	2.72	2.38	2.68	2.48
NEM AN137	2.69	2.35	2.64	2.44
NEM AN138	2.66	2.32	2.61	2.40
NEM AN139	2.58	2.25	2.52	2.31
NEM AN140	2.51	2.20	2.44	2.23
NEM AN141	2.40	2.09	2.31	2.09
NEM AN142	2.33	2.04	2.23	2.01
NEM AN143	2.22	1.94	2.11	1.89
NEM AN144	2.12	1.86	2.01	1.79
NEM AN145	2.08	1.82	1.97	1.75
NEM AN146	2.08	1.82	1.97	1.75
NEM AN147	2.00	1.75	1.88	1.66
NEM AN148	1.97	1.73	1.85	1.64
NEM AN149	1.96	1.71	1.83	1.62
NEM AN150	1.94	1.69	1.81	1.60
NEM AN151	1.90	1.66	1.77	1.56
NEM AN152	1.85	1.62	1.73	1.51
NEM AN153	1.79	1.57	1.68	1.46
NEM AN154	1.77	1.55	1.66	1.43
NEM AN155	1.75	1.53	1.64	1.41
NEM AN156	1.75	1.53	1.64	1.41
NEM AN157	1.72	1.50	1.61	1.38
NEM AN158	1.71	1.49	1.60	1.37
NEM AN159	1.69	1.48	1.59	1.36
NEM AN160	1.68	1.47	1.58	1.35
NEM AN161	1.67	1.46	1.57	1.33
NEM AN162	1.66	1.45	1.55	1.32
NEM AN163	1.64	1.43	1.54	1.31
NEM AN164	1.62	1.42	1.52	1.29
NEM AN165	1.60	1.40	1.50	1.27
NEM AN166	1.55	1.35	1.46	1.22
NEM AN167	1.50	1.31	1.41	1.17
NEM AN168	1.48	1.29	1.39	1.16
NEM AN169	1.48	1.29	1.39	1.16
NEM AN170	1.42	1.24	1.34	1.11
NEM AN171	1.41	1.24	1.33	1.10
NEM AN172	2.01	1.76	1.90	1.68
NEM AN173	1.99	1.74	1.88	1.66
NEM AN174	1.98	1.73	1.86	1.65
NEM AN175	1.97	1.72	1.85	1.64
NEM AN176	1.94	1.70	1.82	1.62
NEM AN177	1.91	1.67	1.79	1.58
NEM AN178	1.87	1.63	1.75	1.54
NEM AN179	1.79	1.56	1.67	1.46
NEM AN180	2.37	2.07	2.27	2.05



NEM AN181	2.66	2.33	2.61	2.40
NEM AN182	2.64	2.31	2.58	2.37
NEM AN183	2.63	2.30	2.57	2.36
NEM AN184	2.63	2.30	2.57	2.36
NEM AN185	2.62	2.29	2.56	2.34
NEM AN186	3.10	2.70	3.12	3.01
NEM AN187	1.89	1.65	1.77	1.56
NEM AN188	3.07	2.68	3.08	2.96
NEM AN189	3.04	2.65	3.04	2.91
NEM AN190	3.04	2.65	3.05	2.91
NEM AN191	3.05	2.66	3.06	2.93
NEM AN192	3.02	2.63	3.02	2.88
NEM AN193	3.11	2.71	3.13	3.02
NEM AN194	3.10	2.71	3.13	3.01
NEM AN195	3.04	2.65	3.05	2.92
NEM AN196	3.01	2.63	3.02	2.88
NEM AN197	2.97	2.59	2.97	2.81
NEM AN199	3.05	2.66	3.06	2.93
NEM AN200	2.99	2.61	2.99	2.85
NEM AN201	2.95	2.57	2.94	2.79
NEM AN202	3.20	2.79	3.24	3.17
NEM AN203	3.18	2.77	3.22	3.13
NEM AN204	3.14	2.74	3.17	3.07
NEM AN205	3.12	2.72	3.14	3.03
NEM AN206	3.08	2.70	3.11	2.99
NEM AN207	3.06	2.68	3.08	2.96
NEM AN208	3.06	2.68	3.08	2.95
NEM AN209	3.06	2.68	3.08	2.95
NEM AN210	3.04	2.66	3.05	2.92
NEM AN211	3.02	2.64	3.02	2.88
NEM AN212	3.02	2.64	3.02	2.88
NEM AN213	2.99	2.62	3.00	2.85
NEM AN214	2.96	2.59	2.96	2.81
NEM AN215	2.96	2.59	2.96	2.81
NEM AN216	2.95	2.58	2.94	2.78
NEM AN217	2.93	2.56	2.92	2.76
NEM AN218	3.00	2.63	3.01	2.86
NEM AN219	3.04	2.66	3.05	2.92
NEM AN220	3.01	2.64	3.02	2.87
NEM AN221	3.01	2.64	3.02	2.87
NEM AN222	3.01	2.63	3.01	2.86
NEM AN223	3.01	2.63	3.01	2.87
NEM AN224	2.98	2.61	2.98	2.82
NEM AN225	2.95	2.59	2.94	2.78
NEM AN226	2.92	2.56	2.91	2.74
NEM AN227	2.90	2.54	2.88	2.70
NEM AN228	2.87	2.51	2.84	2.66
NEM AN229	2.84	2.49	2.81	2.62
NEM AN230	2.82	2.47	2.78	2.59
NEM AN231	2.79	2.44	2.74	2.54
NEM AN232	2.75	2.41	2.71	2.50
NEM AN233	2.73	2.39	2.67	2.46
NEM AN234	2.70	2.37	2.64	2.43
NEM AN235	2.70	2.37	2.64	2.43
NEM AN236	2.69	2.36	2.63	2.42
NEM AN237	2.69	2.36	2.63	2.42
NEM AN238	2.77	2.42	2.73	2.54
NEM AN239	2.74	2.39	2.70	2.50
NEM AN240	2.94	2.57	2.93	2.77
NEM AN241	2.92	2.55	2.91	2.74
NEM AN242	2.88	2.52	2.87	2.69
NEM AN243	2.98	2.61	2.98	2.83
NEM AN244	2.95	2.59	2.95	2.78
NEM AN245	2.92	2.56	2.92	2.75
NEM AN246	2.89	2.54	2.88	2.70
NEM AN247	2.88	2.53	2.87	2.69



NEM AN248	2.90	2.54	2.88	2.71
NEM AN249	2.88	2.52	2.86	2.68
NEM AN250	2.88	2.52	2.86	2.68
NEM AN251	2.87	2.52	2.85	2.67
NEM AN252	2.84	2.50	2.82	2.63
NEM AN253	2.85	2.50	2.82	2.63
NEM AN254	2.82	2.48	2.79	2.60
NEM AN255	2.82	2.48	2.79	2.60
NEM AN256	2.80	2.46	2.77	2.57
NEM AN257	2.83	2.48	2.80	2.61
NEM AN258	2.80	2.46	2.77	2.58
NEM AN259	2.78	2.44	2.75	2.55
NEM AN260	2.78	2.44	2.74	2.54
NEM AN261	2.78	2.44	2.74	2.54
NEM AN262	2.77	2.43	2.73	2.53
NEM AN263	2.79	2.45	2.75	2.56
NEM AN264	2.76	2.42	2.73	2.52
NEM AN265	2.76	2.42	2.73	2.52
NEM AN266	2.73	2.40	2.69	2.49
NEM AN267	2.88	2.53	2.86	2.68
NEM AN268	2.85	2.51	2.83	2.65
NEM AN269	2.83	2.48	2.80	2.61
NEM AN270	2.80	2.46	2.77	2.57
NEM AN271	2.77	2.44	2.74	2.54
NEM AN272	2.75	2.42	2.71	2.50
NEM AN273	2.74	2.41	2.70	2.48
NEM AN274	2.71	2.39	2.67	2.45
NEM AN275	2.69	2.37	2.64	2.42
NEM AN276	2.67	2.35	2.61	2.39
NEM AN277	2.65	2.33	2.59	2.37
NEM AN278	2.73	2.40	2.68	2.47
NEM AN279	2.73	2.40	2.68	2.47
NEM AN280	2.72	2.40	2.68	2.46
NEM AN281	2.70	2.38	2.65	2.43
NEM AN282	2.70	2.38	2.66	2.44
NEM AN283	2.70	2.38	2.66	2.44
NEM AN284	2.69	2.37	2.64	2.42
NEM AN285	2.68	2.36	2.63	2.41
NEM AN286	2.65	2.34	2.60	2.38
NEM AN287	2.63	2.32	2.58	2.35
NEM AN288	2.61	2.31	2.56	2.33
NEM AN289	2.61	2.31	2.55	2.32
NEM AN290	2.61	2.30	2.55	2.32
NEM AN291	2.61	2.31	2.55	2.32
NEM AN292	2.59	2.29	2.53	2.30
NEM AN293	2.57	2.27	2.51	2.28
NEM AN294	2.55	2.25	2.48	2.25
NEM AN295	2.55	2.25	2.48	2.25
NEM AN296	2.54	2.24	2.47	2.23
NEM AN297	2.59	2.28	2.52	2.29
NEM AN298	2.56	2.26	2.50	2.26
NEM AN299	2.54	2.24	2.47	2.23
NEM AN300	2.58	2.29	2.52	2.29
NEM AN301	2.57	2.27	2.50	2.27
NEM AN302	2.54	2.25	2.47	2.23
NEM AN303	2.52	2.23	2.45	2.21
NEM AN304	2.50	2.21	2.42	2.18
NEM AN305	2.48	2.20	2.40	2.15
NEM AN306	2.47	2.19	2.39	2.14
NEM AN307	2.47	2.19	2.39	2.14
NEM AN308	2.43	2.15	2.34	2.09
NEM AN309	2.41	2.13	2.32	2.07
NEM AN310	2.39	2.12	2.30	2.04
NEM AN311	2.37	2.10	2.27	2.02
NEM AN312	2.35	2.08	2.25	2.00
NEM AN313	2.48	2.20	2.40	2.15



NEM AN314	2.47	2.19	2.39	2.14
NEM AN315	2.45	2.17	2.37	2.12
NEM AN316	2.45	2.17	2.37	2.11
NEM AN317	2.43	2.16	2.35	2.10
NEM AN318	2.43	2.15	2.35	2.09
NEM AN319	2.43	2.15	2.34	2.09
NEM AN320	2.42	2.14	2.33	2.08
NEM AN321	2.42	2.14	2.33	2.08
NEM AN322	2.45	2.17	2.36	2.11
NEM AN323	2.44	2.16	2.36	2.11
NEM AN324	2.42	2.15	2.34	2.09
NEM AN325	2.40	2.13	2.32	2.07
NEM AN326	2.39	2.12	2.30	2.05
NEM AN327	2.38	2.11	2.29	2.04
NEM AN328	2.37	2.10	2.28	2.03
NEM AN329	2.37	2.10	2.28	2.02
NEM AN330	2.37	2.10	2.28	2.02
NEM AN331	2.35	2.08	2.25	2.00
NEM AN332	2.34	2.08	2.25	1.99
NEM AN333	2.34	2.07	2.24	1.99
NEM AN334	2.33	2.07	2.24	1.98
NEM AN335	2.33	2.07	2.24	1.98
NEM AN336	2.37	2.10	2.28	2.02
NEM AN337	2.35	2.09	2.26	2.00
NEM AN338	2.34	2.08	2.25	1.99
NEM AN339	2.33	2.07	2.24	1.98
NEM AN340	2.34	2.07	2.24	1.99
NEM AN341	2.33	2.07	2.24	1.98
NEM AN342	2.31	2.05	2.22	1.96
NEM AN343	2.30	2.04	2.20	1.94
NEM AN344	2.29	2.03	2.19	1.93
NEM AN345	2.28	2.02	2.18	1.92
NEM AN346	2.28	2.02	2.19	1.93
NEM AN347	2.27	2.02	2.18	1.92
NEM AN348	2.26	2.00	2.16	1.90
NEM AN349	2.26	2.01	2.16	1.90
NEM AN350	2.26	2.00	2.16	1.90
NEM AN351	2.25	1.99	2.15	1.88
NEM AN352	2.25	2.00	2.15	1.89
NEM AN353	2.24	1.99	2.14	1.88
NEM AN354	2.23	1.98	2.13	1.87
NEM AN355	2.23	1.97	2.12	1.86
NEM AN359	2.21	1.96	2.11	1.84
NEM AN360	2.19	1.94	2.08	1.82
NEM AN361	2.17	1.92	2.06	1.80
NEM AN362	2.15	1.91	2.04	1.78
NEM AN363	2.13	1.89	2.02	1.76
NEM AN364	2.11	1.87	2.00	1.75
NEM AN365	2.19	1.94	2.08	1.82
NEM AN366	2.17	1.93	2.07	1.81
NEM AN367	2.16	1.92	2.05	1.79
NEM AN368	2.14	1.90	2.03	1.77
NEM AN369	2.12	1.88	2.01	1.75
NEM AN370	2.19	1.94	2.09	1.82
NEM AN371	2.19	1.94	2.09	1.83
NEM AN372	2.17	1.92	2.06	1.80
NEM AN373	2.17	1.93	2.07	1.81
NEM AN374	2.15	1.91	2.05	1.79
NEM AN375	2.45	2.18	2.37	2.12
NEM AN376	2.45	2.17	2.37	2.12
NEM AN377	2.45	2.17	2.36	2.11
NEM AN378	2.44	2.17	2.36	2.11
NEM AN379	2.41	2.14	2.32	2.06
NEM AN380	2.40	2.13	2.31	2.06
NEM AN381	2.38	2.12	2.29	2.04
NEM AN382	2.36	2.10	2.27	2.01



