

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

PROGRAMA DIGITAL PARA EL MANEJO DEL SISTEMA DE  
DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELÉCTRICO

RODNEY EDUARDO CASTRO GALARZA  
ABRAHAM SUAREZ BUSTOS

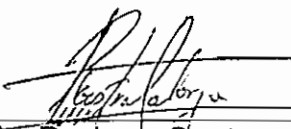
DIRECTOR: ING. CARLOS RIOFRÍO

Quito, Febrero 2003

## DECLARACIÓN

Nosotros, Rodney Castro y Abraham Suárez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



---

Rodney Castro

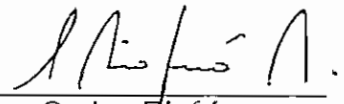


---

Abraham Suárez

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rodney Castro y Abraham Suárez, bajo mi supervisión.



---

Ing. Carlos Ríofrío

DIRECTOR DE PROYECTO

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que han hecho posible la culminación de este Proyecto de Titulación.

Rodney Castro

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme dado fortaleza, paciencia y sabiduría para culminar el presente proyecto de titulación.

Abraham Suárez

## **DEDICATORIA**

A mis padres por todas sus enseñanzas y la ayuda que me han brindado durante toda mi vida personal y profesional.

Rodney Castro

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su constante esfuerzo, amor y apoyo durante toda mi vida.

Abraham Suárez

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b> .....	<b>1</b>
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	OBJETIVOS .....	2
1.2.1	OBJETIVO PRINCIPAL.....	2
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3	ALCANCE .....	3
<b>2.</b>	<b><u>MODELACIÓN DE LOS COMPONENTES</u></b> .....	<b>1</b>
2.1	MODELACIÓN DE LA CARGA .....	1
2.1.1	MODELO DE POTENCIA CONSTANTE.....	1
2.1.2	MODELO DE CORRIENTE CONSTANTE .....	2
2.1.3	MODELO DE IMPEDANCIA CONSTANTE .....	2
2.1.4	MODELO GENERAL ADOPTADO .....	3
2.1.5	ASIGNAR CARGA A LOS NODOS DE LA RED .....	5
2.1.5.1	De acuerdo a la potencia nominal de los transformadores de distribución.....	6
2.1.5.2	De acuerdo a la medición del consumo de energía.....	6
2.1.5.3	Factor de utilización.....	7
2.1.6	MODELO DE CRECIMIENTO DE LA CARGA .....	8
2.2	MODELACIÓN DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIO VOLTAJE .....	9
2.2.1	MODELO DE LÍNEAS PARA FLUJOS DESBALANCEADOS .....	9
2.2.2	LA MATRIZ DE COMPONENTES A, B, C.....	10
2.2.3	TRANSFORMACIONES A COMPONENTES SIMÉTRICAS.....	15
2.3	MODELACIÓN DE LOS CONDENSADORES .....	16
2.4	MODELACIÓN DE REGULADORES DE VOLTAJE.....	18
	REGULADOR DE TIPO PASO.....	18
<b>3.</b>	<b><u>FLUJO DE CARGA</u></b> .....	<b>21</b>
3.1	INTRODUCCIÓN.....	21
3.2	PÉRDIDAS.....	23
3.3	ALGORITMOS .....	25
3.3.1	ALGORITMO PARA FORMAR LA TOPOLOGÍA .....	25
3.3.2	ALGORITMO PARA ACUMULAR LA CARGA.....	27
3.3.3	ALGORITMO PARA CALCULAR CORRIENTES DE SECCIÓN.....	30
3.3.4	ALGORITMO PARA CALCULAR PÉRDIDAS DE POTENCIA EN LOS TRAMOS .....	31
3.3.5	ALGORITMO PARA CALCULAR LOS VOLTAJES EN LOS NODOS.....	32
3.3.6	CRITERIO DE CONVERGENCIA .....	33
3.4	MÉTODO DE SOLUCIÓN .....	33
3.4.1	ALGORITMO DE SOLUCIÓN PARA FLUJO DESBALANCEADO.....	34
3.4.2	ALGORITMO DE SOLUCIÓN PARA FLUJO BALANCEADO .....	42



<b>4.</b>	<b><u>CÁLCULO DE CORTOCIRCUITOS</u></b>	<b>44</b>
4.1	INTRODUCCIÓN	44
4.2	TIPOS DE FALLAS	46
4.2.1	FALLA TRIFÁSICA	46
4.2.2	FALLA LÍNEA A TIERRA	46
4.2.3	FALLA LÍNEA - LÍNEA	47
4.2.4	FALLA LÍNEA - LÍNEA A TIERRA	47
4.3	MÉTODO DE CÁLCULO	48
4.4	ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITOS	49
4.4.1	CORRIENTE DE FALLA EN RÉGIMEN TRANSITORIO	50
4.4.2	RELACIÓN X/R	54
4.5	ALGORITMO DE SOLUCIÓN	55
<b>5.</b>	<b><u>PROGRAMA DIGITAL PARA EL MANEJO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EEQ S.A.</u></b>	<b>57</b>
5.1	SITUACIÓN ACTUAL	57
5.2	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	57
5.3	DISEÑO	60
5.3.1	DISEÑO DE LA ARQUITECTURA	60
5.3.2	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	61
5.3.2.1	Diagrama lógico	62
5.3.2.2	Metadatos	64
5.4	DESARROLLO DEL PROGRAMA	72
5.4.1	SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PARA EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA	72
5.4.1.1	Selección de la plataforma y sistemas operativos	72
5.4.1.2	Selección del lenguaje de programación	72
5.4.1.3	Selección del sistema de gestión de bases de datos	73
5.4.2	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE NECESARIO	73
5.4.3	CODIFICACIÓN	73
5.5	EJEMPLOS DE APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	74
5.5.1	CASO 1	74
5.5.2	CASO 2	75
5.5.3	CASO 3	76
5.5.4	CASO 4	78
5.5.5	CASO 5	79
5.5.6	CASO 6	80
5.5.7	CASO 7	81
5.5.8	CASO 8	82
5.5.9	CASO 9	82
<b>6.</b>	<b><u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u></b>	<b>85</b>
6.1	CONCLUSIONES	85
6.2	RECOMENDACIONES	86
	<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</u></b>	<b>88</b>
	<b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b>	<b>89</b>

## RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se implementa un programa que permite el manejo y análisis de sistemas radiales al nivel de alimentadores primarios, aprovechando herramientas computacionales existentes como el Sistema de Información Geográfica (GIS), toda la información se almacenó en una base de datos relacionada con la geografía de la zona.

Se desarrollan módulos que permiten realizar el cálculo de flujos de carga para sistemas balanceados y desbalanceados lo que permite determinar el nivel de voltaje en cada uno de los nodos que forman parte del alimentador, corrientes que circulan por cada uno de los tramos, pérdidas de potencia, elaborar perfiles de voltaje. Además calcular cortocircuitos, realizar modelación de la carga y reconfiguración de alimentadores, incorporar transformadores de distribución, condensadores y reguladores de voltaje. Analizar cambios en las fases de líneas y transformadores, de igual manera analizar proyecciones de demanda o modelaciones en función de las mediciones del consumo de energía de los usuarios.

El programa se lo realizó en Visual Basic, incorporando un visualizador gráfico como AutoCad, a Microsoft Excel como un elemento generador de reportes y Microsoft Access para la base de datos.

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Las empresas eléctricas de distribución usualmente no poseen información actualizada de las redes que poseen como es lo recomendable para un sistema tan cambiante en lo referente a la topología y estructura eléctrica. Razón por la cual la Unidad de Inventarios y Avalúos realizó un levantamiento de las redes de la EEQ S.A. con un alto nivel de detalle.

Además aprovechando las herramientas computacionales existentes como el Sistema de Información Geográfica (GIS), toda la información se almacenó en una base de datos relacionada con la geografía de la zona y, que refleja la conectividad de las redes.

Esta base de datos no solo que permite visualizar los elementos que conforman la red sino que también permite disponer de datos adicionales y características de cada uno de los equipos.

Partiendo del hecho que se dispone de información acerca de las características de la red de distribución y de las características de los equipos, se pensó en el desarrollo de un programa digital que permita realizar el cálculo de flujos de carga y cortocircuitos para alimentadores primarios radiales.

El cálculo de flujos de carga es importante puesto que el mismo permite determinar lo siguiente:

- Nivel de voltaje en cada uno de los nodos que conforman el alimentador primario.
- La corriente que circula por cada uno de los tramos del alimentador primario
- El flujo tanto de potencia activa como reactiva a través de cada uno de los tramos.

- Las pérdidas de potencia que se producen en los tramos.

Toda esta información que se obtiene luego de haber realizado un flujo de carga es importante para la Empresa Eléctrica Quito S.A.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL**

El Objetivo principal del presente proyecto de titulación es el de realizar un Programa Digital que incorpore funciones para el cálculo de Flujos de Carga, Cortocircuitos y Modelación de Carga en alimentadores primarios radiales, adquiriendo la información de la base de datos de la Unidad de Avalúos e Inventarios; la misma que también se encuentra relacionada con la base geográfica que se encuentra en AutoCad.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Desarrollar un programa digital que permita realizar el cálculo de flujos de carga para sistemas tanto equilibrados como no equilibrados en alimentadores primarios radiales, el mismo que permita determinar el nivel de voltaje en cada uno de los nodos que forman parte del alimentador, corrientes que circulan por cada uno de los tramos, pérdidas de potencia que se producen debido a los conductores, elaborar perfiles de voltaje; utilizando para ello la parte topológica de la red que se encuentra en un ambiente gráfico como es el AutoCad.

Este programa digital debe permitir modelar la carga: ya sea utilizando las potencias nominales de los transformadores que forman parte del alimentador o por medio de la medición del consumo de energía de los usuarios; la misma que está directamente asociada a un transformador.

El programa digital también debe permitir calcular corrientes de cortocircuitos, simulando para ello fallas del tipo trifásicas, monofásicas, línea-línea, y línea – línea –tierra, calculándose el valor de la corriente de cortocircuito en régimen transitorio y en régimen permanente.

### 1.3 ALCANCE

El presente trabajo permite la modelación de la carga de las redes primarias, a partir de las mediciones del consumo de energía de los usuarios o de la capacidad nominal de los transformadores instalados.

El Flujo de Carga se calcula para sistemas equilibrados y no equilibrados en los alimentadores primarios radiales que opera la Empresa Eléctrica Quito S.A., por este motivo fue necesario el estudio de los algoritmos acertados para la solución así como la programación de los mismos.

Analizar la estructura de la base de datos de la Unida de Inventarios y Avalúos UIA de la EEQSA y presentar los requerimientos a la misma.

Acoplar el sistema diseñado al ambiente gráfico y de trabajo que es utilizado en la Unidad de Inventarios y Avalúos de la empresa Eléctrica Quito S.A.

## CAPITULO II

### 2. MODELACIÓN DE LOS COMPONENTES

#### 2.1 MODELACIÓN DE LA CARGA

Carga es cualquier equipo, aparato, máquina eléctrica que conectada a la red consume energía eléctrica activa (kW) o reactiva (kVAR).

De acuerdo a su relación con el voltaje de alimentación, la carga puede ser modelada de diferente forma, existen tres modelos, los mismos que se indican a continuación:

- Modelo de carga de potencia constante.
- Modelo de carga de corriente constante.
- Modelo de carga de impedancia constante.

A continuación se procederá a detallar de una manera más explícita cada uno de los modelos de carga enumerados anteriormente.

##### 2.1.1 MODELO DE POTENCIA CONSTANTE

El modelo se caracteriza porque la potencia de la carga permanece constante. Si el nivel de voltaje de alimentación disminuye, la carga absorbe mayor cantidad de corriente (R1).

Este modelo de carga es conveniente utilizarlo en el sector industrial porque la mayor parte de los equipos instalados son motores eléctricos, los mismos que se caracterizan por absorber siempre la misma cantidad de potencia; es decir que si el nivel de voltaje disminuye, los motores absorben mayor cantidad de corriente.

Este modelo parte de la siguiente ecuación.

$$S^* = V^* I \quad \text{Ec. 2.1}$$

En la ecuación 2.1, la potencia  $S$  es la que permanece constante, y la magnitud de

voltaje y corriente son las que varían, pero las mismas varían de manera inversa.

De la ecuación 2.1 se despeja la corriente, y se tiene que:

$$\begin{aligned} S &= P + jQ \\ S^* &= P - jQ \\ I &= \frac{S^*}{V^*} \end{aligned} \quad \text{Ec. 2.2}$$

### 2.1.2 MODELO DE CORRIENTE CONSTANTE

Este modelo considera que la carga siempre consume la misma cantidad de corriente, independientemente del nivel de voltaje que llegue a la carga (R1).

En lo que respecta al sector residencial, es conveniente utilizar este modelo de carga; porque si bien es cierto que los focos se comportan como elementos de impedancia constante, los electrodomésticos al poseer motores obedecen a un modelo de carga de potencia constante, dando como resultado que la carga se comporte como un modelo de corriente constante.

De manera similar al modelo de potencia constante, el modelo de corriente constante parte de la ecuación que se presenta a continuación.

$$S^* = V_n^* I$$

Es importante indicar que este modelo se calcula a través de la potencia ( $S$ ) y el voltaje nominal de la carga ( $V_n$ ), para tener el valor de la corriente ( $I$ ) constante, deben permanecer constantes los valores de potencia y voltaje nominal.

$$I = \frac{S^*}{V_n^*} \quad \text{Ec. 2.3}$$

### 2.1.3 MODELO DE IMPEDANCIA CONSTANTE

El modelo de carga de impedancia constante, se caracteriza porque la carga es representada por un valor de impedancia, la misma que permanece constante,

pese a las variaciones de voltaje ( $R1$ ).

$$S^* = V_n^* I$$

De la ley de Ohm se tiene que

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$I = Y \cdot V$$

$$\Rightarrow Y = \frac{I}{V_n}$$

$$Y = \frac{S^*}{V_n^* \cdot V_n}$$

$$\therefore I = \frac{S^* \cdot V}{V_n^* \cdot V_n}$$

$$\Rightarrow I = \frac{S^* \cdot V}{V_n^2}$$

Ec. 2.4

#### 2.1.4 MODELO GENERAL ADOPTADO

Establecer una modelación de carga en la cual se encuentren involucrados los modelos de carga anteriormente descritos, es de gran utilidad porque ello permite determinar de forma adecuada el comportamiento de la carga. Para ello es necesario incluir ciertos coeficientes que afecten a cada uno de los modelos de carga.

La modelación de carga escrita en fórmula queda de la siguiente manera:

$$I = FPC \cdot \left( \frac{S^*}{V^*} \right) + FCC \cdot \left( \frac{S^*}{V_n^*} \right) + FZC \cdot \left( \frac{S^* \cdot V}{V_n^2} \right) \quad \text{Ec. 2.5}$$

Donde:

*FPC*: Fracción de carga que obedece a un modelo de potencia constante.

*FCC*: Fracción de carga que obedece a un modelo de corriente constante.



*FZC*: Fracción de carga que obedece a un modelo de impedancia constante.

Es importante indicar que el sumatorio de los valores de las fracciones de carga debe tener el valor de 1, es decir:

$$FPC + FCC + FZC = 1$$

Las fracciones de carga pueden ser aplicadas en diferentes niveles, existiendo tres niveles, los mismos que se indican a continuación:

- Subestación
- Alimentador
- Nodo

La aplicación de las fracciones de carga en cada uno de los niveles indicados anteriormente, se la realiza de acuerdo a la información que se disponga.

Así por ejemplo en el caso de que se disponga valores de fracciones de carga pertenecientes a la subestación y valores de fracciones de carga de un alimentador primario perteneciente a la misma subestación, al momento de realizar un flujo de carga para el alimentador primario, se tomarán como valores de fracciones de carga las del alimentador primario. Si por el contrario únicamente se tuvieran valores de fracciones de carga para la subestación, al momento de realizar el flujo de carga para el alimentador primario se asumirá que los valores de fracciones de carga de la subestación son los valores fracciones de carga del alimentador.

De igual manera si se tienen valores de fracciones de carga del alimentador primario y de un nodo perteneciente al mismo alimentador, al momento de realizar el cálculo del flujo de carga del alimentador, se aplicarán las fracciones de carga del alimentador primario para todos los nodos que conforman el mismo, excepto para el nodo en el cual se tienen fracciones de carga dadas.

La ecuación 2.5 puesta en pu queda expresada de la siguiente manera:

$$i = FPC \cdot \left( \frac{s^*}{v^*} \right) + FCC \cdot \left( \frac{s^*}{v_n^*} \right) + FZC \cdot (s^* \cdot v) \quad \text{Ec. 2.6}$$

Esta ecuación se aplica para las tres fases:

$$\text{Fase } a: \quad i_a^k = FPC \cdot \left( \frac{(s_a^k)^*}{(v_a^k)^*} \right) + FCC \cdot \left( \frac{(s_a^k)^*}{v_n^*} \right) + FZC \cdot \left( (s_a^k)^* \cdot v_a^k \right)$$

Donde:

$s_a^k$ : Carga de la fase  $a$  en el nodo " $k$ "

$v_a^k$ : Voltaje de la fase  $a$  en el nodo " $k$ "

$v_n$ : Voltaje nominal de la fase  $a$  ( 1 pu ángulo 0 grados)

$$\text{Fase } b: \quad i_b^k = FPC \cdot \left( \frac{(s_b^k)^*}{(v_b^k)^*} \right) + FCC \cdot \left( \frac{(s_b^k)^*}{v_n^*} \right) + FZC \cdot \left( (s_b^k)^* \cdot v_b^k \right)$$

Donde:

$s_b^k$ : Carga de la fase  $b$  en el nodo " $k$ "

$v_b^k$ : Voltaje de la fase  $b$  en el nodo " $k$ "

$v_n$ : Voltaje nominal de la fase  $b$  ( 1 pu ángulo 240 grados)

$$\text{Fase } c: \quad i_c^k = FPC \cdot \left( \frac{(s_c^k)^*}{(v_c^k)^*} \right) + FCC \cdot \left( \frac{(s_c^k)^*}{v_n^*} \right) + FZC \cdot \left( (s_c^k)^* \cdot v_c^k \right)$$

Donde:

$s_c^k$ : Carga de la fase  $c$  en el nodo " $k$ "

$v_c^k$ : Voltaje de la fase  $c$  en el nodo " $k$ "

$v_n$ : Voltaje nominal de la fase  $c$  ( 1 pu ángulo 120 grados)

### 2.1.5 ASIGNAR CARGA A LOS NODOS DE LA RED

En lo referente a asignar carga, se han adoptado dos métodos:

- Potencia nominal de los transformadores

- Medición del consumo de energía

#### 2.1.5.1 De acuerdo a la potencia nominal de los transformadores de distribución.

Este modelo de asignación de carga es conveniente utilizarlo cuando se tiene poca o ninguna información acerca del consumo de energía por parte de los usuarios. Considera como carga del alimentador primario, las potencias nominales de los transformadores que se encuentran instalados en dicho alimentador multiplicadas por un factor de utilización.

#### 2.1.5.2 De acuerdo a la medición del consumo de energía.

El otro modelo de asignación de carga, está basado en la medición del consumo de energía de los usuarios.

El modelo basado en la medición del consumo de la energía de los usuarios asociados a un transformador de distribución se desarrolla sobre la base de lo descrito en la Tesis "Programa interactivo para la selección y operación económica de transformadores de distribución" (R4), y se resume a continuación:

La demanda asociada a los transformadores de distribución se la realiza mediante la medición del consumo de energía (kWh) de los usuarios en un período de tiempo y el número de usuarios asociados al mismo.

A continuación se presentan los modelos matemáticos utilizados.

#### Modelo Rural Electrification Administration (REA)

$$Y = Z \left( A_0 - A_1 \cdot Z + A_2 \cdot (Z^2 + A_3)^{0.5} \right) A_4 \cdot X^{A5} / \text{Factor de potencia} \quad \text{Ec. 2.7}$$

#### Modelo Polinomial

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X + A_2 \cdot X^2 + A_3 \cdot X / Z \quad \text{Ec. 2.8}$$

#### Modelo cuadrático

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X + A_2 \cdot X^2 \quad \text{Ec. 2.9}$$

## Modelo potencial

$$Y = A_0 \cdot Z \cdot X^{d1}$$

Ec.2.10

Donde

Z: Número de clientes que originan el consumo

X: Consumo en kWh promediados en 30 días

Y: Demanda máxima

Los valores de los coeficientes de los modelos matemáticos se presentan en la tabla que se indica a continuación y han sido tomados de referencia (R4).

Modelo	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
REA	1.00000	- 0.40000	0.40000	40.00000	0.00592	0.88500
POLINOMIAL	0.60095	4.62116	- 0.08175	3.77113	-----	-----
CUADRÁTICO	0.89050	4.71061	-0.09167	-----	-----	-----
POTENCIAL	0.00750	0.88500	-----	-----	-----	-----

Mediante la aplicación de cualquiera de los modelos matemáticos presentados, se determina la carga asociada a cada uno de los transformadores pertenecientes al alimentador.

Mediante la aplicación de uno de los modelos matemáticos se determina la demanda de potencia asociada al transformador, es decir se determina el valor de la potencia activa; y a través del factor de potencia se establece el valor de la potencia aparente del transformador (S).

### 2.1.5.3 Factor de utilización.

El factor de utilización es un parámetro que indica el grado de utilización de la capacidad de los transformadores instalados que forman parte del alimentador.

Para determinar el grado de utilización de un alimentador primario, se debe establecer: la capacidad nominal instalada de los transformadores que no es más que la sumatoria de las capacidades nominales de los transformadores instalados

en el alimentador, y tener la medición de la potencia eléctrica que sale de la Subestación (R3).

El factor de utilización se lo determina aplicando la siguiente fórmula:

$$Fu = \frac{LSE}{\sum kVA} \quad \text{Ec. 2.11}$$

Donde:

*LSE*: Lectura de la Subestación (Medición de la potencia que entrega la subestación en kVA)

$\sum kVA$ : Sumatorio de las potencias nominales de los transformadores instalados en el alimentador.

*Fu*: Factor de utilización

El valor por defecto para el factor de utilización en el programa es de 0.25, en caso de poseer información acerca de la potencia eléctrica entregada por la subestación, se puede calcular este factor mediante la ecuación 2.11.

### 2.1.6 MODELO DE CRECIMIENTO DE LA CARGA

Como se conoce el sistema de distribución es muy dinámico, lo que quiere decir que el sistema se encuentra en permanente cambio, debido a que se incrementan nuevas redes para poder dar servicio a nuevos clientes, modificación de las redes existentes, etc. Lo cual implica cambio de transformadores por unos de mayor capacidad, cambio de calibres de conductores, cambio de nivel de voltaje.

Debido al creciente número de usuarios que solicitan la instalación del servicio de suministro de energía eléctrica, es importante tener una idea de lo que sucederá en los próximos años en cuanto a la capacidad de los alimentadores primarios, por ello se ha establecido un mecanismo para simular el efecto del crecimiento de la carga.

Para simular el efecto del incremento de la carga se requieren dos datos, los mismos que son: la tasa de crecimiento de la carga, y el número de años de

estudio en el cual se desea establecer el nuevo valor de la demanda.

$$Fc = \left(1 + \frac{tc}{100}\right)^n \quad \text{Ec. 2.12}$$

Donde:

$Fc$ : Factor de crecimiento

$tc$ : Tasa de crecimiento en porcentaje

$n$ : Número de años

El valor de factor de crecimiento de la carga afecta al valor de la carga actual y con ello se simula el efecto de incremento de la carga, a una tasa de crecimiento y años especificados.

Este factor de crecimiento de la carga puede ser aplicado en diferentes niveles, existiendo tres niveles, los mismos que se indican a continuación:

- Subestación
- Alimentador
- Nodo

La aplicación de los factores de crecimiento es similar a la aplicación de los valores de fracciones de carga explicadas en la sección 2.1.4.

## **2.2 MODELACIÓN DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIO VOLTAJE**

En lo que se refiere a la modelación de las líneas de distribución se ha adoptado dos tipos de modelos.

- Modelo de líneas para flujos desbalanceados y;
- Modelo de líneas para flujos balanceados.

### **2.2.1 MODELO DE LÍNEAS PARA FLUJOS DESBALANCEADOS**

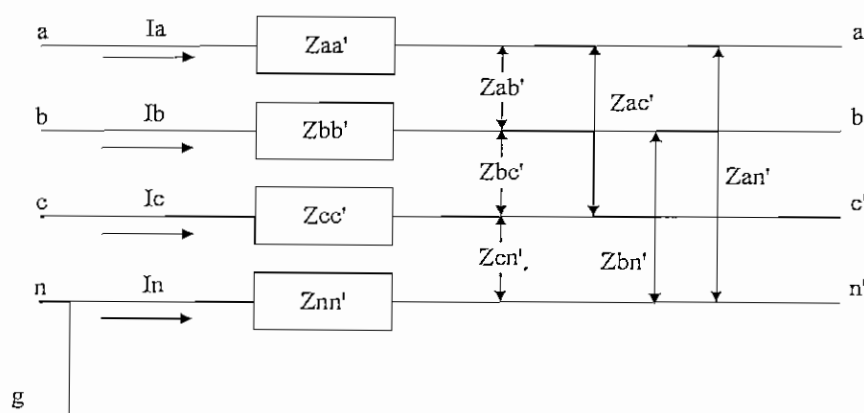
La modelación de las líneas para flujos desbalanceados se la realiza por medio de las ecuaciones de Carson; la que permite obtener una matriz de impedancias la cual se utiliza luego para determinar las caídas de voltaje (R1).

### 2.2.2 LA MATRIZ DE COMPONENTES A, B, C.

El modelo que se presenta a continuación ha sido tomado de la Tesis "Programa computacional didáctico para el cálculo de parámetros de redes de distribución aéreas y subterráneas" (R5)

#### MODELO PARA LÍNEAS TRIFÁSICAS

"Para un circuito trifásico de cuatro conductores con el neutro puesto a tierra como el de la figura 2.1, las ecuaciones de Carson llevan a desarrollar la matriz de impedancias de componentes de fase cuya dimensión es (4 x 4), que se caracteriza por ser compleja y simétrica.



**Figura 2.1** Impedancias propias y mutuas en un sistema de cuatro conductores.

De la figura anterior se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{bmatrix} V_{aa'} \\ V_{bb'} \\ V_{cc'} \\ V_{nn'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{ag} - V_{a'g} \\ V_{bg} - V_{b'g} \\ V_{cg} - V_{c'g} \\ V_{ng} - V_{n'g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{aa'} & Z_{ab'} & Z_{ac'} & Z_{an'} \\ Z_{ba'} & Z_{bb'} & Z_{bc'} & Z_{bn'} \\ Z_{ca'} & Z_{cb'} & Z_{cc'} & Z_{cn'} \\ Z_{na'} & Z_{nb'} & Z_{nc'} & Z_{nn'} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_n \end{bmatrix}$$

Es decir que:

$$\Delta V_{abcn} = Z_{abcn} \cdot I_{abcn}$$

Una de las formas de eliminar o reducir el neutro de un sistema de componentes de fase es el considerar como en los Sistemas Eléctricos de Potencia que la caída de voltaje en el neutro es cero es decir, que:  $V_{nn'} = 0$

$$\begin{bmatrix} V_{aa'} \\ V_{bb'} \\ V_{cc'} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{aa'} & Z_{ab'} & Z_{ac'} & Z_{an'} \\ Z_{ba'} & Z_{bb'} & Z_{bc'} & Z_{bn'} \\ Z_{ca'} & Z_{cb'} & Z_{cc'} & Z_{cn'} \\ Z_{na'} & Z_{nb'} & Z_{nc'} & Z_{nn'} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_n \end{bmatrix}$$

Si en el sistema anterior de ecuaciones, de la cuarta ecuación se despeja la corriente del neutro  $I_n$  y se realizan las respectivas sustituciones y operaciones se tiene que las impedancias de la nueva matriz de fase ya sin neutro serían:

$$Z_{pQ} = Z_{p'q'} - \frac{Z_{p'n} \cdot Z_{nq'}}{Z_{nn'}} \quad \text{Ec. 2.13}$$

para:

$$P = A, B, C.$$

$$Q = A, B, C.$$

$$p = a, b, c.$$

$$q = a, b, c.$$

donde  $n$  es el neutro del sistema.

De modo que al aplicar la ecuación 2.13 se obtiene la gráfica 2.2 y la nueva matriz de componentes de fase con el neutro reducido de la forma siguiente:

$$\begin{bmatrix} V_{AA'} \\ V_{BB'} \\ V_{CC'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{Ag} - V_{A'g} \\ V_{Bg} - V_{B'g} \\ V_{Cg} - V_{C'g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{AA'} & Z_{AB'} & Z_{AC'} \\ Z_{BA'} & Z_{BB'} & Z_{BC'} \\ Z_{CA'} & Z_{CB'} & Z_{CC'} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix}$$

Donde se tiene que

$$I_A = I_a, \quad I_B = I_b, \quad I_C = I_c$$



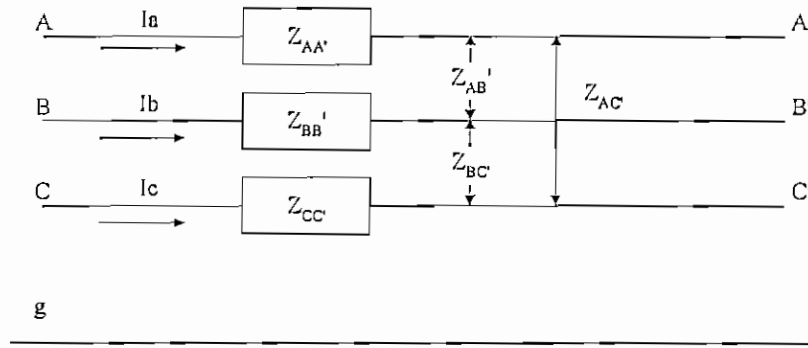


Figura. 2.2 Impedancias propias y mutuas en un sistema de tres conductores sin Neutro.

Esto generalmente no es correcto en el caso de líneas y redes de distribución, ya que existe un desequilibrio entre las cargas, esto origina caídas de voltaje en el conductor neutro y no pueden ser consideradas despreciables como en el caso de las líneas de transmisión trifásicas de Sistemas Eléctricos de Potencia, peor aún en el caso de las líneas de dos fases o monofásicas, en las que la corriente por el neutro o por el paralelo entre el neutro y la tierra son equivalentes en magnitud a las corrientes de fase.

Es por esta razón que en sistemas de distribución se utiliza el procedimiento, donde la corriente por el neutro es la suma de las corrientes de las fases, es decir que:

$$I_n = -(I_a + I_b + I_c)$$

Al reemplazar la corriente del neutro en la figura 2.1, se introduce el efecto del conductor neutro en el circuito trifásico, por lo tanto las caídas de voltaje se representan en el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\begin{bmatrix} V_{aa'} \\ V_{bb'} \\ V_{cc'} \\ V_{nn'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{ag} - V_{a'g} \\ V_{bg} - V_{b'g} \\ V_{cg} - V_{c'g} \\ V_{ng} - V_{n'g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{aa'} & Z_{ab'} & Z_{ac'} & Z_{an'} \\ Z_{ba'} & Z_{bb'} & Z_{bc'} & Z_{bn'} \\ Z_{ca'} & Z_{cb'} & Z_{cc'} & Z_{cn'} \\ Z_{na'} & Z_{nb'} & Z_{nc'} & Z_{nn'} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ -(I_a + I_b + I_c) \end{bmatrix}$$

Realizando las respectivas operaciones y agrupaciones se obtiene:

$$\begin{aligned} V_{aa'} &= V_{ag} - V_{a'g} = I_a (Z_{aa'} - Z_{an'}) + I_b (Z_{ab'} - Z_{an'}) + I_c (Z_{ac'} - Z_{an'}) \\ V_{bb'} &= V_{bg} - V_{b'g} = I_a (Z_{ba'} - Z_{bn'}) + I_b (Z_{bb'} - Z_{bn'}) + I_c (Z_{bc'} - Z_{bn'}) \\ V_{cc'} &= V_{cg} - V_{c'g} = I_a (Z_{ca'} - Z_{cn'}) + I_b (Z_{cb'} - Z_{cn'}) + I_c (Z_{cc'} - Z_{cn'}) \\ V_{nn'} &= V_{ng} - V_{n'g} = I_a (Z_{na'} - Z_{nn'}) + I_b (Z_{nb'} - Z_{nn'}) + I_c (Z_{nc'} - Z_{nn'}) \end{aligned}$$

Si se considera que las caídas de potencial en el gráfico 2.2, de la nueva matriz son:

$$\begin{aligned} V_{AA'} &= V_{aa'} - V_{nn'} \\ V_{BB'} &= V_{bb'} - V_{nn'} \\ V_{CC'} &= V_{cc'} - V_{nn'} \end{aligned}$$

Como en la figura 2.2, se tiene que:

$$\begin{aligned} V_{AA'} &= I_a (Z_{aa'} - Z_{an'} - Z_{na'} + Z_{nn'}) + I_b (Z_{ab'} - Z_{an'} - Z_{nb'} + Z_{nn'}) + I_c (Z_{ac'} - Z_{an'} - Z_{nc'} + Z_{nn'}) \\ V_{BB'} &= I_a (Z_{ba'} - Z_{bn'} - Z_{na'} + Z_{nn'}) + I_b (Z_{bb'} - Z_{bn'} - Z_{nb'} + Z_{nn'}) + I_c (Z_{bc'} - Z_{bn'} - Z_{nc'} + Z_{nn'}) \\ V_{CC'} &= I_a (Z_{ca'} - Z_{cn'} - Z_{nc'} + Z_{nn'}) + I_b (Z_{cb'} - Z_{cn'} - Z_{nb'} + Z_{nn'}) + I_c (Z_{cc'} - Z_{cn'} - Z_{nc'} + Z_{nn'}) \end{aligned}$$

Por tanto:

$$\Delta V_{ABC} = Z_{ABC} \cdot I_{abc}$$

Para:

$$P = A, B, C$$

$$Q = A, B, C.$$

$$p = a, b, c.$$

$$q' = a, b, c.$$

donde  $n$  es el neutro del sistema.

Donde:

$$Z_{PQ} = Z_{pq'} + Z_{nn'} - Z_{nq'} - Z_{pn'}$$

En el caso de las líneas primarias de distribución en las que el neutro es puesto a

tierra en más de dos puntos por cada kilómetro, es posible introducir una corrección aproximada en el cálculo de las impedancias, por cuanto el camino de retorno por tierra de las corrientes de desbalance se produce por el paralelo entre la tierra y el neutro.

La corrección es adecuada para el cálculo de la regulación de tensión y ha sido sugerida, en los siguientes términos: La corriente de retorno se distribuye aproximadamente en un equivalente en que la incidencia de la parte que circularía por el neutro representa una fracción de la corriente total que fluctúa entre el 25 y 33%, aun en condiciones en que el neutro es de una sección aproximadamente del 50% de la sección de los conductores de las fases, por lo tanto el sistema de ecuaciones de la figura 2.1, se transforman en:

$$\begin{bmatrix} V_{aa'} \\ V_{bb'} \\ V_{cc'} \\ V_{nn'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{ag} - V_{a'g} \\ V_{bg} - V_{b'g} \\ V_{cg} - V_{c'g} \\ V_{ng} - V_{n'g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{aa'} & Z_{ab'} & Z_{ac'} & Z_{an'} \\ Z_{ba'} & Z_{bb'} & Z_{bc'} & Z_{bn'} \\ Z_{ca'} & Z_{cb'} & Z_{cc'} & Z_{cn'} \\ Z_{na'} & Z_{nb'} & Z_{nc'} & Z_{nn'} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ -K(I_a + I_b + I_c) \end{bmatrix}$$

Realizando las respectivas operaciones se obtiene que:

$$\begin{aligned} V_{aa'} &= V_{ag} - V_{a'g} = I_a(Z_{aa'} - K \cdot Z_{an'}) + I_b(Z_{ab'} - K \cdot Z_{bn'}) + I_c(Z_{ac'} - K \cdot Z_{cn'}) \\ V_{bb'} &= V_{bg} - V_{b'g} = I_a(Z_{ba'} - K \cdot Z_{bn'}) + I_b(Z_{bb'} - K \cdot Z_{bn'}) + I_c(Z_{bc'} - K \cdot Z_{cn'}) \\ V_{cc'} &= V_{cg} - V_{c'g} = I_a(Z_{ca'} - K \cdot Z_{cn'}) + I_b(Z_{cb'} - K \cdot Z_{cn'}) + I_c(Z_{cc'} - K \cdot Z_{cn'}) \\ V_{nn'} &= V_{ng} - V_{n'g} = I_a(Z_{na'} - K \cdot Z_{nn'}) + I_b(Z_{nb'} - K \cdot Z_{nn'}) + I_c(Z_{nc'} - K \cdot Z_{nn'}) \end{aligned}$$

Si se considera que los voltajes de la nueva matriz son:

$$\begin{aligned} V_{AA} &= V_{aa'} - V_{nn'} \\ V_{BB} &= V_{bb'} - V_{nn'} \\ V_{CC} &= V_{cc'} - V_{nn'} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{AA} &= I_a(Z_{aa'} - K \cdot Z_{an'} - Z_{na'} + K \cdot Z_{nn'}) + I_b(Z_{ab'} - K \cdot Z_{bn'} - Z_{nb'} + K \cdot Z_{nn'}) + I_c(Z_{ac'} - K \cdot Z_{cn'} - Z_{nc'} + K \cdot Z_{nn'}) \\ V_{BB} &= I_a(Z_{ba'} - K \cdot Z_{bn'} - Z_{na'} + K \cdot Z_{nn'}) + I_b(Z_{bb'} - K \cdot Z_{bn'} - Z_{nb'} + K \cdot Z_{nn'}) + I_c(Z_{bc'} - K \cdot Z_{cn'} - Z_{nc'} + K \cdot Z_{nn'}) \\ V_{CC} &= I_a(Z_{ca'} - K \cdot Z_{cn'} - Z_{nc'} + K \cdot Z_{nn'}) + I_b(Z_{cb'} - K \cdot Z_{cn'} - Z_{nb'} + K \cdot Z_{nn'}) + I_c(Z_{cc'} - K \cdot Z_{cn'} - Z_{nc'} + K \cdot Z_{nn'}) \end{aligned}$$

Es decir que los términos de la nueva matriz de componentes  $ABC$  es:

$$Z_{PQ} = Z_{pq'} + K \cdot Z_{nn'} - Z_{nq'} - K \cdot Z_{pn'}$$

para

$$P = A, B, C.$$

$$Q = A, B, C.$$

$$p = a, b, c.$$

$$q' = a, b, c.$$

$$K = \text{de } 0.25 \text{ a } 0.33$$

donde  $n$  es el neutro del sistema.

### 2.2.3 TRANSFORMACIONES A COMPONENTES SIMÉTRICAS.

Lo referente a las transformaciones a componentes simétricas ha sido tomado de la referencia (R7).

“La utilidad del método de las componentes simétricas es para resolver problemas de sistemas polifásicos desbalanceados en términos de sistemas balanceados. El método es aplicable a sistemas con cualquier número de fases.

Verdaderamente sistemas trifásicos balanceados existen solo en teoría. En realidad, muchos sistemas son muy cercanamente balanceados y, para propósitos prácticos, pueden ser analizados como si estos fuesen realmente sistemas balanceados. Sin embargo, hay también situaciones (cargas desbalanceadas, conductores abiertos, etc.) donde el grado de desbalance no puede ser omitido. Muchas de estas situaciones envuelven un punto particular de desbalance sobre un sistema balanceado. Estos son los casos en los cuales el método de las componentes simétricas encuentran aplicación.

El método permite que los fasores del sistema trifásico desbalanceado se resuelvan en un sistema de fasores balanceados.

Los sistemas balanceados de fasores usados en el análisis de componentes simétricas trifásicas son:

1. Componentes de secuencia positiva, formados por tres vectores de igual módulo, con diferencias de fase en  $120^\circ$  y con la misma secuencia de fases de los vectores originales.
2. Componentes de secuencia negativa, formados por tres vectores de igual módulo, con diferencias de fase en  $120^\circ$  y con la secuencia de fases opuestas a la de los vectores originales.
3. Componentes de secuencia cero, formados por tres vectores de igual módulo y con una diferencia de fase nula.

Para el cálculo de fallas de cortocircuitos es necesario realizar la transformación de la matriz de impedancias de fases  $a,b,c$  a una matriz de componentes de secuencia 0,1,2.

Por tal motivo se aplica la transformación de componentes simétricas, mediante la ecuación que se presenta a continuación".

$$Z_{012} = T_s^{-1} \cdot Z_{abc} \cdot T_s \quad \text{Ec. 2.14}$$

$$T_s = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}$$

### 2.3 MODELACIÓN DE LOS CONDENSADORES

Los condensadores son elementos utilizados para suplir la demanda de reactivos en los sistemas de distribución (R2).

La compensación de reactivos se la realiza por medio de condensadores estáticos, los mismos que pueden estar conectados en serie o en paralelo.

Los condensadores se conectan en paralelo cuando se quiere reducir las pérdidas de potencia y energía; incrementar los niveles de voltaje y capacidad del sistema y además para mejorar el factor de potencia. Si hay una demanda variable de potencia reactiva en el sistema se utiliza bancos de condensadores que pueden entrar en operación en forma manual o automática.

Los condensadores se ubican en alimentadores primarios puesto que de esta manera se encuentran cerca de los centros de carga.

El uso de condensadores presenta beneficios, entre los cuales se puede mencionar:

Permite mejorar el factor de potencia de los alimentadores primarios.

En caso de tener niveles de voltaje bajos en determinados puntos de la red, se puede ubicar un condensador cerca y con ello se logra mejorar el nivel de voltaje en el punto deseado.

Los condensadores se han modelado en el programa como un elemento de impedancia constante.

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$I = Y \cdot V$$

Ec. 2.15

Al modelo presentado en la sección 2.1.4 y resumido en la ecuación 2.5, si se introduce el efecto de los condensadores queda establecido por la siguiente ecuación:

$$I = FPC \cdot \left( \frac{S^*}{V^*} \right) + FCC \cdot \left( \frac{S^*}{V_n^*} \right) + FZC \cdot \left( \frac{S^* \cdot V}{V_n^2} \right) + Y \cdot V$$

Ec. 2.16

Como los condensadores son elementos de impedancia constante el último término de la ecuación 2.16 se la puede reemplazar por  $\frac{S_c^* \cdot V}{V_n^2}$ .

