UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMATICA Y MECÁNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INFORME TECNICO

MEJORAMIENTO DE LA COORDINACION DE PROTECCION DE LA MINA TOQUEPALA EN MEDIA TENSION

PRESENTADO POR: Br. EFRAIN OVIEDO QUISPE

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA

CONSEJERO: ING. PABLO APAZA HUANCA

CUSCO –PERU

2016

AGRADECIMIENTO

Este trabajo es el fruto del esfuerzo, perseverancia y esperanza de toda mi familia, que con su apoyo contribuyeron a la elaboración del presente informe, especialmente a mi esposa y mi madre por su incansable empuje y confianza.

Efraín Oviedo

PRESENTACIÓN

La extracción de cobre de la mina Toquepala propiedad de la Empresa SOUTHERN PERU, implica la participación de una serie de elementos, tanto palas, perforadoras, subestaciones, personal de operación, etc. Por el costo que significa la producción, y que depende principalmente de la energía eléctrica, es necesario que tanto el personal, las maquinarias se hallen en condiciones confiables de trabajo para una normal operación.

Para que esta confiabilidad se de, es necesario conocer el comportamiento eléctrico, como factor fundamental, principalmente la Coordinación de Protección, razón por la cual se optó por hacer una evaluación del circuito eléctrico de la mina.

Esta evaluación consiste en un Estudio de Cortocircuito, que nos permitirá conocer los valores de Corriente de cortocircuito máximos en cada uno de las barras, del circuito eléctrico Mina Toquepala, asimismo conocer las Potencias de Cortocircuito Máximo para posteriormente efectuar la Coordinación de Protección.

Para un buen análisis del estudio, el procedimiento se efectuó en varios capítulos, cada uno de estos desarrollados en forma ordenada.

El Autor

CONTENIDO

Pág.

Agradecimiento…….1

Presentación……...2

Contenido……...3

Resumen…….8

Aspectos Referenciales……..10

Organigrama……..11

Cronograma……...12

CAPITULO I

1.0 Introducción……...13

1.1 Objetivos……14

1.2 Alcances del Estudio……14

1.3 Antecedentes…….……14

1.4 Especificaciones administrativas para la aprobación del proyecto……14

1.5 Justificación del Estudio…….15

1.6 Ubicación Geográfica…….15

CAPITULO II

MEMORIA DESCRIPTIVA.

2.1 Subestación eléctrica principal 16

2.2 Subestación eléctrica móvil.....17

2.3 Red Primaria de alimentación a la mina.....17

2.4 Swichhouse.....18

2.5 Cable de alimentación a las palas y perforadoras.....18

2.6 Palas y perforadoras 18

CAPITULO III

FILOSOFIA DE PROTECCION.

3.1 Introducción. 20

3.2 Naturaleza y causa de las fallas 21

3.3 Fundamentos de operación de un sistema eléctrico 22

3.4 Elementos de protección de un sistema eléctrico 24

3.4.1 Transformadores de corriente 25

3.4.2 Fusibles 30

3.4.2.1 Selección del tipo de Fusible y rango de aplicación 31

3.4.2.2 Capacidad de corriente (rango de operación) 31

3.4.2.3 Rango de interrupción 32

3.4.3 Relevadores 34

3.4.3.1 Filosofía de protección por relevadores 35

3.4.3.2 Principios fundamentales de los relés de protección 36

3.4.3.3 Relés de protección primaria 37

3.4.3.4 Protección secundaria 37

3.4.3.5 Característica funcional de los relés de protección 38

3.4.3.6 Relé sobrecorriente de tiempo inverso e instantáneo 39

3.4.3.7 Aplicación del relé sobrecorriente de tiempo inverso 40

3.4.3.8 Relé de sobrecorriente de tiempo inverso y muy inverso 41

3.4.3.9 Relé de sobrecorriente de tiempo extremadamente inverso ... 42

3.4.3.10 Protección de transformadores mediante relés de sobrecorriente de tiempo inverso 42

3.4.4. Interruptores 44

3.4.4.1 Voltaje nominal 44

3.4.4.2 Corriente Nominal 45

3.4.4.3 Corriente de interrupción simétrica y asimétrica 45

3.4.4.4 Potencia de cortocircuito 46

3.4.4.5 Corriente de cierre 47

3.4.4.6 Ciclo de operación nominal 47

3.4.4.7 Interrupción de cortocircuito 48

CAPITULO IV

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO.

4.1 Introducción. 49

4.2 Método de las componentes simétricas 49

4.2.1 Redes de secuencia positiva, secuencia negativa y Secuencia cero 54

4.2.2. Fallas asimétricas 57

4.2.2.1 Falla simple línea a tierra 57

4.2.2.2 Falla línea a línea 57

4.2.2.3 Falla doble línea a tierra 58

4.2.2.4 Falla trifásica 58

4.3 Representación de elementos de un circuito eléctrico 58

4.4 Cálculo en parámetros 59

4.4.1 Parámetros de secuencia positiva y negativa 59

4.4.2 Cálculo de parámetros de secuencia cero 64

4.5 Software Cyme Internacional 67

4.5.1 Calculo de corrientes y potencias de cortocircuito 67

CAPITULO V

MEJORAMIENTO DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCION.

5.1 Alcances. 71

5.2 Bases de Cálculo. 71

5.3 Situación actual de los Relés de Sobrecorriente y fusibles 72

5.3.1 Protección de la Subestación Principal. 72

5.3.2 Protección de Subestaciones Móviles. 73

5.3.3 Protección de SwichHouse 74

5.4 Valores nuevos de corriente y potencia de cortocircuito 74

5.5 La Situación de Operatividad de los Relés. 79

5.6. Recomendaciones para Nuevos Ajustes de los Relés

de Sobrecorriente y fusibles 80

5.6.1. Protección de la Subestación Principal. 80

5.6.2. Protección de Subestaciones Móviles. 81

5.6.3. Protección de SwichHouse 82

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES 83

RECOMENDACIONES……....84

BIBLIOGRAFÍA. 85

ANEXOS

- Curva de coordinación de los relés de protección
- Curva de operación de los relés de protección
- Estudio de cortocircuito programa CYME

PLANOS

RESUMEN

El presente estudio se efectuó en las instalaciones de la Mina Toquepala de tipo tajo abierto propiedad de la Empresa Southern Perú, orientando su aplicación al Mejoramiento de la Coordinación de Protección del Circuito Eléctrico de la Mina Toquepala.

El estudio está desarrollado por capítulos en forma secuencial, en el primer capítulo, se hace un enfoque de la situación eléctrica de la mina, detallando en algunos casos los elementos eléctricos a considerar en el estudio, tanto como líneas aéreas, cables eléctricos de alimentación a las palas y perforadoras, subestaciones principales y móviles.

En el capítulo referente a la Filosofía de Protección enfocamos la causa de las fallas, que pueden ser las fallas no intencionales, o intencionales por error humano, o también por agentes naturales difíciles de controlar. Asimismo se hace referencia la característica de operación de los diferentes equipos eléctricos que intervienen en la protección de sistemas eléctricos, tomando como referencia para la evaluación de estos, las normas internacionales ANSI, los equipos a que nos referimos son los transformadores de corriente, fusibles de potencia, relés de protección de sobrecorriente de tiempo inverso e interruptores.

El capítulo de estudio de cortocircuito se hará utilizando el método de las Componentes Simétricas y con la ayuda del programa computacional que es el software de CYME INTERNACIONAL, para determinar exactamente las corrientes de cortocircuito reales en cada barra del circuito eléctrico para los diferentes tipos de falla.

En el capítulo V se da a conocer la coordinación de protección existente, para luego hecho el estudio de cortocircuito las corrientes máximas y con estos efectuar el mejoramiento de la coordinación de protección tomando en cuenta las curvas de operación de los diferentes elementos de protección.

En el caso de los relés utilizados son:

- Relé de sobrecorriente fase – fase
- Relé de sobrecorriente fase - tierra
- Relé de sobrecorriente neutro - tierra.

En el caso de fusibles:

- Fusibles tipo "K"

De este estudio como consecuencia se hizo las recomendaciones exactas para la implementación y las conclusiones generales. Quedando aprobado por el departamento de Sistemas de Potencia de Southern Perú.

Los planos y figuras se adjuntan al final del texto.

En el anexo, se alcanza los resultados completos del desarrollo del estudio de cortocircuito con el software CYME INTERNACIONAL.

ASPECTOS REFERENCIALES.

Por encargo de la compañía minera SOUTHERN PERU, y del Área de Sistemas Eléctricos de Potencia, asigna la responsabilidad a la empresa ELECSUR S.R.L. de llevar a cabo el estudio de Mejoramiento del Sistema de Protección Eléctrico de la Mina Toquepala.

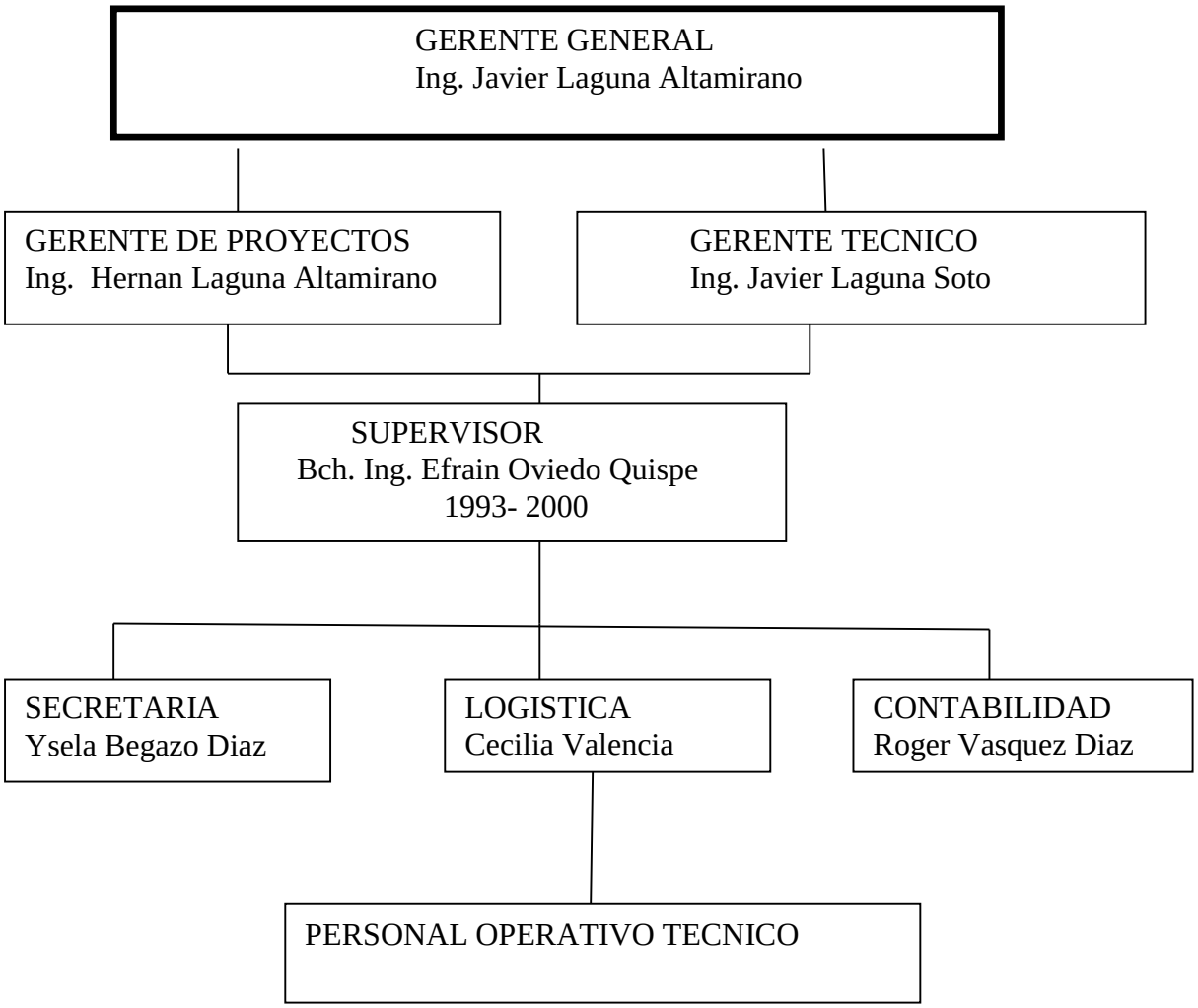
El estudio es asignado el mes de Julio de 1997, con un tiempo estimado de 03 meses, pero debido a cambios imprevistos en la operación de la mina se prolongó hasta inicios del año 1998.

RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA RESPONSABLE.

La empresa ELECSUR S.R.L. se halla ubicado en la calle Lopez de Romaña No 110, del Parque Industrial, Distrito de Arequipa, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

Empresa con muchos años de experiencia en la Elaboración, Ejecución de Proyectos Eléctricos, asimismo en la fabricación de equipos electromecánicos.

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA ELECSUR S.R.L.



No	ACTIVIDAD		DIAS CALENDARIO																													
		Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			Semana 5			Semana 6			Semana 7			Semana 8			Semana 9			Semana 10			Semana 11		
1	Visita técnica																																	
2	Recopilación de datos en campo																																	
3	Preparación de base datos para estudio.																																	
4	Calculo de parámetros en P.U.																																	
5	Estudio de cortocircuito mediante software CYME INTERNACIONAL																																	
6	Revisión de ajustes existentes de relés y fusibles																																	
7	Nuevos ajustes de relés y fusibles																																	
8	Presentación de informe																																	
9	Implementación de resultados de estudio																																	

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CAPITULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

La naturaleza de las minas es que siempre presentan modificaciones en sus operaciones en forma permanente, estas modificaciones implican, movimiento de tierras, movimiento de maquinarias, equipos y sobre todo modificaciones de las instalaciones eléctricas.

Estas modificaciones de las instalaciones eléctricas, pueden obedecer a reubicaciones, ampliaciones de su sistema eléctrico.

Es así que la empresa minera Southern Perú, está inmersa en esos cambios y ampliaciones de capacidad productiva.

Pero que para que se den estas modificaciones y cambios dentro de la mina es necesario que esta se haga bajo condiciones confiables y garantizadas en todas las áreas de trabajo, esta exigencia de confiabilidad en el caso concreto de su sistema eléctrico, hace que se haga evaluaciones de funcionamiento y operación de todos los equipos y elementos eléctricos, de tal forma se minimicen los riesgos y fallas eléctricas.

Parte importante de esta evaluación eléctrica compromete la coordinación de protección del sistema eléctrico de la mina Toquepala.

El presente trabajo tiene como finalidad "El mejoramiento de la Coordinación de Protección de la Mina Toquepala ", para lo cual es necesario conocer primeramente su sistema eléctrico, es decir conocer la característica de las líneas aéreas, subestaciones, elementos de protección y equipos comprometidos, para luego de esto hacer una evaluación del comportamiento del sistema eléctrico de la mina.

Para la evaluación del comportamiento del sistema eléctrico es necesario realizar estudios previos, como pueden ser recopilación de datos, determinación de parámetros,

estudio de cortocircuito, determinación de las corrientes y potencias de cortocircuito en las barras y en función a estos estudios previos desarrollar el mejoramiento de la protección y recomendaciones finales del estudio.

1.1 OBJETIVO

El objetivo del presente informe técnico es el estudio de diagnóstico comparativo y correctivo para el mejoramiento de la protección del circuito eléctrico mina Toquepala mediante el reajuste de los relés de sobrecorriente de tiempo inverso, fusibles y el correcto dimensionamiento de los transformadores de corriente e interruptores de potencia.

1.2 ALCANCES DEL ESTUDIO

El estudio comprende:

- Memoria Descriptiva.
- Calculo de parámetros de secuencia positiva, negativa, secuencia cero.
- Estudio de cortocircuito.
- Filosofía de Protección.
- Evaluación de la coordinación de operación de los fusibles y relés de sobrecorriente para el mejoramiento de la Protección.

1.3 ANTECEDENTES.

Los antecedentes son:

- Estudio de Protección Eléctrica de la mina Toquepala del año 1993 por el departamento de Sistemas de Potencia de Southern Perú. Debido a una incorrecta operación de los relés de protección por ocurrencia de falla en el circuito alimentador a una pala mecánica.
- Proyecto del sistema eléctrico de la Mina Toquepala 1993-1995.

1.4 ESPECIFICACIONES ADMINISTRATIVAS PARA LA APROBACIÓN DEL PROYECTO.

De acuerdo al plan permanente establecido por la Superintendencia de Mantenimiento Eléctrico de la Empresa SOUTHERN PERU, surge la necesidad del estudio de Mejoramiento del Sistema de Protección de la Mina Toquepala.

La elaboración de este estudio, fue asignado con plena responsabilidad al Departamento de Sistemas de Potencia.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El incremento constante de la producción minera de Southern Perú, implica también el incremento de máquinas eléctricas, tendido de nuevas líneas, y otros; este incremento, **obliga entonces la realización de nuevos estudios de Flujo de Potencia, de Cortocircuito, de Protección Eléctrica como es nuestro caso para determinar las características del sistema eléctrico, y de esta forma establecer el grado de confiabilidad que este sistema puede brindar para la seguridad humana principalmente, la pérdida de producción y la continuidad de servicio.**

1.6 UBICACIÓN GEOGRAFICA

La Mina Toquepala propiedad de la empresa SOUTHERN PERU es un yacimiento de cobre a tajo abierto, se halla ubicada en el Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Departamento de Tacna.

CAPITULO II

MEMORIA DESCRIPTIVA

El sistema eléctrico mina Toquepala, compromete la participación de muchos elementos y equipos eléctricos, cada uno de estos con su característica particular, que a continuación los detallamos.

2.1.- SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL

La Subestación Eléctrica Principal es aquella que no pueden ser cambiado de lugar, puesto que son subestaciones con potencias mayores y requieren de espacios muy amplios para su ubicación; dentro de estas tenemos subestaciones de 14 MVA(subestación Push Back), 8.0 MVA(subestación Mill Site).

En el caso de la subestación Mill Site el nivel de voltaje recepcionado es de 138 kV., procedente de la Central Térmica de Ilo, y del Sistema Interconectado, y voltajes de distribución de 13.8 y 11.0 kV. , el Transformador de Potencia que alimenta al circuito del área mina es de 8 MVA., en 13.8 / 11.0 kV.

En el caso de la subestación de Push Back tiene un Transformador de Potencia de 14.0 MVA. el voltaje de recepción es de 138 kV. y el voltaje de salida es de 69.0 kV. es en este nivel de voltaje que alimenta al circuito del área mina.

2.2. SUBESTACION ELECTRICA MOVIL

Las Subestaciones Móviles son aquellas que por exigencia de su uso y por hallarse directamente ubicados en el área de la mina, deben ser cambiados de lugar, además son de potencias menores del orden de 2 MVA., y de 5 MVA.

Dentro de la Mina Toquepala existen 06 Subestaciones Móviles, los cuales abastecen las necesidades eléctricas de las palas, perforadoras y otros equipos.

Las subestaciones móviles de 2 MVA., trabajan con niveles de voltaje de 11.0 kV. en el lado de recepción y 4.16 kV. en el lado de carga.

La subestación móvil N° 6 es de 5 MVA de potencia y trabaja con nivel de voltaje de 69.0 kV. en el lado de recepción y 4.16 kV., en el lado de carga.

2.3 RED PRIMARIA DE ALIMENTACION A LA MINA

La red primaria aérea de alimentación que parte de la subestación Mill site hacia la mina está en 11.0 kV., el recorrido de esta línea es de varios kilómetros según consta en el plano SP-001/97, hasta llegar a las subestaciones móviles.

Los conductores son de aluminio del tipo ACSR, los cuales van montados en postes de madera de 15, 18, 21 m., la separación entre conductores es de 0.9 m.

La trayectoria de la línea es en todo el contorno de la mina, para el tendido de estos generalmente se toma en cuenta la distancia mínima de seguridad entre conductor y tierra, en base a la altura de los vehículos de alto tonelaje.

2.4 SWITCH HOUSE

Son casetas eléctricas móviles que también son constantemente cambiados de lugar al igual que las subestaciones móviles, los cuales se hallan equipadas con equipos de mando, control y protección, hasta estas casetas llegan las líneas aéreas en 4.16 kV., y de aquí mediante cables flexibles se alimenta a las maquinarias tales como palas, perforadoras y otros.

Están previstas para alimentar en forma simultánea a una pala mecánica y una perforadora solamente.

2.5 CABLE DE ALIMENTACION A LAS PALAS Y PERFORADORAS

El cable de alimentación a las palas y perforadoras es de cobre marca MAVECO tripolar flexible, con aislamiento termoplástico para tensión de servicio de 4,16 kV. ,estos cables parten de los Switch House hacia las maquinarias.

La extensión de estos cables es máximo 600 metros; la sección de estos conductores es en algún caso de 2/0 y 4/0 AWG muy flexibles de cobre.

La ubicación de estos cables es variable puesto que se mueven de acuerdo al movimiento de las maquinarias, hallándose enrolladas a las mismas.

2.6 PALAS Y PERFORADORAS

Las palas son maquinarias que cargan el mineral hacia los volquetes de transporte, y operan a un voltaje de alimentación de 4000 voltios, estos van provistos de cables

eléctricos flexibles de alimentación enrollados a la maquinaria, son las cargas principales de la mina Toque pala. Las perforadoras al igual que las palas se hallan asignados en cada subestación, y tienen una carga también considerable. Ambas maquinarias tanto por el costo y la importancia de operación que tiene dentro de la producción tienen mayor prioridad en el estudio de protección dentro de la mina.

Siendo las cargas máximas consideradas por cada subestación móvil las siguientes:

EQUIPAMIENTO	POTENCIA
Pala 4100	1300 kW
Pala 2100	700 kW
Perforadora 50 R	250 kW
Perforadora 30 R	150 kW

CAPITULO III

FILOSOFÍA DE PROTECCIÓN

3.1.- INTRODUCCION

Todos los sistemas eléctricos en niveles de tensión diferentes están expuestos a condiciones anormales de operación que pueden ser por causa de descargas atmosféricas, sobretensiones por maniobras, por perdidas de carga, y por ocurrencia de fallas que son los más frecuentes que pueden ser ocasionados por envejecimiento de los aislamientos eléctricos, deterioro en los aisladores, acumulación de polvos en los equipos y otros.

Con el objeto de proteger a las personas, equipos, etc., la Filosofía de Protección establece **la minimización de los daños por la ocurrencia de fallas**, puesto que no es posible evitar en su totalidad la presentación de fallas.

Estas medidas o estudios de protección forman parte del diseño de sistemas eléctricos y se implementan de acuerdo a la naturaleza y característica de las fallas y condiciones anormales de operación.

En el presente estudio solamente nos ocuparemos de ocurrencia de fallas por problema de corto circuito y como anteriormente se mencionó las fallas a considerar serán, fallas trifásicas, fallas de línea a tierra, fallas de línea a línea, falla de doble línea a tierra.

La filosofía de protección establece que un sistema eléctrico debe ser confiable, es decir que el sistema debe tener un mínimo de interrupciones y que en lo posible brindar una

buena continuidad de servicio, bajo los fundamentos de selectividad, discriminación, rapidez de operación.

3.2.- NATURALEZA Y CAUSA DE LAS FALLAS

Por su naturaleza los sistemas eléctricos están constituidos por una serie de elementos como pueden ser generadores, transformadores, líneas, motores, que pese a su eficiente fabricación son propensos a fallar en cualquier momento cuya causa puede ser falta de mantenimiento eléctrico, fallas humanas, factores ambientales que posteriormente pueden ser causantes de un corto circuito cuya magnitud de la corriente de falla es enorme.

De los diferentes elementos constituyentes de un sistema eléctrico algunos son los que en mayor frecuencia experimentan fallas por condiciones anormales de operación, como podemos ver a continuación[1].

ELEMENTO	OCURRENCIA DE FALLAS
➢ Líneas aéreas	50 %
➢ Cables subterráneos	10 %
➢ Transformadores de potencia	12 %
➢ -Interruptores	15 %
➢ Instrumentos de medida y equipo de control	5 %
➢ Motores y equipos varios de subestaciones	8 %

De acuerdo a la estadística porcentual mostrada se ve que del total a fallas a presentarse en un sistema eléctrico, en las líneas aéreas de transmisión ocurre el mayor porcentaje; estas fallas en las líneas aéreas pueden ser de naturaleza diferente, y estas se hallan distrib

1. Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas – Enríquez Harper -1988

uidas de la siguiente manera:

TIPO DE FALLA	% TOTAL DE FALLAS
➢ Falla de línea a tierra	85
➢ Falla de línea a línea	8
➢ Falla de doble línea a tierra	5
➢ Falla trifásica	2

La falla de línea a tierra es la que en mayor porcentaje se presenta en una instalación eléctrica, y en proporción contraria se presenta una falla trifásica que mayormente en magnitud de corriente de falla es la más peligrosa, pero en comparación con una línea a tierra se sujeta a la configuración del sistema.

3.3.- FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRICO

La operación de un sistema eléctrico está basado en una serie de requisitos y consideraciones que pueden ser:

CONFIABILIDAD.- Este concepto expresado en términos probabilísticas se define como la probabilidad de ocurrencia de falla y de aplicable a cada elemento eléctrico inicialmente como prueba de diseño, control de calidad por medio de criterios analíticos existentes, pudiéndose decir que un sistema o elemento de un sistema tiene un cierto grado de confiabilidad de operación en función de la probabilidad de falla que puede tener.

Entendiendo que todos los elementos que intervienen en un sistema eléctrico son fuentes potenciales de falla ya que difícilmente pueden fabricarse estos elementos libres

de falla, porque compromete varios aspectos desde el diseño mismo, calidad de materiales y otros.

SELECTIVIDAD.- Esta propiedad establece que en caso de presentarse la falla de un sistema o instalación eléctrica, solamente la parte fallada sea cualquier elemento, maquina, línea u otro equipo quede aislado del sistema eléctrico dejando a la otra parte en servicio, no permitiendo así que la falla comprometa a otras partes del sistema, por tanto que el menor número de elementos se hallan comprometidos con la falla.

RAPIDEZ DE OPERACIÓN.- El tiempo de operación de los elementos de protección es fundamental porque cuanto menor sea el tiempo de la ocurrencia de falla menor será el daño que implique este, ya que fallas con mayor tiempo de presencia sometería al sistema a esfuerzos electrodinámicos, térmicos que puedes a su vez desencadenar en otras fallas con mayor presencia de destrucción.

DISCRIMINACIÓN- De acuerdo a esta propiedad el elemento de protección o elemento sensor sea capaz de distinguir el tipo de falla a presentarse, esto ocurre mayormente con los relevadores que están fabricados y diseñados para operar para un tipo específico de falla e ignorando algunos comportamientos normales por ejemplo; cortocircuito.

Generalmente la operación de su sistema eléctrico en el caso de ocurrencia de falla debe tener el comportamiento siguiente partiendo de la figura 1;

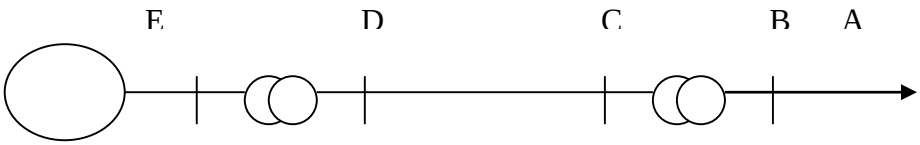


Figura 1: Sistema eléctrico.

Suponiendo que la falla ocurre en el punto A, entonces según al estudio de protección el elemento o elementos de protección primario originados en el punto A debían operar y aislarlo del sistema, pero que pasa cuando este elemento de protección primario no opera entonces debe existir un segundo elemento de protección en el elemento de protección en el punto B que actúa como backup del elemento de protección primario, esta protección servirá como protección para el transformador como también de protección de respaldo para el circuito de carga.

Esta protección necesariamente estará coordinado bajo un tiempo límite de operación entre todos los elementos de protección y para cada área de protección.

En el caso de no existir protección de reserva, el elemento de protección ubicado en el punto C, detectara la falla y operara, y así sucesivamente hasta llegar hasta el punto E.

Por consideraciones económicas, en sistemas eléctricos pequeños no se acostumbra trabajar con elementos de protección de reserva, pero en cambio tratándose de sistemas eléctricos grandes o importantes es recomendable considerar dentro del estudio de protección la protección de reserva o backup, garantizando de esta forma la continuidad de servicio y la selectividad del mismo.

3.4.- ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRICO

Los elementos de protección de un sistema eléctrico lo constituyen los instrumentos de medida que pueden ser transformadores de corriente, transformadores de tensión, también pueden estar los fusibles, interruptores, relés de protección, también se puede considerar los de mando y de señalización.

3.4.1.- TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Cuando se requiere efectuar mediciones de corriente cuyo valor sea bastante elevado, no podrá realizarse directamente por los instrumentos de medida o también emplearse directamente en los relés de protección, entonces para llevar a cabo tal acto será necesario emplear los transformadores de corriente de tal manera que estos instrumentos de medida se encarguen de realizar la transformación de estas magnitudes de corrientes elevadas en magnitudes de corriente que sean fácilmente manipulables y controlables en los relés e instrumentos de medida, mayormente la magnitud de las corrientes empleadas en los instrumentos de medida y en los relés es de 5 amperios, es decir que los transformadores de corriente en el lado primario pueden transportar corrientes elevadas, mientras que en el lado secundario deben de proveer corrientes de 5 o 1 amperio además de esta propiedad los transformadores de corriente estos deben de ofrecer un buen aislamiento eléctrico porque también pueden emplearse en niveles de tensión diferentes.

Los transformadores de corriente en el caso real están expuestos a errores de relación y de ángulo de fase, que pueden influir en la precisión de estos instrumentos, estos errores se pueden corregir en cierta medida en el diseño mismo, minimizando la corriente de excitación.

En su composición los transformadores de corriente constan de dos bobinados, un primario y un bobinado secundario los cuales se hallan aislados uno del otro. El bobinado primario está conectado en serie con el circuito que lleva la corriente de línea, por supuesto bastante elevada, y el bobinado secundario es conectado a los instrumentos de medida y los relés.

La representación de un transformador de corriente según NORMA DGE (símbolos gráficos en electricidad) es según la figura 2.

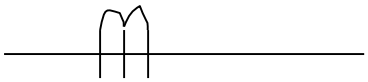


Figura 2: Transformador de corriente.

La relación de transformación de corriente se expresa de la siguiente forma:

$K = I_1 / I_2 = N_2 / N_1$

Donde: K : Relación de transformación

I_1 : Corriente en el lado primario

I_2 : Corriente en el lado secundario

N2: Numero de espiras del lado secundario.

N1: Numero de espiras del lado primario.

PRECISION EN LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

La performancia de los relés depende de la precisión de transformación de los transformadores de corriente, y no solamente de la carga asignada a los transformadores de corriente. Además esta precisión depende de la consideración en el diseño de la sección escalonada o en cruz del núcleo del transformador de corriente, y el

número de espiras asignado al bobinado secundario. La sección escalonada del núcleo permite circular una mayor cantidad de flujo antes de que este quede saturado. La saturación del núcleo magnético resulta en un rápido incremento de la relación de error.

Según las normas ANSI C57.13-1978, ANSI /IEEE Std 242-1986 Pag.117, los diseños de los transformadores son codificados con la letra C, o la T, además de asignarle un numero de clasificación, la primera letra indica que la corrección de relación puede ser calculado, y la segunda que este error puede ser determinado mediante ensayo.

El número de clasificación indica el voltaje terminal secundario que el transformador entregara a una carga normal en condiciones de cortocircuito en **20 veces su corriente nominal sin exceder un 10% de error de relación de transformación,** además esta corrección de relación no debería afectar al relé del rango de precisión aceptable. Los rangos de voltaje terminal secundario son 10, 20, 50, 100, 200, 400, y 800 V, por instancia un transformador con una precisión de relé clase C200 significa que el porcentaje de corrección de la relación de trasformación puede ser calculada y que este no excederá en 10% en una corriente desde 1-20 veces la corriente nominal secundaria para una carga normal de 2 ohmios (máximo voltaje terminal = 20*5 A *2Ω = 200V).

Las normas ANSI Std 242-1986 Pag. 121, definen la clase de precisión como el error máximo admisible en %, que un transformador de medida puede introducir en la medición, y estos pueden ser, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 1.2, 3.0, 5.1, y esta clase de precisión deberá asociarse a una carga permitida y recomendada.

Para la selección de un transformador de corriente adecuado es necesario considerar algunas especificaciones generales técnicas:

- Tipo de instalación
- Tipo de aislamiento
- Potencia nominal
- Clase de Precisión
- Relación de transformación
- Voltaje nominal primario
- Voltaje nominal secundario
- Polaridad (entrada y salida)

La conexión de los transformadores de corriente para el caso de emplear relés de protección, en un sistema trifásico, se efectúa de tres formas usuales los cuales son:

- Conexión estrella. (Figura 3)
- Conexión triangulo o delta. (Figura 4)
- Conexión delta abierto.(Figura 5)

En la conexión del primer caso un transformador de corriente es localizado en cada fase con relés de fase (51) para detectar fallas de fase, en el caso de emplear relés para detectar fallas a tierra se conecta en el punto común de los transformadores de corriente un relé (51N). También se puede emplear otro transformador de corriente en el conductor neutro del sistema eléctrico opcionalmente como se muestra en la figura.

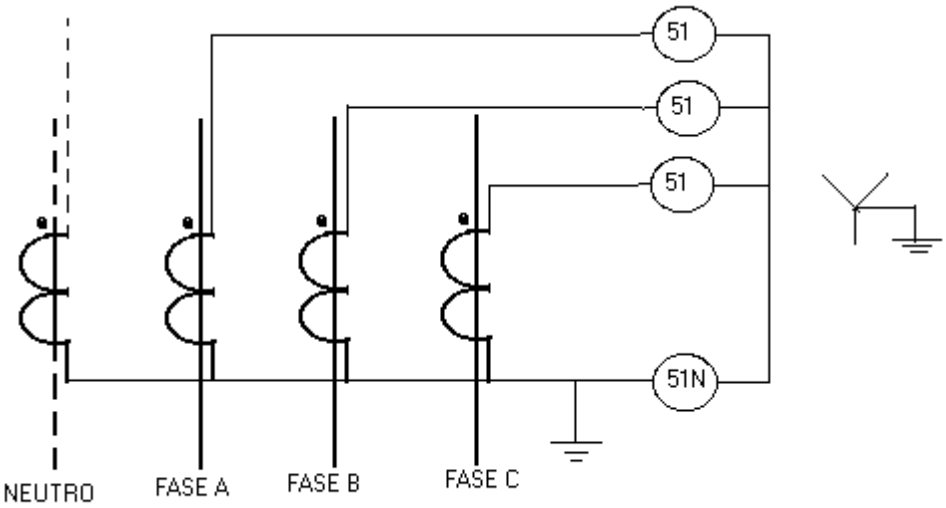


Figura 3: Conexión estrella.