NEM AN383	2.34	2.08	2.25	1.99
NEM AN384	2.33	2.07	2.23	1.98
NEM AN385	2.32	2.06	2.23	1.97
NEM AN386	2.32	2.06	2.23	1.97
NEM AN387	2.30	2.04	2.20	1.95
NEM AN388	2.28	2.02	2.18	1.92
NEM AN389	2.26	2.01	2.16	1.91
NEM AN390	2.32	2.06	2.22	1.97
NEM AN391	2.32	2.06	2.22	1.96
NEM AN392	2.30	2.04	2.20	1.94
NEM AN393	2.44	2.17	2.36	2.11
NEM AN394	2.42	2.15	2.34	2.08
NEM AN395	2.37	2.10	2.28	2.02
NEM AN396	2.37	2.10	2.28	2.02
NEM AN397	2.35	2.09	2.26	2.00
NEM AN398	2.33	2.07	2.24	1.98
NEM AN399	2.36	2.09	2.27	2.01
NEM AN400	2.32	2.06	2.22	1.97
NEM AN401	2.30	2.04	2.20	1.94
NEM AN402	2.30	2.04	2.20	1.94
NEM AN403	2.28	2.02	2.18	1.92
NEM AN404	2.26	2.00	2.15	1.90
NEM AN405	2.24	1.99	2.13	1.88
NEM AN406	2.22	1.97	2.11	1.86
NEM AN407	2.20	1.95	2.09	1.84
NEM AN408	2.18	1.94	2.07	1.82
NEM AN409	2.16	1.92	2.05	1.80
NEM AN410	2.14	1.90	2.03	1.78
NEM AN411	2.12	1.89	2.01	1.76
NEM AN412	2.11	1.87	1.99	1.74
NEM AN413	2.28	2.02	2.17	1.92
NEM AN414	2.26	2.00	2.15	1.90
NEM AN415	2.24	1.98	2.13	1.88
NEM AN416	2.24	1.99	2.13	1.88
NEM AN417	2.21	1.96	2.10	1.85
NEM AN418	2.22	1.97	2.11	1.86
NEM AN419	2.20	1.95	2.09	1.84
NEM AN420	2.18	1.94	2.07	1.82
NEM AN421	2.18	1.94	2.07	1.82
NEM AN422	2.17	1.93	2.06	1.81
NEM AN423	2.16	1.91	2.04	1.79
NEM AN424	2.14	1.90	2.03	1.78
NEM AN425	2.12	1.88	2.01	1.76
NEM AN426	2.11	1.87	1.99	1.74
NEM AN427	2.09	1.85	1.97	1.72
NEM AN428	2.07	1.84	1.95	1.70
NEM AN429	2.07	1.84	1.95	1.71
NEM AN430	2.05	1.82	1.93	1.69
NEM AN431	2.04	1.81	1.92	1.67
NEM AN432	2.02	1.80	1.90	1.66
NEM AN433	2.01	1.78	1.89	1.65
NEM AN434	2.16	1.92	2.05	1.80
NEM AN435	2.15	1.91	2.03	1.79
NEM AN436	2.14	1.90	2.03	1.78
NEM AN437	2.14	1.90	2.02	1.78
NEM AN438	2.14	1.90	2.02	1.78
NEM AN439	2.13	1.89	2.02	1.77
NEM AN440	2.11	1.87	2.00	1.75
NEM AN441	2.09	1.86	1.98	1.73
NEM AN442	2.08	1.85	1.96	1.72
NEM AN443	2.07	1.84	1.95	1.71
NEM AN444	2.07	1.84	1.95	1.71
NEM AN445	2.04	1.81	1.92	1.68
NEM AN446	2.02	1.80	1.90	1.66
NEM AN447	2.01	1.79	1.89	1.65
NEM AN448	2.01	1.78	1.88	1.64



NEM AN449	2.01	1.78	1.88	1.64
NEM AN450	2.00	1.78	1.88	1.64
NEM AN451	1.99	1.76	1.86	1.62
NEM AN452	1.97	1.75	1.84	1.61
NEM AN453	2.04	1.81	1.92	1.68
NEM AN454	2.03	1.80	1.90	1.66
NEM AN455	2.03	1.80	1.90	1.66
NEM AN456	2.01	1.78	1.89	1.64
NEM AN457	2.01	1.78	1.88	1.64
NEM AN458	1.99	1.77	1.87	1.63
NEM AN459	1.98	1.76	1.86	1.62
NEM AN460	2.00	1.78	1.88	1.64
NEM AN461	1.99	1.77	1.87	1.63
NEM AN462	2.01	1.78	1.88	1.64
NEM AN463	1.99	1.76	1.86	1.62
NEM AN464	1.98	1.75	1.85	1.61
NEM AN465	1.98	1.76	1.85	1.61
NEM AN466	1.96	1.74	1.84	1.60
NEM AN467	1.99	1.76	1.86	1.62
NEM AN468	1.97	1.75	1.85	1.61
NEM AN469	1.96	1.74	1.83	1.59
NEM AN470	1.94	1.72	1.81	1.58
NEM AN471	1.93	1.71	1.80	1.56
NEM AN472	1.92	1.71	1.79	1.56
NEM AN473	1.90	1.69	1.77	1.54
NEM AN474	1.89	1.68	1.75	1.52
NEM AN475	1.87	1.66	1.74	1.51
NEM AN476	1.86	1.65	1.73	1.50
NEM AN477	1.76	1.57	1.65	1.41
NEM AN478	1.72	1.53	1.61	1.37
NEM AN479	1.68	1.49	1.57	1.33
NEM AN480	1.92	1.70	1.78	1.55
NEM AN481	1.90	1.69	1.77	1.54
NEM AN482	2.40	2.13	2.31	2.05
NEM AN483	2.39	2.12	2.30	2.04
NEM AN484	2.38	2.12	2.29	2.04
NEM AN485	2.37	2.10	2.27	2.02
NEM AN486	2.35	2.09	2.25	2.00
NEM AN487	2.32	2.06	2.23	1.97
NEM AN488	2.32	2.06	2.22	1.96
NEM AN489	2.32	2.06	2.23	1.97
NEM AN490	2.29	2.04	2.20	1.94
NEM AN491	2.28	2.03	2.18	1.92
NEM AN492	2.27	2.01	2.17	1.91
NEM AN493	2.27	2.01	2.16	1.91
NEM AN494	2.25	2.00	2.15	1.89
NEM AN495	2.23	1.98	2.13	1.87
NEM AN496	2.22	1.97	2.11	1.86
NEM AN497	2.21	1.96	2.10	1.84
NEM AN498	2.19	1.95	2.09	1.83
NEM AN499	2.18	1.94	2.07	1.81
NEM AN500	2.16	1.92	2.05	1.80
NEM AN501	2.14	1.90	2.03	1.77
NEM AN502	2.12	1.88	2.00	1.75
NEM AN503	2.09	1.86	1.97	1.72
NEM AN504	2.09	1.85	1.97	1.72
NEM AN505	2.07	1.84	1.95	1.70
NEM AN506	2.05	1.82	1.93	1.68
NEM AN507	2.02	1.80	1.90	1.66
NEM AN508	2.38	2.11	2.29	2.03
NEM AN509	2.36	2.10	2.27	2.01
NEM AN511	2.34	2.08	2.25	1.99
NEM AN512	2.32	2.06	2.22	1.97
NEM AN513	2.30	2.04	2.20	1.94
NEM AN514	2.27	2.02	2.17	1.92
NEM AN515	2.25	2.01	2.15	1.90



NEM AN516	2.24	1.99	2.13	1.88
NEM AN517	2.23	1.99	2.13	1.88
NEM AN518	2.22	1.98	2.11	1.86
NEM AN519	2.21	1.97	2.10	1.85
NEM AN520	2.20	1.96	2.09	1.84
NEM AN521	2.19	1.96	2.09	1.83
NEM AN522	2.21	1.97	2.10	1.85
NEM AN523	2.17	1.94	2.07	1.81
NEM AN524	2.23	1.99	2.12	1.87
NEM AN525	2.21	1.97	2.10	1.85
NEM AN526	2.19	1.95	2.08	1.83
NEM AN527	2.17	1.94	2.06	1.81
NEM AN528	2.15	1.92	2.04	1.79
NEM AN529	2.14	1.91	2.03	1.78
NEM AN530	2.13	1.91	2.02	1.77
NEM AN531	2.13	1.90	2.01	1.76
NEM AN532	2.11	1.89	2.00	1.75
NEM AN533	2.09	1.87	1.98	1.73
NEM AN534	2.07	1.85	1.96	1.71
NEM AN535	2.06	1.84	1.94	1.70
NEM AN536	2.05	1.83	1.93	1.69
NEM AN537	2.05	1.83	1.93	1.69
NEM AN538	2.03	1.81	1.91	1.67
NEM AN539	2.01	1.80	1.89	1.65
NEM AN540	2.04	1.83	1.93	1.68
NEM AN541	2.03	1.81	1.91	1.67
NEM AN542	2.04	1.82	1.92	1.68
NEM AN543	2.02	1.81	1.90	1.66
NEM AN544	2.01	1.80	1.90	1.66
NEM AN545	2.01	1.80	1.89	1.65
NEM AN546	2.01	1.80	1.89	1.65
NEM AN547	1.99	1.78	1.87	1.63
NEM AN548	1.99	1.78	1.87	1.63
NEM AN549	1.99	1.77	1.87	1.63
NEM AN550	1.98	1.77	1.86	1.62
NEM AN551	1.98	1.77	1.86	1.62
NEM AN552	1.97	1.76	1.85	1.62
NEM AN553	1.95	1.75	1.83	1.60
NEM AN554	1.94	1.73	1.81	1.58
NEM AN555	1.92	1.72	1.80	1.56
NEM AN556	1.93	1.72	1.80	1.57
NEM AN557	1.93	1.72	1.80	1.57
NEM AN558	1.99	1.78	1.87	1.63
NEM AN559	1.97	1.76	1.85	1.61
NEM AN560	1.97	1.76	1.85	1.61
NEM AN561	1.96	1.75	1.84	1.60
NEM AN562	1.95	1.74	1.82	1.59
NEM AN563	1.96	1.75	1.84	1.60
NEM AN564	1.94	1.74	1.82	1.58
NEM AN565	1.94	1.74	1.82	1.58
NEM AN566	1.93	1.72	1.80	1.57
NEM AN567	1.93	1.72	1.80	1.57
NEM AN568	1.93	1.72	1.80	1.57
NEM AN569	1.91	1.71	1.79	1.55
NEM AN570	1.90	1.70	1.77	1.54
NEM AN571	1.90	1.70	1.77	1.54
NEM AN572	1.91	1.71	1.79	1.55
NEM AN573	1.89	1.69	1.77	1.54
NEM AN574	1.89	1.69	1.76	1.53
NEM AN575	1.88	1.69	1.76	1.53
NEM AN576	1.88	1.68	1.75	1.52
NEM AN577	1.88	1.68	1.75	1.52
NEM AN578	1.86	1.67	1.74	1.51
NEM AN579	1.85	1.65	1.72	1.49
NEM AN580	1.83	1.64	1.71	1.48
NEM AN581	1.89	1.69	1.76	1.53



NEM AN582	1.87	1.67	1.75	1.52
NEM AN583	1.85	1.66	1.73	1.50
NEM AN584	1.84	1.65	1.71	1.49
NEM AN585	1.83	1.64	1.70	1.48
NEM AN586	1.81	1.62	1.69	1.46
NEM AN587	1.81	1.62	1.69	1.46
NEM AN588	1.80	1.61	1.67	1.45
NEM AN589	1.79	1.60	1.66	1.44
NEM AN590	1.77	1.59	1.65	1.43
NEM AN591	1.76	1.58	1.64	1.42
NEM AN592	1.76	1.58	1.64	1.42
NEM AN593	1.75	1.57	1.63	1.41
NEM AN594	1.74	1.55	1.62	1.39
NEM AN595	1.75	1.56	1.63	1.40
NEM AN596	1.73	1.55	1.61	1.39
NEM AN597	1.83	1.63	1.70	1.48
NEM AN598	1.83	1.64	1.70	1.48
NEM AN599	1.82	1.63	1.69	1.47
NEM AN600	1.81	1.62	1.69	1.46
NEM AN601	1.81	1.62	1.69	1.46
NEM AN602	1.81	1.62	1.68	1.46
NEM AN603	1.80	1.61	1.67	1.45
NEM AN604	1.80	1.61	1.67	1.45
NEM AN605	1.79	1.60	1.66	1.44
NEM AN606	1.77	1.59	1.65	1.43
NEM AN607	1.83	1.63	1.70	1.48
NEM AN608	1.81	1.62	1.68	1.46
NEM AN609	1.81	1.62	1.68	1.46
NEM AN610	1.81	1.62	1.68	1.46
NEM AN611	1.79	1.60	1.67	1.44
NEM AN612	1.78	1.59	1.65	1.43
NEM AN613	1.79	1.60	1.66	1.44
NEM AN614	1.77	1.59	1.65	1.43
NEM AN615	1.76	1.58	1.64	1.42
NEM AN617	1.76	1.58	1.64	1.41
NEM AN618	1.75	1.56	1.63	1.40
NEM AN619	1.76	1.57	1.63	1.41
NEM AN620	1.76	1.57	1.64	1.41
NEM AN621	1.72	1.54	1.60	1.37
NEM AN622	1.72	1.54	1.60	1.37
NEM AN623	1.71	1.53	1.60	1.37
NEM AN624	1.71	1.53	1.59	1.37
NEM AN625	1.70	1.52	1.58	1.36
NEM AN626	1.74	1.56	1.62	1.40
NEM AN627	1.74	1.55	1.62	1.39
NEM AN628	1.73	1.55	1.61	1.38
NEM AN629	1.73	1.55	1.61	1.39
NEM AN630	1.72	1.53	1.60	1.37
NEM AN631	1.70	1.52	1.59	1.36
NEM AN632	1.73	1.55	1.61	1.39
NEM AN633	1.72	1.54	1.60	1.38
NEM AN634	1.72	1.54	1.60	1.38
NEM AN635	1.71	1.53	1.59	1.37
NEM AN636	1.70	1.52	1.58	1.36
NEM AN637	1.70	1.52	1.58	1.35
NEM AN638	1.69	1.51	1.58	1.35
NEM AN639	1.68	1.50	1.56	1.34
NEM AN640	1.69	1.51	1.58	1.35
NEM AN641	1.68	1.51	1.57	1.34
NEM AN642	1.67	1.49	1.56	1.33
NEM AN643	1.66	1.48	1.54	1.32
NEM AN644	1.71	1.53	1.60	1.37
NEM AN645	1.71	1.53	1.59	1.37
NEM AN646	1.69	1.51	1.58	1.35
NEM AN647	1.70	1.52	1.59	1.36
NEM AN648	1.68	1.50	1.56	1.34