La ecuación 2.16 expresada en pu se la indica a continuación.

$$i = FPC \cdot \left( \frac{s^*}{v^*} \right) + FCC \cdot \left( \frac{s^*}{v_n^*} \right) + FZC \cdot (s^* \cdot v) + s_c^* \cdot v \quad \text{Ec. 2.17}$$

## 2.4 MODELACIÓN DE REGULADORES DE VOLTAJE

“Un regulador de voltaje es un autotransformador regulable automáticamente, que posee dos bobinados, y que de acuerdo con la tensión deseada excitará un control electrónico, el mismo que regula el nivel de voltaje a través del segundo bobinado.

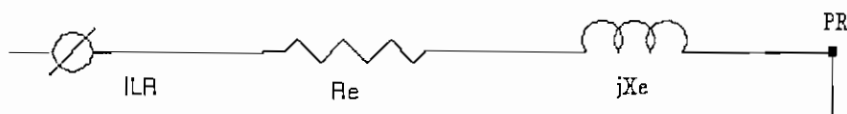
Existen dos tipos de reguladores: el de paso y el de inducción, siendo el de paso el más utilizado por su menor costo” (R1).

### REGULADOR DE TIPO PASO

“Este tipo de regulador tiene conectado en paralelo el bobinado primario de excitación, y el otro bobinado conectado en serie con la línea.

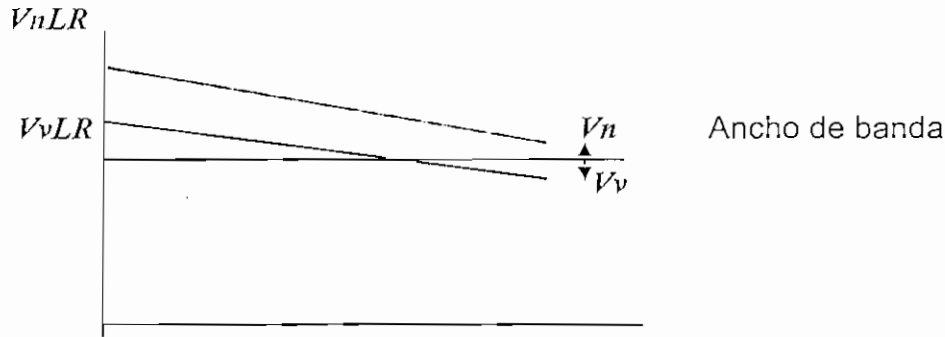
Posee un mecanismo que cambia los taps del bobinado serie en forma automática.

Normalmente el rango de regulación está entre -10% a +10%, y pueden tener 8, 16 o 32 pasos” (R1).



Rango de regulación ( $R_r$ ):  $\pm 10\%$

Número de pasos del regulador ( $N_{pasos}$ ): 32



$$r = \left( \frac{V_n}{V_v} - 1 \right) \cdot 100\% \quad \text{Ec. 2.18}$$

$$\text{Pasoregulador} = \frac{Rr}{N_{pasos}} \quad \text{Ec. 2.19}$$

$$N_p = \frac{r}{\text{Pasoregulador}} \quad \text{Ec. 2.20}$$

$$\% \text{regul} = r \cdot 100\% \quad \text{Ec. 2.21}$$

$$V_{nLR} = V_{vLR} \cdot \% \text{regul} \quad \text{Ec. 2.22}$$

$$R_e + jX_e = \frac{V_{LR} - V_{PR}}{ILR} \quad \text{Ec. 2.23}$$

$$RLDC = \frac{TC}{\frac{TP}{120}} \cdot R_e \quad \text{Ec. 2.24}$$

$$XLDC = \frac{TC}{\frac{TP}{120}} \cdot X_e$$

Donde:

$V_n$ : Voltaje nuevo (voltaje deseado en el punto de regulación)

$V_v$ : Voltaje viejo (voltaje en el punto de regulación sin el regulador)

$Rr$ : Rango de regulación

$r$ : Regulación

$N_p$ : Número de pasos del regulador

$ILR$ : Corriente de carga del regulador

$V_{LR}$ : Voltaje en el punto de localización del regulador

$V_{PR}$ : Voltaje en el punto de regulación.



$V_{nLR}$ : Voltaje nuevo en el punto de Localización del regulador, es decir es el voltaje que se necesita en el nodo en el cual está ubicado el regulador.

$V_{vLR}$ : Voltaje viejo en el punto de localización del regulador, o sea el voltaje que existía en el nodo antes de la ubicación del regulador

$R_e$ : Resistencia equivalente del tramo en el cual se hace la regulación.

$X_e$ : Reactancia equivalente del tramo en el cual se hace la regulación.

$TC$ : Corriente nominal que circula por el primario del transformador de corriente

$TP$ : Primario del transformador de potencia en voltios.

$RLDC$ : Calibración de la resistencia del circuito de control del regulador

$XLDC$ : Calibración de la reactancia del circuito de control del regulador

La regulación se la calcula en el punto de regulación, o sea en el nodo en el cual se desea elevar el nivel de voltaje.

Es necesario indicar que el valor de la regulación ( $r$ ) se lo ha calculado en el punto de regulación, pero este mismo valor se lo aplica en el punto de ubicación de regulador para determinar el voltaje necesario en el punto de localización del regulador, a fin de obtener el voltaje deseado en el nodo de regulación.

El número de pasos ( $N_p$ ) que se deben mover en el regulador para obtener el voltaje deseado, representa cuantas posiciones se debe mover el tap.

## CAPITULO III

### 3. FLUJO DE CARGA

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

El sistema de distribución está constituido por líneas de subtransmisión, subestaciones de distribución, alimentadores primarios, transformadores de distribución, redes secundarias y finalmente acometidas a usuarios.

Las líneas de subtransmisión son las encargadas de transportar la energía hasta las subestaciones de distribución. El transporte de energía lo realizan a niveles de voltaje tales como 138 kV, 69 kV, 46 kV, siendo el último nivel de voltaje que se utiliza en la Empresa Eléctrica Quito. En las subestaciones de distribución mediante los transformadores se reduce el nivel de voltaje a niveles de 13.8 kV para la mayoría de las Empresas, y 23 kV o 6.3 kV para el caso de la Empresa Eléctrica Quito.

De las subestaciones de distribución toman la energía los alimentadores primarios y la conducen hasta los transformadores de distribución, la configuración de los alimentadores primarios es en gran parte radial.

Los alimentadores primarios están conformados: por líneas aéreas o subterráneas que transportan la energía, transformadores de distribución, equipos (condensadores, reguladores, seccionadores) y postes.

Previo al cálculo de un flujo de carga es necesario determinar los nodos eléctricos que forman el alimentador primario, entendiéndose como nodo eléctrico cualquier punto de la red en el cual exista un transformador, condensador, seccionador, regulador, o una derivación. También es necesario disponer de cierta información general del sistema como: diagrama unifilar, parámetros eléctricos de las líneas, características de los nodos eléctricos (derivación o carga), en los nodos eléctricos que tienen carga es necesario conocer el valor de la demanda (activa como reactiva), etc.

Una vez que se tiene toda esta información se procede a calcular el flujo de carga, el mismo que consiste en determinar en cada uno de los nodos que conformen la red: el voltaje (en magnitud y ángulo), las potencias (activa y reactiva) que fluyen en cada línea y las pérdidas.

El flujo de carga es importante porque al determinar el voltaje en cada uno de los nodos que conforman el alimentador primario, se puede conocer los sitios en los cuales el nivel de voltaje es demasiado bajo (no cumple con las normas), establecer las corrientes que circulan por cada uno de los tramos (líneas), y determinar las pérdidas de potencia.

Existen dos tipos de flujos de carga:

- Flujo de carga balanceado y;
- Flujo de carga desbalanceado.

En un flujo de carga balanceado es necesario indicar que se considera que la carga se encuentra balanceada en cada una de las fases del circuito del alimentador. Razón por la cual los cálculos se los realiza como si se tratase de un circuito unifilar, ya que los resultados que se obtengan para una de las fases; se puede considerar que prácticamente es el mismo para las fases restantes con sus respectivos desfases.

El flujo de carga desbalanceado parte del hecho que la carga no siempre se encuentra balanceada en cada una de las fases del circuito, esto implica que al momento de realizar los cálculos hay que hacerlo para las tres fases, tomando en cuenta el desfase que existe entre cada una de ellas.

Para el cálculo de flujos de carga, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$i = \left( \frac{s^*}{v} \right)$$

$$\Delta v = Z \cdot i$$

$$v_n = v_a + \Delta v$$

Ec. 3.1

Donde

$v_n$ : Voltaje nuevo

$v_a$ : Voltaje anterior

### 3.2 PÉRDIDAS

Es importante para cualquier empresa de distribución realizar el estudio de pérdidas. Las pérdidas en un sistema eléctrico pueden ser de dos tipos: *técnicas* y *no técnicas*. Las pérdidas técnicas se producen por efecto de la resistencia física de los conductores al paso de la corriente y se encuentran en todos los componentes del sistema, y las no técnicas también llamadas negras, se producen por robo, fraude, deficiencias en la lectura y facturación.

En los alimentadores primarios del sistema de distribución, las pérdidas se deben principalmente al efecto Joule, estas se encuentran relacionadas con las corrientes que circulan por los elementos de un sistema y su magnitud es proporcional al cuadrado de la corriente. Por medio de la ecuación 3.2 se puede determinar las pérdidas de potencia para un estado de carga determinado:

$$P = I^2 \cdot R \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

$P$  : Pérdidas de potencia en el elemento del sistema en vatios (W).

$I$  : Corriente que circula por el elemento en amperios (A).

$R$  : Resistencia del elemento en ohmios ( $\Omega$ ).

El cálculo de pérdidas que se producen por el efecto Joule en cada tramo de red se lo puede realizar con la aplicación de la ecuación 3.2

Una vez que se tiene determinadas las pérdidas de potencia en cada tramo de red que conforman el alimentador primario, se puede calcular las pérdidas totales realizando la acumulación de pérdidas de cada tramo.

La corriente que circula por cada segmento que conforman el alimentador primario, está directamente relacionado con la carga acumulada en el nodo, la resistencia del segmento está determinada por las características del conductor

Para el flujo de carga equilibrado las pérdidas de potencia se las calcula por medio de la utilización de fórmulas de acuerdo al tipo de circuito.

Así para el circuito trifásico, las pérdidas se las calcula por medio de la siguiente fórmula.

$$P_{per3\phi} (kW) = 3 \cdot \left( \frac{kVA_T}{3kVfn} \right)^2 \cdot \frac{rf \cdot L}{1000} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

$P_{per3\phi}$ : Pérdidas de potencia trifásicas

$kVA_T$ : Carga total en kVA

$rf$ : Resistencia del conductor en  $\Omega/\text{km}$

$L$ : Longitud de la sección en km

Para un circuito de dos fases, las pérdidas se calculan a través de la siguiente fórmula.

$$P_{per2\phi} (kW) = 2.2 \cdot \left( \frac{kVA_T}{2 \cdot kVfn} \right)^2 \cdot \frac{rf \cdot L}{1000} \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde:

$P_{per2\phi}$ : Pérdidas de potencia 2 fases

2.2 : Número de conductores equivalentes

$kVA_T$ : Carga total en kVA

$rf$ : Resistencia del conductor en  $\Omega/\text{km}$

$L$ : Longitud de la sección en km

Para un circuito monofásico, las pérdidas se calculan a través de la siguiente

fórmula.

$$P_{per1\phi} (kW) = 1.2 \cdot \left( \frac{kVA_T}{kVfn} \right)^2 \cdot \frac{rf \cdot L}{1000} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

$P_{per1\phi}$ : Pérdidas de potencia monofásicas

1.2 : Número de conductores equivalentes

$kVA_T$ : Carga total en kVA

$rf$ : Resistencia del conductor en  $\Omega/\text{km}$

$L$ : Longitud de la sección en km

Para el cálculo de pérdidas de potencia en sistemas equilibrados, se utiliza la siguiente ecuación matricial.

$$\Delta s_{abc}_i^k = \begin{pmatrix} \Delta v a_i^k \\ \Delta v b_i^k \\ \Delta v c_i^k \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} i s a_i^k \\ i s b_i^k \\ i s c_i^k \end{pmatrix}^*$$

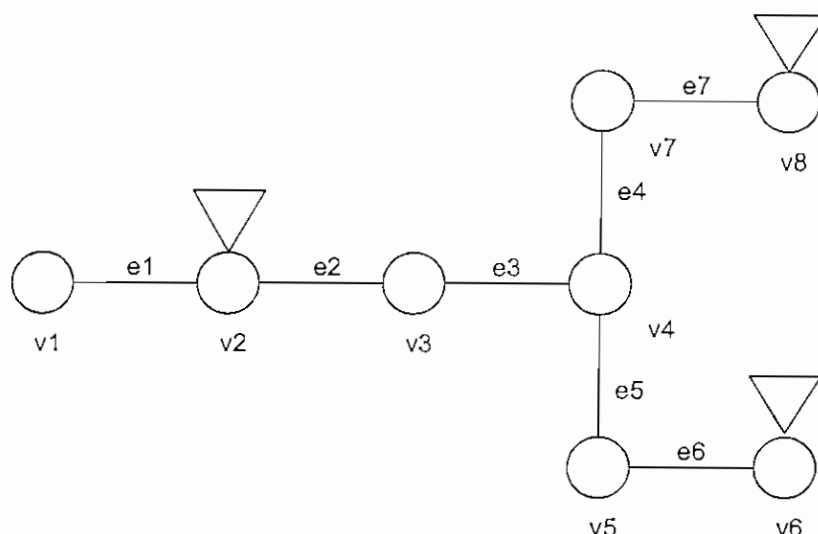
### 3.3 ALGORITMOS

En la elaboración de cualquier programa digital es necesario determinar los algoritmos que se utilizan para poder establecer la solución del problema.

A continuación se procede a detallar los algoritmos que se requieren para calcular el flujo de carga para sistemas de distribución.

#### 3.3.1 ALGORITMO PARA FORMAR LA TOPOLOGÍA

En la fig. 3.1 se muestra un circuito aéreo a nivel de medio voltaje, en donde los postes y cruces son los nodos  $\underline{v}$ , los conductores son los tramos  $\underline{e}$  (R6).



**Figura 3.1** Circuito de media tensión con nodos y tramos.

El objetivo es encontrar todos los postes (nodos) y conductores (tramos) asociados (conectados).

Sean:             $N$  = conjunto de nodos asociados;  
                       $T$  = conjunto de tramos asociados

En síntesis partiendo del nodo de inicio, se ingresa a cada tramo (que llega a ese nodo) hasta encontrar el nodo siguiente. Se marca los tramos y nodos visitados. Si se llega a un nodo que no ha sido visitado, se hace un llamado recursivo para visitar todos los tramos que llegan al mismo.

El algoritmo permite ir aguas abajo identificando los nodos eléctricos. Para niveles de medio voltaje se asigna como nodo eléctrico al punto en donde exista una derivación o haya un equipo o transformador.

A continuación se presenta un pseudocódigo, del algoritmo que encuentra  $N$  y  $T$ .

Procedimiento Aguas\_abajo( $v$ )

agregar  $v$  a  $N$

Sea  $M = \{ \text{Todos los tramos } e \text{ que llegan a } v \}$

para cada (tramo  $e$  en  $M$ ) hacer

```

    si {e no está en M} hacer /* si el tramo no ha sido visitado */
        agregar e a I
        Sea w = el próximo nodo del tramo e
        si (w no está en N) hacer /* si el nodo w no ha sido visitado */
            aguas_abajo(w)
        Fin si
    Fin si
Fin para
Sea N = { }
Sea T = { }
aguas_abajo(v1)
Fin procedimiento

```

En las redes de distribución es posible también realizar un reconfiguración de los alimentadores primarios, los principales criterios para ello son los siguientes:

- Encontrar un mejor nivel de operación para el sistema en condiciones normales.
- Procurar la continuidad de servicio, en caso de que se haya desconectado un alimentador primario o parte del mismo, debido a un mantenimiento, trabajo programado, sobrecarga, fallas.
- Reorganización de redes para definir áreas de influencia que estén acordes para la situación y capacidad de las subestaciones.

Para realizar la reconfiguración de alimentadores, es necesario que el alimentador primario tenga equipos de seccionamiento y protección, los mismos que facilitan el realizar la operación y el mantenimiento del alimentador.

En caso de desear simular una reconfiguración, el algoritmo para formar la nueva topología es el anteriormente descrito.

### 3.3.2 ALGORITMO PARA ACUMULAR LA CARGA

Este algoritmo tiene como objetivo el realizar la acumulación de la carga que forma parte del alimentador primario, para ello se utilizan los vectores de la



topología.

El proceso comienza almacenando en un vector  $\underline{N}$  la carga  $\underline{c}$  existente en cada uno de los nodos  $\underline{v}$  que conforman la red del alimentador primario.

A continuación se parte desde el nodo más alejado de la subestación y a través de los vectores que contienen la topología de la red se realiza un recorrido de todo el alimentador primario, y al mismo tiempo se va acumulando la carga.

La carga acumulada se la almacena en otro vector, y estos valores son utilizados para realizar el cálculo del flujo de carga balanceado en el alimentador primario.

Este algoritmo se lo utiliza en el cálculo de flujo de carga para un sistema balanceado.

Procedimiento `acumular_carga()`

Sea  $\underline{\text{Nodo}} = \{\text{Todos los } \underline{v} \text{ (nodos del alimentador)}\}$

Sea  $\underline{N} = \{\}$  /\* inicialmente este vector está vacío \*/

para cada (nodo  $\underline{v}$  en  $\underline{\text{Nodo}}$ ) hacer

agregar  $\underline{c}$  a  $\underline{N}$  /\* almacenamiento de la carga del nodo en el vector \*/

Fin para

Sea  $\text{NDE} = \{\text{Vector que contiene los nodos de envío (nodo de inicio de tramo)}\}$

$\text{NDR} = \{\text{Vector que contiene los nodos de recepción (nodo final del tramo)}\}$

para cada (nodo  $\underline{v}$  en  $\underline{\text{Nodo}}$ ) hacer /\* nodo  $\underline{v}$  es el último nodo del vector  $\underline{M}$  \*/

asignar  $\text{NDE}(\underline{v})$  a  $\text{aux}$

asignar suma (  $\underline{N}(\text{aux})$  con  $\text{N}(\underline{v})$ ) a  $\underline{N}(\text{aux})$

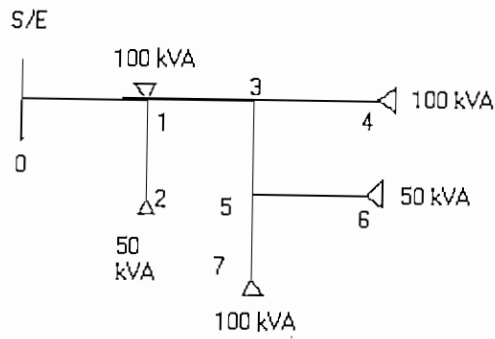
sea ahora  $\underline{v} =$  el nodo anterior en el vector  $\underline{\text{Nodo}}$

Fin para

Fin procedimiento

### Ejemplo

En el presente ejemplo se ilustra el proceso de acumulación de carga.



Nodo = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} /\* vector que contiene los nodos \*/

$N = \{ \}$  /\* se procede a almacenar la carga \*/

Nodo	1	2	3	4	5	6	7
Carga kVA	100	50	0	100	0	50	100

$N = \{100, 50, 0, 100, 0, 50, 100\}$  /\* vector que contiene carga de los nodos \*/

Para formar los vectores NDE y NDR se utiliza el algoritmo de topología.

Ejemplo :

$NDE = 0$   $NDR = 1$ ,  $NDE = 1$   $NDR = 2$ ,  $NDE = 1$   $NDR = 3$ ,  $NDE = 3$   $NDR = 5$ ,  
 $NDE = 3$   $NDR = 4$ ,  $NDE = 5$   $NDR = 6$ ,  $NDE = 5$   $NDR = 7$ .

$NDE = \{0, 1, 1, 3, 3, 5, 5\}$

$NDR = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$

A continuación el algoritmo indica que se debe partir del último nodo del vector M

**Ejemplos:**

Posición	1	2	3	4	5	6	7
<u>N</u>	100	50	0	100	0	50	100

$\underline{V} = 7$   $NDE(7) = 5 \Rightarrow aux = 5$

$\underline{N}(5) + \underline{N}(7) = 0 + 100 = N(5)$

Vector actualizado

Posición	1	2	3	4	5	6	7
<u>N</u>	100	50	0	100	100	50	100

$$\underline{V} = 6 \quad \text{NDE}(6) = 5 \quad \Rightarrow \quad \text{aux} = 5$$

$$\underline{N}(5) + \underline{N}(6) = 100 + 50 = \underline{N}(5)$$

Vector actualizado

Posición	1	2	3	4	5	6	7
<u>N</u>	100	50	0	100	150	50	100

$$\underline{V} = 5 \quad \text{NDE}(5) = 3 \quad \Rightarrow \quad \text{aux} = 3$$

$$\underline{N}(3) + \underline{N}(5) = 0 + 150 = \underline{N}(3)$$

Vector actualizado

Posición	1	2	3	4	5	6	7
<u>N</u>	100	50	150	100	150	50	100

El proceso continúa y finaliza cuando se llegue al nodo 1.

Se procede a presentar el vector que contiene la carga acumulada N al finalizar el proceso.

Vector de cargas acumuladas en kVAs

Posición	1	2	3	4	5	6	7
<u>N</u>	400	50	250	100	150	50	100

### 3.3.3 ALGORITMO PARA CALCULAR CORRIENTES DE SECCIÓN

Este algoritmo tiene como objetivo el determinar las corrientes que circulan por cada una de los tramos de línea que conforman el alimentador primario.

Para ello en primer lugar se calcula la corriente que se produce por efecto de la carga existente en los nodos y se la almacena en un vector  $I$ .

De manera similar al algoritmo de acumulación de la carga, se parte desde el nodo más alejado de la subestación y a través de los vectores que contienen la topología se realiza el recorrido a través de todo el alimentador y se procede a calcular las corrientes de sección.

Este algoritmo se lo utiliza en el cálculo del flujo de carga desbalanceado

```

Procedimiento corrientes_seccion()
Sea Nodo = {Todos los v (nodos del alimentador)}
Sea N = { } /* inicialmente este vector está vacío */
Sea I = { } /* inicialmente este vector esta vacío */
para cada (nodo v en Nodo) hacer
    agregar c a N /* almacenamiento de la carga del nodo en el vector */
Fin para
para cada(nodo v en Nodo) hacer
    calcular i
    agregar i a I
fin para
Sean NDE = {Vector que contiene los nodos de envío (nodo de inicio de tramo)}
    NDR = {Vector que contiene los nodos de recepción (nodo final del tramo)}
para cada (nodo v en Nodo) hacer /* nodo v es el último nodo del vector M */
    asignar NDE(v) a aux
    asignar suma (I(aux) con I(v)) a I(aux)
    sea ahora v = el nodo anterior en el vector Nodo
Fin para
Fin procedimiento

```

### 3.3.4 ALGORITMO PARA CALCULAR PÉRDIDAS DE POTENCIA EN LOS TRAMOS

Este algoritmo parte del hecho que se tienen calculadas las corrientes y caídas de voltaje en cada uno de los tramos que forman el alimentador.

El objetivo es determinar las pérdidas de potencia en cada uno de los tramos que son parte del alimentador.

```

Procedimiento pérdidas_potencia()
Sea CV = {Caída de voltaje dv en los tramos e}
    Nodo = {Conjunto de nodos v del alimentador}
    I = {Conjunto de corrientes i en la sección}
    DS = {Vector que almacena las pérdidas de potencia ds en las secciones}

Para cada (nodo v en Nodo) hacer /* nodo v es el último nodo del vector Nodo */
    Asignar multiplicación(CV(v) con I(v)) a DS(v)

```

Asignar  $\underline{y}$  el nodo anterior en Nodo

Fin para

para cada (nodo  $\underline{y}$  en Nodo) hacer /\* nodo  $\underline{y}$  es el último nodo del vector M \*/

asignar  $NDE(\underline{y})$  a aux

asignar suma ( $\underline{DS}(\text{aux})$  con  $\underline{DS}(\underline{y})$ ) a  $\underline{DS}(\text{aux})$

sea ahora  $\underline{y}$  = el nodo anterior en el vector Nodo

Fin para

Fin procedimiento

### 3.3.5 ALGORITMO PARA CALCULAR LOS VOLTAJES EN LOS NODOS

El objetivo del algoritmo es determinar los valores de voltaje en cada uno de los nodos eléctricos que forman parte del alimentador.

Para calcular los voltajes por fase en circuitos bifásicos, en primer lugar se debe calcular la caída de voltaje; lo cual se determina por medio de la matriz de impedancias que para el circuito bifásico tendrá varios valores que serán cero debido a que no existe una de las fases, además de ello la corriente en la fase que no existe será cero. De esto se tiene que únicamente existirá caída de voltaje en las fases existentes, y con ello se establece el voltaje de las fases existentes.

Para la utilización del presente algoritmo es necesario previamente haber calculado la caída de voltaje  $\underline{dv}$  en cada una de las secciones o tramos que forman parte del alimentador primario, las mismas que son almacenadas en un vector CV.

Luego se procede a calcular los nuevos valores de voltaje en cada uno de los nodos de acuerdo a la topología de la red, utilizando para ello el voltaje de la iteración anterior y las caídas de voltaje que se presentan en cada tramo en la iteración actual.

Procedimiento cálculo\_voltaje()

Sea CV = {Caída de voltaje  $\underline{dv}$  en los tramos  $\underline{e}$ }

Nodo = {Conjunto de nodos  $\underline{y}$  del alimentador }

V = {Vector de voltajes en cada uno de los nodos  $\underline{y}$ }

NDE = {Vector que contiene los nodos de envío (nodo de inicio de tramo)}

NDR = {Vector que contiene los nodos de recepción (nodo final del tramo)}

Para cada (nodo  $\underline{y}$  en Nodo) hacer  
 asignar  $NDE(\underline{y})$  a aux  
 asignar resta ( $\underline{V}(\text{aux})$  con  $\underline{CV}(\underline{y})$ ) a  $\underline{V}(\text{aux})$   
 sea ahora  $\underline{y}$  = el nodo siguiente en el vector Nodo  
 Fin para  
 Fin procedimiento

### 3.3.6 CRITERIO DE CONVERGENCIA

En cualquier programa digital iterativo es necesario determinar un criterio de convergencia, el mismo que determina si el proceso iterativo debe continuar o ha llegado a su fin.

Por ello se ha seleccionado como criterio de convergencia la diferencia de pérdida de potencia en dos iteraciones consecutivas, lo que escrito en fórmula queda de la siguiente manera:

$$error = \left| \Delta S_1^{k-1} - \Delta S_1^k \right|$$

Donde

$\Delta S_1^{k-1}$ : Pérdida de potencia en el nodo 1 para la iteración anterior.

$\Delta S_1^k$ : Pérdida de potencia en el nodo 1 para la iteración actual.

$k$ : Número de iteración

Si el error es menor que un valor de convergencia, el cual es ingresado por el usuario, el proceso iterativo finaliza.

En caso de que el error no sea menor al valor de convergencia, el programa digital continúa iterando, pero existe también un número máximo de iteraciones, si el número de iteración supera este valor, el programa automáticamente finaliza el proceso iterativo.

## 3.4 MÉTODO DE SOLUCIÓN

El método que se ha seleccionado para determinar los flujos de carga en las redes de distribución es el de las leyes de Kirchhoff, el mismo que tiene su

fundamento en la aplicación de leyes de voltaje y corriente. Las cargas se representan como inyecciones nodales de corriente.

Una vez que se ha seleccionado el método de solución, lo primero que se debe determinar es la topología del alimentador primario, para ello se parte desde el nodo 0 el mismo que corresponde a aquel nodo que se halla en la subestación, y luego se va numerando el resto de nodos eléctricos que conforman el alimentador primario, esto se lo realiza considerando la conectividad que existe entre cada nodo.

### 3.4.1 ALGORITMO DE SOLUCIÓN PARA FLUJO DESBALANCEADO

A continuación se presenta en forma resumida los pasos que se deben seguir:

1. Se asigna un voltaje inicial de 1 pu para todos los nodos que conforman el alimentador primario, excepto para el nodo cero, el mismo que corresponde a la subestación, y que tiene un valor de voltaje conocido.
2. Calcular el valor de corriente de inyección nodal  $I_k$  por fase
3. Calcular el valor de corriente que circula por la sección  $I_{sk}$  por fase
4. Calcular el valor de caída de voltaje  $\Delta V$  por fase para cada uno de los nodos
5. Calcular los valores de los nuevos voltajes por fase en cada uno de los nodos
6. Calcular el valor del error, si el mismo es menor que el de criterio de convergencia, finaliza. De lo contrario repetir los pasos del 2 al 6.

Una vez que se tiene claro cual es el procedimiento que se debe seguir, se presenta de una manera más detallada cada uno de los pasos indicados anteriormente.

- 1) Asignamos un voltaje inicial de 1 pu para todos los nodos de la red excepto para el nodo de la subestación cuyo voltaje es un valor conocido.

$$\begin{aligned}
 k &= 1 \\
 va_i^k &= 1 \angle 0^\circ && \text{para } i = 1 \text{ hasta NF} \\
 va_i^k &= 1 + j0 \\
 vb_i^k &= 1 \angle 240^\circ && \text{para } i = 1 \text{ hasta NF} \\
 vb_i^k &= -0.5 - j0.866 \\
 vc_i^k &= 1 \angle 120^\circ && \text{para } i = 1 \text{ hasta NF} \\
 vc_i^k &= -0.5 + j0.866
 \end{aligned}$$

Donde :

NF: nodo final

$k$ : número de la iteración

error = 1

Para cada nodo  $i = 1$  hasta NF hacer

Asignar  $kVA_n(i)$  a  $S(i)$

Asignar  $S(i)$  a  $TkVA_n$  /\*  $TkVA_n$  son los kVAs acumulados \*/

Fin para

En el paso 2 se calcula el factor de utilización ( $Fu$ ) para el alimentador primario en estudio

## 2) Cálculo del factor de utilización ( $Fu$ )

Este factor se lo calcula únicamente si existe dato de la Carga de la subestación ( $LSE$ ).

$$\text{Si } k = 1; \quad Fu^k = \left( \frac{LSE}{TkVA_n} \right)$$

Donde:  $TkVA_n$  es la suma de los kVAs nominales de los transformadores.

$$\text{Si } k > 1; \quad Fu^k = Fu^{k-1} \cdot ferror$$

En el caso de no poseer el dato de carga de la Subestación, el valor de



inicialización en el programa para el factor de utilización es 0.25.

$$Fu = 0.25$$

3) Las potencias de los transformadores son afectados por el Factor de utilización ( $Fu$ ) y por la tasa de crecimiento ( $Tc$ ).

En caso de que no sé este simulando un incremento de carga, el valor de la tasa de crecimiento es cero para todos los nodos.

La potencia aparente  $S$  en kVA de los transformadores se la descompone en su parte real e imaginaria, para ello se hace uso del factor de potencia.

$$S_i = \left( \frac{S_i}{tt} \right) \cdot Fu \cdot \left( 1 + \frac{Tc}{100} \right)^n \quad i=1,2,3,\dots,NF$$

Donde:

$Fu$ : Factor de utilización

$Tc$ : Tasa de crecimiento (%)

$n$ : Número de años de proyección

$tt$ : Tipo de transformador (trifásico = 3, monofásico =1, monofásico a dos fases =2)

Ahora se procede a descomponer la potencia del transformador en P y Q.

$$p_i = \left( \frac{S_i}{sb} \right) \cdot fp$$

$$q_i = \left( \frac{S_i}{sb} \right) \cdot \text{sen}(\arccos(fp))$$

Donde

$S_i$ : Potencia de los transformadores en kVA

$sb$ : Potencia base para el sistema de distribución.

$$s_i = p_i + jq_i$$

Es necesario indicar que en esta ecuación se ha cambiado la nomenclatura de  $S_i$  a  $s_i$  porque esta última se encuentra en pu.

- En el paso 4 se calcula la corriente iniciando en el nodo que se encuentra más alejado de la subestación (nodo terminal más lejano de la subestación  $i = NF$ ).
- 4) Se calcula la corriente de inyección nodal  $i_i^k$  en cada una de las fases para el nodo  $i$  y la iteración  $k$ , esta corriente aparece debido a los transformadores de distribución ubicados en los nodos eléctricos  $i, q$

$$s_i^k = pa_i^k + jq a_i^k$$

$$ia_i^k = FPC \cdot \left( \frac{s_i^k}{va_i^k} \right)^* + FCC \cdot \left( \frac{s_i^k}{1 + j0} \right)^* + FZC \cdot \left( (s_i^k)^* \cdot va_i^k \right) - Y_i^k \cdot va_i^k + \left( \frac{\Delta saa_i^k}{va_i^k} \right)$$

$$s_i^k = pb_i^k + jq b_i^k$$

$$ib_i^k = FPC \cdot \left( \frac{s_i^k}{vb_i^k} \right)^* + FCC \cdot \left( \frac{s_i^k}{-0.5 - j0.866} \right)^* + FZC \cdot \left( (s_i^k)^* \cdot vb_i^k \right) - Y_i^k \cdot vb_i^k + \left( \frac{\Delta sba_i^k}{vb_i^k} \right)$$

$$s_i^k = pc_i^k + jq c_i^k$$

$$ic_i^k = FPC \cdot \left( \frac{s_i^k}{vc_i^k} \right)^* + FCC \cdot \left( \frac{s_i^k}{-0.5 + j0.866} \right)^* + FZC \cdot \left( (s_i^k)^* \cdot vc_i^k \right) - Y_i^k \cdot vc_i^k + \left( \frac{\Delta sca_i^k}{vc_i^k} \right)$$

Donde:

$ia_i^k$ : Es la corriente calculada para la fase  $a$  en el nodo  $i$  para la iteración  $k$

$s_i$ : Es la potencia aparente especificada en el nodo  $i$ .

$v_i^k$ : Es el voltaje en el nodo  $i$  para la iteración  $k$ .

$va_n$ : Voltaje nominal de la fase  $a$  ( $1 + j0$ )

$vb_n$ : Voltaje nominal de la fase  $b$  ( $-0.5 - j0.866$ )

$vc_n$ : Voltaje nominal de la fase  $c$  ( $-0.5 + j0.866$ )

$FPC$ : Fracción de carga que obedece a un modelo de potencia constante

$FCC$ : Fracción de carga que obedece a un modelo de corriente constante

$FZC$ : Fracción de carga que obedece a un modelo de impedancia constante

$Y_i^k$ : Admitancia del condensador

$\Delta s_i^k$  : Pérdidas en el nodo  $i$  para la iteración  $k$ .

- 5) En este paso se calculan las corrientes para cada una de las fases que circulan por las secciones o tramos que conforman la red, de acuerdo al algoritmo presentado en la sección 3.3.2

En las expresiones matemáticas que se presentan a continuación el subíndice  $i$  es el nodo final de la sección o tramo por el cual circula la corriente.

$$\begin{aligned} isa_i^k &= isa_i^k + ia_i^k \\ isb_i^k &= isb_i^k + ib_i^k \\ isc_i^k &= isc_i^k + ic_i^k \\ aux &= NDE(i) \\ isa_{aux}^k &= isa_{aux}^k + isa_i^k \\ isb_{aux}^k &= isb_{aux}^k + isb_i^k \\ isc_{aux}^k &= isc_{aux}^k + isc_i^k \end{aligned}$$

Donde:

$isa_i^k$  : Corriente que circula por la sección  $i$  para la iteración  $k$  en la fase  $a$

$isb_i^k$  : Corriente que circula por la sección  $i$  para la iteración  $k$  en la fase  $b$

$isc_i^k$  : Corriente que circula por la sección  $i$  para la iteración  $k$  en la fase  $c$

$ia_i^k$  : Corriente en el nodo  $i$  para la iteración  $k$  en la fase  $a$

$ib_i^k$  : Corriente en el nodo  $i$  para la iteración  $k$  en la fase  $b$

$ic_i^k$  : Corriente en el nodo  $i$  para la iteración  $k$  en la fase  $c$

$NDE(i)$ : vector que contiene los nodos de envío de cada una de las secciones

$isa_{aux}^k$  : corriente acumulada en el nodo  $aux$  (nodo de envío de la sección que finaliza en el nodo  $i$ ) para la iteración  $k$  en la fase  $a$ .

$isb_{aux}^k$  : corriente acumulada en el nodo  $aux$  (nodo de envío de la sección que finaliza en el nodo  $i$ ) para la iteración  $k$  en la fase  $b$ .

$isc_{aux}^k$  : corriente acumulada en el nodo  $aux$  (nodo de envío de la sección que finaliza en el nodo  $i$ ) para la iteración  $k$  en la fase  $c$ .

- 6) A continuación se realiza el cálculo de caídas de voltaje para cada una de las fases en las diferentes secciones que forman parte del alimentador, es

necesario indicar que el subíndice  $i$  representa el nodo final de la sección o tramo.

$$\Delta vabc_i^k = zabc_i \cdot isabc_i^k$$

Donde:

$\Delta vabc_i^k$  : Caídas de voltaje en las fases  $a, b, c$  para la iteración  $k$ .

$isabc_i^k$  : Corriente de sección en las fases  $a, b, c$  para la iteración  $k$ .

$zabc_i$  : Matriz de impedancias de fase para la sección, el subíndice  $i$  es el nodo final de la sección.

La misma ecuación pero en forma matricial queda de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} \Delta va_i^k \\ \Delta vb_i^k \\ \Delta vc_i^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} zaa & zab & zac \\ zba & zbb & zbc \\ zca & zcb & zcc \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} isa_i^k \\ isb_i^k \\ isc_i^k \end{bmatrix}$$

7) Una vez que se ha obtenido las caídas de voltaje acumuladas, se procede a calcular las pérdidas ( $\Delta sabc_i^k$ )

$$\Delta sabc_i^k = (\Delta v_i^k)^T \cdot (is_i^k)^*$$

Esta misma expresión en forma matricial queda de la siguiente manera.

$$\Delta sabc_i^k = \begin{pmatrix} \Delta va_i^k \\ \Delta vb_i^k \\ \Delta vc_i^k \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} isa_i^k \\ isb_i^k \\ isc_i^k \end{pmatrix}^*$$

$\Delta sabc_i^k$  : Pérdidas en la sección para la iteración  $k$

También se calcula las pérdidas de potencia por fase, las mismas que entran en el cálculo de la corriente.

$$\Delta sa_i^k = \Delta va_i^k \cdot (isa_i^k)^*$$

$$\Delta sb_i^k = \Delta vb_i^k \cdot (isb_i^k)^*$$

$$\Delta sc_i^k = \Delta vc_i^k \cdot (isc_i^k)^*$$

8) A continuación se calcula las pérdidas de potencia acumuladas totales  $\Delta sabct_i^k$  y las pérdidas de potencia acumuladas por fase  $\Delta saa_i^k$ ,  $\Delta sba_i^k$ ,  $\Delta sca_i^k$

$$\Delta sabct_i^k = \Delta sabct_i^k + \Delta abc_i^k$$

$$\Delta saa_i^k = \Delta saa_i^k + \Delta sa_i^k$$

$$\Delta sba_i^k = \Delta sba_i^k + \Delta sb_i^k$$

$$\Delta sca_i^k = \Delta sca_i^k + \Delta sc_i^k$$

$$aux = NDE(i)$$

$$\Delta sabct_{aux}^k = \Delta abc_{aux}^k + \Delta sabct_i^k$$

$$\Delta saa_{aux}^k = \Delta saa_{aux}^k + \Delta sa_i^k$$

$$\Delta sba_{aux}^k = \Delta sba_{aux}^k + \Delta sb_i^k$$

$$\Delta sca_{aux}^k = \Delta sca_{aux}^k + \Delta sc_i^k$$

- Se repite desde el paso 4 nuevamente, hasta que el nodo  $i$  sea el que se halla junto a la subestación ( $i = 1$ ).

9) Posteriormente se procede a calcular el factor de error el cual se lo calcula únicamente si se posee el dato de la carga de la subestación ( $LSE$ )

$$ferror = \frac{LSE - |\Delta s_1^k| \cdot sb}{TkVAn \cdot Fu}$$

Donde :

$LSE$ : Lectura de la Subestación (Medición de P en kW)

$TkVAn$  : Sumatorio de las cargas de los transformadores del alimentador

$Fu$ : Factor de utilización del alimentador

$|\Delta S_1^k|$ : Valor absoluto de las pérdidas de potencia en el nodo 1 (Suma acumulada de las pérdidas del alimentador) para la iteración  $K$

Posteriormente se calcula el error

$$\begin{aligned}
 k = 1 & \quad error = |0 - \Delta s_1| \\
 & \quad \Delta s_{ant} = \Delta s_1 \\
 k > 1 & \quad error = |\Delta s_{ant_1}^{k-1} - \Delta s_1^k|
 \end{aligned}$$

10) Ahora se inicia en el nodo  $i=1$  hasta el último nodo, en cada nodo se debe ir calculando los nuevos valores de voltajes.

**Para**  $i = 1$  hasta  $i = n$  incrementando  $i$  en 1

$$\begin{aligned}
 aux &= NDE(i) \\
 vabc_i^{k+1} &= vabc_{aux}^{k+1} + \Delta vabc_i^k
 \end{aligned}$$

Esta misma expresión pero en forma matricial queda escrita de la siguiente manera.

$$\begin{pmatrix} va_i^k \\ vb_i^k \\ vc_i^k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} va_i^{k-1} \\ vb_i^{k-1} \\ vc_i^{k-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta va_i^k \\ \Delta vb_i^k \\ \Delta vc_i^k \end{pmatrix}$$

**Fin Para**  $i$

11) En caso de que el error no cumpla con el criterio de convergencia, se incrementa en 1 la iteración

$$k = k + 1$$

Se ejecuta nuevamente el proceso iterativo, iniciando en el paso 2, tomando como voltajes de nodo los voltajes anteriormente calculados.

Si el error es menor que el criterio de convergencia, finaliza el proceso iterativo.

En caso de que el error no cumpla con el criterio de convergencia, pero el número de la iteración actual sea mayor que el máximo número de iteraciones, finaliza el proceso iterativo.

Es necesario indicar que tanto el criterio de convergencia como el número máximo de iteraciones, son valores que deben ser ingresados por el usuario.