Para el segundo caso de conectar en delta se usa tres transformadores de corriente con el secundario conectado en delta antes de hacer la conexión a los relés de protección. Este tipo de conexión se emplea para el uso con relés diferenciales, para la protección de transformadores de gran potencia o de importancia para el sistema eléctrico, además esta conexión es usada para la protección completa de falla a tierra con transformadores zig-zag. La conexión se muestra a continuación.

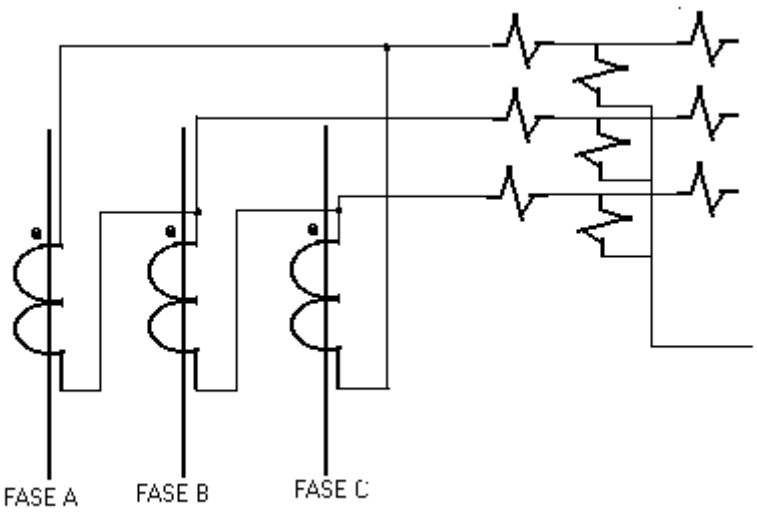
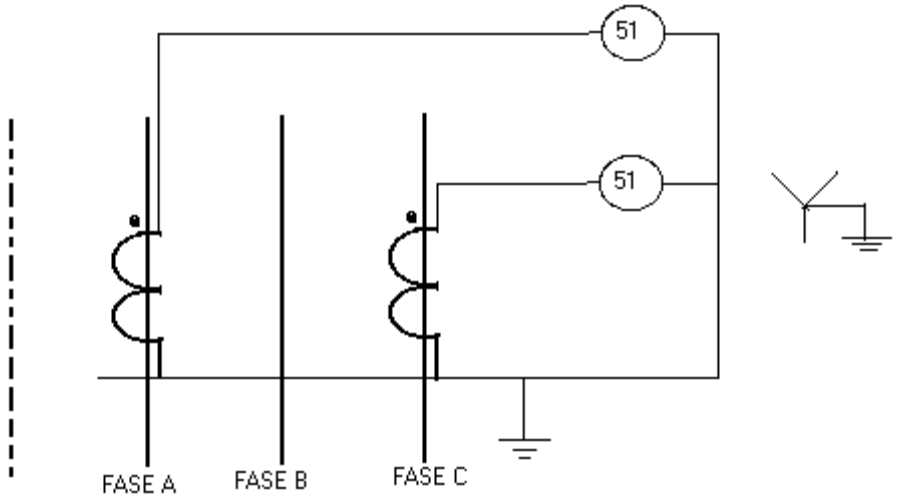


Figura 4: Conexión triangulo o delta.

El tercer caso de conexión emplea dos transformadores de corriente, es decir es una conexión en estrella con una pierna omitida, este tipo de conexión detecta fallas

trifásicas y de fase a fase, en caso de que se quiera adicionar una protección de falla a tierra se le deberá dotar de un transformador de corriente tipo ventana con un relé de sobrecorriente (51 GS)



q1

Figura 5: Conexión delta abierto.

3.4.2 FUSIBLES

Un fusible puede ser definido como un aparato que protege un circuito eléctrico, abriendo este por la fusión del elemento en respuesta a la presencia de alguna sobrecorriente o corriente de corto circuito que pasa a través de este.

Un fusible tiene las siguientes características funcionales:

1.- Este combina ambos, actúa como sensor y como elemento de Interrupción a la vez.

2.- Este actúa directamente en respuesta a una combinación de magnitud y duración de la corriente que fluye a través de este.

3.- Normalmente no incluye una provisión adicional para manipular y abrir de esta forma el circuito.

4.- Este es un aparato de simple fase. Solamente el fusible en la fase o fases sujeto a sobrecorrientes puede responder desenergizando la afectada fase o fases del circuito que está fallando.

5.- Después de haber interrumpido una sobrecorriente, este es reemplazado inmediatamente antes de restaurar el servicio.

Los fusibles son ampliamente usados en la industria, comercio, sistemas de distribución, y sistemas de potencia, ellos son posibles en un amplio rango de voltaje desde 2.3 hasta 138 kV., pueden ser utilizados para proteger líneas de transmisión, transformadores de potencia, bancos de condensadores, además estos fusibles según **la filosofía de protección, los fusibles son asignados como protecciones de respaldo o de reserva (protección secundaria) de los relés de sobrecorriente para fallas eléctricas.**

Los fusibles por su bajo costo permiten la segmentación de sistemas radiales y proteger de esta forma las cargas en forma individual. Además un uso frecuente es en las barras principales (en los switchgear) donde su rápida operación lo permite (pueden operar en menos que un ciclo y medio en el caso de fusibles limitadores de corriente para valores de corriente igual a su nominal).

3.4.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO FUSIBLE Y RANGO DE APLICACIÓN

La básica regla para la aplicación y selección de fusibles de potencia se efectúa de acuerdo a la siguiente:

- Rango de voltaje
- Capacidad de corriente
- Capacidad de interrupción (Ruptura).

El voltaje nominal será seleccionado como el siguiente superior voltaje nominal, arriba del máximo voltaje de operación del sistema.

3.4.2.2 CAPACIDAD DE CORRIENTE (RANGO DE OPERACIÓN)

Esta capacidad es seleccionada considerando los siguientes factores:

- Carga continua normal
- Corriente transitoria de Irrupción en transformadores
- Arranque de motores
- Repetitivas sobrecargas normales
- Sobrecargas de emergencia

Carga continua normal.- Todos los fusibles deben de llevar su corriente nominal en condiciones normales siempre que trabajen en ambientes que no excedan los 40° C.

Corriente transitoria de Irrupción en transformadores.- Cuando se energiza un transformador desde cualquier circuito de distribución o transmisión esto es acompañado por una corriente de Irrupción (inrush current) cuya magnitud es hasta 8 a 12 veces la corriente nominal del transformador con una duración de aproximadamente 0.1 segundo, y en caso de ser 20 a 25 veces esta corriente de avalancha tendrá una duración de 0.01 segundos.

Para estos casos es necesario efectuar la selección correcta del fusible tomando en cuenta el tipo de fusible, en el tipo de fusible limitador de corriente, es frecuente seleccionar un fusible que tenga rango de 3 veces la corriente nominal del transformador.

3.4.2.3 RANGO DE INTERRUPCION

El rango de interrupción de un fusible relacionado al valor máximo de la corriente eficaz asimétrica debe ser en el primer medio ciclo después de la ocurrencia de la falla. Este rango puede ser expresado en:

- Corriente eficaz máxima simétrica
- Corriente eficaz máxima asimétrica
- Potencia eficaz equivalente trifásica

La corriente eficaz simétrica es particularmente utilizada si un cuidadoso estudio de cortocircuito ha sido hecho en sistema eléctrico donde los resultados obtenidos esta en valores eficaces.

Corriente eficaz asimétrica representa simplemente la máxima corriente que el fusible puede tener para interrumpir a causa de que este tiene una característica de rápida operación. Para fusibles de potencia este valor es 1.6 veces la corriente eficaz simétrica.

Equivalente valor simétrico trifásico es dado como referencia para comparar con la capacidad del interruptor.

Generalmente otros requerimientos aseguran que el fusible usado debe tener una inherente mayor capacidad de interrupción que el sistema requiere.

En el caso de que el fusible se tenga para coordinar en el arranque de motores es **la combinación con el relé de sobrecarga, esta combinación es hecha en el punto de tiempo mínimo de operación del fusible y el tiempo máximo del relé de sobrecarga.**

Por ejemplo un motor que tiene como corriente nominal 100 amperios, y 600 amperios de corriente a rotor bloqueado, en caso normal el voltaje normal puede variar +/- 10%, esto repercute también en la corriente de rotor bloqueado que puede llegar a 660 amperios, entonces el relé de sobrecarga se ajusta para un 125% de la corriente nominal del motor como valor mínimo y con curva de operación hasta 660 amperios.

El fusible seleccionado para la aplicación será aquel cuya curva de operación de corriente mínimo coincida con la corriente de rotor bloqueado del motor.

En el caso de transformadores su velocidad inferior de operación hace posible la selección de un fusible de un valor igual o ligeramente menor que el valor nominal de corriente del transformador para una máxima protección en caso de fallas.

3.4.3.- RELEVADORES.

Los modernos sistemas de potencia no pueden en la actualidad operar sin la presencia de los relés de protección. En la moderna ingeniería esta forma de protección forma un papel fundamental. Todas las demás partes de un sistema de potencia pueden ser evaluadas en base a esta contribución para una mejor y económica prestación de servicio.

La contribución de los relés es muy importante en el sistema de potencia para garantizar un servicio eficiente, efectivo en casos de perturbaciones, minimizando:

1.- El costo de reparación de los daños que puede ocasionar una falla eléctrica.

2.- La probabilidad de que una perturbación pueda extenderse, e involucrar a otros equipos

3.- El tiempo que equipo pueda estar fuera de servicio

4.- La pérdida de rentas, y otros.

Todos los relés usados para la protección contra cortocircuitos y muchos otros tipos, también operan por virtud de la corriente y el voltaje suministrados a través de transformadores de corriente y voltaje en combinaciones diversas.

Para todo tipo de localización de fallas, a continuación algunas diferentes magnitudes, por lo que cada tipo de relés es diseñado para reconocer y operar en respuesta a estos:

a).- Magnitud

b).- Frecuencia

c).- Angulo de fase

d).- Duración

e).- Tipo de cambio

g).- armónicos o formas de honda.

En el presente estudio para la protección del circuito eléctrico de la mina Toque pala se usó mayormente relés de sobrecorriente de tiempo inverso, además de los fusibles y otros equipos auxiliares.

3.4.3.1.- FILOSOFIA DE PROTECCION POR RELEVADORES

El rol de los relevadores de protección dentro de un sistema eléctrico, tanto en el diseño como la operación misma, se basa para su estudio en tres aspectos que son:

1.- Operación Normal

2.- Prevención de fallas eléctricas

3.- Mitigación de efectos por ocurrencia de falla.

La operación normal asume que no existen fallas de equipos, errores de personal, u otros actos, pero esta situación no se da realmente, porque cualquier equipo siempre se halla expuesto a presentar fallas accidentalmente o intencionalmente en un momento dado ya sea por defectos de fabricación, calidad del material etc.

Viendo de esta manera se plantea dos posibilidades para enfrentar esta situación, una de ellas es la prevención de la ocurrencia de falla, y la otra minimizar los efectos que pueden causar la falla cuando este se presente, algunas de las consideraciones posibles de tomar para prevenir las fallas son:

1.- Proveer un adecuado aislamiento

2.- Una correcta coordinación de protección

3.- Uso de aterramientos en los circuitos

4.- Diseño mecánico adecuado que pueda minimizar la ocurrencia de fallas por causa de animales, acumulación de polvos, calidad del material etc.

5.- Un mantenimiento constante de los elementos eléctricos.

Como se vio anteriormente además de las consideraciones hechas, no es posible evitar la ocurrencia de una falla, el relé es uno elementos principales en el diseño de sistemas eléctricos cuya función es la de aislar en forma inmediata el elemento defectuoso del resto del sistema, para de esta forma minimizar los daños cuando ocurre un cortocircuito.

Los relés están directamente ligados a los interruptores que son capaces de desconectar y aislar el elemento fallado.

3.4.3.2.- PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LOS RELES DE PROTECCION

Considerando principalmente a los relés de protección como elementos de protección contra fallas de cortocircuito, será necesario clasificarlos en dos grupos, el primero llamado relés de protección primaria, el segundo relés de protección secundaria o de reserva.

3.4.3.3 PROTECCION PRIMARIA

La protección primaria mediante relés establece, que este debe operar en primera instancia al presentarse una falla eléctrica en cualquier circuito eléctrico, aislando inmediatamente del resto del sistema en coordinación con el interruptor. Además debe prevenirse que un interruptor debe estar localizado en la conexión de cada elemento del sistema eléctrico de potencia, esto posibilita la desconexión solamente del elemento defectuoso.

Alrededor de cada elemento principal se establece una zona de protección, esto hace que cuando ocurre una falla, todos los interruptores comprendidos dentro de esta zona operen. Además de esta zona propia de cada elemento, se establece una segunda zona solapada intermedia entre los elementos que en caso de falla pueda también hallarse protegido; estas zonas solapadas se establecen alrededor de cada interruptor.

3.4.3.4 PROTECCION SECUNDARIA

Es una protección adicional al ya existente, se da para el caso de que la protección primaria falle, económicamente esta protección implica un costo adicional, que solamente podrá darse para circuitos de mucha importancia técnica como económica.

La protección primaria puede fallar a causa de:

1.- Corriente y voltaje alterna de alimentación suministrado a los relés

2.- Alimentación en D.C.

3.- Relé de protección

4.- Mecanismos de interrupción (interruptores).

Además la utilización de la protección de reserva es hecha cuando por razones de mantenimiento la protección primaria deba ser desactivada.

El suministro de corriente, voltaje para la protección secundaria deberá ser hecha independientemente de la alimentación suministrada a la protección primaria, es decir deberá tener, transformadores de corriente, transformadores de potencial, hasta en ciertos casos interruptores propios para esta protección secundaria.

El tiempo de operación ajustado para los relés de la protección secundaria deberá ser mayor, que el asignado para los relés de protección primaria

3.4.3.5 CARACTERISTICA FUNCIONAL DE LOS RELES DE PROTECCION

Dentro de la característica funcional de los relés, se exige normalmente que estos dispositivos de protección sean principalmente sensitivos, selectivos y una rápida velocidad de operación.

CONFIABILIDAD

Un básico requerimiento exigido en la protección de relés es que este sea confiable, para que esto se logre, es necesario que el relé y los elementos que intervienen (tales como transformadores de corriente, potencial y otros) se sometan a un mantenimiento constante programado, además se exige una buena calidad del material empleado en la fabricación de estos equipos.

SELECTIVIDAD

Al presentarse una falla, el relé sea capaz de aislar solamente el área comprometida sin afectar el resto del sistema.

RAPIDEZ DE OPERACIÓN.

La respuesta del relé sea con la mayor velocidad posible.

DISCRIMINACIÓN.

Es necesario que el relé sea capaz de distinguir el tipo de falla y operar bajo esta condición.

3.4.3.6 RELÉS DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO E INSTANTANEO.

Se les conoce como relé de tiempo inverso, porque su respuesta de estos relés a una determinada magnitud de corriente es inversamente proporcional al tiempo, es decir a una magnitud menor de corriente su respuesta en tiempo es aun prolongada, pero que a magnitudes grandes de corriente de falla su respuesta en tiempo es mínimo.

Los tipos de relés de sobrecorriente utilizados en la implementación son unipolares en AC, estos relés pueden emplearse en la protección a nivel industrial como también a nivel de sistemas de potencia contra fallas por cortocircuito de fase o fallas a tierra. En uno de los casos son de construcción electromecánica y en el otro de tipo electrónico, en el caso del primero la operación de funcionamiento consiste en un núcleo magnético bobinado, con un disco de inducción y otros auxiliares, todos estos combinan para producir una relación de tiempo y la corriente de operación, en algunos de estos tipos de relés tienen implementados accesorios para operar instantáneamente.

Los relés instantáneos no dependen de la magnitud de la corriente, si no que solamente actúan en función al tiempo siendo este instantáneamente.

Además estos equipos llevan unos indicadores de haberse llevado la operación, llamados “targets”, la relación de tiempo y la corriente de operación se pueden encontrar para diferentes rangos de corriente de ajuste. La sensibilidad de estos relés depende del correcto ajuste de la corriente de operación (correcta elección del taps), y también de la correcta elección de tiempo de operación (time delay).

Dentro de las características de operación de estos relés de sobrecorriente existen variedades entre los cuales podemos citar los siguientes:

- Relé de sobrecorriente de tiempo inverso
- Relé de sobrecorriente de tiempo muy inverso
- Relé de sobrecorriente de tiempo extremadamente inverso
- Relé de sobrecorriente de tiempo largo
- Relé de sobre corriente de tiempo corto.

3.4.3.7.-APLICACIÓN DEL RELE DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO.

Generalmente los relés de sobrecorriente de tiempo inverso se emplean en grupo de dos o de tres relés para proteger fallas de fase, y un relé adicional para protección de falla a tierra. Aparte de estos relés existe otro relé de sobrecorriente para falla a tierra, pero que emplea un transformador de corriente tipo toroidal cuya sensibilidad es mayor.

El relé de sobrecorriente es normalmente ajustado para operar para corrientes arriba de la máxima carga y proveer tiempo de coordinación bajo la línea de la máxima corriente de cortocircuito.

El tiempo mínimo de diferencia de ajuste entre cada relé sucesivo es igual al tiempo nominal de interrupción del interruptor, más el tiempo de sobre recorrido del relé y un factor de seguridad, que aproximadamente es de 0.25 a 0.4 segundos es suficiente. Valores inferiores pueden ser usados si existiese mayor precisión de los equipos.

La característica de operación del relé determina la posibilidad de coordinación con los interruptores, con los fusibles, y otro aparato de protección en el sistema, es así que el relé es seleccionado de acuerdo a su curva de operación.

3.4.3.8.- RELÉ DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO Y MUY INVERSO

Son relés que en la coordinación de protección no dan opción a un tiempo prolongado de operación, su curva de operación es un tanto horizontal, es decir que para corrientes pick up, como para corrientes de cortocircuitos elevados, su tiempo de respuesta es corto.

En sistemas donde la magnitud de la corriente de cortocircuito fluye por un relé, es dependiente principalmente de la relativa localización de la falla con respecto a la ubicación del relé, y solamente en forma ligera o mínima del sistema de generación, en este caso una rápida operación o aislamiento de la falla puede usualmente ser obtenido con un relé de sobrecorriente de tiempo inverso. Donde la corriente de cortocircuito es principalmente de la capacidad del sistema de generación en el tiempo de falla, mejor resultado puede ser obtenido con un relé de sobrecorriente de tiempo inverso.

3.4.3.9.- RELÉ DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO EXTREMADAMENTE INVERSO

Este tipo de relés tienen una mejor aplicación en la protección de circuitos alimentadores de distribución primaria, a causa de que este tipo de relés coordinan mejor con los fusibles y recloser y pueden ser ajustados para permitir el flujo de altas

corrientes de irrupción (inrush current) los cuales ocurren cuando el alimentador en servicio es restaurado después de un prolongado fuera de servicio.

El relé de protección puede por lo tanto tolerar estas condiciones de incremento de alta corriente de arranque hasta que las cargas vuelvan a su normalidad. El relé de tiempo extremadamente inverso por las características que posee para este tipo de casos de aplicación es el adecuado.

3.4.3.10.- PROTECCION DE TRANSFORMADORES MEDIANTE DE RELÉS DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO

Es muy común para transformadores de potencia, la protección de fallas de fase a fase o fase a tierra, mediante relés de sobrecorriente de tiempo inverso. Esto puede ser hecho como una protección primaria en unidades donde no se cuenta con relés diferenciales, en caso de contar con estos una protección con relés de sobrecorriente de tiempo inverso se consideraría como protección de reserva o secundaria.

De acuerdo al grado de importancia en el sistema eléctrico de un transformador, puede diseñarse el tipo de protección a asignarle.

Para transformadores de distribución generalmente se asigna una protección mediante fusibles; Para transformadores de potencia se recomienda la utilización de relés de sobrecorriente de tiempo inverso como protección primaria, y como protección de respaldo puede emplearse un fusible.

Relé de sobrecorriente instantáneo puede ser aplicado para mejorar la protección en el uso de relés de sobrecorriente de tiempo inverso. Típico ajuste de los relés de sobrecorriente de tiempo inverso es a partir del 150 % de su corriente nominal del transformador.

La norma ANSI establece para transformadores de potencia y distribución la Capacidad Mecánica de Sobrecarga Continua de falla (IEEE C57 .12 – 1980) , fue cambiado en 1977 cuya comparación se da en la tabla 1, donde la magnitud de la corriente son los máximos valores posibles de falla, asumiendo que la fuente es infinita y de impedancia de valor cero; aunque en el caso real nunca puede ser cero.

Múltiplos de corriente nominal	**Impedancia del transformador %**	**Tiempo de resistencia de máxima corriente (s)1977-1980**	**Tiempo de resistencia de máxima corriente (s)1973**
25	4	2	2
20	5	2	3
16	6	2	4
14 o menos	8 o mayor	2	5

Tabla 1.

3.4.4.- INTERRUPTORES.

Son elementos de un sistema eléctrico, que tienen por función desconectar circuitos bajo condiciones de corriente nominal, en corriente de vacio o corrientes de cortocircuito, es decir condiciones normales y anormales.

Los valores nominales de un interruptor deben considerar las condiciones de operación posibles mencionados anteriormente, es decir que los interruptores debe estar construido

para conducir corrientes a plena carga, asimismo soportar los esfuerzos electrodinámicos debido a las corrientes de cortocircuito.

Las normas IEC 62271-100-2001 High Voltage Circuit Breakers , ANSI/IEEE C37.13-1997 recomiendan que como mínimo se debe especificar las siguientes características nominales de un interruptor.

a) Tensión nominal.
b) Corriente nominal.
c) Frecuencia nominal.
d) Corriente de interrupción simétrica y asimétrica.
e) Potencia de cierre en cortocircuito.
f) Máxima duración de corriente de cortocircuito o corriente nominal de tiempo corto.
g) Ciclo de operación normal.

Por otro lado, la experiencia nos muestra que los parámetros más importantes que determinan el dimensionamiento de interruptor son la corriente nominal, corriente de cortocircuito, la potencia de cortocircuito, y el voltaje máximo de operación del sistema, que es superior al nominal.

3.4.4.1 VOLTAJE NOMINAL

En condiciones normales de operación de un sistema eléctrico, la tensión no es constante, como precaución a este problema los fabricantes, diseñan el funcionamiento de un interruptor al voltaje máximo de operación que es mayor al voltaje nominal.

3.4.4.2 CORRIENTE NOMINAL

La corriente nominal de un interruptor es el valor eficaz de la corriente expresada en amperes, para el cual está diseñado y que de be ser capaz de conducir continuamente sin exceder los límites recomendables de elevación de temperatura.

3.4.4.3 CORRIENTE DE INTERRUPCIÓN SIMÉTRICA Y ASIMÉTRICA.

Como es sabido, las corrientes de cortocircuito (C.C.) están formadas de varias corrientes, si se toma un oscilograma de una corriente de C.C. se puede observar que en general son asimétricas con relación a un eje de referencia de tal manera que el valor eficaz de la corriente varia con el tiempo.

Después del instante de la falla la corriente de C.C. decae de un alto valor inicial I_{pr}. (Produce efectos dinámicos) a un valor sostenido, además hay que agregar el tiempo propio de los relevadores que envían la señal de apertura al interruptor después de la inicialización del C.C. por lo que el valor real de la corriente interrumpida por el interruptor es menor que el valor inicial de la corriente de C.C.

La IEC 62271 -100-2007, define la corriente de interrupción como sigue:

La corriente de interrupción de un polo de un interruptor es el valor de la corriente en el polo en el instante de separación de los contactos y se expresa por dos valores.

a).- Corriente simétrica

b).- Corriente asimétrica

Que representan las corrientes de apertura.

a).- La corriente simétrica es el valor eficaz de la componente de corriente alterna en el polo en el momento de la separación de los contactos, y su valor está dado por:

$$I_{sim} = (I_a / \sqrt{2})\ A \ (\text{ valor eficaz })\ldots\ldots\ldots\ldots 3.1$$

b).- La corriente asimétrica es el valor eficaz del valor total de la corriente que comprende las componentes de C.A. y C.D. en un polo en el instante de la separación de los contactos de la figura 6, se ve que el valor de la corriente asimétrica es:

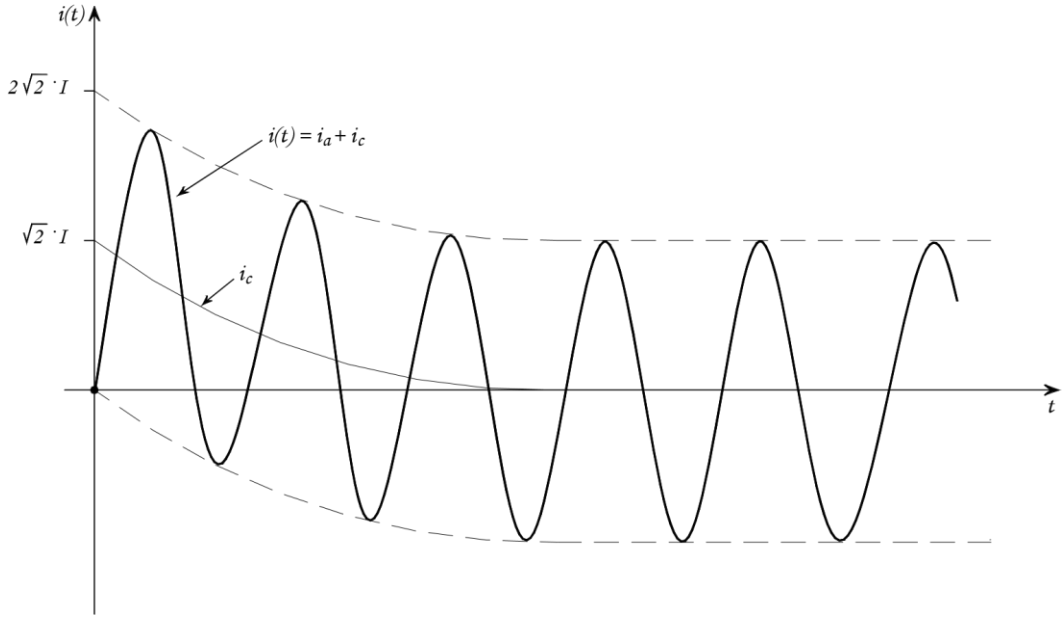


Figura 6: La corriente asimétrica.

$I_{asim} = I_a + I_c$ ……..3.2

I_a= corriente alterna. (RMS) I_c = corriente directa (VALOR MEDIO).

Frecuentemente se expresa la relación entre las corrientes simétricas y asimétrica de C.C. por medio de un factor de asimetría.

$I_{asim} = K\, I_{sim}$ (K = factor de asimetría)…….3.3

Este valor K depende de la relación entre la reactancia inductiva y la resistencia del circuito en donde se va a instalar el interruptor, como muestra la figura 7.

$K = f \quad (X / R)$

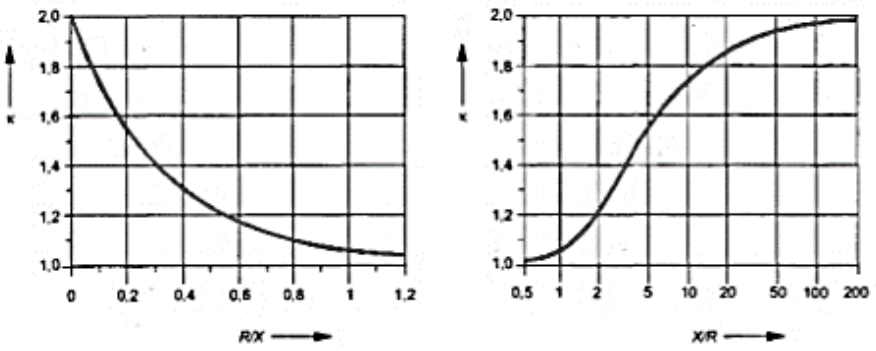


Figura 7: Efecto de la relación *R/X* y *X/R* sobre la componente DC.

3.4.4.4 POTENCIA DE CORTOCIRCUITO

La capacidad interruptiva de un interruptor se calcula como 3 veces la tensión nominal por la corriente simétrica o asimétrica según el caso.

$$P_{cc}\,SIM = \sqrt{3}\;\; kV\;\; I_{sim} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\; 3.4$$

Este valor caracteriza el valor de un interruptor para cerrar sus contactos en condiciones de C.C. en el sistema.

3.4.4.5.-CORRIENTES DE CIERRE

La corriente de cierre de un interruptor cuando cierra sobre un cortocircuito es el valor eficaz de la corriente total (incluyendo los componentes de C.A y C.D.) y que se miden de la envolvente de la onda de corriente en su primer valor cresta.

La corriente de cierre de un interruptor es aquella que corresponde a la corriente térmica y corriente dinámica, y que debe figurar en la placa del equipo.

Corriente Térmica $= 1.8\;\; I_{sim}$ …….3.5

Corriente Dinámica $= 1.8\sqrt{2}\;\; I_{sim} = 2.54\;\; I_{sim}$ …….3.6

3.4.4.6.-CICLO DE OPERACIÓN NOMINAL

El ciclo de operación de un interruptor consiste en un número de operaciones establecidas con intervalos de tiempo dados. De acuerdo con las recomendaciones de las normas del IEC 62271-100- 2001, el ciclo de operación de un interruptor que no está especificado para autorrecierre se puede expresar como sigue:

a).- o - t - co - t´ - co

b).- o - t´´ - co

Siendo

O = operación de apertura

C = operación de cierre

CO = operación de cierre seguido de una apertura

t, t´, t´´, intervalos de tiempo.

t y t´ expresados en minutos

t´´ expresado en segundos

Por ejemplo.- Interruptor con un ciclo doble de operación o – 15 seg. – co significa que cuando ocurre un falla abre (o), deja transcurrir 15 seg. y cierra siguiendo de una apertura si la falla persiste (co).

El ciclo de operación para los interruptores con autocierre el siguiente:

o – 0 – co Instantáneamente

0 – (cero) representa el tiempo muerto de interruptor en ciclos o segundos.

3.4.4.7.- INTERRUPCION DE CORTO CIRCUITO.- La corriente de corto circuito depende básicamente de la fuente de tensión E y la reactancia en serie con ella, X, calculándose para el caso de la falla trifásica de acuerdo con las expresiones indicadas.

$$I_{sim} = kVA\ base \ / (\sqrt{3}\ kV_{FALLAS}\ X_{P.U.}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 3.7$$

CAPITULO IV

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO

4.1 INTRODUCCION

El cortocircuito es una situación indeseable en cualquier sistema eléctrico, pero que lamentablemente se presentan eventualmente, cuyos orígenes pueden ser descargas atmosféricas, fallas de aislamiento, sobrecargas, maniobras erróneas etc., y en estas condiciones es necesario conocer las corrientes de cortocircuito en cada uno de los puntos del circuito.

El estudio de cortocircuito es necesario porque nos permite conocer la información de :

- Las corrientes de cortocircuitos para diferentes fallas.
- Las potencias de cortocircuito.

4.2 METODO DE LAS COMPONENTES SIMÉTRICAS.

Cuando un sistema eléctrico trifásico no está balanceado, como resultado de un desbalance de cargas, desbalance por fallas o cortocircuitos que no son simétricos, el método adoptado para el análisis de las corrientes, potencias y voltajes en cualquier del circuito eléctrico desbalanceado, generalmente es de las “Componentes Simétricas”.

El principio del Método de las Componentes Simétricas es aplicado para circuitos trifásicos, en que un desbalanceado grupo de vectores que pueden ser corrientes o voltajes como pueden ser resueltos en otros tres grupos de vectores balanceados denominados de secuencia positiva, negativa y secuencia cero. Los tres vectores de cada grupo son de igual magnitud y espaciados en 0 ó 120º. Cada grupo es un componente

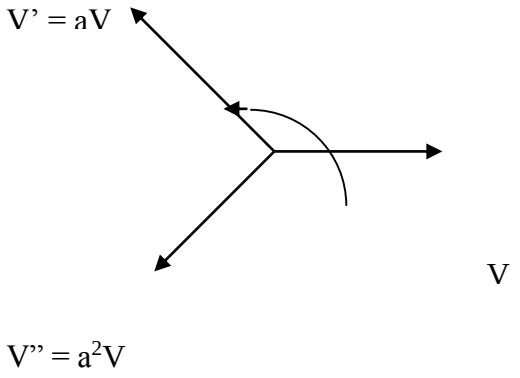
simétrico de los desbalanceados vectores originales, este concepto es aplicado para los voltajes y corrientes, pero en diferente forma para las impedancias y admitancias.

Además modernos conceptos de protección de fallas mediante relés han surgido gracias al entendimiento de los Componentes Simétricos, estos pueden ser por ejemplo el relé de secuencia negativa para la detección de fallas, filtros de secuencia positiva empleados para responder a los cambios de voltaje en las tres fases, y los relés de detección de fallas a tierra por corrientes de secuencia cero.

Para el estudio de las Componentes Simétricas es necesario introducir el operador "a" que se define como:

$a = -1/2 + j\ SQR\ (3) / 2 = e^{j\ 120}$ 4.1

Esto indica que el vector "a" tiene un valor de la unidad y esta orientado 120° en una dirección positiva (en sentido contrario a las agujas del reloj) desde el eje de referencia, el vector operador "a" no puede cambiar en magnitud pero si puede rotar 120° adelante; por ejemplo un vector V' = aV es un vector que tiene la magnitud igual a V pero rotado 120° delante del vector V como se muestra en la figura.



El cuadrado del vector “a” es otro vector unitario orientado 120° en sentido negativo (sentido igual a las agujas del reloj) desde el eje de referencia y se expresa como:

$a^2 = -1/2 - j\ SQR\ (3) / 2 = e^{j\ 240}$ 4.2

A continuación detallamos algunas propiedades necesarias para el estudio de las Componentes Simétricas en función del operador “a”.

$a + a^2 + 1 = 0$ 4.3

$a + a^2 = - 1$ 4.4

$a - a^2 = 0 + j\ SQR\ (3)$ 4.5

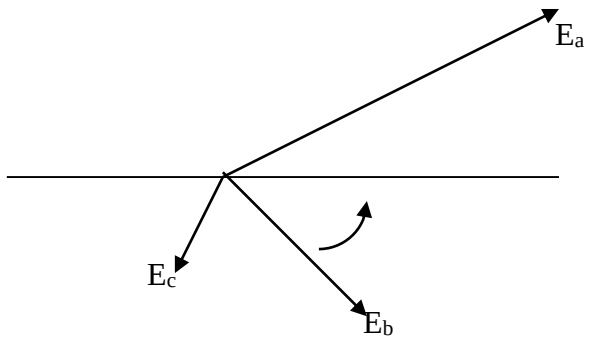
$1 + a = 1/2 + j\ SQR\ (3)/2$ 4.6

Solución de vectores de voltajes trifásicos desbalanceados como se muestra los siguientes grupos de vectores y ecuaciones.