NEM AN649	1.71	1.53	1.59	1.37
NEM AN650	1.70	1.52	1.58	1.36
NEM AN651	1.70	1.52	1.58	1.36
NEM AN652	1.69	1.51	1.57	1.34
NEM AN653	1.68	1.50	1.56	1.34
NEM AN654	1.67	1.49	1.55	1.33
NEM AN655	1.66	1.48	1.55	1.32
NEM AN656	1.65	1.48	1.54	1.31
NEM AN657	1.64	1.46	1.53	1.30
NEM AN658	2.12	1.90	2.01	1.76
NEM AN659	2.11	1.89	2.00	1.75
NEM AN660	2.09	1.87	1.98	1.73
NEM AN661	2.08	1.86	1.96	1.72
NEM AN662	2.06	1.84	1.94	1.70
NEM AN663	2.05	1.84	1.94	1.69
NEM AN664	2.05	1.83	1.93	1.69
NEM AN665	2.04	1.83	1.93	1.69
NEM AN666	2.03	1.82	1.91	1.67
NEM AN669	2.01	1.80	1.90	1.65
NEM AN670	2.01	1.80	1.90	1.65
NEM AN671	1.98	1.77	1.86	1.62
NEM AN616	1.76	1.58	1.64	1.42
NEM AN672	1.98	1.77	1.86	1.62
NEM AN673	1.97	1.76	1.85	1.61
NEM AN674	1.95	1.75	1.83	1.59
NEM AN675	1.94	1.73	1.81	1.58
NEM AN676	1.93	1.72	1.80	1.57
NEM AN677	2.04	1.83	1.93	1.68
NEM AN678	2.03	1.81	1.91	1.67
NEM AN679	2.01	1.80	1.89	1.64
NEM AN680	2.01	1.80	1.89	1.64
NEM AN681	1.99	1.78	1.87	1.63
NEM AN682	1.98	1.77	1.86	1.61
NEM AN683	1.98	1.77	1.86	1.61
NEM AN684	1.96	1.76	1.84	1.60
NEM AN685	1.95	1.75	1.83	1.58
NEM AN686	1.94	1.74	1.81	1.57
NEM AN687	1.94	1.74	1.82	1.57
NEM AN689	1.93	1.73	1.80	1.56
NEM AN690	1.92	1.72	1.80	1.55
NEM AN691	1.91	1.71	1.78	1.54
NEM AN692	1.90	1.70	1.77	1.53
NEM AN693	1.88	1.69	1.76	1.52
NEM AN694	1.90	1.71	1.78	1.54
NEM AN695	1.90	1.70	1.77	1.53
NEM AN696	1.88	1.69	1.76	1.52
NEM AN697	1.87	1.68	1.75	1.51
NEM AN698	1.86	1.67	1.74	1.50
NEM AN699	1.86	1.67	1.74	1.50
NEM AN700	1.92	1.72	1.80	1.55
NEM AN701	1.92	1.72	1.80	1.55
NEM AN702	1.91	1.71	1.79	1.54
NEM AN703	1.90	1.70	1.78	1.54
NEM AN704	1.89	1.69	1.76	1.52
NEM AN705	1.87	1.68	1.75	1.51
NEM AN706	1.87	1.68	1.75	1.51
NEM AN707	1.86	1.67	1.74	1.50
NEM AN708	1.85	1.66	1.73	1.49
NEM AN709	1.85	1.66	1.73	1.49
NEM AN710	1.85	1.66	1.73	1.49
NEM AN711	1.89	1.70	1.77	1.53
NEM AN712	1.88	1.68	1.75	1.51
NEM AN713	1.88	1.69	1.75	1.51
NEM AN714	1.87	1.68	1.75	1.51
NEM AN715	1.86	1.67	1.73	1.50
NEM AN716	1.86	1.67	1.74	1.50



NEM AN717	1.85	1.66	1.73	1.49
NEM AN718	1.84	1.65	1.71	1.48
NEM AN719	1.83	1.64	1.70	1.46
NEM AN720	1.82	1.63	1.69	1.46
NEM AN721	1.81	1.62	1.68	1.45
NEM AN722	1.79	1.61	1.66	1.43
NEM AN723	1.79	1.61	1.66	1.43
NEM AN724	1.78	1.60	1.65	1.42
NEM AN725	1.72	1.54	1.60	1.37
NEM AN726	1.71	1.53	1.58	1.35
NEM AN727	1.70	1.53	1.58	1.35
NEM AN728	1.70	1.52	1.58	1.35
NEM AN729	1.69	1.51	1.57	1.34
NEM AN730	1.69	1.51	1.57	1.34
NEM AN731	1.67	1.50	1.55	1.32
NEM AN732	1.66	1.49	1.54	1.31
NEM AN733	1.64	1.48	1.53	1.30
NEM AN734	1.63	1.47	1.52	1.29
NEM AN735	1.62	1.46	1.51	1.28
NEM AN736	1.60	1.44	1.49	1.26
NEM AN737	1.68	1.51	1.56	1.33
NEM AN738	1.66	1.49	1.54	1.31
NEM AN739	1.65	1.48	1.53	1.30
NEM AN740	1.62	1.45	1.50	1.27
NEM AN741	1.60	1.44	1.49	1.25
NEM AN742	1.60	1.44	1.49	1.25
NEM AN743	1.59	1.43	1.48	1.24
NEM AN744	1.60	1.44	1.49	1.25
NEM AN745	1.60	1.44	1.49	1.25
NEM AN746	1.59	1.43	1.48	1.24
NEM AN747	1.58	1.42	1.47	1.23
NEM AN748	1.57	1.41	1.46	1.22
NEM AN749	1.56	1.40	1.45	1.21
NEM AN750	1.55	1.39	1.45	1.21
NEM AN751	1.56	1.40	1.46	1.22
NEM AN752	1.53	1.38	1.43	1.19
NEM AN753	1.52	1.37	1.42	1.18
NEM AN754	1.51	1.36	1.41	1.17
NEM AN755	1.50	1.35	1.40	1.17
NEM AN756	1.50	1.35	1.40	1.17
NEM AN757	1.50	1.35	1.40	1.17
NEM AN758	1.50	1.34	1.40	1.16
NEM AN759	1.49	1.34	1.39	1.15
NEM AN760	1.49	1.33	1.39	1.15
NEM AN761	1.49	1.33	1.39	1.15
NEM AN762	1.48	1.33	1.38	1.14
NEM AN763	1.47	1.32	1.37	1.13
NEM AN764	1.46	1.31	1.36	1.13
NEM AN765	1.45	1.30	1.36	1.12
NEM AN766	1.47	1.32	1.38	1.14
NEM AN767	1.47	1.32	1.38	1.14
NEM AN768	1.46	1.31	1.37	1.13
NEM AN769	1.45	1.30	1.36	1.12
NEM AN770	1.44	1.29	1.35	1.11
NEM AN771	1.43	1.28	1.34	1.10
NEM AN772	1.42	1.28	1.33	1.09
NEM AN773	1.47	1.31	1.37	1.13
NEM AN774	1.46	1.31	1.37	1.13
NEM AN775	1.46	1.31	1.36	1.13
NEM AN776	1.46	1.31	1.36	1.13
NEM AN777	1.45	1.30	1.36	1.12
NEM AN778	1.44	1.29	1.35	1.11
NEM AN779	1.78	1.59	1.65	1.42
NEM AN780	1.76	1.58	1.64	1.41
NEM AN781	1.76	1.58	1.63	1.40
NEM AN782	1.75	1.57	1.62	1.39



NEM AN783	1.75	1.57	1.63	1.40
NEM AN784	1.75	1.57	1.62	1.39
NEM AN785	1.74	1.56	1.62	1.39
NEM AN786	1.74	1.56	1.61	1.38
NEM AN787	1.73	1.55	1.60	1.37
NEM AN788	1.73	1.55	1.61	1.38
NEM AN789	1.72	1.54	1.60	1.37
NEM AN790	1.74	1.56	1.61	1.38
NEM AN791	1.73	1.55	1.60	1.37
NEM AN792	1.72	1.54	1.60	1.37
NEM AN793	1.73	1.55	1.60	1.37
NEM AN794	1.72	1.54	1.59	1.36
NEM AN795	1.72	1.54	1.60	1.36
NEM AN796	1.74	1.56	1.61	1.38
NEM AN797	1.73	1.55	1.60	1.37
NEM AN798	1.73	1.55	1.60	1.37
NEM AN799	1.73	1.55	1.60	1.37
NEM AN800	1.72	1.55	1.60	1.37
NEM AN801	1.72	1.54	1.60	1.36
NEM AN802	1.71	1.53	1.59	1.35
NEM AN803	1.70	1.52	1.58	1.34
NEM AN804	1.70	1.52	1.58	1.34
NEM AN805	1.69	1.51	1.57	1.34
NEM AN806	1.69	1.52	1.57	1.34
NEM AN807	1.68	1.50	1.56	1.33
NEM AN808	1.67	1.50	1.55	1.31
NEM AN809	1.96	1.75	1.84	1.59
NEM AN810	1.95	1.74	1.83	1.58
NEM AN811	1.94	1.74	1.81	1.57
NEM AN812	1.93	1.73	1.81	1.56
NEM AN813	1.92	1.72	1.80	1.55
NEM AN814	1.90	1.71	1.78	1.54
NEM AN815	1.89	1.70	1.77	1.52
NEM AN816	1.89	1.70	1.77	1.52
NEM AN817	1.87	1.67	1.74	1.50
NEM AN818	1.85	1.66	1.72	1.48
NEM AN819	1.82	1.64	1.70	1.46
NEM AN820	1.80	1.62	1.68	1.44
NEM AN821	1.88	1.68	1.75	1.51
NEM AN822	1.87	1.67	1.74	1.50
NEM AN823	1.85	1.66	1.73	1.48
NEM AN824	1.84	1.65	1.71	1.47
NEM AN825	1.83	1.64	1.70	1.46
NEM AN826	1.83	1.64	1.70	1.46
NEM AN827	1.83	1.64	1.70	1.45
NEM AN828	1.83	1.64	1.70	1.46
NEM AN829	1.82	1.64	1.70	1.45
NEM AN830	1.81	1.63	1.69	1.44
NEM AN831	1.82	1.63	1.69	1.45
NEM AN832	1.81	1.62	1.68	1.44
NEM AN833	1.80	1.62	1.68	1.43
NEM AN834	1.80	1.62	1.68	1.43
NEM AN835	1.80	1.61	1.67	1.42
NEM AN836	1.78	1.60	1.66	1.41
NEM AN837	1.81	1.63	1.69	1.44
NEM AN838	1.80	1.62	1.68	1.43
NEM AN839	1.80	1.62	1.67	1.43
NEM AN840	1.79	1.61	1.67	1.42
NEM AN841	1.79	1.60	1.66	1.42
NEM AN842	1.78	1.59	1.65	1.41
NEM AN843	1.78	1.60	1.66	1.42
NEM AN844	1.78	1.60	1.65	1.41
NEM AN845	1.77	1.59	1.64	1.40
NEM AN846	1.77	1.59	1.64	1.40
NEM AN847	1.75	1.57	1.62	1.39
NEM AN848	1.77	1.59	1.64	1.40