### ***Fin del proceso iterativo***

### **3.4.2 ALGORITMO DE SOLUCIÓN PARA FLUJO BALANCEADO**

A continuación se presenta en forma resumida los pasos que se deben seguir:

1. Se asigna un voltaje inicial de 1 pu para todos los nodos que conforman el alimentador primario, excepto para el nodo cero, el mismo que corresponde a la subestación, y que tiene un valor de voltaje conocido.
2. Se acumula la carga partiendo desde el nodo más alejado de la subestación hasta llegar a la subestación, recorriendo el alimentador sobre la base de su topología.
3. Calcular el valor de corriente que circula por la sección.
4. Calcular el valor de caída de voltaje  $\Delta V$  para cada uno de los nodos
5. Calcular el nuevo voltaje en cada uno de los nodos
6. Calcular el valor del error, si el mismo es menor que el de criterio de convergencia, finaliza. De lo contrario repetir los pasos del 2 al 6.

Respecto del algoritmo que se ha presentado, es importante realizar el siguiente comentario: en el paso 2 se menciona el acumular carga, esto se lo realiza sobre

la base del algoritmo presentado en la sección 3.2.2; se acumula la carga en cada uno de los nodos de acuerdo a la topología de la red. Al tener la carga acumulada en cada nodo esta se la divide para las fases que existan en cada uno de los tramos que conforman el alimentador, lográndose de esta manera balancear la carga en cada una de las fases. Pero para realizar los cálculos únicamente se toma una de ellas.



## CAPITULO IV

### 4. CÁLCULO DE CORTOCIRCUITOS

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

El diseño de un sistema de distribución debería tener en cuenta una variedad de situaciones las cuales pueden interferir con la operación normal del sistema. Las condiciones anormales predominantes en los circuitos de distribución son fallas de línea, sistemas sobrecargados y fallas en los equipos. Los disturbios atmosféricos y la interferencia tanto animal como humana con el sistema son generalmente las causas de estas condiciones.

Las fallas de línea son causadas por vientos fuertes los cuales producen que los conductores se junten, o también debido a que las ramas de los árboles tocan las líneas.

Los rayos pueden producir una falla en el sistema debido a apertura de líneas o también producto de arcos entre conductores. Las fallas en los equipos pueden ser causadas por rayos, deterioro del aislamiento, mal diseño de los equipos.  
(R7)

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

La magnitud de la corriente que fluirá a través de un cortocircuito depende principalmente de dos factores:

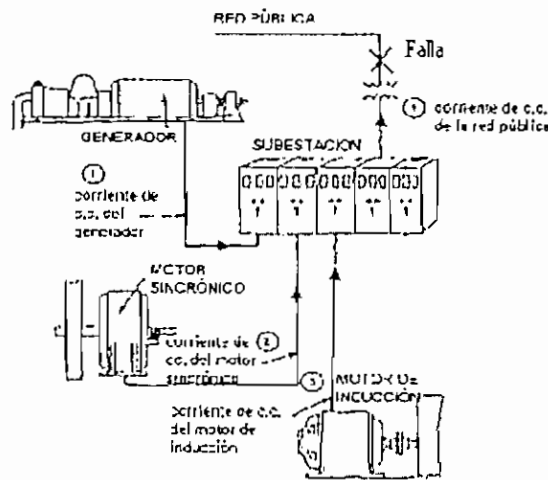
1. Las características y el número de fuentes que alimentan al cortocircuito.
2. La oposición o resistencia que presente el propio circuito de distribución.

Las fuentes principales de corrientes de cortocircuito son los generadores existentes en el sistema de potencia local y la generación remota de la red que le suministra energía eléctrica (red pública), sin embargo, los motores sincrónicos y

de inducción que antes de la falla representaban una carga para el sistema, en condiciones de cortocircuito, se comportan como generadores durante un tiempo relativamente corto. La contribución de estas fuentes se observa en la figura 4.1

La oposición que presenta el propio circuito de distribución al flujo de la corriente de cortocircuito se denomina "impedancia", en términos eléctricos depende de la configuración del sistema eléctrico, y se calcula a partir de la impedancia de cada uno de los componentes del sistema.

Otro de los factores que influyen sobre la magnitud de la corriente de cortocircuito son el momento, tipo y ubicación de la falla.



**Figura 4.1** Contribución de elementos a un Corto-circuito

Aún cuando se diseñe muy cuidadosamente un sistema de distribución, este estará siempre expuesto al daño que puedan causar flujos de corriente en condiciones de cortocircuito tales como sobrecalentamientos y arcos eléctricos destructivos. Para asegurar que los equipos de protección puedan aislar fallas rápidamente y minimizar el daño de cada uno de los componentes del sistema de distribución y el riesgo del personal, el estudio de corrientes de cortocircuito debe ser incluido en el diseño de estos sistemas.

## 4.2 TIPOS DE FALLAS

Se produce un cortocircuito en un sistema de distribución, cuando entran en contacto, entre sí o con tierra, conductores energizados correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces el valor máximo de la corriente de carga en el punto de falla (R7).

Los tipos de falla que se pueden presentar en los sistemas de distribución son los siguientes:

1. Falla Trifásicas
2. Falla Línea a Tierra
3. Falla Línea – Línea
4. Falla Línea – Línea a Tierra

### 4.2.1 FALLA TRIFÁSICA

Se ponen en contacto las tres fases en un mismo punto del sistema. Es el cortocircuito más severo en la mayoría de los casos. (R7)

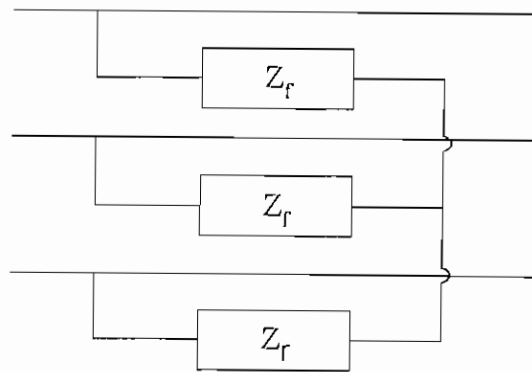


Fig. 4.2 Falla trifásica

### 4.2.2 FALLA LÍNEA A TIERRA

La falla línea a tierra ocurre cuando un conductor cae a tierra o se pone en contacto con el conductor neutro como se muestra en la fig. 4.3 (R7)

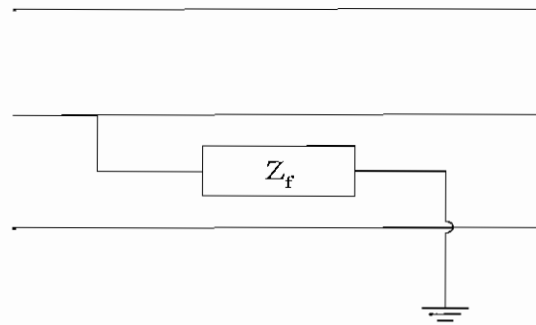


Fig. 4.3 Falla monofásica

#### 4.2.3 FALLA LÍNEA - LÍNEA

Una falla línea a línea se puede esperar cuando los conductores de un sistema bifásico o dos conductores de un sistema trifásico son cortocircuitados como se indica en la fig. 4.4 Esto puede ocurrir en cualquier sitio a lo largo de un sistema trifásico estrella o delta o a lo largo de una derivación formada por dos fases. (R7)

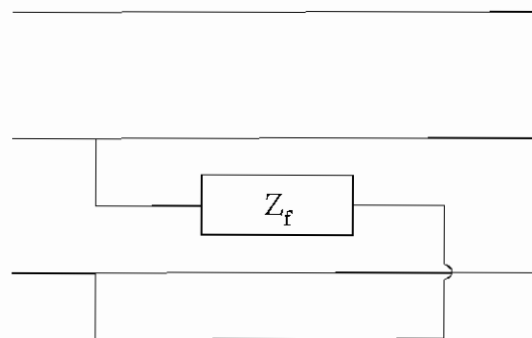


Fig. 4.4 Falla línea – línea

#### 4.2.4 FALLA LÍNEA - LÍNEA A TIERRA

La falla línea línea puede ocurrir cuando conductores de un sistema bifásico o trifásico son cortocircuitados como se muestra en la figura. Ello puede ocurrir en cualquier lugar a lo largo de un sistema trifásico conectado en Y o un sistema trifásico conectado en delta. (R7)

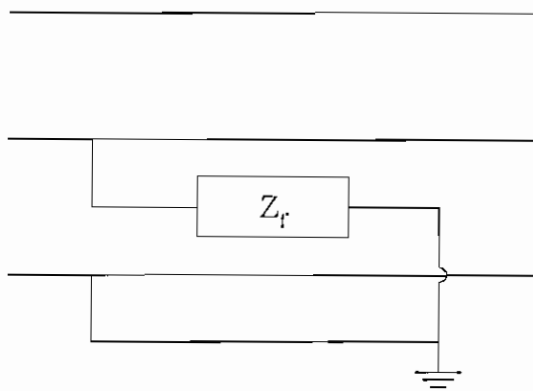


Fig. 4.5 Falla línea – línea – tierra

### 4.3 MÉTODO DE CÁLCULO

El método de cálculo consiste en determinar en primer lugar las impedancias secuencia para cada una de las secciones o tramos que conforman la red.

El circuito equivalente formado por las impedancias de secuencia se denomina "red de secuencia", hay que mencionar que existen tres tipos de red: red de secuencia positiva, red de secuencia negativa y red de secuencia cero.

Las redes de secuencia positiva y negativa son iguales, sin embargo, la forma de la red de secuencia cero depende de la forma de conexión de la impedancia entre neutro y tierra. En estudios de corrientes de cortocircuito generalmente se desprecia la influencia de las cargas pasivas.

Una vez determinadas las redes de secuencia del circuito, estas se interconectan para representar los diferentes tipos de falla. Ya que se supone linealidad en las redes de secuencia, cada una de las redes puede reemplazarse por su equivalente de Thévenin, entre la barra de referencia y el punto de falla. El voltaje del único generador del circuito equivalente para la red de secuencia positiva es  $V_f$  (voltaje prefalla) respecto al neutro en el punto de aplicación de la falla. La impedancia  $Z_f$  del circuito equivalente es la impedancia medida entre el punto de

falla y la barra de referencia de la red de secuencia positiva con todas las f.e.m. internas en cortocircuito.

Como no circulan corrientes de secuencia negativa o cero antes de la ocurrencia de la falla, no aparecen f.e.m. en los circuitos equivalentes de las redes de secuencia negativa o cero. Las impedancias  $Z_2$  y  $Z_0$  se miden entre el punto de falla y la barra de referencia en sus redes respectivas.

#### 4.4 ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITOS

Al interconectar las redes de secuencia y realizar los análisis correspondientes, se obtienen los siguientes resultados para las distintas fallas en régimen permanente en un punto del sistema de distribución: (R7)

Falla trifásica

$$I_{f_{3\phi}} = \left| \frac{V_f}{Z_1 + Z_{f_{3\phi}}} \right| \quad \text{Ec 4.1}$$

Falla Línea a Tierra

$$I_{f_{L-T}} = \left| \frac{3 \cdot V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3 \cdot Z_{f_{L-T}}} \right| \quad \text{Ec. 4.2}$$

Falla Línea a Línea

$$I_{f_{L-L}} = \left| \pm j \frac{\sqrt{3} \cdot V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_{f_{L-L}}} \right| \quad \text{Ec. 4.3}$$

Falla Línea – Línea – Tierra

$$I_{f_{LL-T}} = \left| -j\sqrt{3} \cdot V_f \frac{Z_0 + 3 \cdot Z_{f_{L-L}} - a \cdot Z_2}{Z_1 \cdot Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3 \cdot Z_{LL-T})} \right| \quad \text{Ec. 4.4}$$

Y en la otra fase asociada con esta falla

$$I_{f_{LL-T}} = \left| + j\sqrt{3} \cdot V_f \frac{Z_0 + 3 \cdot Z_{f_{L-L}} - a^2 \cdot Z_2}{Z_1 \cdot Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3 \cdot Z_{LL-T})} \right| \quad \text{Ec. 4.5}$$

Donde :

$I_f$ : Es la magnitud de la corriente de falla en amperios.

$V_f$ : Es el voltaje línea a tierra en voltios al punto de falla, antes de que ocurra la falla.

$Z_1, Z_2, Z_0$ : Son las impedancias equivalentes de todo el sistema en secuencia positiva, negativa y cero, vistos desde el punto de falla.

$Z_{f_{3\phi}}, Z_{f_{L-L}}, Z_{f_{L-T}}, Z_{f_{LL-T}}$ : Son las impedancias de falla asociadas con cada tipo de falla.

#### 4.4.1 CORRIENTE DE FALLA EN RÉGIMEN TRANSITORIO

La explicación de la corriente de falla en régimen permanente se ha tomado de la referencia (R7).

Algún conocimiento de las características de la actual forma de onda de la corriente en un circuito posterior a una falla es importante en la aplicación de los equipos tales como fusibles, seccionadores, reconectadores, e interruptores para la protección de sobrecorriente del sistema de distribución.

Las ecuaciones de corriente de cortocircuito escritas en la sección anterior son únicamente aplicables para condiciones de régimen permanente. Las mismas calculan los valores rms de las corrientes de falla, las cuales han persistido por períodos suficientemente largos. Estas no dicen nada acerca de los valores instantáneos de la corriente en el período inmediato a la falla.

A continuación se presenta un circuito el cual consiste de una fuente de voltaje sinusoidal y una combinación serie de una resistencia, inductancia y un interruptor.

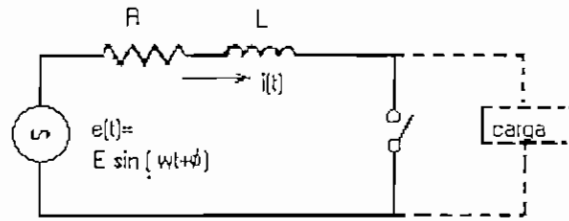


Fig. 4.6 Diagrama de un circuito con voltaje sinusoidal

En el gráfico la parte con líneas punteadas es para recordar que un circuito en el cual una falla ocurre puede normalmente estar conectada una carga.

La solución para el circuito anterior es la siguiente:

$$i = A \cdot e^{-\frac{R}{X}\omega t} + B \cdot \sin(\omega t + \phi - \theta) \quad \text{Ec. 4.6}$$

Donde:

$$A = \frac{E}{\sqrt{R^2 + X^2}} \sin(\theta - \phi)$$

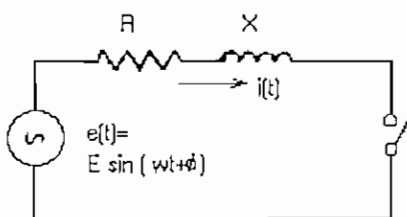
$$B = \frac{E}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$$

$$\text{y } X = \omega \cdot L$$

El primer término de esta ecuación es la parte transitoria de la solución, la misma que es una exponencial decreciente. El segundo término corresponde al estado estable de la solución. Estas son las componentes dc y ac respectivamente. El segundo término de la solución es una función sinusoidal.

A continuación se presenta un ejemplo con valores numéricos.



$$E = 100 \text{ volts}$$

$$X = 10 \text{ ohms}$$

$$\omega = 377 \text{ radians/second}$$

$$R = 2 \text{ ohms}$$

$$\phi = 20^\circ = .349 \text{ radians}$$

$$X/R = 5$$

Substituyendo en la ec. 4.6

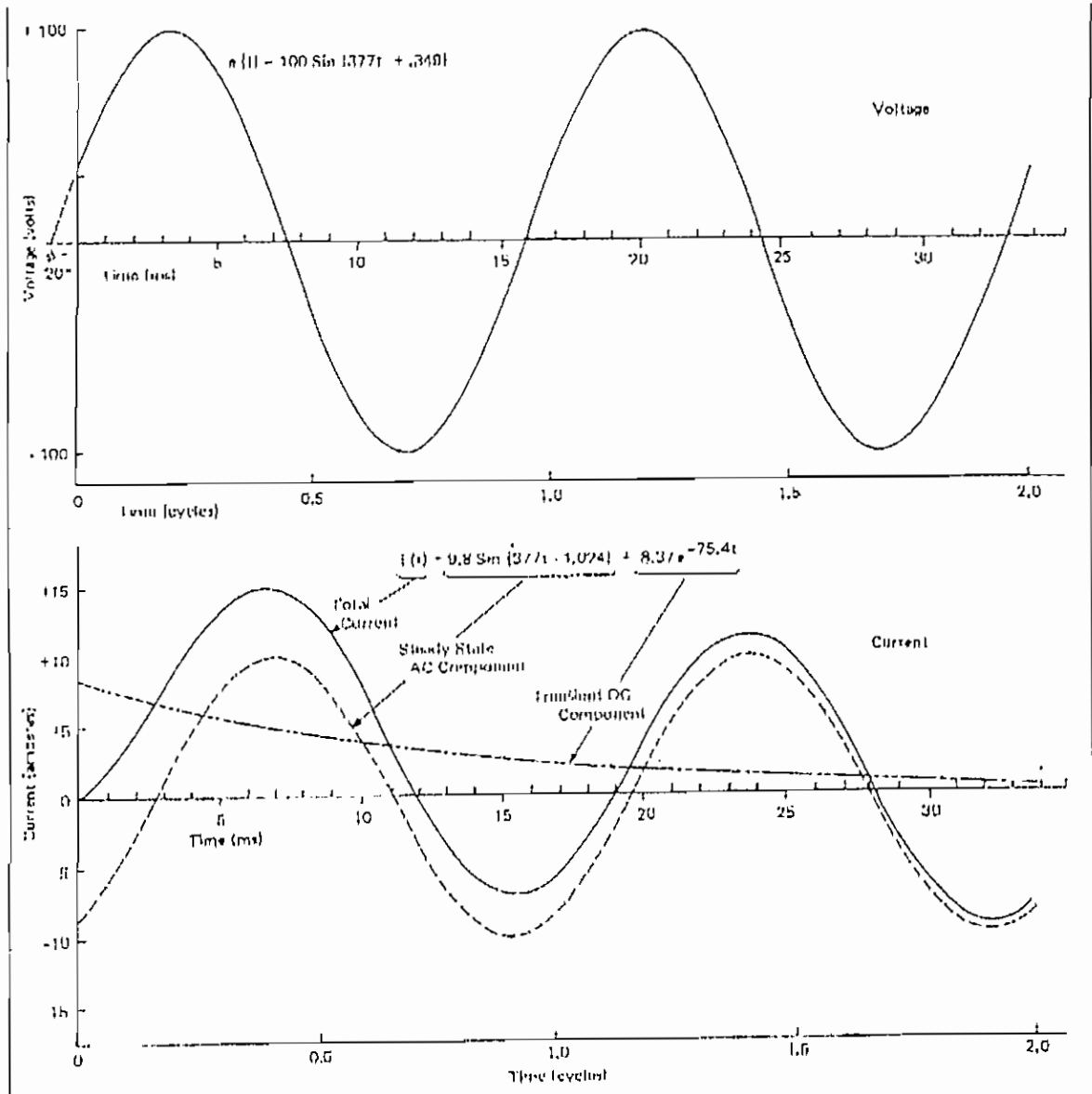
$$\sqrt{R^2 + X^2} = 10.2 \Omega$$

$$i = 9.8 \sin(1.024)e^{-75.4t} + 9.8 \sin(377t - 1.024)$$

$$i = 8.37e^{-75.4t} + 9.8 \sin(377t - 1.024)$$



El gráfico inferior muestra la corriente de falla total (curva sólida), las componentes transitorias y en estado estable están dibujadas en líneas punteadas en la misma escala de tiempo que la forma de onda de voltaje.



La corriente en régimen transitorio representa primero la fuerza magnética ejercida debido a la corriente y también representa la fuerza térmica o joule contenido en la corriente de falla.

Un equipo de protección tal como un reconectador en un circuito el cual tiene una corriente de falla fluyendo, experimentará picos de fuerzas magnéticas en los mismos tiempos. Desde el punto de vista del diseño de los equipos y aplicación el más grande de los picos es de interés.

El valor *rms* de una corriente arbitraria se calcula con la siguiente ecuación:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad \text{Ec 4.7}$$

Donde:

*i*: Corriente en función del tiempo

*t*: Tiempo

*T*: Intervalo de tiempo especificado para la determinación del valor *rms*

Llamando *I* al valor *rms* de la componente de estado estable de la corriente de la ecuación 4.6 e *I'* al valor *rms* de la corriente total transitorio, luego una medida conveniente de una forma de onda asimétrica es la relación *I/I'*.

El cálculo de las corrientes de falla producen los valores de *I*, Si un valor apropiado para la relación *I/I'* es conocido, este puede ser multiplicado por el valor de *I* y se obtendrá el valor *rms* de la forma de onda asimétrica (*I'*).

En un circuito una vez que se obtiene la relación *X/R*, mediante este valor y con la ayuda de la fig. 4.7 se puede obtener la relación *I'/I*. Este valor multiplicado por el valor calculado de la corriente de falla simétrica (*I*), permite encontrar el valor más grande *rms* en régimen transitorio para ese tipo de falla.

El mismo procedimiento se utiliza para todos los tipos de falla posibles. (R7)

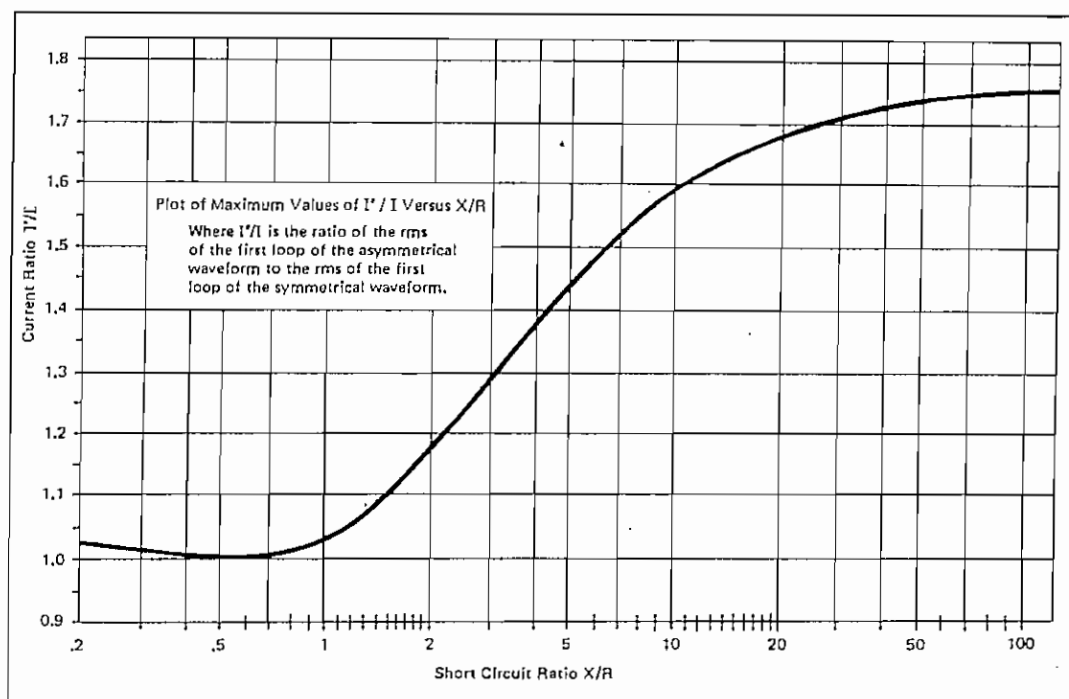


Fig. 4.7 Curva de máximos valores de  $I'/I$  vs  $X/R$ .

#### 4.4.2 RELACIÓN $X/R$

Para obtener la relación  $x/r$  de cada uno de los tipos de falla es necesario previamente obtener el valor de la impedancia equivalente ( $Z_e$ ) (R7).

Falla trifásica

$$Z_e = Z_1 + Z_f \quad \text{Ec. 4.8}$$

Falla Línea -Línea

$$Z_e = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_f}{\sqrt{3}} \quad \text{Ec. 4.9}$$

Falla Doble línea Tierra

$$Z_e = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + (Z_1 + Z_2) \cdot (Z_0 + 3 \cdot Z_f)}{\sqrt{3} \cdot (Z_0 + 3 \cdot Z_f - a \cdot Z_2)} \quad \text{Ec. 4.10}$$

Falla línea - tierra

$$Z_e = \frac{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3 \cdot Z_f}{3} \quad \text{Ec. 4.11}$$

La impedancia equivalente ( $Z_e$ ) es un número complejo que tiene parte real y parte imaginaria de la forma:  $Z_e = R_e + j X_e$ .

Para obtener la relación  $x/r$  se procede a tomar la parte imaginaria de la impedancia equivalente y dividir para la parte real de la impedancia equivalente.

$$\frac{x}{r} = \frac{X_e}{R_e} \quad \text{Ec. 4.12}$$

#### 4.5 ALGORITMO DE SOLUCIÓN

1. Es necesario tener previamente el valor de las impedancias de secuencia positiva, negativa, y cero en la subestación, las mismas que representan la impedancia del resto del sistema visto en la barra de la subestación.
2. Es necesario determinar el valor de la impedancia acumulada de secuencia positiva, negativa y cero en el punto de falla, pues estos valores son utilizados para determinar el valor de falla en el lugar donde ocurra la misma, para ello se utiliza la topología del alimentador.

Para  $i = 1$  hasta  $N_{Falla}$

$$aux = NDE(i)$$

$$Z0a^i = Z0a^i + Z0^{aux}$$

Fin

$N_{Falla}$ : Nodo de falla

$Z0a$ : Impedancia de secuencia acumulada en el nodo de falla

$NDE$ : Vector que contiene los nodos de envío de cada una de las secciones.

$Z0_a^{aux}$ : Impedancia de secuencia del nodo de envío (aux)

Como ya se tiene las impedancias de secuencia en el nodo de falla, se debe finalmente sumar la impedancia de secuencia de la subestación.

$$Z_0 = Z_0^a + Z_{0,SE}$$

$$Z_1 = Z_1^a + Z_{1,SE}$$

$$Z_2 = Z_2^a + Z_{2,SE}$$

Estos valores que se han obtenido, son los que deben ser utilizados en cualquiera de las ecuaciones 4.1 hasta la ecuación 4.5, dependiendo del tipo de falla que se desee calcular.

Los valores calculados mediante las ecuaciones anteriormente indicadas, representan el valor del cortocircuito en régimen permanente.

Luego se debe calcular la relación  $x/r$  de la falla, para ello se utiliza cualquiera de las ecuaciones 4.8 hasta la ecuación 4.11 para determinar la impedancia equivalente ( $Z_e$ ) de acuerdo al tipo de falla, y con este resultado se procede a calcular la relación  $x/r$  mediante la ecuación 4.12.

Con el valor de la relación  $x/r$ , mediante la ayuda de la gráfica, se determina un factor.

El resultado de la multiplicación entre el valor de la corriente en régimen permanente y el factor obtenido de la gráfica es el valor de la corriente en estado transitorio.

En el programa digital para la fig. 4.7 se tienen almacenados en una tabla valores discretos tanto de la relación de cortocircuito  $X/R$  como de la relación de corriente  $I'/I$ . Cuando se calculan los cortocircuitos el programa obtiene la relación  $x/r$  y de la tabla de datos que se tiene almacenada obtiene la relación  $I'/I$ .

## **CAPITULO V**

### **5. PROGRAMA DIGITAL PARA EL MANEJO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EEQ S.A.**

En este capítulo se describen los pasos necesarios para el desarrollo del programa, el mismo que empezó con el análisis de la situación actual de la Empresa Eléctrica Quito y de la información y herramientas disponibles a partir de la cual se procedió a realizar un análisis de requerimientos, diseño y codificación del nuevo programa.

#### **5.1 SITUACIÓN ACTUAL**

Las empresas eléctricas de distribución usualmente no poseen información actualizada de las redes que poseen como es lo recomendable para un sistema tan cambiante en lo referente a la topología y estructura eléctrica, es por ello que hoy en día se aprovecha las herramientas computacionales como el SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA (GIS) para satisfacer estas necesidades.

Actualmente la Unidad de Inventarios y Avalúos (UIA) cuenta con un programa que hace parte de este trabajo, con un sistema gráfico que cuenta con información almacenada en una base de datos, la misma que corresponde a las redes eléctricas que utiliza la Empresa Eléctrica Quito S.A. para brindar el servicio al área de concesión.

Además se cuenta con un mapa en AutoCad de todas las redes de la Empresa Eléctrica Quito S.A., el cual es dibujado sobre la base de la información contenida en la base de datos y que permite visualizar gráficamente los planos de las subestaciones y los puntos importantes.

#### **5.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS**

De acuerdo a lo especificado en el punto anterior, se ha visto la necesidad de elaborar un programa que permita hacer cálculos de Flujos de Carga, Corto Circuitos y que además, brinde la posibilidad de hacer simulaciones para observar

resultados y poder realizar planificaciones adecuadas.

El programa realizará las siguientes actividades: Flujos de Carga, Corto-Circuitos, Modelación de Carga, así como modificar los elementos de un alimentador primario radial.

El programa digital permitirá adicionalmente realizar cambios en las redes como: instalación de condensadores, reguladores, transformadores; estas modificaciones de la red serán cambios virtuales (simulaciones), las mismas que tienen como objetivo determinar las mejores condiciones de operación de la red. Además con la ayuda de este programa se podrá realizar la reconfiguración de alimentadores.

El módulo de Flujo de Carga Equilibrado, deberá realizar el flujo de carga considerando que la carga instalada en el Alimentador Primario se encuentra equilibrada (balanceada).

Este módulo realizará las siguientes funciones:

- Cálculo de caídas de voltaje en las secciones.
- Cálculo de pérdidas en el alimentador primario.
- Cálculo de corrientes de sección.
- Gráfico del perfil de voltaje.
- Información de reguladores.
- Cálculo de pérdidas de energía.

El módulo de Flujo de Carga No Equilibrado, permitirá realizar el flujo de carga, tomando en consideración las condiciones actuales de conexión de carga a la red.

Este módulo realizará las siguientes funciones:

- Cálculo de caídas de voltaje en las secciones, en cada una de las fases.
- Cálculo de pérdidas en el alimentador primario, por fase
- Cálculo de corrientes de sección, por fase
- Gráfico de perfil de voltaje por fase.

- Información de reguladores.
- Cálculo de pérdidas de energía.

El módulo de Corto-circuitos, permitirá seleccionar el Alimentador en el cual se desea realizar la simulación de un corto-circuito.

Este módulo realizará las siguientes funciones:

- Cálculo del cortocircuito trifásico.
- Cálculo del cortocircuito línea – tierra.
- Cálculo del cortocircuito línea – línea.
- Cálculo del cortocircuito línea – línea tierra.

Para cada uno de los casos anteriores, se calcula el corto-circuito simétrico (en estado estable), y el cálculo del corto-circuito asimétrico (en estado transitorio).

El módulo de Simulaciones, permitirá realizar modificaciones en la red, estas modificaciones no son grabadas en los datos originales sino que son almacenadas en una duplicación realizada previamente.

Este módulo realizará las siguientes funciones:

- Inserción: transformadores de distribución, condensadores, reguladores de voltaje.
- Cambios: fases de las líneas, fases de conexión de transformadores, calibre de conductores
- Modelación de Carga
- Proyección de la Demanda
- Reconfiguración de Red

Además, como complemento de estos módulos se realizará una interfaz gráfica que permita interactuar con los diferentes módulos, dando al usuario final la facilidad de simular y hacer cálculos sobre planos y visualizar los resultados obtenidos de este proceso.



Un módulo adicional, es el de reportes que facilitará al usuario disponer de la información obtenida y manipularla desde otras herramientas para obtener diversas perspectivas de la información.

## 5.3 DISEÑO

### 5.3.1 DISEÑO DE LA ARQUITECTURA

El programa se diseño en forma modular, cada uno de los módulos podrán funcionar de manera independiente; y realizará las funciones que fueron indicadas en secciones anteriores.

Los módulos con que cuenta el programa son los siguientes:

- Módulo de flujo de carga equilibrado
- Módulo de flujo de carga no equilibrado
- Módulo de Corto-circuitos
- Módulo de Simulaciones

Tabla: Descomposición Modular

NUM	NOMBRE DEL MODULO	DESCRIPCIÓN	Interno/Externo
1	Flujo de carga Equilibrado	Este módulo se encarga de realizar el cálculo del flujo de carga, considerando que la carga se encuentra equilibrada, es decir balanceada, este módulo interactúa con la base de datos para leer información y guardar los resultados del flujo.	Interno
2	Flujo de carga No Equilibrado	Este módulo permite la realización del cálculo del flujo de carga no Equilibrado, en el cual se toma en cuenta la conexión de la carga en las diferentes fases. El módulo interactúa con la base de datos para leer información y guardar los resultados del flujo en la base de datos.	Interno
3	Corto-Circuitos	Este módulo permite la	Interno

		<p>realización del cálculo de corto-circuitos en un alimentador primario, el corto-circuito puede ser del tipo trifásico, línea -tierra, línea -línea.</p> <p>Este módulo interactúa con la base de datos para leer información y almacenar los resultados de cortocircuitos.</p>	
4	Simulaciones	<p>Este módulo permitirá realizar las diferentes simulaciones como por ejemplo: inserción de transformadores, condensadores, reguladores. Cambios de fases de conexión de los transformadores, líneas. Reconfiguración de Alimentadores.</p> <p>Este módulo interactúa con la base de datos para leer información y guardar los resultados de las simulaciones.</p>	Interno
5	GIS	<p>AutoCad: contiene un mapa de toda el área de concesión de la EEQ. S.A. en el cual se incluye las redes eléctricas.</p>	Externo

### 5.3.2 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

La Empresa Eléctrica Quito S.A. cuenta actualmente con una base de datos realizada en ORACLE, la misma que tiene almacenada una gran cantidad de información de todas las instalaciones que posee la Empresa.

Esta información se encuentra almacenada en diferentes tablas, así se tienen tablas que almacenan: proyectos con los que cuenta la empresa, barrios a los cuales sirve, transformadores instalados, nodos, postes, líneas, estructuras, equipos instalados, abonados, luminarias, etc.

En la estructura actual de la base de datos existe una gran cantidad de tablas que poseen información que para propósitos prácticos de la realización del presente proyecto de titulación no son necesarias (Anexo 2), razón por la cual se ha decidido prescindir de ellas, y únicamente utilizar aquellas tablas que pueden



Entre las diferentes entidades se establece las respectivas relaciones que existen entre ellas, estas relaciones son establecidas siguiendo un criterio funcional de las entidades.

Así se tiene que entre las entidades SUBESTACIONES - ALIMENTADORES, existe una relación de uno a varios (1 -  $\infty$ ), esto se debe entender de la siguiente manera; una SUBESTACION contiene diferentes ALIMENTADORES.

La relación entre las entidades ALIMENTADORES - NODOS es de uno a varios (1 -  $\infty$ ), debido a que un ALIMENTADOR contiene varios NODOS.

La relación entre las entidades ALIMENTADORES - LINEAS es de uno a varios (1 -  $\infty$ ), puesto que un ALIMENTADOR contiene varias LINEAS.

La relación entre las entidades NODOS-TRANSFORMADORES es de uno a uno (1 - 1), porque un NODO contiene un TRANSFORMADOR.

La relación entre las entidades NODOS - CONDENSADORES es de uno a uno (1 - 1), porque un NODO contiene un CONDENSADOR.

La relación entre las entidades NODOS - REGULADORES es de uno a uno (1 - 1), porque un NODO contiene un REGULADOR.

Finalmente es necesario indicar que en el diseño de la base de datos es importante establecer los campos claves de cada una de las tablas, puesto que esto ayuda a mantener la seguridad en cuanto a los datos que se mantienen almacenados en la base de datos, porque de esta manera se garantiza la integridad de la información.

## 5.3.2.2 Metadatos.

NOMBRE: EPN_T_SUB DESCRIPCIÓN: SUBESTACIÓN			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
ID_SUB	Identificación de la subestación	Numérico	Entero
NOMBRE	Nombre de la subestación	Texto	10
FPC_SE	Fracción de carga, modelo de potencia constante en la SE.	Numérico	Double
FCC_SE	Fracción de carga, modelo de corriente constante en la SE	Numérico	Double
FZC_SE	Fracción de carga, modelo de impedancia constante en la SE	Numérico	Double
TASA_CRE_SE	Tasa de crecimiento en la SE (porcentaje)	Numérico	Entero
ANIO_SE	Periodo de tiempo en el que se realiza el crecimiento SE (años)	Numérico	Entero

NOMBRE: EPN_T_ALIM DESCRIPCIÓN: ALIMENTADOR			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
ID_ALIM	Identificación del alimentador	Numérico	Entero
NOMBRE	Nombre del alimentador	Texto	20
VOLTAJE_BASE	Voltaje específico del alimentador en kV	Numérico	Double
SBASE	Potencia base en kVA	Numérico	Double
SLEIDO	Potencia aparente del alimentador en kVA	Numérico	Double
ENERGIA	Energía medida en la subestación	Numérico	Double
PERDIDA_E	Perdidas de energía	Numérico	Double
FACT_UTIL	Factor de utilización de la subestación	Numérico	Double
FACT_POTE	Factor de potencia de la subestación	Numérico	Double
FPC_ALIM	Fracción de carga, modelo de potencia constante del alimentador	Numérico	Double
FCC_ALIM	Fracción de carga, modelo de corriente constante del alimentador	Numérico	Double
FZC_ALIM	Fracción de carga, modelo de impedancia constante del alimentador	Numérico	Double
TASA_CRE_ALIM	Tasa de crecimiento del alimentador (porcentaje)	Numérico	Entero
ANIO_ALIM	Periodo de tiempo para el crecimiento (años)	Numérico	Entero
FECHA	Fecha de creación	Fecha/Hora	
TIPO_CONDI	Condición, S; Simulación, C; Corrida	Texto	5
RESULTADO	indica si se ha corrido o no el alimentador	Texto	5
ID_SUB	Identificador de la S/E en el que se encuentra	Numérico	Entero

NOMBRE: EPN_T_TOPOLOGÍA			
DESCRIPCIÓN: LÍNEAS			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMANO
ID_SECUENCIA	Identificador de secuencia	Numérico	Entero
NDR	Nodo de Recepción del tramo	Numérico	Entero
NDE	Nodo de Envío del tramo	Numérico	Entero
LONGITUD	Longitud del tramo	Numérico	Double
FASES	Fases asignadas al tramo	Texto	5
ID_ALIM	Identificador del alimentador en el que se encuentra	Numérico	Entero

NOMBRE: EPN_T_NODO			
DESCRIPCIÓN: NODO ELÉCTRICO			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMANO
ID_NODO	Identificación del nodo	Numérico	Entero
NODO	Número de nodo	Numérico	Entero
CARGA	Carga en el nodo	Numérico	Double
CONDUCTOR	Conductor que llega al nodo	Texto	10
ESTRUCTURA	Estructura en el nodo	Texto	10
RED	Tipo de Red, A; aérea A, S; subterránea	Texto	5
VOLTAJE_R	Voltaje real calculado en el nodo; flujo equilibrado	Numérico	Double
VOLTAJE_C	Voltaje complejo calculado en el nodo; flujo equilibrado (pu)	Numérico	Double
VA	Voltaje real calculado en fase A; flujo no equilibrado (pu)	Numérico	Double
VAC	Voltaje complejo calculado en fase A; flujo no equilibrado (pu)	Numérico	Double
VB	Voltaje real calculado en fase B; flujo no equilibrado (pu)	Numérico	Double
VBC	Voltaje complejo calculado en fase B; flujo no equilibrado (pu)	Numérico	Double
VC	Voltaje real calculado en fase C; flujo no equilibrado (pu)	Numérico	Double
VCC	Voltaje complejo calculado en fase C; flujo no equilibrado (pu)	Numérico	Double
IA	Corriente real calculada en la fase A; flujo no equilibrado	Numérico	Double
IB	Corriente real calculada en la fase B; flujo no equilibrado	Numérico	Double
IC	Corriente real calculada en la fase C; flujo no equilibrado	Numérico	Double
IAC	Corriente compleja calculada en la fase A; flujo no equilibrado	Numérico	Double

IBC	Corriente compleja calculada en la fase B: flujo no equilibrado	Numérico	Double
ICC	Corriente compleja calculada en la fase C: flujo no equilibrado	Numérico	Double
PP	Pérdidas activas en flujo no equilibrado	Numérico	Double
PQ	Pérdidas reactivas en flujo no equilibrado	Numérico	Double
PPA	Pérdida de potencia Activa acumulada en el alimentador	Numérico	Double
IR	Corriente real; flujo equilibrado	Numérico	Double
II	Corriente compleja; flujo equilibrado	Numérico	Double
PR	Pérdidas activas en flujo equilibrado	Numérico	Double
PC	Pérdidas reactivas en flujo equilibrado	Numérico	Double
PRA	Pérdida de potencia Activa acumulada en flujo equilibrado	Numérico	Double
FPC_NODO	Fracción de carga, modelo de potencia constante en el nodo	Numérico	Double
FCC_NODO	Fracción de carga, modelo de corriente constante en el nodo	Numérico	Double
FZC_NODO	Fracción de carga, modelo de impedancia constante en el nodo	Numérico	Double
TASA_CRE_NODO	Tasa de crecimiento del nodo	Numérico	Entero
ANIO_NODO	Periodo de tiempo en el que se realiza el crecimiento (porcentaje)	Numérico	Entero
ID ALIM	Identificador del alimentador en el que se encuentra (años)	Numérico	Entero

NOMBRE: EPN_T_TRANS			
DESCRIPCIÓN: TRANSFORMADOR			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
NODO	Nodo de ubicación	Numérico	Entero
CODIGO_T	Código de identificación del transformador, estructura y valor y tipo de transformador	Texto	50
FASE_T	Fases de conexión del transformador	Texto	10
POTE_T	Capacidad del transformador	Numérico	Entero
FASE_I	Fases de conexión del transformador insertado	Texto	50
POTE_I	Potencia del transformador insertado	Numérico	Entero
TIPO_TRAFI	Especificación del transformador insertado	Numérico	Entero
P	Potencia activa del transformador	Numérico	Double
Q	Potencia reactiva del transformador	Numérico	Double
PA	Potencia activa en la Fase A	Numérico	Double
QA	Potencia reactiva en la Fase A	Numérico	Double
PB	Potencia activa en la Fase B	Numérico	Double
QB	Potencia reactiva en la Fase B	Numérico	Double

PC	Potencia activa en la Fase C	Numérico	Double
QC	Potencia reactiva en la Fase C	Numérico	Double
TIPO_TRAF	Descripción del transformador ubicado	Numérico	Entero
NUM_USUA	Número de usuarios asociados al transformador	Numérico	Entero
ENERGIA	Consumo de energía de los usuarios asociados al transformador	Numérico	Double
CLASE	Identificador que asocia el transformador a un tipo de cliente	Numérico	Entero
ID_ALIM	Identificador del alimentador en el que se encuentra	Numérico	Entero