$E_0 = 1/3\ (E_a + E_b + E_c)$ 4.7

$E_1 = 1/3\ (E_a + aE_b + a^2\ E_c)$ 4.8

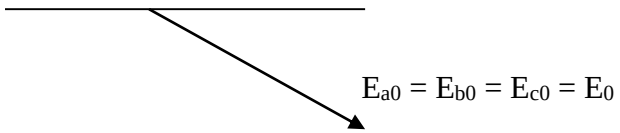
$E_2 = 1/3\ (E_a + a^2E_b + aE_c)$ 4.9



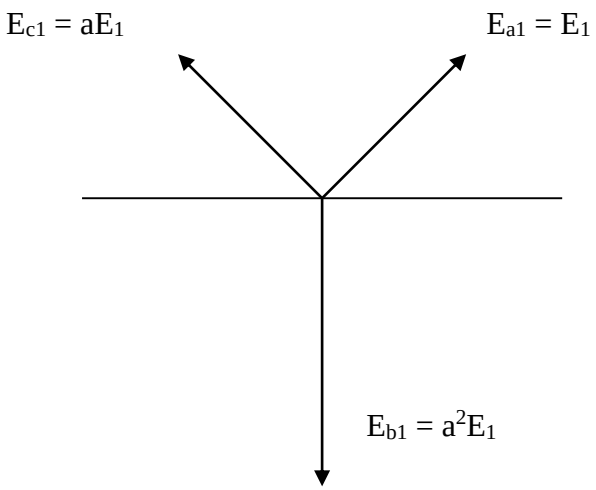
Donde:

E_0 = Es la componente de secuencia cero de E_a y es igualmente la componente de secuencia cero de E_b y E_c, es decir que:

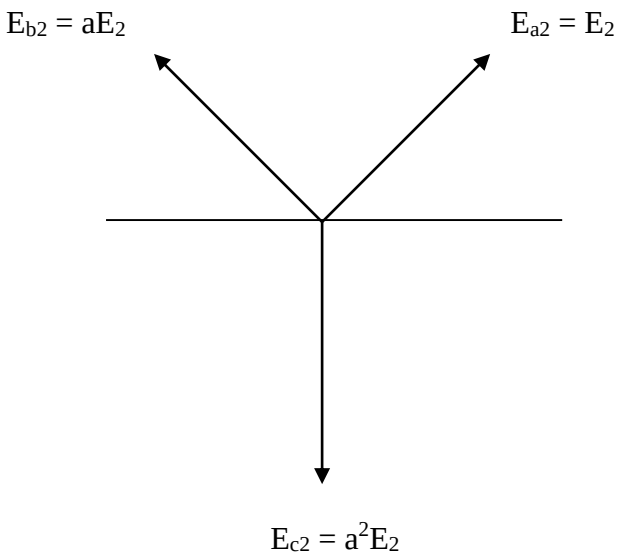
$E_0 = E_{a0} = E_{b0} = E_{c0}$ 4.10



E_1 es la componente de secuencia positiva de E_a, se escribe como E_{a1} la componente de secuencia positiva de E_b, es E_{b1}, en su forma equivalente es posible expresar como a^2E_{a1}; la componente de secuencia positiva de E_c es E_{c1} en su forma equivalente se puede expresar como aE_1, por tanto E_{a1}, E_{b1}, E_{c1}, son los componentes de secuencia positiva de un sistema trifásico balanceado donde el vector E_{a1} esta 120° de E_{b1} y 240° de E_{c1} como muestra la figura de la misma secuencia que los vectores originales.



E_2 es la componente de secuencia negativa de E_a, escrito como E_{a2}, la componente se secuencia negativa de E_b, E_c son E_{b2}, E_{c2} respectivamente y en forma equivalente serán aE_{a2}, a^2E_{a2}.



Asimismo los tres vectores desbalanceados pueden ser expresados en función de los tres componentes definidos como:

$E_a = E_{a0} + E_{a1} + E_{a2} = E_0 + E_1 + E_2$ 4.11

$E_b = E_{b0} + E_{b1} + E_{b2} = E_0 + a^2 E_1 + aE_2$ 4.12

$E_c = E_{c0} + E_{c1} + E_{c2} = E_0 + aE_1 + a^2 E_2$ 4.13

Para el caso de la representación de las corrientes trifásicas desbalanceadas se efectúa de una forma análoga a los del voltaje, donde:

$I_0 = 1/3\ (I_a + I_b + I_c) = I_{a0}$ 4.14

$I_1 = 1/3\ (I_a + aI_b + a^2 I_c) = I_a$ 4.15

$I_2 = 1/3\ (I_a + a^2 I_b + aI_c) = I_{a2}$ 4.16

Para el otro caso:

$I_a = I_{a0} + Ia_1 + I_{a2} = I_0 + I_1 + I_2$ 4.17

$I_b = I_{b0} + I_{b1} + I_{b2} = I_0 + a^2 I_1 + aI_2$ 4.18

$I_c = I_{c0} + I_{c1} + I_{c2} = I_0 + aI_1 + a^2 I_2$ 4.19

4.2.1 REDES DE SECUENCIA POSITIVA, SECUENCIA NEGATIVA Y SECUENCIA CERO

La red de secuencia positiva se puede representar de una forma simple, remplazando cada elemento del sistema eléctrico en un diagrama unifilar por su impedancia ya referida a la base común y representando también a las fuentes de voltaje con sus valores expresados en por unidad, y referidas también a una base de tensión común.

El punto o barra de referencia para la red de secuencia positiva está representado por el neutro del sistema, en conclusión la red de secuencia positiva está representado por una fuente de voltaje y una impedancia equivalente como muestra la figura 8.

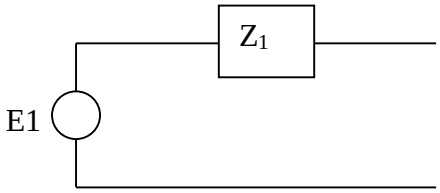


Figura 8: Red de secuencia positiva.

La red de secuencia negativa tiene las mismas consideraciones que la red de secuencia positiva a excepción de la fuente de voltaje. Es bastante común que en los estudios de

corto circuito de fase a tierra se haga solamente el diagrama de secuencia positiva y las reactancias se toman igual para la secuencia negativa, se representa según la figura 9.

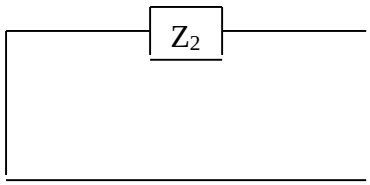


Figura 9: Red de secuencia negativa.

Para la representación del diagrama de impedancias de secuencia cero requiere de consideraciones adicionales a los hechos para los diagramas de secuencia positiva y negativa ya que las corrientes de secuencia cero que circulan a través de estas impedancias lo hacen hacia tierra, es por esta razón que influye en forma determinante la forma como se encuentran los neutros de los diferentes elementos conectados a tierra. Para elaborar el diagrama es necesario tener en cuenta los diagramas a continuación se dan en la figura 10.

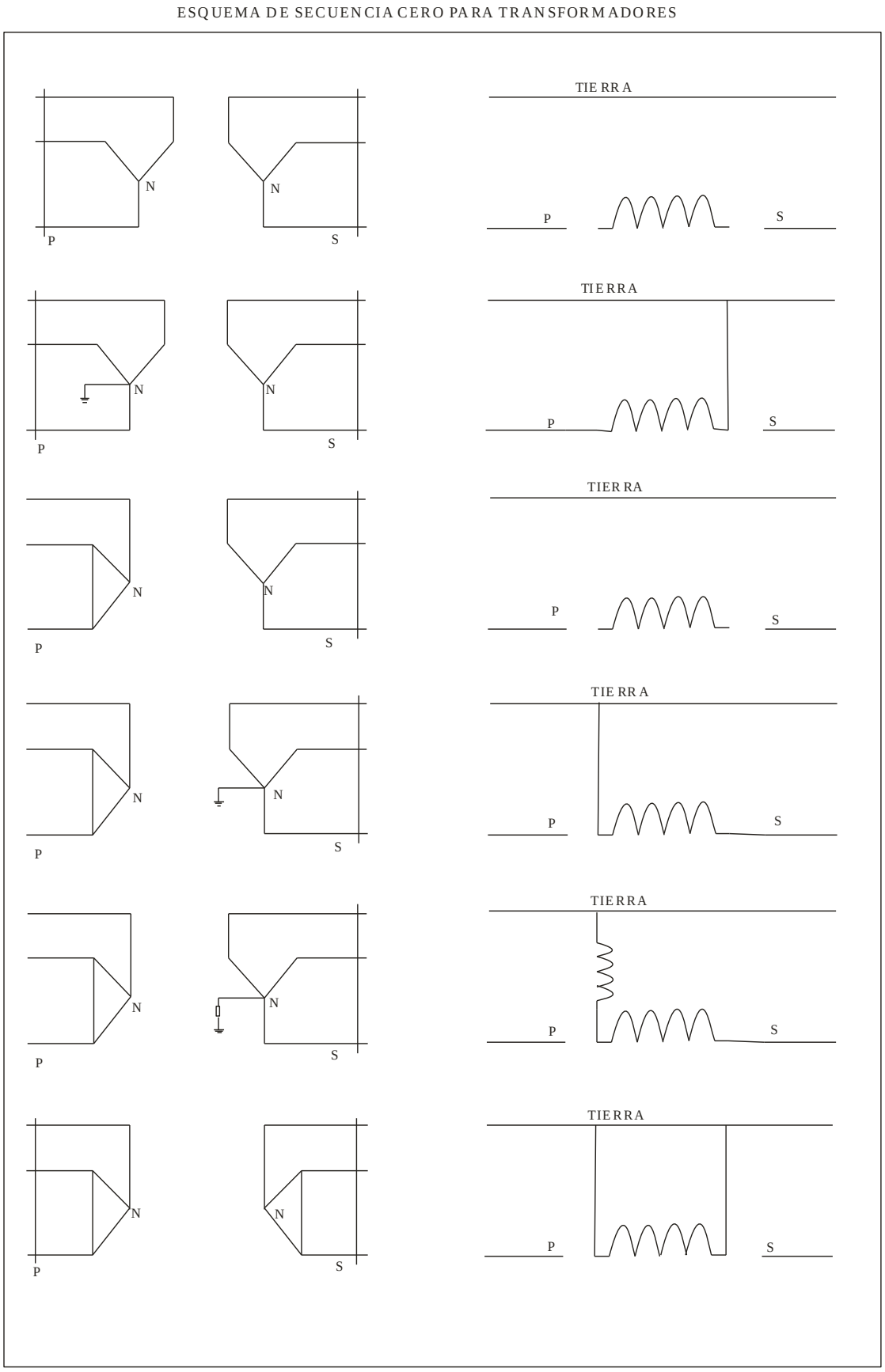


Figura 10: Esquema de secuencia cero para transformadores.

4.2.2 FALLAS ASIMETRICAS

Para el cálculo de las corrientes de falla o de cortocircuito se considerara los siguientes casos, por ser los más comunes a presentarse:

4.2.2.1 FALLA SIMPLE LÍNEA A TIERRA

$I_{1F} = I_{2F} = I_{0F} = (E_{a1}) / (Z_1 + Z_2 + Z_0)$, ...4.23

Y cuando entre impedancia entre el neutro y tierra entonces será:

$I_{1F} = I_{2F} = I_{0F} = (E_0) / (Z_1 + Z_2 + Z_0 + Z_n)$, ...4.24

Y la ecuación total de falla será:

$I_F = I_{1F} + I_{2F} + I_{0F} = 3I_{0F} \quad \Rightarrow$ 4.25

$I_F = (3E_{a1}) / (Z_1 + Z_2 + Z_0 + Z_n)$ 4.26

Donde:

I_{1F} , I_{2F} , I_{0F} = son las corrientes de falla de los componentes.

I_F = es la corriente de falla total.

Z_1 , Z_2 , Z_0 = impedancias equivalentes de secuencia positiva, negativa y cero respectivamente en el punto de falla.

Z_n = impedancia del neutro a tierra de los elementos eléctricos.

4.2.2.2 FALLA LÍNEA – LÍNEA

$I_{1F} = -I_{2F} = (E_{a1}) / (Z_1 + Z_2)$ 4.27

La corriente de falla será:

$I_F =$ SQR (3) I_{1F} 4.28

4.2.2.3 FALLA DOBLE LÍNEA A TIERRA

$I_{1F} = E_{a1} (Z_2 + Z_0) / Z_1Z_2 + Z_1Z_2 + Z_2Z_0$.....4.29

$I_{2F} = - Z_0 E_{a1} / Z_1Z_2 + Z_1Z_2 + Z_2Z_0$.....4.30

$I_{0F} = - Z_2 E_{a1} / Z_1Z_2 + Z_1Z_2 + Z_2Z_0$.....4.31

4.2.2.4 FALLA TRIFASICA

La corriente de falla será:

$I_F = I_{1F} + I_{2F} + I_{0F}$ 4.32

$I_F = I_{1F} = E_{a1} / Z_1$.....4.33

Se ha tomado en cuenta los diferentes tipos de falla mencionados anteriormente debido a que son los más usuales probablemente al presentarse como condiciones anormales dentro de un sistema eléctrico.

4.3. REPRESENTACION DE ELEMENTOS DE UN CIRCUITO ELECTRICO

En estudio de cortocircuito es necesario entender primeramente un sistema eléctrico, la representación del mismo, mediante un diagrama unifilar de todos los elementos del sistema eléctrico tanto como generadores, transformadores, líneas, etc.

Normalmente los parámetros eléctricos están representados en porcentajes (valores por unidad) referidos a su misma base de potencia, voltaje, pero es conveniente para el estudio representar los valores de estos parámetros en función a una sola base de potencia, voltaje; para la metodología empleada es requisito que los parámetros sean expresados en valor por unidad.

La forma de expresar todas las impedancias de un circuito eléctrico a una base común es en referencia a las siguientes consideraciones:

a) La potencia base es única en el interno eléctrico y un valor se debe seleccionar en forma arbitraria, pudiendo ser mayormente la potencia nominal mayor de los elementos del sistema.
b) Existen tantas bases de tensión como relación de transformación en cada nivel de voltaje dentro de un sistema eléctrico.

Z 2 = Z1(KVA base2 / KVA base1)(kV base1/ kV base2)^2.....4.34

Z2 = La impedancia referida a la base deseada expresada en valor por unidad.

Z1 = La impedancia referida a su propia base expresada en valor por unidad.

KVA base2 = Valor base de la potencia a la cual se quiere referir

KVA base1 = Valor base de la potencia a la cual viene referido inicialmente.

kV base 2 = Voltaje base al cual se desea expresar la impedancia.

kV base1 = Valor base del voltaje al cual viene referido inicialmente.

4.4 CALCULO DE PARAMETROS

4.4.1 PARÁMETROS DE SECUENCIA POSITIVA Y NEGATIVA

Para determinar los diagramas y valores de los parámetros de secuencia positiva y negativa es necesario establecer las características propias de los diferentes elementos que conforman un sistema eléctrico, como son los generadores, motores, líneas, y cables.

Primero la reactancia inductiva total de un conductor que lleva corriente se considerara como la suma de los componentes; la reactancia debido al flujo interior, dentro del radio de un pie desde el centro del conductor, y la otra la reactancia debido al flujo externo a un pie fuera de una distancia finita.

Para el cálculo de las reactancias de secuencia positiva y negativa, se hacen uso los valores de longitud en el sistema inglés, para coincidir con las tablas 2 y 3.

Concluyendo en la ecuación siguiente:

Reactancia de secuencia positiva.

X1 = 0.2794*f / 60*log (1/GMR) + 0.2794*f / 60 log (D12) ; ohmios /milla /conductor:.....4.35

Donde:

f : frecuencia ; 1 milla terrestre = 1609.3 m.

GMR : Radio medio geométrico, en pies.

D12 : Distancia entre dos conductores (Distancia media geométrica), en pies.

Si nosotros llamamos al primer término Xa, y llamamos Xb al segundo término entonces la formula se transformara en:

Xa = 0.2794*f /60*log(1/GMR)

Xd = 0.2794*f /60 log (D12)

X1 = Xa + Xd ; 4.36

Donde:

Xa = Reactancia inductiva debido al flujo interno y debido al flujo externo del conductor 1 a un radio de 1 pie.

1 pie = 0.3 m. ; 1 milla terrestre = 1609.3 m.

Xd = Reactancia inductiva debido al flujo externo alrededor del conductor 1 a un radio de un pie fuera desde el conductor 1, hasta la distancia D12, en pies.

Los valores de GMR, y Xa para tipo de conductor se dan en las tablas siguientes tabla 1.

El valor de X_a depende de la frecuencia, los valores de X_d También se dan en la tabla 2.

Size of Conductor		Number of Strands	Outside Diameter Inches	Weight Pounds per Mile	Aprox Current Carryng Capacity *Amps	Geometrc Mean Radius at 60 Cycles Feet	Ra				Xa inductive Reactancia Ohmns per conductor per Mile et 1 Ft. Spacing
							25° C. (77°F)		50°C.(122°C.)		
Circular Mils	AWG Or B&S						d-c	60 Cycles	d-c	60 Cycles	60 Cycles
000 000	….	37	1.51	16 300	1 300	0.0368	0.0585	0.0634	0.064	0.0685	0.4
900 000	….	37	1.092	14 670	1 220	0.0349	0.065	0.0695	0.0711	0.0752	0.406
800 000	….	37	1.029	13 040	1 130	0.0329	0.0731	0.0772	0.08	0.0837	0.413
750 000	….	37	0.997	12 230	1 090	0.0319	0.078	0.0818	0.0853	.0.0888	0.417
700 000	….	37	0.963	11 410	1 040	0.0308	0.0836	0.0871	0.0914	0.0947	0.422
600 000	….	37	0.891	9 781	940	0.0285	0.0975	0.1006	0.1066	0.1095	0.422
500 000	….	37	0.814	8 151	840	0.026	0.117	0.1196	0.128	0.1303	0.443
500 000	….	19	0.811	8 151	840	0.256	0.117	0.1196	0.128	0.1303	0.445
450 000	….	19	0.77	7 336	780	0.0243	0.13	0.1323	0.1422	0.1443	0.451
400 000	….	19	0.726	6 521	730	0.0229	0.1462	0.1484	0.16	0.1619	0.458
350 000	….	19	0.679	5 706	670	0.0214	0.1671	0.169	0.1828	0.1845	0.466
350 000	….	12	0.71	5 706	670	0.0225	0.1671	0.169	0.1828	0.1845	0.46
300 000	….	19	0.629	4 891	610	0.01987	0.195	0.1966	0.213	0.215	0.476
300 000	….	12	0.657	4 891	610	0.0208	0.195	0.1966	0.213	0.215	0.47
250 000	….	19	0.574	4 076	540	0.01813	0.234	0.235	0.256	0.257	0.487
250 000	….	12	0.6	4 076	540	0.01902	0.234	0.235	0.256	0.257	0.481
211 000	4/0	19	0.528	3 450	480	0.01668	0.276	0.278	0.302	0.303	0.497
211 000	4/0	12	0.552	3 450	490	0.0175	0.276	0.278	0.302	0.303	0.491
211 000	4/0	7	0.522	3 450	480	0.01579	0.276	0.278	0.302	0.303	0.503
167 800	3/0	12	0.492	2 736	420	0.01559	0.349	0.35	0.381	0.382	0.505
167 800	3/0	7	0.464	2 736	420	0.01404	0.349	0.35	0.381	0.382	0.518
133 100	2/0	7	0.414	2 170	360	0.01252	0.44	0.44	0.481	0.481	0.532
105 500	1/0	7	0.368	1 720	310	0.01113	0.555	0.555	0.606	0.607	0.546
83 690	1	7	0.328	1 364	270	0.00992	0.699	0.699	0.765		0.56
83 690	1	3	0.36	1 351	270	0.01016	0.692	0.692	0.757		0.557
66 370	2	7	0.292	1 082	230	0.00833	0.881	0.882	0.964		0.574
66 370	2	3	0.32	1 071	240		0.873		0.955		0.571
66 370	2	1	0.258	1 061	220	0.00903	0.864		0.945		0.581
						0.00836					
52 630	3	7	0.26	858	200		1.112		1.216		0.588
52 630	3	3	0.285	850	200	0.00787	0.101		1.204		0.585
52 630	3	1	0.229	841	190	0.00805	1.09		1.192		0.595
41 740	4	3	0.254	674	180	0.00745	0.1388		1.518		0.599
						0.00717					
41 740	4	1	0.204	667	170		1.374		1.503		0.609
33 100	5	3	0.226	534	150	0.00663	1.75		1.914		0.613
33 100	5	1	0.1819	529	140	0.00638	1.733		1.895		0.623
26 250	6	3	0.201	424	130	0.0059	2.21		2.41		0.628
						0.00568					
26 250	6	1	0.162	420	120		2.18		2.39		0.637
20 820	7	1	0.1443	333	110	0.00526	2.75		3.01		0.651
16 510	8	1	0.1285	264	90	0.00468	3.47		3.8		0.665
						0.00417					

Same as d-c

Same as d-c

X_d en 60 cycles ; $X_d = 02794 \log_{10} d$; d = separación. Feet.

Tabla nº 01: Valores de GMR, y Xa.

60 CICLOS - SEPARACIÓN												
Feet	Inches											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	-0.3005	-0.2160	-0.1672	-0.1323	-0.1052	-0.0831	0.0644	-0.0482	-0.0339	-0.0211	-0.0095
1	0.0000	0.0098	0.0189	0.0273	0.0352	0.0426	0.0495	0.0561	0.0624	0.0683	0.0740	0.0794
2	0.0841	0.0891	0.0939	0.0985	0.1030	0.1072	0.1114	0.1154	0.1193	0.1230	0.1267	0.1302
3	0.1333	0.1367	0.1399	0.1431	0.1462	0.1492	0.1522	0.1550	0.1578	0.1606	0.1633	0.1659
4	0.1682	0.1707	0.1732	0.1756	0.1780	0.1803	0.1826	0.1849	0.1871	0.1892	0.1914	0.1934
5	0.1953	0.1973	0.1993	0.2013	0.2032	0.2051	0.2069	0.2088	0.2106	0.2124	0.2141	0.2159
6	0.2174	0.2191	0.2208	0.2224	0.2240	0.2256	0.2272	0.2288	0.2303	0.2318	0.2333	0.2348
7	0.2361	0.2376	0.2390	0.2404	0.2418	0.2432	0.2446	0.2459	0.2472	0.2486	0.2499	0.2512
8	0.2523	0.2536	0.2549	0.2561	0.2573	0.2585	0.2597	0.2609	0.2621	0.2633	0.2644	0.2656
9	0.2666	0.2677	0.2689	0.2700	0.2711	0.2722	0.2732	0.2743	0.2754	0.2764	0.2774	0.2785
10	0.2794	0.2804	0.2814	0.2824	0.2834	0.2844	0.2854	0.2863	0.2873	0.2882	0.2892	0.2901
11	0.2910	0.2919	0.2928	0.2937	0.2946	0.2955	0.2964	0.2973	0.2982	0.2990	0.2999	0.3008
12	0.3015	0.3024	0.3032	0.3040	0.3049	0.3057	0.3065	0.3073	0.3081	0.3089	0.3097	0.3105
13	0.3112	0.3120	0.3128	0.3136	0.3143	0.3151	0.3159	0.3166	0.3174	0.3181	0.3188	0.3196
14	0.3202	0.3210	0.3217	0.3224	0.3231	0.3238	0.3245	0.3252	0.3259	0.3266	0.3273	0.3280
15	0.3286	0.3293	0.3300	0.3306	0.3313	0.3320	0.3326	0.3333	0.3339	0.3346	0.3352	0.3359
16	0.3364	0.3371	0.3377	0.3383	0.3390	0.3396	0.3402	0.3408	0.3414	0.3420	0.3426	0.3432
17	0.3438	0.3444	0.3450	0.3456	0.3462	0.3467	0.3473	0.3479	0.3485	0.3491	0.3496	0.3502
18	0.3507	0.3513	0.3519	0.3524	0.3530	0.3535	0.3541	0.3546	0.3552	0.3557	0.3563	0.3568
19	0.3573	0.3578	0.3584	0.3589	0.3594	0.3599	0.3605	0.3610	0.3615	0.3620	0.3625	0.3630
20	0.3635	0.3640	0.3645	0.3650	0.3655	0.3660	0.3665	0.3670	0.3675	0.3680	0.3685	0.3690
21	0.3694	0.3699	0.3704	0.3709	0.3714	0.3718	0.3723	0.3728	0.3733	0.3737	0.3742	0.3747
22	0.3751	0.3755	0.3760	0.3765	0.3769	0.3774	0.3778	0.3783	0.3787	0.3792	0.3796	0.3801
23	0.3805	0.3809	0.3814	0.3818	0.3822	0.3827	0.3831	0.3835	0.3840	0.3844	0.3848	0.3852
24	0.3856	0.3861	0.3865	0.3869	0.3873	0.3877	0.3882	0.3886	0.3890	0.3894	0.3898	0.3902
25	0.3906	0.3910	0.3914	0.3918	0.3922	0.3926	0.3930	0.3934	0.3938	0.3942	0.3946	0.3950
26	0.3953	0.3957	0.3961	0.3965	0.3969	0.3973	0.3977	0.3981	0.3984	0.3988	0.3992	0.3996
27	0.3999	0.4003	0.4007	0.4011	0.4014	0.4018	0.4022	0.4025	0.4029	0.4033	0.4036	0.4040
28	0.4043	0.4047	0.4051	0.4054	0.4058	0.4061	0.4065	0.4069	0.4072	0.4076	0.4079	0.4083
29	0.4086	0.4089	0.4093	0.4096	0.4100	0.4103	0.4107	0.4110	0.4114	0.4117	0.4121	0.4124
30	0.4127	0.4130	0.4134	0.4137	0.4141	0.4144	0.4147	0.4151	0.4154	0.4157	0.4161	0.4164
31	0.4167	0.4170	0.4173	0.4177	0.4180	0.4183	0.4186	0.4190	0.4193	0.4196	0.4199	0.4203
32	0.4205	0.4209	0.4212	0.4215	0.4218	0.4221	0.4224	0.4227	0.4231	0.4234	0.4237	0.4240
33	0.4243	0.4246	0.4249	0.4252	0.4255	0.4258	0.4261	0.4264	0.4267	0.4270	0.4273	0.4276
34	0.4279	0.4282	0.4285	0.4288	0.4291	0.4294	0.4297	0.4300	0.4303	0.4306	0.4309	0.4311
35	0.4314	0.4317	0.4320	0.4323	0.4326	0.4329	0.4331	0.4334	0.4337	0.4340	0.4343	0.4346
36	0.4348	0.4351	0.4354	0.4357	0.4360	0.4362	0.4365	0.4368	0.4371	0.4374	0.4376	0.4379
37	0.4382	0.4384	0.4387	0.4390	0.4393	0.4395	0.4398	0.4401	0.4403	0.4406	0.4409	0.4411
38	0.4414	0.4417	0.4419	0.4422	0.4425	0.4427	0.4430	0.4433	0.4435	0.4438	0.4440	0.4443
39	0.4445	0.4448	0.4451	0.4453	0.4456	0.4458	0.4461	0.4464	0.4466	0.4469	0.4471	0.4474
40	0.4476	0.4479	0.4481	0.4484	0.4486	0.4489	0.4491	0.4494	0.4496	0.4499	0.4501	0.4504
41	0.4506	0.4509	0.4511	0.4514	0.4516	0.4518	0.4521	0.4523	0.4526	0.4528	0.4531	0.4533
42	0.4535	0.4538	0.4540	0.4543	0.4545	0.4547	0.4550	0.4552	0.4555	0.4557	0.4559	0.4562
43	0.4564	0.4566	0.4569	0.4571	0.4573	0.4576	0.4578	0.4580	0.4583	0.4585	0.4587	0.4590
44	0.4592	0.4594	0.4596	0.4599	0.4601	0.4603	0.4606	0.4608	0.4610	0.4612	0.4615	0.4617
45	0.4609	0.4621	0.4624	0.4626	0.4628	0.4630	0.4633	0.4635	0.4637	0.4639	0.4642	0.4644
46	0.4646	0.4648	0.4650	0.4652	0.4655	0.4657	0.4659	0.4661	0.4663	0.4666	0.4668	0.4670
47	0.4672	0.4674	0.4676	0.4678	0.4680	0.4683	0.4685	0.4687	0.4689	0.4691	0.4693	0.4695
48	0.4697	0.4700	0.4702	0.4704	0.4706	0.4708	0.4710	0.4712	0.4714	0.4716	0.4718	0.4721
49	0.4722	0.4724	0.4727	0.4729	0.4731	0.4733	0.4735	0.4737	0.4739	0.4741	0.4743	0.1745

Tabla nº 2: Valores de X_a y X_d que dependen de la frecuencia.

Este valor depende de la distancia entre los conductores

Para el cálculo de parámetros de secuencia positiva, y secuencia negativa solamente debemos remitirnos a la determinación de los valores de Xa, Xd para cualquier tipo de conductor eléctrico y como dije anteriormente se hallan en las tablas. Asumiéndose que para el caso de líneas, cables eléctricos los valores de impedancia de secuencia positiva y negativa son iguales, también en el caso de transformadores se puede considerar.

En el caso de máquinas rotativas las impedancias de secuencia negativa y secuencia positiva son diferentes.

Para el cálculo real es necesario que los valores de la impedancia de secuencia positiva y secuencia negativa sean expresados en valores porcentuales o valores por unidad, porque este tratamiento nos permite simplificar cualquier sistema eléctrico, ahorro de memoria en caso de emplear un computador para el cálculo.

Para expresar en valores por unidad es necesario que el valor de las impedancias sea calculado como sigue:

Z% = Z(ohmios) * KVA (base)/KV(base)^2 * 10 .....4.37

Donde Z(ohmios): es la impedancia expresada en ohmios

KVA(base): es la potencia base expresada en KVA

KV(base): es la tensión base expresada en KV

Se puede también para sistemas grandes expresar la potencia base en MVA

Nuestro caso en estudio particularmente son líneas primarias realmente cortas en tal caso prescindiremos del efecto capacitivo en las líneas.

Los transformadores de potencia por ser máquinas estáticas son considerados en la representación de una impedancia de secuencia positiva y negativa son iguales, normalmente los transformadores expresan el valor de su impedancia como la tensión de corto circuito expresado en porcentaje referido a su propia base, para el caso de no saber el valor de esta impedancia en los transformadores se da en la TABLA 3 valores referenciales, puesto que este puede variar de acuerdo a diferentes factores.

Los generadores para la representación de su impedancia de secuencia positiva es representado por su reactancia transitoria X'd, y para la representación de su reactancia de secuencia negativa se toma en cuenta la reactancia subtransitoria X"d.

4.4.2 CALCULO DE PARÁMETROS DE SECUENCIA CERO

La determinación de la reactancia de secuencia cero de las líneas y cables eléctricos para un sistema trifásico donde las corrientes están en fase e igual en magnitud, ellos fluyen fuera a través de los conductores de fase y retornan por el neutro del conductor es decir a través de tierra.

De esta manera se tiene consideración para el cálculo de la reactancia de secuencia cero la resistividad del terreno y la distribución de la corriente a tierra.

Este problema ha sido analizado por **Carson**, que es el método más utilizado para el cálculo de parámetros de secuencia cero para el caso de cables y líneas eléctricas puesto que considera la corriente de retorno a través de la tierra el cual se asume de tener una resistividad uniforme y extensión infinita.

La solución del problema se realiza en dos partes:

1.- La determinación de la impedancia propia Zg del conductor “a” con retorno por tierra.

2.- La determinación de la impedancia mutua Zgm entre los conductores “a y b” con retorno común por tierra.

Como un resultado de las fórmulas de Carson y usando el promedio de peso de conductores la siguiente ecuación fundamental simplificada puede ser escrita:

$Z_g = r_c + 0.00159*f + j\ 0.004657*f * \log_{10} (2160*SQR(\rho/f)/GMR)$; ohm/ milla.....4.38

$Z_{gm} = 0.00159*f + j\ 0.004657*f * \log_{10} (2160*SQR(\rho/f)/Dab)$; ohmios/ milla.....4.39

Donde:

R_c = Resistencia del conductor por milla

f = Frecuencia en cps

ρ = Resistividad de tierra en ohmios por metro cúbico

GMR = Radio medio geométrico en pies

Dab = Distancia media geométrica entre conductores en pies

Un concepto útil para el análisis del circuito de retorno por tierra es que la concentración de corriente retornante por tierra sea considerado como un conductor ficticio con alguna considerable profundidad abajo del conductor. Esta equivalente profundidad del conductor ficticio de retorno por tierra es representada por “De”.

Donde:

De = 2160 SQR(ρ/f); pies 4.40

Mostrando claramente que esta profundidad del conductor ficticio representado por "De" es una función de la resistividad del terreno y la frecuencia.

Para la representación de un circuito trifásico por un equivalente circuito monofásico correspondiente a la impedancia de secuencia cero es como sigue:

Impedancia propia

$Z_0 = 3r_c + 0.00477*f + j\ 0.01397*f * \log_{10}(De/GMR)$ 4.41

Impedancia mutua

$Z_{0m} = 0.00477*f + j\ 0.01397*f * \log_{10}(De/Dab)$; ohmios /fase/ milla.....4.42

Donde:

f = Frecuencia en cps

r_c = Resistencia equivalente monofásico a los tres conductores en paralelo

GMR = Radio medio geométrico

Dab = Distancia media geométrica

Por lo expuesto anteriormente para el caso casi general de un circuito trifásico, la impedancia propia de tres conductores paralelos con retorno por tierra será:

$Z_0 = r_c + 0.00477*f + j\ 0.01397*f * \log_{10}(De/(GMR*GMD^2)^{1/3}$.....4.43

Donde:

GMR = Radio media geométrica

GMD = Distancia media geométrica de un grupo de conductores

$GMD = (Dab * Dbc * Dac)^{1/3}$.....4.44

La impedancia mutua de dos grupos de conductores por tierra será:

$Z_{0m} = 0.00477*f + j\ 0.01397*f * \log_{10}(De/GMD)$; ohmios /fase/ milla.....4.45

4.5 SOFTWARE CYME INTERNACIONAL.

El Programa computacional empleado para el Estudio de cortocircuito es CYME INTERNACIONAL, este programa da la opción para el cálculo de los diferentes tipos de falla los cuales son:

- Falla simple línea a tierra.
- Falla doble línea a tierra.
- Falla línea a línea.
- Falla trifásica.

Además sus subprogramas permiten lo siguiente:

- CYMEDIT, para ingreso de los datos.
- CYMLINE, para diseño de circuitos.
- CYMFAULT, para estudio de cortocircuito.

Los datos de impedancia de ingreso al programa se hallan en los planos SP-002/97, SP -032/97, los mismos que para integrarlos al SOFTWARE CYME, tendrán que estar en valores por unidad (P.U.)