NEM AN849	1.76	1.58	1.63	1.39
NEM AN850	1.75	1.57	1.62	1.38
NEM AN851	1.73	1.56	1.60	1.37
NEM AN852	1.72	1.55	1.59	1.36
NEM AN853	1.74	1.56	1.61	1.37
NEM AN854	1.73	1.55	1.60	1.36
NEM AN855	1.73	1.55	1.60	1.36
NEM AN856	1.71	1.54	1.59	1.35
NEM AN857	1.70	1.53	1.58	1.34
NEM AN858	1.69	1.52	1.56	1.33
NEM AN859	1.80	1.62	1.67	1.43
NEM AN860	1.79	1.61	1.66	1.42
NEM AN861	1.79	1.61	1.66	1.42
NEM AN862	1.79	1.61	1.66	1.42
NEM AN863	1.77	1.59	1.65	1.41
NEM AN864	1.78	1.60	1.65	1.41
NEM AN865	1.76	1.58	1.63	1.39
NEM AN866	1.75	1.57	1.62	1.38
NEM AN867	1.75	1.57	1.62	1.38
NEM AN868	1.74	1.56	1.61	1.37
NEM AN869	1.73	1.55	1.60	1.37
NEM AN870	1.72	1.54	1.59	1.36
NEM AN871	1.71	1.54	1.59	1.35
NEM AN872	1.72	1.55	1.60	1.36
NEM AN873	1.72	1.55	1.59	1.36
NEM AN874	1.71	1.53	1.58	1.35
NEM AN875	1.70	1.52	1.57	1.34
NEM AN876	1.70	1.52	1.57	1.33
NEM AN877	1.68	1.51	1.56	1.32
NEM AN878	1.67	1.50	1.55	1.31
NEM AN879	1.66	1.49	1.53	1.30
NEM AN880	1.64	1.47	1.52	1.28
NEM AN881	1.68	1.51	1.56	1.32
NEM AN882	1.67	1.50	1.55	1.31
NEM AN883	1.66	1.49	1.54	1.30
NEM AN884	1.65	1.48	1.53	1.29
NEM AN885	1.64	1.47	1.52	1.28
NEM AN886	1.62	1.46	1.51	1.27
NEM AN887	1.61	1.45	1.50	1.26
NEM AN888	1.60	1.44	1.49	1.25
NEM AN889	1.60	1.44	1.49	1.25
NEM AN890	1.59	1.43	1.48	1.24
NEM AN891	1.59	1.43	1.48	1.25
NEM AN892	1.53	1.37	1.43	1.19
NEM AN893	1.53	1.37	1.43	1.19
NEM AN894	1.50	1.35	1.40	1.17
NEM AN895	1.50	1.35	1.40	1.17
NEM AN896	1.45	1.30	1.35	1.12
NEM AN897	1.47	1.32	1.37	1.14
NEM AN898	1.43	1.28	1.34	1.10
NEM AN899	1.39	1.25	1.30	1.07
NEM AN900	1.74	1.56	1.61	1.37
NEM AN901	1.73	1.55	1.60	1.37
NEM AN902	1.72	1.55	1.60	1.36
NEM AN903	1.73	1.55	1.60	1.37
NEM AN904	1.73	1.55	1.60	1.36
NEM AN905	1.71	1.54	1.59	1.35
NEM AN906	1.71	1.53	1.58	1.35
NEM AN907	1.71	1.53	1.58	1.35
NEM AN908	1.71	1.53	1.58	1.35
NEM AN909	1.70	1.52	1.57	1.34
NEM AN910	1.69	1.51	1.56	1.33
NEM AN911	1.68	1.51	1.56	1.32
NEM AN912	1.68	1.50	1.55	1.32
NEM AN913	1.68	1.51	1.55	1.32
NEM AN914	1.67	1.50	1.54	1.31



NEM AN915	1.70	1.52	1.57	1.34
NEM AN916	1.69	1.52	1.57	1.33
NEM AN917	1.68	1.51	1.56	1.32
NEM AN918	1.69	1.52	1.56	1.33
NEM AN919	1.68	1.51	1.56	1.32
NEM AN920	1.67	1.50	1.55	1.31
NEM AN921	1.66	1.49	1.53	1.30
NEM AN922	1.71	1.54	1.59	1.35
NEM AN923	1.70	1.53	1.58	1.34
NEM AN924	1.68	1.51	1.56	1.32
NEM AN925	1.67	1.50	1.55	1.31
NEM AN926	1.66	1.49	1.54	1.30
NEM AN927	1.65	1.48	1.53	1.30
NEM AN928	1.65	1.48	1.53	1.30
NEM AN929	1.64	1.47	1.52	1.28
NEM AN930	1.64	1.47	1.52	1.28
NEM AN931	1.63	1.47	1.51	1.28
NEM AN932	1.62	1.45	1.50	1.27
NEM AN933	1.79	1.61	1.66	1.42
NEM AN934	1.78	1.60	1.65	1.41
NEM AN935	1.77	1.59	1.64	1.40
NEM AN936	1.76	1.58	1.63	1.39
NEM AN937	1.75	1.57	1.62	1.38
NEM AN938	1.74	1.56	1.62	1.38
NEM AN939	1.73	1.56	1.61	1.37
NEM AN940	1.74	1.56	1.61	1.37
NEM AN942	1.73	1.56	1.61	1.37
NEM AN943	1.72	1.55	1.60	1.36
NEM AN944	1.71	1.54	1.59	1.35
NEM AN945	1.70	1.52	1.57	1.33
NEM AN946	1.68	1.51	1.56	1.32
NEM AN947	1.67	1.50	1.54	1.31
FED@A Norte	0.00	3.05	0.00	0.00
NEM AN948	1.67	1.50	1.54	1.31
NEM AN949	1.66	1.49	1.53	1.30
NEM AN950	1.65	1.48	1.53	1.29
NEM AN951	1.64	1.47	1.52	1.28
NEM AN952	1.64	1.47	1.52	1.28
NEM AN953	1.63	1.47	1.51	1.28
NEM AN954	1.63	1.47	1.51	1.28
NEM AN955	1.62	1.46	1.50	1.27
NEM AN956	1.61	1.45	1.49	1.26
NEM AN957	1.62	1.46	1.50	1.27
NEM AN958	1.62	1.45	1.50	1.26
NEM AN959	1.61	1.45	1.49	1.26
NEM AN960	1.60	1.44	1.48	1.25
NEM AN961	1.60	1.43	1.48	1.25
NEM AN962	1.59	1.43	1.47	1.24
NEM AN963	1.59	1.43	1.47	1.24
NEM AN964	1.57	1.41	1.45	1.22
NEM AN965	1.58	1.42	1.47	1.23
NEM AN966	1.60	1.43	1.48	1.25
NEM AN967	1.55	1.40	1.44	1.21
NEM AN968	1.57	1.41	1.46	1.22
NEM AN969	1.56	1.41	1.45	1.22
NEM AN970	1.58	1.42	1.46	1.23
NEM AN971	1.58	1.42	1.46	1.23
NEM AN972	1.58	1.42	1.46	1.23
NEM AN973	1.57	1.41	1.46	1.23
NEM AN974	1.56	1.41	1.45	1.22
NEM AN975	1.66	1.49	1.53	1.30
NEM AN976	1.64	1.48	1.52	1.29
NEM AN977	1.63	1.47	1.51	1.28
NEM AN978	1.63	1.46	1.51	1.27
NEM AN979	1.63	1.46	1.51	1.27
NEM AN980	1.63	1.46	1.51	1.27



NEM AN981	1.62	1.45	1.50	1.26
NEM AN982	1.62	1.45	1.50	1.26
NEM AN983	1.60	1.44	1.49	1.25
NEM AN984	1.61	1.44	1.49	1.25
NEM AN985	1.59	1.43	1.47	1.24
NEM AN986	1.59	1.43	1.47	1.24
NEM AN987	1.59	1.43	1.48	1.24
NEM AN988	1.58	1.42	1.47	1.23
NEM AN989	1.57	1.41	1.46	1.22
NEM AN990	1.56	1.40	1.45	1.22
NEM AN991	1.55	1.39	1.44	1.21
NEM AN992	1.54	1.38	1.43	1.20
NEM AN993	1.53	1.38	1.42	1.19
NEM AN994	1.52	1.37	1.41	1.18
NEM AN995	1.51	1.36	1.41	1.17
NEM AN996	1.50	1.35	1.40	1.17
NEM AN997	1.49	1.34	1.39	1.16
NEM AN998	1.49	1.34	1.38	1.15
NEM AN999	1.49	1.34	1.38	1.15
NEM AN1000	1.48	1.33	1.37	1.14
NEM AN1001	1.47	1.32	1.37	1.14
NEM AN1002	1.46	1.31	1.36	1.13
NEM AN1003	1.45	1.31	1.35	1.12
NEM AN1004	1.45	1.30	1.34	1.11
NEM AN1005	1.44	1.29	1.34	1.11
NEM AN1006	1.43	1.28	1.33	1.10
NEM AN1007	1.43	1.28	1.33	1.10
NEM AN1008	1.40	1.25	1.30	1.07
NEM AN1009	1.48	1.33	1.37	1.14
NEM AN1010	1.47	1.32	1.37	1.14
NEM AN1011	1.47	1.32	1.37	1.14
NEM AN1012	1.46	1.31	1.36	1.13
NEM AN1013	1.44	1.29	1.34	1.11
NEM AN1014	1.42	1.27	1.32	1.09
NEM AN1015	1.38	1.24	1.28	1.05
NEM AN1016	1.36	1.22	1.27	1.04
NEM AN1017	1.33	1.20	1.24	1.02
NEM AN1018	1.33	1.20	1.24	1.02
NEM AN1019	1.32	1.19	1.24	1.01
NEM AN1020	1.31	1.18	1.23	1.00
NEM AN1021	1.30	1.17	1.22	1.00
NEM AN1022	1.27	1.15	1.19	0.97
NEM AN1023	1.27	1.14	1.19	0.96
NEM AN1024	1.27	1.14	1.19	0.97
NEM AN1025	1.24	1.11	1.16	0.94
NEM AN1026	1.24	1.12	1.16	0.94
NEM AN1027	1.19	1.07	1.12	0.90
NEM AN1028	1.31	1.18	1.22	1.00
NEM AN1029	1.30	1.17	1.21	0.99
NEM AN1030	1.29	1.16	1.20	0.98
NEM AN1031	1.26	1.14	1.18	0.96
NEM AN1032	1.26	1.14	1.18	0.96
NEM AN1033	1.23	1.11	1.15	0.94
NEM AN1036	1.68	1.50	1.56	1.32
NEM AN1037	1.64	1.47	1.52	1.29
NEM AN1038	1.60	1.44	1.49	1.26
NEM AN1039	1.60	1.44	1.49	1.26
NEM AN1040	1.58	1.42	1.47	1.24
NEM AN1041	1.59	1.42	1.48	1.24
NEM AN1042	1.56	1.40	1.46	1.22
NEM AN1043	1.55	1.40	1.45	1.22
NEM AN1044	1.55	1.40	1.45	1.22
NEM AN1045	1.55	1.39	1.44	1.21
NEM AN1046	1.54	1.38	1.43	1.20
NEM AN1047	1.54	1.38	1.43	1.20
NEM AN1048	1.51	1.35	1.41	1.17



NEM AN1049	1.51	1.36	1.41	1.18
NEM AN1050	1.50	1.35	1.40	1.17
NEM AN1051	1.48	1.33	1.38	1.15
NEM AN1052	1.43	1.28	1.34	1.11
NEM AN1053	1.35	1.22	1.27	1.04
NEM AN1054	1.36	1.22	1.27	1.04
NEM AN1055	1.30	1.17	1.22	1.00
NEM AN1056	1.25	1.12	1.17	0.96
NEM AN1057	1.21	1.09	1.14	0.93
NEM AN1058	1.16	1.04	1.09	0.88
NEM AN1059	1.13	1.02	1.07	0.86
NEM AN1060	1.10	0.99	1.04	0.84
NEM AN1061	0.97	0.87	0.92	0.74
NEM AN1062	0.94	0.85	0.90	0.72
NEM AN1063	1.03	0.93	0.98	0.78
NEM AN1064	1.69	1.48	1.58	1.35
NEM AN1065	1.69	1.48	1.58	1.35
NEM AN1066	1.69	1.48	1.58	1.35
NEM AN1067	1.66	1.45	1.56	1.33
NEM AN1068	1.58	1.39	1.49	1.26
NEM AN1069	1.58	1.38	1.48	1.25
NEM AN1070	1.48	1.29	1.39	1.17
NEM AN1071	1.48	1.29	1.39	1.17
NEM AN1072	1.48	1.29	1.39	1.17
NEM AN1073	1.45	1.27	1.37	1.14
NEM AN1074	1.42	1.25	1.35	1.12
NEM AN1075	1.40	1.22	1.32	1.10
NEM AN1076	1.36	1.19	1.28	1.06
NEM AN1077	1.44	1.26	1.36	1.13
NEM AN1078	3.17	2.77	3.21	3.12
NEM AN1079	3.16	2.76	3.19	3.10
NEM AN1080	2.90	2.53	2.87	2.70
NEM AN1081	2.79	2.43	2.73	2.53
NEM AN1082	2.82	2.46	2.77	2.58
NEM AN1083	3.01	2.63	3.00	2.86
NEM AN1084	2.98	2.59	2.96	2.81
NEM AN1085	2.94	2.56	2.92	2.75
NEM AN1086	3.00	2.61	2.98	2.84
NEM AN1087	3.11	2.71	3.13	3.02
NEM AN1088	3.04	2.65	3.05	2.92
NEM AN1089	3.01	2.63	3.02	2.88
NEM AN1090	2.43	2.15	2.34	2.09
NEM AN1091	2.38	2.11	2.29	2.04
NEM AN1092	2.40	2.13	2.31	2.06
NEM AN1093	1.91	1.70	1.78	1.55
NEM AN1094	1.22	1.10	1.14	0.93
NEM AN1095	1.19	1.07	1.12	0.91
NEM AN1096	1.16	1.04	1.09	0.88
NEM AN1097	1.16	1.04	1.09	0.88
NEM AN1098	1.13	1.02	1.06	0.86
NEM AN1099	1.13	1.02	1.06	0.86
NEM AN1100	1.11	1.00	1.04	0.84
NEM AN1101	1.11	1.00	1.04	0.84
NEM AN1102	1.10	0.99	1.03	0.83
NEM AN1103	1.07	0.96	1.01	0.81
NEM AN1104	1.02	0.92	0.97	0.77
NEM AN1105	1.46	1.31	1.36	1.13
NEM AN1106	1.45	1.31	1.35	1.12
NEM AN1107	1.45	1.30	1.34	1.11
NEM AN1108	1.44	1.29	1.34	1.11
NEM AN1109	1.43	1.29	1.33	1.10
NEM AN1110	1.43	1.29	1.33	1.10
NEM AN1111	1.43	1.28	1.33	1.10
NEM AN1112	1.41	1.27	1.31	1.09
NEM AN1113	1.40	1.25	1.30	1.07
NEM AN1114	1.38	1.24	1.29	1.06