NOMBRE: EPN_T_REGU			
DESCRIPCIÓN: REGULADOR			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
NODO	Nodo en el cual se va a realizar la regulación	Numérico	Entero
NODO_U	Nodo de ubicación del regulador	Numérico	Entero
VOLT	Voltaje del nodo sin regular	Numérico	Double
VOLT_A	Voltaje en fase A en el nodo de regulación	Numérico	Double
VOLT_B	Voltaje en fase B en el nodo de regulación	Numérico	Double
VOLT_C	Voltaje en fase C en el nodo de regulación	Numérico	Double
VOLT_R	Voltaje al cual se va regular el nodo en pu.	Numérico	Double
CODIGO_R	Código de identificación del regulador	Texto	20
FASE_R	Fase de ubicación del regulador	Texto	10
TIPO_REG	Tipo de regulador	Numérico	Entero
TP	Primario del transformador de Potencia en V	Numérico	Entero
TC	Primario del transformador de Corriente en A	Numérico	Entero
RLDC	Resistencia de Compensación en V.	Numérico	Double
XLDC	Reactancia de Compensación en V.	Numérico	Double
RLDCE	Valor de la resistencia para la calibración del regulador en sistemas equilibrados	Numérico	Double
XLDCE	Valor de la reactancia para la calibración del regulador en sistemas equilibrados	Numérico	Double
TAP	Tap de regulador para un sistema equilibrado	Numérico	Double
TAP_A	Tap fase A	Numérico	Double
TAP_B	Tap fase B	Numérico	Double
TAP_C	Tap fase C	Numérico	Double
REGP	Porcentaje positivo de Regulación	Numérico	Double
REGN	Porcentaje negativo de Regulación	Numérico	Double
NP	Numero de pasos del Regulador	Numérico	Double
ID_ALIM	Identificador del alimentador en el que se encuentra	Numérico	Entero



NOMBRE: EPN_T_CAPACITOR DESCRIPCIÓN: CONDENSADOR			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
NODO	Nodo de ubicación	Numérico	Entero
CODIGO_C	Código de identificación del Condensador, estructura y valor	Texto	20
POTE_C	Capacidad del condensador kVAR	Numérico	Entero
FASE_C	Fase en la que está conectado el condensador	Texto	10
CA	Potencia del Condensador en la fase A	Numérico	Double
CB	Potencia del Condensador en la fase B	Numérico	Double
CC	Potencia del Condensador en la fase C	Numérico	Double
TIPO_CAPA	Especificación del condensador 1Ø o 3Ø	Numérico	Entero
ID_ALIM	Identificador del alimentador en el que se encuentra	Numérico	Entero

NOMBRE: EPN_T_ESTRUCTURA DESCRIPCIÓN: ESTRUCTURA Para el cálculo de las impedancias de carson			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
CODIGO	Código de identificación de las estructuras según las normas de la EEQ S.A.	Texto	10
DESCRIPCION	Descripción de la estructura	Texto	255
AX	Coordenada X de la fase A	Numérico	Double
AY	Coordenada Y de la fase A	Numérico	Double
BX	Coordenada X de la fase B	Numérico	Double
BY	Coordenada Y de la fase B	Numérico	Double
CX	Coordenada X de la fase C	Numérico	Double
CY	Coordenada Y de la fase C	Numérico	Double
NX	Coordenada X de la fase N	Numérico	Double
NY	Coordenada Y de la fase N	Numérico	Double

NOMBRE: EPN_T_CONDUCTOR DESCRIPCIÓN: CONDUCTOR			
NOMBRE	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO
CONDUCTOR	Especificación del conductor, tipo y tamaño	Texto	255
CLAVE	Código del conductor	Texto	10
DIAM_TOTAL	Diámetro total del conductor	Numérico	Double
RESISTENCIA	Resistencia del conductor	Numérico	Double
CAPACIDAD	Capacidad de conducción de los conductores (A)	Numérico	Double
RADIO	Radio del conductor	Numérico	Double
RMG	Radio medio geométrico	Numérico	Double
REANTANCIA	Reactancia del conductor	Numérico	Double
TIPO	Tipo de instalación, S; Subterráneo, A; Aéreo	Texto	5

NOMBRE: EPN_T_ESTANDAR DESCRIPCIÓN: ESTANDAR DE EEQ S.A.			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
CODIGO	Código de identificación de los elementos	Texto	10
VALOR	Valor del elemento a insertarse	Texto	Decimal
DESCRIPCIÓN	Descripción del elemento	Texto	50

NOMBRE: EPN_T_REPOT DESCRIPCIÓN: REPORTE			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
ID_ALIM	Identificador del alimentador en el que se encuentra	Texto	20
DESCRIP	Descripción de la simulación realizada	Texto	255

NOMBRE: EPN_T_IMPE DESCRIPCIÓN: IMPEDANCIA DE LA SUBESTACION			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
DESCRIPCIÓN	Descripción del Alimentador	Texto	50
NOMBRE	Nombre del Alimentador	Texto	5
VOLT	Voltaje de la Subestación	Número co	Double
Z1R_S	Impedancia Equivalente Real en la SE secuencia 1 y 2	Número co	Double
Z1C_S	Impedancia Equivalente compleja en la SE sec. 1 y 2	Número co	Double
Z0R_S	Impedancia Equivalente Real en la SE secuencia 0	Número co	Double
Z0C_S	Impedancia Equivalente compleja en la SE secuencia 0	Número co	Double

NOMBRE: EPN_T_TIPF DESCRIPCIÓN: TIPIFICACION DE CARGA			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
REA0	Constante de función REA	Número	Double
REA1	Constante de función REA	Número	Double
REA2	Constante de función REA	Número	Double
REA3	Constante de función REA	Número	Double
REA4	Constante de función REA	Número	Double
REA5	Constante de función REA	Número	Double
POLIN0	Constante de función polinomial	Número	Double
POLIN1	Constante de función polinomial	Número	Double

POLIN2	Constante de función polinomial	Numérico	Double
POLIN3	Constante de función polinomial	Numérico	Double
CUAD0	Constante función cuadrática	Numérico	Double
CUAD1	Constante función cuadrática	Numérico	Double
CUAD2	Constante función cuadrática	Numérico	Double
POTENC0	Constante de función potencial	Numérico	Double
POTENC1	Constante de función potencial	Numérico	Double
DESCRIPCIÓN	Especifica tipo de carga	Texto	50
TIPO_CARGA	Tipo, 1; Rea, 2; Polinomial, 3; Cuadrática, 4; Potencial	Numérico	Entero

NOMBRE: EPN_T_CORTO_CIRCU			
DESCRIPCIÓN: CORTO CIRCUITOS			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
NODO	Nodo de ubicación de la falla	Numérico	Entero
3XRMIN	Relación x/r mínima trifásica	Numérico	Double
3FSMIN	Corriente trifásica simétrica mínima	Numérico	Double
3XRMAX	Relación x/r máxima trifásica	Numérico	Double
3FSMAX	Corriente trifásica simétrica máxima	Numérico	Double
3FAMAX	Corriente trifásica asimétrica máxima	Numérico	Double
3FAMIN	Corriente trifásica asimétrica mínima	Numérico	Double
2FSMAX	Corriente bifásica simétrica máxima	Numérico	Double
2FSMIN	Corriente bifásica simétrica mínima	Numérico	Double
2XRMAX	Relación x/r máxima bifásica	Numérico	Double
2XRMIN	Relación x/r mínima bifásica	Numérico	Double
2FAMAX	Corriente bifásica asimétrica máxima	Numérico	Double
2FAMIN	Corriente bifásica asimétrica mínima	Numérico	Double
2FFSMAX	Corriente línea-línea-tierra en la otra fase máxima	Numérico	Double
2FFSMIN	Corriente línea-línea-tierra en la otra fase mínima	Numérico	Double
2XRFBMAX	Relación x/r máxima línea-línea-tierra en la otra fase	Numérico	Double
2XRFBMIN	Relación x/r mínima línea-línea-tierra en la otra fase	Numérico	Double
2FFAMAX	Corriente línea-línea-tierra asimétrica en la otra fase máxima	Numérico	Double
2FFAMIN	Corriente línea-línea-tierra asimétrica en la otra fase mínima	Numérico	Double
1FSMAX	Corriente monofásica simétrica máxima	Numérico	Double
1FSMIN	Corriente monofásica simétrica mínima	Numérico	Double
1XRMAX	Relación x/r máxima monofásica	Numérico	Double
1XRMIN	Relación x/r mínima monofásica	Numérico	Double
1FAMAX	Corriente monofásica asimétrica máxima	Numérico	Double
1FAMIN	Corriente monofásica asimétrica mínima	Numérico	Double
4FSMAX	Corriente línea-línea simétrica máxima	Numérico	Double

4FSMIN	Corriente línea-línea simétrica mínima	Numérico	Double
4XRMAX	Relación x/r máxima línea-línea	Numérico	Double
4XRMIN	Relación x/r mínima línea-línea	Numérico	Double
4FAMAX	Corriente línea-línea asimétrica máxima	Numérico	Double
4FAMIN	Corriente línea-línea asimétrica mínima	Numérico	Double
ID_ALIM	Identificador del alimentador en el que se encuentra	Numérico	Entero

NOMBRE: EPN\_T\_CARSON  
DESCRIPCIÓN: MATRIZ DE CARSON

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
CONDUCTOR	Tipo de Conductor y Calibre	Texto	10
TIPO	Especificación del tipo de estructura	Texto	10
Z11R	Impedancia de fases, parte real (1,1)	Numérico	Double
Z12R	Impedancia de fases, parte real (1,2)	Numérico	Double
Z13R	Impedancia de fases, parte real (1,3)	Numérico	Double
Z21R	Impedancia de fases, parte real (2,1)	Numérico	Double
Z22R	Impedancia de fases, parte real (2,2)	Numérico	Double
Z23R	Impedancia de fases, parte real (2,3)	Numérico	Double
Z31R	Impedancia de fases, parte real (3,1)	Numérico	Double
Z32R	Impedancia de fases, parte real (3,2)	Numérico	Double
Z33R	Impedancia de fases, parte real (3,3)	Numérico	Double
Z11C	Impedancia de fases, parte compleja (1,1)	Numérico	Double
Z12C	Impedancia de fases, parte compleja (1,2)	Numérico	Double
Z13C	Impedancia de fases, parte compleja (1,3)	Numérico	Double
Z21C	Impedancia de fases, parte compleja (2,1)	Numérico	Double
Z22C	Impedancia de fases, parte compleja (2,2)	Numérico	Double
Z23C	Impedancia de fases, parte compleja (2,3)	Numérico	Double
Z31C	Impedancia de fases, parte compleja (3,1)	Numérico	Double
Z32C	Impedancia de fases, parte compleja (3,2)	Numérico	Double
Z33C	Impedancia de fases, parte compleja (3,3)	Numérico	Double
Z0R	Impedancia real de secuencia 0	Numérico	Double
Z1R	Impedancia real de secuencia 1	Numérico	Double
Z2R	Impedancia real de secuencia 2	Numérico	Double
Z0C	Impedancia compleja de secuencia 0	Numérico	Double
Z1C	Impedancia compleja de secuencia 1	Numérico	Double
Z2C	Impedancia compleja de secuencia 2	Numérico	Double

NOMBRE: EPN\_T\_CORTO\_DAT  
DESCRIPCIÓN: CURVA DE

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	TIPO	TAMAÑO
X	Posición en X de la curva de relaciones x/r	Numérico	Double
Y	Posición en Y de la curva de relaciones x/r	Numérico	Double

## **5.4 DESARROLLO DEL PROGRAMA**

### **5.4.1 SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PARA EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA**

#### **5.4.1.1 Selección de la plataforma y sistemas operativos**

El programa puede ser instalado en cualquier plataforma Windows, aunque se recomienda que el procesador sea un Pentium II de 350 MHz o superior, debido a las operaciones de cálculo que realiza el programa y a la interconexión con el sistema gráfico AutoCad.

El Programa fue desarrollado en:

- Microsoft Windows 2000 Professional para el Servidor de aplicaciones y Bases de Datos y como requerimientos de Hardware un procesador Pentium III de 650 MHz, 128 MB en RAM y 4.5 GB mínimo de espacio en Disco Duro

#### **5.4.1.2 Selección del lenguaje de programación**

El Lenguaje de Programación utilizado es el Microsoft Visual Basic 6.0 por sus características sobresalientes y por ser una de las herramientas más productivas para crear rápidamente eficaces aplicaciones.

Entre estas características podemos mencionar:

Visual Basic con su modalidad de diseño visual, permite crear aplicaciones completas de propósito general tan sólo arrastrando objetos a una forma; al mismo tiempo, aísla al programador de toda la complejidad inherente de un ambiente multiprocesos tan complejo como lo es Windows.

Visual Basic tiene como ventaja que es muy fácil crear prototipos de aplicaciones funcionales. Otra característica importante es el Debugger que permite ejecutar parcialmente el programa, deteniendo la ejecución en el punto deseado y estudiando en cada momento el valor de cada una de las variables. De esta manera se facilita enormemente el descubrimiento de las fuentes de errores y la verificación de que los algoritmos están trabajando correctamente.

La desventaja que se tiene al utilizar Visual Basic es que por ser un lenguaje de tercera generación presenta un tiempo de respuesta elevado, por lo que los cálculos e interacciones con la base de datos y los sistemas gráficos se hace lento, sin embargo, sus ventajas en cuanto a desarrollo y manejo se ven recompensadas.

#### **5.4.1.3 Selección del sistema de gestión de bases de datos**

El Sistema de Gestión de Bases de Datos utilizado es Microsoft Access 2000 porque dispone de un ambiente visual, estable, compatible, confiable y seguro. Además, Microsoft Access es un Motor de Base de Datos personal, lo que permite que el programa pueda ser ejecutado en una PC de hogar sin necesidad de tener conexiones de red.

#### **5.4.2 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE NECESARIO**

- Instalación de un Sistema Operativo Windows (95, 98, Me, NT, 2000)
- Instalación de AutoCad
- Instalación de Microsoft Office (Access, Excel) español.

#### **5.4.3 CODIFICACIÓN**

En la codificación del programa se utilizaron los algoritmos presentados en el Capítulo II, siguiendo los estándares de programación suministrados por la Empresa Eléctrica Quito.

A continuación se presenta la estructura del programa digital.

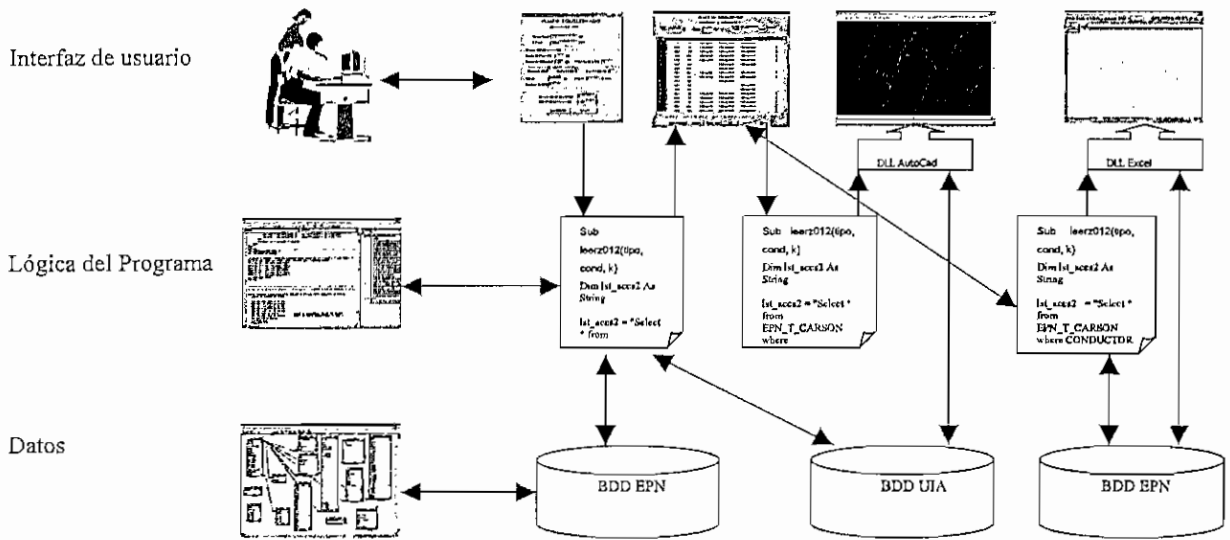


Fig. 5.2 Estructura del Programa

## 5.5 EJEMPLOS DE APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 5.5.1 CASO 1

El caso 1 corresponde a un sistema de distribución con un nivel de voltaje de 4.16 kV, el cual ha sido tomado de la referencia (R1), y con la ayuda del "Programa para el Manejo del Sistema de Distribución" se estableció los flujos de carga, los resultados obtenidos se presentan en los anexos.

De los resultados se puede ver que a partir del nodo 14 se presentan niveles de voltaje menores a 0.97 pu, teniéndose que el nodo 24 es el que posee el menor nivel de voltaje 0.954 pu.

En lo referente al desbalance, el programa únicamente calcula los desbalances para líneas trifásicas; el mismo que se establece como la relación de voltaje de secuencia negativa para el voltaje de secuencia positiva, los valores que se obtuvieron son valores aceptables, en el nodo 21 se tiene el mayor desbalance con un valor de 0.65%.

En lo que tiene que ver con la cargabilidad de las líneas, esto se lo calcula como la relación entre la corriente de la fase más cargada para la máxima corriente de conducción del conductor, y se tiene que la mayor parte de las líneas presentan valores de cargabilidad bajos, a excepción del tramo 1 en el cual se presenta una cargabilidad del 100.15%.

Los valores de pérdidas que se presentan en los resultados, son las pérdidas acumuladas en cada uno de los tramos. Las pérdidas totales que se presentan en el alimentador son de 33 kW.

A continuación se muestra un cuadro que permite comparar los resultados obtenidos por el programa y los resultados presentados en la referencia (R1).

	<b>Programa EEQ</b>	<b>PRINDIS</b>
Voltaje en el nodo 24	0.954	0.9545
Pérdidas totales en kW	33	32.285
Desbalance en el nodo 21	0.65%	0.6434%

### 5.5.2 CASO 2

En los resultados del caso 1 se tienen niveles de voltaje bajos, para solucionar este problema y a fin de comparar los resultados que se obtienen mediante la utilización del "Programa para el Manejo del Sistema de Distribución" se instala un banco de condensadores de 600 kVAR en el nodo 20, y un condensador monofásico de 50 kVAR en el nodo 24.

De los resultados obtenidos y que se presentan en los anexos, se observa que la inserción de los condensadores mejora los niveles de voltaje en los ramales que parten del nodo 14, todos los nodos del sistema presentan niveles de voltaje mayores a 0.97 pu, siendo el nodo 24 el que tiene el nivel de voltaje más bajo del sistema 0.973 pu.

En lo referente al desbalance, el programa únicamente calcula los desbalances para líneas trifásicas; el mismo que se establece como la relación de voltaje de secuencia negativa para el voltaje de secuencia positiva



El desbalance en el nodo 21 respecto al obtenido en el caso 1 ha mejorado puesto que se tenía un desbalance de 0.65% para el caso 1 y ahora se tiene un desbalance de 0.57%.

Las pérdidas de potencia totales en el alimentador han disminuido ya que en el caso 1 se tenía un valor de pérdidas de 33 kW y en este caso se tiene que las pérdidas son de 28.33 kW.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de resultados obtenidos con el programa y resultados obtenidos en la referencia (R1).

	<b>Programa EEQ</b>	<b>PRINDIS</b>
Voltaje en el nodo 24	0.973	0.972387
Pérdidas totales en kW	28.33	26.501
Desbalance en el nodo 21	0.57%	0.5827%

### 5.5.3 CASO 3

El sistema de distribución es un sistema dinámico, el mismo que puede crecer debido a: incorporación de redes eléctricas nuevas, o incremento de carga. Por ello el programa permite al usuario simular el efecto de incremento de carga, para ello es necesario que el usuario ingrese dos valores, el primer valor corresponde a la tasa de crecimiento de la carga en porcentaje y el segundo valor corresponde al tiempo de estudio en años.

De manera similar que en la referencia 1 (R1) y a fin de realizar una comparación de resultados, se simula el efecto de crecimiento de la carga con una tasa de crecimiento del 5% y un tiempo de estudio de 10 años.

Los resultados obtenidos mediante la utilización del "Programa para el Manejo del Sistema de Distribución" son presentados en los anexos, se puede observar que a partir del nodo 13 y siguiendo la topología de la red, en la fase a los nodos presentan niveles de voltaje inferiores a 0.97 pu, siendo el nodo 24 el nodo con menor voltaje 0.941 pu

También se puede observar que el ramal que parte del nodo 14 y se dirige hacia el nodo 19 en la fase b posee niveles de voltaje inferiores a 0.97 pu, siendo el nodo 19 el que tiene el menor nivel de voltaje 0.962 pu. El ramal que parte del nodo 14 y se dirige hacia el nodo 24 en sus extremos tiene niveles de voltaje en la fase b inferiores a 0.97 pu, el nodo 23 es el de menor voltaje con 0.968 pu.

Las pérdidas de potencia totales en el alimentador son de 78.12 kW, la cual comparada con el resultado que se obtuvo en el caso anterior se puede ver claramente que se han incrementado notablemente, esto es consecuencia del incremento de la carga del alimentador.

El nivel del voltaje en el nodo 24 es de 0.941 pu, mientras que en la referencia 1 el mismo nodo tiene 0.942 pu, en lo que respecta a las pérdidas de potencia con el programa se tienen pérdidas de 78.12 kW y en la referencia 1 se tienen pérdidas de 74.35 kW, el máximo desbalance de voltaje es de 1% en el nodo 21 mientras que en la referencia 1 se tiene un máximo desbalance de voltaje de 0.9919% en el mismo nodo.

Cuadro comparativo de resultados obtenidos por el programa y resultados en la referencia (R1).

	<b>Programa EEQ</b>	<b>PRINDIS</b>
Voltaje en el nodo 24	0.941 pu	0.942419 pu
Voltaje en el nodo 19 fase b	0.962 pu	0.9633 pu
Voltaje en el nodo 23	0.968 pu	0.9664
Pérdidas totales en kW	78.12	74.352
Desbalance en el nodo 21	1%	0.9919%

#### 5.5.4 CASO 4

En los resultados del caso 3 que se presentan en los anexos, se puede observar que a partir del nodo 13 y siguiendo la topología del alimentador el ramal que se dirige hacia el nodo 24 posee niveles de voltaje bajos.

Con el objetivo de realizar la comparación de los resultados que se obtienen con el programa y los resultados obtenidos en la referencia 1, se simula la instalación de un regulador trifásico en el nodo 13, y el nodo para ser regulado es el nodo 17. El voltaje de regulación es de 1.017 pu en el nodo de regulación (nodo 17).

El regulador tiene como datos: regulación positiva 10%, regulación negativa de 10%, número de pasos del regulador: 32, datos del transformador de potencial en el primario 2400 V, del transformador de corriente 100 A.

El programa en lo que respecta al regulador da la ubicación de los taps, y se tiene que el tap en la fase A se encuentra en la posición 11, el tap de la fase B se encuentra en la posición 8, el tap de la fase c se encuentra en la posición 10, los mismos taps expresados en porcentaje es de 6.875%, 5% y 6.25% para las fases a, b y c respectivamente.

Los valores calculados por el programa presentan los siguientes resultados de RLDC es 0.614 V y XLDC es 0.517 V.

El nivel de voltaje en el nodo de regulación (nodo 17) en la fase a es 1.021 pu, en la fase b es de 1.016 pu en la fase b y 1.020 en la fase c, el voltaje en el nodo de ubicación del regulador (nodo 13) es 1.035 pu, en cuanto a las pérdidas de potencia se obtiene el valor de 70.62 kW, observándose que se han disminuido las pérdidas respecto del caso anterior.

De los resultados se puede observar que no se obtuvo el valor de regulación que se deseaba, lo cual se debe a que los taps del regulador se presentan en pasos enteros (discretos) y para conseguir el objetivo planteado se necesitaría que los taps del regulador no sean valores discretos.

Los valores obtenidos en la referencia 1 en la fase a es de 1.017 pu en el nodo de regulación ( nodo 17), en la fase b es de 1.015 pu y en la fase c es de 1.0196, en el nodo de ubicación del regulador es de 1.031 pu, las pérdidas de potencia son de 72.7 kW.

	<b>Programa EEQ</b>	<b>PRINDIS</b>
Voltaje en el nodo 13	1.035 pu	1.031 pu
Voltaje en el nodo 17 fase a	1.021 pu	1.01688 pu
Voltaje en el nodo 17 fase b	1.016 pu	1.01583 pu
Voltaje en el nodo 17 fase c	1.020 pu	1.01966 pu
RLDC (volt)	0.614	0.736
XLDC (volt)	0.517	0.557
Tap regulador fase a	6.875%	6.25%
Tap regulador fase b	5%	5%
Tap regulador fase c	6.25%	6.25%
Pérdidas totales (kW)	70.62	72.7

Como se puede observar los resultados que se obtienen con el programa y los resultados obtenidos mediante la referencia 1 (R1) tienen valores muy similares.

### 5.5.5 CASO 5

Este caso corresponde al alimentador "F" de la subestación No. 53 (Subestación Pérez Guerrero) de la Empresa Eléctrica Quito S.A., la misma que tiene un nivel de voltaje de 6.3 kV; este alimentador está conformado por 143 nodos eléctricos.

Para demostrar la utilidad del programa, se ha seleccionado este alimentador, y debido a que la Empresa Eléctrica Quito S.A. no posee información fidedigna en lo que respecta al número de usuarios y la energía asociada a cada uno de los transformadores de distribución que forman parte del mismo, estos parámetros han sido estimados sobre la base de las curvas de la REA.

Este alimentador en lo que se refiere a las redes eléctricas posee tanto redes eléctricas aéreas como redes eléctricas subterráneas, la distancia de recorrido del alimentador hasta el nodo más extremo no sobrepasa los 2 Km

Los resultados obtenidos mediante la utilización del programa se pueden observar en los anexos.

De los resultados se observa que el nivel de voltaje de todos los nodos que conforman la red son altos y están muy cercanos al 0.99 pu, el desbalance de voltaje es muy bajo, y en cuanto a las pérdidas de potencia tiene un valor de 34.97 kW.

Los valores de niveles de voltaje a través de todo el alimentador son altos, lo cual se debe en primer lugar a la distancia de recorrido que se puede considerar corta, las corrientes que circulan por los tramos son pequeñas, esto implica que no existe una carga considerable.

#### 5.5.6 CASO 6

El programa permite al usuario realizar la modelación de la carga como se explica en la sección 2.1, y se ha corrido flujos de carga no equilibrados en el alimentador 53F de la EEQ SA.

El alimentador 53F primero se ha modelado la carga como potencia constante, luego se la modeló como corriente constante y finalmente se la modeló como impedancia constante, los resultados obtenidos por el programa se encuentran en los anexos.

En los resultados se puede observar que los tres modelos de carga arrojan valores de niveles de voltaje y corrientes muy similares. Los valores de desbalance de voltaje son pequeños, siendo el desbalance más alto el de 0.11%.

Los valores de pérdidas para los tres casos son similares, siendo para el modelo de carga de potencia constante de 34.97 kW, para el modelo de corriente constante 33.47 kW y para el modelo de impedancia constante 32.22 kW.

Los niveles de voltaje para todos los casos presentan valores muy similares en cada uno de los nodos del alimentador, el valor más bajo es de 0.974 pu en el nodo 101.

El programa realizó 3 iteraciones para el modelo de carga de potencia constante e impedancia constante, mientras que para el modelo de corriente constante únicamente se realizó una iteración, pero los resultados obtenidos mediante el modelo de corriente constante son muy parecidos a los obtenidos mediante los otros modelos; lo cual demuestra que para este caso la carga se la puede modelar de las tres maneras.

#### 5.5.7 CASO 7

En este caso se ha utilizado la opción del programa de ingresar la potencia que entrega la subestación, para el alimentador 53F de la EEQ SA.

Como no se posee información acerca de la potencia que entrega la subestación al alimentador 53F, y para ilustrar la utilización de esta opción del programa se asumió que la subestación entrega una potencia de 3000 kVA. Al utilizar esta opción el programa calcula el factor de utilización según lo indicado en la sección 2.1.5.3, conociendo como datos: la potencia instalada en el alimentador 10480 kVA y la potencia entregada por la subestación 3000 kVA; se tiene que el factor de utilización es de 0.286 pu, el mismo que se aplica a todos los transformadores de distribución del alimentador primario.

Los datos para el programa fueron la potencia de la subestación 3000 kVA, factor de potencia 0.93, modelo de carga utilizado: potencia constante, los resultados que se obtuvieron con el programa se presentan en los anexos.

En los resultados se puede ver que el nivel de voltaje de los nodos es similares a los obtenidos en el caso 6 mediante el modelo de carga de potencia constante, los resultados no son iguales debido a que en el caso 6 el factor de utilización se estableció en 0.25 pu.

El nivel de voltaje más bajo es de 0.97pu en el nodo 102, el desbalance de voltaje más alto es de 0.14% y las pérdidas para este caso son de 44.6 kW.

Los valores de voltaje disminuyeron un poco lo cual se esperaba puesto que al incrementarse el factor de utilización de 0.25 pu a 0.286 pu significa que los transformadores están entregando mayor potencia a los usuarios asociados al mismo, y ello se refleja en una mayor circulación de corriente por cada una de las secciones del alimentador. Al haber mayor circulación de corriente en las secciones también se producen mayores pérdidas de potencia en cada una de las secciones y al acumularse dan un valor de pérdidas del alimentador mayores que las del caso 6.

#### **5.5.8 CASO 8**

El caso 8 corresponde al cálculo de un flujo equilibrado para el alimentador 53F de la EEQ SA.

Los datos del alimentador son: factor de utilización 0.25 pu, modelo de carga es potencia constante, factor de potencia 0.93 pu. Los resultados obtenidos mediante la utilización del programa son presentados en los anexos.

Como se puede observar los niveles de voltaje en los primeros nodos son casi iguales, pero los niveles de voltaje de los últimos nodos son mayores que los obtenidos en el caso 6. Las pérdidas de potencia son de 24.655 kW, mientras que para el caso 6 fueron de 34.97 kW.

#### **5.5.9 CASO 9**

El programa también ofrece la posibilidad de realizar el cálculo de los cortocircuitos en un alimentador, a fin de demostrar la utilidad de esta opción del

programa, se han ingresado los datos de la referencia 7 (R7), los mismos que representan un sistema de distribución que trabaja a nivel de voltaje de 12.47 kV.

Este sistema está formado por redes eléctricas aéreas como también de redes eléctricas subterráneas.

Existen 4 tipos de líneas, 2 de ellos son utilizados para líneas aéreas y 2 para líneas subterráneas.

Para líneas aéreas se utilizan los siguientes datos:

#### **Tipo 1**

3 - #1/0 CU & 1 - #2 Cu

Lo cual significa que tiene 3 fases en las cuales se utiliza el conductor 1/0 de cobre y el número 2 de cobre para el neutro.

#### **Tipo 2**

1 - #2 Cu & 1 - #4 Cu

Significa que para la fase se utiliza el número 2 de cobre y el número 4 de cobre para el neutro.

Para líneas subterráneas se tienen los siguientes tipos:

#### **Tipo 3**

3 - 750 MCM AL, XLP cables with 1/3 size concentric neutral.

#### **Tipo 4**

1 - 1/0 AL, XLP cables with full size concentric neutral.

Los valores de impedancias de la fuente (S/E a 12.47 kV) son:

$$Z1 = 0.255 + j2.291 \text{ ohms}$$

$$Z0 = 0 + j 1.089 \text{ ohms}$$



Los resultados que se obtienen mediante el programa se los puede observar en los anexos y comparados con los resultados de la referencia son prácticamente los mismos, los valores de la referencia difieren en cuanto a los resultados del programa en lo que tiene que ver con la parte subterránea, esto se debe a que en la referencia se utiliza una impedancia de falla cero para la parte subterránea y un valor de impedancia de falla de 20 ohms para la parte aérea, mientras que el programa considera el valor de la impedancia de falla de 20 ohms tanto para la parte aérea como para la subterránea.

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

1. La Unidad de Inventarios y Avalúos posee una base de datos que contiene una gran cantidad de información, pero para propósitos de carácter técnico hace falta cierta información tal como: medición de energía de los alimentadores a la salida de la subestaciones, valores de impedancias en las subestaciones, valores de consumo de energía de los usuarios asociados a un transformador de distribución, etc.
2. El programa ha incorporado los modelos de carga como son: potencia constante, corriente constante e impedancia constante, permitiendo al usuario que defina la composición de la carga del alimentador a analizarse, y con esta información poder obtener resultados más exactos en lo que tiene que ver con: niveles de voltaje, corrientes de sección y pérdidas de potencia.
3. El programa permite simular el efecto de crecimiento de carga en cualquier alimentador primario sobre la base de una tasa de crecimiento y un periodo de tiempo con el fin que la empresa pueda utilizar esta información para brindar un mejor servicio en función de los estudios de planificación.
4. El programa permite simular la reconfiguración de alimentadores primarios trasladando grupos de secciones de carga de uno a otro primario, con el fin de realizar trasferencias temporales o permanentes entre alimentadores con el fin de conocer el comportamiento de los mismos bajo las nuevas condiciones de operación
5. El programa incorpora funciones que permiten al usuario modelar la carga por medio de la medición del consumo de energía de los usuarios asociados

a los transformadores de distribución, basándose en los siguientes modelos: REA, polinomial, cuadrático o potencial.

6. En cualquier alimentador primario donde exista un nodo en el cual se presenta un desbalance muy grande ( una fase mucho más cargada que las otras fases), se presenta un efecto muy poco común como es el incremento de voltaje, este caso se puede observar en uno de los ejemplos de la Referencia 1.
7. En la información almacenada en la base de datos de la Unidad de Inventarios y Avalúos se encontró algunos datos erróneos que no permiten realizar los cálculos de Corto Circuitos y/o Flujos de Carga si no se los corrige previamente, estos datos en ciertos casos pueden ser corregidos de manera fácil pero cuando se encuentra que la falta de datos o el error en los mismos es muy grave; esta información debería ser descartada y se debería considerar realizar un nuevo levantamiento de datos para corregir estos problemas, e ahí la importancia de la recopilación y validación continua de los datos.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que se desarrollen nuevos módulos que permitan al usuario simular el efecto del crecimiento de la carga tomando otros criterios diferentes al criterio seleccionado en el presente trabajo.
2. Se recomienda a la Unidad de Avalúos e Inventarios de la EEQ SA. que en la medida de lo posible mantenga la información de la base de datos actualizada.
3. Se recomienda a la Unidad de Avalúos e Inventarios que tomando como una guía el diseño de la base de datos desarrollada para este proyecto se incorpore cierta información de carácter técnico, puesto que durante el desarrollo del proyecto de titulación se ha detectado que no se tiene cierta

información que se necesita para poder realizar estudios como: cálculo de flujos de carga, cálculo de cortocircuitos, simulación de crecimiento de carga, estudio de pérdidas de potencia.

4. Se recomienda a la Unidad de Inventarios y Avalúos que se enlacen con el sistema de comercialización de la EEQ SA. A fin de que se pueda tener una información real acerca del consumo de energía por parte de los usuarios asociados a los transformadores de distribución, puesto que esta información es la base para la aplicación de los modelos matemáticos (REA, polinomial, potencial).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- R1. MEDINA MARCO; "Programa interactivo para el diseño y operación de sistemas de distribución", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Mayo 1992.
- R2. OREJUELA VICTOR; "Apuntes de sistemas de distribución II"
- R3. GRANDA RONAL, "Reducción de pérdidas mediante reconfiguración de la red de distribución", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., 1998.
- R4. OSCULLO CARLOS; "Programa Interactivo para la selección y operación económica de transformadores de distribución", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Abril 2001.
- R5. VILLAMARIN BAYARDO; "Programa computacional didáctico para el cálculo de parámetros de redes de distribución aéreas y subterráneas", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., 2000.
- R6. JIEE Vol. 17; "Sistema experto par el diseño de redes eléctricas de distribución" E.P.N., Julio 1997
- R7. McGRAW EDISON; "Distribution system protection manual"

## BIBLIOGRAFIA

1. MEDINA MARCO; "Programa interactivo para el diseño y operación de sistemas de distribución", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Mayo 1992.
2. OREJUELA VICTOR; "Apuntes de sistemas de distribución II"
3. GRANDA RONAL, "Reducción de pérdidas mediante reconfiguración de la red de distribución", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., 1998.
4. OSCULLO CARLOS; "Programa Interactivo para la selección y operación económica de transformadores de distribución", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Abril 2001.
5. VILLAMARIN BAYARDO; "Programa computacional didáctico para el cálculo de parámetros de redes de distribución aéreas y subterráneas", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., 2000.
6. GRIJALVA SILVA, CARLOS SANTIAGO, "Pérdidas de sistemas eléctricos de distribución aplicación al sistema Quito", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., 1994.
7. RUALES PARREÑO, JOE, "Análisis de sensibilidad de pérdidas en el diseño de redes de distribución", Tesis Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., 1995.
8. CANDO MARCO, SANDOVAL GASTÓN, "Herramienta para la planificación, control y gestión de redes eléctricas, basada en sistemas de información geográfica", Facultad de Ingeniería de Sistemas, E.P.N., 1996.
9. MARIA AUGUSTA ESCANDON, "Herramienta gráfica para el control de flujos de carga y de pérdidas en redes eléctricas de distribución", Facultad de Ingeniería de Sistemas, E.P.N., 1998.
10. Empresa Eléctrica Quito S.A., "Normas para Sistemas de Distribución", Guía

para diseño de las redes de distribución, Cuarta Edición, Enero 1979.

11. Empresa Eléctrica Quito S.A., "Normas para Sistemas de Distribución", Estructuras tipo, Cuarta Edición, Enero 1979.
12. JIEE Vol. 17; "Sistema experto par el diseño de redes eléctricas de distribución" E.P.N., Julio 1997.
13. MCGRAW EDISON; "Distribution system protection manual"
14. WESTINGHOUSE; "Electrical Transmission and distribution reference book" Fourth edition, Pennsylvania 1964.
15. ALCOA; "Electrical conductor products", Division of Aluminum Company of America 1974.
16. ELECTRICAL CONDUCTORS; "International standard sizes", Publication No 377, February 1957.
17. PERRY GREG; "Aprendiendo Visual Basic 6 en 21 días", Prentice Hall, México 1999.
18. BRIAN SILLER & JEFF SPOTTS; "Visual Basic 6", Prentice Hall, Madrid, 1999.
19. BEAMONTE JOSE LUIS, "AutoCad 14 Fundamentos", Paraninfo, Madrid, 1998.
20. "Sistema SPARD (Manual de Usuario)", Energy Computer Graphics LTDA, Bogota, Colombia, Mayo 1998.
21. AHO HOPCROFT, "The Desing and Analysis of Computer Algorithms", Addison Wesley, 1975.
22. Autodesk, "Command Reference AutoCad R14", 1996.

# ANEXOS



## ANEXOS

### ANEXO 1: LAS ECUACIONES DE CARSON PARA EL CALCULO DE LAS IMPEDANCIAS EN LAS LÍNEAS.

El presente anexo ha sido tomado de la tesis "Programa computacional didáctico para el cálculo de parámetros de redes de distribución aéreas y subterráneas" del Ingeniero VILLAMARIN BAYARDO.

En 1926 Dr. John R. Carson presentó las ecuaciones para la impedancia propia de un conductor con retorno por tierra y la impedancia mutua entre dos conductores con retorno común por tierra, ya que varios de los factores que influyen en estas impedancias pueden ser evaluados. En un sistema de distribución trifásico no se tienen las corrientes equilibradas puesto que existe un gran porcentaje de cargas monofásicas y un porcentaje menor de cargas bifásicas, esto da origen a que el sistema no sea equilibrado.

En estas ecuaciones se considera que la conductibilidad de la tierra es uniforme, la tierra es considerada como semi infinita en su extensión y como un plano paralelo a los conductores.

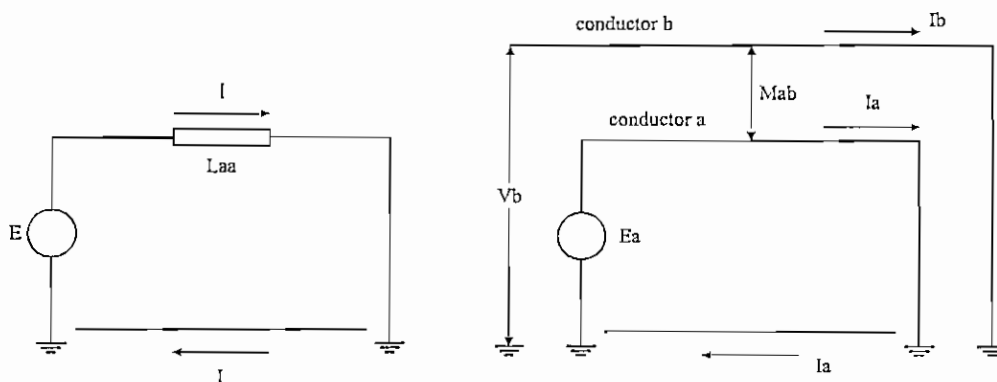


Figura 1

- Impedancia propia de un conductor con retorno por tierra
- Impedancia mutua entre conductores con retorno común por tierra

En la figura 1(a) se muestra cómo se obtiene la impedancia de un conductor con

retorno por tierra. Se aplica un voltaje de tierra  $E$  al final del conductor  $a$  con el otro extremo conectado a tierra, y se mide la corriente. Usando el subíndice adicional  $g$  que indica retorno por tierra,  $Z_{aa-g} = \frac{E}{I}$

De la figura 1(b), la impedancia mutua entre dos conductores  $a$  y  $b$  con retorno común por tierra se obtiene aplicando un voltaje de tierra  $E$  al extremo del conductor  $a$  con el otro extremo conectado a tierra, se mide la corriente en el conductor  $a$  y el voltaje  $V_b$  entre conductor  $b$  y tierra, con un extremo del conductor  $b$  conectado a tierra. Entonces  $Z_{ab-g} = \frac{V_a}{I_b}$

$Z_{aa-g}$  y  $Z_{ab-g}$  son expresadas en términos de su resistencia y reactancia, en las siguientes ecuaciones:

$$Z_{aa-g} = (r_c + R_{aa-g}) + j(x_i + X_{aa-g}) \quad (1)$$

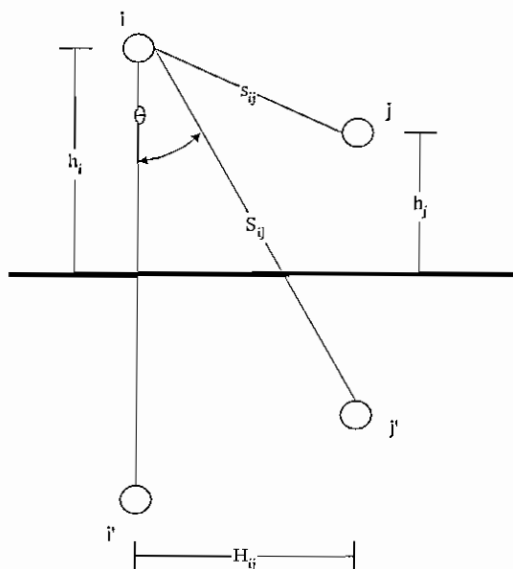
$$Z_{ab-g} = R_{ab-g} + jX_{ab-g} \quad (2)$$

En (1),  $r_c$  y  $x_i$  son la resistencia y reactancia interna, respectivamente, del conductor,  $R_{aa-g}$  y  $X_{aa-g}$  son la resistencia y reactancia, componentes de la impedancia propia con retorno por tierra externo al conductor (de la figura el conductor  $a$ ); en (2)  $R_{ab-g}$  y  $X_{ab-g}$  son la resistencia y reactancia, respectivamente, de la impedancia mutua con retorno común por tierra entre dos conductores.