Los valores Potencia base(P base), y Voltaje base (V base), se hallan en el plano SP-002/97.

El software empleado nos permite ver el reporte de las corrientes y potencias de cortocircuito máximos en cada barra del circuito eléctrico.

4.5.1 CALCULO DE CORRIENTES Y POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO.

El método de las componentes simétricas se emplea para el estudio de cortocircuito anteriormente son similares a las que el software CYME utiliza para el cálculo, las consideraciones para este son las siguientes:

- Los parámetros de secuencia cero se han calculado considerando una resistividad del terreno de 4 000 ohm/m3
- La longitud de los cables Maveco se considera 600 m., desde los Swicht House, hasta las cargas.
- Las valores Base de Potencia (P base) y Voltaje (Vb) utilizados están en la tabla SP-002/97.
- La base de datos empleados en valores por unidad, tanto de secuencia positiva, secuencia negativa y cero, están en los planos SP-002/97, SP -032/97.
- El cálculo de los parámetros de secuencia cero en las líneas, se ha efectuado en base a la fórmula de Carson.

Los valores de Corriente y Potencia de cortocircuito obtenidos en cada barra mediante el Software de CYME, para los diferentes tipos de fallas se tiene la siguiente tabla 4.

RESUMEN DEL REPORTE DE LA RED DE LAS FALLAS ESTUDIADAS										
			Falla Trifas.		Falla L –T		Falla L-L		Falla LL –T	
N°	BUS	kV.	kA.	MVA	kA.	MVA	kA.	MVA	kA.	MVA
1	Bus 1	10.45	2.9	52	0.0	0	2.5	45	2.5	45
2	Bus2	10.40	2.0	36	0.0	0	1.7	31	1.7	31
3	Bus 3	10.43	2.7	48	0.0	0	2.3	41	2.3	41
4	Bus4	10.41	2.3	40	0.0	0	2.0	35	2.0	35
5	Bus 5	10.41	1.9	33	0.0	0	1.6	28	1.6	28
6	Bus 6	13.52	10.2	237	0.0	0	8.8	205	0.0	0
7	Bus 7	137.97	1.7	411	1.9	451	1.5	356	2.2	524
8	Bus 8	138.00	1.7	417	2.0	489	1.5	361	2.3	556
22	Bus 22	10.41	2.1	38	0.0	0	1.9	33	1.9	33
60	Bus 60	10.57	4.7	85	0.0	0	4.0	74	4.0	74
61	Bus 61	10.49	3.2	58	0.0	0	2.8	50	2.8	50
62	Bus 62	10.48	3.2	58	0.0	0	2.8	50	2.8	50
70	Bus 70	68.39	1.2	147	0.1	14	1.1	128	1.1	131
71	Bus 71	68.33	1.2	140	0.1	14	1.0	121	1.1	124
100	Bus 100	4.09	3.1	21	0.1	0	2.7	18	2.7	18
101	Bus 101	3.93	1.7	11	0.1	0	1.5	9	1.5	9
102	Bus 102	3.84	1.4	9	0.1	0	1.2	8	1.2	8
200	Bus200	4.09	2.6	18	0.1	0	2.2	15	2.3	15
201	Bus 201	4.06	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
202	Bus 202	4.01	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
300	Bus 300	4.08	3.0	20	0.1	0	2.6	18	2.6	18
301	Bus 301	4.00	1.9	13	0.1	0	1.7	11	1.7	11
302	Bus 302	4.06	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
303	Bus 303	3.93	1.6	10	0.1	0	1.4	9	1.4	9
304	Bus 304	4.04	1.6	11	0.1	0	1.4	9	1.4	10
400	Bus 400	4.09	2.7	19	0.1	0	2.4	16	2.4	16
401	Bus 401	4.07	2.4	16	0.1	0	2.1	14	2.1	14
402	Bus 402	4.09	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
403	Bus 403	4.09	2.5	17	0.1	0	2.2	15	2.2	15
404	Bus 404	4.02	2.0	14	0.1	0	1.8	12	1.8	12
405	Bus 405	4.08	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
406	Bus 406	4.09	2.0	13	0.1	0	1.7	12	1.7	12
500	Bus 500	4.14	2.5	17	0.1	0	2.1	15	2.1	15
501	Bus 501	4.14	2.0	14	0.1	0	1.7	12	1.7	12
502	Bus 502	4.14	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
503	Bus 503	4.14	1.7	12	0.1	0	1.5	10	1.5	10
504	Bus 504	4.14	1.9	13	0.1	0	1.7	11	1.7	11
700	Bus 700	3.93	6.6	44	0.0	0	5.7	38	5.7	38
701	Bus 701	3.90	4.1	27	0.0	0	3.6	24	3.6	24
702	Bus 702	3.80	3.2	21	0.0	0	2.8	18	2.8	18
703	Bus 703	3.85	3.1	20	0.0	0	2.7	17	2.7	17
704	Bus 704	3.70	2.5	16	0.0	0	2.2	13	2.2	14

Tabla 4.

Estos valores de corriente y potencia de cortocircuito nos permiten determinar las corrientes y potencias máximos en cada barra, para luego en base a estos valores podemos dimensionar las características de los transformadores de corrientes, interruptores de potencia y los relés de sobrecorriente.

CAPITULO V

MEJORAMIENTO DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN

5.1.- ALCANCES.

Para la coordinación de la protección del circuito eléctrico de la mina Toque pala, es necesario tomar en cuenta los resultados del estudio de cortocircuito, donde se analizara:

- Corrientes de corto circuito en todas las barras.
- Potencia de cortocircuito en todas las barras del circuito actual.
- La situación actual de operatividad de los relés.
- Nuevos ajustes de los relés de la red de la mina Toque pala.

5.2.- BASES DE CÁLCULO

La base de datos de los parámetros de la red de la mina Toque pala se ha calculado, en base a los datos tomados durante la visita efectuada a la mina Toque pala.

Los parámetros de secuencia positiva, secuencia negativa y secuencia cero se han calculado cuidadosamente de acuerdo a las características de los materiales, disposiciones y otros factores.

La metodología empleada es el de las Componentes Simétricas.

Se empleara el programa de software CYMFAULT del paquete CYME para el cálculo de las corrientes de cortocircuito. La base de datos de secuencia positiva, negativa y cero se encuentran en los planos SP-001/97, SP-002/97 y SP-032/97.

Los parámetros de secuencia cero se ha calculado para una resistividad del terreno de 4000 ohm/m^3.

La longitud de los cables de 4160 voltios se ha considerado un máximo de 600 mts; las longitudes de las líneas aéreas de 11 y 4160 voltios de acuerdo a la red existente.

Para el cálculo de los parámetros de secuencia cero se ha efectuado en base a la fórmula de Carson.

Para el análisis de las corrientes de cortocircuito y de los ajustes de los relés, se ha considerado los diferentes tipos de falla tales como:

- Falla trifásica
- Falla de una fase a tierra
- Falla entre dos fases(línea a línea)
- Falla entre dos fases a tierra.

5.3.- SITUACION ACTUAL DE LOS RELÉS DE SOBRECORRIENTE Y FUSIBLES (según estudio de Protección realizado en 1993).

5.3.1.- PROTECCIÓN DE SUBESTACION PRINCIPAL

MILLSITE.

UNIT 13 CKT N° 18, 13.8 kV.

12IAC51B1A CT: 400/5 Tap: 8 T.D.: 5 Inst: 65 Amp.

Transformador 13.8/11 kV, 8 MVA,

Lado de 11 kV.

Fusible Tipo E 250 Amp.

S.E PUSH BACK:

Transformador 138/69 kV, 14 MVA

Lado 138 kV

SPAJ131 CT: 100/5 Tap:..... TD:0.5 Inst.:4.1 Amp.

Lado 69 kV

SPAJ131C CT: 200/5 Tap:..... TD: ... Inst.: 8 Amp.

ABB51E CT: 400/5 Tap:.0.5 TD: 1 Inst.: 8 Amp.

5.3.2.- PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES MOVILES.

MINA TOQUEPALA.

S.E. Móvil 11/4,16 kV, 2 MVA

Lado 11 kV.

Fusibles (SM5) Tipo E 250 Amp.

Lado 4.16 kV.

AC51	CT: 600/5	Tap: 5	T.D.: 2/1	Inst: 20 Amp.
IAC51	CT: 15/5	Tap: 4	T.D.: 1/2	Inst: 20 Amp.

S.E PUSH BACK:

S.E. Móvil 69/4,16 kV, 3.75 MVA

Lado 69 kV.

Fusibles Tipo E(SMD) 50 Amp.

Lado 4.16 kV.

CO-9	CT: 600/5	Tap: 6	T.D.: 3	Inst: 10 Amp.
CO-11	CT: 100/5	Tap: 0.5	T.D.: 0.5	Inst: Amp.

5.3.3.- PROTECCIÓN DE SWICHHOUSE.

MINA TOQUEPALA

Lado 4.16 kV.

IAC51	CT: 400/5	Tap: 4	TD: 2	Inst: 10 Amp.
ITH	CT: 20/5	Inst: 0.5 Amp.		

S.E PUSH BACK:

Lado 4.16 kV.

Lado Pala PH 4100

ABB51Y	CT: 600/5	Tap: 5	TD: 2	Inst:6xtap
ABB51Y	CT: 25/5	Tap:1.5	TD: 2	Inst:2xtap

Lado Drill 120 A.

ABB51Y	CT: 600/5	Tap: 2	TD: 2	Inst: 6xtap
ABB51Y	CT: 25/5	Tap:1.5	TD: 2	Inst: 2xtap

5.4.- VALORES NUEVOS DE CORRIENTE Y POTENCIA DE CORTOCIRCUITO(según último estudio de cortocircuito).

Corrientes de Cortocircuito en las barras del circuito actual, para los casos de fallas estudiados se muestran en la siguiente tabla 5.

RESUMEN DEL REPORTE DE LA RED DE LAS FALLAS										
			Falla Trif.		Falla L –T		Falla L-L		Falla LL -T	
N°	BUS	kV.	kA.	MVA	kA.	MVA	kA.	MVA	kA.	MVA
1	Bus 1	10.45	2.9	52	0.0	0	2.5	45	2.5	45
2	Bus2	10.40	2.0	36	0.0	0	1.7	31	1.7	31
3	Bus 3	10.43	2.7	48	0.0	0	2.3	41	2.3	41
4	Bus4	10.41	2.3	40	0.0	0	2.0	35	2.0	35
5	Bus 5	10.41	1.9	33	0.0	0	1.6	28	1.6	28
6	Bus 6	13.52	10.2	237	0.0	0	8.8	205	0.0	0
7	Bus 7	137.97	1.7	411	1.9	451	1.5	356	2.2	524
8	Bus 8	138.00	1.7	417	2.0	489	1.5	361	2.3	556
22	Bus 22	10.41	2.1	38	0.0	0	1.9	33	1.9	33
60	Bus 60	10.57	4.7	85	0.0	0	4.0	74	4.0	74
61	Bus 61	10.49	3.2	58	0.0	0	2.8	50	2.8	50
62	Bus 62	10.48	3.2	58	0.0	0	2.8	50	2.8	50
70	Bus 70	68.39	1.2	147	0.1	14	1.1	128	1.1	131
71	Bus 71	68.33	1.2	140	0.1	14	1.0	121	1.1	124
100	Bus 100	4.09	3.1	21	0.1	0	2.7	18	2.7	18
101	Bus 101	3.93	1.7	11	0.1	0	1.5	9	1.5	9
102	Bus 102	3.84	1.4	9	0.1	0	1.2	8	1.2	8
200	Bus200	4.09	2.6	18	0.1	0	2.2	15	2.3	15
201	Bus 201	4.06	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
202	Bus 202	4.01	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
300	Bus 300	4.08	3.0	20	0.1	0	2.6	18	2.6	18
301	Bus 301	4.00	1.9	13	0.1	0	1.7	11	1.7	11
302	Bus 302	4.06	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
303	Bus 303	3.93	1.6	10	0.1	0	1.4	9	1.4	9
304	Bus 304	4.04	1.6	11	0.1	0	1.4	9	1.4	10
400	Bus 400	4.09	2.7	19	0.1	0	2.4	16	2.4	16
401	Bus 401	4.07	2.4	16	0.1	0	2.1	14	2.1	14
402	Bus 402	4.09	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
403	Bus 403	4.09	2.5	17	0.1	0	2.2	15	2.2	15
404	Bus 404	4.02	2.0	14	0.1	0	1.8	12	1.8	12
405	Bus 405	4.08	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
406	Bus 406	4.09	2.0	13	0.1	0	1.7	12	1.7	12
500	Bus 500	4.14	2.5	17	0.1	0	2.1	15	2.1	15
501	Bus 501	4.14	2.0	14	0.1	0	1.7	12	1.7	12
502	Bus 502	4.14	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
503	Bus 503	4.14	1.7	12	0.1	0	1.5	10	1.5	10
504	Bus 504	4.14	1.9	13	0.1	0	1.7	11	1.7	11

700	Bus 700	3.93	6.6	44	0.0	0	5.7	38	5.7	38
701	Bus 701	3.90	4.1	27	0.0	0	3.6	24	3.6	24
702	Bus 702	3.80	3.2	21	0.0	0	2.8	18	2.8	18
703	Bus 703	3.85	3.1	20	0.0	0	2.7	17	2.7	17
704	Bus 704	3.70	2.5	16	0.0	0	2.2	13	2.2	14

Tabla 5.

Los resultados de la corriente de cortocircuito calculado en el programa CYMFAULT muestran en los planos SP-033/97, SP-034/97.

La siguiente tabla 6, muestra la máxima corriente de cortocircuito en cada barra.

BUS	**Corriente Máxima**
N°	**kA**
Mill Site 138 kV	1.7
Mill Site 13.8 kV	10.2
Mill Site 11 kV	4.7
Push Back 138 kV	1.7
Push Back 69 kV	1.2
S.E. Móvil N° 6 69 kV	1.2
S.E. Móvil N° 6 4.16 kV	6.6
S.E. Móvil N° 5 11 kV	1.9
S.E. Móvil N° 5 4.16 kV	2.5
S.E. Móvil N° 4 11 kV	2.3
S.E. Móvil N° 4 4.16 kV	2.7
S.E. Móvil N° 3 11 kV	2.7
S.E. Móvil N° 3 4.16 kV	3.0
S.E. Móvil N° 2 11 kV	2.1
S.E. Móvil N° 2 4.16 kV	2.6

S.E. Móvil N° 1 11 kV	2.9
S.E. Móvil N° 1 4.16 kV	3.1

Tabla 6.

Los transformadores de corriente que están conectados en cada una de las fases, de acuerdo a las normas ANSI/IEEE C57.13-1978 pueden soportar 20 veces la corriente nominal de diseño en condiciones de falla en la red. Estos transformadores de corriente se encuentran suficientemente dimensionados para soportar la máxima corriente de cortocircuito, **con excepción en la subestación Mill Site en el lado 13.8 kV., que tiene un CT; 400/5 y una corriente de falla de 10.2 kA la cual debe cambiarse por un CT: 600/5.**

En forma similar con los transformadores de corriente del tipo toroidal que están conectados a las tres fases para detectar fallas de cortocircuito a tierra, los cuales transformadores de corriente se encuentran suficientemente dimensionados para soportar la máxima corriente de cortocircuito de fase a tierra.

Los resultados de la potencia de cortocircuito están contenidos en el plano SP-035/97.

La siguiente tabla 7, muestra la máxima potencia de cortocircuito en cada una de las barras:

BUS		Potencia Máxima
N°		**MVA**
Mill Site	138 kV	556
Mill Site	13.8 kV	237
Mill Site	11 kV	85
Push Back	138 kV	524
Push Back	69 kV	147
S.E. Móvil N° 6	69 kV	140
S.E. Móvil N° 6	4.16 kV	44
S.E. Móvil N° 5	11 kV	33
S.E. Móvil N° 5	4.16 kV	17
S.E. Móvil N° 4	11 kV	40
S.E. Móvil N° 4	4.16 kV	19
S.E. Móvil N° 3	11 kV	48
S.E. Móvil N° 3	4.16 kV	20
S.E. Móvil N° 2	11 kV	38
S.E. Móvil N° 2	4.16 kV	18
S.E. Móvil N° 1	11 kV	52
S.E. Móvil N° 1	4.16 kV	21

Tabla 7

En una inspección programada de los equipos, se requiere revisar la potencia de cortocircuito de placa de cada una de los interruptores y deben ser mayores a esta tabla, según potencia normalizada en IEC 62271-100-2001.

5.5.- LA SITUACIÓN DE OPERATIVIDAD DE LOS RELÉS.

De acuerdo a los resultados, se observa que la operación de los equipos de protección solamente garantiza la protección principal, no existiendo ninguna garantía de protección de respaldo.

Este caso se observa, principalmente en la coordinación de la protección de los switch house con las subestaciones de 2 MVA.

Otro caso similar ocurre en el lado de 4.16 kV, de las subestaciones de 2 MVA, y con el lado de 11 kV en la subestación de 8 MVA.

De acuerdo a la Filosofía de Protección, los fusibles del transformador de 8 MVA deben de operar como protección de respaldo de los relés del CKT 18, sin embargo han sido coordinados para que proteja como protección principal.

Se observa además que los tiempos de operación de los equipos de protección para fallas con alta resistencia de falla son demasiados lentos, y al ser detectados estas fallas los tiempos de operación podrían estar alcanzando el orden de los 2 a 10 segundos. Bajo estas condiciones se estarían presentando el sobrecalentamiento y quemaduras de las bobinas y capacitores de los servomecanismos de disparo de las subestaciones de 2MVA y de los Switch House.

Dada la situación en que se hallan los ajustes de los relés, se requiere que los periodos de mantenimiento de los relés y los servomecanismos de control y de maniobra sean muy permanentes ya que no se cuenta con la debida protección de respaldo debido a la precaria coordinación entre los relés.

Concluyendo de todo esto efectuar nuevos ajustes de los relés de protección.

5.6.- RECOMENDACIÓN PARA NUEVOS AJUSTES DE LOS RELÉS DE SOBRECORRIENTE Y FUSIBLES.

Para mejorar las condiciones descritas anteriormente, a continuación se presenta los nuevos ajustes que deben tener los relés de protección.

5.6.1.- PROTECCIÓN DE SUBESTACION PRINCIPAL.

S.E MILLSITE:

UNIT 13 CKT N° 18, 13.8 kV.

12IAC51B1A CT: 600/5 Tap: 4 T.D.: 1 Inst: 15 Amp.

Transformador 13.8/11 kV, 8 MVA, lado de 11 kV.

Fusible Tipo E 250 Amp.

S.E PUSH BACK:

Transformador 138/69 kV, 14 MVA

Lado 138 kV

SPAJ131 CT: 100/5 Tap:..... TD: 0.5 Inst.:4.1 Amp.

Lado 69 kV

SPAJ131C CT: 200/5 Tap:..... TD: ... Inst.: 8 Amp.

ABB51E CT: 400/5 Tap:.0.5 TD: 1 Inst.: 8 Amp.

5.6.2.- PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES MOVILES

MINA TOQUEPALA

S.E. Móvil 11/4,16 kV, 2 MVA

Lado 11 kV.

Fusibles (SM5) Tipo E 100 Amp.

Lado 4.16 kV.

IAC51	CT: 600/5	Tap: 5	T.D.: 1	Inst: 16 Amp.
IAC51	CT: 15/5	Tap: 3	T.D.: 2	Inst: 20 Amp.

Switch House Móvil en 4.16 kV.

IAC51	CT: 400/5	Tap: 5	TD: 0.5	Inst: 10 Amp.
ITH	CT: 20/5	Inst: 0.5 Amp.		

S.E. PUSH BACK

S.E. Móvil 69/4,16 kV, 3.75 MVA

Lado 69 kV.

Fusibles Tipo E(SMD) 50 Amp.

Lado 4.16 kV.

CO-9	CT: 600/5	Tap: 6	T.D.: 3	Inst: 30 Amp.
CO-11	CT: 100/5	Tap: 0.5	T.D.: 1	Inst: .25Amp.

5.6.3.- PROTECCION DE SWITCH HOUSE.

MINA TOQUEPALA.

Switch House Móvil en 4.16 kV.

IAC51	CT: 400/5	Tap: 5	TD: 0.5	Inst: 10 Amp.
ITH	CT: 20/5	Inst: 0.5 Amp.		

S.E. PUSH BACK

Switch House Móvil en 4.16 kV.

Lado Pala PH 4100

ABB51Y	CT: 600/5	Tap: 6	TD: 1	Inst: 2.2 x tap.
ABB51Y	CT: 25/5	Tap:1.5	TD: 1	Inst: 1.6 x tap .

Lado Drill 120 A.

ABB51Y	CT: 600/5	Tap: 6	TD: 1	Inst: 2.2 x tap.
ABB51Y	CT: 25/5	Tap: 1.5	TD: 1	Inst: 1.6 x tap.

Con estos nuevos ajustes de los relés se presenta una mejor coordinación de los relés de protección, los cuales se ha reducido el tiempo de operación y un mejor respaldo en la protección de reserva, sin embargo se puede apreciar que la protección está limitada al buen funcionamiento de los servomecanismos que permitan la apertura de los interruptores correspondientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

1.- De este informe se concluye que era imprescindible efectuar un diagnóstico y un estudio de cortocircuito, cuyos resultados nos han demostrado que los relés de sobrecorriente y fusibles, debían reajustarse para una mejor protección del circuito eléctrico de la mina Toquepala y por tanto mejorar la confiabilidad de operación. Cuyos valores calculados están mostrados en el capítulo V.

2.- Comparativamente al estudio de protección hecho el año 1993, los **nuevos** ajustes de los relés de sobrecorriente y fusibles como resultado de los cálculos efectuados, garantizaran una mejor protección en el circuito eléctrico Mina Toquepala, según figura en el ANEXO "Curva de Coordinación de los Relés de Protección"

3.- Los valores de corriente máximo de cortocircuito calculados, determinan que los transformadores de corriente están suficientemente dimensionados a excepción del transformador de corriente en el lado de 13.8 kV. de la subestación principal 8 MVA MILLSITE.

4- Los valores de la potencia máximo de cortocircuito calculados, determinan que los interruptores de potencia están suficientemente dimensionados.

RECOMENDACIONES.

1.- Se recomienda cambiar el CT : 400/5 de la subestación principal 8MVA, lado 13.8 kV., a un CT : 600/5.

2.- Se recomienda efectuar una nueva coordinación, en el sentido que el fusible actué como protección de respaldo de los relés de sobrecorriente. De acuerdo a la filosofía de Protección

3.- Dado los nuevos valores de los corrientes y potencias de cortocircuito, se recomienda la implementación de los nuevos ajustes en los relés y fusibles en forma inmediata.

4.- Se recomienda el entrenamiento del personal para la evaluación de servomecanismos y equipos protección para garantizar un buen funcionamiento de los mismos.

5.- Se recomienda que debe realizarse estudios de cortocircuito cuando existan modificaciones en el circuito eléctrico de la Mina Toquepala, cuyos resultados sirvan para el reajuste de los relés y fusibles, además permitirnos ver la capacidad de los interruptores de potencia.

BIBLIOGRAFÍA.

- PROTECCION DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA.

  Ramon M. Mujal Rosas –Universidad Politecnica de Catalunya - 2002

- EL ARTE Y CIENCIA DE LOS RELES DE PROTECCION.

  C. Russell Mason – General Electric Company –Sexta edicion Abril 1967

- TRANSMISION Y DISTRIBUCION -

  Cuarta edicion- Westinghouse Electric Company 1969.

- IEEE – RECOMENDACIONES PRACTICAS PARA ATERRAMIENTO COMERCIAL E INDUSTRIAL EN SISTEMAS DE POTENCIA

  Marco W. Migliaro, Donald C. Loughry -Quinta Edicion – Std 142 – 1982

- ANÁLISIS DE FALLAS EN SISTEMAS DE POTENCIA – Paul M. Anderson , Primera Edicion 1973.

- IEEE – RECOMENDACONES PRACTICAS PARA PROTECCION Y COORDINACION EN SISTEMAS DE POTENCIA.

  IEEE Std 242 – 1986.

- RELES DE PROTECCION EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

M. Titarenko and I. Noscov Dukelsky

- ANÁLISIS MODERNO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

  Giberto Enriquez Harper -Segunda Edición – 1992.

- ANÁLISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA EN ESTADO ESTACIONARIO.

  Pablo Hernan Corredor – Primera Edición 1992.

- ESTABILIDAD EN SISTEMAS POTENCIA – VOLUMEN I .

  Edward Wilson Kimbark, ScD. –Setima Edicion 1966.

- INTRODUCCIÓN A MAQUINAS ELECTRICAS Y TRANSFORMADORES.

  George McPherson – Universidad Missouri – Primera Edición 1987.

- ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS.

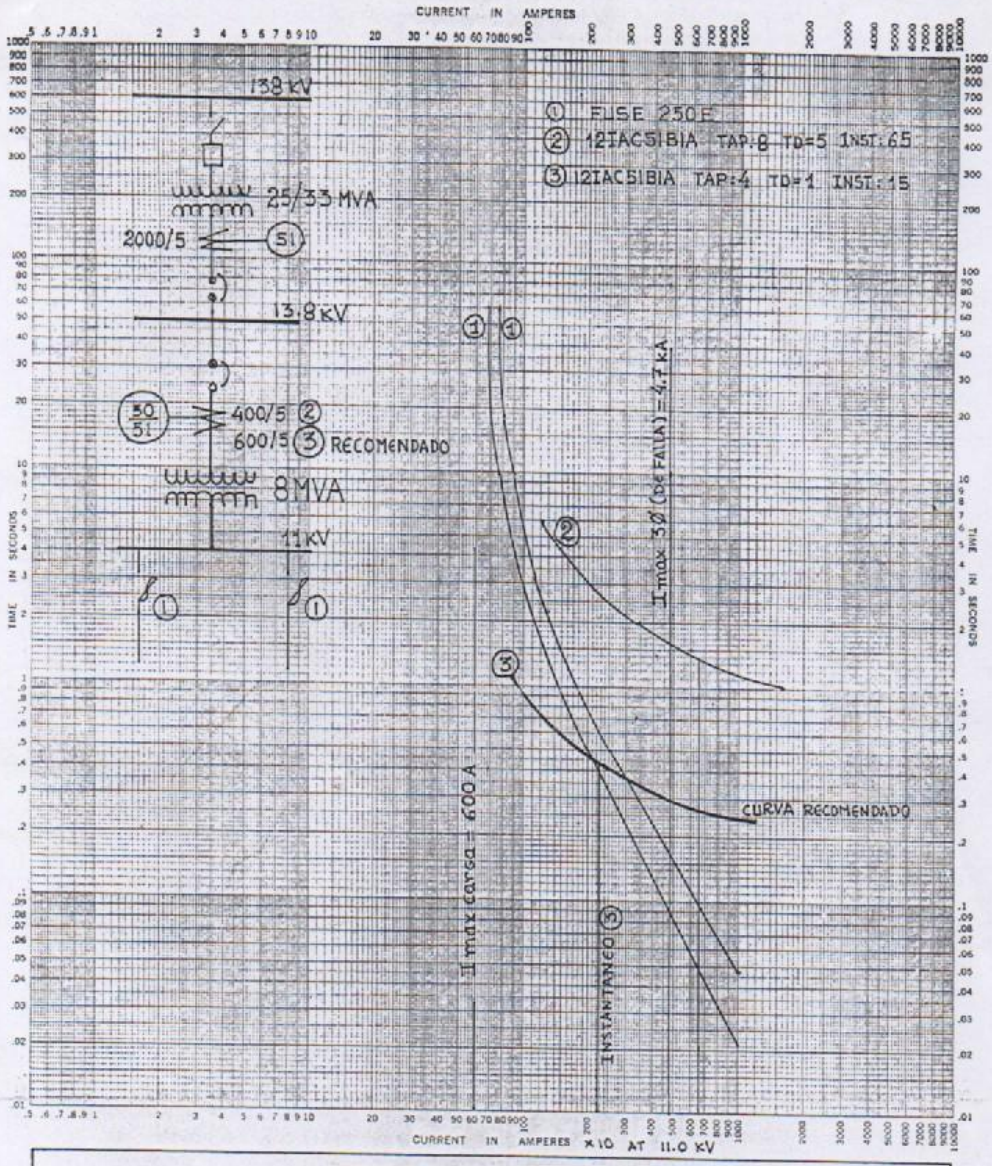
  Gilberto Enriquez Harper – Preedicion 1980

- SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA.

  William D. Stevenson – 1975.

ANEXOS

Curva de Coordinación de los Relés de Protección



SOUTHERN PERU COPPER CORP

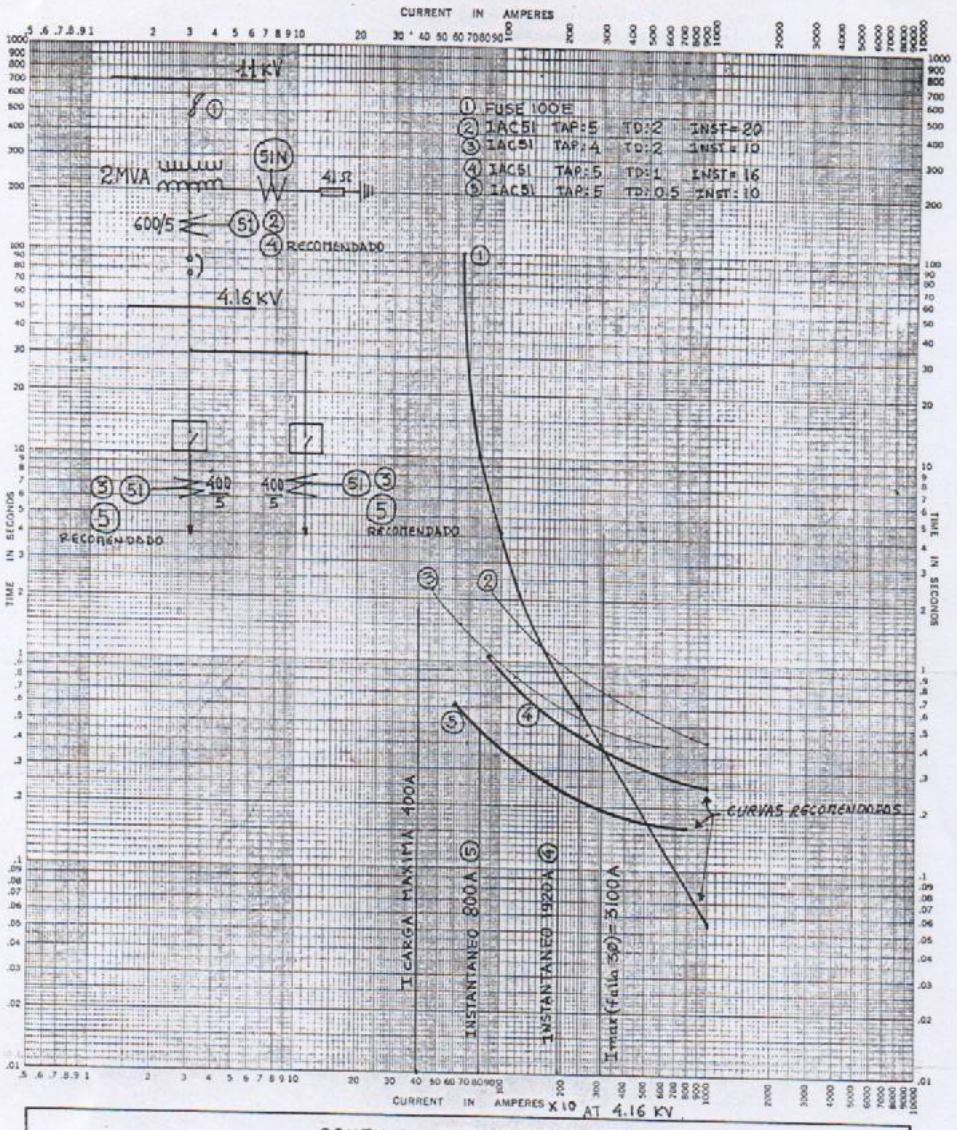
TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES
FOR TOQUEPALA 13.8 KV - MINE LOOP

REF DWG'S

DESIGNED BY: L. TOLEDO OK. DATE:
DRAWN BY: E. OVIEDO DATE: 08/09/97

ISSUE DATE | REV.

DRAWING NO.
5300-0. -



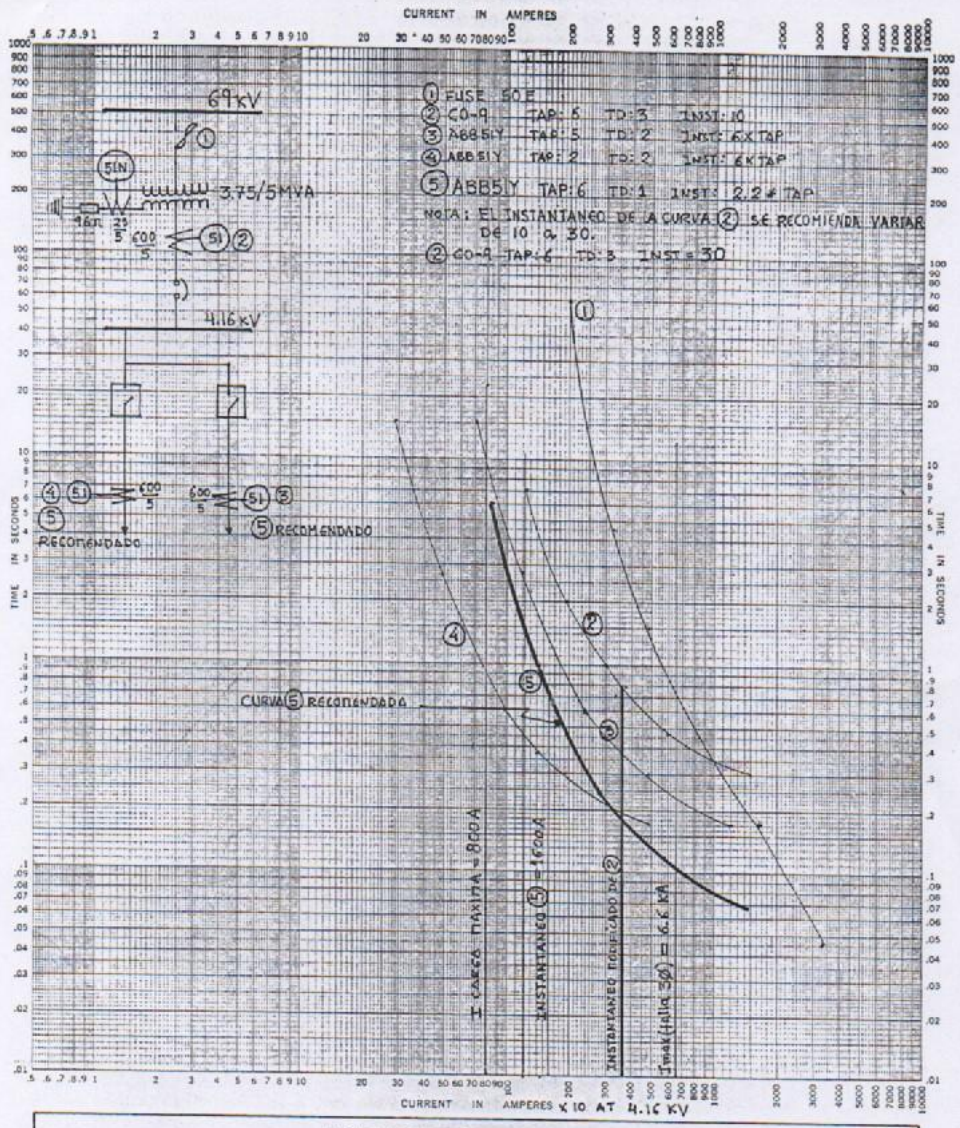
SOUTHERN PERU COPPER CORP

TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES
FOR TOQUEPALA-MINE LOOP

REF DWG'S

DESIGNED BY: L. Toledo Ok. DATE:
DRAWN BY: E. Quiedo DATE: 08/09/97

ISSUE DATE | REV.
DRAWING NO.