NEM AN1115	1.43	1.28	1.33	1.10
NEM AN1116	1.43	1.28	1.33	1.10
NEM AN1117	1.41	1.27	1.31	1.08
NEM AN1118	1.35	1.22	1.26	1.03
NEM AN1119	1.35	1.22	1.26	1.03
NEM AN1120	1.33	1.20	1.24	1.02
NEM AN1121	1.35	1.21	1.25	1.03
NEM AN1122	1.35	1.21	1.25	1.03
NEM AN1123	1.32	1.19	1.23	1.01
NEM AN1124	1.34	1.20	1.25	1.02
NEM AN1125	1.34	1.20	1.25	1.02
NEM AN1126	1.33	1.20	1.24	1.02
NEM AN1127	1.32	1.19	1.23	1.01
NEM AN1128	1.42	1.27	1.32	1.09
NEM AN1129	1.41	1.27	1.31	1.08
NEM AN1130	1.40	1.26	1.30	1.08
NEM AN1131	1.40	1.26	1.30	1.07
NEM AN1132	1.39	1.25	1.29	1.06
NEM AN1133	1.38	1.24	1.28	1.06
NEM AN1134	1.38	1.24	1.28	1.05
NEM AN1143	1.96	1.76	1.84	1.59
NEM AN1144	1.96	1.75	1.83	1.58
NEM AN1145	2.67	2.34	2.60	2.38
NEM AN1146	2.69	2.37	2.64	2.42
NEM AN1147	1.94	1.74	1.82	1.57
NEM AN1148	1.69	1.52	1.57	1.34
NEM AN1149	1.69	1.52	1.57	1.34
NEM AN1150	1.71	1.53	1.59	1.36
NEM AN1151	1.71	1.53	1.59	1.35
NEM AN1152	1.73	1.55	1.61	1.37
NEM AN1153	1.73	1.55	1.61	1.37
NEM AN1154	2.69	2.37	2.63	2.41

Fuente: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A **Software SPARD ® mp Distribucion**



Corrientes de cortocircuitó del Alimentador Sur

SHORT CIRCUIT : PRUEBACAYETANO

Feeder : [A_sur]

Date : 04/23/07

Time : 11:13:51

Fault Impedances :

1Phase Fault Impedance = 0.000 + j0.000

2Phase Fault Impedance = 0.000 + j0.000

2PhGround Fault Impedance = 0.000 + j0.000

3Phase Fault Impedance = 0.000 + j0.000

Short-Circuit Values				
Node	3Phase (kA)	2Phase (kA)	2PhGround (kA)	1Phase (kA)
NEM AS1	3.48	3.02	3.57	3.63
NEM AS2	3.44	2.98	3.52	3.56
NEM AS3	3.38	2.94	3.45	3.45
NEM AS4	3.34	2.90	3.41	3.38
NEM AS5	3.30	2.87	3.36	3.32
NEM AS6	3.27	2.85	3.32	3.26
NEM AS7	3.24	2.82	3.28	3.21
NEM AS8	3.24	2.82	3.28	3.21
NEM AS9	3.20	2.79	3.23	3.15
NEM AS10	3.21	2.80	3.25	3.16
NEM AS11	3.17	2.76	3.19	3.09
NEM AS12	3.14	2.74	3.15	3.04
NEM AS13	3.10	2.71	3.11	2.98
NEM AS14	3.04	2.66	3.04	2.90
NEM AS15	3.01	2.63	3.01	2.85
NEM AS16	2.98	2.61	2.97	2.81
NEM AS17	3.20	2.78	3.23	3.13
NEM AS18	2.96	2.59	2.95	2.78
NEM AS19	2.95	2.58	2.93	2.76
NEM AS20	2.92	2.56	2.90	2.72
NEM AS21	2.97	2.60	2.96	2.79
NEM AS23	2.96	2.59	2.94	2.77
NEM AS24	2.93	2.56	2.91	2.73
NEM AS25	2.90	2.54	2.88	2.69
NEM AS26	2.88	2.52	2.84	2.65
NEM AS27	2.84	2.50	2.81	2.61
NEM AS28	2.81	2.47	2.77	2.57
NEM AS29	2.81	2.47	2.77	2.57
NEM AS30	2.80	2.46	2.75	2.55
NEM AS31	2.78	2.44	2.73	2.52
NEM AS32	2.77	2.43	2.72	2.50
NEM AS33	2.77	2.43	2.72	2.50
NEM AS34	2.77	2.43	2.72	2.50
NEM AS35	2.74	2.41	2.69	2.48
NEM AS36	2.72	2.39	2.66	2.44
NEM AS37	2.69	2.37	2.63	2.40
NEM AS38	2.67	2.35	2.60	2.38
NEM AS39	2.75	2.42	2.70	2.48
NEM AS40	2.72	2.40	2.67	2.45
NEM AS41	2.70	2.38	2.64	2.42
NEM AS42	2.68	2.35	2.61	2.38
NEM AS43	2.66	2.34	2.60	2.37
NEM AS44	2.67	2.34	2.60	2.37
NEM AS45	2.64	2.32	2.57	2.34
NEM AS46	2.62	2.30	2.54	2.31
NEM AS47	2.60	2.28	2.52	2.28



NEM AS48	2.64	2.32	2.56	2.34
NEM AS49	2.64	2.32	2.57	2.34
NEM AS50	2.62	2.30	2.54	2.31
NEM AS51	2.59	2.28	2.51	2.28
NEM AS52	2.57	2.26	2.49	2.25
NEM AS53	2.61	2.30	2.54	2.30
NEM AS54	2.61	2.30	2.54	2.30
NEM AS55	2.59	2.28	2.51	2.27
NEM AS56	2.57	2.26	2.48	2.25
NEM AS57	2.54	2.24	2.46	2.22
NEM AS58	2.52	2.22	2.43	2.19
NEM AS59	2.52	2.22	2.43	2.19
NEM AS60	2.51	2.21	2.41	2.17
NEM AS61	2.51	2.21	2.41	2.17
NEM AS62	2.49	2.19	2.40	2.15
NEM AS63	2.48	2.18	2.38	2.13
NEM AS64	2.86	2.51	2.82	2.63
NEM AS65	2.75	2.42	2.69	2.48
NEM AS66	2.72	2.39	2.66	2.44
NEM AS67	2.72	2.39	2.66	2.44
NEM AS68	2.72	2.39	2.66	2.44
NEM AS69	2.70	2.38	2.64	2.42
NEM AS70	2.68	2.36	2.61	2.39
NEM AS71	2.70	2.38	2.65	2.42
NEM AS72	2.68	2.36	2.62	2.40
NEM AS73	2.66	2.34	2.60	2.37
NEM AS74	2.69	2.37	2.64	2.41
NEM AS75	2.67	2.36	2.61	2.39
NEM AS76	2.66	2.35	2.60	2.37
NEM AS77	2.66	2.35	2.60	2.37
NEM AS78	2.65	2.33	2.59	2.36
NEM AS79	2.63	2.32	2.56	2.33
NEM AS80	2.67	2.35	2.60	2.38
NEM AS81	2.64	2.33	2.58	2.35
NEM AS82	2.61	2.30	2.54	2.30
NEM AS83	2.57	2.27	2.50	2.27
NEM AS84	2.57	2.27	2.50	2.26
NEM AS85	2.54	2.25	2.47	2.23
NEM AS87	2.53	2.23	2.45	2.21
NEM AS88	2.52	2.23	2.45	2.20
NEM AS89	2.54	2.24	2.46	2.22
NEM AS90	2.51	2.21	2.43	2.18
NEM AS91	2.49	2.20	2.41	2.16
NEM AS92	2.48	2.19	2.40	2.15
NEM AS93	2.46	2.17	2.37	2.12
NEM AS94	2.47	2.19	2.39	2.14
NEM AS95	2.44	2.15	2.35	2.10
NEM AS96	2.47	2.18	2.39	2.14
NEM AS97	2.47	2.18	2.39	2.14
NEM AS98	2.45	2.17	2.37	2.12
NEM AS99	2.44	2.15	2.35	2.10
NEM AS100	2.40	2.12	2.31	2.06
NEM AS101	2.55	2.25	2.48	2.24
NEM AS102	2.40	2.12	2.31	2.06
NEM AS103	2.56	2.27	2.49	2.25
NEM AS104	2.54	2.25	2.47	2.23
NEM AS105	2.52	2.23	2.45	2.20
NEM AS106	2.50	2.21	2.42	2.18
NEM AS107	2.48	2.20	2.40	2.16
NEM AS108	2.47	2.18	2.38	2.14
NEM AS109	2.45	2.17	2.36	2.11
NEM AS110	2.42	2.15	2.34	2.09
NEM AS111	2.40	2.13	2.31	2.06
NEM AS112	2.38	2.11	2.29	2.04
NEM AS113	2.38	2.11	2.28	2.03
NEM AS114	2.37	2.10	2.28	2.03



NEM AS115	2.36	2.10	2.27	2.02
NEM AS116	2.35	2.09	2.26	2.00
NEM AS117	2.34	2.08	2.25	1.99
NEM AS118	2.34	2.07	2.24	1.99
NEM AS119	2.37	2.10	2.27	2.02
NEM AS120	2.35	2.08	2.25	2.00
NEM AS121	2.33	2.07	2.23	1.98
NEM AS122	2.31	2.05	2.21	1.96
NEM AS123	2.29	2.04	2.19	1.94
NEM AS124	2.27	2.02	2.17	1.92
NEM AS125	2.26	2.01	2.16	1.90
NEM AS126	2.26	2.01	2.15	1.90
NEM AS127	2.24	1.99	2.14	1.88
NEM AS128	2.22	1.98	2.12	1.86
NEM AS129	2.22	1.97	2.11	1.86
NEM AS130	2.21	1.97	2.11	1.85
NEM AS131	2.20	1.96	2.10	1.84
NEM AS132	2.18	1.94	2.07	1.82
NEM AS133	2.21	1.96	2.10	1.84
NEM AS134	2.20	1.96	2.10	1.84
NEM AS135	2.20	1.96	2.09	1.83
NEM AS136	2.20	1.95	2.09	1.83
NEM AS137	2.19	1.94	2.08	1.82
NEM AS138	2.19	1.95	2.08	1.83
NEM AS139	2.17	1.93	2.07	1.81
NEM AS140	2.16	1.92	2.05	1.79
NEM AS141	2.36	2.09	2.26	2.01
NEM AS142	2.36	2.09	2.26	2.01
NEM AS143	2.36	2.09	2.27	2.02
NEM AJS85	2.54	2.24	2.46	2.22
NEM AS144	2.35	2.08	2.25	2.00
NEM AS145	2.14	1.91	2.03	1.77
NEM AS146	2.12	1.89	2.01	1.75
NEM AS147	2.10	1.87	1.99	1.73
NEM AS148	2.08	1.85	1.97	1.72
NEM AS149	2.06	1.84	1.95	1.70
NEM AS150	2.05	1.82	1.93	1.68
NEM AS151	2.04	1.82	1.93	1.68
NEM AS152	2.04	1.82	1.92	1.67
NEM AS153	2.03	1.80	1.91	1.66
NEM AS154	2.03	1.80	1.91	1.66
NEM AS155	2.02	1.79	1.90	1.65
NEM AS156	2.02	1.79	1.90	1.65
NEM AS157	2.00	1.78	1.89	1.64
NEM AS158	1.99	1.77	1.87	1.62
NEM AS159	2.01	1.79	1.89	1.64
NEM AS160	2.00	1.78	1.88	1.63
NEM AS161	1.98	1.77	1.86	1.61
NEM AS162	1.97	1.75	1.85	1.60
NEM AS163	1.96	1.74	1.83	1.59
NEM AS164	1.95	1.74	1.83	1.58
NEM AS165	1.94	1.73	1.81	1.57
NEM AS166	1.95	1.74	1.83	1.58
NEM AS167	1.94	1.73	1.82	1.57
NEM AS168	1.93	1.72	1.80	1.56
NEM AS169	1.92	1.71	1.79	1.55
NEM AS170	1.92	1.71	1.80	1.55
NEM AS171	1.92	1.71	1.80	1.55
NEM AS172	2.67	2.35	2.61	2.38
NEM AS173	2.64	2.33	2.58	2.35
NEM AS174	2.62	2.30	2.55	2.31
NEM AS175	2.62	2.31	2.55	2.31
NEM AS176	2.58	2.27	2.50	2.27
NEM AS177	2.57	2.26	2.49	2.25
NEM AS178	2.60	2.29	2.53	2.29
NEM AS179	2.58	2.27	2.51	2.27