### **DESARROLLO DE LAS ECUACIONES DE CARSON PARA LAS IMPEDANCIAS PROPIAS Y MUTUAS, EN OHMIOS POR KILÓMETRO.**

En las fórmulas de Carson para la impedancia propia con retorno por tierra e impedancias mutuas con retorno común por tierra, son encontradas a través del método de las imágenes de los distintos conductores, cuya distancia bajo la superficie de la tierra es igual a la distancia que el conductor tiene sobre tierra.

En la figura 2 se presentan algunas de las variables que aparecen en las fórmulas de Carson donde  $i'$  y  $j'$  son las imágenes de los conductores  $i$  y  $j$  respectivamente.



**Figura. 2** Se muestran los conductores  $i$  y  $j$  con sus respectivas imágenes, el ángulo  $\theta$ , y las distancias  $s$ ,  $S$ ,  $h$  y  $H$ .

Las impedancias propias y mutuas en unidades absolutas están dadas por:

$$Z_{ii} = z_i + j2W \cdot \ln \frac{4h_i}{d_i} + J_{ii}$$

$$Z_{ij} = j2W \cdot \ln \frac{S_{ij}}{s_{ij}} + J_{ij}$$

Donde

$Z_{ii}$  = Impedancia propia del conductor, en ohmios / metros

$Z_{ij}$  = Impedancia mutua entre los conductores  $i$  y  $j$  en ohmios / metro

$z_i = r_i + jx_i$  impedancia interna del conductor en ohmios / metro.

$r_i$  = Resistencia interna en ohmios / metro

$x_i$  = Reactancia interna en ohmios / metro

$$x_i = 28.93409203 \cdot f \cdot \log_{10} \left( \frac{r}{RMG} \right)$$

$r$  = Radio del conductor

$RMG$  = Radio medio geométrico del conductor

$f$  = Frecuencia del sistema en Hz.

$$h_i = h - \frac{2}{3} \cdot flecha$$

$h_i$  = Altura efectiva sobre la tierra del conductor  $i$ , en metros.

$h$  = Altura del conductor, en metros

$flecha$  = Valor de la flecha en centímetros para un vano determinado

$d_i$  = diámetro de conductor  $i$ , en centímetros.

$s_{ij}$  = distancia entre conductores en metros.

$S_{ij}$  = distancia de un conductor a la imagen del otro, asumiendo una perfecta conducción de la tierra, en metros.

$J = 4W \cdot (P + jQ)$  = Impedancia que toma en cuenta la conductividad finita de la tierra

$J = 0$  para una perfecta conductividad de la tierra Entonces

Expandiendo las ecuaciones se tiene:

$$Z_{ii} = (r_i + 4WP) + j \left( x_i + 2W \cdot \ln \frac{4h_i}{d_i} + 4WQ \right)$$

$$Z_{ij} = 4WP + j \left( 2W \cdot \ln \frac{S_{ij}}{s_{ij}} + 4WQ \right)$$

Para determinar  $P$  y  $Q$  se requiere la evaluación de una serie infinita en función de  $K$  y del ángulo  $\theta$  siendo:

Para la impedancia propia

$$K = 4\pi h_i \sqrt{\frac{210^{-11} f}{\rho}}$$

$$\theta = 0$$

Para la impedancia mutua

$$K = 2\pi S_{ij} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-11} f}{\rho}}$$

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left( \frac{h_i + h_j}{S_{ij}} \right)$$

Donde:

$\rho$  = resistividad en la tierra en ohmios por metro

$\theta$  = ángulo formado entre la línea de un conductor a su propia imagen y la línea del conductor a la imagen del segundo conductor.

Los valores de P y Q son:

$$P = \frac{\pi}{8} - \frac{K \cos \theta}{3\sqrt{2}} + \frac{K^2 \cos 2\theta}{16} \left( 0.6728 + \ln \frac{2}{K} \right) + \frac{K^2 \theta \text{sen } 2\theta}{16} + \frac{K^3 \cos 3\theta}{45\sqrt{2}} - \frac{\pi K^4 \cos 4\theta}{1536}$$

$$Q = -0.0386 + \frac{1}{2} \ln \frac{2}{K} + \frac{K \cos \theta}{3\sqrt{2}} - \frac{\pi K^2 \cos 2\theta}{64} + \frac{K^3 \cos 3\theta}{45\sqrt{2}} + \frac{K^4 \theta \text{sen } 4\theta}{384} - \frac{K^4 \cos 4\theta}{384} \left( \ln \frac{2}{K} + 1.0895 \right)$$

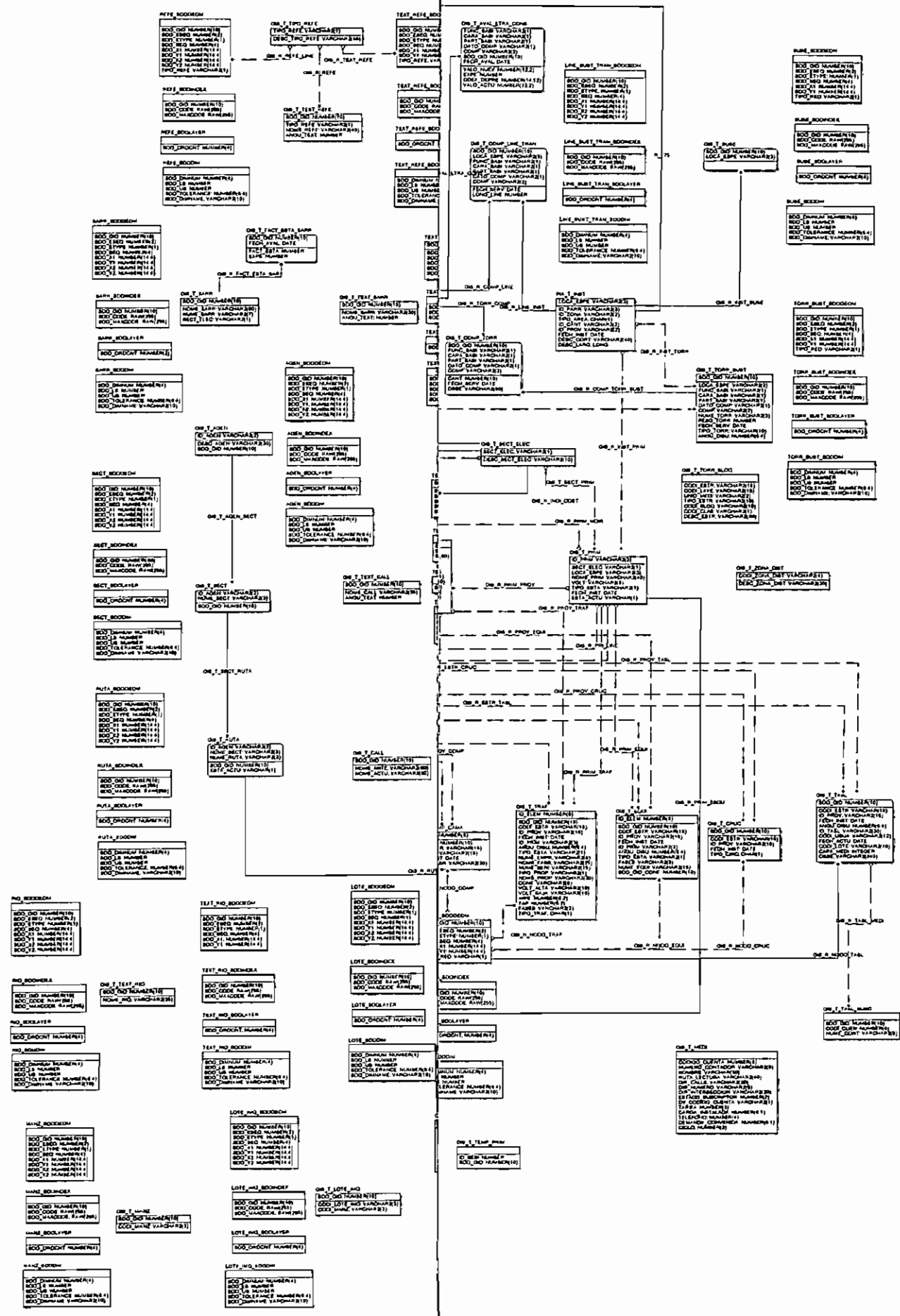


Diagrama del Primario según "Programa Digital de la EEQ S.A."

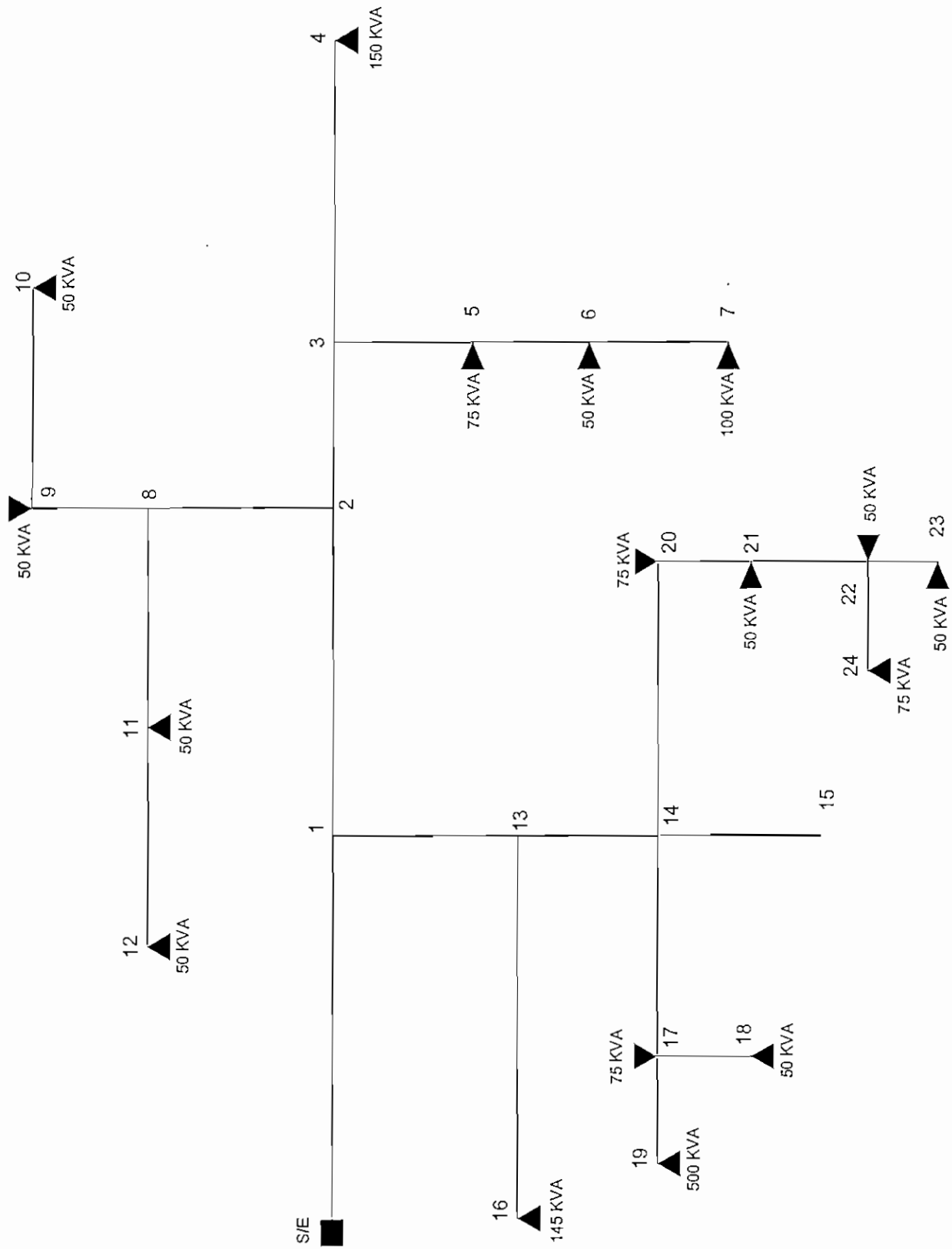
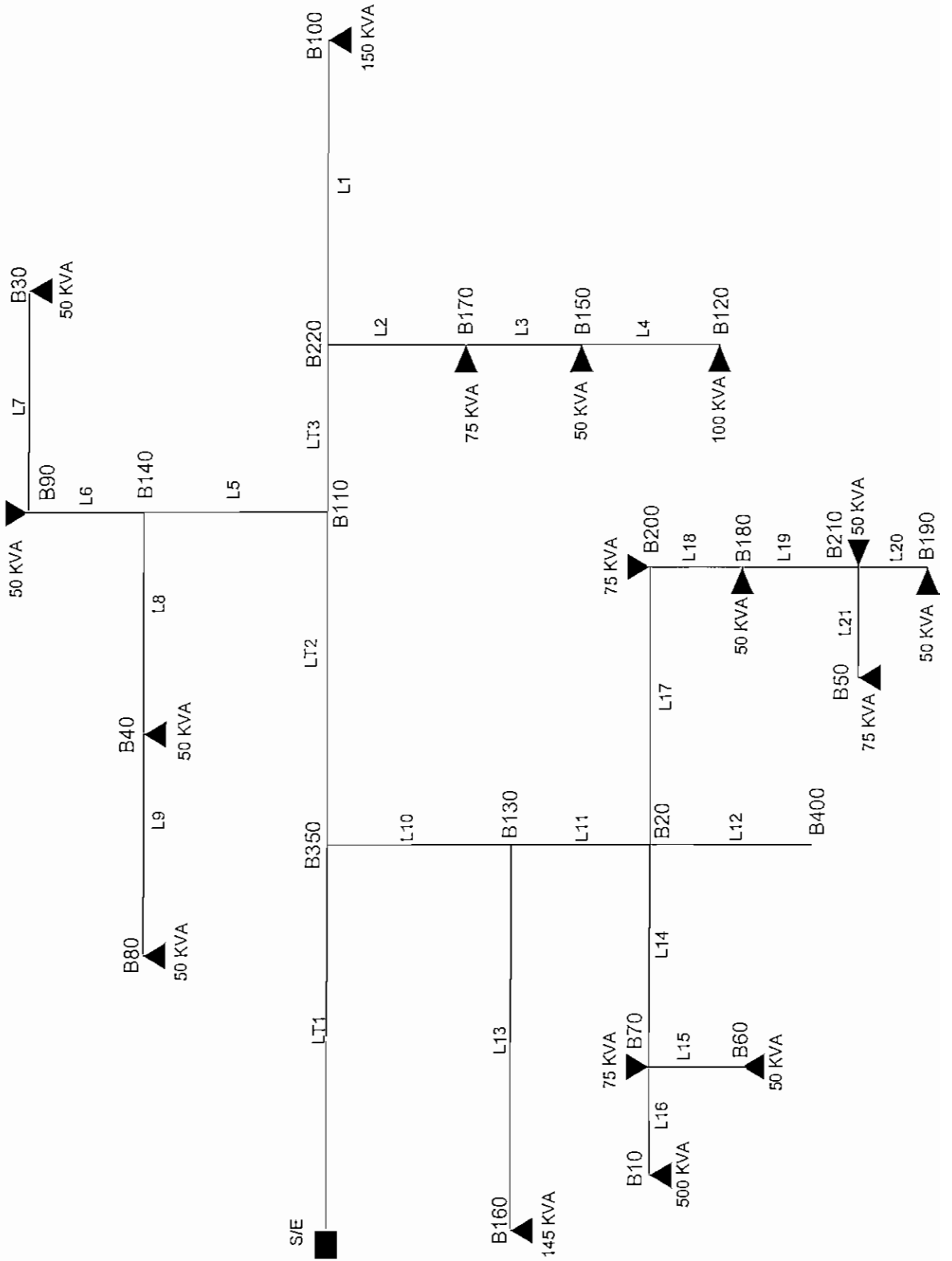


Diagrama del Primario según "Prindis"





# ANEXO 3: RESULTADOS DE LOS EJEMPLOS DE APLICACIÓN

## CASO 1

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V	ang	Voltaje B pu V	ang	Voltaje C pu V	ang	Corriente A [A] I	ang	Corriente B [A] I	ang	Corriente C [A] I	ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
0	1	305,0	0,0	0,986	-0,59	0,99	239,65	0,99	119,55	280,43	-29,80	243,62	210,68	255,37	90,50	100,15	0,22	33,002
1	2	152,0	0,0	0,983	-0,68	0,987	239,67	0,988	119,44	95,79	-29,47	106,71	210,70	106,29	90,58	38,11	0,24	3,309
2	3	152,0	0,0	0,982	-0,72	0,985	239,51	0,987	119,4	53,15	-29,44	64,09	210,67	42,25	90,63	22,89	0,26	1,117
3	4	152,0	150,0	0,981	-0,73	0,984	239,5	0,986	119,39	21,22	-29,44	21,15	210,78	21,10	90,67	9,23	0,27	0,128
3	5	122,0	75,0	0,98	-0,71	0,983	239,48	0,987	119,39	31,85	-29,43	42,83	210,65	21,11	90,60	18,62	0,28	0,731
5	6	122,0	50,0	0,981	-0,71	0,981	239,45	0,986	119,36			42,73	210,67	21,10	90,64	18,58		0,473
6	7	122,0	100,0	0,978	-0,71	0,978	239,42	0,984	119,39	42,48	-29,43	42,42	210,82	63,81	90,62	18,52		0,278
2	8	152,0	150,0	0,982	-0,71	0,985	239,59	0,984	119,39	21,24	-29,43	21,26	210,80	0,00	0,00	27,74	0,23	1,270
8	9	152,0	50,0	0,98	-0,71	0,984	239,56	0,985	119,4			21,21	210,82	0,00	0,00	9,24	0,26	0,181
9	10	152,0	50,0	0,981	-0,71	0,981	239,54									9,22		0,086
8	11	122,0	50,0					0,981	119,36					42,52	90,62	18,48		0,346
11	12	122,0	50,0					0,979	119,34					21,26	90,62	9,24		0,069
1	13	152,0	0,0	0,976	-0,72	0,983	239,61	0,983	119,52	182,60	-29,81	135,79	210,76	147,81	90,56	79,39	0,33	17,910
13	14	152,0	0,0	0,967	-0,84	0,978	239,57	0,977	119,5	160,45	-29,73	114,65	210,77	126,47	90,55	69,76	0,43	10,612
14	15	152,0	0,0	0,967	-0,84	0,978	239,57	0,977	119,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,000
13	16	305,0	145,0	0,974	-0,74	0,981	239,6	0,981	119,5	20,67	-29,46	20,51	210,88	20,52	90,78	8,99	0,34	0,243
14	17	152,0	75,0	0,964	-0,9	0,975	239,63	0,97	119,4	72,30	-29,66	71,52	210,89	125,58	90,65	54,60	0,40	3,486
17	18	91,0	50,0					0,968	119,38					21,50	90,67	9,35		0,053
17	19	91,0	500,0	0,962	-0,92	0,972	239,62	0,968	119,37	72,13	-29,64	71,36	210,90	71,71	90,66	31,36	0,41	0,883
14	20	152,0	75,0	0,961	-0,9	0,977	239,48	0,977	119,58	87,41	-29,68	42,81	210,58	0,00	0,00	38,00	0,57	1,860
20	21	152,0	50,0	0,957	-0,92	0,976	239,41	0,978	119,62	54,70	-29,70	42,73	210,65	0,00	0,00	23,78	0,65	0,848
21	22	81,0	50,0	0,955	-0,94	0,975	239,38	0,975	119,62	54,58	-29,68	21,38	210,64	0,00	0,00	23,73		0,339
22	23	61,0	50,0					0,974	239,37					9,29				0,035
22	24	61,0	75,0	0,954	-0,96					32,74	-29,67	21,36	210,65			14,23		0,082

Reporte de Resultados del Caso 1 (Fijo de Carga No Equilibrado Referencia 1)

NDE	NDR	Conductor	Estructura	Red	FPC	FCC	FZC	FZC
0	1	AA3X4/0	AC1	A	1	0	0	0
1	2	AA3X4/0	AC1	A	1	0	0	0
2	3	AA3X4/0	AC1	A	1	0	0	0
3	4	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
3	5	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
5	6	AA2X1/0	AC8	A	1	0	0	0
6	7	AA1X1/0	AC4	A	1	0	0	0
2	8	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
8	9	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
9	10	AA1X1/0	AC4	A	1	0	0	0
8	11	AA1X1/0	AC5	A	1	0	0	0
11	12	AA1X1/0	AC5	A	1	0	0	0
1	13	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
13	14	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
14	15	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
13	16	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
14	17	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
17	18	AA1X1/0	AC5	A	1	0	0	0
17	19	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
14	20	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
20	21	AA3X1/0	AC2	A	1	0	0	0
21	22	AA2X1/0	AC7	A	1	0	0	0
22	23	AA1X1/0	AC4	A	1	0	0	0
22	24	AA1X1/0	AC3	A	1	0	0	0

Reporte de Datos utilizados en el Caso 1.

FASES												
NDE	NODO	CONECTADAS	POTENCIA KVA	TIPO TRAF0	PA pu	QA pu	PB pu	QB pu	PC pu	QC pu		
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	abc	150	3	0,044	0,024	0,044	0,024	0,044	0,024	0,044	0,024
3	5	a	75	1	0,066	0,036	0	0	0	0	0	0
5	6	c	50	1	0	0	0	0	0,044	0,024	0	0
6	7	b	100	1	0	0	0,088	0,048	0	0	0	0
2	8	abc	150	3	0,044	0,024	0,044	0,024	0,044	0,024	0,044	0,024
8	9	a	50	1	0,044	0,024	0	0	0	0	0	0
9	10	b	50	1	0	0	0,044	0,024	0	0	0	0
8	11	c	50	1	0	0	0	0	0,044	0,024	0	0
11	12	c	50	1	0	0	0	0	0,044	0,024	0	0
1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	16	abc	145	3	0,042	0,0232	0,042	0,0232	0,042	0,0232	0,042	0,0232
14	17	c	75	1	0	0	0	0	0,066	0,036	0	0
17	18	c	50	1	0	0	0	0	0,044	0,024	0	0
17	19	abc	500	3	0,146	0,0801	0,146	0,0801	0,146	0,0801	0,146	0,0801
14	20	a	75	1	0,066	0,036	0	0	0	0	0	0
20	21	b	50	1	0	0	0,044	0,024	0	0	0	0
21	22	a	50	1	0,044	0,024	0	0	0	0	0	0
22	23	b	50	1	0	0	0,044	0,024	0	0	0	0
22	24	a	75	1	0,066	0,036	0	0	0	0	0	0

Reporte de los Transformadores del Alimentador del Caso 1.

CASO 2

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu ang V	Voltaje B pu ang V	Voltaje C pu ang V	Corriente A [A] ang I	Corriente B [A] ang I	Corriente C [A] ang I	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
0	1	305,0	0,0	0,992 -0,75	0,993 239,55	0,993 119,45	244,51 -8,84	215,32 229,99	225,99 108,80	87,33	0,18	28,336
1	2	152,0	0,0	0,99 -0,83	0,99 239,48	0,991 119,34	95,18 -29,62	106,32 210,60	105,91 90,48	37,97	0,20	3,282
2	3	152,0	0,0	0,988 -0,87	0,989 239,41	0,991 119,3	52,81 -29,59	63,86 210,57	42,10 90,53	22,81	0,22	1,108
3	4	152,0	150,0	0,987 -0,88	0,988 239,4	0,99 119,29	21,09 -29,60	21,08 210,69	21,03 90,57	9,17	0,23	0,127
3	5	122,0	75,0	0,987 -0,87	0,987 239,38	0,991 119,29	31,65 -29,58	42,68 210,55	21,04 90,51	18,56	0,25	0,726
5	6	122,0	50,0	0,985	0,985 239,36	0,99 119,26		42,58 210,57	21,03 90,54	18,51		0,469
6	7	122,0	100,0	0,981	0,981 239,32			42,43 210,61		18,45		0,276
2	8	152,0	150,0	0,988 -0,86	0,988 239,5	0,988 119,29	42,21 -29,58	42,27 210,72	63,58 90,52	27,64	0,18	1,259
8	9	152,0	50,0	0,985 -0,86	0,987 239,46	0,988 119,31	21,11 -29,58	21,18 210,70	0,00 0,00	9,21	0,22	0,180
9	10	152,0	50,0	0,985	0,985 239,44			21,13 210,72		9,19		0,085
8	11	122,0	50,0			0,985 119,26			42,36 90,53	18,42		0,344
11	12	122,0	50,0			0,983 119,24			21,18 90,53	9,21		0,069
1	13	152,0	0,0	0,986 -1,12	0,989 239,33	0,988 119,24	156,06 3,87	119,70 247,39	129,00 124,01	68,72	0,26	15,936
13	14	152,0	0,0	0,981 -1,48	0,987 239,12	0,984 119,03	140,75 8,85	103,78 254,36	112,09 129,97	61,20	0,34	10,330
14	15	152,0	0,0	0,981 -1,48	0,987 239,12	0,984 119,03	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,34	0,000
13	16	305,0	145,0	0,983 -1,14	0,987 239,32	0,986 119,22	20,46 -29,86	20,38 210,61	20,40 90,50	8,90	0,27	0,240
14	17	152,0	75,0	0,978 -1,54	0,983 239,17	0,978 118,93	71,28 -30,30	70,92 210,43	124,55 90,19	54,15	0,28	3,420
17	18	91,0	50,0			0,976 118,92			21,32 90,20	9,27		0,052
17	19	91,0	500,0	0,976 -1,56	0,981 239,16	0,976 118,91	71,12 -30,28	70,77 210,44	71,12 90,19	30,92	0,29	0,865
14	20	152,0	75,0	0,978 -1,79	0,988 238,85	0,987 118,93	96,38 37,05	72,10 -62,12	82,22 208,93	41,90	0,47	2,766
20	21	152,0	50,0	0,976 -1,87	0,986 238,8	0,988 118,95	47,29 -8,63	42,28 210,06	0,00 0,00	20,56	0,57	0,664
21	22	91,0	50,0	0,974 -1,93	0,986 238,78		47,22 -8,57	21,16 210,05		20,53		0,262
22	23	61,0	50,0			0,985 238,78		21,14 210,06		9,19		0,034
22	24	61,0	75,0	0,973 -1,98			28,55 7,81			12,41		0,062

Reporte de Resultados del Caso 2 (Se instalan capacitores al Caso 1).

CASO 3

NDE	NDR	Longitud m	Carga KVA	Voltaje A pu	Voltaje B pu	Voltaje C pu	Corriente A [A]	Corriente B [A]	Corriente C [A]	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
				V ang	V ang	V ang	I ang	I ang	I ang			
0	1	305,0	0,0	0,982 -1,14	0,986 239,32	0,986 119,17	426,63 -19,24	371,12 221,02	390,74 100,15	152,37	0,32	78,122
1	2	152,0	0,0	0,978 -1,28	0,982 239,19	0,983 118,98	157,47 -30,11	176,09 210,21	174,95 90,03	62,89	0,36	8,967
2	3	152,0	0,0	0,975 -1,34	0,979 239,08	0,983 118,92	87,30 -30,06	105,83 210,17	69,24 90,11	37,80	0,40	3,030
3	4	152,0	150,0	0,974 -1,36	0,977 239,07	0,981 118,9	34,83 -30,07	34,70 210,35	34,57 90,18	15,14	0,41	0,945
3	5	122,0	75,0	0,973 -1,33	0,976 239,03	0,982 118,91	52,28 -30,05	70,85 210,12	34,60 90,07	30,80	0,44	1,987
5	6	122,0	50,0		0,972 238,99	0,981 118,85		70,57 210,16	34,57 90,13	30,68		1,284
6	7	122,0	100,0		0,967 238,94			70,17 210,22		30,51		0,756
2	8	152,0	150,0	0,975 -1,33	0,978 239,22	0,978 118,9	69,74 -30,05	69,71 210,42	105,07 90,10	45,68	0,34	3,435
8	9	152,0	50,0	0,973 -1,33	0,976 239,17	0,978 118,93	34,87 -30,05	34,98 210,38	0,00 0,00	15,21	0,40	0,489
9	10	152,0	50,0		0,973 239,13			34,86 210,42		15,15		0,232
8	11	122,0	50,0			0,972 118,85			69,98 90,10	30,42		0,938
11	12	122,0	50,0			0,969 118,82			34,99 90,10	15,21		0,188
1	13	152,0	0,0	0,968 -1,59	0,978 239,07	0,977 118,95	269,56 -12,46	198,71 230,91	216,16 108,56	117,20	0,48	41,755
13	14	152,0	0,0	0,957 -2,03	0,972 238,83	0,969 118,73	234,67 -9,49	166,52 235,21	184,89 112,06	102,03	0,62	25,778
14	15	152,0	0,0	0,957 -2,03	0,972 238,83	0,969 118,73	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,62	0,000
13	16	305,0	145,0	0,965 -1,62	0,975 239,05	0,974 118,91	33,97 -30,34	33,62 210,34	33,67 90,19	14,77	0,50	0,655
14	17	152,0	75,0	0,953 -2,13	0,966 238,92	0,957 118,85	119,54 -30,92	117,88 210,17	207,59 89,79	90,26	0,55	9,506
17	18	91,0	50,0			0,955 118,54			35,50 89,82	15,43		0,144
17	19	91,0	500,0	0,949 -2,17	0,962 238,9	0,954 118,52	119,08 -30,89	117,44 210,19	118,47 89,80	51,77	0,57	2,402
14	20	152,0	75,0	0,951 -2,38	0,973 238,5	0,972 118,68	129,75 10,58	77,37 -84,12	80,95 208,68	56,41	0,84	5,033
20	21	152,0	50,0	0,946 -2,46	0,97 238,4	0,973 118,74	82,76 -19,36	70,06 209,63	0,00 0,00	35,98	1,00	1,979
21	22	91,0	50,0	0,943 -2,54	0,969 238,36		82,49 -19,28	35,08 209,62		35,87		0,776
22	23	61,0	50,0		0,968 238,35			35,03 209,63		15,23		0,094
22	24	61,0	75,0	0,941 -2,6			47,82 -10,26			20,79		0,175

Reporte de Resultados del Caso 3 (Se modifica la tasa de crecimiento al Caso 2).

CASO 4

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA		Voltaje A pu		Voltaje B pu		Voltaje C pu		Corriente A [A]		Corriente B [A]		Corriente C [A]		Desbalance	Perdidas RW		
			V	ang	V	ang	V	ang	I	ang	I	ang	I	ang	I	ang			% Carga	
0	1	305,0	0,0	0,983	-1,09	0,967	239,33	0,987	119,18	0,987	119,18	403,13	-17,52	358,74	222,02	373,44	101,37	143,87	0,30	70,624
1	2	152,0	0,0	0,98	-1,23	0,982	239,21	0,984	118,99	0,984	118,99	157,19	-30,06	176,02	210,22	174,76	90,04	62,86	0,34	8,950
2	3	152,0	0,0	0,977	-1,29	0,979	239,09	0,984	118,93	0,984	118,93	87,15	-30,02	105,79	210,18	69,17	90,12	37,78	0,37	3,026
3	4	152,0	150,0	0,975	-1,31	0,978	239,08	0,982	118,91	0,982	118,91	34,77	-30,02	34,68	210,37	34,53	90,19	15,12	0,39	0,344
3	5	122,0	75,0	0,975	-1,29	0,976	239,04	0,983	118,91	0,983	118,91	52,18	-30,00	70,82	210,14	34,56	90,08	30,79	0,42	1,985
5	6	122,0	50,0	0,973	-1,29	0,973	239	0,982	118,85	0,982	118,85	70,54	210,18	34,53	90,14	30,67	30,67	30,67	1,283	1,283
6	7	122,0	100,0	0,967	-1,28	0,967	238,95	0,979	118,91	0,979	118,91	69,61	-30,00	104,96	210,43	0,00	0,00	30,49	0,31	0,754
2	8	152,0	150,0	0,977	-1,28	0,978	239,24	0,979	118,93	0,979	118,93	34,61	-30,00	69,68	210,43	0,00	0,00	45,63	0,37	3,428
8	9	152,0	50,0	0,974	-1,28	0,977	239,18	0,973	118,85	0,973	118,85	34,84	210,43	34,84	210,43	69,90	90,11	15,20	0,37	0,489
9	10	152,0	50,0	0,973	-1,28	0,973	239,14	0,973	118,85	0,973	118,85	34,84	210,43	34,84	210,43	69,90	90,11	15,15	0,37	0,232
8	11	122,0	50,0	0,973	-1,28	0,973	239,14	0,973	118,85	0,973	118,85	34,84	210,43	34,84	210,43	69,90	90,11	30,39	0,37	0,936
11	12	122,0	50,0	0,973	-1,28	0,973	239,14	0,973	118,85	0,973	118,85	34,84	210,43	34,84	210,43	69,90	90,11	15,20	0,37	0,187
13	13	152,0	0,0	1,035	-1,59	1,027	239,07	1,038	118,95	1,038	118,95	248,66	-9,17	187,91	233,40	202,87	111,46	108,11	0,64	36,709
14	14	152,0	0,0	1,025	-2	1,022	238,84	1,031	118,73	1,031	118,73	217,20	-5,75	158,00	238,18	172,45	115,49	94,43	0,71	22,872
14	15	152,0	0,0	1,025	-2	1,022	238,84	1,031	118,73	1,031	118,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,000
13	16	305,0	145,0	1,032	-1,62	1,024	238,05	1,035	118,91	1,035	118,91	31,77	-30,33	32,01	210,34	31,68	90,20	13,92	0,65	0,582
14	17	152,0	75,0	1,021	-2,09	1,016	238,92	1,021	118,58	1,021	118,58	111,45	-30,87	112,04	210,16	194,74	89,82	84,67	0,61	8,393
17	18	91,0	50,0	1,018	-2,12	1,012	238,9	1,018	118,56	1,018	118,56	111,07	-30,84	111,67	210,18	33,31	89,84	14,48	0,61	0,127
17	19	91,0	500,0	1,018	-2,12	1,012	238,9	1,017	118,54	1,017	118,54	111,07	-30,84	111,67	210,18	111,16	89,83	48,55	0,63	2,125
14	20	152,0	75,0	1,02	-2,34	1,022	238,52	1,034	118,66	1,034	118,66	124,70	16,93	78,79	-79,41	86,10	208,66	54,22	0,89	4,700
20	21	152,0	50,0	1,015	-2,42	1,019	238,43	1,035	118,71	1,035	118,71	76,25	-17,27	66,64	209,67	0,00	0,00	33,15	1,04	1,711
21	22	91,0	50,0	1,013	-2,49	1,019	238,4	1,019	118,71	1,019	118,71	76,04	-17,20	33,37	209,66	0,00	0,00	33,06	1,04	0,667
22	23	61,0	50,0	1,018	-2,49	1,018	238,39	1,018	118,71	1,018	118,71	33,32	209,67	33,32	209,67	33,32	209,67	14,49	0,885	0,085
22	24	61,0	75,0	1,011	-2,55	1,011	238,39	1,011	118,71	1,011	118,71	44,23	-6,60	44,23	-6,60	44,23	-6,60	19,23	0,885	0,150

Reporte de Resultados del Caso 4 (Se ingresa un Regulador al Caso 3).