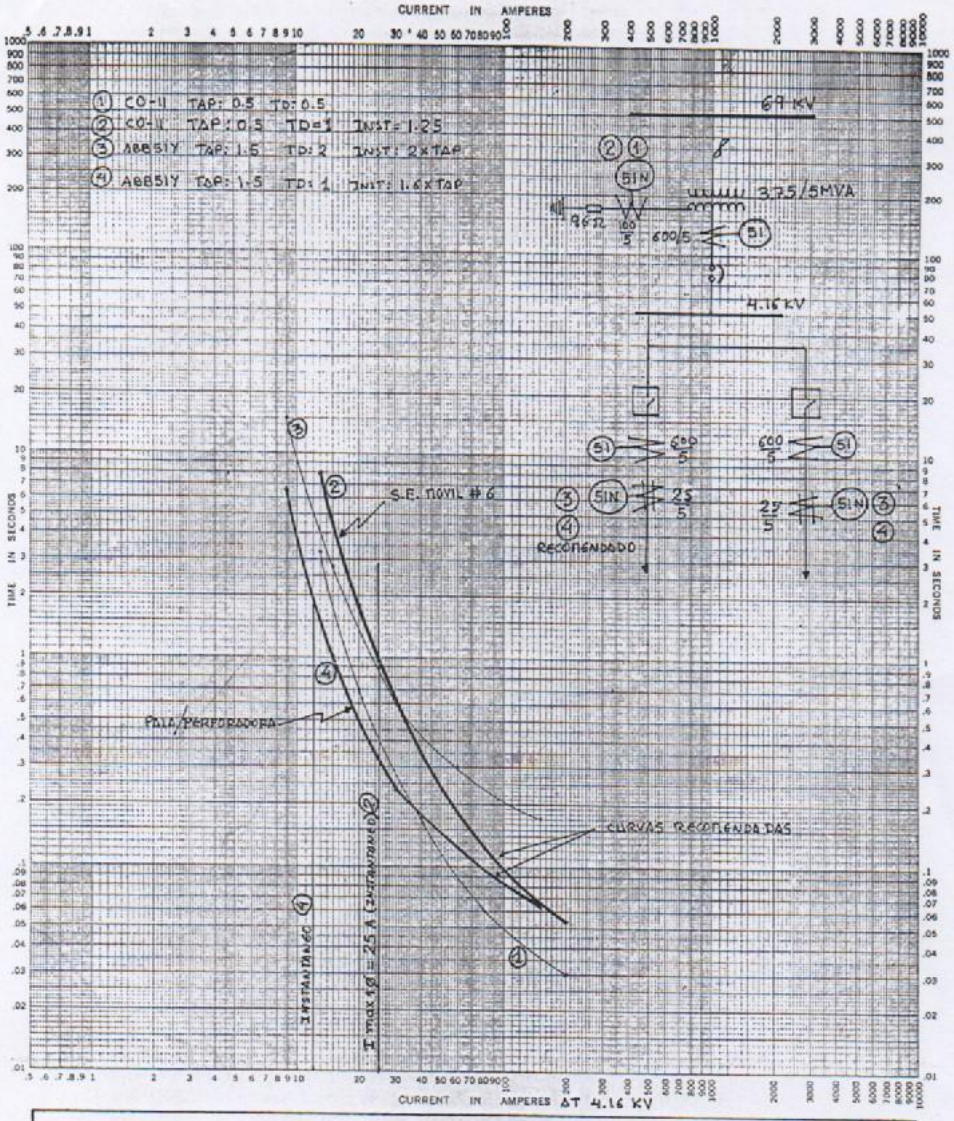
SOUTHERN PERU COPPER CORP

TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES
FOR S.E. MOVIL 3.75/5MVA 69/4.16 KV
PUSH BACK MINE LOOP

REF DWG'S

DESIGNED BY: L. Toledo Ok. DATE:
DRAWN BY: E. Oviedo DATE: 08/09/97

ISSUE DATE
REV.
DRAWING NO.
3



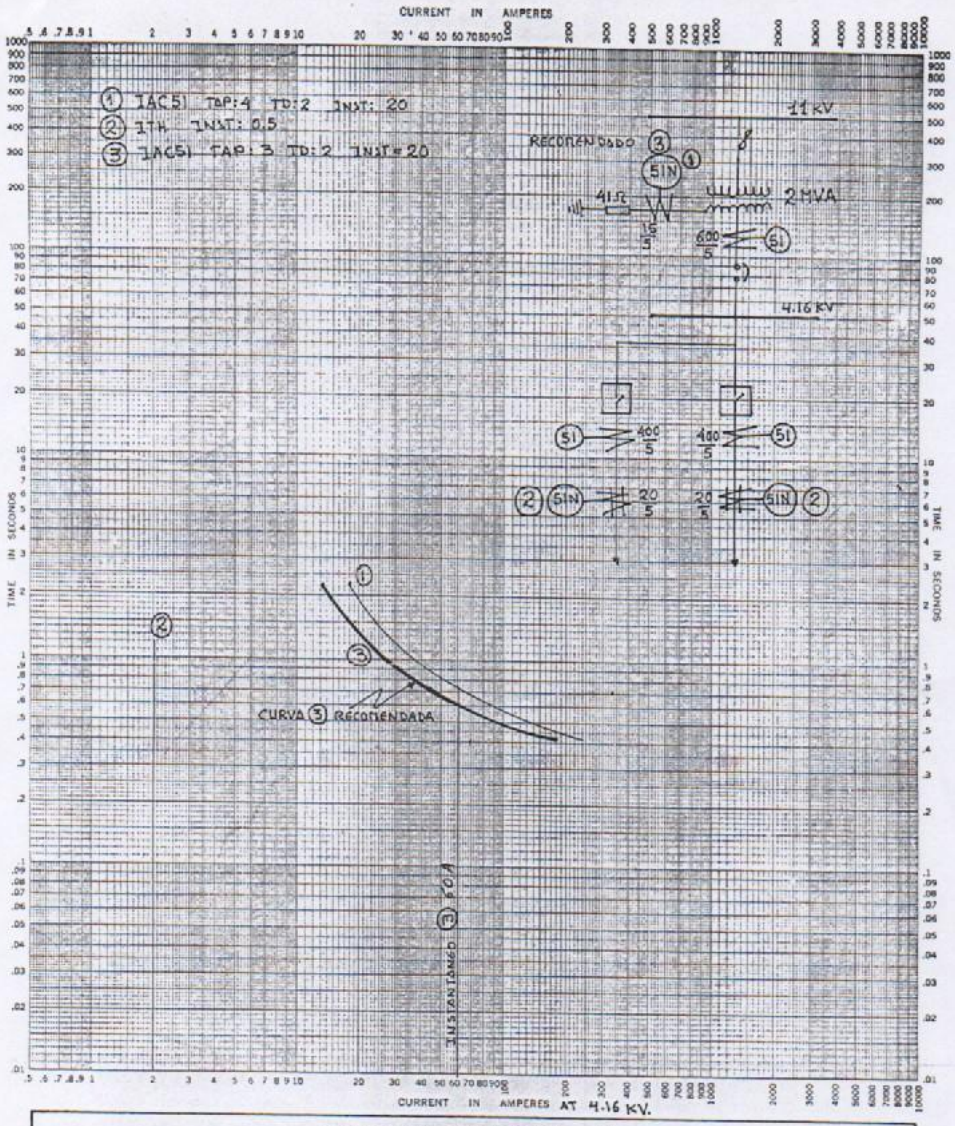
SOUTHERN PERU COPPER CORP

TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES
FOR S.E. MOVIL Nº 6 3.75/5MVA, SWITCH HOUSE
PUSH BACK MINE LOOP

REF DWG'S

DESIGNED BY: L. Toledo Ok. DATE:
DRAWN BY: E. Oviedo DATE: 08/09/97

ISSUE DATE
REV.
DRAWING NO.
A1



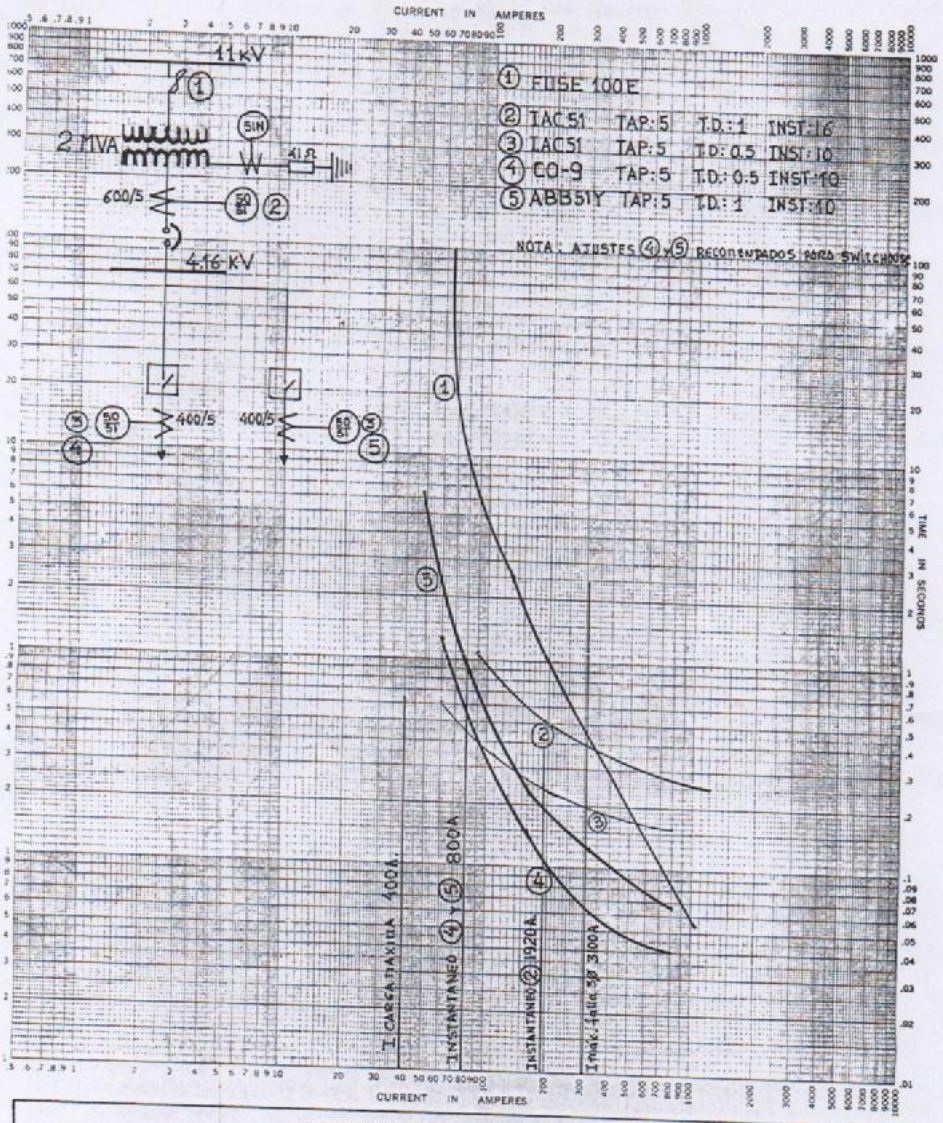
SOUTHERN PERU COPPER CORP

TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES
FOR TOQUEPALA MINE LOOP

REF DWG'S

DESIGNED BY: L. Toledo Ok. DATE:
DRAWN BY: E. Oviedo DATE: 03/09/97

ISSUE DATE
REV.
DRAWING NO.
5



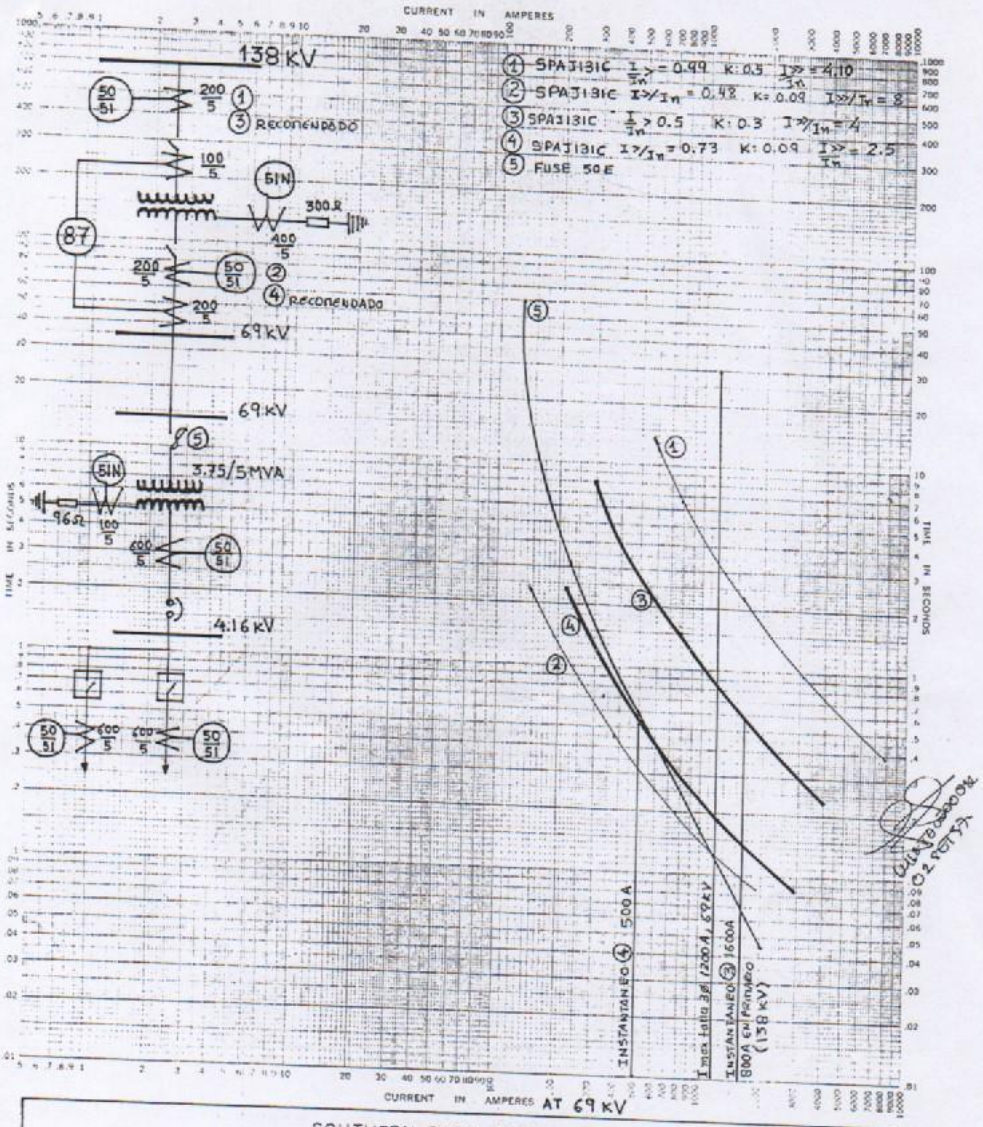
SOUTHERN PERU COPPER CORP

TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES
FOR TOQUEPALA – MINE LOOP

REF DWG'S

DESIGNED BY: L. TOLEDO OK. DATE:
DRAWN BY: E. OVIEDO DATE: 03-SET.-97

ISSUE DATE
REV.
DRAWING NO.
5300-07-008



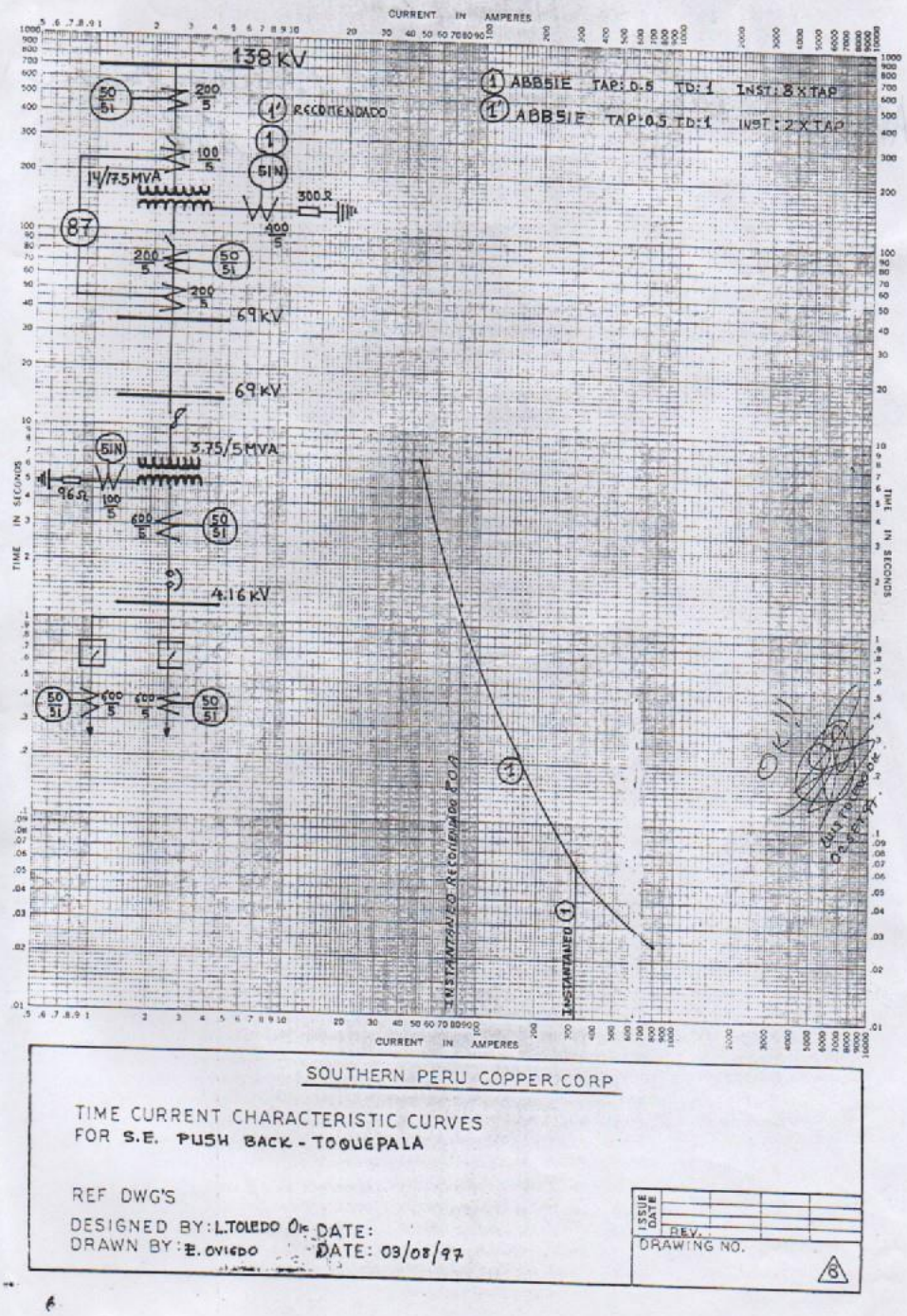
SOUTHERN PERU COPPER CORP

TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES
FOR S.E. PUSH BACK - TOQUEPALA

REF DWG'S

DESIGNED BY: L.TOLEDO Ok DATE:
DRAWN BY: E.OVIEDO DATE: 03/02/97

ISSUE DATE | REV.
DRAWING NO.



SOUTHERN PERU COPPER CORP

TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES
FOR S.E. PUSH BACK - TOQUEPALA

REF DWG'S

DESIGNED BY: L.TOLEDO DATE:
DRAWN BY: E. OVIEDO DATE: 03/08/97

ISSUE DATE
REV.
DRAWING NO.

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

NETWORK SUMMARY REPORT

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

#	BUS NAME	ZN	KV	3-PH KA	3-PH MVA	L-G KA	L-G MVA	L-L KA	L-L MVA	L-L-G KA	L-L-G MVA
1	BUS1	1	10.45	2.9	52	0.0	0	2.5	45	2.5	45
2	BUS2	1	10.40	2.0	36	0.0	0	1.7	31	1.7	31
3	BUS3	1	10.43	2.7	48	0.0	0	2.3	41	2.3	41
4	BUS4	1	10.41	2.3	40	0.0	0	2.0	35	2.0	35
5	BUS5	1	10.41	1.9	33	0.0	0	1.6	28	1.6	28
6	BUS6	1	13.52	10.2	237	0.0	0	8.8	205	0.0	0
7	BUS7	1	137.97	1.7	411	1.9	451	1.5	356	2.2	524
8	BUS8	1	138.00	1.7	417	2.0	489	1.5	361	2.3	556
22	BUS22	1	10.41	2.1	38	0.0	0	1.9	33	1.9	33
60	BUS60	1	10.57	4.7	85	0.0	0	4.0	74	4.0	74
61	BUS61	1	10.49	3.2	58	0.0	0	2.8	50	2.8	50
62	BUS62	1	10.48	3.2	58	0.0	0	2.8	50	2.8	50
70	BUS70	1	68.39	1.2	147	0.1	14	1.1	128	1.1	131
71	BUS71	1	68.33	1.2	140	0.1	14	1.0	121	1.1	124
100	BUS100	1	4.09	3.1	21	0.1	0	2.7	18	2.7	18
101	BUS101	1	3.93	1.7	11	0.1	0	1.5	9	1.5	9
102	BUS102	1	3.84	1.4	9	0.1	0	1.2	8	1.2	8
200	BUS200	1	4.09	2.6	18	0.1	0	2.2	15	2.3	15
201	BUS201	1	4.06	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
202	BUS202	1	4.01	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
300	BUS300	1	4.08	3.0	20	0.1	0	2.6	18	2.6	18
301	BUS301	1	4.00	1.9	13	0.1	0	1.7	11	1.7	11
302	BUS302	1	4.06	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
303	BUS303	1	3.93	1.6	10	0.1	0	1.4	9	1.4	9
304	BUS304	1	4.04	1.6	11	0.1	0	1.4	9	1.4	10
400	BUS400	1	4.09	2.7	19	0.1	0	2.4	16	2.4	16
401	BUS401	1	4.07	2.4	16	0.1	0	2.1	14	2.1	14
402	BUS402	1	4.09	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
403	BUS403	1	4.09	2.5	17	0.1	0	2.2	15	2.2	15
404	BUS404	1	4.02	2.0	14	0.1	0	1.8	12	1.8	12
405	BUS405	1	4.08	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
406	BUS406	1	4.09	2.0	13	0.1	0	1.7	12	1.7	12
500	BUS500	1	4.14	2.5	17	0.1	0	2.1	15	2.1	15
501	BUS501	1	4.14	2.0	14	0.1	0	1.7	12	1.7	12
502	BUS502	1	4.14	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
503	BUS503	1	4.14	1.7	12	0.1	0	1.5	10	1.5	10
504	BUS504	1	4.14	1.9	13	0.1	0	1.7	11	1.7	11
700	BUS700	1	3.93	6.6	44	0.0	0	5.7	38	5.7	38
701	BUS701	1	3.90	4.1	27	0.0	0	3.6	24	3.6	24
702	BUS702	1	3.80	3.2	21	0.0	0	2.8	18	2.8	18
703	BUS703	1	3.85	3.1	20	0.0	0	2.7	17	2.7	17
704	BUS704	1	3.70	2.5	16	0.0	0	2.2	13	2.2	14

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

POSITIVE SEQ. BRANCH DATA

FROM BUS	TO BUS	C #	BRANCH IMPEDANCES IN P.U. OF SYSTEM BASE R(p.u)	X(p.u)	B(p.u)	kV FROM	kV TO	Tap	Phase Shift
8	6	1	.00789	.06311	0.0	138.00	13.800	1.0000	
7	8	1	.00056	.00228	0.0				
7	70	1	.01450	.11610	0.0	138.00	69.000	1.0000	
70	71	1	.00414	.00606	0.0				
71	700	1	.03520	.28120	0.0	70.729	4.1600	1.0251	
700	701	1	.11108	.22066	0.0				
700	702	1	.24963	.36556	0.0				
701	703	1	.30830	.07607	0.0				
702	704	1	.30830	.07607	0.0				
6	60	1	.01890	.15130	0.0	13.800	11.000	1.0000	
60	61	1	.03932	.09305	0.0				
60	62	2	.03932	.09305	0.0				
61	3	1	.02656	.05818	0.0				
3	300	1	.06690	.53582	0.0	10.450	4.1600	.95000	
300	301	1	.39800	.38184	0.0				
300	302	1	.31200	.45700	0.0				
301	303	1	.49240	.07696	0.0				
302	304	1	.30830	.07607	0.0				
3	4	1	.02770	.06068	0.0				
4	400	1	.06690	.53582	0.0	10.450	4.1600	.95000	
400	401	1	.09360	.13700	0.0				
400	402	1	.15600	.22850	0.0				
400	403	1	.07460	.07159	0.0				
401	404	1	.30830	.07607	0.0				
402	405	1	.30830	.07607	0.0				
403	406	1	.49240	.07696	0.0				
1	62	1	.01428	.03128	0.0				
1	100	1	.06690	.53582	0.0	10.450	4.1600	.95000	
100	101	1	.59700	.57280	0.0				
101	102	1	.49240	.07696	0.0				
1	22	1	.05055	.11073	0.0				
22	2	1	.01280	.02815	0.0				
2	200	1	.06690	.53582	0.0	10.450	4.1600	.95000	
200	201	1	.12480	.18280	0.0				
201	202	1	.30830	.07607	0.0				
22	5	1	.03056	.06694	0.0				
5	500	1	.06690	.53582	0.0	10.450	4.1600	.95000	
500	501	1	.15600	.22850	0.0				
500	502	1	.07800	.11424	0.0				
501	503	1	.30830	.07607	0.0				
502	504	1	.30830	.07607	0.0				

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

ZERO SEQUENCE BRANCH DATA

FROM BUS	TO BUS	C #	BRANCH IMPEDANCES IN P.U. OF SYSTEM BASE Rl-r	Xl-r	Rl-g	Xl-g	Rr-g	Xr-g	Bo	GROUNDED END(S)	
60	61	1	0.083	0.567	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
1	62	1	0.029	0.189	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
1	22	1	0.103	0.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
22	5	1	0.062	0.405	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
22	2	1	0.026	0.170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
61	3	1	0.054	0.352	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
3	4	1	0.056	0.367	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
7	8	1	0.001	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
70	71	1	0.007	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
100	101	1	0.626	3.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
200	201	1	0.162	1.073	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
500	501	1	0.203	1.341	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
500	502	1	0.101	0.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
300	301	1	0.570	2.228	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
300	302	1	0.405	2.681	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
400	401	1	0.122	0.804	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
400	402	1	0.203	1.341	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
400	403	1	0.078	0.406	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
700	701	1	0.203	1.341	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
700	702	1	0.324	2.145	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
501	503	1	1.866	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
502	504	1	1.866	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
201	202	1	1.866	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
101	102	1	2.336	0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
301	303	1	2.336	0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
302	304	1	1.866	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
401	404	1	1.866	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
402	405	1	1.866	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
403	406	1	2.336	0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
701	703	1	1.866	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
702	704	1	1.866	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
8	6	1	0.000	0.000	0.008	0.064	0.000	0.000	0.000	8	0
6	60	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
7	70	1	0.000	0.000	0.000	0.000	3.795	0.116	0.000	0	70
71	700	1	0.000	0.000	0.000	0.000	******	0.281	0.000	0	700
5	500	1	0.000	0.000	0.000	0.000	******	0.536	0.000	0	500
2	200	1	0.000	0.000	0.000	0.000	******	0.536	0.000	0	200
1	100	1	0.000	0.000	0.000	0.000	******	0.536	0.000	0	100
3	300	1	0.000	0.000	0.000	0.000	******	0.536	0.000	0	300
4	400	1	0.000	0.000	0.000	0.000	******	0.536	0.000	0	400

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

COMPLETE BUS DATA REPORT

BUS #	Name	ZN	TYPE	BASE kV	LOAD MW	LOAD MVAR	PREFAULT KV	PREFAULT ANGLE	BUS SHUNTS ACTIVE	BUS SHUNTS REACTIVE
1	BUS1	1	LOAD	11.00	0.00	0.00	10.45	-4.62	0.00	0.00
2	BUS2	1	LOAD	11.00	0.00	0.00	10.40	-4.81	0.00	0.00
3	BUS3	1	LOAD	11.00	0.00	0.00	10.43	-4.69	0.00	0.00
4	BUS4	1	LOAD	11.00	0.00	0.00	10.41	-4.79	0.00	0.00
5	BUS5	1	LOAD	11.00	0.00	0.00	10.41	-4.77	0.00	0.00
6	BUS6	1	LOAD	13.80	12.00	2.00	13.52	-2.73	0.00	0.00
7	BUS7	1	LOAD	138.00	0.00	0.00	137.97	-0.01	0.00	0.00
8	BUS8	1	SW	138.00	0.00	0.00	138.00	0.00	0.00	0.00
22	BUS22	1	LOAD	11.00	0.00	0.00	10.41	-4.77	0.00	0.00
60	BUS60	1	LOAD	11.00	0.00	0.00	10.57	-4.13	0.00	0.00
61	BUS61	1	LOAD	11.00	0.00	0.00	10.49	-4.48	0.00	0.00
62	BUS62	1	LOAD	11.00	0.25	0.05	10.48	-4.51	0.00	0.00
70	BUS70	1	LOAD	69.00	0.00	0.00	68.39	-0.59	0.00	0.00
71	BUS71	1	LOAD	69.00	0.00	0.00	68.33	-0.60	0.00	0.00
100	BUS100	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.09	-5.82	0.00	0.00
101	BUS101	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	3.93	-6.40	0.00	0.00
102	BUS102	1	LOAD	4.16	0.78	0.45	3.84	-5.87	0.00	0.00
200	BUS200	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.09	-5.69	0.00	0.00
201	BUS201	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.06	-5.89	0.00	0.00
202	BUS202	1	LOAD	4.16	0.60	0.37	4.01	-5.68	0.00	0.00
300	BUS300	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.08	-5.97	0.00	0.00
301	BUS301	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.00	-6.23	0.00	0.00
302	BUS302	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.06	-6.22	0.00	0.00
303	BUS303	1	LOAD	4.16	0.60	0.37	3.93	-5.80	0.00	0.00
304	BUS304	1	LOAD	4.16	0.25	0.10	4.04	-6.18	0.00	0.00
400	BUS400	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.09	-5.78	0.00	0.00
401	BUS401	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.07	-5.92	0.00	0.00
402	BUS402	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.09	-5.82	0.00	0.00
403	BUS403	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.09	-5.78	0.00	0.00
404	BUS404	1	LOAD	4.16	0.60	0.37	4.02	-5.72	0.00	0.00
405	BUS405	1	LOAD	4.16	0.07	0.01	4.08	-5.83	0.00	0.00
406	BUS406	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.09	-5.78	0.00	0.00
500	BUS500	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.14	-4.77	0.00	0.00
501	BUS501	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.14	-4.77	0.00	0.00
502	BUS502	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.14	-4.77	0.00	0.00
503	BUS503	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.14	-4.77	0.00	0.00
504	BUS504	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	4.14	-4.77	0.00	0.00
700	BUS700	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	3.93	-2.12	0.00	0.00
701	BUS701	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	3.90	-2.41	0.00	0.00
702	BUS702	1	LOAD	4.16	0.00	0.00	3.80	-3.00	0.00	0.00
703	BUS703	1	LOAD	4.16	0.58	0.36	3.85	-2.19	0.00	0.00
704	BUS704	1	LOAD	4.16	1.20	0.74	3.70	-2.51	0.00	0.00