NEM AS180	2.54	2.24	2.47	2.22
NEM AS181	2.54	2.24	2.47	2.22
NEM AS182	2.52	2.22	2.44	2.20
NEM AS183	2.50	2.20	2.42	2.17
NEM AS184	2.48	2.19	2.40	2.15
NEM AS185	2.46	2.17	2.38	2.13
NEM AS186	2.44	2.15	2.36	2.11
NEM AS187	2.42	2.14	2.33	2.08
NEM AS188	2.41	2.12	2.31	2.06
NEM AS189	2.38	2.10	2.29	2.03
NEM AS190	2.37	2.09	2.28	2.02
NEM AS191	2.35	2.07	2.25	2.00
NEM AS192	2.33	2.05	2.23	1.97
NEM AS193	2.31	2.04	2.21	1.95
NEM AS194	2.29	2.02	2.19	1.93
NEM AS195	2.27	2.01	2.17	1.91
NEM AS196	2.25	1.99	2.15	1.88
NEM AS197	2.23	1.97	2.12	1.86
NEM AS198	2.21	1.95	2.10	1.84
NEM AS199	2.21	1.95	2.10	1.84
NEM AS200	2.21	1.95	2.10	1.84
NEM AS201	2.19	1.93	2.07	1.81
NEM AS202	2.18	1.93	2.07	1.81
NEM AS203	2.15	1.90	2.03	1.77
NEM AS204	2.15	1.90	2.03	1.77
NEM AS205	2.07	1.83	1.95	1.69
NEM AS206	2.06	1.82	1.94	1.68
NEM AS207	2.04	1.79	1.91	1.65
NEM AS208	2.04	1.79	1.91	1.65
NEM AS209	2.01	1.77	1.88	1.63
NEM AS210	2.00	1.76	1.87	1.62
NEM AS211	1.89	1.67	1.75	1.51
NEM AS212	1.79	1.58	1.66	1.41
NEM AS213	2.12	1.86	2.00	1.74
NEM AS214	2.08	1.83	1.95	1.70
NEM AS215	2.06	1.81	1.93	1.68
NEM AS216	2.04	1.80	1.92	1.66
NEM AS217	2.03	1.79	1.90	1.65
NEM AS218	2.01	1.77	1.88	1.63
NEM AS219	2.00	1.76	1.87	1.61
NEM AS220	1.98	1.74	1.84	1.59
NEM AS221	1.95	1.72	1.82	1.57
NEM AS222	1.94	1.71	1.80	1.55
NEM AS223	1.92	1.69	1.78	1.54
NEM AS224	1.90	1.68	1.77	1.52
NEM AS225	2.04	1.82	1.93	1.68
NEM AS226	2.03	1.81	1.91	1.66
NEM AS227	2.02	1.80	1.91	1.65
NEM AS228	2.02	1.80	1.90	1.65
NEM AS229	2.02	1.80	1.90	1.65
NEM AS230	2.01	1.79	1.89	1.64
NEM AS231	1.99	1.78	1.87	1.62
NEM AS232	1.98	1.76	1.86	1.61
NEM AS233	1.98	1.76	1.86	1.61
NEM AS234	1.97	1.76	1.85	1.60
NEM AS235	1.96	1.74	1.84	1.59
NEM AS236	1.95	1.74	1.83	1.58
NEM AS237	1.97	1.76	1.85	1.60
NEM AS238	1.96	1.75	1.84	1.59
NEM AS239	1.96	1.74	1.84	1.59
NEM AS240	1.95	1.74	1.83	1.58
NEM AS241	1.95	1.73	1.82	1.58
NEM AS242	1.93	1.72	1.81	1.56
NEM AS243	1.94	1.73	1.82	1.57
NEM AS244	1.93	1.72	1.81	1.56
NEM AS245	1.93	1.72	1.80	1.56



NEM AS246	1.93	1.72	1.80	1.56
NEM AS247	1.91	1.70	1.79	1.54
NEM AS248	1.93	1.72	1.80	1.56
NEM AS249	1.93	1.72	1.80	1.56
NEM AS250	1.91	1.70	1.79	1.54
NEM AS251	1.91	1.70	1.78	1.54
NEM AS252	1.91	1.70	1.78	1.54
NEM AS253	1.90	1.69	1.77	1.53
NEM AS254	1.90	1.69	1.78	1.53
NEM AS255	1.98	1.74	1.85	1.59
NEM AS256	1.99	1.77	1.87	1.62
NEM AS257	1.89	1.68	1.76	1.52
NEM AS258	1.87	1.67	1.75	1.51
NEM AS259	2.01	1.79	1.89	1.64
NEM AS260	2.00	1.78	1.88	1.63
NEM AS261	1.98	1.77	1.86	1.61
NEM AS262	1.98	1.76	1.86	1.61
NEM AS263	1.97	1.75	1.85	1.60
NEM AS264	1.97	1.75	1.85	1.60
NEM AS265	1.95	1.74	1.83	1.58
NEM AS266	1.94	1.73	1.82	1.57
NEM AS267	1.92	1.71	1.80	1.55
NEM AS268	1.92	1.71	1.79	1.55
NEM AS269	1.91	1.70	1.79	1.54
NEM AS270	1.91	1.70	1.79	1.54
NEM AS271	1.90	1.69	1.78	1.53
NEM AS272	1.89	1.69	1.77	1.52
NEM AS273	1.88	1.68	1.76	1.51
NEM AS274	1.88	1.67	1.75	1.51
NEM AS275	1.89	1.68	1.76	1.51
NEM AS276	1.87	1.67	1.75	1.50
NEM AS277	1.86	1.66	1.73	1.49
NEM AS278	1.84	1.64	1.72	1.47
NEM AS279	1.84	1.64	1.71	1.47
NEM AS280	1.89	1.68	1.76	1.52
NEM AS281	1.83	1.63	1.70	1.46
NEM AS282	1.91	1.70	1.79	1.54
NEM AS283	1.89	1.69	1.77	1.52
NEM AS284	1.88	1.68	1.76	1.51
NEM AS285	1.87	1.66	1.74	1.50
NEM AS286	1.87	1.66	1.74	1.50
NEM AS287	1.85	1.65	1.72	1.48
NEM AS288	1.83	1.63	1.71	1.46
NEM AS289	1.81	1.61	1.68	1.44
NEM AS290	1.80	1.60	1.67	1.43
NEM AS291	1.78	1.59	1.66	1.42
NEM AS292	1.77	1.58	1.64	1.41
NEM AS293	1.76	1.57	1.63	1.40
NEM AS294	1.75	1.55	1.62	1.38
NEM AS295	1.97	1.75	1.85	1.60
NEM AS296	1.95	1.74	1.83	1.58
NEM AS297	1.94	1.73	1.82	1.57
NEM AS298	1.93	1.72	1.81	1.56
NEM AS299	1.92	1.71	1.80	1.55
NEM AS300	1.91	1.70	1.79	1.54
NEM AS301	1.90	1.69	1.77	1.53
NEM AS302	1.89	1.68	1.76	1.52
NEM AS303	1.88	1.68	1.76	1.51
NEM AS304	1.88	1.68	1.76	1.51
NEM AS305	1.87	1.66	1.74	1.50
NEM AS306	1.86	1.65	1.73	1.48
NEM AS307	1.88	1.68	1.76	1.51
NEM AS308	1.87	1.66	1.75	1.50
NEM AS309	1.86	1.65	1.73	1.49
NEM AS310	1.85	1.65	1.72	1.48
NEM AS311	1.85	1.64	1.72	1.48



NEM AS312	1.84	1.64	1.72	1.47
NEM AS313	1.84	1.63	1.71	1.47
NEM AS314	1.82	1.62	1.70	1.45
NEM AS315	1.84	1.63	1.71	1.47
NEM AS316	1.83	1.63	1.71	1.46
NEM AS317	1.83	1.63	1.70	1.46
NEM AS318	1.82	1.62	1.70	1.45
NEM AS319	1.82	1.62	1.70	1.46
NEM AS320	1.81	1.61	1.69	1.44
NEM AS321	1.80	1.60	1.67	1.43
NEM AS322	1.79	1.59	1.66	1.42
NEM AS323	1.78	1.58	1.65	1.41
NEM AS324	1.78	1.58	1.65	1.41
NEM AS325	1.77	1.58	1.65	1.41
NEM AS326	1.76	1.57	1.64	1.40
NEM AS327	1.77	1.58	1.64	1.40
NEM AS328	1.76	1.56	1.63	1.39
NEM AS329	1.76	1.57	1.63	1.39
NEM AS330	1.74	1.55	1.61	1.37
NEM AS331	1.74	1.55	1.61	1.37
NEM AS332	1.72	1.53	1.59	1.35
NEM AS333	1.70	1.51	1.57	1.34
NEM AS334	1.69	1.50	1.56	1.32
NEM AS335	1.67	1.49	1.55	1.31
NEM AS336	2.23	1.98	2.13	1.87
NEM AS337	2.23	1.98	2.12	1.87
NEM AS338	2.21	1.97	2.11	1.85
NEM AS339	2.20	1.96	2.09	1.84
NEM AS340	2.19	1.95	2.08	1.83
NEM AS341	2.19	1.95	2.08	1.82
NEM AS342	2.19	1.95	2.08	1.82
NEM AS343	2.17	1.94	2.07	1.81
NEM AS344	2.22	1.98	2.12	1.86
NEM AS345	2.22	1.98	2.12	1.86
NEM AS346	2.19	1.95	2.08	1.83
NEM AS347	2.17	1.94	2.06	1.81
NEM AS348	2.16	1.92	2.04	1.79
NEM AS349	2.14	1.91	2.03	1.77
NEM AS350	2.13	1.89	2.01	1.75
NEM AS351	2.11	1.88	1.99	1.74
NEM AS352	2.08	1.85	1.96	1.71
NEM AS353	2.08	1.85	1.96	1.71
NEM AS354	2.06	1.84	1.94	1.69
NEM AS355	2.21	1.97	2.11	1.85
NEM AS356	2.21	1.97	2.10	1.85
NEM AS357	2.19	1.95	2.09	1.83
NEM AS358	2.17	1.94	2.07	1.81
NEM AS359	2.16	1.92	2.05	1.79
NEM AS360	2.16	1.92	2.05	1.79
NEM AS361	2.14	1.91	2.03	1.77
NEM AS362	2.14	1.91	2.03	1.77
NEM AS363	2.12	1.89	2.01	1.75
NEM AS364	2.09	1.86	1.98	1.72
NEM AS365	2.07	1.84	1.95	1.69
NEM AS366	2.05	1.83	1.94	1.68
NEM AS367	2.05	1.83	1.94	1.68
NEM AS368	2.02	1.80	1.90	1.65
NEM AS369	2.03	1.81	1.91	1.66
NEM AS370	2.01	1.79	1.89	1.63
NEM AS371	1.99	1.77	1.87	1.61
NEM AS372	1.97	1.75	1.85	1.59
NEM AS373	1.95	1.74	1.83	1.57
NEM AS374	1.94	1.72	1.81	1.56
NEM AS375	2.26	2.01	2.16	1.90
NEM AS376	1.97	1.75	1.85	1.59
NEM AS377	1.92	1.71	1.80	1.54



NEM AS378	1.91	1.70	1.79	1.53
NEM AS379	1.91	1.70	1.78	1.53
NEM AS380	1.91	1.70	1.78	1.53
NEM AS381	1.89	1.69	1.77	1.51
NEM AS382	1.88	1.67	1.75	1.50
NEM AS383	1.86	1.66	1.74	1.49
NEM AS384	1.84	1.64	1.71	1.47
NEM AS385	1.89	1.69	1.77	1.52
NEM AS386	1.88	1.67	1.75	1.50
NEM AS387	1.86	1.66	1.73	1.48
NEM AS388	1.92	1.71	1.80	1.54
NEM AS389	1.88	1.68	1.76	1.51
NEM AS390	1.88	1.68	1.76	1.51
NEM AS391	1.86	1.66	1.74	1.49
NEM AS392	1.85	1.65	1.72	1.47
NEM AS393	1.83	1.63	1.71	1.46
NEM AS394	1.84	1.64	1.71	1.46
NEM AS395	1.80	1.60	1.67	1.42
NEM AS396	1.77	1.57	1.64	1.40
NEM AS397	1.74	1.55	1.62	1.37
NEM AS398	1.72	1.53	1.59	1.35
NEM AS399	1.70	1.51	1.58	1.33
NEM AS400	1.69	1.51	1.56	1.32
NEM AS401	1.68	1.50	1.55	1.31
NEM AS402	1.68	1.50	1.55	1.31
NEM AS403	1.64	1.46	1.51	1.27
NEM AS404	1.64	1.46	1.51	1.27
NEM AS405	1.57	1.40	1.45	1.22
NEM AS406	1.59	1.42	1.47	1.23
NEM AS407	1.48	1.32	1.37	1.13
NEM AS408	1.46	1.30	1.36	1.12
NEM AS409	1.40	1.25	1.30	1.06
NEM AS410	1.36	1.22	1.27	1.03
NEM AS411	1.31	1.17	1.22	0.99
NEM AS412	1.30	1.16	1.21	0.98
NEM AS413	1.29	1.15	1.20	0.97
NEM AS414	1.28	1.14	1.20	0.96
NEM AS415	1.28	1.14	1.20	0.96
NEM AS416	1.27	1.13	1.19	0.95
NEM AS417	1.25	1.12	1.17	0.94
NEM AS418	1.23	1.09	1.15	0.92
NEM AS419	1.16	1.03	1.09	0.87
NEM AS420	1.06	0.95	1.00	0.79
NEM AS421	1.04	0.92	0.98	0.77
NEM AS422	2.19	1.95	2.09	1.83
NEM AS423	2.17	1.94	2.06	1.80
NEM AS424	2.15	1.92	2.04	1.79
NEM AS425	2.14	1.91	2.03	1.77
NEM AS426	2.13	1.90	2.01	1.75
NEM AS427	2.13	1.90	2.01	1.75
NEM AS428	2.12	1.89	2.00	1.74
NEM AS429	2.11	1.88	1.99	1.73
NEM AS430	2.10	1.87	1.98	1.72
NEM AS431	2.12	1.89	2.01	1.75
NEM AS432	2.10	1.88	1.99	1.73
NEM AS433	2.10	1.88	1.99	1.73
NEM AS434	2.09	1.86	1.97	1.71
NEM AS435	2.07	1.85	1.96	1.70
NEM AS436	2.06	1.83	1.94	1.68
NEM AS437	2.09	1.87	1.98	1.72
NEM AS438	2.08	1.86	1.97	1.71
NEM AS439	2.08	1.85	1.96	1.70
NEM AS440	2.07	1.85	1.95	1.69
NEM AS441	2.05	1.83	1.93	1.67
NEM AS442	2.07	1.85	1.96	1.70
NEM AS443	2.06	1.84	1.94	1.68