CASO 5

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu		Voltaje B pu		Voltaje C pu		Corriente A [A]		Corriente B [A]		Corriente C [A]		% Carga	Desbalance	Perdidas kW
				V	ang	V	ang	V	ang	I	ang	I	ang	I	ang			
0	1	168,5	0,0	0,998	-0,12	0,999	239,87	0,999	119,88	239,65	-18,41	240,33	223,57	238,08	103,58	120,16	0,00	34,971
1	2	31,3	0,0	0,998	-0,15	0,998	239,84	0,998	119,84	239,47	-16,38	240,18	223,61	237,93	103,62	56,51	0,01	32,857
2	3	2,5	45,0	0,998	-0,16	0,998	239,84	0,998	119,84	239,48	-16,38	240,17	223,61	237,92	103,62	56,51	0,01	31,712
3	4	57,7	90,0	0,996	-0,22	0,997	239,78	0,997	119,77	238,12	-16,29	238,86	223,70	236,65	103,71	56,20	0,02	31,619
4	5	23,7	0,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,997	119,75	235,93	-16,22	236,89	223,77	234,49	103,78	55,69	0,02	29,533
5	6	49,2	0,0	0,995	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,75	29,19	-21,81	29,18	218,19	29,17	98,18	23,35	0,02	0,517
6	7	68,1	0,0	0,995	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	29,17	-21,81	29,15	218,19	29,14	98,18	23,33	0,02	0,348
7	8	49,1	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	5,76	-21,81	5,76	218,19	5,76	98,18	3,39	0,02	0,006
8	9	8,4	75,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	3,46	-21,81	3,45	218,19	3,45	98,18	2,76	0,02	0,001
9	10	3,1	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	1,38	0,02	0,000
10	11	37,4	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	1,38	0,02	0,000
11	12	25,8	75,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	1,38	0,02	0,000
12	13	3,9	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	1,38	0,02	0,000
13	14	20,5	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
14	15	44,5	100,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
15	16	2,3	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	2,30	-21,81	2,30	218,19	2,30	98,18	1,84	0,02	0,001
16	17	3,6	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	8,06	-21,81	8,06	218,19	8,06	98,18	6,45	0,02	0,009
17	18	28,9	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	8,06	-21,81	8,06	218,19	8,06	98,18	6,45	0,02	0,008
18	19	26,9	125,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	2,88	-21,81	2,88	218,19	2,88	98,18	1,44	0,02	0,000
19	20	25,8	112,5	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	5,18	-21,81	5,18	218,19	5,18	98,18	4,15	0,02	0,001
20	21	3,0	112,5	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	2,59	-21,81	2,59	218,19	2,59	98,18	2,07	0,02	0,000
21	22	86,9	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,76	0,995	119,75	15,33	-21,81	15,33	218,19	15,32	98,18	12,27	0,02	0,101
22	23	28,3	125,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	4,61	-21,81	4,61	218,19	4,61	98,18	2,31	0,02	0,001
23	24	42,2	75,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	1,38	0,02	0,000
24	25	28,2	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	10,72	-21,81	10,72	218,19	10,71	98,18	13,75	0,02	0,017
25	26	20,3	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
26	27	33,7	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
27	28	61,6	100,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	4,61	-21,81	4,61	218,19	4,61	98,18	5,91	0,02	0,005
28	29	2,7	100,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	2,31	-21,81	2,31	218,19	2,30	98,18	2,96	0,02	0,000
29	30	51,9	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	6,11	-21,81	6,11	218,19	6,10	98,18	7,83	0,02	0,010
30	31	125,3	50,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	1,15	-21,81	1,15	218,19	1,15	98,18	0,58	0,02	0,000
31	32	51,3	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	4,96	-21,81	4,95	218,19	4,95	98,18	6,35	0,02	0,002
32	33	20,8	125,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	4,96	-21,81	4,95	218,19	4,95	98,18	2,48	0,02	0,001
33	34	46,0	90,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	2,07	-21,81	2,07	218,19	2,07	98,18	1,04	0,02	0,000
34	35	19,9	0,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,997	119,75	9,71	-21,82	9,71	218,18	9,70	98,17	7,77	0,02	0,008
35	36	68,8	0,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,74	9,71	-21,82	9,71	218,18	9,70	98,18	5,71	0,02	0,007
36	37	20,3	75,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,74	9,71	-21,82	9,71	218,18	9,70	98,18	4,85	0,02	0,003
37	38	65,4	47,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,74	1,08	-21,82	1,08	218,18	1,08	98,18	0,54	0,02	0,000
38	39	10,3	300,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,74	6,90	-21,82	6,90	218,18	6,90	98,18	3,45	0,02	0,001
39	40	57,9	0,0	0,995	-0,3	0,995	239,75	0,996	119,69	197,02	-15,06	197,83	224,92	195,67	104,95	46,55	0,02	28,167
40	41	7,4	0,0	0,995	-0,3	0,995	239,75	0,996	119,69	6,33	-21,87	6,33	218,13	6,33	98,12	5,07	0,03	0,001
41	42	30,9	112,5	0,995	-0,3	0,995	239,75	0,996	119,69	8,33	-21,87	8,33	218,13	8,33	98,12	5,07	0,03	0,001
42	43	2,2	112,5	0,995	-0,3	0,995	239,75	0,996	119,69	3,74	-21,87	3,74	218,13	3,74	98,12	2,99	0,03	0,000
43	44	2,2	0,0	0,995	-0,3	0,995	239,75	0,996	119,69	1,15	-21,87	1,15	218,13	1,15	98,12	0,92	0,03	0,000
44	45	80,4	50,0	0,995	-0,3	0,995	239,75	0,996	119,69	1,15	-21,87	1,15	218,13	1,15	98,12	0,92	0,03	0,000
45	46	2,2	0,0	0,995	-0,3	0,995	239,75	0,996	119,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,000
46	47	34,7	100,0	0,992	-0,31	0,993	239,69	0,993	119,68	190,23	-14,82	191,05	225,15	188,93	105,19	44,95	0,04	26,708
47	48	57,6	0,0	0,991	-0,36	0,992	239,63	0,992	119,62	187,73	-14,69	188,61	225,29	186,48	105,34	44,38	0,05	21,676
48	49	25,8	15,0	0,991	-0,36	0,992	239,63	0,992	119,62	0,00	0,00	0,52	218,07	0,52	98,05	0,16	0,05	0,000
49	50	17,6	30,0	0,991	-0,36	0,992	239,63	0,992	119,62	8,79	-21,93	8,78	218,06	8,77	98,05	2,75	0,05	0,007
50	51	31,9	75,0	0,991	-0,36	0,992	239,63	0,992	119,62	8,09	-21,93	8,09	218,06	8,08	98,05	2,54	0,05	0,006

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V ang	Voltaje B pu V ang	Voltaje C pu V ang	Corriente A [A] I ang	Corriente B [A] I ang	Corriente C [A] I ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
51	52	2,2	0,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,992 119,62	6,36 -21,93	6,35 218,06	6,35 98,05	1,99	0,05	0,003
52	53	40,4	100,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,992 119,62	6,36 -21,93	6,35 218,06	6,35 98,05	1,99	0,05	0,003
53	54	64,0	75,0	0,991 -0,37	0,992 239,63	0,992 119,62	4,05 -21,93	4,04 218,06	4,04 98,05	1,27	0,05	0,002
54	55	31,9	0,0	0,991 -0,37	0,992 239,63	0,992 119,62	2,31 -21,93	2,31 218,06	2,31 98,05	0,72	0,05	0,001
55	56	39,5	100,0	0,991 -0,37	0,992 239,63	0,992 119,62	2,31 -21,93	2,31 218,06	2,31 98,05	1,36	0,05	0,001
56	57	3,1	0,0	0,991 -0,37	0,992 239,63	0,992 119,62	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,05	0,000
48	58	14,6	0,0	0,991 -0,37	0,992 239,62	0,992 119,61	178,97 -14,32	179,35 225,68	177,23 105,73	42,20	0,05	20,374
58	59	60,5	0,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,992 119,55	178,79 -14,27	179,20 225,73	177,10 105,78	42,16	0,06	20,077
59	60	48,6	75,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,991 119,55	1,74 -21,99	1,73 218,00	1,73 97,99	0,75	0,06	0,000
60	61	2,3	0,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,991 119,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,06	0,000
59	62	31,4	0,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,991 119,55	3,47 -21,99	3,47 218,00	3,47 97,99	1,51	0,06	0,001
62	63	9,5	150,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,991 119,55	3,47 -21,99	3,47 218,00	3,47 97,99	1,74	0,06	0,000
59	64	106,8	75,0	0,988 -0,52	0,989 239,48	0,99 119,46	173,34 -13,85	173,78 226,05	171,72 106,11	40,89	0,07	18,845
64	65	38,9	0,0	0,985 -0,53	0,987 239,47	0,988 119,44	171,15 -13,85	171,62 226,14	169,58 106,21	40,38	0,08	16,771
65	66	23,5	100,0	0,985 -0,53	0,987 239,47	0,988 119,44	2,32 -22,10	2,32 217,90	2,32 97,88	0,55	0,08	0,001
66	67	2,1	0,0	0,985 -0,53	0,987 239,47	0,988 119,44	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,08	0,000
65	68	58,6	0,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,45	47,33 -22,10	47,26 217,89	47,21 97,87	11,14	0,08	0,895
68	69	16,3	0,0	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,45	40,10 -22,11	40,04 217,89	40,00 97,86	12,57	0,08	0,366
69	70	30,8	112,5	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	40,09 -22,11	40,03 217,89	39,99 97,87	12,57	0,08	0,261
70	71	2,9	112,5	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	37,47 -22,11	37,41 217,89	37,38 97,86	10,92	0,08	0,117
71	72	28,5	50,0	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	34,84 -22,11	34,79 217,89	34,76 97,87	10,92	0,08	0,114
72	73	2,8	0,0	0,983 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	33,68 -22,11	33,63 217,89	33,59 97,87	10,56	0,08	0,063
73	74	41,2	375,0	0,983 -0,53	0,985 239,46	0,986 119,44	8,74 -22,10	8,72 217,90	8,72 97,88	4,37	0,08	0,005
75	76	60,8	0,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,44	24,94 -22,10	24,90 217,89	24,88 97,87	7,82	0,08	0,056
75	77	23,3	500,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,44	13,98 -22,10	13,96 217,89	13,95 97,87	6,99	0,08	0,007
78	77	92,9	100,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	2,33 -22,10	2,33 217,89	2,32 97,87	1,17	0,08	0,000
75	78	27,9	0,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,44	10,95 -22,10	10,94 217,89	10,93 97,87	3,43	0,08	0,025
78	79	19,8	100,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	9,79 -22,10	9,77 217,89	9,77 97,87	4,89	0,08	0,011
79	80	100,7	45,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,985 119,43	7,46 -22,10	7,45 217,89	7,44 97,87	3,73	0,08	0,010
80	81	26,7	150,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,985 119,43	6,41 -22,10	6,40 217,89	6,39 97,87	3,20	0,08	0,002
81	82	11,6	125,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,985 119,43	2,91 -22,10	2,91 217,89	2,91 97,87	1,46	0,08	0,000
78	83	10,8	50,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,44	1,17 -22,10	1,16 217,90	1,16 97,87	0,37	0,08	0,000
83	84	2,3	0,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,44	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,08	0,000
68	85	28,5	0,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,45	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,08	0,000
68	86	39,1	0,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,44	7,22 -22,10	7,21 217,90	7,20 97,88	1,70	0,08	0,003
86	87	19,7	310,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,44	7,22 -22,09	7,21 217,90	7,20 97,88	3,61	0,08	0,002
85	88	19,0	15,0	0,985 -0,54	0,987 239,45	0,988 119,43	122,14 -10,49	122,69 229,48	120,71 109,64	28,87	0,08	11,314
88	89	55,1	0,0	0,983 -0,57	0,984 239,43	0,985 119,41	121,47 -10,43	122,03 229,54	120,07 109,70	28,71	0,08	11,130
89	90	31,2	0,0	0,981 -0,58	0,983 239,42	0,984 119,39	120,26 -10,32	120,82 229,65	118,88 109,82	28,43	0,09	7,880
90	91	68,5	0,0	0,978 -0,61	0,979 239,39	0,981 119,36	119,86 -10,29	120,43 229,68	118,52 109,85	28,34	0,10	6,072
91	92	28,5	30,0	0,978 -0,61	0,979 239,39	0,981 119,36	0,70 -22,18	0,70 217,82	0,70 97,79	0,22	0,10	0,000
92	93	2,4	0,0	0,978 -0,61	0,979 239,39	0,981 119,36	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,10	0,000
91	94	14,6	0,0	0,977 -0,61	0,979 239,39	0,98 119,36	74,45 -22,34	74,28 217,67	74,17 97,62	23,34	0,10	1,661
94	95	38,2	45,0	0,977 -0,62	0,979 239,38	0,98 119,35	74,43 -22,32	74,26 217,68	74,15 97,63	23,33	0,10	1,425
95	96	22,1	0,0	0,977 -0,63	0,979 239,37	0,98 119,34	73,35 -22,32	73,19 217,68	73,08 97,63	22,99	0,10	1,288
96	97	30,0	30,0	0,977 -0,63	0,979 239,37	0,98 119,34	58,08 -22,35	57,95 217,65	57,86 97,60	13,67	0,10	1,054
97	98	45,0	0,0	0,976 -0,64	0,978 239,36	0,98 119,32	57,36 -22,34	57,23 217,66	57,15 97,61	13,50	0,11	0,989
98	99	62,7	300,0	0,976 -0,66	0,978 239,34	0,979 119,31	57,34 -22,33	57,21 217,68	57,13 97,63	28,67	0,11	0,893
99	100	227,9	300,0	0,975 -0,7	0,977 239,3	0,978 119,26	47,62 -22,30	47,51 217,70	47,45 97,66	23,81	0,12	0,760
100	101	164,6	125,0	0,974 -0,72	0,976 239,28	0,978 119,24	40,53 -22,30	40,45 217,71	40,39 97,66	20,27	0,12	0,426
101	102	18,8	225,0	0,974 -0,72	0,976 239,28	0,978 119,24	34,65 -22,30	34,58 217,70	34,53 97,66	17,33	0,12	0,146



NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Volteaje A pu V	ang	Volteaje B pu V	ang	Volteaje C pu V	ang	Corriente A [A] I	ang	Corriente B [A] I	ang	Corriente C [A] I	ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
102	103	99,3	112,0	0,974	-0,72	0,976	239,28	0,977	119,24	29,35	-22,29	29,29	217,71	29,24	97,67	14,67	0,12	0,123
103	104	52,9	630,0	0,974	-0,73	0,976	239,28	0,977	119,24	14,83	-22,29	14,79	217,71	14,77	97,67	7,41	0,12	0,017
103	105	117,0	345,0	0,974	-0,73	0,976	239,27	0,977	119,23	11,86	-22,29	11,86	217,71	11,84	97,67	5,94	0,12	0,018
105	106	62,2	100,0	0,974	-0,73	0,976	239,27	0,977	119,23	2,35	-22,29	2,35	217,71	2,34	97,67	1,18	0,12	0,001
105	107	93,7	60,0	0,974	-0,73	0,978	239,27	0,977	119,23	1,41	-22,29	1,41	217,71	1,41	97,67	0,71	0,12	0,000
101	108	93,3	125,0	0,974	-0,72	0,976	239,28	0,978	119,24	2,84	-22,28	2,93	217,72	2,93	97,68	1,47	0,12	0,001
99	109	49,7	112,0	0,976	-0,66	0,978	239,34	0,979	119,31	2,63	-22,22	2,62	217,78	2,62	97,74	1,31	0,11	0,000
98	110	11,5	0,0	0,976	-0,64	0,978	239,36	0,98	119,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,000
96	111	49,3	0,0	0,977	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	15,25	-22,20	15,22	217,80	15,20	97,77	4,78	0,10	0,059
111	112	67,1	75,0	0,976	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	15,25	-22,20	15,22	217,80	15,20	97,77	7,63	0,10	0,013
112	113	24,6	400,0	0,976	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	11,14	-22,20	11,12	217,80	11,11	97,77	5,57	0,10	0,002
113	114	30,8	75,0	0,976	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	1,76	-22,20	1,76	217,80	1,75	97,77	0,88	0,10	0,000
112	115	54,4	100,0	0,976	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	2,35	-22,19	2,34	217,81	2,34	97,77	1,17	0,10	0,000
111	116	53,5	0,0	0,977	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,000
96	117	5,6	0,0	0,977	-0,63	0,979	239,37	0,98	119,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,000
91	118	50,1	75,0	0,978	-0,63	0,979	239,37	0,981	119,34	48,91	8,44	49,59	248,04	48,02	129,15	11,67	0,10	0,469
118	119	36,6	0,0	0,978	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	47,40	9,53	48,08	249,10	46,53	130,29	11,31	0,10	0,392
119	120	23,0	125,0	0,978	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	2,93	-22,20	2,92	217,80	2,92	97,77	1,46	0,10	0,000
119	121	13,8	0,0	0,978	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	44,94	11,50	45,60	251,01	44,10	132,33	10,73	0,10	0,338
121	122	15,8	50,0	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	5,57	-22,21	6,44	217,79	4,67	97,77	5,15	0,10	0,006
122	123	2,5	0,0	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	4,40	-22,21	5,27	217,79	3,50	97,77	4,21	0,10	0,004
123	124	15,3	25,0	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	4,40	-22,21	5,27	217,79	3,50	97,77	4,21	0,10	0,004
124	125	36,1	112,5	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	4,40	-22,21	4,39	217,79	2,63	97,77	3,52	0,10	0,003
125	126	2,5	0,0	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	1,76	-22,21	1,76	217,79	0,00	0,00	1,41	0,10	0,001
126	127	92,1	50,0	0,977	-0,64	0,979	239,35	0,981	119,32	1,76	-22,21	1,75	217,79	0,00	0,00	1,61	0,10	0,001
121	128	31,4	30,0	0,977	-0,65	0,979	239,35	0,981	119,32	40,42	15,89	40,37	256,03	40,34	136,11	9,51	0,10	0,314
128	129	53,8	0,0	0,977	-0,67	0,979	239,33	0,98	119,31	39,86	16,53	39,82	256,67	39,78	136,75	9,36	0,10	0,280
129	130	20,9	75,0	0,977	-0,67	0,979	239,33	0,98	119,31	1,76	-22,23	1,76	217,77	1,75	97,74	0,88	0,10	0,000
129	131	34,7	0,0	0,977	-0,68	0,979	239,33	0,98	119,3	38,50	18,18	38,46	258,32	38,43	138,40	9,06	0,10	0,154
131	132	35,8	225,0	0,977	-0,68	0,979	239,32	0,98	119,3	7,03	-22,24	7,02	217,76	7,01	97,73	3,52	0,10	0,002
132	133	191,2	75,0	0,977	-0,68	0,979	239,32	0,98	119,3	1,76	-22,24	1,76	217,76	1,75	97,73	0,88	0,10	0,001
131	134	45,7	0,0	0,977	-0,69	0,979	239,31	0,98	119,29	33,46	26,03	33,44	266,18	33,43	146,27	7,87	0,10	0,119
134	135	38,9	0,0	0,977	-0,69	0,979	239,31	0,98	119,28	32,14	-22,26	32,08	217,74	32,03	97,71	7,56	0,11	0,086
135	136	5,7	45,0	0,977	-0,69	0,979	239,31	0,98	119,28	32,14	-22,26	32,08	217,74	32,03	97,71	16,07	0,11	0,060
136	137	39,4	800,0	0,977	-0,7	0,979	239,31	0,98	119,28	31,08	-22,26	31,02	217,74	30,98	97,71	15,54	0,11	0,051
137	138	33,5	75,0	0,977	-0,7	0,979	239,31	0,98	119,28	3,52	-22,26	3,51	217,74	3,51	97,71	1,76	0,11	0,001
138	139	55,8	75,0	0,977	-0,7	0,979	239,31	0,98	119,28	1,76	-22,26	1,76	217,74	1,75	97,71	0,88	0,11	0,000
137	140	125,1	150,0	0,977	-0,7	0,979	239,3	0,98	119,28	8,80	-22,26	8,78	217,74	8,77	97,71	4,40	0,11	0,011
140	141	36,9	225,0	0,977	-0,7	0,979	239,3	0,98	119,28	5,28	-22,26	5,27	217,74	5,26	97,71	2,64	0,11	0,001
121	142	5,7	0,0	0,978	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,000
89	143	62,5	45,0	0,983	-0,57	0,984	239,43	0,985	119,41	1,05	-22,13	1,05	217,87	1,05	97,84	0,25	0,10	0,000

NDE	NDR	Conductor	Estructura	Red	FPC	FCC	FZC	FZC
0	1	NA3X400	SUBT	S	1	0	0	0
1	2	AA3X266	RNA3	A	1	0	0	0
2	3	AA3X266	RNA1	A	1	0	0	0
3	4	AA3X266	RNA1	A	1	0	0	0
4	5	AA3X266	RNA1	A	1	0	0	0
5	6	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
6	7	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
7	8	CU3X4	RNA1	A	1	0	0	0
8	9	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
9	10	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
10	11	CU3X2	RNA4	A	1	0	0	0
11	12	NB3X2	SUBT	S	1	0	0	0
11	13	CU3X2	RNA1	A	1	0	0	0
8	14	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
8	15	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
15	16	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
7	17	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
17	18	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
18	19	NB3X2	SUBT	S	1	0	0	0
18	20	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
20	21	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
7	22	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
22	23	NB3X2	SUBT	S	1	0	0	0
23	24	NB3X2	SUBT	S	1	0	0	0
22	25	AA3X4	RNA1	A	1	0	0	0
25	26	AA3X4	RNA1	A	1	0	0	0
26	27	AS3X2	RNA1	A	1	0	0	0
25	28	AA3X4	RNA4	A	1	0	0	0
28	29	AA3X4	RNA4	A	1	0	0	0
25	30	AA3X4	RNA1	A	1	0	0	0
30	31	NA3X2	SUBT	S	1	0	0	0
30	32	AA3X4	RNA1	A	1	0	0	0
32	33	ND3X2	SUBT	S	1	0	0	0
33	34	NB3X4	SUBT	S	1	0	0	0
5	35	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
35	36	CU3X4	RNA1	A	1	0	0	0
36	37	NB3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
37	38	NA3X2	SUBT	S	1	0	0	0
37	39	NA3X2	SUBT	S	1	0	0	0
5	40	AA3X266	RNA1	A	1	0	0	0
40	41	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
41	42	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
42	43	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
43	44	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
44	45	CU3X6	RNB1	A	1	0	0	0
45	46	CU3X6	RNB1	A	1	0	0	0
40	47	AA3X266	RNA1	A	1	0	0	0
47	48	AA3X266	RNA1	A	1	0	0	0
48	49	CU3X1/0	RNA4	A	1	0	0	0
48	50	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0	0
50	51	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0	0

NDE	NDR	Conductor	Estructura	Red	FPC	FCC	FZC
51	52	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
52	53	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
53	54	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
54	55	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
55	56	CU3X4	RNA1	A	1	0	0
56	57	CU3X4	RNA1	A	1	0	0
58	58	AA3X266	RNA1	A	1	0	0
59	59	AA3X266	RNA1	A	1	0	0
60	60	CU3X2	RNA1	A	1	0	0
61	61	CU3X2	RNA1	A	1	0	0
62	62	CU3X2	RNA1	A	1	0	0
63	63	NB3X2	SUBT	S	1	0	0
64	64	AA3X266	RNA1	A	1	0	0
65	65	AA3X266	RNA1	A	1	0	0
66	66	AA3X266	RNA1	A	1	0	0
67	67	AA3X266	RNA4	A	1	0	0
68	68	AA3X266	RNA1	A	1	0	0
69	69	CU3X1/0	RNA3	A	1	0	0
70	70	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
71	71	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
72	72	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
73	73	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
74	74	NB3X2	SUBT	S	1	0	0
75	75	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
76	76	NB3X2	SUBT	S	1	0	0
77	77	ND3X4	SUBT	S	1	0	0
78	78	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
79	79	NB3X4	SUBT	S	1	0	0
80	80	ND3X2	SUBT	S	1	0	0
81	81	ND3X2	SUBT	S	1	0	0
82	82	NA3X2	SUBT	S	1	0	0
83	83	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
84	84	CU3X1/0	RNA4	A	1	0	0
85	85	CU3X1/0	RNA4	A	1	0	0
86	86	AA3X266	RNA4	A	1	0	0
87	87	NB3X2	SUBT	S	1	0	0
88	88	AA3X266	RNA1	A	1	0	0
89	89	AA3X266	RNA4	A	1	0	0
90	90	AA3X281	RNA3	A	1	0	0
91	91	AA3X281	RNA1	A	1	0	0
92	92	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
93	93	CU3X1/0	RNA4	A	1	0	0
94	94	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
95	95	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0
96	96	AA3X266	RNA1	A	1	0	0
97	97	AA3X266	RNA4	A	1	0	0
98	98	NB3X1/0	SUBT	S	1	0	0
99	99	NB3X1/0	SUBT	S	1	0	0
100	100	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0
101	101	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0
102	102	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0

NDE	NDR	Conductor	Estructura	Red	FPC	FCC	FZC	FZC
102	103	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
103	104	ND3X2	SUBT	S	1	0	0	0
103	105	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
105	106	ND3X2	SUBT	S	1	0	0	0
105	107	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
101	108	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
99	109	NB3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
98	110	AA3X266	RNA1	A	1	0	0	0
96	111	CU3X1/0	RNA1	A	1	0	0	0
111	112	NB3X4	SUBT	S	1	0	0	0
112	113	ND3X4/0	SUBT	S	1	0	0	0
113	114	ND3X4	SUBT	S	1	0	0	0
112	115	ND3X2	SUBT	S	1	0	0	0
111	116	AA3X1/0	RNA4	A	1	0	0	0
96	117	AA3X281	RNA4	A	1	0	0	0
91	118	AA3X281	RNA1	A	1	0	0	0
118	119	AA3X281	RNB1	A	1	0	0	0
119	120	NB3X2	SUBT	S	1	0	0	0
119	121	AA3X281	RNA1	A	1	0	0	0
121	122	CU3X6	RNB1	A	1	0	0	0
122	123	CU3X6	RNB1	A	1	0	0	0
123	124	CU3X6	RNB1	A	1	0	0	0
124	125	CU3X6	RNA1	A	1	0	0	0
125	126	CU3X6	RNA4	A	1	0	0	0
126	127	AA2X2	RNA4	A	1	0	0	0
121	128	AA3X281	RNB1	A	1	0	0	0
128	129	AA3X281	RNB1	A	1	0	0	0
129	130	NB3X2	SUBT	S	1	0	0	0
129	131	AA3X281	RNA1	A	1	0	0	0
131	132	NB3X4	SUBT	S	1	0	0	0
132	133	ND3X2	SUBT	S	1	0	0	0
131	134	AA3X281	RNB1	A	1	0	0	0
134	135	AA3X281	RNA4	A	1	0	0	0
135	136	NB3X2	SUBT	S	1	0	0	0
136	137	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
137	138	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
138	139	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
137	140	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
140	141	ND3X1/0	SUBT	S	1	0	0	0
121	142	CU3X6	RNB1	A	1	0	0	0
89	143	AA3X266	RNA4	A	1	0	0	0

NDE	NODO	FASES CONECTADAS	POTENCIA KVA	TIPO TRAF0	PA pu	QA pu	PB pu	QB pu	PC pu	QC pu
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	abc	45	0	0,003	0,0014	0,003	0,0014	0,003	0,0014
3	4	abc	90	0	0,007	0,0028	0,007	0,0028	0,007	0,0028
4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	9	abc	75	0	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
9	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	12	abc	75	0	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	15	abc	100	0	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
14	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	19	abc	125	0	0,01	0,0038	0,01	0,0038	0,01	0,0038
18	20	abc	112	0	0,009	0,0034	0,009	0,0034	0,009	0,0034
19	21	abc	112	0	0,009	0,0034	0,009	0,0034	0,009	0,0034
20	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	23	abc	125	0	0,01	0,0038	0,01	0,0038	0,01	0,0038
22	24	abc	75	0	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
23	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	28	abc	100	0	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
27	29	abc	100	0	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
28	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	31	abc	50	0	0,004	0,0015	0,004	0,0015	0,004	0,0015
30	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	33	abc	125	0	0,01	0,0038	0,01	0,0038	0,01	0,0038
32	34	abc	90	0	0,007	0,0028	0,007	0,0028	0,007	0,0028
33	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	37	abc	75	0	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
36	38	abc	47	0	0,004	0,0014	0,004	0,0014	0,004	0,0014
37	39	abc	300	0	0,023	0,0092	0,023	0,0092	0,023	0,0092
38	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	42	abc	112	0	0,009	0,0034	0,009	0,0034	0,009	0,0034
41	43	abc	112	0	0,009	0,0034	0,009	0,0034	0,009	0,0034
42	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	45	abc	50	0	0,004	0,0015	0,004	0,0015	0,004	0,0015
44	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	47	abc	100	0	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
46	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	49	bc	15	0	0	0	0,002	0,0007	0,002	0,0007
48	50	abc	30	0	0,002	0,0009	0,002	0,0009	0,002	0,0009
49	51	abc	75	0	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023

NDE	NODO	FASES CONECTADAS	POTENCIA kVA	TIPO TRAF0	PA pu	QA pu	PB pu	QB pu	PC pu	QC pu
51	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	53	abc	100	3	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
53	54	abc	75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
54	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	56	abc	100	3	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
56	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	60	abc	75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
60	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	63	abc	150	3	0,012	0,0046	0,012	0,0046	0,012	0,0046
59	64	abc	75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
64	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	66	abc	100	3	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
66	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	70	abc	112	3	0,009	0,0034	0,009	0,0034	0,009	0,0034
70	71	abc	112	3	0,009	0,0034	0,009	0,0034	0,009	0,0034
71	72	abc	50	3	0,004	0,0015	0,004	0,0015	0,004	0,0015
72	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	74	abc	375	3	0,029	0,0115	0,029	0,0115	0,029	0,0115
73	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	76	abc	500	3	0,039	0,0153	0,039	0,0153	0,039	0,0153
76	77	abc	100	3	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
75	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	79	abc	100	3	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
79	80	abc	45	3	0,003	0,0014	0,003	0,0014	0,003	0,0014
80	81	abc	150	3	0,012	0,0046	0,012	0,0046	0,012	0,0046
81	82	abc	125	3	0,01	0,0038	0,01	0,0038	0,01	0,0038
78	83	abc	50	3	0,004	0,0015	0,004	0,0015	0,004	0,0015
83	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0
86	87	abc	310	3	0,024	0,0095	0,024	0,0095	0,024	0,0095
65	88	abc	15	3	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005
88	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	92	abc	30	3	0,002	0,0009	0,002	0,0009	0,002	0,0009
92	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	95	abc	45	3	0,003	0,0014	0,003	0,0014	0,003	0,0014
95	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	97	abc	30	3	0,002	0,0009	0,002	0,0009	0,002	0,0009
97	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	99	abc	300	3	0,023	0,0092	0,023	0,0092	0,023	0,0092
99	100	abc	300	3	0,023	0,0092	0,023	0,0092	0,023	0,0092
100	101	abc	125	3	0,01	0,0038	0,01	0,0038	0,01	0,0038
101	102	abc	225	3	0,017	0,0069	0,017	0,0069	0,017	0,0069

NDE	NODO	FASES CONECTADAS	POTENCIA KVA	TIPO TRAFIO	PA pu	QA pu	PB pu	QB pu	PC pu	QC pu
102	103 abc		112	3	0,009	0,0034	0,009	0,0034	0,009	0,0034
103	104 abc		630	3	0,049	0,0193	0,049	0,0193	0,049	0,0193
103	105 abc		345	3	0,027	0,0106	0,027	0,0106	0,027	0,0106
105	106 abc		100	3	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
105	107 abc		60	3	0,005	0,0018	0,005	0,0018	0,005	0,0018
101	108 abc		125	3	0,01	0,0038	0,01	0,0038	0,01	0,0038
99	109 abc		112	3	0,009	0,0034	0,009	0,0034	0,009	0,0034
98	110 0		0	0	0	0	0	0	0	0
96	111 0		0	0	0	0	0	0	0	0
111	112 abc		75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
112	113 abc		400	3	0,031	0,0123	0,031	0,0123	0,031	0,0123
113	114 abc		75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
112	115 abc		100	3	0,008	0,0031	0,008	0,0031	0,008	0,0031
111	116 0		0	0	0	0	0	0	0	0
96	117 0		0	0	0	0	0	0	0	0
91	118 abc		75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
118	119 0		0	0	0	0	0	0	0	0
119	120 abc		125	3	0,01	0,0038	0,01	0,0038	0,01	0,0038
119	121 0		0	0	0	0	0	0	0	0
121	122 abc		50	3	0,004	0,0015	0,004	0,0015	0,004	0,0015
122	123 0		0	0	0	0	0	0	0	0
123	124 bc		25	2	0	0	0,003	0,0011	0,003	0,0011
124	125 abc		112	3	0,009	0,0034	0,009	0,0034	0,009	0,0034
125	126 0		0	0	0	0	0	0	0	0
126	127 ab		50	2	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0	0
121	128 abc		30	3	0,002	0,0009	0,002	0,0009	0,002	0,0009
128	129 0		0	0	0	0	0	0	0	0
129	130 abc		75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
129	131 0		0	0	0	0	0	0	0	0
131	132 abc		225	3	0,017	0,0069	0,017	0,0069	0,017	0,0069
132	133 abc		75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
131	134 0		0	0	0	0	0	0	0	0
134	135 0		0	0	0	0	0	0	0	0
135	136 abc		45	3	0,003	0,0014	0,003	0,0014	0,003	0,0014
136	137 abc		800	3	0,062	0,0245	0,062	0,0245	0,062	0,0245
137	138 abc		75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
138	139 abc		75	3	0,006	0,0023	0,006	0,0023	0,006	0,0023
137	140 abc		150	3	0,012	0,0046	0,012	0,0046	0,012	0,0046
140	141 abc		225	3	0,017	0,0069	0,017	0,0069	0,017	0,0069
121	142 0		0	0	0	0	0	0	0	0
89	143 abc		45	3	0,003	0,0014	0,003	0,0014	0,003	0,0014

## CASO 6

## Modelación de Carga a Potencia Constante

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V ang	Voltaje B pu V ang	Voltaje C pu V ang	Corriente A [A] I ang	Corriente B [A] I ang	Corriente C [A] I ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW					
0	1	168,5	0,0	0,998	-0,12	0,999	239,87	0,999	119,88	238,65	-16,41	240,33	223,57	238,06	103,58	0,00	34,971
1	2	31,3	0,0	0,998	-0,15	0,998	239,84	0,998	119,84	239,47	-16,38	240,18	223,61	237,93	103,62	0,01	32,857
2	3	2,5	45,0	0,998	-0,16	0,998	239,84	0,998	119,84	239,46	-16,38	240,17	223,61	237,92	103,62	0,01	31,712
3	4	57,7	90,0	0,996	-0,22	0,997	239,78	0,997	119,77	238,12	-16,29	238,86	223,70	236,65	103,71	0,02	31,619
4	5	23,7	0,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,997	119,75	235,93	-16,22	236,69	223,77	234,49	103,78	0,02	29,533
5	6	49,2	0,0	0,995	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,75	29,19	-21,81	29,19	218,19	29,17	98,18	0,02	0,517
6	7	68,1	0,0	0,995	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	29,17	-21,81	29,15	218,19	29,14	98,18	0,02	0,348
7	8	49,1	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	5,76	-21,81	5,76	218,19	5,76	98,18	0,02	0,006
8	9	8,4	75,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	3,46	-21,81	3,45	218,19	3,45	98,18	0,02	0,001
9	10	3,1	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	0,02	0,000
10	11	37,4	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	0,02	0,000
11	12	25,8	75,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	0,02	0,000
11	13	3,9	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	0,02	0,000
8	14	20,5	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
8	15	44,5	100,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	2,30	-21,81	2,30	218,19	2,30	98,18	0,02	0,001
15	16	2,3	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
7	17	3,6	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	8,06	-21,81	8,06	218,19	8,06	98,18	0,02	0,009
17	18	28,9	0,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	8,06	-21,81	8,06	218,19	8,06	98,18	0,02	0,008
18	19	26,9	125,0	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	2,88	-21,81	2,88	218,19	2,88	98,18	0,02	0,000
18	20	25,8	112,5	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	5,18	-21,81	5,18	218,19	5,18	98,18	0,02	0,001
20	21	3,0	112,5	0,994	-0,24	0,995	239,75	0,995	119,75	2,59	-21,81	2,59	218,19	2,59	98,18	0,02	0,000
7	22	86,9	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,76	0,995	119,75	15,33	-21,81	15,33	218,19	15,32	98,18	0,02	0,101
22	23	28,3	125,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	4,61	-21,81	4,61	218,19	4,61	98,18	0,02	0,001
23	24	42,2	75,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	1,73	-21,81	1,73	218,19	1,73	98,18	0,02	0,000
22	25	28,2	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	10,72	-21,81	10,72	218,19	10,71	98,18	0,02	0,017
25	26	20,3	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
26	27	33,7	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
25	28	61,6	100,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	4,61	-21,81	4,61	218,19	4,61	98,18	0,02	0,005
28	29	2,7	100,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	2,31	-21,81	2,30	218,19	2,30	98,18	0,02	0,000
25	30	51,9	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	6,11	-21,81	6,11	218,19	6,10	98,18	0,02	0,010
30	31	125,3	50,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	1,15	-21,81	1,15	218,19	1,15	98,18	0,02	0,000
30	32	51,3	0,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	4,96	-21,81	4,95	218,19	4,95	98,18	0,02	0,002
32	33	20,8	125,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	4,96	-21,81	4,95	218,19	4,95	98,18	0,02	0,001
33	34	46,0	90,0	0,994	-0,24	0,994	239,75	0,995	119,75	2,07	-21,81	2,07	218,19	2,07	98,18	0,02	0,000
5	35	19,9	0,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,997	119,75	9,71	-21,82	9,71	218,18	9,70	98,18	0,02	0,008
35	36	68,8	0,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,74	9,71	-21,82	9,71	218,18	9,70	98,18	0,02	0,007
36	37	20,3	75,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,74	9,71	-21,82	9,71	218,18	9,70	98,18	0,02	0,003
37	38	65,4	47,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,74	1,08	-21,82	1,08	218,18	1,08	98,18	0,02	0,000
37	39	10,3	300,0	0,996	-0,25	0,996	239,75	0,996	119,74	6,90	-21,82	6,90	218,18	6,90	98,18	0,02	0,001
5	40	57,9	0,0	0,995	-0,3	0,995	239,7	0,996	119,69	197,02	-15,06	197,83	224,92	195,67	104,95	0,03	28,167
40	41	7,4	0,0	0,995	-0,3	0,995	239,7	0,996	119,69	6,33	-21,87	6,33	218,13	6,33	98,12	0,03	0,001
41	42	30,9	112,5	0,995	-0,3	0,995	239,7	0,996	119,69	6,33	-21,87	6,33	218,13	6,33	98,12	0,03	0,001
42	43	2,2	112,5	0,995	-0,3	0,995	239,7	0,996	119,69	3,74	-21,87	3,74	218,13	3,74	98,12	0,03	0,000
43	44	2,2	0,0	0,995	-0,3	0,995	239,7	0,996	119,69	1,15	-21,87	1,15	218,13	1,15	98,12	0,03	0,000
44	45	80,4	50,0	0,995	-0,3	0,995	239,7	0,996	119,69	1,15	-21,87	1,15	218,13	1,15	98,12	0,03	0,000
45	46	2,2	0,0	0,995	-0,3	0,995	239,7	0,996	119,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,000
40	47	34,7	100,0	0,992	-0,31	0,993	239,69	0,993	119,68	190,23	-14,82	191,05	225,15	188,93	105,19	0,04	26,708
47	48	57,6	0,0	0,991	-0,36	0,992	239,63	0,992	119,62	187,73	-14,69	188,61	225,29	186,48	105,34	0,05	21,676
48	49	25,8	15,0	0,991	-0,36	0,992	239,63	0,992	119,62	0,00	0,00	0,52	218,07	0,52	98,05	0,05	0,000
48	50	17,6	30,0	0,991	-0,36	0,992	239,63	0,992	119,62	8,79	-21,93	8,78	218,06	8,77	98,05	0,05	0,007
50	51	31,9	75,0	0,991	-0,36	0,992	239,63	0,992	119,62	8,09	-21,93	8,09	218,06	8,08	98,05	0,05	0,006



NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V ang	Voltaje B pu V ang	Voltaje C pu V ang	Corriente A [A] ang	Corriente B [A] ang	Corriente C [A] ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
51	52	2,2	0,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,992 119,62	6,36 -21,93	6,35 218,06	6,35 98,05	1,99	0,05	0,003
52	53	40,4	100,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,992 119,62	6,36 -21,93	6,35 218,06	6,35 98,05	1,99	0,05	0,003
53	54	64,0	75,0	0,991 -0,37	0,992 239,63	0,992 119,62	4,05 -21,93	4,04 218,06	4,04 98,05	1,27	0,05	0,002
54	55	31,9	0,0	0,991 -0,37	0,992 239,63	0,992 119,62	2,31 -21,93	2,31 218,06	2,31 98,05	0,72	0,05	0,001
55	56	39,5	100,0	0,991 -0,37	0,992 239,63	0,992 119,62	2,31 -21,93	2,31 218,06	2,31 98,05	1,36	0,05	0,001
56	57	3,1	0,0	0,991 -0,37	0,992 239,63	0,992 119,62	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,05	0,000
48	58	14,6	0,0	0,991 -0,37	0,992 239,62	0,992 119,61	178,97 -14,32	179,35 225,68	177,23 105,73	42,20	0,05	20,374
58	59	60,5	0,0	0,999 -0,43	0,991 239,57	0,992 119,55	178,79 -14,27	179,20 225,73	177,10 105,78	42,16	0,06	20,077
59	60	48,6	75,0	0,999 -0,43	0,991 239,57	0,991 119,55	1,74 -21,98	1,73 218,00	1,73 97,99	0,75	0,06	0,000
60	61	2,3	0,0	0,999 -0,43	0,991 239,57	0,991 119,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,06	0,000
59	62	31,4	0,0	0,999 -0,43	0,991 239,57	0,991 119,55	3,47 -21,99	3,47 218,00	3,47 97,99	1,51	0,06	0,001
62	63	9,5	150,0	0,999 -0,43	0,991 239,57	0,991 119,55	3,47 -21,99	3,47 218,00	3,47 97,99	1,74	0,06	0,000
59	64	106,8	75,0	0,998 -0,52	0,989 239,48	0,989 119,46	173,34 -13,95	173,78 226,05	171,72 106,11	40,89	0,07	18,845
64	65	38,9	0,0	0,995 -0,53	0,987 239,47	0,988 119,44	171,15 -13,85	171,62 226,14	169,58 106,21	40,38	0,08	16,771
65	66	23,5	100,0	0,985 -0,53	0,987 239,47	0,988 119,44	2,32 -22,10	2,32 217,90	2,32 97,88	0,55	0,08	0,001
66	67	2,1	0,0	0,985 -0,53	0,987 239,47	0,988 119,44	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,08	0,000
65	68	58,6	0,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,45	47,33 -22,10	47,26 217,89	47,21 97,87	11,14	0,08	0,895
68	69	16,3	0,0	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,45	40,10 -22,11	40,04 217,89	40,00 97,86	12,57	0,08	0,366
69	70	30,8	112,5	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	40,09 -22,11	40,03 217,89	39,99 97,87	12,57	0,08	0,261
70	71	2,9	112,5	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	37,47 -22,11	37,41 217,89	37,38 97,86	11,75	0,08	0,117
71	72	28,5	50,0	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	34,84 -22,11	34,79 217,89	34,76 97,87	10,92	0,08	0,114
72	73	2,8	0,0	0,983 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	33,68 -22,11	33,63 217,89	33,59 97,87	10,56	0,08	0,063
73	74	41,2	375,0	0,983 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	8,74 -22,10	8,72 217,90	8,72 97,88	4,37	0,08	0,005
73	75	60,8	0,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,44	24,94 -22,10	24,90 217,89	24,88 97,87	7,82	0,08	0,056
75	76	23,3	500,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	13,98 -22,10	13,96 217,89	13,95 97,87	6,99	0,08	0,007
76	77	92,9	100,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	2,33 -22,10	2,33 217,89	2,32 97,87	1,17	0,08	0,000
75	78	27,9	0,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	10,95 -22,10	10,94 217,89	10,93 97,87	3,43	0,08	0,025
78	79	19,8	100,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	9,79 -22,10	9,77 217,89	9,77 97,87	4,89	0,08	0,011
79	80	100,7	45,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,985 119,43	7,46 -22,10	7,45 217,89	7,44 97,87	3,73	0,08	0,010
80	81	26,7	150,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,985 119,43	6,41 -22,10	6,40 217,89	6,39 97,87	3,20	0,08	0,002
81	82	11,6	125,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,985 119,43	2,91 -22,10	2,91 217,89	2,91 97,87	1,46	0,08	0,000
78	83	10,8	50,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,44	1,17 -22,10	1,16 217,90	1,16 97,87	0,37	0,08	0,000
83	84	2,3	0,0	0,983 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,44	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,08	0,000
68	85	28,5	0,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,45	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,08	0,000
68	86	39,1	0,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,44	7,22 -22,10	7,21 217,90	7,20 97,88	1,70	0,08	0,003
86	87	19,7	310,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,44	7,22 -22,09	7,21 217,90	7,20 97,88	3,61	0,08	0,002
65	88	19,0	15,0	0,985 -0,54	0,987 239,45	0,988 119,43	122,14 -10,49	122,69 229,48	120,71 109,64	28,87	0,08	11,314
88	89	55,1	0,0	0,983 -0,57	0,984 239,43	0,985 119,41	121,47 -10,43	122,03 229,54	120,07 109,70	28,71	0,08	11,130
89	90	31,2	0,0	0,981 -0,58	0,983 239,42	0,984 119,39	120,26 -10,32	120,82 229,65	118,86 109,82	28,43	0,09	7,880
90	91	68,5	0,0	0,978 -0,61	0,979 239,39	0,981 119,36	119,86 -10,29	120,43 229,68	118,52 109,85	28,34	0,10	6,072
91	92	28,5	30,0	0,978 -0,61	0,979 239,39	0,981 119,36	0,70 -22,18	0,70 217,82	0,70 97,79	0,22	0,10	0,000
92	93	2,4	0,0	0,978 -0,61	0,979 239,39	0,981 119,36	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,10	0,000
91	94	14,6	0,0	0,977 -0,61	0,979 239,39	0,981 119,36	74,45 -22,34	74,26 217,67	74,17 97,62	23,34	0,10	1,661
94	95	38,2	45,0	0,977 -0,62	0,979 239,38	0,981 119,35	74,43 -22,32	74,26 217,68	74,15 97,63	23,33	0,10	1,425
95	96	22,1	0,0	0,977 -0,63	0,979 239,37	0,981 119,34	73,35 -22,32	73,19 217,68	73,08 97,63	22,99	0,10	1,288
96	97	30,0	30,0	0,977 -0,63	0,978 239,37	0,981 119,34	58,08 -22,35	57,95 217,65	57,86 97,60	13,67	0,10	1,054
97	98	45,0	0,0	0,976 -0,64	0,978 239,36	0,981 119,32	57,36 -22,34	57,23 217,66	57,15 97,61	13,50	0,11	0,989
98	99	62,7	300,0	0,976 -0,66	0,978 239,34	0,979 119,31	57,34 -22,33	57,21 217,68	57,13 97,63	28,67	0,11	0,893
99	100	227,9	300,0	0,975 -0,7	0,977 239,3	0,978 119,26	47,62 -22,30	47,51 217,70	47,45 97,66	23,81	0,12	0,760
100	101	164,6	125,0	0,974 -0,72	0,976 239,28	0,978 119,24	40,53 -22,30	40,45 217,71	40,39 97,66	20,27	0,12	0,426
101	102	18,8	225,0	0,974 -0,72	0,976 239,28	0,978 119,24	34,65 -22,30	34,58 217,70	34,53 97,66	17,33	0,12	0,146