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
1BUS1 1		10.45				-4.62				
LLL-A			2.76	-71.62	2893	52	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			2.39	-161.62	2505	45	0%	0.48	175.38	3.02
LL-C			2.39	18.38	2505	45	0%	0.48	175.38	3.02
LLG-B			2.39	-161.62	2505	45	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			2.39	18.38	2505	45	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.1347+j 0.3174 (p.u.)						X/R = 2.356				
ZQQ-0 =*******+j******* (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 22BUS22 1 1		10.41				-4.77				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.04	142.51	40	1		0.00	-152.03	0.03
LL-B			0.02	-37.88	20	0		0.47	175.23	3.00
LL-C			0.02	-37.09	20	0		0.47	175.23	3.01
LLG-B			0.02	-37.88	20	0		0.00	27.58	0.01
LLG-C			0.02	-37.09	20	0		0.00	28.37	0.01
ZQP-1 = 0.1350+j 0.3157 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)										
-> 62BUS62 1 1		10.48				-4.51				
LLL-A			2.76	-71.61	2893	52		0.09	-6.15	0.60
LG-A			0.09	-36.34	95	2		0.00	29.12	0.02
LL-B			2.41	-162.49	2533	46		0.49	-174.79	3.08
LL-C			2.36	19.28	2478	45		0.48	165.67	3.06
LLG-B			2.41	-162.49	2533	46		0.08	-97.02	0.53
LLG-C			2.36	19.28	2478	45		0.08	84.75	0.52
ZQP-1 = 0.1202+j 0.2872 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)										
-> 100BUS100 1 1		4.09				-5.82				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.05	144.14	54	1		0.98	-5.82	2.36
LL-B			0.03	-35.86	27	0		0.49	174.18	1.18
LL-C			0.03	-35.85	27	0		0.49	174.18	1.18
LLG-B			0.03	-35.86	27	0		0.49	174.18	1.18
LLG-C			0.03	-35.85	27	0		0.49	174.18	1.18
ZQP-1 = 0.1464+j 0.3257 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
2BUS2 1		10.40				-4.81				
LLL-A			1.92	-71.02	2012	36	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			1.66	-161.02	1743	31	0%	0.47	175.19	3.00
LL-C			1.66	18.98	1743	31	0%	0.47	175.19	3.00
LLG-B			1.66	-161.02	1743	31	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			1.66	18.98	1743	31	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.1989+j 0.4512 (p.u.)						X/R =	2.268			
ZQQ-0 =*******+j******* (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 22BUS22 1 1		10.41				-4.77				
LLL-A			1.92	-71.02	2012	36		0.06	-5.47	0.38
LG-A			0.04	-37.37	40	1		0.00	28.18	0.01
LL-B			1.67	-161.57	1754	32		0.48	-178.58	3.03
LL-C			1.65	19.54	1732	31		0.48	169.03	3.02
LLG-B			1.67	-161.57	1754	32		0.05	-96.02	0.33
LLG-C			1.65	19.54	1732	31		0.05	85.09	0.32
ZQP-1 = 0.1860+j 0.4236 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)										
-> 200BUS200 1 1		4.09				-5.69				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.04	142.66	40	1		0.98	-5.69	2.36
LL-B			0.02	-37.32	20	0		0.49	174.31	1.18
LL-C			0.02	-37.35	20	0		0.49	174.31	1.18
LLG-B			0.02	-37.32	20	0		0.49	174.31	1.18
LLG-C			0.02	-37.35	20	0		0.49	174.31	1.18
ZQP-1 = 0.2140+j 0.4657 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
3BUS3 1		10.43				-4.69				
LLL-A			2.54	-71.41	2670	48	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			2.20	-161.41	2312	42	0%	0.47	175.31	3.01
LL-C			2.20	18.59	2312	42	0%	0.47	175.31	3.01
LLG-B			2.20	-161.41	2312	42	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			2.20	18.59	2312	42	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.1473+j 0.3424 (p.u.)						X/R = 2.325				
ZQQ-0 =*******+j******* (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 4BUS4 1 1		10.41				-4.79				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.04	144.71	44	1		0.00	-149.82	0.02
LL-B			0.02	-35.21	22	0		0.47	175.21	3.00
LL-C			0.02	-35.37	22	0		0.47	175.22	3.00
LLG-B			0.02	-35.21	22	0		0.00	30.26	0.01
LLG-C			0.02	-35.37	22	0		0.00	30.10	0.01
ZQP-1 = 0.1475+j 0.3414 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)										
-> 61BUS61 1 1		10.49				-4.48				
LLL-A			2.54	-71.42	2670	48		0.16	-5.96	1.03
LG-A			0.10	-35.22	100	2		0.01	30.24	0.04
LL-B			2.23	-162.41	2342	42		0.50	-168.14	3.18
LL-C			2.17	19.59	2283	41		0.49	158.94	3.13
LLG-B			2.23	-162.41	2342	42		0.14	-96.95	0.91
LLG-C			2.17	19.59	2283	41		0.14	85.05	0.88
ZQP-1 = 0.1203+j 0.2866 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)										
-> 300BUS300 1 1		4.08				-5.97				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.05	145.11	56	1		0.98	-5.97	2.36
LL-B			0.03	-34.87	28	1		0.49	174.03	1.18
LL-C			0.03	-34.91	28	1		0.49	174.03	1.18
LLG-B			0.03	-34.87	28	1		0.49	174.03	1.18
LLG-C			0.03	-34.91	28	1		0.49	174.03	1.18
ZQP-1 = 0.1604+j 0.3510 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT								
4BUS4 1		10.41		-4.79				
LLL-A	2.16	-71.14	2270	41	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.00	0.00	0	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	1.87	-161.14	1966	35	0%	0.47	175.21	3.00
LL-C	1.87	18.86	1966	35	0%	0.47	175.21	3.00
LLG-B	1.87	-161.14	1966	35	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	1.87	18.86	1966	35	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.1755+j 0.4008 (p.u.)				X/R = 2.284				
ZQQ-0 =*******+j******* (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 3BUS3 1 1		10.43		-4.69				
LLL-A	2.16	-71.14	2270	41		0.14	-5.67	0.92
LG-A	0.04	-35.29	44	1		0.00	30.18	0.02
LL-B	1.88	-161.65	1979	36		0.49	-170.00	3.13
LL-C	1.86	19.39	1953	35		0.49	160.49	3.10
LLG-B	1.88	-161.65	1979	36		0.13	-96.19	0.80
LLG-C	1.86	19.39	1953	35		0.12	84.85	0.79
ZQP-1 = 0.1475+j 0.3414 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)								
-> 400BUS400 1 1		4.09		-5.78				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.04	144.69	44	1		0.98	-5.78	2.36
LL-B	0.02	-35.29	22	0		0.49	174.22	1.18
LL-C	0.02	-35.33	22	0		0.49	174.22	1.18
LLG-B	0.02	-35.29	22	0		0.49	174.22	1.18
LLG-C	0.02	-35.33	22	0		0.49	174.22	1.18
ZQP-1 = 0.1895+j 0.4132 (p.u.)								
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
5BUS5 1		10.41				-4.77				
LLL-A			1.76	-70.98	1851	33	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			1.53	-160.98	1603	29	0%	0.47	175.23	3.00
LL-C			1.53	19.02	1603	29	0%	0.47	175.23	3.00
LLG-B			1.53	-160.98	1603	29	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			1.53	19.02	1603	29	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.2165+j 0.4912 (p.u.)						X/R = 2.269				
ZQQ-0 =*******+j******* (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 22BUS22 1 1		10.41				-4.77				
LLL-A			1.76	-70.98	1851	33		0.13	-5.52	0.82
LG-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LL-B			1.53	-160.98	1603	29		0.49	-171.45	3.10
LL-C			1.53	19.02	1603	29		0.48	161.83	3.08
LLG-B			1.53	-160.98	1603	29		0.11	-95.52	0.71
LLG-C			1.53	19.02	1603	29		0.11	84.48	0.71
ZQP-1 = 0.1859+j 0.4242 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)										
-> 500BUS500 1 1		4.14				-4.77				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0		1.00	-4.77	2.39
LL-B			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LL-C			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LLG-B			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LLG-C			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
ZQP-1 = 0.2279+j 0.5170 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
6BUS6	1	13.52				-2.73				
LLL-A			12.13	-48.32	10151	238	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			10.51	-138.32	8791	206	0%	0.49	177.27	3.90
LL-C			10.51	41.68	8791	206	0%	0.49	177.27	3.90
ZQQ-1 = 0.0565+j 0.0577 (p.u.) X/R = 1.021										
CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT										
LLL-A			0.00	0.00	0	0				
LL-B			0.31	-12.19	260	6				
LL-C			0.31	-12.19	260	6				
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 8BUS8	1 1	138.00				0.00				
LLL-A			12.13	-48.32	10151	238		0.77	34.56	61.47
LL-B			10.72	-140.17	8969	210		0.56	-102.40	44.89
LL-C			10.31	43.61	8623	202		1.04	147.95	82.63
ZQP-1 = 0.0469+j-0.0015 (p.u.)										
-> 60BUS60	1 1	10.57				-4.13				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LL-B			0.10	-34.47	83	2		0.48	175.87	3.05
LL-C			0.10	-34.44	83	2		0.48	175.87	3.05
ZQP-1 = 0.0568+j 0.0552 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
7BUS7	1	137.97				-0.01				
LLL-A			20.59	-3.51	1723	412	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			22.58	-36.90	1890	452	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			17.83	-93.51	1492	357	0%	0.50	179.99	39.83
LL-C			17.83	86.49	1492	357	0%	0.50	179.99	39.83
LLG-B			10.63	-116.80	889	213	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			26.24	95.70	2196	525	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.0485+j 0.0030 (p.u.)						X/R = 0.6125E-01				
ZQQ-0 = 0.0093+j 0.0738 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 8BUS8	1 1	138.00				0.00				
LLL-A			20.59	-3.52	1723	412		0.05	72.69	3.85
LG-A			22.62	-36.79	1893	452		0.11	43.39	8.93
LL-B			17.80	-93.67	1490	356		0.46	-178.45	36.67
LL-C			17.86	86.64	1495	357		0.54	178.68	43.03
LLG-B			10.64	-117.08	890	213		0.04	-130.57	3.25
LLG-C			26.26	95.80	2197	525		0.11	-176.74	8.50
ZQP-1 = 0.0479+j 0.0007 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0079+j 0.0637 (p.u.)										
-> 70BUS70	1 1	68.39				-0.59				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.06	-168.27	5	1		0.56	45.34	22.11
LL-B			0.06	-34.18	5	1		0.50	179.41	19.74
LL-C			0.06	-34.20	5	1		0.50	179.41	19.74
LLG-B			0.05	-17.35	4	1		0.45	-163.76	17.82
LLG-C			0.05	-17.38	4	1		0.45	-163.76	17.82
ZQP-1 = 0.0481+j 0.0025 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
8BUS8	1	138.00				0.00				
LLL-A			20.87	-0.84	1746	417	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			24.49	-32.11	2050	490	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			18.07	-90.84	1512	361	0%	0.50	180.00	39.84
LL-C			18.07	89.16	1512	361	0%	0.50	180.00	39.84
LLG-B			9.99	-119.62	836	200	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			27.81	99.11	2327	556	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.0479+j 0.0007 (p.u.)						X/R =	0.1474E-01			
ZQQ-0 = 0.0079+j 0.0637 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 6BUS6	1 1	13.52				-2.73				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			8.00	-34.87	669	160		0.51	48.08	4.09
LL-B			0.40	-17.52	34	8		0.49	177.27	3.90
LL-C			0.40	-17.53	34	8		0.49	177.27	3.90
LLG-B			6.85	113.69	573	137		0.44	-163.36	3.50
LLG-C			6.85	113.69	573	137		0.44	-163.36	3.50
ZQP-1 = 0.0469+j-0.0015 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										
-> 7BUS7	1 1	137.97				-0.01				
LLL-A			0.00	-0.23	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.06	-162.79	5	1		0.00	0.00	0.01
LL-B			0.06	-36.31	5	1		0.50	179.99	39.83
LL-C			0.05	-33.24	5	1		0.50	179.99	39.83
LLG-B			0.05	-17.13	4	1		0.00	0.00	0.01
LLG-C			0.05	-13.08	4	1		0.00	0.00	0.01
ZQP-1 = 0.0479+j 0.0007 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0079+j 0.0637 (p.u.)										
CONTRIBUTION FROM GENERATOR										
LLL-A			20.86	-0.84	1746	417				
LG-A			16.55	-30.63	1385	331				
LL-B			17.93	-92.23	1500	359				
LL-C			18.22	90.52	1525	364				
LLG-B			15.10	-98.50	1264	302				
LLG-C			21.27	94.59	1779	425				

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (kv)
FAULT AT								
22BUS22 1		10.41		-4.77				
LLL-A	2.04	-71.10	2145	39	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.00	0.00	0	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	1.77	-161.10	1857	33	0%	0.47	175.23	3.00
LL-C	1.77	18.90	1857	33	0%	0.47	175.23	3.00
LLG-B	1.77	-161.10	1857	33	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	1.77	18.90	1857	33	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.1859+j 0.4242 (p.u.)				X/R = 2.282				
ZQQ-0 =*******+j******* (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 1BUS1 1 1		10.45		-4.62				
LLL-A	2.04	-71.11	2145	39		0.25	-5.64	1.58
LG-A	0.04	-37.49	40	1		0.00	27.97	0.03
LL-B	1.78	-161.62	1869	34		0.53	-160.41	3.34
LL-C	1.76	19.41	1846	33		0.52	150.83	3.29
LLG-B	1.78	-161.62	1869	34		0.22	-96.16	1.38
LLG-C	1.76	19.41	1846	33		0.21	84.88	1.36
ZQP-1 = 0.1350+j 0.3157 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)								
-> 2BUS2 1 1		10.40		-4.81				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.04	142.63	40	1		0.00	-151.82	0.01
LL-B	0.02	-37.43	20	0		0.47	175.19	3.00
LL-C	0.02	-37.30	20	0		0.47	175.19	3.00
LLG-B	0.02	-37.43	20	0		0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.02	-37.30	20	0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.1860+j 0.4236 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)								
-> 5BUS5 1 1		10.41		-4.77				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LL-B	0.00	0.00	0	0		0.47	175.23	3.00
LL-C	0.00	0.00	0	0		0.47	175.23	3.00
LLG-B	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.1859+j 0.4242 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
60BUS60 1		10.57				-4.13				
LLL-A			4.45	-72.60	4676	86	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			3.86	-162.60	4049	74	0%	0.48	175.87	3.05
LL-C			3.86	17.40	4049	74	0%	0.48	175.87	3.05
LLG-B			3.86	-162.60	4049	74	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			3.86	17.40	4049	74	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.0792+j 0.2007 (p.u.) X/R = 2.534										
ZQQ-0 =*******+j******* (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 6BUS6 1 1		13.52				-2.73				
LLL-A			4.45	-72.60	4676	86		0.68	10.28	5.41
LG-A			0.20	-34.45	208	4		0.98	-2.73	7.81
LL-B			3.92	-163.74	4114	75		0.68	-124.68	5.38
LL-C			3.80	18.58	3986	73		0.85	134.63	6.74
LLG-B			3.92	-163.74	4114	75		0.68	-124.68	5.38
LLG-C			3.80	18.58	3986	73		0.85	134.63	6.74
ZQP-1 = 0.0568+j 0.0552 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										
-> 61BUS61 1 1		10.49				-4.48				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.10	145.00	101	2		0.01	-147.91	0.06
LL-B			0.05	-34.78	50	1		0.48	175.52	3.03
LL-C			0.05	-35.23	50	1		0.48	175.52	3.03
LLG-B			0.05	-34.78	50	1		0.00	32.31	0.03
LLG-C			0.05	-35.23	50	1		0.00	31.86	0.03
ZQP-1 = 0.0798+j 0.1986 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)										
-> 62BUS62 1 2		10.48				-4.51				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.10	146.18	108	2		0.95	-4.51	6.05
LL-B			0.05	-33.73	54	1		0.48	175.49	3.03
LL-C			0.05	-33.91	54	1		0.48	175.49	3.03
LLG-B			0.05	-33.73	54	1		0.48	175.49	3.03
LLG-C			0.05	-33.91	54	1		0.48	175.49	3.03
No Zero-Seq. Link Data										
ZQP-1 = 0.0798+j 0.1985 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
61BUS61 1		10.49				-4.48				
LLL-A			3.05	-71.93	3202	58	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			2.64	-161.93	2773	50	0%	0.48	175.52	3.03
LL-C			2.64	18.07	2773	50	0%	0.48	175.52	3.03
LLG-B			2.64	-161.93	2773	50	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			2.64	18.07	2773	50	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.1198+j 0.2886 (p.u.)						X/R = 2.408				
ZQQ-0 =*******+j******* (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 3BUS3 1 1		10.43				-4.69				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.10	144.78	100	2		0.01	-149.76	0.04
LL-B			0.05	-35.63	50	1		0.47	175.31	3.01
LL-C			0.05	-34.81	50	1		0.47	175.31	3.01
LLG-B			0.05	-35.63	50	1		0.00	29.84	0.02
LLG-C			0.05	-34.81	50	1		0.00	30.65	0.02
ZQP-1 = 0.1203+j 0.2866 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)										
-> 60BUS60 1 1		10.57				-4.13				
LLL-A			3.05	-71.92	3202	58		0.31	-4.83	1.96
LG-A			0.10	-35.00	101	2		0.01	32.09	0.06
LL-B			2.67	-162.75	2804	51		0.55	-155.25	3.51
LL-C			2.61	18.92	2743	50		0.55	146.65	3.47
LLG-B			2.67	-162.75	2804	51		0.27	-95.65	1.71
LLG-C			2.61	18.92	2743	50		0.26	86.01	1.68
ZQP-1 = 0.0798+j 0.1986 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
62BUS62 1		10.48				-4.51				
LLL-A			3.05	-71.90	3203	58	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			2.64	-161.90	2774	50	0%	0.48	175.49	3.03
LL-C			2.64	18.10	2774	50	0%	0.48	175.49	3.03
LLG-B			2.64	-161.90	2774	50	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			2.64	18.10	2774	50	0%	0.00	0.00	0.00

ZQQ-1 = 0.1200+j 0.2882 (p.u.) X/R = 2.401

ZQQ-0 =*******+j******* (p.u.)

CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT

LLL-A	0.00	0.00	0	0
LG-A	0.01	164.18	14	0
LL-B	0.01	-15.82	7	0
LL-C	0.01	-15.82	7	0
LLG-B	0.01	-15.82	7	0
LLG-C	0.01	-15.82	7	0

FIRST RING CONTRIBUTIONS

->	1BUS1 1 1		10.45			-4.62			
	LLL-A	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
	LG-A	0.09	143.66	95	2	0.00	-150.88	0.02
	LL-B	0.04	-35.93	47	1	0.48	175.38	3.02
	LL-C	0.05	-36.76	48	1	0.48	175.38	3.02
	LLG-B	0.04	-35.93	47	1	0.00	29.54	0.01
	LLG-C	0.05	-36.76	48	1	0.00	28.71	0.01

ZQP-1 = 0.1202+j 0.2872 (p.u.)

ZQP-0 =*******+j******* (p.u.)

->	60BUS60 1 2		10.57			-4.13			
	LLL-A	3.05	-71.90	3203	58	0.31	-4.81	1.96
	LG-A	0.10	-33.82	108	2	0.96	-4.13	6.10
	LL-B	2.67	-162.77	2808	51	0.55	-155.24	3.51
	LL-C	2.61	18.99	2741	50	0.55	146.65	3.47
	LLG-B	2.67	-162.77	2808	51	0.55	-155.24	3.51
	LLG-C	2.61	18.99	2741	50	0.55	146.65	3.47

No Zero-Seq. Link Data

ZQP-1 = 0.0798+j 0.1985 (p.u.)

ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT				VOLTAGE P-G		
	MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (kv)
FAULT AT								
70BUS70 1		68.39		-0.59				
LLL-A	7.46	-62.19	1248	148	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.76	-5.69	126	15	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	6.46	-152.19	1081	128	0%	0.50	179.41	19.74
LL-C	6.46	27.81	1081	128	0%	0.50	179.41	19.74
LLG-B	6.63	-153.05	1109	131	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	6.29	28.72	1053	125	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.0632+j 0.1169 (p.u.)				X/R =	1.850			
ZQQ-0 = 3.7952+j 0.1162 (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 7BUS7 1 1		137.97		-0.01				
LLL-A	7.46	-62.19	1248	148		0.87	20.69	69.53
LG-A	0.85	-9.58	142	17		0.98	0.06	77.73
LL-B	6.49	-152.63	1085	129		0.74	-108.23	59.30
LL-C	6.43	28.26	1076	128		1.04	137.33	83.11
LLG-B	6.65	-153.48	1113	132		0.74	-108.01	59.22
LLG-C	6.27	29.18	1049	124		1.04	137.21	82.93
ZQP-1 = 0.0481+j 0.0025 (p.u.)								
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)								
-> 71BUS71 1 1		68.33		-0.60				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.11	142.46	18	2		0.00	0.00	0.03
LL-B	0.06	-34.19	9	1		0.50	179.40	19.73
LL-C	0.06	-34.19	9	1		0.50	179.40	19.73
LLG-B	0.06	-35.06	9	1		0.00	0.00	0.02
LLG-C	0.06	-35.05	9	1		0.00	0.00	0.02
ZQP-1 = 0.0632+j 0.1168 (p.u.)								
ZQP-0 = 3.7952+j 0.1162 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
71BUS71 1		68.33				-0.60				
LLL-A			7.07	-61.86	1184	140	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.75	-6.38	126	15	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			6.13	-151.86	1025	121	0%	0.50	179.40	19.73
LL-C			6.13	28.14	1025	121	0%	0.50	179.40	19.73
LLG-B			6.29	-152.79	1053	125	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			5.96	29.12	998	118	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.0673+j 0.1227 (p.u.)						X/R = 1.823				
ZQQ-0 = 3.8021+j 0.1526 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 70BUS70 1 1		68.39				-0.59				
LLL-A			7.07	-61.86	1184	140		0.05	-6.20	2.07
LG-A			0.85	-10.22	142	17		0.01	63.67	0.53
LL-B			6.15	-152.33	1030	122		0.50	-175.47	20.00
LL-C			6.10	28.61	1021	121		0.49	174.21	19.65
LLG-B			6.32	-153.24	1057	125		0.05	-97.69	2.00
LLG-C			5.94	29.61	994	118		0.04	85.69	1.58
ZQP-1 = 0.0632+j 0.1168 (p.u.)										
ZQP-0 = 3.7952+j 0.1162 (p.u.)										
-> 700BUS700 1 1		3.93				-2.12				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.11	142.33	18	2		0.91	-5.59	2.18
LL-B			0.06	-34.19	9	1		0.47	177.88	1.13
LL-C			0.06	-34.20	9	1		0.47	177.88	1.13
LLG-B			0.06	-35.09	9	1		0.47	176.99	1.12
LLG-C			0.06	-35.09	9	1		0.47	176.99	1.12
ZQP-1 = 0.0673+j 0.1154 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
100BUS100 1		4.09				-5.82				
LLL-A			1.10	-80.50	3064	22	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-6.73	57	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.96	-170.50	2654	19	0%	0.49	174.18	1.18
LL-C			0.96	9.50	2654	19	0%	0.49	174.18	1.18
LLG-B			0.96	-170.58	2668	19	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.95	9.59	2640	19	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.2356+j 0.8598 (p.u.)						X/R = 3.650				
ZQQ-0 =*******+j 0.5357 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 1BUS1 1 1		10.45				-4.62				
LLL-A			1.10	-80.50	3064	22		0.57	2.38	3.60
LG-A			0.07	-27.77	187	1		0.95	-4.88	6.02
LL-B			0.97	-171.52	2702	19		0.64	-135.09	4.06
LL-C			0.94	10.56	2607	18		0.72	133.08	4.59
LLG-B			0.98	-171.60	2716	19		0.64	-135.10	4.06
LLG-C			0.93	10.65	2593	18		0.72	133.03	4.59
ZQP-1 = 0.1464+j 0.3257 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										
-> 101BUS101 1 1		3.93				-6.40				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.05	143.46	135	1		0.04	-172.72	0.10
LL-B			0.02	-35.83	68	0		0.47	173.59	1.13
LL-C			0.02	-35.87	68	0		0.47	173.60	1.13
LLG-B			0.02	-36.00	68	0		0.02	7.82	0.05
LLG-C			0.02	-36.04	68	0		0.02	7.77	0.05
ZQP-1 = 0.2346+j 0.8232 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5357 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
101BUS101 1		3.93				-6.40				
LLL-A			0.61	-65.04	1681	11	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-8.96	54	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.52	-155.04	1456	10	0%	0.47	173.60	1.13
LL-C			0.52	24.96	1456	10	0%	0.47	173.60	1.13
LLG-B			0.53	-155.33	1467	10	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.52	25.26	1444	10	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.8121+j 1.3322 (p.u.)						X/R = 1.640				
ZQQ-0 =*******+j 3.7835 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 100BUS100 1 1		4.09				-5.82				
LLL-A			0.61	-65.04	1681	11		0.50	-21.22	1.20
LG-A			0.07	-28.92	184	1		0.06	29.28	0.15
LL-B			0.54	-157.31	1490	10		0.74	-151.26	1.77
LL-C			0.51	27.34	1424	10		0.56	126.19	1.35
LLG-B			0.54	-157.58	1502	10		0.46	-113.48	1.10
LLG-C			0.51	27.66	1413	10		0.41	71.27	0.99
ZQP-1 = 0.2346+j 0.8232 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5357 (p.u.)										
-> 102BUS102 1 1		3.84				-5.87				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.05	143.10	134	1		0.02	151.98	0.06
LL-B			0.02	-35.86	68	0		0.46	174.13	1.11
LL-C			0.02	-35.86	68	0		0.46	174.13	1.11
LLG-B			0.02	-36.13	68	0		0.01	-27.24	0.03
LLG-C			0.02	-36.12	68	0		0.01	-27.23	0.03
ZQP-1 = 0.7804+j 1.3074 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 3.7835 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
102BUS102 1		3.84				-5.87				
LLL-A			0.50	-53.81	1395	9	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-8.44	52	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.44	-143.81	1208	8	0%	0.46	174.13	1.11
LL-C			0.44	36.19	1208	8	0%	0.46	174.13	1.11
LLG-B			0.44	-144.24	1217	8	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.43	36.63	1198	8	0%	0.00	0.00	0.00

ZQQ-1 = 1.2296+j 1.3625 (p.u.) X/R = 1.108

ZQQ-0 =*******+j 3.8968 (p.u.)

CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT

LLL-A	0.00	0.00	0	0
LG-A	0.05	143.11	133	1
LL-B	0.02	-35.85	68	0
LL-C	0.02	-35.85	68	0
LLG-B	0.02	-36.12	67	0
LLG-C	0.02	-36.12	67	0

FIRST RING CONTRIBUTIONS

-> 101BUS101 1 1		3.93				-6.40			
LLL-A			0.50	-53.81	1395	9		0.25	-44.93	0.60
LG-A			0.07	-29.01	181	1		0.04	-16.78	0.10
LL-B			0.44	-146.81	1230	8		0.63	-170.80	1.51
LL-C			0.43	39.30	1189	8		0.38	146.90	0.91
LLG-B			0.45	-147.20	1240	8		0.23	-139.42	0.54
LLG-C			0.43	39.76	1180	8		0.21	49.95	0.50

ZQP-1 = 0.7804+j 1.3074 (p.u.)

ZQP-0 =*******+j 3.7835 (p.u.)

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
200BUS200 1		4.09				-5.69				
LLL-A			0.93	-78.91	2589	18	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-6.72	57	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.81	-168.91	2242	16	0%	0.49	174.31	1.18
LL-C			0.81	11.09	2242	16	0%	0.49	174.31	1.18
LLG-B			0.81	-169.02	2256	16	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.80	11.19	2228	16	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.3041+j 1.0086 (p.u.)						X/R = 3.316				
ZQQ-0 =*******+j 0.5354 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 2BUS2 1 1		10.40				-4.81				
LLL-A			0.93	-78.91	2589	18		0.48	3.97	3.04
LG-A			0.06	-26.88	153	1		0.94	-5.19	5.98
LL-B			0.82	-169.87	2276	16		0.58	-139.80	3.68
LL-C			0.80	12.07	2209	16		0.67	137.81	4.28
LLG-B			0.82	-169.97	2290	16		0.58	-139.83	3.67
LLG-C			0.79	12.19	2195	16		0.67	137.73	4.28
ZQP-1 = 0.2140+j 0.4657 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										
-> 201BUS201 1 1		4.06				-5.89				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.04	141.87	101	1		0.01	-162.46	0.02
LL-B			0.02	-37.28	51	0		0.49	174.11	1.17
LL-C			0.02	-37.37	51	0		0.49	174.11	1.17
LLG-B			0.02	-37.49	51	0		0.00	18.19	0.01
LLG-C			0.02	-37.57	51	0		0.00	18.11	0.01
ZQP-1 = 0.3052+j 1.0000 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5354 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT								
201BUS201 1		4.06		-5.89				
LLL-A	0.78	-75.72	2167	15	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-7.47	57	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.68	-165.72	1877	13	0%	0.49	174.11	1.17
LL-C	0.68	14.28	1877	13	0%	0.49	174.11	1.17
LLG-B	0.68	-165.87	1890	13	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.67	14.44	1863	13	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.4308+j 1.1725 (p.u.)				X/R = 2.722				
ZQQ-0 =*******+j 1.6080 (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 200BUS200 1 1		4.09		-5.69				
LLL-A	0.78	-75.71	2167	15		0.17	-20.04	0.42
LG-A	0.05	-27.28	152	1		0.02	45.06	0.04
LL-B	0.69	-166.91	1909	13		0.55	-170.35	1.32
LL-C	0.66	15.52	1846	13		0.48	156.60	1.15
LLG-B	0.69	-167.05	1922	14		0.16	-111.14	0.38
LLG-C	0.66	15.69	1833	13		0.14	71.17	0.34
ZQP-1 = 0.3052+j 1.0000 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 0.5354 (p.u.)								
-> 202BUS202 1 1		4.01		-5.68				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.04	141.71	101	1		0.01	155.57	0.03
LL-B	0.02	-37.39	51	0		0.48	174.32	1.16
LL-C	0.02	-37.32	51	0		0.48	174.32	1.16
LLG-B	0.02	-37.63	51	0		0.01	-23.77	0.01
LLG-C	0.02	-37.55	51	0		0.01	-23.69	0.01
ZQP-1 = 0.4217+j 1.1607 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 1.6080 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT								
202BUS202 1	4.01			-5.68				
LLL-A	0.68	-65.34	1885	13	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-7.32	55	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.59	-155.34	1632	11	0%	0.48	174.32	1.16
LL-C	0.59	24.66	1632	11	0%	0.48	174.32	1.16
LLG-B	0.59	-155.59	1644	11	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.58	24.92	1621	11	0%	0.00	0.00	0.00

ZQQ-1 = 0.7172+j 1.2254 (p.u.) X/R = 1.708

ZQQ-0 =*******+j 1.7135 (p.u.)

CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT

LLL-A	0.00	0.00	0	0
LG-A	0.04	141.70	100	1
LL-B	0.02	-37.34	51	0
LL-C	0.02	-37.34	51	0
LLG-B	0.02	-37.58	51	0
LLG-C	0.02	-37.58	51	0

FIRST RING CONTRIBUTIONS

-> 201BUS201 1 1	4.06			-5.89			
LLL-A	0.68	-65.34	1885	13	0.22	-51.48	0.52
LG-A	0.05	-27.43	150	1	0.03	-10.82	0.07
LL-B	0.60	-156.89	1657	12	0.63	-174.01	1.52
LL-C	0.58	26.25	1609	11	0.38	153.86	0.91
LLG-B	0.60	-157.13	1669	12	0.19	-144.29	0.47
LLG-C	0.58	26.52	1598	11	0.18	41.58	0.43

ZQP-1 = 0.4217+j 1.1607 (p.u.)

ZQP-0 =*******+j 1.6080 (p.u.)

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
300BUS300 1		4.08				-5.97				
LLL-A			1.07	-80.09	2962	21	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-6.89	57	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.92	-170.09	2565	18	0%	0.49	174.03	1.18
LL-C			0.92	9.91	2565	18	0%	0.49	174.03	1.18
LLG-B			0.93	-170.18	2579	18	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.92	10.00	2551	18	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.2517+j 0.8850 (p.u.)						X/R = 3.517				
ZQQ-0 =*******+j 0.5358 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 3BUS3 1 1		10.43				-4.69				
LLL-A			1.07	-80.09	2962	21		0.55	2.79	3.48
LG-A			0.07	-27.42	193	1		0.95	-4.98	6.01
LL-B			0.94	-171.19	2616	19		0.63	-135.96	3.97
LL-C			0.91	11.04	2515	18		0.71	134.06	4.53
LLG-B			0.95	-171.27	2629	19		0.62	-135.97	3.97
LLG-C			0.90	11.15	2502	18		0.71	134.01	4.53
ZQP-1 = 0.1604+j 0.3510 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										
-> 301BUS301 1 1		4.00				-6.23				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.04	141.84	103	1		0.02	-174.35	0.05
LL-B			0.02	-37.42	52	0		0.48	173.77	1.15
LL-C			0.02	-37.48	52	0		0.48	173.77	1.15
LLG-B			0.02	-37.60	52	0		0.01	6.21	0.02
LLG-C			0.02	-37.66	52	0		0.01	6.15	0.02
ZQP-1 = 0.2505+j 0.8657 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5358 (p.u.)										
-> 302BUS302 1 1		4.06				-6.22				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.01	151.32	38	0		0.01	-153.00	0.02
LL-B			0.01	-27.92	19	0		0.49	173.78	1.17
LL-C			0.01	-28.03	19	0		0.49	173.78	1.17
LLG-B			0.01	-28.09	19	0		0.00	27.59	0.01
LLG-C			0.01	-28.20	19	0		0.00	27.47	0.01
ZQP-1 = 0.2539+j 0.8781 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5358 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
301BUS301 1		4.00				-6.23				
LLL-A			0.70	-68.50	1938	13	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-8.30	56	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.60	-158.50	1678	12	0%	0.48	173.77	1.15
LL-C			0.60	21.50	1678	12	0%	0.48	173.77	1.15
LLG-B			0.61	-158.73	1691	12	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.60	21.73	1666	12	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.6408+j 1.2191 (p.u.)						X/R =	1.903			
ZQQ-0 =*******+j 2.7636 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 300BUS300 1 1		4.08				-5.97				
LLL-A			0.70	-68.50	1938	13		0.39	-24.69	0.92
LG-A			0.06	-27.93	153	1		0.04	32.29	0.09
LL-B			0.61	-159.99	1706	12		0.68	-158.12	1.62
LL-C			0.60	23.04	1652	11		0.50	134.58	1.19
LLG-B			0.62	-160.21	1718	12		0.35	-116.16	0.83
LLG-C			0.59	23.29	1640	11		0.32	66.90	0.77
ZQP-1 = 0.2505+j 0.8657 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5358 (p.u.)										
-> 303BUS303 1 1		3.93				-5.80				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.04	141.56	103	1		0.02	150.44	0.04
LL-B			0.02	-37.52	52	0		0.47	174.20	1.13
LL-C			0.02	-37.44	52	0		0.47	174.20	1.13
LLG-B			0.02	-37.76	52	0		0.01	-28.88	0.02
LLG-C			0.02	-37.68	52	0		0.01	-28.79	0.02
ZQP-1 = 0.6203+j 1.2020 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 2.7636 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT								
302BUS302 1		4.06		-6.22				
LLL-A	0.68	-73.00	1879	13	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-8.55	56	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.59	-163.00	1627	11	0%	0.49	173.78	1.17
LL-C	0.59	17.00	1627	11	0%	0.49	173.78	1.17
LLG-B	0.59	-163.21	1640	12	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.58	17.21	1614	11	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.5680+j 1.3240 (p.u.)				X/R = 2.331				
ZQQ-0 =*******+j 3.2173 (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 300BUS300 1 1		4.08		-5.97				
LLL-A	0.68	-73.00	1879	13		0.37	-17.32	0.90
LG-A	0.03	-16.79	93	1		0.03	56.80	0.08
LL-B	0.59	-163.47	1641	12		0.64	-156.14	1.54
LL-C	0.58	17.48	1614	11		0.53	137.35	1.28
LLG-B	0.60	-163.68	1654	12		0.34	-107.82	0.81
LLG-C	0.58	17.70	1601	11		0.31	73.22	0.75
ZQP-1 = 0.2539+j 0.8781 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 0.5358 (p.u.)								
-> 304BUS304 1 1		4.04		-6.18				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.01	151.00	38	0		0.00	164.86	0.01
LL-B	0.01	-27.85	19	0		0.49	173.82	1.17
LL-C	0.01	-28.07	19	0		0.49	173.82	1.17
LLG-B	0.01	-28.11	19	0		0.00	-14.25	0.01
LLG-C	0.01	-28.33	19	0		0.00	-14.47	0.01
ZQP-1 = 0.5646+j 1.3184 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 3.2173 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT								
303BUS303 1		3.93		-5.80				
LLL-A	0.57	-55.21	1574	11	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-7.90	53	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.49	-145.21	1363	9	0%	0.47	174.20	1.13
LL-C	0.49	34.79	1363	9	0%	0.47	174.20	1.13
LLG-B	0.49	-145.58	1374	9	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.49	35.18	1353	9	0%	0.00	0.00	0.00

ZQQ-1 = 1.0834+j 1.2643 (p.u.) X/R = 1.167

ZQQ-0 =*******+j 2.8769 (p.u.)

CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT

LLL-A	0.00	0.00	0	0
LG-A	0.04	141.57	102	1
LL-B	0.02	-37.46	52	0
LL-C	0.02	-37.46	52	0
LLG-B	0.02	-37.71	52	0
LLG-C	0.02	-37.71	52	0

FIRST RING CONTRIBUTIONS

-> 301BUS301 1 1		4.00		-6.23				
LLL-A	0.57	-55.21	1574	11		0.28	-46.32	0.68
LG-A	0.05	-28.06	150	1		0.04	-15.41	0.09
LL-B	0.50	-147.26	1380	9		0.67	-169.88	1.60
LL-C	0.49	36.89	1349	9		0.37	143.67	0.90
LLG-B	0.50	-147.61	1390	9		0.25	-139.72	0.61
LLG-C	0.48	37.28	1339	9		0.24	47.31	0.57

ZQP-1 = 0.6203+j 1.2020 (p.u.)

ZQP-0 =*******+j 2.7636 (p.u.)

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT								
304BUS304 1		4.04		-6.18				
LLL-A	0.59	-64.17	1646	12	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-8.57	55	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.51	-154.17	1425	10	0%	0.49	173.82	1.17
LL-C	0.51	25.83	1425	10	0%	0.49	173.82	1.17
LLG-B	0.52	-154.48	1437	10	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.51	26.14	1413	10	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.8681+j 1.3888 (p.u.)				X/R = 1.600				
ZQQ-0 =*******+j 3.3228 (p.u.)								
CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT								
LLL-A	0.00	0.00	0	0				
LG-A	0.01	150.94	38	0				
LL-B	0.01	-27.98	19	0				
LL-C	0.01	-27.98	19	0				
LLG-B	0.01	-28.25	19	0				
LLG-C	0.01	-28.25	19	0				
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 302BUS302 1 1		4.06		-6.22				
LLL-A	0.59	-64.17	1646	12		0.19	-50.31	0.45
LG-A	0.03	-16.90	92	1		0.02	-5.24	0.05
LL-B	0.52	-154.79	1437	10		0.61	-175.20	1.47
LL-C	0.51	26.46	1414	10		0.39	156.41	0.94
LLG-B	0.52	-155.09	1448	10		0.17	-142.49	0.41
LLG-C	0.51	26.78	1402	10		0.16	42.04	0.38
ZQP-1 = 0.5646+j 1.3184 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 3.2173 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
400BUS400 1		4.09				-5.78				
LLL-A			0.99	-79.44	2746	19	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-6.76	57	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.86	-169.44	2378	17	0%	0.49	174.22	1.18
LL-C			0.86	10.56	2378	17	0%	0.49	174.22	1.18
LLG-B			0.86	-169.54	2392	17	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.85	10.66	2364	17	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.2795+j 0.9534 (p.u.)						X/R = 3.412				
ZQQ-0 =*******+j 0.5331 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 4BUS4 1 1		10.41				-4.79				
LLL-A			0.99	-79.44	2746	19		0.51	3.44	3.22
LG-A			0.06	-26.13	162	1		0.94	-5.12	5.99
LL-B			0.87	-170.38	2417	17		0.60	-138.10	3.80
LL-C			0.84	11.53	2340	17		0.69	136.15	4.38
LLG-B			0.88	-170.48	2430	17		0.60	-138.12	3.79
LLG-C			0.84	11.64	2326	16		0.69	136.09	4.38
ZQP-1 = 0.1895+j 0.4132 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										
-> 401BUS401 1 1		4.07				-5.92				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.04	141.91	101	1		0.01	-162.44	0.01
LL-B			0.02	-37.20	51	0		0.49	174.08	1.17
LL-C			0.02	-37.46	51	0		0.49	174.08	1.17
LLG-B			0.02	-37.40	51	0		0.00	18.26	0.01
LLG-C			0.02	-37.65	51	0		0.00	18.01	0.01
ZQP-1 = 0.2803+j 0.9473 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5331 (p.u.)										
-> 402BUS402 1 1		4.09				-5.82				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	165.27	10	0		0.00	0.00	0.00
LL-B			0.00	-14.07	5	0		0.49	174.18	1.18
LL-C			0.00	-13.86	5	0		0.49	174.18	1.18
LLG-B			0.00	-14.26	5	0		0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.00	-14.05	5	0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.2800+j 0.9525 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5331 (p.u.)										
-> 403BUS403 1 1		4.09				-5.78				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LL-B			0.00	0.00	0	0		0.49	174.22	1.18
LL-C			0.00	0.00	0	0		0.49	174.22	1.18
LLG-B			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.2795+j 0.9534 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5331 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (kv)
FAULT AT								
401BUS401 1		4.07		-5.92				
LLL-A	0.86	-76.75	2378	17	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-7.32	57	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.74	-166.75	2060	15	0%	0.49	174.08	1.17
LL-C	0.74	13.25	2060	15	0%	0.49	174.08	1.17
LLG-B	0.75	-166.89	2073	15	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.74	13.38	2046	14	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.3745+j 1.0773 (p.u.)				X/R =	2.877			
ZQQ-0 =*******+j 1.3375 (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 400BUS400 1 1		4.09		-5.78				
LLL-A	0.86	-76.75	2378	17		0.14	-21.09	0.34
LG-A	0.05	-27.16	152	1		0.01	45.21	0.03
LL-B	0.75	-167.82	2092	15		0.54	-173.01	1.29
LL-C	0.73	14.36	2028	14		0.47	159.71	1.14
LLG-B	0.76	-167.95	2106	15		0.13	-112.06	0.31
LLG-C	0.73	14.50	2015	14		0.12	69.96	0.28
ZQP-1 = 0.2803+j 0.9473 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 0.5331 (p.u.)								
-> 404BUS404 1 1		4.02		-5.72				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.04	141.75	101	1		0.01	155.62	0.03
LL-B	0.02	-37.41	51	0		0.48	174.29	1.16
LL-C	0.02	-37.36	51	0		0.48	174.28	1.16
LLG-B	0.02	-37.63	51	0		0.01	-23.77	0.01
LLG-C	0.02	-37.57	51	0		0.01	-23.71	0.01
ZQP-1 = 0.3664+j 1.0664 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 1.3375 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT		POW.	BREA	VOLTAGE P-G		
	MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (amp)		(mva)		MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (kv)
FAULT AT									
402BUS402 1		4.09			-5.82				
LLL-A	0.78	-75.52	2167		15	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-7.51	57		0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.68	-165.52	1877		13	0%	0.49	174.18	1.18
LL-C	0.68	14.48	1877		13	0%	0.49	174.18	1.18
LLG-B	0.68	-165.67	1890		13	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.67	14.64	1863		13	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.4366+j 1.1799 (p.u.)					X/R = 2.703				
ZQQ-0 =*******+j 1.8738 (p.u.)									
FIRST RING CONTRIBUTIONS									
-> 400BUS400 1 1		4.09			-5.78				
LLL-A	0.78	-75.52	2167		15		0.22	-19.84	0.52
LG-A	0.02	-8.61	67		0		0.01	64.72	0.03
LL-B	0.68	-165.59	1881		13		0.57	-167.10	1.36
LL-C	0.67	14.56	1872		13		0.48	152.08	1.16
LLG-B	0.68	-165.75	1894		13		0.19	-109.85	0.46
LLG-C	0.67	14.72	1859		13		0.18	70.18	0.44
ZQP-1 = 0.2800+j 0.9525 (p.u.)									
ZQP-0 =*******+j 0.5331 (p.u.)									
-> 405BUS405 1 1		4.08			-5.83				
LLL-A	0.00	0.00	0		0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.00	165.08	10		0		0.00	178.94	0.00
LL-B	0.00	-14.20	5		0		0.49	174.17	1.18
LL-C	0.00	-13.75	5		0		0.49	174.17	1.18
LLG-B	0.00	-14.44	5		0		0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.00	-13.99	5		0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.4362+j 1.1784 (p.u.)									
ZQP-0 =*******+j 1.8738 (p.u.)									

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT								
403BUS403 1		4.09		-5.78				
LLL-A	0.91	-76.72	2516	18	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-6.98	57	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.78	-166.72	2179	15	0%	0.49	174.22	1.18
LL-C	0.78	13.28	2179	15	0%	0.49	174.22	1.18
LLG-B	0.79	-166.85	2192	16	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.78	13.41	2165	15	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.3541+j 1.0250 (p.u.)				X/R = 2.895				
ZQQ-0 =*******+j 0.9390 (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 400BUS400 1 1		4.09		-5.78				
LLL-A	0.91	-76.72	2516	18		0.09	-32.90	0.23
LG-A	0.02	-6.98	57	0		0.00	60.53	0.01
LL-B	0.78	-166.72	2179	15		0.53	-177.99	1.28
LL-C	0.78	13.28	2179	15		0.46	165.19	1.11
LLG-B	0.79	-166.85	2192	16		0.08	-122.68	0.20
LLG-C	0.78	13.41	2165	15		0.08	56.87	0.19
ZQP-1 = 0.2795+j 0.9534 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 0.5331 (p.u.)								
-> 406BUS406 1 1		4.09		-5.78				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LL-B	0.00	0.00	0	0		0.49	174.22	1.18
LL-C	0.00	0.00	0	0		0.49	174.22	1.18
LLG-B	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.3541+j 1.0250 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 0.9390 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT								
404BUS404 1		4.02		-5.72				
LLL-A	0.74	-65.36	2044	14	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-7.17	55	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.64	-155.36	1770	12	0%	0.48	174.28	1.16
LL-C	0.64	24.64	1770	12	0%	0.48	174.28	1.16
LLG-B	0.64	-155.59	1782	12	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.63	24.88	1759	12	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.6630+j 1.1320 (p.u.)				X/R = 1.707				
ZQQ-0 =*******+j 1.4430 (p.u.)								
CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT								
LLL-A	0.00	0.00	0	0				
LG-A	0.04	141.74	100	1				
LL-B	0.02	-37.38	51	0				
LL-C	0.02	-37.38	51	0				
LLG-B	0.02	-37.60	51	0				
LLG-C	0.02	-37.60	51	0				
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 401BUS401 1 1		4.07		-5.92				
LLL-A	0.74	-65.36	2044	14		0.23	-51.50	0.56
LG-A	0.05	-27.33	150	1		0.03	-10.70	0.07
LL-B	0.65	-156.79	1795	12		0.65	-173.30	1.56
LL-C	0.63	26.11	1747	12		0.37	151.68	0.89
LLG-B	0.65	-157.01	1807	13		0.21	-144.10	0.51
LLG-C	0.63	26.35	1736	12		0.19	41.31	0.47
ZQP-1 = 0.3664+j 1.0664 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 1.3375 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
405BUS405 1		4.08				-5.83				
LLL-A			0.67	-65.13	1869	13	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-7.59	56	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.58	-155.13	1618	11	0%	0.49	174.17	1.18
LL-C			0.58	24.87	1618	11	0%	0.49	174.17	1.18
LLG-B			0.59	-155.39	1630	12	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.58	25.13	1606	11	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.7438+j 1.2530 (p.u.) X/R = 1.685										
ZQQ-0 =*******+j 1.9793 (p.u.)										
CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT										
LLL-A			0.00	0.00	0	0				
LG-A			0.00	165.07	10	0				
LL-B			0.00	-13.96	5	0				
LL-C			0.00	-13.96	5	0				
LLG-B			0.00	-14.20	5	0				
LLG-C			0.00	-14.20	5	0				
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 402BUS402 1 1		4.09				-5.82				
LLL-A			0.67	-65.13	1869	13		0.21	-51.27	0.51
LG-A			0.02	-8.69	66	0		0.02	-1.63	0.04
LL-B			0.58	-155.24	1622	11		0.64	-174.05	1.53
LL-C			0.58	24.98	1614	11		0.38	154.30	0.92
LLG-B			0.59	-155.50	1634	12		0.19	-142.75	0.46
LLG-C			0.58	25.24	1602	11		0.18	40.29	0.43
ZQP-1 = 0.4362+j 1.1784 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 1.8738 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (kv)
FAULT AT								
406BUS406 1		4.09		-5.78				
LLL-A	0.71	-58.25	1963	14	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-7.05	56	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.61	-148.25	1700	12	0%	0.49	174.22	1.18
LL-C	0.61	31.75	1700	12	0%	0.49	174.22	1.18
LLG-B	0.62	-148.54	1711	12	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.61	32.05	1689	12	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.8465+j 1.1019 (p.u.)				X/R = 1.302				
ZQQ-0 =*******+j 1.0523 (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 403BUS403 1 1		4.09		-5.78				
LLL-A	0.71	-58.25	1963	14		0.35	-49.36	0.85
LG-A	0.02	-7.05	56	0		0.02	-2.45	0.05
LL-B	0.61	-148.25	1700	12		0.74	-168.29	1.77
LL-C	0.61	31.75	1700	12		0.36	136.01	0.86
LLG-B	0.62	-148.54	1711	12		0.31	-140.48	0.75
LLG-C	0.61	32.05	1689	12		0.30	41.80	0.72
ZQP-1 = 0.3541+j 1.0250 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 0.9390 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
500BUS500 1		4.14				-4.77				
LLL-A			0.89	-78.91	2463	18	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-5.85	58	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.77	-168.91	2133	15	0%	0.50	175.23	1.20
LL-C			0.77	11.09	2133	15	0%	0.50	175.23	1.20
LLG-B			0.77	-169.02	2147	15	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.76	11.20	2119	15	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.3068+j 1.0800 (p.u.)						X/R = 3.521				
ZQQ-0 =*******+j 0.5348 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 5BUS5 1 1		10.41				-4.77				
LLL-A			0.89	-78.91	2463	18		0.46	3.97	2.89
LG-A			0.02	-5.85	58	0		0.94	-5.20	5.99
LL-B			0.77	-168.91	2133	15		0.57	-141.46	3.61
LL-C			0.77	11.09	2133	15		0.66	139.07	4.19
LLG-B			0.77	-169.02	2147	15		0.57	-141.50	3.60
LLG-C			0.76	11.20	2119	15		0.66	138.99	4.19
ZQP-1 = 0.2279+j 0.5170 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										
-> 501BUS501 1 1		4.14				-4.77				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LL-B			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LL-C			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LLG-B			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.3068+j 1.0800 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5348 (p.u.)										
-> 502BUS502 1 1		4.14				-4.77				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LL-B			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LL-C			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LLG-B			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.3068+j 1.0800 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5348 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (kv)
FAULT AT								
501BUS501 1		4.14		-4.77				
LLL-A	0.72	-75.29	1992	14	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-6.56	58	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.62	-165.29	1725	12	0%	0.50	175.23	1.20
LL-C	0.62	14.71	1725	12	0%	0.50	175.23	1.20
LLG-B	0.63	-165.46	1739	12	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.62	14.88	1712	12	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.4628+j 1.3085 (p.u.)				X/R = 2.828				
ZQQ-0 =*******+j 1.8755 (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 500BUS500 1 1		4.14		-4.77				
LLL-A	0.72	-75.29	1992	14		0.20	-19.61	0.48
LG-A	0.02	-6.56	58	0		0.01	67.46	0.03
LL-B	0.62	-165.29	1725	12		0.57	-167.72	1.36
LL-C	0.62	14.71	1725	12		0.48	155.12	1.16
LLG-B	0.63	-165.46	1739	12		0.18	-109.53	0.43
LLG-C	0.62	14.88	1712	12		0.17	70.30	0.40
ZQP-1 = 0.3068+j 1.0800 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 0.5348 (p.u.)								
-> 503BUS503 1 1		4.14		-4.77				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LL-B	0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LL-C	0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LLG-B	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.4628+j 1.3085 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 1.8755 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
502BUS502 1		4.14				-4.77				
LLL-A			0.79	-76.91	2204	16	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-6.21	58	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.69	-166.91	1908	14	0%	0.50	175.23	1.20
LL-C			0.69	13.09	1908	14	0%	0.50	175.23	1.20
LLG-B			0.69	-167.05	1922	14	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.68	13.23	1895	14	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.3848+j 1.1943 (p.u.)						X/R = 3.104				
ZQQ-0 =*******+j 1.2051 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 500BUS500 1 1		4.14				-4.77				
LLL-A			0.79	-76.91	2204	16		0.11	-21.24	0.26
LG-A			0.02	-6.21	58	0		0.01	67.82	0.02
LL-B			0.69	-166.91	1908	14		0.53	-174.91	1.28
LL-C			0.69	13.09	1908	14		0.48	164.27	1.15
LLG-B			0.69	-167.05	1922	14		0.10	-111.11	0.23
LLG-C			0.68	13.23	1895	14		0.09	68.63	0.22
ZQP-1 = 0.3068+j 1.0800 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.5348 (p.u.)										
-> 504BUS504 1 1		4.14				-4.77				
LLL-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LL-B			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LL-C			0.00	0.00	0	0		0.50	175.23	1.20
LLG-B			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
ZQP-1 = 0.3848+j 1.1943 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 1.2051 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
503BUS503 1		4.14				-4.77				
LLL-A			0.63	-65.66	1745	13	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.02	-6.63	57	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.54	-155.66	1511	11	0%	0.50	175.23	1.20
LL-C			0.54	24.34	1511	11	0%	0.50	175.23	1.20
LLG-B			0.55	-155.93	1523	11	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.54	24.62	1499	11	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.7711+j 1.3846 (p.u.)						X/R = 1.796				
ZQQ-0 =*******+j 1.9810 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 501BUS501 1 1		4.14				-4.77				
LLL-A			0.63	-65.66	1745	13		0.20	-51.80	0.48
LG-A			0.02	-6.63	57	0		0.02	-0.71	0.04
LL-B			0.54	-155.66	1511	11		0.64	-174.09	1.53
LL-C			0.54	24.34	1511	11		0.39	157.64	0.94
LLG-B			0.55	-155.93	1523	11		0.18	-143.24	0.43
LLG-C			0.54	24.62	1499	11		0.17	39.74	0.40
ZQP-1 = 0.4628+j 1.3085 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 1.8755 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv) MODULE (p.u.)	ANGLE(degree) ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT								
504BUS504 1	4.14			-4.77				
LLL-A	0.69	-66.15	1911	14	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.02	-6.28	57	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	0.60	-156.15	1655	12	0%	0.50	175.23	1.20
LL-C	0.60	23.85	1655	12	0%	0.50	175.23	1.20
LLG-B	0.60	-156.40	1667	12	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	0.59	24.09	1642	12	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.6931+j 1.2703 (p.u.)				X/R = 1.833				
ZQQ-0 =*******+j 1.3106 (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 502BUS502 1 1	4.14			-4.77				
LLL-A	0.69	-66.15	1911	14		0.22	-52.29	0.52
LG-A	0.02	-6.28	57	0		0.02	-0.36	0.04
LL-B	0.60	-156.15	1655	12		0.65	-173.43	1.56
LL-C	0.60	23.85	1655	12		0.38	155.60	0.91
LLG-B	0.60	-156.40	1667	12		0.19	-143.59	0.47
LLG-C	0.59	24.09	1642	12		0.18	39.08	0.44
ZQP-1 = 0.3848+j 1.1943 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 1.2051 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
700BUS700 1		3.93				-2.12				
LLL-A	2.38	-76.24			6598	45	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.01	-2.30			24	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	2.06	-166.24			5714	39	0%	0.47	177.88	1.13
LL-C	2.06	13.76			5714	39	0%	0.47	177.88	1.13
LLG-B	2.06	-166.25			5719	39	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	2.06	13.78			5708	39	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.1088+j 0.3824 (p.u.)					X/R =	3.515				
ZQQ-0 =*******+j 0.2856 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 71BUS71 1 1		68.33				-0.60				
LLL-A	2.38	-76.24			6598	45		0.69	6.63	27.51
LG-A	0.12	-32.23			343	2		0.99	-0.64	39.44
LL-B	2.10	-167.42			5823	40		0.73	-125.90	28.95
LL-C	2.02	14.99			5607	38		0.82	133.27	32.79
LLG-B	2.10	-167.43			5829	40		0.73	-125.90	28.95
LLG-C	2.02	15.01			5601	38		0.82	133.27	32.79
ZQP-1 = 0.0673+j 0.1154 (p.u.)										
ZQP-0 = 0.0000+j 0.0000 (p.u.)										
-> 701BUS701 1 1		3.90				-2.41				
LLL-A	0.00	0.00			0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.04	145.88			102	1		0.01	-150.84	0.02
LL-B	0.02	-34.04			51	0		0.47	177.59	1.13
LL-C	0.02	-33.94			51	0		0.47	177.59	1.13
LLG-B	0.02	-34.07			51	0		0.00	29.21	0.01
LLG-C	0.02	-33.98			51	0		0.00	29.30	0.01
ZQP-1 = 0.1098+j 0.3787 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.2856 (p.u.)										
-> 702BUS702 1 1		3.80				-3.00				
LLL-A	0.00	0.00			0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.08	145.57			220	1		0.04	-158.76	0.08
LL-B	0.04	-34.31			110	1		0.46	177.00	1.10
LL-C	0.04	-34.30			110	1		0.46	177.00	1.10
LLG-B	0.04	-34.34			110	1		0.02	21.33	0.04
LLG-C	0.04	-34.33			110	1		0.02	21.34	0.04
ZQP-1 = 0.1107+j 0.3677 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.2856 (p.u.)										

*** WARNING: Sum of all contributions not equal to fault current

Fault Type	Deviation (Mod. in pu)
LLL-1	0.0000 pu
LG-0	0.0000 pu
LG-1	0.0000 pu
LG-2	0.0000 pu
LL-0	0.0000 pu
LL-1	0.0000 pu
LL-2	0.0000 pu
LLG-0	0.0000 pu

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT.	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)						
TYPE	CURRENT				VOLTAGE P-G			
	MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (kv)
LLG-1	0.0000 pu							
LLG-2	0.0000 pu							

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT				VOLTAGE P-G		
	MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	MODULE (p.u.)	ANGLE (degree)	MODULE (kv)
FAULT AT								
701BUS701 1		3.90		-2.41				
LLL-A	1.48	-71.89	4106	28	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.01	-2.89	23	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	1.28	-161.89	3556	24	0%	0.47	177.59	1.13
LL-C	1.28	18.11	3556	24	0%	0.47	177.59	1.13
LLG-B	1.28	-161.92	3562	24	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	1.28	18.15	3551	24	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.2221+j 0.5933 (p.u.)				X/R = 2.672				
ZQQ-0 =*******+j 1.6263 (p.u.)								
FIRST RING CONTRIBUTIONS								
-> 700BUS700 1 1		3.93		-2.12				
LLL-A	1.48	-71.89	4106	28		0.37	-8.61	0.88
LG-A	0.04	-28.51	123	1		0.01	44.92	0.03
LL-B	1.29	-162.53	3588	24		0.60	-150.37	1.44
LL-C	1.27	18.77	3525	24		0.54	142.12	1.29
LLG-B	1.29	-162.56	3593	24		0.32	-99.28	0.77
LLG-C	1.27	18.80	3520	24		0.31	82.08	0.75
ZQP-1 = 0.1098+j 0.3787 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 0.2856 (p.u.)								
-> 703BUS703 1 1		3.85		-2.19				
LLL-A	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.04	145.82	102	1		0.01	159.68	0.03
LL-B	0.02	-33.98	51	0		0.46	177.81	1.11
LL-C	0.02	-33.97	51	0		0.46	177.81	1.11
LLG-B	0.02	-34.03	51	0		0.01	-20.17	0.01
LLG-C	0.02	-34.02	51	0		0.01	-20.16	0.01
ZQP-1 = 0.2172+j 0.5871 (p.u.)								
ZQP-0 =*******+j 1.6263 (p.u.)								

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
702BUS702 1		3.80				-3.00				
LLL-A	1.16	-65.95			3210	21	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A	0.01	-3.66			23	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B	1.00	-155.95			2780	18	0%	0.46	177.00	1.10
LL-C	1.00	24.05			2780	18	0%	0.46	177.00	1.10
LLG-B	1.00	-156.00			2785	18	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C	1.00	24.11			2775	18	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.3590+j 0.7029 (p.u.)					X/R =	1.958				
ZQQ-0 =*******+j 2.4308 (p.u.)										
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 700BUS700 1 1		3.93				-2.12				
LLL-A	1.16	-65.95			3210	21		0.51	-10.27	1.23
LG-A	0.09	-31.75			240	2		0.04	29.84	0.10
LL-B	1.02	-157.84			2840	19		0.69	-142.77	1.66
LL-C	0.98	26.03			2724	18		0.60	130.90	1.44
LLG-B	1.02	-157.89			2845	19		0.46	-102.18	1.10
LLG-C	0.98	26.09			2719	18		0.43	81.75	1.04
ZQP-1 = 0.1107+j 0.3677 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 0.2856 (p.u.)										
-> 704BUS704 1 1		3.70				-2.51				
LLL-A	0.00	0.00			0	0		0.00	0.00	0.00
LG-A	0.08	145.47			220	1		0.03	159.33	0.06
LL-B	0.04	-34.28			110	1		0.44	177.49	1.07
LL-C	0.04	-34.31			110	1		0.44	177.49	1.07
LLG-B	0.04	-34.34			110	1		0.01	-20.48	0.03
LLG-C	0.04	-34.37			110	1		0.01	-20.51	0.03
ZQP-1 = 0.3437+j 0.6874 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 2.4308 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
703BUS703 1		3.85		-2.19						
LLL-A			1.11	-54.02	3074	21	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.01	-2.71	23	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.96	-144.02	2663	18	0%	0.46	177.81	1.11
LL-C			0.96	35.98	2663	18	0%	0.46	177.81	1.11
LLG-B			0.96	-144.09	2667	18	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.96	36.06	2658	18	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.5167+j 0.6573 (p.u.) X/R = 1.272										
ZQQ-0 =*******+j 1.7318 (p.u.)										
CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT										
LLL-A			0.00	0.00	0	0				
LG-A			0.04	145.80	102	1				
LL-B			0.02	-33.97	51	0				
LL-C			0.02	-33.97	51	0				
LLG-B			0.02	-34.03	51	0				
LLG-C			0.02	-34.03	51	0				
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 701BUS701 1 1		3.90		-2.41						
LLL-A			1.11	-54.02	3074	21		0.35	-40.16	0.84
LG-A			0.04	-28.56	122	1		0.02	-11.64	0.04
LL-B			0.97	-145.04	2680	18		0.70	-162.22	1.68
LL-C			0.95	37.02	2645	18		0.37	137.10	0.89
LLG-B			0.97	-145.12	2685	18		0.31	-131.56	0.74
LLG-C			0.95	37.10	2641	18		0.30	51.29	0.72
ZQP-1 = 0.2172+j 0.5871 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 1.6263 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

Short circuit bus report

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

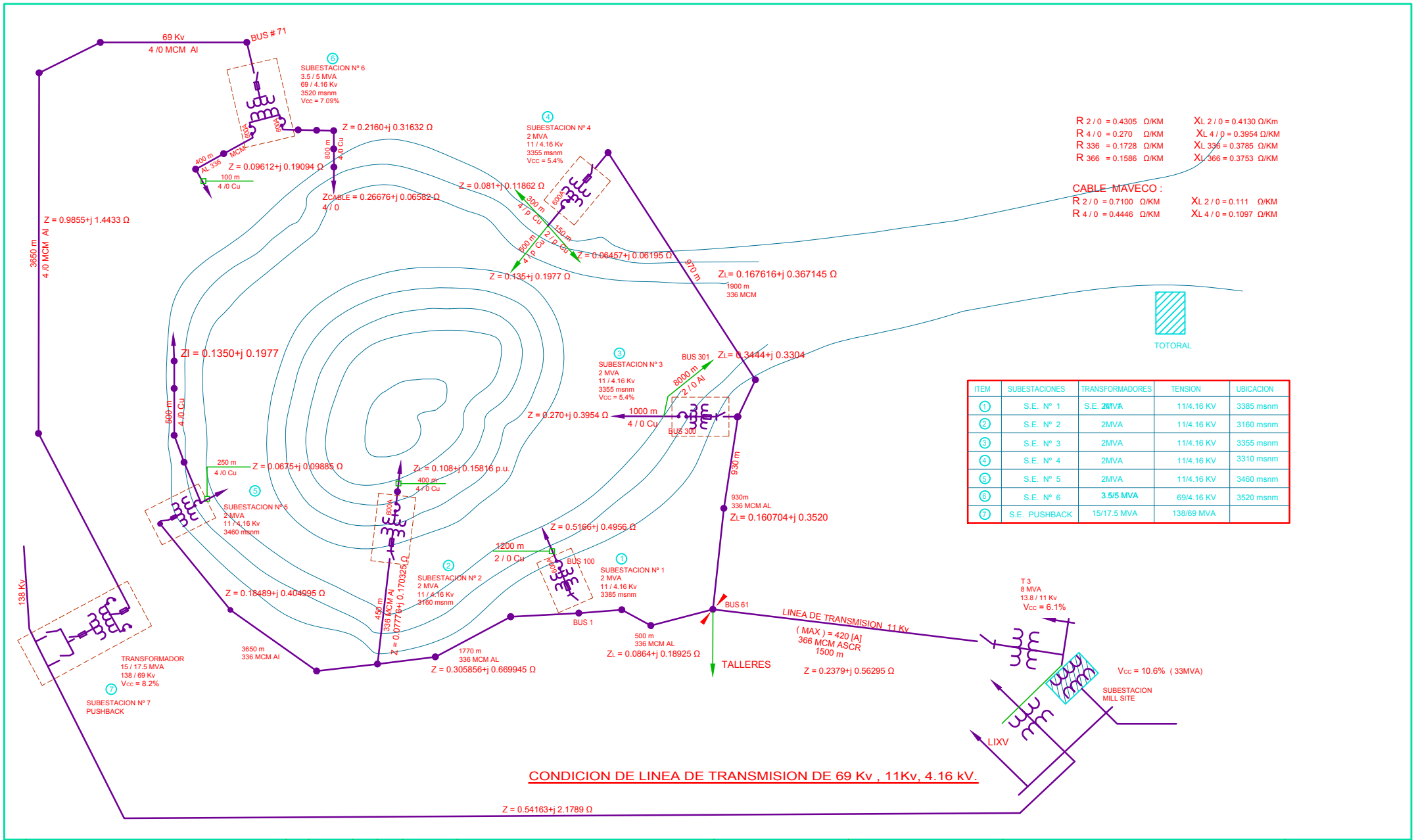
BUS IDENT. TYPE	INIT.VOLTAGE (kv)	ANGLE(degree)	CURRENT MODULE (p.u.)	CURRENT ANGLE (degree)	CURRENT MODULE (amp)	CURRENT POW. (mva)	BREA	VOLTAGE P-G MODULE (p.u.)	VOLTAGE P-G ANGLE (degree)	VOLTAGE P-G MODULE (kv)
FAULT AT										
704BUS704 1		3.70		-2.51						
LLL-A			0.91	-52.50	2524	16	0%	0.00	0.00	0.00
LG-A			0.01	-3.20	22	0	0%	0.00	0.00	0.00
LL-B			0.79	-142.50	2186	14	0%	0.44	177.49	1.07
LL-C			0.79	37.50	2186	14	0%	0.44	177.49	1.07
LLG-B			0.79	-142.59	2190	14	0%	0.00	0.00	0.00
LLG-C			0.79	37.59	2181	14	0%	0.00	0.00	0.00
ZQQ-1 = 0.6285+j 0.7487 (p.u.) X/R = 1.191										
ZQQ-0 =*******+j 2.5363 (p.u.)										
CURRENT TO CONSTANT IMPEDANCE LOAD DURING FAULT										
LLL-A			0.00	0.00	0	0				
LG-A			0.08	145.45	220	1				
LL-B			0.04	-34.30	110	1				
LL-C			0.04	-34.30	110	1				
LLG-B			0.04	-34.36	110	1				
LLG-C			0.04	-34.36	110	1				
FIRST RING CONTRIBUTIONS										
-> 702BUS702 1 1		3.80		-3.00						
LLL-A			0.91	-52.50	2524	16		0.29	-38.64	0.69
LG-A			0.09	-31.80	239	2		0.03	-15.88	0.08
LL-B			0.80	-145.20	2223	14		0.64	-164.35	1.53
LL-C			0.78	40.29	2154	14		0.37	143.82	0.89
LLG-B			0.80	-145.29	2227	14		0.26	-131.78	0.62
LLG-C			0.77	40.39	2150	14		0.24	54.65	0.59
ZQP-1 = 0.3437+j 0.6874 (p.u.)										
ZQP-0 =*******+j 2.4308 (p.u.)										