NEM AS444	2.05	1.83	1.93	1.67
NEM AS445	2.04	1.82	1.92	1.66
NEM AS446	2.03	1.81	1.91	1.65
NEM AS447	2.02	1.81	1.90	1.64
NEM AS448	2.01	1.80	1.89	1.63
NEM AS449	2.00	1.78	1.88	1.62
NEM AS450	1.98	1.77	1.86	1.60
NEM AS451	1.97	1.76	1.85	1.59
NEM AS452	1.97	1.76	1.84	1.58
NEM AS453	1.96	1.75	1.83	1.57
NEM AS454	1.94	1.74	1.82	1.56
FED@A sur	0.00	3.05	0.00	0.00
NEM AS86	2.90	2.54	2.87	2.69
MVEL2207	1.86	1.67	1.74	1.48
NEM AS455	1.93	1.73	1.81	1.55
NEM AS456	1.93	1.73	1.81	1.55
NEM AS457	1.93	1.72	1.80	1.54
NEM AS458	1.91	1.71	1.79	1.53
NEM AS459	1.92	1.72	1.80	1.54
NEM AS460	1.91	1.71	1.79	1.53
NEM AS461	1.91	1.71	1.79	1.53
NEM AS462	1.97	1.76	1.84	1.58
NEM AS463	1.95	1.75	1.83	1.57
NEM AS464	1.94	1.73	1.81	1.55
NEM AS465	1.93	1.72	1.80	1.54
NEM AS466	1.92	1.71	1.79	1.53
NEM AS467	1.90	1.70	1.77	1.51
NEM AS468	1.96	1.75	1.83	1.57
NEM AS469	1.95	1.74	1.82	1.56
NEM AS470	1.93	1.73	1.81	1.55
NEM AS471	1.93	1.72	1.80	1.54
NEM AS472	1.92	1.72	1.79	1.53
NEM AS473	1.92	1.72	1.79	1.53
NEM AS474	1.90	1.70	1.77	1.52
NEM AS475	1.89	1.69	1.76	1.50
NEM AS476	1.87	1.67	1.74	1.49
NEM AS477	1.85	1.66	1.72	1.47
NEM AS478	1.84	1.65	1.71	1.46
NEM AS479	1.83	1.63	1.70	1.44
NEM AS480	1.92	1.72	1.79	1.53
NEM AS481	1.91	1.71	1.78	1.52
NEM AS482	1.90	1.70	1.77	1.51
NEM AS483	1.89	1.69	1.76	1.50
NEM AS484	1.87	1.68	1.75	1.49
NEM AS485	1.86	1.67	1.74	1.48
NEM AS486	1.86	1.67	1.73	1.48
NEM AS487	1.85	1.66	1.73	1.47
NEM AS488	1.84	1.65	1.71	1.45
NEM AS489	1.84	1.65	1.71	1.45
NEM AS490	1.83	1.63	1.70	1.44
NEM AS491	1.82	1.63	1.69	1.43
NEM AS492	1.90	1.70	1.77	1.51
NEM AS493	1.92	1.72	1.80	1.54
NEM AS494	1.91	1.71	1.78	1.52
NEM AS495	1.90	1.70	1.77	1.51
NEM AS496	1.89	1.69	1.76	1.50
NEM AS497	1.88	1.69	1.76	1.50
NEM AS498	1.87	1.67	1.74	1.49
NEM AS499	1.87	1.68	1.75	1.49
NEM AS500	1.89	1.69	1.76	1.50
NEM AS501	1.88	1.68	1.75	1.49
NEM AS503	2.03	1.82	1.92	1.66
NEM AS504	2.01	1.80	1.89	1.63
NEM AS505	2.00	1.79	1.88	1.62
NEM AS506	1.99	1.78	1.86	1.60
NEM AS507	2.02	1.81	1.90	1.64



NEM AS508	2.02	1.80	1.90	1.64
NEM AS509	1.98	1.77	1.86	1.60
NEM AS510	1.97	1.76	1.85	1.59
NEM AS511	1.96	1.75	1.84	1.58
NEM AS512	1.95	1.74	1.82	1.56
NEM AS513	1.93	1.73	1.81	1.55
NEM AS514	1.92	1.72	1.79	1.53
NEM AS515	1.91	1.71	1.78	1.52
NEM AS516	1.91	1.71	1.78	1.52
NEM AS517	1.90	1.70	1.77	1.51
NEM AS518	1.88	1.68	1.75	1.50
NEM AS519	1.87	1.67	1.74	1.49
NEM AS520	1.87	1.67	1.74	1.49
NEM AS521	1.86	1.66	1.73	1.48
NEM AS522	1.90	1.70	1.77	1.51
NEM AS523	1.88	1.68	1.76	1.50
NEM AS524	1.87	1.67	1.74	1.49
NEM AS525	1.86	1.67	1.74	1.48
NEM AS526	1.86	1.66	1.73	1.48
NEM AS527	1.84	1.65	1.72	1.46
NEM AS528	1.83	1.64	1.70	1.45
NEM AS529	1.81	1.62	1.69	1.43
NEM AS530	1.80	1.61	1.68	1.42
NEM AS531	1.79	1.60	1.67	1.41
NEM AS532	1.78	1.59	1.66	1.40
NEM AS533	1.77	1.59	1.65	1.39
NEM AS534	1.76	1.58	1.64	1.39
NEM AS535	1.86	1.66	1.73	1.47
NEM AS536	1.86	1.66	1.73	1.47
NEM AS537	1.84	1.65	1.72	1.46
NEM AS538	1.83	1.64	1.70	1.45
NEM AS539	1.81	1.62	1.69	1.44
NEM AS540	1.80	1.61	1.67	1.42
NEM AS541	1.79	1.60	1.66	1.41
NEM AS542	2.01	1.80	1.89	1.63
NEM AS543	2.00	1.79	1.88	1.62
NEM AS544	2.00	1.79	1.88	1.62
NEM AS545	2.00	1.78	1.88	1.61
NEM AS546	1.99	1.78	1.87	1.61
NEM AS547	1.98	1.77	1.86	1.60
NEM AS548	1.96	1.75	1.83	1.57
NEM AS549	1.95	1.75	1.83	1.57
NEM AS550	1.94	1.74	1.82	1.56
NEM AS551	1.92	1.72	1.80	1.54
NEM AS552	1.90	1.70	1.78	1.52
NEM AS553	1.90	1.70	1.78	1.52
NEM AS554	1.89	1.69	1.76	1.51
NEM AS555	1.87	1.67	1.74	1.49
NEM AS556	1.85	1.66	1.73	1.47
NEM AS557	1.95	1.74	1.83	1.57
NEM AS558	1.95	1.74	1.83	1.57
NEM AS559	1.95	1.74	1.83	1.57
NEM AS560	1.93	1.72	1.80	1.54
NEM AS561	1.91	1.71	1.79	1.53
NEM AS562	1.93	1.73	1.81	1.55
NEM AS563	1.92	1.71	1.79	1.53
NEM AS564	1.90	1.70	1.78	1.52
NEM AS565	1.90	1.70	1.77	1.52
NEM AS566	1.88	1.68	1.75	1.50
NEM AS567	1.88	1.68	1.75	1.50
NEM AS568	1.87	1.67	1.74	1.48
NEM AS569	1.85	1.65	1.72	1.47
NEM AS570	1.84	1.64	1.71	1.46
NEM AS571	1.84	1.64	1.71	1.46
NEM AS572	1.82	1.63	1.69	1.44
NEM AS573	2.01	1.80	1.89	1.63



NEM AS574	2.00	1.78	1.87	1.61
NEM AS575	1.98	1.77	1.86	1.60
NEM AS576	1.97	1.76	1.84	1.58
NEM AS577	1.96	1.75	1.83	1.57
NEM AS578	1.94	1.73	1.81	1.55
NEM AS579	1.98	1.77	1.86	1.60
NEM AS580	1.97	1.76	1.85	1.59
NEM AS581	1.97	1.76	1.85	1.59
NEM AS582	1.95	1.75	1.83	1.57
NEM AS583	1.94	1.73	1.81	1.55
NEM AS584	1.92	1.72	1.79	1.54
NEM AS585	1.76	1.57	1.63	1.38
NEM AS586	1.82	1.63	1.69	1.44
NEM AS587	1.76	1.58	1.64	1.39
NEM AS588	1.76	1.58	1.64	1.39
NEM AS589	1.99	1.78	1.87	1.61
NEM AS590	1.94	1.73	1.81	1.55
NEM AS591	1.97	1.76	1.85	1.59
NEM AS592	1.96	1.75	1.84	1.58
NEM AS593	1.95	1.74	1.82	1.56
NEM AS594	1.94	1.74	1.82	1.56
NEM AS595	1.93	1.73	1.81	1.55
NEM AS596	1.92	1.71	1.79	1.53
NEM AS597	1.94	1.74	1.81	1.56
NEM AS598	1.91	1.71	1.78	1.52
NEM AS599	1.93	1.73	1.81	1.55
NEM AS600	1.92	1.72	1.79	1.53
NEM AS601	1.92	1.71	1.79	1.53
NEM AS602	1.91	1.71	1.78	1.52
NEM AS603	1.90	1.70	1.77	1.51
NEM AS604	1.88	1.68	1.76	1.50
NEM AS605	1.91	1.71	1.79	1.53
NEM AS606	1.91	1.71	1.78	1.52
NEM AS607	1.90	1.70	1.77	1.51
NEM AS608	1.88	1.69	1.76	1.50
NEM AS609	1.87	1.67	1.74	1.49
NEM AS610	1.86	1.66	1.73	1.47
NEM AS611	1.85	1.66	1.72	1.47
NEM AS612	1.84	1.65	1.71	1.45
NEM AS613	1.85	1.65	1.72	1.46
NEM AS614	1.83	1.64	1.70	1.45
NEM AS615	1.82	1.63	1.69	1.43
NEM AS616	1.85	1.65	1.72	1.46
NEM AS617	1.84	1.64	1.71	1.45
NEM AS618	1.83	1.63	1.70	1.44
NEM AS619	1.81	1.62	1.68	1.43
NEM AS620	1.79	1.60	1.66	1.41
NEM AS621	1.79	1.60	1.66	1.40
NEM AS622	1.78	1.60	1.65	1.40
NEM AS623	1.78	1.60	1.65	1.40
NEM AS624	1.77	1.59	1.64	1.39
NEM AS625	1.77	1.59	1.64	1.39
NEM AS626	1.77	1.58	1.64	1.38
NEM AS627	1.76	1.58	1.63	1.38
NEM AS628	1.75	1.56	1.62	1.37
NEM AS629	1.73	1.55	1.60	1.35
NEM AS630	1.76	1.58	1.63	1.38
NEM AS631	1.75	1.56	1.61	1.36
NEM AS632	1.74	1.56	1.61	1.36
NEM AS633	1.74	1.56	1.61	1.36
NEM AS634	1.74	1.55	1.60	1.35
NEM AS635	1.74	1.55	1.60	1.35
NEM AS636	1.73	1.55	1.60	1.35
NEM AS637	1.72	1.54	1.59	1.34
NEM AS638	1.71	1.53	1.58	1.33
NEM AS639	1.70	1.52	1.57	1.32