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V ang	Voltaje B pu V ang	Voltaje C pu V ang	Corriente A [A] I ang	Corriente B [A] I ang	Corriente C [A] I ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
102	103	99,3	112,0	0,974	-0,72	0,976	239,28	0,977	119,24	29,35	-22,29	14,67
103	104	52,9	630,0	0,974	-0,73	0,976	239,28	0,977	119,24	14,83	-22,29	7,41
103	105	117,0	345,0	0,974	-0,73	0,976	239,27	0,977	119,23	11,86	-22,29	5,94
105	106	62,2	100,0	0,974	-0,73	0,976	239,27	0,977	119,23	2,35	-22,29	1,18
105	107	93,7	60,0	0,974	-0,73	0,976	239,27	0,977	119,23	1,41	-22,29	0,71
101	108	93,3	125,0	0,974	-0,72	0,976	239,28	0,978	119,24	2,94	-22,28	1,47
99	109	49,7	112,0	0,976	-0,66	0,978	239,34	0,979	119,31	2,63	-22,22	1,31
98	110	11,5	0,0	0,976	-0,64	0,978	239,36	0,98	119,32	0,00	0,00	0,00
96	111	49,3	0,0	0,977	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	15,25	-22,20	7,48
111	112	67,1	75,0	0,976	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	15,25	-22,20	7,63
112	113	24,6	400,0	0,976	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	11,12	-22,20	5,57
113	114	30,8	75,0	0,976	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	1,76	-22,20	0,88
112	115	54,4	100,0	0,976	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	2,35	-22,19	1,17
111	116	53,5	0,0	0,977	-0,63	0,978	239,37	0,98	119,34	0,00	0,00	0,00
96	117	5,6	0,0	0,977	-0,63	0,979	239,37	0,98	119,34	0,00	0,00	0,00
91	118	50,1	75,0	0,978	-0,63	0,979	239,37	0,981	119,34	49,59	248,04	11,67
118	119	36,6	0,0	0,978	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	48,08	249,10	11,31
119	120	23,0	125,0	0,978	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	2,92	-22,20	1,46
119	121	13,8	0,0	0,978	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	44,94	11,50	10,73
121	122	15,3	50,0	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	5,57	-22,21	5,15
122	123	2,5	0,0	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	4,40	-22,21	4,21
123	124	15,3	25,0	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	4,40	-22,21	4,21
124	125	36,1	112,5	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	4,39	-22,21	3,52
125	126	2,5	0,0	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	1,76	-22,21	1,41
126	127	92,1	50,0	0,977	-0,64	0,979	239,35	1,76	-22,21	1,75	217,79	1,61
121	128	31,4	30,0	0,977	-0,65	0,979	239,35	40,42	15,89	40,37	256,03	40,34
128	129	53,8	0,0	0,977	-0,67	0,979	239,33	39,86	16,53	39,82	256,67	39,78
129	130	20,9	75,0	0,977	-0,67	0,979	239,33	1,76	-22,23	1,75	217,77	1,75
129	131	34,7	0,0	0,977	-0,68	0,979	239,33	38,50	18,18	38,46	258,32	38,43
131	132	35,8	225,0	0,977	-0,68	0,979	239,32	7,03	-22,24	7,02	217,76	7,01
132	133	191,2	75,0	0,977	-0,68	0,979	239,32	1,76	-22,24	1,76	217,76	1,75
131	134	45,7	0,0	0,977	-0,69	0,979	239,31	33,46	26,03	33,44	266,18	33,43
134	135	38,9	0,0	0,977	-0,69	0,979	239,31	32,14	-22,26	32,08	217,74	32,03
135	136	5,7	45,0	0,977	-0,69	0,979	239,31	32,14	-22,26	32,08	217,74	32,03
136	137	39,4	800,0	0,977	-0,7	0,979	239,31	31,08	-22,26	31,02	217,74	30,98
137	138	33,5	75,0	0,977	-0,7	0,979	239,31	3,52	-22,26	3,51	217,74	3,51
138	139	55,8	75,0	0,977	-0,7	0,979	239,31	1,76	-22,26	1,76	217,74	1,75
137	140	125,1	150,0	0,977	-0,7	0,979	239,3	8,80	-22,26	8,78	217,74	8,77
140	141	36,9	225,0	0,977	-0,7	0,979	239,3	5,28	-22,26	5,27	217,74	5,26
121	142	5,7	0,0	0,978	-0,64	0,979	239,36	0,981	119,33	0,00	0,00	0,00
89	143	62,5	45,0	0,983	-0,57	0,984	239,43	1,05	-22,13	1,05	217,87	1,05

# Modelación de Carga a Corriente Constante

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu	Voltaje B pu	Voltaje C pu	Corriente A [A]	Corriente B [A]	Corriente C [A]	% Carga	Desbalance	Perdidas kW				
0	1	168,5	0,0	0,999	-0,12	0,999	119,88	234,78	-15,60	235,86	224,37	233,90	104,38	117,93	0,00	33,473
1	2	31,3	0,0	0,998	-0,15	0,998	119,84	234,61	-15,56	235,72	224,40	233,78	104,42	55,46	0,01	31,437
2	3	2,5	45,0	0,998	-0,16	0,998	119,84	234,60	-15,56	235,71	224,40	233,77	104,42	55,46	0,01	30,334
3	4	57,7	90,0	0,997	-0,22	0,997	119,77	233,28	-15,47	234,42	224,49	232,51	104,51	55,16	0,02	30,245
4	5	23,7	0,0	0,996	-0,24	0,996	119,75	231,11	-15,39	232,26	224,57	230,37	104,59	54,65	0,02	28,237
5	6	49,2	0,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	28,97	-21,57	28,99	218,44	28,97	98,44	23,19	0,02	0,511
6	7	68,1	0,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	5,73	-21,57	5,73	218,43	5,73	98,43	23,18	0,02	0,344
7	8	8,4	75,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	3,44	-21,57	3,44	218,43	3,44	98,43	2,75	0,02	0,006
8	9	3,1	0,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	1,72	-21,57	1,72	218,43	1,72	98,43	1,37	0,02	0,000
9	10	37,4	0,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	1,72	-21,57	1,72	218,43	1,72	98,43	0,75	0,02	0,000
10	11	25,8	75,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	1,72	-21,57	1,72	218,43	1,72	98,44	0,86	0,02	0,000
11	12	3,9	0,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
12	13	20,5	0,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	2,29	-21,57	2,29	218,43	2,29	98,44	1,83	0,02	0,001
13	14	44,5	100,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
14	15	2,3	0,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
15	16	3,6	0,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	8,00	-21,57	8,00	218,43	8,00	98,43	6,40	0,02	0,009
16	17	28,9	0,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	2,86	-21,57	2,86	218,43	2,86	98,44	1,43	0,02	0,008
17	18	26,9	125,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	5,13	-21,57	5,13	218,43	5,13	98,44	4,11	0,02	0,001
18	19	25,8	112,0	0,995	-0,24	0,995	119,75	2,57	-21,57	2,57	218,43	2,57	98,44	2,05	0,02	0,000
19	20	3,0	0,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	15,24	-21,57	15,24	218,43	15,24	98,43	12,19	0,02	0,099
20	21	86,9	0,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	4,58	-21,57	4,58	218,43	4,58	98,43	2,29	0,02	0,001
21	22	28,3	125,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	1,72	-21,57	1,72	218,43	1,72	98,44	0,86	0,02	0,000
22	23	42,2	75,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	10,66	-21,57	10,66	218,43	10,66	98,43	13,66	0,02	0,017
23	24	28,2	0,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
24	25	20,3	0,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000
25	26	33,7	0,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	4,58	-21,57	4,58	218,43	4,58	98,44	5,87	0,02	0,005
26	27	61,6	100,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	2,29	-21,57	2,29	218,43	2,29	98,44	2,94	0,02	0,000
27	28	2,7	0,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	6,07	-21,57	6,07	218,43	6,07	98,43	7,78	0,02	0,010
28	29	51,9	0,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	1,15	-21,57	1,15	218,43	1,15	98,44	0,57	0,02	0,000
29	30	125,3	50,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	4,93	-21,57	4,93	218,43	4,93	98,43	6,32	0,02	0,002
30	31	51,3	0,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	4,93	-21,57	4,93	218,43	4,93	98,43	2,46	0,02	0,001
31	32	20,8	125,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	2,06	-21,57	2,06	218,43	2,06	98,44	1,03	0,02	0,000
32	33	46,0	90,0	0,994	-0,24	0,994	119,75	9,67	-21,57	9,67	218,43	9,67	98,43	7,74	0,02	0,008
33	34	19,9	0,0	0,996	-0,25	0,996	119,75	9,67	-21,57	9,67	218,43	9,67	98,43	5,69	0,02	0,007
34	35	68,8	0,0	0,996	-0,25	0,996	119,75	9,67	-21,57	9,67	218,43	9,67	98,43	4,83	0,02	0,003
35	36	20,3	75,0	0,996	-0,25	0,996	119,74	1,08	-21,57	1,08	218,43	1,08	98,44	0,54	0,02	0,000
36	37	65,4	47,0	0,996	-0,25	0,996	119,74	6,87	-21,57	6,87	218,43	6,87	98,44	3,44	0,02	0,001
37	38	10,3	300,0	0,996	-0,25	0,996	119,74	192,49	-14,10	193,67	225,84	191,81	105,89	45,57	0,03	26,909
38	39	57,9	0,0	0,995	-0,3	0,995	119,69	6,28	-21,57	6,28	218,43	6,28	98,43	5,02	0,03	0,001
39	40	7,4	0,0	0,995	-0,3	0,995	119,69	6,28	-21,57	6,28	218,43	6,28	98,43	5,02	0,03	0,001
40	41	30,9	112,0	0,995	-0,3	0,995	119,69	3,71	-21,57	3,71	218,43	3,71	98,43	2,97	0,03	0,000
41	42	2,2	112,0	0,995	-0,3	0,995	119,69	1,15	-21,57	1,15	218,43	1,15	98,43	0,92	0,03	0,000
42	43	2,2	0,0	0,995	-0,3	0,995	119,69	1,15	-21,57	1,15	218,43	1,15	98,44	0,92	0,03	0,000
43	44	2,2	50,0	0,995	-0,3	0,995	119,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,000
44	45	80,4	0,0	0,995	-0,3	0,995	119,69	185,79	-13,84	186,98	226,10	185,14	106,15	44,00	0,04	25,512
45	46	2,2	100,0	0,992	-0,31	0,993	119,68	183,33	-13,69	184,57	226,25	182,73	106,31	43,43	0,05	20,693
46	47	34,7	0,0	0,991	-0,36	0,992	119,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,000
47	48	57,6	15,0	0,991	-0,36	0,992	119,62	8,71	-21,57	8,71	218,43	8,71	98,44	0,16	0,05	0,007
48	49	25,8	30,0	0,991	-0,36	0,992	119,62	8,02	-21,57	8,02	218,43	8,02	98,43	2,73	0,05	0,000
49	50	17,6	75,0	0,991	-0,36	0,992	119,62	8,02	-21,57	8,02	218,43	8,02	98,43	2,51	0,05	0,005
50	51	31,9														

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V ang	Voltaje B pu V ang	Voltaje C pu V ang	Corriente A [A] I ang	Corriente B [A] I ang	Corriente C [A] I ang	% Carga	Desbalance	Perdidas RW
51	52	2,2	0,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,993 119,62	6,30 -21,57	6,30 218,43	6,30 98,43	1,98	0,05	0,003
52	53	40,4	100,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,993 119,62	6,30 -21,57	6,30 218,43	6,30 98,43	1,98	0,05	0,003
53	54	64,0	75,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,993 119,61	4,01 -21,57	4,01 218,43	4,01 98,43	1,26	0,05	0,002
54	55	31,9	0,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,993 119,61	2,29 -21,57	2,29 218,43	2,29 98,43	0,72	0,05	0,001
55	56	39,5	100,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,993 119,61	2,29 -21,57	2,29 218,43	2,29 98,43	1,35	0,05	0,001
56	57	3,1	0,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,993 119,61	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,05	0,000
48	58	14,6	0,0	0,991 -0,37	0,992 239,62	0,993 119,61	174,67 -13,29	175,40 226,67	173,56 106,74	41,27	0,05	19,447
58	59	60,5	0,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,992 119,55	174,50 -13,24	175,25 226,72	173,43 106,79	41,24	0,05	19,163
59	60	48,6	75,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,992 119,55	1,72 -21,57	1,72 218,43	1,72 98,44	0,75	0,05	0,000
60	61	2,3	0,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,992 119,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,05	0,000
59	62	31,4	0,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,992 119,55	3,44 -21,57	3,44 218,43	3,44 98,43	1,49	0,05	0,001
62	63	9,5	150,0	0,99 -0,43	0,991 239,57	0,992 119,55	3,44 -21,57	3,44 218,43	3,44 98,44	1,72	0,05	0,000
59	64	106,8	75,0	0,989 -0,51	0,99 239,48	0,991 119,46	169,13 -12,90	169,91 227,06	166,12 107,14	39,98	0,07	17,985
64	65	38,9	0,0	0,986 -0,53	0,987 239,47	0,988 119,44	166,99 -12,79	167,79 227,16	166,02 107,24	39,48	0,07	16,004
65	66	23,5	100,0	0,986 -0,53	0,987 239,47	0,988 119,44	2,29 -21,57	2,29 218,43	2,29 98,44	0,54	0,07	0,000
66	67	2,1	0,0	0,986 -0,53	0,987 239,47	0,988 119,44	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,07	0,000
65	68	58,6	0,0	0,985 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,44	46,52 -21,57	46,52 218,43	46,52 98,43	10,95	0,08	0,867
68	69	16,3	0,0	0,985 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,44	39,41 -21,57	39,41 218,43	39,41 98,43	12,35	0,08	0,355
69	70	30,8	112,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,986 119,44	39,40 -21,57	39,40 218,43	39,40 98,43	12,35	0,08	0,253
70	71	2,9	112,0	0,984 -0,53	0,986 239,47	0,986 119,44	36,83 -21,57	36,83 218,43	36,83 98,43	11,55	0,08	0,113
71	72	28,5	50,0	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	34,26 -21,57	34,26 218,43	34,26 98,43	10,74	0,08	0,111
72	73	2,8	0,0	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	33,11 -21,57	33,11 218,43	33,11 98,43	10,38	0,08	0,061
73	74	41,2	375,0	0,984 -0,53	0,985 239,47	0,986 119,44	8,59 -21,57	8,59 218,43	8,59 98,44	4,30	0,08	0,005
75	76	60,8	0,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	24,52 -21,57	24,52 218,43	24,52 98,43	7,69	0,08	0,055
75	77	23,3	500,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	13,75 -21,57	13,75 218,43	13,75 98,43	6,87	0,08	0,007
76	77	92,9	100,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	2,29 -21,57	2,29 218,43	2,29 98,44	1,15	0,08	0,000
75	78	27,9	0,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	10,77 -21,57	10,77 218,43	10,77 98,43	3,38	0,08	0,024
78	79	19,8	100,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	9,62 -21,57	9,62 218,43	9,62 98,43	4,81	0,08	0,011
79	80	100,7	45,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	7,33 -21,57	7,33 218,43	7,33 98,43	3,67	0,08	0,010
80	81	26,7	150,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	6,30 -21,57	6,30 218,43	6,30 98,43	3,15	0,08	0,002
81	82	11,6	125,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	2,86 -21,57	2,86 218,43	2,86 98,44	1,43	0,08	0,000
78	83	10,8	50,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	1,15 -21,57	1,15 218,43	1,15 98,44	0,36	0,08	0,000
83	84	2,3	0,0	0,984 -0,54	0,985 239,46	0,986 119,43	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,08	0,000
68	85	28,5	0,0	0,985 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,44	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,08	0,000
68	86	39,1	0,0	0,985 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,44	7,10 -21,57	7,10 218,43	7,10 98,43	1,67	0,08	0,003
86	87	19,7	310,0	0,985 -0,53	0,986 239,47	0,987 119,44	7,10 -21,57	7,10 218,43	7,10 98,44	3,55	0,08	0,001
65	88	19,0	15,0	0,986 -0,54	0,987 239,45	0,988 119,43	118,91 -9,19	119,70 230,73	117,96 110,89	28,16	0,07	10,778
88	89	55,1	0,0	0,983 -0,57	0,985 239,43	0,986 119,4	118,27 -9,13	119,07 230,78	117,34 110,96	28,02	0,08	10,604
89	90	31,2	0,0	0,982 -0,59	0,983 239,41	0,984 119,38	117,09 -9,01	117,89 230,91	116,18 111,08	27,74	0,08	7,510
90	91	68,5	0,0	0,979 -0,62	0,98 239,38	0,981 119,35	118,72 -8,98	117,53 230,94	115,84 111,11	27,65	0,08	5,790
91	92	28,5	30,0	0,979 -0,62	0,98 239,38	0,981 119,35	0,69 -21,57	0,69 218,43	0,69 98,44	0,22	0,09	0,000
92	93	2,4	0,0	0,979 -0,62	0,98 239,38	0,981 119,35	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,09	0,000
91	94	14,6	0,0	0,978 -0,62	0,98 239,38	0,981 119,35	72,56 -21,64	72,54 218,36	72,54 98,35	22,75	0,09	1,583
94	95	38,2	45,0	0,978 -0,63	0,979 239,37	0,981 119,33	72,54 -21,63	72,53 218,37	72,52 98,36	22,74	0,10	1,357
95	96	22,1	0,0	0,978 -0,63	0,979 239,37	0,981 119,33	71,49 -21,63	71,48 218,37	71,47 98,36	22,41	0,10	1,227
96	97	30,0	30,0	0,977 -0,64	0,979 239,36	0,98 119,32	56,58 -21,64	56,57 218,36	56,57 98,35	13,31	0,10	1,004
97	98	45,0	0,0	0,977 -0,65	0,979 239,35	0,98 119,31	55,88 -21,63	55,87 218,37	55,87 98,37	13,15	0,10	0,942
98	99	62,7	300,0	0,977 -0,67	0,979 239,34	0,98 119,3	55,86 -21,61	55,85 218,39	55,85 98,38	27,93	0,10	0,850
99	100	227,9	300,0	0,976 -0,71	0,978 239,29	0,979 119,25	46,37 -21,58	46,37 218,42	46,37 98,42	23,19	0,11	0,723
100	101	164,6	125,0	0,975 -0,72	0,977 239,28	0,978 119,23	39,47 -21,57	39,47 218,43	39,47 98,43	19,73	0,11	0,405
101	102	18,8	225,0	0,975 -0,73	0,977 239,28	0,978 119,23	33,74 -21,57	33,74 218,43	33,74 98,43	16,87	0,11	0,139

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V ang	Voltaje B pu V ang	Voltaje C pu V ang	Corriente A [A] I ang	Corriente B [A] I ang	Corriente C [A] I ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
102	103	96,3	112,0	0,975 -0,73	0,976 239,27	0,978 119,22	28,57 -21,57	28,57 218,43	28,57 98,43	14,29	0,12	0,117
103	104	52,9	630,0	0,974 -0,73	0,976 239,27	0,978 119,22	14,43 -21,57	14,43 218,43	14,43 98,44	7,22	0,12	0,016
103	105	117,0	345,0	0,974 -0,73	0,976 239,27	0,978 119,22	11,57 -21,57	11,57 218,43	11,57 98,43	5,78	0,12	0,017
105	106	62,2	100,0	0,974 -0,73	0,976 239,27	0,978 119,22	2,29 -21,57	2,29 218,43	2,29 98,44	1,15	0,12	0,000
105	107	93,7	60,0	0,974 -0,73	0,976 239,27	0,978 119,22	1,37 -21,57	1,37 218,43	1,37 98,44	0,69	0,12	0,000
101	108	93,3	125,0	0,975 -0,72	0,977 239,28	0,978 119,23	2,86 -21,57	2,86 218,43	2,86 98,44	1,43	0,11	0,001
99	109	49,7	112,0	0,977 -0,67	0,979 239,33	0,98 119,29	2,57 -21,57	2,57 218,43	2,57 98,44	1,28	0,10	0,000
98	110	11,5	0,0	0,977 -0,65	0,979 239,35	0,98 119,31	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,10	0,000
96	111	49,3	0,0	0,977 -0,63	0,979 239,37	0,98 119,33	14,89 -21,57	14,89 218,43	14,89 98,43	4,67	0,10	0,056
111	112	67,1	75,0	0,977 -0,64	0,979 239,36	0,98 119,33	14,89 -21,57	14,89 218,43	14,89 98,43	7,45	0,10	0,012
112	113	24,6	400,0	0,977 -0,64	0,979 239,36	0,98 119,33	10,88 -21,57	10,88 218,43	10,88 98,43	5,44	0,10	0,002
113	114	30,8	75,0	0,977 -0,64	0,979 239,36	0,98 119,33	1,72 -21,57	1,72 218,43	1,72 98,44	0,86	0,10	0,000
112	115	54,4	100,0	0,977 -0,64	0,979 239,36	0,98 119,33	2,29 -21,57	2,29 218,43	2,29 98,44	1,15	0,10	0,000
111	116	53,5	0,0	0,977 -0,63	0,979 239,37	0,98 119,33	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,10	0,000
96	117	5,6	0,0	0,978 -0,63	0,979 239,37	0,981 119,33	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,10	0,000
91	118	50,1	75,0	0,978 -0,64	0,98 239,37	0,981 119,33	47,99 10,60	48,71 250,06	47,26 131,15	11,46	0,10	0,455
118	119	36,6	0,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	46,54 11,73	47,26 251,16	45,82 132,32	11,12	0,10	0,380
119	120	23,0	125,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	2,86 -21,57	2,86 218,43	2,86 98,44	1,43	0,10	0,000
119	121	13,8	0,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	44,17 13,78	44,87 253,14	43,47 134,43	10,56	0,10	0,328
121	122	15,8	50,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	5,43 -21,56	6,29 218,43	4,57 98,44	5,03	0,10	0,006
122	123	2,5	0,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	4,28 -21,56	5,14 218,43	3,43 98,44	4,12	0,10	0,004
123	124	15,3	25,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	4,28 -21,57	5,14 218,43	3,43 98,44	4,12	0,10	0,004
124	125	36,1	112,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	4,28 -21,57	4,28 218,43	2,57 98,44	3,43	0,10	0,003
125	126	2,5	0,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	1,72 -21,57	1,72 218,43	0,00 0,00	1,37	0,10	0,001
126	127	92,1	50,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	1,72 -21,57	1,72 218,43	1,72 98,44	1,58	0,10	0,001
121	128	31,4	30,0	0,978 -0,66	0,98 239,34	0,981 119,31	39,86 16,30	39,86 258,31	39,86 136,31	9,38	0,10	0,305
128	129	53,8	0,0	0,978 -0,67	0,98 239,33	0,981 119,3	39,33 18,96	39,33 258,96	39,33 138,96	9,25	0,10	0,273
129	130	20,9	75,0	0,978 -0,67	0,98 239,33	0,981 119,3	1,72 -21,57	1,72 218,43	1,72 98,44	0,86	0,10	0,000
129	131	34,7	0,0	0,978 -0,68	0,98 239,32	0,981 119,29	38,04 20,65	38,04 260,65	38,04 140,65	8,95	0,10	0,149
131	132	35,8	225,0	0,978 -0,69	0,98 239,32	0,981 119,29	6,87 -21,57	6,87 218,43	6,87 98,43	3,44	0,10	0,002
132	133	191,2	75,0	0,978 -0,69	0,979 239,32	0,981 119,28	1,72 -21,57	1,72 218,43	1,72 98,44	0,86	0,10	0,001
131	134	45,7	0,0	0,978 -0,7	0,98 239,31	0,981 119,28	33,27 28,64	33,27 268,64	33,27 148,64	7,83	0,10	0,115
134	135	38,9	0,0	0,978 -0,7	0,979 239,3	0,981 119,27	31,39 -21,57	31,39 218,43	31,39 98,43	7,39	0,10	0,082
135	136	5,7	45,0	0,978 -0,7	0,979 239,3	0,981 119,27	31,39 -21,57	31,39 218,43	31,39 98,43	15,70	0,10	0,057
136	137	39,4	800,0	0,978 -0,7	0,979 239,3	0,981 119,27	30,36 -21,57	30,36 218,43	30,36 98,43	15,18	0,10	0,049
137	138	33,5	75,0	0,978 -0,7	0,979 239,3	0,981 119,27	3,44 -21,57	3,44 218,43	3,44 98,43	1,72	0,10	0,001
138	139	55,8	75,0	0,978 -0,7	0,979 239,3	0,981 119,27	1,72 -21,57	1,72 218,43	1,72 98,44	0,86	0,10	0,000
137	140	125,1	150,0	0,978 -0,71	0,979 239,3	0,981 119,27	8,59 -21,57	8,59 218,43	8,59 98,43	4,30	0,10	0,011
140	141	36,9	225,0	0,978 -0,71	0,979 239,3	0,981 119,26	5,15 -21,57	5,15 218,43	5,15 98,44	2,58	0,10	0,001
121	142	5,7	0,0	0,978 -0,65	0,98 239,35	0,981 119,32	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,10	0,000
89	143	62,5	45,0	0,983 -0,57	0,985 239,43	0,986 119,4	1,03 -21,57	1,03 218,43	1,03 98,44	0,24	0,08	0,000

## Modelación de Carga a Impedancia Constante

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V ang	Voltaje B pu V ang	Voltaje C pu V ang	Corriente A [A] I ang	Corriente B [A] I ang	Corriente C [A] I ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
0	1	188,5	0,0	0,999 -0,12	0,999 239,68	0,999 119,88	230,87 -16,14	232,22 223,82	230,54 103,81	116,11	0,00	32,223
1	2	31,3	0,0	0,998 -0,15	0,998 239,85	0,998 119,85	230,71 -16,11	232,08 223,86	230,42 103,84	54,61	0,01	30,249
2	3	2,5	45,0	0,998 -0,15	0,998 239,84	0,998 119,84	230,69 -16,10	232,07 223,86	230,41 103,84	54,60	0,01	29,181
3	4	57,7	90,0	0,997 -0,21	0,997 239,78	0,997 119,78	229,38 -16,02	230,79 223,94	229,15 103,93	54,30	0,01	29,034
4	5	23,7	0,0	0,996 -0,24	0,996 239,76	0,997 119,75	227,23 -15,94	228,64 224,02	227,02 104,01	53,80	0,02	27,148
5	6	49,2	0,0	0,996 -0,24	0,996 239,76	0,996 119,75	28,83 -21,80	28,84 218,20	28,85 98,19	23,08	0,02	0,505
6	7	68,1	0,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	28,81 -21,80	28,82 218,20	28,83 98,19	23,06	0,02	0,340
7	8	49,1	0,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	5,70 -21,80	5,70 218,20	5,70 98,19	3,35	0,02	0,006
8	9	8,4	75,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	3,42 -21,80	3,42 218,20	3,42 98,19	2,74	0,02	0,001
9	10	3,1	0,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	1,71 -21,80	1,71 218,20	1,71 98,19	1,37	0,02	0,000
10	11	37,4	0,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	1,71 -21,80	1,71 218,20	1,71 98,19	0,74	0,02	0,000
11	12	25,8	75,0	0,995 -0,24	0,995 239,76	0,995 119,75	1,71 -21,80	1,71 218,20	1,71 98,19	0,86	0,02	0,000
11	13	3,9	0,0	0,995 -0,24	0,995 239,76	0,995 119,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,02	0,000
8	14	20,5	0,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,02	0,000
8	15	44,5	100,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	2,28 -21,80	2,28 218,20	2,28 98,19	1,82	0,02	0,001
15	16	2,3	0,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,02	0,000
7	17	3,6	0,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	7,95 -21,80	7,96 218,20	7,96 98,19	6,37	0,02	0,009
17	18	28,9	0,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	7,95 -21,80	7,96 218,20	7,96 98,19	6,37	0,02	0,008
18	19	26,9	125,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	2,85 -21,80	2,85 218,20	2,85 98,19	1,43	0,02	0,000
18	20	25,8	112,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	5,10 -21,80	5,11 218,20	5,11 98,19	4,09	0,02	0,000
20	21	3,0	112,0	0,995 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	2,55 -21,80	2,55 218,20	2,55 98,19	2,04	0,02	0,000
7	22	86,9	0,0	0,994 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	15,15 -21,80	15,15 218,20	15,16 98,19	12,13	0,02	0,038
22	23	28,3	125,0	0,994 -0,23	0,995 239,76	0,995 119,75	4,56 -21,80	4,56 218,20	4,56 98,19	2,28	0,02	0,001
23	24	42,2	75,0	0,994 -0,23	0,994 239,76	0,995 119,75	1,71 -21,80	1,71 218,20	1,71 98,19	0,85	0,02	0,000
22	25	28,2	0,0	0,994 -0,23	0,994 239,76	0,995 119,75	10,59 -21,80	10,59 218,20	10,60 98,19	13,59	0,02	0,017
25	26	20,3	0,0	0,994 -0,23	0,994 239,76	0,995 119,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,02	0,000
26	27	33,7	0,0	0,994 -0,23	0,994 239,76	0,995 119,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,02	0,000
25	28	61,6	100,0	0,994 -0,23	0,994 239,76	0,995 119,75	4,55 -21,80	4,56 218,20	4,56 98,19	5,84	0,02	0,005
28	29	2,7	100,0	0,994 -0,23	0,994 239,76	0,995 119,75	2,28 -21,80	2,28 218,20	2,28 98,19	2,92	0,02	0,000
25	30	51,9	0,0	0,994 -0,23	0,994 239,76	0,995 119,75	6,04 -21,80	6,04 218,20	6,04 98,19	7,74	0,02	0,010
30	31	125,3	50,0	0,994 -0,23	0,994 239,76	0,995 119,75	1,14 -21,80	1,14 218,20	1,14 98,19	0,57	0,02	0,000
30	32	51,3	0,0	0,994 -0,23	0,994 239,76	0,995 119,75	4,90 -21,80	4,90 218,20	4,90 98,19	6,28	0,02	0,002
32	33	20,8	125,0	0,994 -0,24	0,994 239,76	0,995 119,75	4,90 -21,80	4,90 218,20	4,90 98,19	2,45	0,02	0,001
33	34	46,0	90,0	0,994 -0,24	0,994 239,76	0,995 119,75	2,05 -21,80	2,05 218,20	2,05 98,19	1,03	0,02	0,000
5	35	19,9	0,0	0,996 -0,24	0,996 239,76	0,997 119,75	9,63 -21,81	9,63 218,19	9,64 98,18	7,71	0,02	0,008
35	36	68,8	0,0	0,996 -0,24	0,996 239,76	0,997 119,75	9,63 -21,81	9,63 218,19	9,64 98,18	5,67	0,02	0,007
36	37	20,3	75,0	0,996 -0,24	0,996 239,75	0,997 119,75	9,63 -21,81	9,63 218,19	9,64 98,18	4,82	0,02	0,003
37	38	65,4	47,0	0,996 -0,24	0,996 239,75	0,997 119,75	1,07 -21,81	1,07 218,19	1,07 98,18	0,54	0,02	0,000
37	39	10,3	300,0	0,996 -0,24	0,996 239,75	0,997 119,75	6,85 -21,81	6,85 218,19	6,85 98,18	3,42	0,02	0,001
5	40	57,9	0,0	0,995 -0,29	0,995 239,71	0,996 119,7	188,79 -14,70	190,22 225,25	188,61 105,25	44,76	0,03	25,850
40	41	7,4	0,0	0,995 -0,29	0,995 239,71	0,996 119,7	6,25 -21,86	6,25 218,14	6,25 98,13	5,00	0,03	0,001
41	42	30,9	112,0	0,995 -0,29	0,995 239,71	0,996 119,7	6,25 -21,86	6,25 218,14	6,25 98,13	5,00	0,03	0,001
42	43	2,2	112,0	0,995 -0,29	0,995 239,71	0,996 119,7	3,69 -21,85	3,69 218,14	3,70 98,13	2,96	0,03	0,000
43	44	2,2	0,0	0,995 -0,29	0,995 239,71	0,996 119,7	1,14 -21,86	1,14 218,14	1,14 98,13	0,91	0,03	0,000
44	45	80,4	50,0	0,995 -0,29	0,995 239,71	0,996 119,7	1,14 -21,85	1,14 218,14	1,14 98,13	0,91	0,03	0,000
45	46	2,2	0,0	0,995 -0,29	0,995 239,71	0,996 119,7	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,03	0,000
40	47	34,7	100,0	0,993 -0,3	0,993 239,7	0,994 119,68	182,13 -14,44	183,57 225,50	181,98 105,51	43,19	0,03	0,000
47	48	57,6	0,0	0,991 -0,35	0,992 239,65	0,993 119,63	179,69 -14,30	181,17 225,64	179,58 105,66	42,63	0,04	19,860
48	49	25,8	15,0	0,991 -0,35	0,992 239,65	0,993 119,63	0,00 0,00	0,51 218,08	0,51 98,06	0,16	0,04	0,000
48	50	17,6	30,0	0,991 -0,35	0,992 239,65	0,993 119,63	8,63 -21,92	8,64 218,08	8,64 98,06	2,71	0,04	0,007
50	51	31,9	75,0	0,991 -0,35	0,992 239,64	0,993 119,63	7,95 -21,92	7,96 218,08	7,96 98,06	2,50	0,04	0,005

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V ang	Voltaje B pu V ang	Voltaje C pu V ang	Corriente A [A] I ang	Corriente B [A] I ang	Corriente C [A] I ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
51	52	2,2	0,0	0,991 -0,35	0,992 239,64	0,993 119,63	6,25 -21,92	6,25 218,08	6,25 98,06	1,96	0,04	0,003
52	53	40,4	100,0	0,991 -0,35	0,992 239,64	0,993 119,62	6,25 -21,92	6,25 218,08	6,25 98,06	1,96	0,04	0,003
53	54	64,0	75,0	0,991 -0,35	0,992 239,64	0,993 119,62	3,97 -21,92	3,98 218,08	3,98 98,06	1,25	0,04	0,002
54	55	31,9	0,0	0,991 -0,35	0,992 239,64	0,993 119,62	2,27 -21,92	2,27 218,08	2,27 98,06	0,71	0,04	0,001
55	56	39,5	100,0	0,991 -0,35	0,992 239,64	0,993 119,62	2,27 -21,92	2,27 218,08	2,27 98,06	1,34	0,04	0,001
56	57	3,1	0,0	0,991 -0,35	0,992 239,64	0,993 119,62	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,04	0,000
48	58	14,6	0,0	0,991 -0,36	0,992 239,63	0,993 119,61	171,10 -13,91	172,07 226,05	170,48 106,08	40,49	0,05	18,659
58	59	60,5	0,0	0,99 -0,41	0,991 239,58	0,992 119,56	170,94 -13,86	171,93 226,10	170,35 106,13	40,45	0,05	18,386
59	60	48,6	75,0	0,99 -0,41	0,991 239,58	0,992 119,56	1,70 -21,98	1,70 218,02	1,70 98,00	0,74	0,05	0,000
60	61	2,3	0,0	0,99 -0,41	0,991 239,58	0,992 119,56	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,05	0,000
59	62	31,4	0,0	0,99 -0,41	0,991 239,58	0,992 119,56	3,40 -21,98	3,41 218,02	3,41 98,00	1,48	0,05	0,001
62	63	9,5	150,0	0,99 -0,41	0,991 239,58	0,992 119,56	3,40 -21,98	3,41 218,02	3,41 98,00	1,70	0,05	0,000
59	64	106,8	75,0	0,989 -0,5	0,99 239,5	0,991 119,47	165,62 -13,52	166,63 226,44	165,08 106,47	38,21	0,06	17,252
64	65	38,9	0,0	0,986 -0,51	0,987 239,48	0,988 119,45	163,52 -13,42	164,54 226,54	163,01 106,58	38,72	0,07	15,348
65	66	23,5	100,0	0,986 -0,51	0,987 239,48	0,988 119,45	2,26 -22,08	2,26 217,92	2,26 97,89	0,53	0,07	0,000
66	67	2,1	0,0	0,986 -0,51	0,987 239,48	0,988 119,45	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,07	0,000
65	68	58,6	0,0	0,985 -0,51	0,986 239,49	0,987 119,46	45,79 -22,08	45,85 217,91	45,69 97,88	10,80	0,07	0,842
68	69	16,3	0,0	0,985 -0,51	0,986 239,49	0,987 119,46	38,79 -22,09	38,83 217,91	38,87 97,88	12,18	0,07	0,344
69	70	30,8	112,0	0,984 -0,51	0,986 239,49	0,987 119,46	36,77 -22,09	36,82 217,91	36,85 97,88	12,18	0,07	0,246
70	71	2,9	112,0	0,984 -0,51	0,986 239,49	0,987 119,45	36,25 -22,09	36,29 217,91	36,32 97,88	11,39	0,07	0,110
71	72	28,5	50,0	0,984 -0,51	0,986 239,49	0,986 119,45	33,71 -22,09	33,76 217,91	33,79 97,88	10,59	0,07	0,107
72	73	2,8	0,0	0,984 -0,51	0,986 239,49	0,986 119,45	32,59 -22,09	32,63 217,91	32,66 97,88	10,24	0,07	0,059
73	74	41,2	375,0	0,984 -0,51	0,985 239,48	0,986 119,45	8,46 -22,08	8,47 217,92	8,47 97,89	4,24	0,07	0,004
73	75	50,8	0,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,45	24,13 -22,08	24,16 217,91	24,18 97,88	7,58	0,08	0,053
75	76	23,3	500,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,45	13,53 -22,08	13,54 217,91	13,56 97,88	6,78	0,08	0,007
76	77	92,9	100,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,44	2,25 -22,08	2,26 217,91	2,26 97,88	1,13	0,08	0,000
75	78	27,9	0,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,45	10,60 -22,09	10,61 217,91	10,62 97,88	3,33	0,08	0,023
78	79	19,8	100,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,45	9,47 -22,08	9,48 217,91	9,49 97,88	4,74	0,08	0,011
79	80	100,7	45,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,44	7,21 -22,08	7,22 217,91	7,23 97,88	3,61	0,08	0,010
80	81	26,7	150,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,44	6,20 -22,08	6,21 217,91	6,21 97,88	3,11	0,08	0,002
81	82	11,6	125,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,44	2,82 -22,08	2,82 217,91	2,82 97,88	1,41	0,08	0,000
78	83	10,8	50,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,45	1,13 -22,08	1,13 217,92	1,13 97,88	0,35	0,08	0,000
83	84	2,3	0,0	0,984 -0,52	0,985 239,48	0,986 119,45	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,08	0,000
68	85	28,5	0,0	0,985 -0,51	0,986 239,49	0,987 119,46	7,00 -22,08	7,00 217,92	7,01 97,89	1,65	0,07	0,003
68	86	39,1	0,0	0,985 -0,51	0,986 239,49	0,987 119,46	7,00 -22,08	7,00 217,92	7,01 97,89	1,65	0,07	0,003
86	87	19,7	310,0	0,985 -0,51	0,986 239,49	0,987 119,45	7,00 -22,08	7,00 217,92	7,01 97,89	3,51	0,07	0,001
65	88	19,0	15,0	0,986 -0,52	0,987 239,47	0,988 119,44	116,17 -9,83	117,13 230,08	115,67 110,27	27,56	0,07	10,315
88	89	55,1	0,0	0,983 -0,55	0,985 239,45	0,986 119,42	115,54 -9,77	116,51 230,14	114,87 110,27	27,41	0,08	10,147
89	90	31,2	0,0	0,982 -0,56	0,983 239,44	0,984 119,4	114,38 -9,65	115,35 230,26	113,83 110,39	27,14	0,08	7,186
90	91	68,5	0,0	0,979 -0,59	0,98 239,41	0,982 119,37	114,02 -9,62	115,00 230,29	113,49 110,42	27,06	0,09	5,540
91	92	28,5	30,0	0,979 -0,59	0,98 239,41	0,981 119,37	0,67 -22,16	0,67 217,84	0,67 97,80	0,21	0,09	0,000
92	93	2,4	0,0	0,979 -0,59	0,98 239,41	0,981 119,37	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,09	0,000
91	94	14,6	0,0	0,979 -0,59	0,98 239,41	0,981 119,37	70,83 -22,31	70,93 217,69	71,01 97,63	22,26	0,09	1,511
94	95	38,2	45,0	0,978 -0,6	0,98 239,4	0,981 119,36	70,90 -22,30	70,91 217,70	71,00 97,65	22,26	0,09	1,296
95	96	22,1	0,0	0,978 -0,61	0,979 239,39	0,981 119,35	69,78 -22,30	69,88 217,71	69,97 97,65	21,93	0,09	1,171
96	97	30,0	30,0	0,978 -0,61	0,979 239,39	0,981 119,35	55,20 -22,32	55,29 217,68	55,36 97,62	13,03	0,10	0,958
97	98	45,0	0,0	0,978 -0,62	0,979 239,38	0,98 119,33	54,52 -22,31	54,60 217,69	54,67 97,63	12,86	0,10	0,896
98	99	62,7	300,0	0,977 -0,64	0,979 239,36	0,98 119,32	54,50 -22,30	54,58 217,70	54,66 97,65	27,33	0,10	0,811
99	100	227,9	300,0	0,976 -0,68	0,978 239,32	0,979 119,27	45,22 -22,28	45,30 217,72	45,36 97,67	22,68	0,11	0,890
100	101	164,6	125,0	0,975 -0,69	0,977 239,31	0,979 119,26	38,48 -22,27	38,55 217,73	38,60 97,68	19,30	0,11	0,387
101	102	18,8	225,0	0,975 -0,69	0,977 239,31	0,978 119,26	32,89 -22,27	32,95 217,73	33,00 97,68	16,50	0,11	0,133