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

NETWORK SUMMARY REPORT

TITLE: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO MINA TOQUEPALA 05-08-97**

BUS				3-PH		L-G		L-L		L-L-G	
#	NAME	ZN	KV	KA	MVA	KA	MVA	KA	MVA	KA	MVA
1	BUS1	1	10.45	2.9	52	0.0	0	2.5	45	2.5	45
2	BUS2	1	10.40	2.0	36	0.0	0	1.7	31	1.7	31
3	BUS3	1	10.43	2.7	48	0.0	0	2.3	41	2.3	41
4	BUS4	1	10.41	2.3	40	0.0	0	2.0	35	2.0	35
5	BUS5	1	10.41	1.9	33	0.0	0	1.6	28	1.6	28
6	BUS6	1	13.52	10.2	237	0.0	0	8.8	205	0.0	0
7	BUS7	1	137.97	1.7	411	1.9	451	1.5	356	2.2	524
8	BUS8	1	138.00	1.7	417	2.0	489	1.5	361	2.3	556
22	BUS22	1	10.41	2.1	38	0.0	0	1.9	33	1.9	33
60	BUS60	1	10.57	4.7	85	0.0	0	4.0	74	4.0	74
61	BUS61	1	10.49	3.2	58	0.0	0	2.8	50	2.8	50
62	BUS62	1	10.48	3.2	58	0.0	0	2.8	50	2.8	50
70	BUS70	1	68.39	1.2	147	0.1	14	1.1	128	1.1	131
71	BUS71	1	68.33	1.2	140	0.1	14	1.0	121	1.1	124
100	BUS100	1	4.09	3.1	21	0.1	0	2.7	18	2.7	18
101	BUS101	1	3.93	1.7	11	0.1	0	1.5	9	1.5	9
102	BUS102	1	3.84	1.4	9	0.1	0	1.2	8	1.2	8
200	BUS200	1	4.09	2.6	18	0.1	0	2.2	15	2.3	15
201	BUS201	1	4.06	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
202	BUS202	1	4.01	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
300	BUS300	1	4.08	3.0	20	0.1	0	2.6	18	2.6	18
301	BUS301	1	4.00	1.9	13	0.1	0	1.7	11	1.7	11
302	BUS302	1	4.06	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
303	BUS303	1	3.93	1.6	10	0.1	0	1.4	9	1.4	9
304	BUS304	1	4.04	1.6	11	0.1	0	1.4	9	1.4	10
400	BUS400	1	4.09	2.7	19	0.1	0	2.4	16	2.4	16
401	BUS401	1	4.07	2.4	16	0.1	0	2.1	14	2.1	14
402	BUS402	1	4.09	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
403	BUS403	1	4.09	2.5	17	0.1	0	2.2	15	2.2	15
404	BUS404	1	4.02	2.0	14	0.1	0	1.8	12	1.8	12
405	BUS405	1	4.08	1.9	13	0.1	0	1.6	11	1.6	11
406	BUS406	1	4.09	2.0	13	0.1	0	1.7	12	1.7	12
500	BUS500	1	4.14	2.5	17	0.1	0	2.1	15	2.1	15
501	BUS501	1	4.14	2.0	14	0.1	0	1.7	12	1.7	12
502	BUS502	1	4.14	2.2	15	0.1	0	1.9	13	1.9	13
503	BUS503	1	4.14	1.7	12	0.1	0	1.5	10	1.5	10
504	BUS504	1	4.14	1.9	13	0.1	0	1.7	11	1.7	11
700	BUS700	1	3.93	6.6	44	0.0	0	5.7	38	5.7	38
701	BUS701	1	3.90	4.1	27	0.0	0	3.6	24	3.6	24
702	BUS702	1	3.80	3.2	21	0.0	0	2.8	18	2.8	18
703	BUS703	1	3.85	3.1	20	0.0	0	2.7	17	2.7	17
704	BUS704	1	3.70	2.5	16	0.0	0	2.2	13	2.2	14



ITEM	SUBESTACIONES	TRANSFORMADORES	TENSION	UBICACION
1	S.E. Nº 1	S.E. 2MVA	11/4.16 KV	3385 msnm
2	S.E. Nº 2	2MVA	11/4.16 KV	3160 msnm
3	S.E. Nº 3	2MVA	11/4.16 KV	3355 msnm
4	S.E. Nº 4	2MVA	11/4.16 KV	3310 msnm
5	S.E. Nº 5	2MVA	11/4.16 KV	3460 msnm
6	S.E. Nº 6	3.5/5 MVA	69/4.16 KV	3520 msnm
7	S.E. PUSHBACK	15/17.5 MVA	138/69 MVA	

CONDICION DE LINEA DE TRANSMISION DE 69 Kv , 11Kv, 4.16 kV.

Nº	REVISIONS	BY	DATE	CHK. D.	APPVD	DRAWING Nº	REFEREMCE DRAWINGS

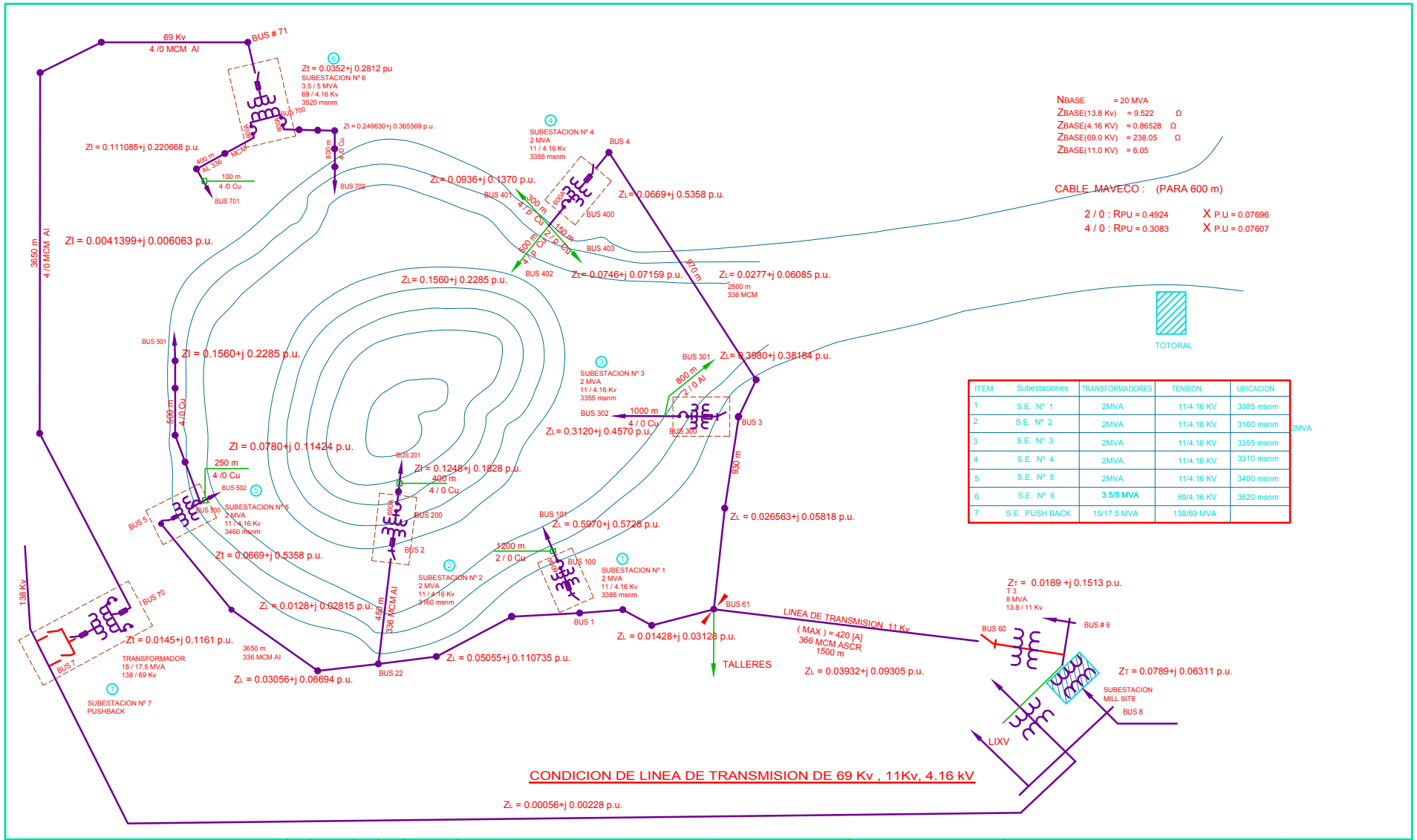
ENGINEERING RECORD	BY	DATE
DE DESIGNED	S.P.L.	MAY' 97
DRAW	A.P.C.	MAY' 97
CHECKED	H. RODRIGUEZ	MAY' 97
APPROVED	C. MONTES	MAY' 97

SOUTHERN PERU LIMITED

ELECTRICAL MAINTENANCE DIVISION
TOQUEPALA

AREA MINA
CONDICIONES DE LINEA DE TRANSMISION
69 Kv , 11Kv Y 4.16 Kv
IMPEDANCIA SECUENCIA POSITIVA

SCALE : NONE
JOB Nº
ACCOUNT Nº
DRAWING Nº
SP - 001 / 97



ITEM	Subestaciones	TRANSFORMADORES	TENSION	UBICACION
1	S.E. Nº 1	2MVA	11/4.16 KV	3385 msnm
2	S.E. Nº 2	2MVA	11/4.16 KV	3160 msnm
3	S.E. Nº 3	2MVA	11/4.16 KV	3355 msnm
4	S.E. Nº 4	2MVA	11/4.16 KV	3310 msnm
5	S.E. Nº 5	2MVA	11/4.16 KV	3460 msnm
6	S.E. Nº 6	3.5/5 MVA	69/4.16 KV	3520 msnm
7	S.E. PUSH BACK	15/17.5 MVA	138/69 MVA	

Nº	REVISIONS	BY	DATE	CHK. D.	APPVD	DRAWING Nº	REFEREMCE DRAWINGS

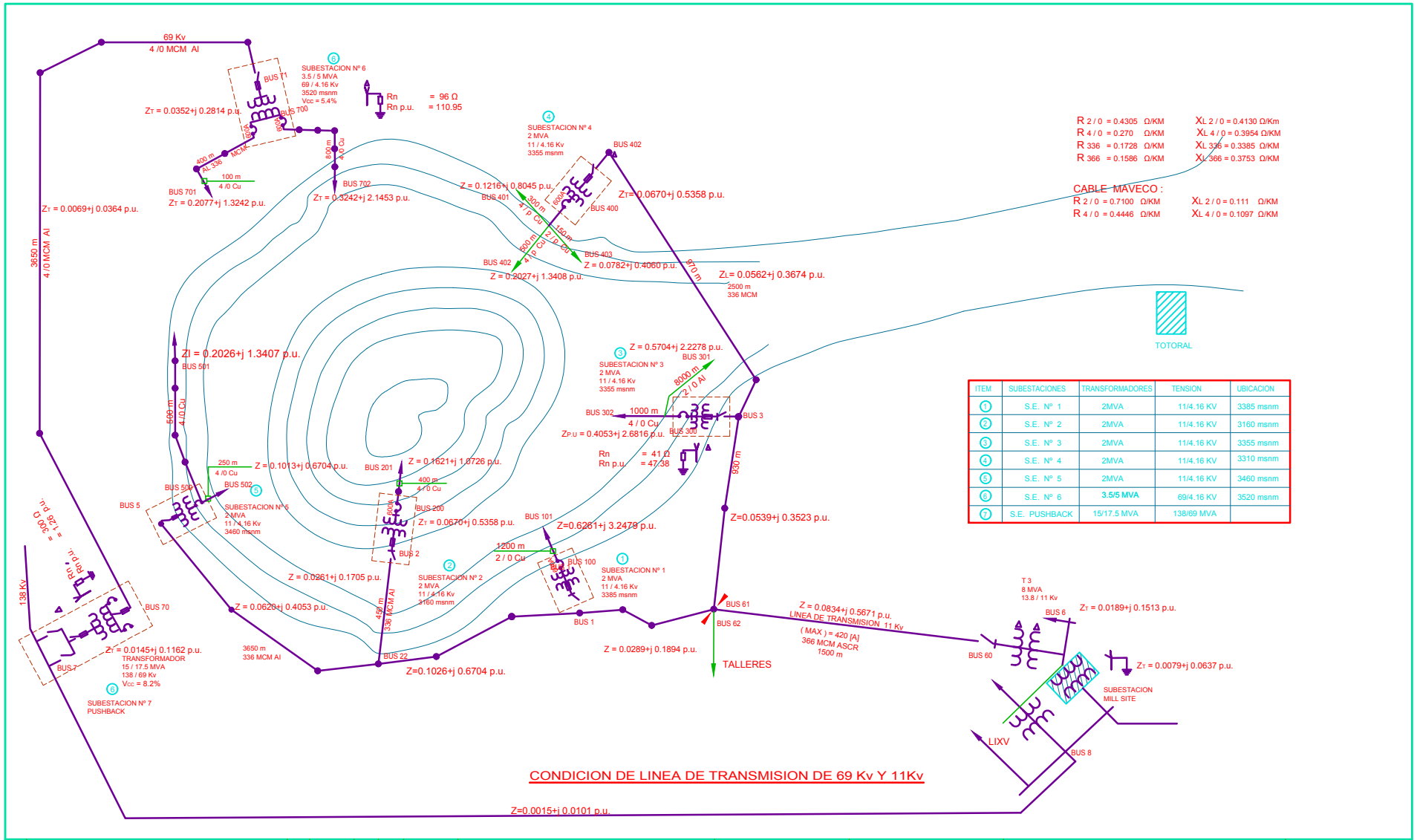
ENGINEERING RECORD	BY	DATE
DE DESIGNED	S.P.L.	MAY' 97
DRAW	A.P.C.	MAY' 97
CHECKED	H. RODRIGUEZ	MAY' 97
APPROVED	C. MONTES	MAY' 97

SOUTHERN PERU LIMITED

ELECTRICAL MAINTENANCE DIVISION
TOQUEPALA

AREA MINA
CONDICIONES DE LINEA DE TRANSMISION
69 Kv , 11Kv Y 4.16 Kv
IMPEDANCIA SECUENCIA POSITIVA P.U.

SCALE : NONE
JOB Nº
ACCOUNT Nº
DRAWING Nº
SP - 002 / 97



ITEM	SUBESTACIONES	TRANSFORMADORES	TENSION	UBICACION
1	S.E. Nº 1	2MVA	11/4.16 KV	3385 msnm
2	S.E. Nº 2	2MVA	11/4.16 KV	3160 msnm
3	S.E. Nº 3	2MVA	11/4.16 KV	3355 msnm
4	S.E. Nº 4	2MVA	11/4.16 KV	3310 msnm
5	S.E. Nº 5	2MVA	11/4.16 KV	3460 msnm
6	S.E. Nº 6	3.5/5 MVA	69/4.16 KV	3520 msnm
7	S.E. PUSHBACK	15/17.5 MVA	138/69 MVA	

CONDICION DE LINEA DE TRANSMISION DE 69 Kv Y 11Kv

Nº	REVISIONS	BY	DATE	CHK. D.	APPVD	DRAWING Nº	REFEREMCE DRAWINGS

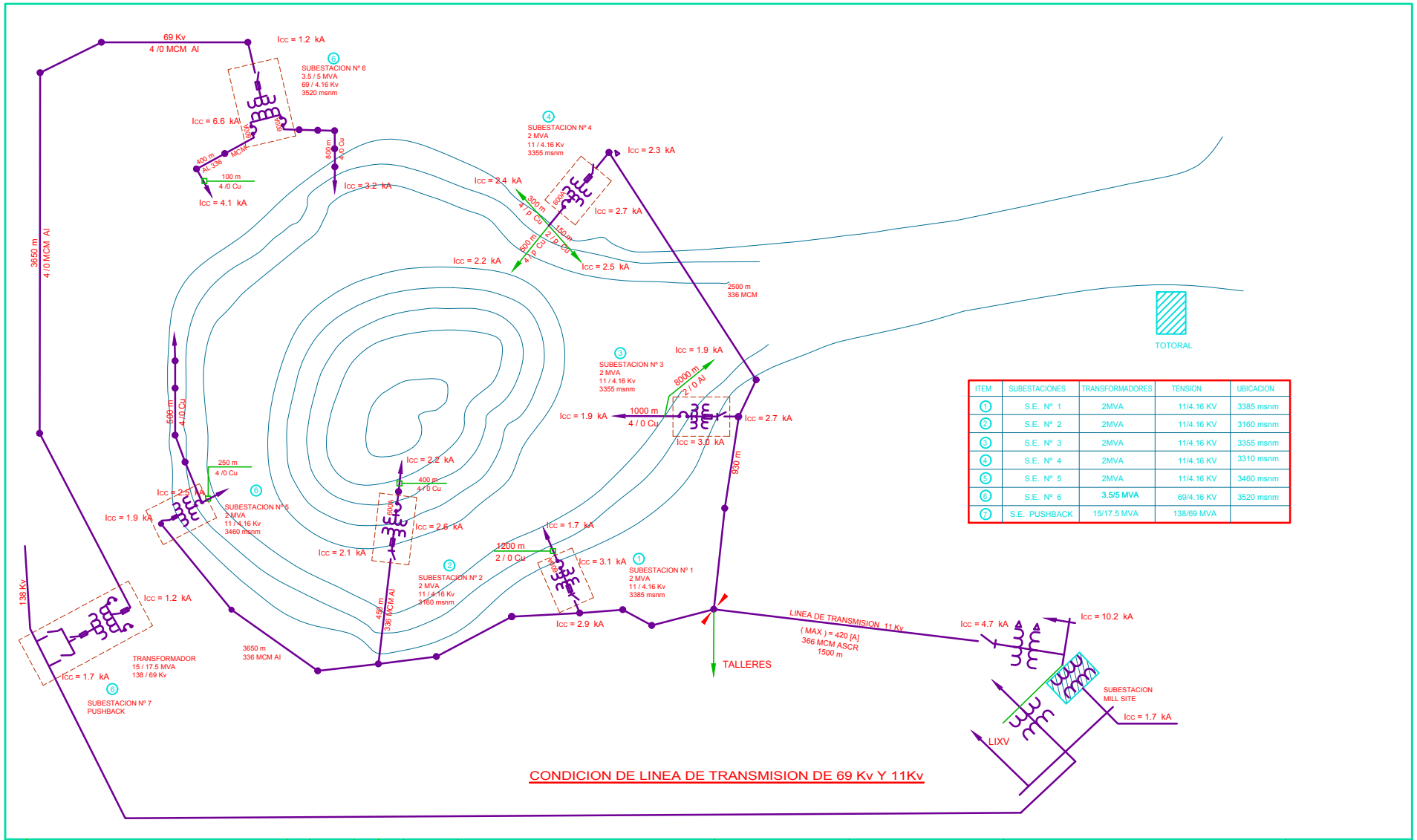
ENGINEERING RECORD	BY	DATE
DE DESIGNED	S.P.L.	MAY' 97
DRAW	A.P.C.	MAY' 97
CHECKED	H. RODRIGUEZ	MAY' 97
APPROVED	C. MONTES	MAY' 97

SOUTHERN PERU LIMITED

ELECTRICAL MAINTENANCE DIVISION
TOQUEPALA

AREA MINA
CONDICIONES DE LINEA DE TRANSMISION
69 Kv , 11Kv Y 4.16 Kv
IMPEDANCIA SECUENCIA CERO P.U.

SCALE : NONE
JOB Nº
ACCOUNT Nº
DRAWING Nº
SP - 032 / 97



ITEM	SUBESTACIONES	TRANSFORMADORES	TENSION	UBICACION
1	S.E. Nº 1	2MVA	11/4.16 KV	3385 msnm
2	S.E. Nº 2	2MVA	11/4.16 KV	3160 msnm
3	S.E. Nº 3	2MVA	11/4.16 KV	3355 msnm
4	S.E. Nº 4	2MVA	11/4.16 KV	3310 msnm
5	S.E. Nº 5	2MVA	11/4.16 KV	3460 msnm
6	S.E. Nº 6	3.5/5 MVA	69/4.16 KV	3520 msnm
7	S.E. PUSHBACK	15/17.5 MVA	138/69 MVA	

Nº	REVISIONS	BY	DATE	CHK. D.	APPVD	DRAWING Nº	REFEREMCE DRAWINGS

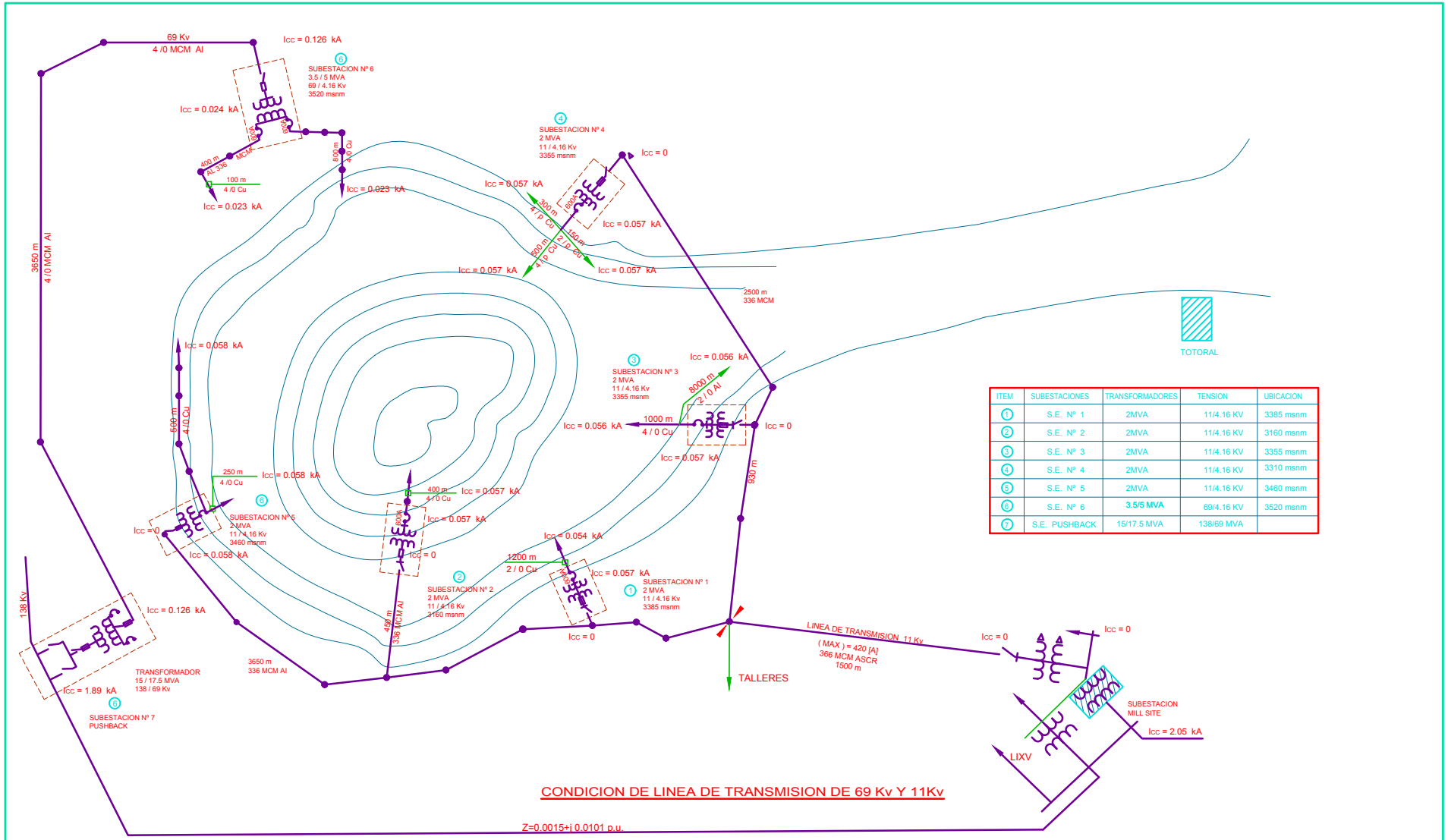
ENGINEERING RECORD	BY	DATE
DE DESIGNED	S.P.L.	MAY' 97
DRAW	A.P.C.	MAY' 97
CHECKED	H. RODRIGUEZ	MAY' 97
APPROVED	C. MONTES	MAY' 97

SOUTHERN PERU LIMITED

ELECTRICAL MAINTENANCE DIVISION
TOQUEPALA

AREA MINA
CONDICIONES DE LINEA DE TRANSMISION
69 Kv , 11Kv Y 4.16 Kv
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO FALLA 3 ∅

SCALE : NONE
JOB Nº
ACCOUNT Nº
DRAWING Nº
SP - 033 / 97



ITEM	SUBESTACIONES	TRANSFORMADORES	TENSION	UBICACION
1	S.E. Nº 1	2MVA	11/4.16 KV	3385 msnm
2	S.E. Nº 2	2MVA	11/4.16 KV	3160 msnm
3	S.E. Nº 3	2MVA	11/4.16 KV	3355 msnm
4	S.E. Nº 4	2MVA	11/4.16 KV	3310 msnm
5	S.E. Nº 5	2MVA	11/4.16 KV	3460 msnm
6	S.E. Nº 6	3.5/5 MVA	69/4.16 KV	3520 msnm
7	S.E. PUSHBACK	15/17.5 MVA	138/69 MVA	

CONDICION DE LINEA DE TRANSMISION DE 69 Kv Y 11Kv

Nº	REVISIONS	BY	DATE	CHK. D.	APPVD	DRAWING Nº	REFEREMCE DRAWINGS

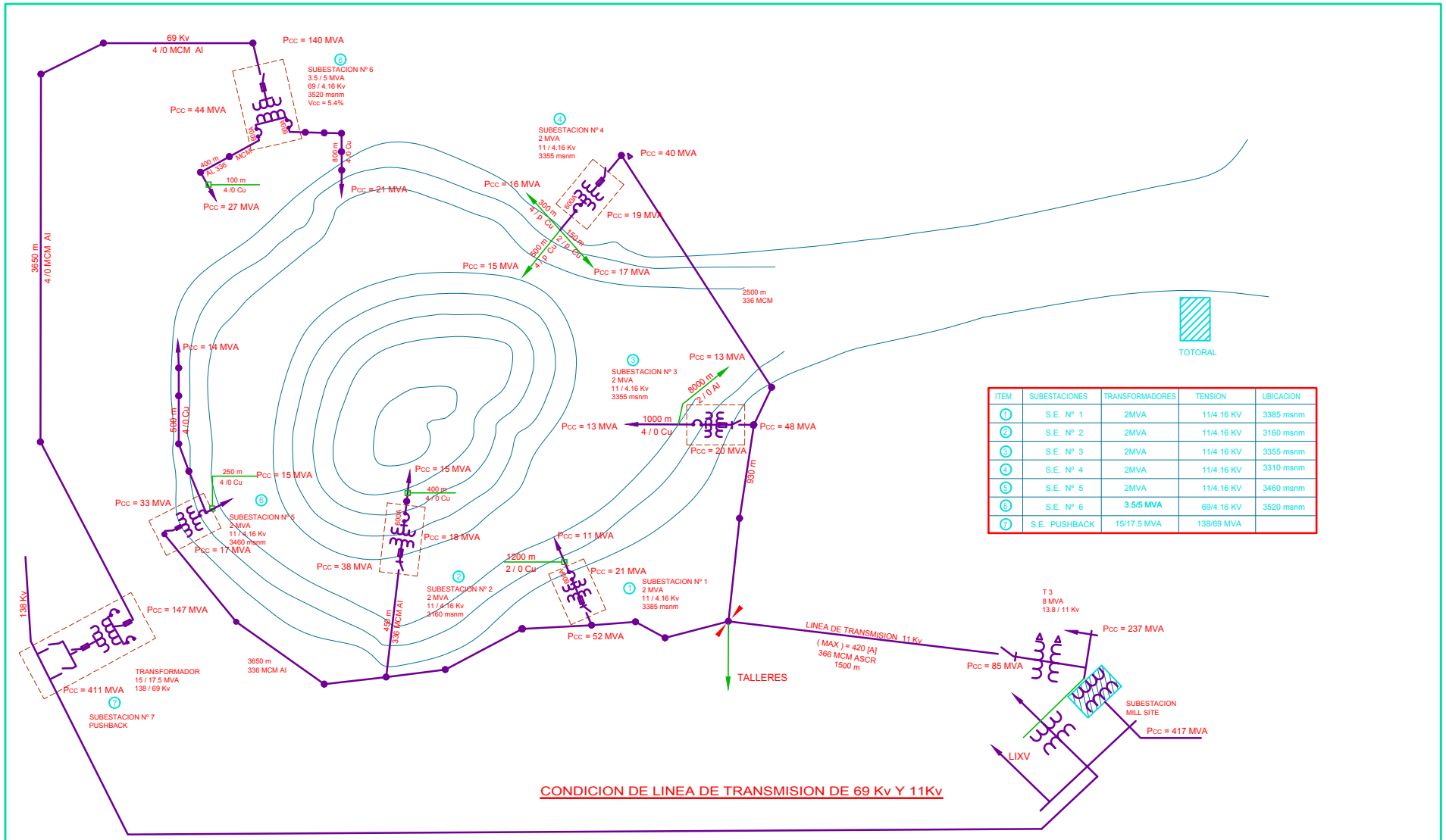
ENGINEERING RECORD	BY	DATE
DE DESIGNED	S.P.L.	MAY' 97
DRAW	A.P.C.	MAY' 97
CHECKED	H. RODRIGUEZ	MAY' 97
APPROVED	C. MONTES	MAY' 97

SOUTHERN PERU LIMITED

ELECTRICAL MAINTENANCE DIVISION
TOQUEPALA

AREA MINA
CONDICIONES DE LINEA DE TRANSMISION
69 Kv , 11Kv Y 4.16 Kv
CORRIENTE CORTOCIRCUITO FALLA 1 Ø

SCALE : NONE
JOB Nº
ACCOUNT Nº
DRAWING Nº
SP - 034/ 97



ITEM	SUBESTACIONES	TRANSFORMADORES	TENSION	UBICACION
1	S.E. Nº 1	2MVA	11/4.16 KV	3385 msnm
2	S.E. Nº 2	2MVA	11/4.16 KV	3160 msnm
3	S.E. Nº 3	2MVA	11/4.16 KV	3355 msnm
4	S.E. Nº 4	2MVA	11/4.16 KV	3310 msnm
5	S.E. Nº 5	2MVA	11/4.16 KV	3460 msnm
6	S.E. Nº 6	3.5/5 MVA	69/4.16 KV	3520 msnm
7	S.E. PUSHBACK	15/17.5 MVA	138/69 MVA	

CONDICION DE LINEA DE TRANSMISION DE 69 Kv Y 11Kv

Nº	REVISIONS	BY	DATE	CHK. D.	APPVD	DRAWING Nº	REFEREMCE DRAWINGS

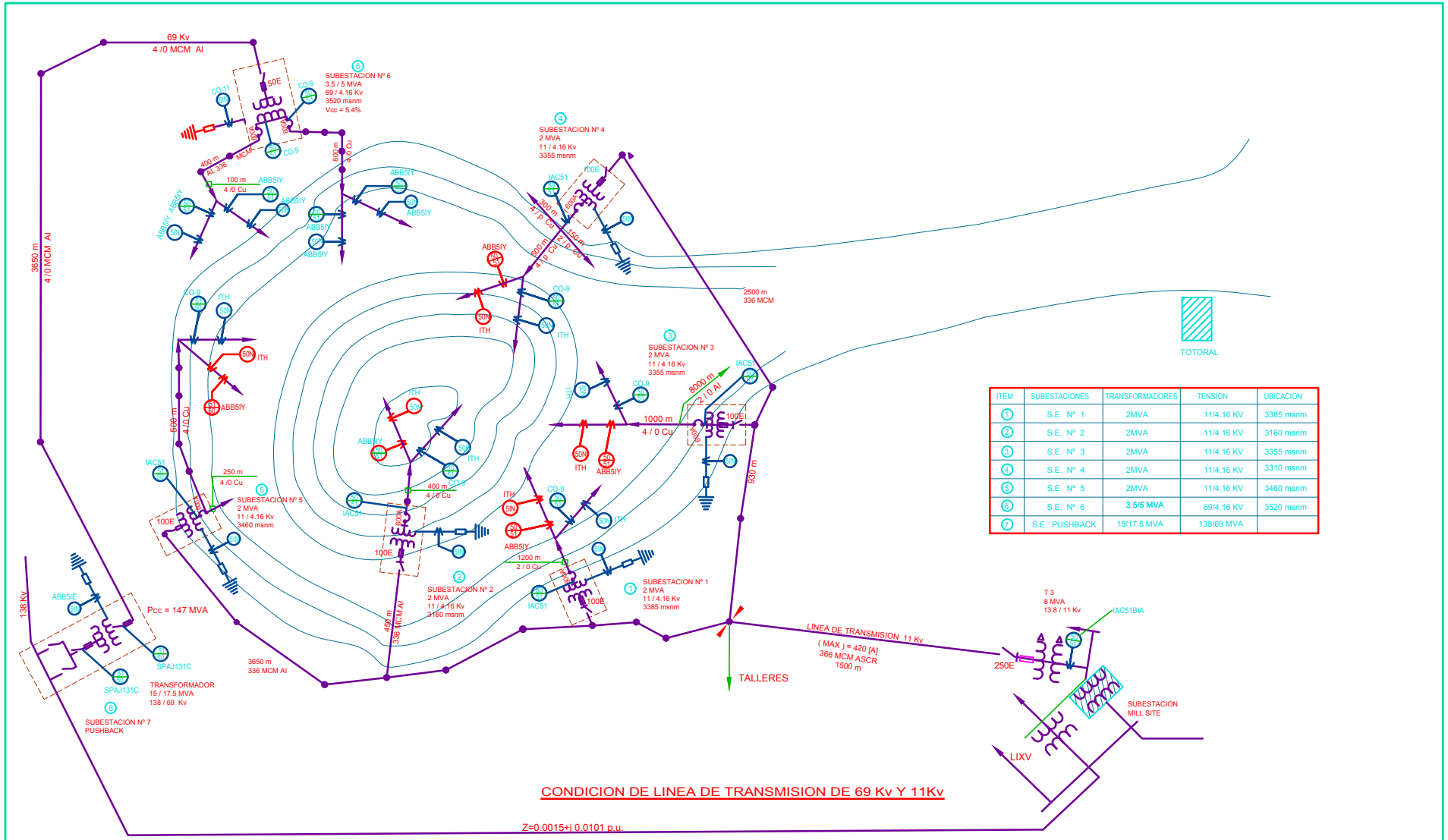
ENGINEERING RECORD	BY	DATE
DE DESIGNED	S.P.L.	MAY' 97
DRAW	A.P.C.	MAY' 97
CHECKED	H. RODRIGUEZ	MAY' 97
APPROVED	C. MONTES	MAY' 97

SOUTHERN PERU LIMITED

ELECTRICAL MAINTENANCE DIVISION
TOQUEPALA

AREA MINA
CONDICIONES DE LINEA DE TRANSMISION
69 Kv , 11Kv Y 4.16 Kv
POTENCIA DE CORTOCIRCUITO FALLA 3 Ø

SCALE : NONE
JOB Nº
ACCOUNT Nº
DRAWING Nº
SP - 035 / 97



CONDICION DE LINEA DE TRANSMISION DE 69 Kv Y 11Kv

ITEM	SUBESTACIONES	TRANSFORMADORES	TENSION	UBICACION
1	S.E. Nº 1	2MVA	11/4.16 KV	3385 msnm
2	S.E. Nº 2	2MVA	11/4.16 KV	3160 msnm
3	S.E. Nº 3	2MVA	11/4.16 KV	3355 msnm
4	S.E. Nº 4	2MVA	11/4.16 KV	3310 msnm
5	S.E. Nº 5	2MVA	11/4.16 KV	3460 msnm
6	S.E. Nº 6	3.5/5 MVA	69/4.16 KV	3520 msnm
7	S.E. PUSHBACK	15/17.5 MVA	138/69 MVA	

Nº	REVISIONS	BY	DATE	CHK. D.	APPVD	DRAWING Nº	REFEREMCE DRAWINGS

ENGINEERING RECORD	BY	DATE
DE DESIGNED	S.P.L.	MAY' 97
DRAW	A.P.C.	MAY' 97
CHECKED	H. RODRIGUEZ	MAY' 97
APPROVED	C. MONTES	MAY' 97

SOUTHERN PERU LIMITED

ELECTRICAL MAINTENANCE DIVISION
TOQUEPALA

AREA MINA
CONDICIONES DE LINEA DE TRANSMISION
69 Kv , 11Kv Y 4.16 Kv
UBICACION DE RELES

SCALE : NONE
JOB Nº
ACCOUNT Nº
DRAWING Nº
SP - 036 / 97