NEM AS640	1.70	1.52	1.57	1.32
NEM AS641	1.69	1.52	1.56	1.31
NEM AS642	1.69	1.52	1.56	1.31
NEM AS643	1.68	1.51	1.55	1.30
NEM AS644	1.67	1.50	1.54	1.29
NEM AS645	1.66	1.49	1.53	1.28
NEM AS646	1.65	1.48	1.52	1.27
NEM AS647	1.80	1.61	1.67	1.42
NEM AS648	1.74	1.56	1.61	1.36
NEM AS649	1.64	1.47	1.51	1.27
NEM AS650	1.69	1.51	1.56	1.31
NEM AS651	1.76	1.58	1.63	1.38
NEM AS652	1.75	1.56	1.61	1.36
NEM AS653	1.73	1.55	1.60	1.35
NEM AS654	1.72	1.54	1.59	1.34
NEM AS655	1.71	1.53	1.58	1.33
NEM AS656	1.71	1.53	1.58	1.33
NEM AS657	1.69	1.51	1.56	1.31
NEM AS658	1.78	1.59	1.65	1.40
NEM AS659	1.78	1.59	1.65	1.39
NEM AS660	1.78	1.59	1.65	1.39
NEM AS661	1.77	1.58	1.64	1.38
NEM AS662	1.76	1.57	1.63	1.37
NEM AS663	1.78	1.59	1.65	1.40
NEM AS664	1.77	1.58	1.64	1.38
NEM AS665	1.76	1.57	1.63	1.37
NEM AS666	1.76	1.57	1.63	1.37
NEM AS667	1.75	1.56	1.62	1.36
NEM AS668	1.73	1.55	1.60	1.35
NEM AS669	1.72	1.54	1.59	1.34
NEM AS670	1.71	1.53	1.58	1.33
NEM AS671	1.70	1.52	1.57	1.32
NEM AS672	1.70	1.52	1.56	1.32
NEM AS673	1.69	1.51	1.56	1.31
NEM AS674	1.69	1.51	1.55	1.31
NEM AS675	1.69	1.51	1.56	1.31
NEM AS676	1.68	1.51	1.55	1.30
NEM AS677	1.67	1.50	1.54	1.29
NEM AS678	1.66	1.49	1.53	1.29
NEM AS679	1.65	1.48	1.52	1.28
NEM AS680	1.65	1.47	1.52	1.27
NEM AS681	1.64	1.46	1.51	1.26
NEM AS682	1.63	1.46	1.50	1.25
NEM AS683	1.62	1.45	1.49	1.24
NEM AS684	1.61	1.44	1.48	1.24
NEM AS685	1.60	1.43	1.48	1.23
NEM AS686	1.59	1.43	1.47	1.22
NEM AS687	1.58	1.42	1.46	1.21
NEM AS688	1.58	1.41	1.45	1.21
NEM AS689	1.57	1.40	1.45	1.20
NEM AS690	1.56	1.40	1.44	1.19
NEM AS691	1.55	1.39	1.43	1.19
NEM AS692	1.54	1.38	1.43	1.18
NEM AS693	1.54	1.38	1.42	1.17
NEM AS694	1.53	1.37	1.42	1.17
NEM AS695	1.53	1.37	1.41	1.16
NEM AS696	1.52	1.36	1.40	1.16
NEM AS697	1.52	1.36	1.40	1.15
NEM AS698	1.51	1.36	1.40	1.15
NEM AS699	1.50	1.35	1.39	1.14
NEM AS700	1.49	1.34	1.38	1.13
NEM AS701	1.48	1.33	1.37	1.13
NEM AS702	1.52	1.36	1.40	1.16
NEM AS703	1.51	1.35	1.39	1.15
NEM AS704	1.50	1.34	1.39	1.14
NEM AS705	1.49	1.33	1.38	1.13



NEM AS706	1.53	1.37	1.41	1.17
NEM AS707	1.52	1.36	1.41	1.16
NEM AS708	1.52	1.36	1.40	1.15
NEM AS709	1.51	1.35	1.40	1.15
NEM AS710	1.50	1.35	1.39	1.14
NEM AS711	1.50	1.34	1.38	1.14
NEM AS712	1.53	1.37	1.41	1.17
NEM AS714	1.97	1.76	1.84	1.58
NEM AS715	3.07	2.68	3.07	2.94
NEM AS716	1.95	1.74	1.83	1.57
NEM AS717	1.90	1.70	1.77	1.52
NEM AS719	1.84	1.64	1.71	1.45
NEM AS720	1.83	1.64	1.70	1.45
NEM AS721	1.83	1.64	1.70	1.44
NEM AS722	1.83	1.63	1.69	1.43
NEM AS723	1.82	1.63	1.69	1.43
NEM AS724	1.82	1.62	1.68	1.42
NEM AS725	1.83	1.63	1.70	1.44
NEM AS726	1.82	1.63	1.69	1.44
NEM AS727	1.82	1.63	1.69	1.43
NEM AS728	1.82	1.63	1.69	1.43
NEM AS729	1.82	1.63	1.69	1.43
NEM AS730	1.82	1.63	1.68	1.42
NEM AS731	1.81	1.62	1.68	1.42
NEM AS732	1.81	1.62	1.68	1.42
NEM AS733	1.83	1.64	1.70	1.44
NEM AS734	1.91	1.70	1.78	1.52
NEM AS735	2.69	2.37	2.63	2.40

Fuente: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A **Software SPARD® mp Distribucion**



Corrientes de cortocircuitó del Alimentador Juan de Salinas

SHORT CIRCUIT :PRUEBACAYETANO

Feeder : [A_JSalinas]

Date : 04/23/07

Time : 11:13:38

Fault Impedances :

1Phase Fault Impedance = 0.000 + j0.000

2Phase Fault Impedance = 0.000 + j0.000

2PhGround Fault Impedance = 0.000 + j0.000

3Phase Fault Impedance = 0.000 + j0.000

Short-Circuit Values				
Node	3Phase (kA)	2Phase (kA)	2PhGround (kA)	1Phase (kA)
NEM_AJS1	3.42	2.97	3.51	3.53
NEM_AJS2	3.40	2.95	3.48	3.49
NEM_AJS3	3.38	2.93	3.46	3.46
NEM_AJS4	3.36	2.91	3.43	3.42
NEM_AJS5	3.35	2.91	3.42	3.40
NEM_AJS6	3.33	2.89	3.39	3.37
NEM_AJS7	3.31	2.87	3.37	3.33
NEM_AJS8	3.29	2.85	3.35	3.30
NEM_AJS9	3.29	2.86	3.35	3.30
NEM_AJS11	3.25	2.82	3.30	3.24
NEM_AJS12	3.26	2.83	3.31	3.25
NEM_AJS13	3.24	2.81	3.29	3.22
NEM_AJS14	3.21	2.78	3.25	3.17
NEM_AJS15	3.18	2.76	3.21	3.12
NEM_AJS16	3.15	2.74	3.18	3.08
NEM_AJS17	3.23	2.80	3.27	3.21
NEM_AJS18	3.20	2.77	3.24	3.16
NEM_AJS19	3.17	2.75	3.21	3.12
NEM_AJS20	3.15	2.73	3.18	3.08
NEM_AJS21	3.12	2.71	3.15	3.04
NEM_AJS22	3.10	2.69	3.12	3.00
NEM_AJS23	3.09	2.69	3.12	3.00
NEM_AJS24	3.08	2.68	3.10	2.98
NEM_AJS25	3.05	2.65	3.06	2.93
NEM_AJS26	3.03	2.63	3.04	2.90
NEM_AJS27	3.00	2.61	3.01	2.86
NEM_AJS28	2.97	2.58	2.96	2.81
NEM_AJS29	2.95	2.56	2.94	2.78
NEM_AJS30	2.93	2.55	2.92	2.75
NEM_AJS31	2.90	2.53	2.89	2.71
NEM_AJS32	2.88	2.51	2.86	2.68
NEM_AJS33	2.86	2.49	2.84	2.64
NEM_AJS34	2.84	2.47	2.81	2.61
NEM_AJS35	2.83	2.46	2.80	2.59
NEM_AJS36	2.83	2.47	2.80	2.60
NEM_AJS37	2.83	2.47	2.80	2.60
NEM_AJS38	2.82	2.45	2.78	2.58
NEM_AJS39	2.83	2.46	2.79	2.59
NEM_AJS40	2.78	2.42	2.74	2.53
NEM_AJS41	2.76	2.41	2.72	2.50
NEM_AJS42	2.74	2.39	2.69	2.47
NEM_AJS43	2.72	2.37	2.66	2.44
NEM_AJS44	2.70	2.35	2.64	2.42
NEM_AJS45	3.09	2.68	3.11	2.99



NEM_AJS46	2.79	2.43	2.75	2.54
NEM_AJS47	2.78	2.42	2.74	2.52
NEM_AJS48	2.77	2.41	2.72	2.50
NEM_AJS49	2.76	2.40	2.71	2.49
NEM_AJS50	2.75	2.40	2.70	2.48
NEM_AJS51	2.75	2.40	2.70	2.48
NEM_AJS52	2.74	2.39	2.69	2.46
NEM_AJS53	2.73	2.38	2.68	2.45
NEM_AJS54	2.72	2.37	2.67	2.44
NEM_AJS55	2.72	2.37	2.66	2.43
NEM_AJS56	2.75	2.39	2.70	2.47
NEM_AJS57	2.75	2.39	2.70	2.47
NEM_AJS58	2.75	2.39	2.69	2.47
NEM_AJS59	2.75	2.39	2.69	2.47
NEM_AJS60	2.72	2.37	2.66	2.44
NEM_AJS61	2.75	2.39	2.70	2.47
NEM_AJS62	2.73	2.38	2.67	2.44
NEM_AJS63	2.71	2.36	2.65	2.42
NEM_AJS64	2.70	2.35	2.64	2.41
NEM_AJS65	2.69	2.34	2.63	2.39
NEM_AJS66	2.66	2.32	2.60	2.36
NEM_AJS67	2.64	2.30	2.57	2.33
NEM_AJS68	2.64	2.30	2.57	2.33
NEM_AJS69	2.63	2.29	2.55	2.31
NEM_AJS70	2.63	2.29	2.55	2.31
NEM_AJS71	2.60	2.27	2.53	2.29
NEM_AJS72	2.63	2.29	2.55	2.31
NEM_AJS73	2.61	2.27	2.53	2.29
NEM_AJS74	2.69	2.35	2.63	2.39
NEM_AJS75	2.69	2.34	2.63	2.39
NEM_AJS76	2.67	2.32	2.60	2.36
NEM_AJS77	2.64	2.31	2.58	2.33
NEM_AJS78	2.62	2.29	2.55	2.31
NEM_AJS79	2.61	2.27	2.53	2.29
NEM_AJS80	2.59	2.26	2.52	2.27
NEM_AJS81	2.58	2.25	2.50	2.25
NEM_AJS82	2.56	2.23	2.48	2.22
NEM_AJS83	2.54	2.21	2.45	2.20
NEM_AJS84	2.51	2.19	2.42	2.17
NEM_AJS86	2.49	2.17	2.40	2.15
NEM_AJS89	2.59	2.26	2.51	2.26
NEM_AJS90	2.56	2.24	2.48	2.23
NEM_AJS91	2.54	2.22	2.46	2.21
NEM_AJS92	2.52	2.20	2.44	2.19
NEM_AJS93	2.48	2.17	2.39	2.14
NEM_AJS94	2.50	2.18	2.41	2.16
NEM_AJS95	3.08	2.67	3.10	2.97
NEM_AJS96	3.05	2.65	3.07	2.94
NEM_AJS97	3.03	2.63	3.04	2.90
NEM_AJS98	3.00	2.60	3.00	2.84
NEM_AJS99	2.97	2.58	2.97	2.80
NEM_AJS100	2.95	2.56	2.94	2.77
NEM_AJS101	2.93	2.54	2.92	2.73
NEM_AJS102	2.90	2.52	2.88	2.69
NEM_AJS103	2.88	2.50	2.86	2.65
NEM_AJS104	2.86	2.48	2.83	2.62
NEM_AJS105	2.84	2.47	2.81	2.59
NEM_AJS106	2.82	2.45	2.78	2.56
NEM_AJS107	3.07	2.67	3.09	2.96
NEM_AJS108	3.06	2.66	3.08	2.95
NEM_AJS109	3.05	2.65	3.06	2.92
NEM_AJS110	3.02	2.63	3.03	2.89
NEM_AJS111	3.06	2.66	3.07	2.94
NEM_AJS112	3.04	2.64	3.04	2.90
NEM_AJS113	3.01	2.62	3.01	2.86
NEM_AJS114	3.00	2.60	2.99	2.84



NEM_AJS115	2.98	2.59	2.98	2.82
NEM_AJS116	2.96	2.58	2.96	2.79
NEM_AJS117	2.93	2.55	2.91	2.74
NEM_AJS118	2.91	2.53	2.89	2.71
NEM_AJS120	2.98	2.59	2.97	2.81
NEM_AJS121	2.98	2.59	2.98	2.82
NEM_AJS122	2.95	2.56	2.94	2.77
NEM_AJS123	2.92	2.54	2.90	2.73
NEM_AJS124	2.90	2.52	2.88	2.70
NEM_AJS125	2.87	2.50	2.84	2.65
NEM_AJS126	2.87	2.49	2.84	2.65
NEM_AJS127	2.84	2.47	2.80	2.61
NEM_AJS128	2.81	2.45	2.77	2.57
NEM_AJS129	2.87	2.49	2.83	2.64
NEM_AJS130	2.84	2.47	2.80	2.61
NEM_AJS131	2.82	2.45	2.77	2.58
NEM_AJS132	2.81	2.45	2.77	2.57
NEM_AJS133	2.79	2.43	2.74	2.54
NEM_AJS134	2.80	2.44	2.76	2.56
NEM_AJS135	2.80	2.43	2.75	2.55
NEM_AJS136	3.48	3.02	3.57	3.63
NEM_AJS137	3.45	2.99	3.54	3.57
NEM_AJS139	2.99	2.60	2.99	2.84
NEM_AJS308	2.83	2.46	2.78	2.58
NEM_AJS309	2.53	2.21	2.44	2.19
NEM_AJS320	2.62	2.29	2.55	2.31
FED@A_JSsalinas	0.00	3.05	0.00	0.00
MVEL2206	2.58	2.25	2.51	2.26

Fuente: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. **Software SPARD® mp Distribucion**