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu	V ang	Voltaje B pu	V ang	Voltaje C pu	V ang	Corriente A [A]	I ang	Corriente B [A]	I ang	Corriente C [A]	I ang	% Carga	Desbalance	Pérdidas kW
102	103	99,3	112,0	0,975	-0,7	0,977	239,3	0,978	119,25	27,86	-22,27	27,91	217,73	27,94	97,68	13,97	0,11	0,112
103	104	52,9	630,0	0,975	-0,7	0,977	239,3	0,978	119,25	14,07	-22,26	14,10	217,74	14,12	97,68	7,06	0,11	0,016
103	105	117,0	345,0	0,975	-0,7	0,977	239,3	0,978	119,25	11,28	-22,27	11,30	217,73	11,32	97,68	5,66	0,11	0,016
105	106	62,2	100,0	0,975	-0,7	0,977	239,3	0,978	119,25	2,23	-22,27	2,24	217,73	2,24	97,68	1,12	0,11	0,000
105	107	93,7	60,0	0,975	-0,7	0,977	239,3	0,978	119,25	1,34	-22,27	1,34	217,73	1,34	97,68	0,67	0,11	0,000
101	108	93,3	125,0	0,975	-0,69	0,977	239,31	0,978	119,26	2,79	-22,26	2,80	217,74	2,80	97,69	1,40	0,11	0,001
99	109	49,7	112,0	0,977	-0,64	0,979	239,36	0,98	119,32	2,51	-22,26	2,51	217,80	2,51	97,75	1,26	0,10	0,000
98	110	11,5	0,0	0,978	-0,62	0,979	239,38	0,98	119,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,000
96	111	49,3	0,0	0,978	-0,61	0,979	239,39	0,98	119,35	14,56	-22,18	14,58	217,82	14,60	97,78	4,58	0,09	0,054
111	112	67,1	75,0	0,978	-0,61	0,979	239,39	0,98	119,35	14,56	-22,18	14,58	217,82	14,60	97,78	7,30	0,10	0,012
112	113	24,6	400,0	0,978	-0,61	0,979	239,39	0,98	119,35	10,64	-22,18	10,66	217,82	10,67	97,78	5,33	0,10	0,002
113	114	30,8	75,0	0,978	-0,61	0,979	239,39	0,98	119,35	1,68	-22,18	1,68	217,82	1,68	97,78	0,84	0,10	0,000
112	115	54,4	100,0	0,978	-0,61	0,979	239,39	0,98	119,35	2,24	-22,17	2,24	217,83	2,25	97,78	1,12	0,10	0,000
111	116	53,5	0,0	0,978	-0,61	0,979	239,39	0,98	119,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,000
96	117	5,6	0,0	0,978	-0,61	0,979	239,39	0,981	119,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,000
91	118	50,1	75,0	0,979	-0,61	0,98	239,39	0,981	119,35	46,95	9,94	47,73	249,41	46,36	130,46	11,23	0,09	0,437
118	119	36,6	0,0	0,979	-0,62	0,98	239,38	0,981	119,34	45,53	11,08	46,30	250,51	44,95	131,63	10,89	0,08	0,365
119	120	23,0	125,0	0,979	-0,62	0,98	239,38	0,981	119,34	2,80	-22,18	2,81	217,82	2,81	97,78	1,41	0,09	0,000
119	121	13,8	0,0	0,979	-0,62	0,98	239,38	0,981	119,34	43,21	13,12	43,96	252,49	42,64	133,74	10,34	0,09	0,315
121	122	15,6	50,0	0,979	-0,62	0,98	239,38	0,981	119,34	5,31	-22,19	5,16	217,81	4,49	97,78	4,93	0,09	0,006
122	123	2,5	0,0	0,979	-0,62	0,98	239,38	0,981	119,34	4,19	-22,19	4,19	217,81	3,36	97,78	4,03	0,09	0,004
123	124	15,3	25,0	0,979	-0,62	0,98	239,38	0,981	119,34	4,19	-22,19	4,19	217,81	3,36	97,78	4,03	0,09	0,004
124	125	36,1	112,0	0,979	-0,62	0,98	239,38	0,981	119,34	4,19	-22,19	4,20	217,81	2,52	97,78	3,36	0,09	0,003
125	126	2,5	0,0	0,979	-0,62	0,98	239,38	0,981	119,34	1,68	-22,19	1,68	217,81	0,00	0,00	1,35	0,09	0,001
126	127	92,1	50,0	0,978	-0,62	0,98	239,37	0,98	119,33	1,68	-22,19	1,68	217,81	1,54	0,00	1,54	0,09	0,001
121	128	31,4	30,0	0,979	-0,63	0,98	239,37	0,981	119,33	38,99	17,65	39,05	257,65	39,10	137,61	9,20	0,09	0,293
128	129	53,8	0,0	0,978	-0,65	0,98	239,35	0,981	119,32	38,47	18,30	38,52	258,31	38,58	138,27	9,08	0,09	0,261
129	130	20,9	75,0	0,978	-0,65	0,98	239,35	0,981	119,32	1,68	-22,21	1,68	217,79	1,59	97,75	0,84	0,09	0,000
129	131	34,7	0,0	0,978	-0,66	0,98	239,35	0,981	119,31	37,21	18,99	37,26	260,00	37,31	139,96	8,78	0,10	0,143
131	132	35,8	225,0	0,978	-0,68	0,98	239,34	0,981	119,31	6,72	-22,22	6,73	217,78	6,74	97,74	3,37	0,10	0,002
132	133	191,2	75,0	0,978	-0,66	0,98	239,34	0,981	119,31	1,68	-22,22	1,68	217,78	1,69	97,74	0,84	0,10	0,001
134	134	45,7	0,0	0,978	-0,67	0,98	239,34	0,981	119,31	32,54	27,99	32,59	267,99	32,63	147,95	7,68	0,10	0,110
134	135	38,9	0,0	0,978	-0,67	0,98	239,33	0,981	119,29	30,70	-22,24	30,75	217,76	30,79	97,72	7,25	0,10	0,079
135	136	5,7	45,0	0,978	-0,67	0,98	239,33	0,981	119,29	30,70	-22,24	30,75	217,76	30,79	97,72	15,40	0,10	0,055
136	137	39,4	800,0	0,978	-0,67	0,98	239,33	0,981	119,29	29,69	-22,24	29,74	217,76	29,78	97,72	14,89	0,10	0,047
137	138	33,5	75,0	0,978	-0,67	0,98	239,33	0,981	119,29	3,36	-22,24	3,37	217,76	3,37	97,73	1,69	0,10	0,001
138	139	55,8	75,0	0,978	-0,67	0,98	239,33	0,981	119,29	1,68	-22,24	1,68	217,76	1,69	97,73	0,84	0,10	0,000
137	140	125,1	150,0	0,978	-0,68	0,979	239,33	0,981	119,29	8,40	-22,24	8,41	217,76	8,43	97,72	4,21	0,10	0,010
140	141	36,9	225,0	0,978	-0,68	0,979	239,32	0,981	119,29	5,04	-22,24	5,05	217,76	5,06	97,72	2,53	0,10	0,001
121	142	5,7	0,0	0,979	-0,62	0,98	239,38	0,981	119,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,000
89	143	62,5	45,0	0,983	-0,55	0,985	239,45	0,986	119,42	1,01	-22,11	1,02	217,88	1,02	97,85	0,24	0,08	0,000



CASO 7

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Volteje A pu V ang	Volteje B pu V ang	Volteje C pu V ang	Corriente A [A] I ang	Corriente B [A] I ang	Corriente C [A] I ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
0	1	168,5	0,0	0,998 -0,14	0,998 239,86	0,998 119,87	270,85 -17,21	271,49 222,78	288,88 102,77	135,74	0,00	44,609
1	2	31,3	0,0	0,997 -0,17	0,998 239,82	0,998 119,83	270,62 -17,18	271,29 222,81	288,71 102,81	63,83	0,01	41,910
2	3	2,5	45,0	0,997 -0,18	0,998 239,82	0,998 119,82	270,61 -17,17	271,28 222,82	288,69 102,81	63,83	0,01	40,449
3	4	57,7	90,0	0,996 -0,25	0,996 239,75	0,997 119,75	269,05 -17,08	269,77 222,91	267,22 102,91	63,48	0,02	40,331
4	5	23,7	0,0	0,995 -0,28	0,996 239,72	0,996 119,72	266,57 -17,01	267,31 222,98	264,78 102,98	62,90	0,02	37,669
5	6	49,2	0,0	0,995 -0,27	0,995 239,72	0,995 119,72	32,73 -21,83	32,71 218,16	32,70 98,15	26,19	0,02	0,850
6	7	68,1	0,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,995 119,72	32,70 -21,84	32,69 218,16	32,67 98,15	26,16	0,03	0,438
7	8	49,1	0,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	6,46 -21,84	6,46 218,16	6,46 98,15	3,80	0,03	0,007
8	9	8,4	75,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	3,88 -21,84	3,88 218,16	3,87 98,15	3,10	0,03	0,001
9	10	3,1	0,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	1,94 -21,84	1,94 218,16	1,94 98,15	1,55	0,03	0,000
10	11	37,4	0,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	1,94 -21,84	1,94 218,16	1,94 98,15	0,84	0,03	0,000
11	12	25,8	75,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	1,94 -21,84	1,94 218,16	1,94 98,15	0,97	0,03	0,000
11	13	3,9	0,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,03	0,000
8	14	20,5	0,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,03	0,000
8	15	44,5	100,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	2,59 -21,84	2,58 218,16	2,58 98,15	2,07	0,03	0,001
15	16	2,3	0,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,03	0,000
7	17	3,6	0,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,995 119,72	9,02 -21,84	9,02 218,16	9,02 98,15	7,22	0,03	0,012
17	18	28,9	0,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,995 119,72	9,02 -21,84	9,02 218,16	9,01 98,15	7,22	0,03	0,011
18	19	26,9	125,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	3,23 -21,84	3,23 218,16	3,23 98,15	1,62	0,03	0,000
18	20	25,8	112,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	5,79 -21,84	5,79 218,16	5,79 98,15	4,63	0,03	0,001
20	21	3,0	112,0	0,994 -0,27	0,994 239,72	0,994 119,72	2,90 -21,84	2,89 218,16	2,89 98,15	2,32	0,03	0,000
7	22	86,9	0,0	0,993 -0,27	0,994 239,73	0,994 119,72	17,20 -21,84	17,20 218,16	17,19 98,15	13,76	0,03	0,127
22	23	28,3	125,0	0,993 -0,27	0,994 239,73	0,994 119,72	5,17 -21,84	5,17 218,16	5,17 98,15	2,59	0,03	0,001
23	24	42,2	75,0	0,993 -0,27	0,994 239,73	0,994 119,72	1,94 -21,84	1,94 218,16	1,94 98,15	0,97	0,03	0,000
22	25	28,2	0,0	0,993 -0,27	0,994 239,73	0,994 119,72	12,03 -21,84	12,03 218,16	12,02 98,15	15,42	0,03	0,022
25	26	20,3	0,0	0,993 -0,27	0,994 239,73	0,994 119,72	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,03	0,000
26	27	33,7	0,0	0,993 -0,27	0,994 239,73	0,994 119,72	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,03	0,000
25	28	61,6	100,0	0,993 -0,27	0,993 239,73	0,994 119,72	5,17 -21,84	5,17 218,16	5,17 98,15	6,63	0,03	0,007
28	29	2,7	100,0	0,993 -0,27	0,993 239,73	0,994 119,72	2,59 -21,84	2,59 218,16	2,58 98,15	3,32	0,03	0,000
25	30	51,9	0,0	0,993 -0,27	0,993 239,73	0,994 119,72	6,86 -21,84	6,85 218,16	6,85 98,15	8,79	0,03	0,013
30	31	125,3	50,0	0,993 -0,27	0,993 239,73	0,994 119,72	1,29 -21,84	1,29 218,16	1,29 98,15	0,65	0,03	0,001
30	32	51,3	0,0	0,993 -0,27	0,993 239,72	0,994 119,72	5,56 -21,84	5,56 218,16	5,56 98,15	7,13	0,03	0,002
32	33	20,8	125,0	0,993 -0,27	0,993 239,72	0,994 119,72	2,33 -21,84	2,33 218,16	2,33 98,15	1,16	0,03	0,000
33	34	46,0	90,0	0,993 -0,27	0,993 239,72	0,994 119,72	10,89 -21,85	10,89 218,15	10,89 98,14	8,72	0,02	0,010
5	35	19,9	0,0	0,995 -0,28	0,996 239,72	0,996 119,72	7,08 -21,90	7,08 218,10	7,07 98,09	5,66	0,03	0,002
35	36	68,8	0,0	0,995 -0,28	0,996 239,72	0,996 119,71	7,08 -21,90	7,08 218,10	7,07 98,09	5,66	0,03	0,001
36	37	20,3	75,0	0,995 -0,28	0,996 239,72	0,996 119,71	4,19 -21,90	4,18 218,10	4,18 98,09	3,35	0,03	0,000
37	38	65,4	47,0	0,995 -0,28	0,996 239,72	0,996 119,71	1,29 -21,90	1,29 218,10	1,29 98,09	1,03	0,03	0,000
37	39	10,3	300,0	0,995 -0,28	0,996 239,72	0,996 119,71	1,29 -21,90	1,29 218,10	1,29 98,09	1,03	0,03	0,000
5	40	57,9	0,0	0,994 -0,33	0,995 239,66	0,995 119,66	222,83 -16,01	223,63 223,97	221,16 103,99	52,62	0,03	35,936
40	41	7,4	0,0	0,994 -0,33	0,995 239,66	0,995 119,65	7,08 -21,90	7,08 218,10	7,07 98,09	5,66	0,03	0,002
41	42	30,9	112,0	0,994 -0,34	0,995 239,66	0,995 119,65	7,08 -21,90	7,08 218,10	7,07 98,09	5,66	0,03	0,001
42	43	2,2	112,0	0,994 -0,34	0,995 239,66	0,995 119,65	4,19 -21,90	4,18 218,10	4,18 98,09	3,35	0,03	0,000
43	44	2,2	0,0	0,994 -0,34	0,995 239,66	0,995 119,65	1,29 -21,90	1,29 218,10	1,29 98,09	1,03	0,03	0,000
44	45	80,4	50,0	0,994 -0,34	0,995 239,66	0,995 119,65	1,29 -21,90	1,29 218,10	1,29 98,09	1,03	0,03	0,000
45	46	2,2	0,0	0,994 -0,34	0,995 239,66	0,995 119,65	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00	0,03	0,000
40	47	34,7	100,0	0,991 -0,34	0,992 239,65	0,992 119,64	215,13 -15,81	215,96 224,17	213,52 104,20	50,82	0,04	34,072
47	48	57,6	0,0	0,999 -0,4	0,991 239,59	0,991 119,58	212,29 -15,68	213,20 224,31	210,75 104,34	50,16	0,05	27,840
48	49	25,8	15,0	0,999 -0,4	0,991 239,59	0,991 119,58	0,00 0,00	0,58 218,03	0,58 98,01	0,18	0,05	0,000
48	50	17,6	30,0	0,999 -0,4	0,991 239,59	0,991 119,58	9,86 -21,97	9,85 218,02	9,85 98,01	3,09	0,05	0,009
50	51	31,9	75,0	0,999 -0,4	0,991 239,59	0,991 119,58	9,09 -21,97	9,08 218,02	9,07 98,01	2,85	0,05	0,007

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA	Voltaje A pu V	ang	Voltaje B pu V	ang	Voltaje C pu V	ang	Corriente A [A] I	ang	Corriente B [A] I	ang	Corriente C [A] I	ang	% Carga	Desbalance	Perdidas kW
51	52	2,2	0,0	0,99	-0,4	0,991	239,59	0,991	119,58	7,14	-21,97	7,13	218,02	7,13	98,01	2,24	0,05	0,004
52	53	40,4	100,0	0,99	-0,4	0,991	239,59	0,991	119,58	7,14	-21,97	7,13	218,02	7,13	98,01	2,24	0,05	0,004
53	54	64,0	75,0	0,99	-0,4	0,991	239,59	0,991	119,57	4,54	-21,97	4,54	218,02	4,54	98,01	1,42	0,05	0,002
54	55	31,9	0,0	0,99	-0,41	0,991	239,59	0,991	119,57	2,60	-21,97	2,59	218,02	2,59	98,01	0,81	0,05	0,001
55	56	39,5	100,0	0,99	-0,41	0,991	239,59	0,991	119,57	2,60	-21,97	2,59	218,02	2,59	98,01	1,53	0,05	0,001
56	57	3,1	0,0	0,99	-0,41	0,991	239,59	0,991	119,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,000
48	58	14,6	0,0	0,989	-0,41	0,991	239,58	0,991	119,56	202,43	-15,36	202,78	224,64	200,34	104,68	47,71	0,06	25,976
58	59	60,5	0,0	0,988	-0,47	0,99	239,52	0,99	119,5	202,20	-15,30	202,57	224,70	200,16	104,74	47,66	0,06	25,597
59	60	48,6	75,0	0,988	-0,47	0,99	239,52	0,99	119,5	1,95	-22,04	1,95	217,96	1,95	97,94	0,85	0,06	0,000
60	61	2,3	0,0	0,988	-0,47	0,99	239,52	0,99	119,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,000
59	62	31,4	0,0	0,988	-0,47	0,99	239,52	0,99	119,5	3,90	-22,04	3,89	217,96	3,89	97,94	1,70	0,06	0,001
62	63	9,5	150,0	0,988	-0,47	0,99	239,52	0,99	119,5	3,90	-22,04	3,89	217,96	3,89	97,94	1,95	0,06	0,000
59	64	106,8	75,0	0,986	-0,57	0,988	239,42	0,989	119,4	196,01	-15,00	196,44	225,00	194,07	105,05	46,22	0,08	24,022
64	65	38,9	0,0	0,983	-0,59	0,985	239,41	0,986	119,39	193,47	-14,91	193,93	225,08	191,59	105,14	45,63	0,09	21,372
65	66	23,5	100,0	0,983	-0,59	0,985	239,41	0,986	119,39	2,61	-22,15	2,61	217,85	2,61	97,82	0,61	0,09	0,001
66	67	2,1	0,0	0,983	-0,59	0,985	239,41	0,986	119,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,000
65	68	58,6	0,0	0,982	-0,58	0,984	239,41	0,985	119,39	53,17	-22,16	53,07	217,83	53,02	97,81	12,51	0,09	1,130
68	69	16,3	0,0	0,982	-0,58	0,983	239,41	0,984	119,39	45,05	-22,16	44,97	217,83	44,92	97,80	14,12	0,09	0,482
69	70	30,8	112,0	0,981	-0,58	0,983	239,41	0,984	119,39	45,03	-22,16	44,95	217,83	44,90	97,80	14,12	0,09	0,330
70	71	2,9	112,0	0,981	-0,58	0,983	239,41	0,984	119,39	42,10	-22,16	42,02	217,83	41,98	97,80	13,20	0,09	0,147
71	72	28,5	50,0	0,981	-0,59	0,983	239,41	0,984	119,38	39,16	-22,16	39,09	217,83	39,05	97,81	12,28	0,09	0,144
72	73	2,8	0,0	0,981	-0,59	0,983	239,41	0,984	119,38	37,85	-22,16	37,78	217,83	37,74	97,81	11,86	0,09	0,080
73	74	41,2	375,0	0,981	-0,59	0,983	239,41	0,984	119,38	9,82	-22,15	9,80	217,84	9,79	97,82	4,91	0,09	0,006
73	75	60,8	0,0	0,981	-0,59	0,983	239,4	0,984	119,38	28,03	-22,16	27,98	217,64	27,95	97,81	8,79	0,09	0,071
75	76	23,3	500,0	0,981	-0,59	0,983	239,4	0,984	119,38	15,71	-22,16	15,68	217,84	15,67	97,81	7,86	0,09	0,009
76	77	92,9	100,0	0,981	-0,59	0,983	239,4	0,984	119,37	2,62	-22,16	2,61	217,84	2,61	97,81	1,31	0,09	0,000
75	78	27,9	0,0	0,981	-0,59	0,983	239,4	0,984	119,38	12,31	-22,16	12,29	217,84	12,28	97,81	3,86	0,09	0,031
78	79	19,8	100,0	0,981	-0,59	0,983	239,4	0,984	119,37	11,00	-22,16	10,98	217,84	10,97	97,81	5,50	0,09	0,014
79	80	100,7	45,0	0,981	-0,59	0,982	239,4	0,983	119,37	8,38	-22,16	8,37	217,84	8,36	97,81	4,19	0,09	0,013
80	81	26,7	150,0	0,981	-0,6	0,982	239,4	0,983	119,37	7,20	-22,16	7,19	217,84	7,18	97,81	3,60	0,09	0,002
81	82	11,6	125,0	0,981	-0,6	0,982	239,4	0,983	119,37	3,27	-22,16	3,27	217,84	3,27	97,81	1,64	0,09	0,000
78	83	10,8	50,0	0,981	-0,59	0,983	239,4	0,984	119,38	1,31	-22,16	1,31	217,84	1,31	97,81	0,41	0,09	0,000
83	84	2,3	0,0	0,981	-0,59	0,983	239,4	0,984	119,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,000
68	85	28,5	0,0	0,982	-0,58	0,984	239,41	0,985	119,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,000
68	86	39,1	0,0	0,982	-0,59	0,984	239,41	0,985	119,39	8,11	-22,15	8,10	217,85	8,09	97,82	1,91	0,09	0,004
86	87	19,7	310,0	0,982	-0,59	0,984	239,41	0,985	119,39	8,11	-22,15	8,09	217,85	8,09	97,82	4,05	0,09	0,002
85	88	19,0	15,0	0,983	-0,6	0,985	239,4	0,986	119,37	138,21	-11,98	138,77	228,00	136,52	108,13	32,65	0,09	14,417
88	89	55,1	0,0	0,98	-0,62	0,982	239,37	0,983	119,35	137,41	-11,93	137,98	228,05	135,75	108,19	32,47	0,10	14,182
89	90	31,2	0,0	0,978	-0,64	0,98	239,36	0,981	119,33	136,01	-11,83	136,59	228,15	134,38	108,29	32,14	0,10	10,025
90	91	68,5	0,0	0,975	-0,67	0,977	239,33	0,978	119,3	135,49	-11,80	136,10	228,18	133,91	108,32	32,02	0,11	7,715
91	92	28,5	30,0	0,975	-0,67	0,977	239,33	0,978	119,3	0,79	-22,23	0,79	217,77	0,79	97,74	0,25	0,11	0,000
92	93	2,4	0,0	0,975	-0,67	0,977	239,33	0,978	119,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,000
91	94	14,6	0,0	0,974	-0,67	0,976	239,33	0,978	119,3	83,80	-22,41	83,58	217,59	83,44	97,54	26,27	0,11	2,103
94	95	38,2	45,0	0,974	-0,68	0,976	239,32	0,977	119,28	83,77	-22,40	83,55	217,60	83,42	97,55	26,26	0,12	1,804
95	96	22,1	0,0	0,974	-0,68	0,976	239,32	0,977	119,28	82,56	-22,40	82,34	217,61	82,21	97,55	25,88	0,12	1,631
96	97	30,0	30,0	0,973	-0,69	0,976	239,31	0,977	119,27	65,38	-22,43	65,20	217,58	65,10	97,52	15,38	0,12	1,385
97	98	45,0	0,0	0,973	-0,7	0,975	239,3	0,977	119,26	64,57	-22,42	64,40	217,59	64,29	97,53	15,19	0,12	1,252
98	99	62,7	300,0	0,973	-0,72	0,975	239,28	0,976	119,24	64,54	-22,40	64,37	217,60	64,27	97,55	32,27	0,12	1,131
99	100	227,9	300,0	0,971	-0,77	0,974	239,23	0,975	119,19	53,59	-22,37	53,46	217,63	53,37	97,58	26,80	0,14	0,962
100	101	164,6	125,0	0,971	-0,78	0,973	239,22	0,974	119,17	45,62	-22,36	45,50	217,64	45,43	97,59	22,81	0,14	0,539
101	102	18,8	225,0	0,97	-0,79	0,973	239,22	0,974	119,17	39,00	-22,37	38,90	217,64	38,84	97,59	19,50	0,14	0,185

NDE	NDR	Longitud m	Carga kVA		Voltaje A pu		Voltaje B pu		Voltaje C pu		Corriente A [A]		Corriente B [A]		Corriente C [A]		% Carga	Desbalance	Perdidas kW
			V	ang	V	ang	V	ang	I	ang	I	ang	I	ang	I	ang			
102	103	99,3	112,0	0,97	-0,79	0,972	239,21	0,974	119,16	33,03	-22,36	32,95	217,64	32,90	97,59	16,51	0,14	0,156	
103	104	52,9	630,0	0,97	-0,79	0,972	239,21	0,974	119,16	16,68	-22,36	16,64	217,64	16,62	97,60	8,34	0,14	0,022	
103	105	117,0	345,0	0,97	-0,8	0,972	239,21	0,974	119,16	13,37	-22,36	13,34	217,64	13,32	97,59	6,69	0,14	0,022	
105	106	62,2	100,0	0,97	-0,8	0,972	239,2	0,974	119,16	2,65	-22,36	2,64	217,64	2,64	97,59	1,32	0,14	0,001	
105	107	93,7	60,0	0,97	-0,8	0,972	239,2	0,974	119,16	1,59	-22,36	1,59	217,64	1,58	97,59	0,79	0,14	0,000	
101	108	93,3	125,0	0,971	-0,78	0,973	239,22	0,974	119,17	3,31	-22,35	3,30	217,65	3,30	97,61	1,65	0,14	0,001	
99	109	49,7	112,0	0,973	-0,72	0,975	239,28	0,976	119,24	2,96	-22,28	2,95	217,72	2,95	97,68	1,48	0,12	0,000	
98	110	11,5	0,0	0,973	-0,7	0,975	239,3	0,977	119,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,000	
96	111	49,3	0,0	0,973	-0,68	0,975	239,32	0,977	119,28	17,16	-22,25	17,12	217,74	17,10	97,71	5,38	0,12	0,074	
111	112	67,1	75,0	0,973	-0,69	0,975	239,31	0,977	119,28	17,16	-22,25	17,12	217,75	17,10	97,71	8,58	0,12	0,016	
112	113	24,6	400,0	0,973	-0,69	0,975	239,31	0,977	119,28	12,54	-22,25	12,51	217,75	12,49	97,71	6,27	0,12	0,003	
113	114	30,8	75,0	0,973	-0,69	0,975	239,31	0,977	119,28	1,98	-22,25	1,98	217,75	1,97	97,71	0,99	0,12	0,000	
112	115	54,4	100,0	0,973	-0,69	0,975	239,31	0,977	119,28	2,64	-22,25	2,63	217,75	2,63	97,71	1,32	0,12	0,001	
111	116	53,5	0,0	0,973	-0,68	0,975	239,32	0,977	119,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,000	
96	117	5,6	0,0	0,974	-0,68	0,976	239,32	0,977	119,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,000	
91	118	50,1	75,0	0,974	-0,68	0,976	239,32	0,978	119,29	54,58	4,81	55,34	244,46	53,51	125,47	13,02	0,11	0,577	
118	119	36,6	0,0	0,974	-0,7	0,976	239,3	0,978	119,27	52,82	5,79	53,58	245,42	51,77	126,49	12,61	0,11	0,480	
119	120	23,0	125,0	0,974	-0,7	0,976	239,3	0,978	119,27	3,30	-22,26	3,29	217,74	3,28	97,71	1,65	0,11	0,000	
121	122	15,3	50,0	0,974	-0,7	0,976	239,3	0,978	119,27	49,93	7,58	50,69	247,15	48,92	128,35	11,93	0,12	0,414	
122	123	2,5	0,0	0,974	-0,7	0,976	239,3	0,978	119,27	6,25	-22,26	7,22	217,73	5,24	97,71	5,78	0,12	0,008	
123	124	15,3	25,0	0,974	-0,7	0,976	239,3	0,978	119,27	4,93	-22,26	5,91	217,73	3,93	97,71	4,73	0,12	0,005	
124	125	36,1	112,0	0,974	-0,7	0,976	239,3	0,978	119,27	4,93	-22,26	4,92	217,73	2,94	97,71	3,94	0,12	0,004	
125	126	2,5	0,0	0,974	-0,7	0,976	239,3	0,978	119,27	1,98	-22,26	1,97	217,73	0,00	0,00	1,58	0,12	0,001	
126	127	92,1	50,0	0,974	-0,7	0,976	239,3	0,978	119,27	1,98	-22,26	1,97	217,73	0,00	0,00	1,81	0,12	0,001	
121	128	31,4	30,0	0,974	-0,71	0,976	239,29	0,978	119,26	44,61	11,58	44,54	251,73	44,49	131,80	10,50	0,12	0,384	
128	129	53,8	0,0	0,974	-0,72	0,976	239,28	0,978	119,25	43,95	12,17	43,88	252,32	43,83	132,40	10,34	0,12	0,343	
129	130	20,9	75,0	0,974	-0,72	0,976	239,28	0,978	119,25	1,98	-22,29	1,97	217,71	1,97	97,68	0,99	0,12	0,000	
129	131	34,7	0,0	0,974	-0,73	0,976	239,27	0,977	119,24	42,33	13,70	42,26	253,85	42,22	133,93	9,96	0,12	0,190	
131	132	35,8	225,0	0,974	-0,74	0,976	238,26	0,977	119,23	7,91	-22,30	7,90	217,70	7,88	97,67	3,96	0,12	0,003	
132	133	191,2	75,0	0,974	-0,74	0,976	239,26	0,977	119,23	1,98	-22,30	1,97	217,70	1,97	97,67	0,99	0,12	0,001	
131	134	45,7	0,0	0,974	-0,75	0,976	239,26	0,977	119,22	36,23	21,09	36,19	261,26	36,16	141,35	8,52	0,12	0,147	
134	135	38,9	0,0	0,974	-0,75	0,976	239,25	0,977	119,22	36,16	-22,32	38,08	217,68	36,02	97,65	8,51	0,12	0,108	
135	136	5,7	45,0	0,974	-0,75	0,976	239,25	0,977	119,22	36,16	-22,32	36,08	217,68	36,02	97,65	18,08	0,12	0,075	
136	137	39,4	800,0	0,974	-0,76	0,976	239,25	0,977	119,21	34,96	-22,32	34,89	217,69	34,83	97,65	17,48	0,12	0,064	
137	138	33,5	75,0	0,974	-0,76	0,976	239,25	0,977	119,21	3,86	-22,32	3,95	217,68	3,94	97,65	1,98	0,12	0,001	
138	139	55,8	75,0	0,973	-0,76	0,976	239,25	0,977	119,21	1,98	-22,32	1,97	217,68	1,97	97,65	0,99	0,12	0,000	
137	140	125,1	150,0	0,973	-0,76	0,976	239,24	0,977	119,21	9,90	-22,32	9,87	217,68	9,86	97,65	4,95	0,12	0,014	
140	141	36,9	225,0	0,973	-0,76	0,975	239,24	0,977	119,21	5,94	-22,32	5,92	217,68	5,92	97,65	2,97	0,12	0,001	
121	142	5,7	0,0	0,974	-0,7	0,976	239,3	0,978	119,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,000	
89	143	62,5	45,0	0,98	-0,62	0,982	239,37	0,983	119,35	1,18	-22,19	1,18	217,81	1,18	97,78	0,28	0,10	0,000	

CASO 8

NDR	NDE	Longitud m	Carga kVA	V	ang	Voltaje pu	Corriente A	ang	% Carga	Perdidas kW
1	0	188,53	0,0	0,997	-0,10	242,30	-21,73	121,15	24,706	
2	1	31,31	45,0	0,997	-0,12	242,03	-21,69	56,95	19,957	
3	2	2,53	45,0	0,997	-0,12	241,80	-21,80	56,89	18,785	
4	3	57,68	90,0	0,996	-0,16	240,55	-21,77	56,60	18,690	
5	4	23,67	0,0	0,995	-0,18	238,87	-21,82	56,21	16,556	
6	5	49,25	0,0	0,995	-0,17	29,21	-21,73	23,37	0,550	
7	6	68,08	0,0	0,994	-0,17	29,19	-21,73	23,35	0,361	
8	7	49,11	0,0	0,994	-0,17	5,76	-21,73	3,39	0,006	
9	8	8,41	75,0	0,994	-0,17	3,46	-21,73	2,77	0,001	
10	9	3,11	0,0	0,994	-0,17	1,73	-21,73	1,38	0,001	
11	10	37,43	0,0	0,994	-0,17	1,73	-21,73	0,75	0,001	
12	11	25,79	75,0	0,994	-0,17	1,73	-21,73	0,66	0,000	
13	11	3,88	0,0	0,994	-0,17	0,00	0,00	0,00	0,000	
14	8	20,48	0,0	0,994	-0,17	0,00	0,00	0,00	0,000	
15	8	44,54	100,0	0,994	-0,17	2,31	-21,73	1,84	0,001	
16	15	2,33	0,0	0,994	-0,17	0,00	0,00	0,00	0,000	
17	7	3,58	0,0	0,994	-0,17	8,07	-21,73	6,46	0,013	
18	17	28,90	0,0	0,994	-0,17	8,07	-21,73	6,46	0,012	
19	18	26,93	125,0	0,994	-0,17	2,88	-21,73	1,44	0,001	
20	18	25,81	112,5	0,994	-0,17	5,19	-21,73	4,15	0,003	
21	20	2,96	112,5	0,994	-0,17	2,59	-21,73	2,08	0,000	
22	7	86,94	0,0	0,993	-0,17	15,34	-21,73	12,27	0,129	
23	22	28,35	125,0	0,993	-0,16	4,61	-21,73	2,31	0,005	
24	23	42,21	75,0	0,993	-0,16	1,73	-21,73	0,87	0,001	
25	22	28,22	0,0	0,993	-0,16	10,73	-21,73	13,76	0,042	
26	25	20,27	0,0	0,993	-0,16	0,00	0,00	0,00	0,000	
27	26	33,70	0,0	0,993	-0,16	0,00	0,00	0,00	0,000	
28	25	61,64	100,0	0,993	-0,16	4,61	-21,73	5,92	0,006	
29	28	2,75	100,0	0,993	-0,16	2,31	-21,73	2,96	0,000	
30	25	51,94	0,0	0,993	-0,16	6,12	-21,73	7,84	0,021	
31	30	125,34	50,0	0,993	-0,16	1,15	-21,73	0,58	0,001	
32	30	51,26	0,0	0,993	-0,16	4,96	-21,72	6,36	0,011	
33	32	20,82	125,0	0,993	-0,16	4,96	-21,73	2,48	0,005	
34	33	45,98	90,0	0,993	-0,16	2,08	-21,73	1,04	0,002	
35	5	19,90	0,0	0,995	-0,17	9,72	-21,74	7,78	0,034	
36	35	68,84	0,0	0,995	-0,18	9,72	-21,74	5,72	0,026	
37	36	20,33	75,0	0,995	-0,17	9,72	-21,74	4,86	0,010	
38	37	65,37	47,0	0,995	-0,17	1,08	-21,74	0,54	0,000	
39	37	10,34	300,0	0,995	-0,17	6,91	-21,74	3,45	0,003	
40	5	57,94	0,0	0,994	-0,21	190,92	-21,83	47,04	15,109	
41	40	7,39	0,0	0,994	-0,21	6,34	-21,77	5,07	0,007	
42	41	30,90	112,5	0,994	-0,21	6,34	-21,77	5,07	0,006	
43	42	2,22	112,5	0,994	-0,21	3,75	-21,77	3,00	0,001	
44	43	2,17	0,0	0,994	-0,21	1,15	-21,77	0,92	0,000	
45	44	80,41	50,0	0,994	-0,21	1,15	-21,77	0,92	0,000	
46	45	2,16	0,0	0,994	-0,21	0,00	0,00	0,00	0,000	
47	40	34,65	100,0	0,994	-0,23	193,89	-21,88	45,62	13,622	
48	47	57,55	0,0	0,993	-0,26	19,136	-21,84	45,03	12,789	
49	48	25,76	15,0	0,993	-0,26	0,35	-21,82	0,11	0,000	
50	48	17,61	30,0	0,993	-0,26	8,77	-21,82	2,75	0,007	
51	50	31,88	75,0	0,993	-0,26	8,08	-21,82	2,53	0,006	

NDP	NDE	Longitud m	Carga kVA	Voltaje pu V	ang	I	Corriente A ang	% Carga	Perdidas kW
52	51	2,17	0,0	0,993	-0,26	6,35	-21,82	1,99	0,003
53	52	40,37	100,0	0,993	-0,26	6,35	-21,82	1,99	0,003
54	53	64,01	75,0	0,993	-0,26	4,04	-21,82	1,27	0,002
55	54	31,87	0,0	0,993	-0,26	2,31	-21,82	0,72	0,001
56	55	39,54	100,0	0,993	-0,26	2,31	-21,82	1,36	0,001
57	56	3,10	0,0	0,993	-0,26	0,00	0,00	0,00	0,000
58	48	14,56	0,0	0,993	-0,26	182,66	-21,92	42,98	11,435
59	58	60,55	0,0	0,992	-0,29	183,16	-22,01	43,10	11,124
60	59	48,63	75,0	0,992	-0,29	1,73	-21,86	0,75	0,000
61	60	2,29	0,0	0,992	-0,29	0,00	0,00	0,00	0,000
62	59	31,39	0,0	0,992	-0,29	3,47	-21,86	1,51	0,001
63	62	9,51	150,0	0,992	-0,29	3,47	-21,86	1,73	0,001
64	59	106,81	75,0	0,990	-0,34	177,70	-21,97	41,81	9,824
65	64	38,90	0,0	0,990	-0,36	175,87	-21,95	41,38	7,668
66	65	23,54	100,0	0,990	-0,36	2,32	-21,93	0,54	0,000
67	66	2,10	0,0	0,990	-0,36	0,00	0,00	0,00	0,000
68	65	58,63	0,0	0,989	-0,37	47,02	-21,94	11,06	0,353
69	68	16,26	0,0	0,989	-0,37	39,85	-21,95	12,49	0,263
70	69	30,76	112,5	0,989	-0,38	39,84	-21,94	12,49	0,237
71	70	2,92	112,5	0,989	-0,38	37,25	-21,95	11,68	0,189
72	71	28,51	50,0	0,989	-0,38	34,63	-21,95	10,86	0,185
73	72	2,82	0,0	0,989	-0,38	33,49	-21,95	10,50	0,151
74	73	41,25	375,0	0,989	-0,38	8,69	-21,94	4,34	0,019
75	73	60,76	0,0	0,989	-0,39	24,80	-21,95	7,77	0,128
76	75	23,29	500,0	0,989	-0,38	13,91	-21,95	6,85	0,032
77	76	92,88	100,0	0,988	-0,38	2,32	-21,95	1,16	0,004
78	75	27,87	0,0	0,989	-0,39	10,89	-21,95	3,42	0,050
79	78	19,83	100,0	0,989	-0,38	9,74	-21,93	4,87	0,056
80	79	100,69	45,0	0,988	-0,38	7,42	-21,94	3,71	0,042
81	80	26,68	150,0	0,988	-0,38	6,38	-21,94	3,19	0,007
82	81	11,64	125,0	0,988	-0,38	2,90	-21,94	1,45	0,001
83	78	10,75	50,0	0,989	-0,39	1,16	-21,95	0,36	0,000
84	83	2,27	0,0	0,989	-0,39	0,00	0,00	0,00	0,000
85	68	28,46	0,0	0,989	-0,37	0,00	0,00	0,00	0,000
86	68	39,05	0,0	0,989	-0,37	7,18	-21,93	1,69	0,008
87	86	19,70	310,0	0,989	-0,37	7,18	-21,94	3,59	0,006
88	65	19,05	15,0	0,989	-0,37	126,69	-21,99	29,81	6,545
89	88	55,06	0,0	0,989	-0,39	126,32	-21,98	29,72	6,350
90	89	31,22	0,0	0,988	-0,40	125,46	-22,03	29,52	5,788
91	90	68,54	0,0	0,988	-0,42	125,34	-22,00	29,49	5,469
92	91	28,54	30,0	0,988	-0,42	0,70	-21,99	0,22	0,000
93	92	2,35	0,0	0,988	-0,42	0,00	0,00	0,00	0,000
94	81	14,60	0,0	0,988	-0,42	73,35	-22,01	22,89	4,211
95	94	38,24	45,0	0,987	-0,43	73,34	-22,01	22,99	4,133
96	95	22,11	0,0	0,987	-0,44	72,30	-22,01	22,66	3,929
97	96	30,02	30,0	0,987	-0,44	57,23	-22,03	13,47	3,681
98	97	45,00	0,0	0,987	-0,45	56,69	-21,98	13,34	3,618
99	98	62,67	300,0	0,986	-0,44	57,02	-21,93	28,51	3,525
100	99	227,86	300,0	0,983	-0,41	47,38	-21,93	23,69	2,869
101	100	164,58	125,0	0,981	-0,39	40,24	-21,95	20,12	1,293
102	101	18,76	225,0	0,981	-0,39	34,46	-21,93	17,23	0,459

NDR	NDE	Voltaje pu			Corriente A			Perdidas kW	
		Longitud m	Carga kVA	V	ang	I	ang		% Carga
103	102	99,32	112,0	0,980	-0,38	28,19	-21,93	14,60	0,389
104	103	52,88	630,0	0,979	-0,38	14,74	-21,94	7,37	0,072
105	103	117,03	345,0	0,979	-0,38	11,81	-21,94	5,91	0,054
106	105	62,16	100,0	0,979	-0,38	2,34	-21,94	1,17	0,002
107	105	93,66	60,0	0,979	-0,38	1,40	-21,94	0,70	0,001
108	101	93,25	125,0	0,981	-0,39	2,92	-21,96	1,46	0,002
109	99	49,72	112,0	0,986	-0,44	2,60	-22,00	1,30	0,001
110	98	11,51	0,0	0,987	-0,45	0,00	0,00	0,00	0,000
111	96	49,31	0,0	0,987	-0,44	15,12	-21,97	4,74	0,134
112	111	67,08	75,0	0,986	-0,43	15,10	-21,99	7,55	0,123
113	112	24,63	400,0	0,986	-0,43	11,03	-21,99	5,52	0,005
114	113	30,84	75,0	0,986	-0,43	1,74	-21,99	0,87	0,001
115	112	54,41	100,0	0,986	-0,43	2,32	-21,99	1,16	0,002
116	111	53,45	0,0	0,987	-0,44	0,00	0,00	0,00	0,000
117	96	5,60	0,0	0,987	-0,44	0,00	0,00	0,00	0,000
118	91	50,06	75,0	0,988	-0,43	51,35	-22,00	12,08	0,560
119	118	36,60	0,0	0,987	-0,43	49,60	-22,00	11,67	0,474
120	119	22,97	125,0	0,987	-0,43	2,90	-22,00	1,45	0,001
121	119	13,85	0,0	0,987	-0,43	46,71	-22,01	10,99	0,414
122	121	15,84	50,0	0,987	-0,43	5,51	-22,00	4,41	0,006
123	122	2,54	0,0	0,987	-0,43	4,35	-22,00	3,48	0,004
124	123	15,28	25,0	0,987	-0,43	4,35	-22,00	3,48	0,004
125	124	36,14	112,5	0,987	-0,43	3,77	-22,00	3,02	0,003
126	125	2,52	0,0	0,987	-0,43	1,16	-22,00	0,93	0,001
127	126	92,07	50,0	0,987	-0,43	1,74	-22,00	1,60	0,001
128	121	31,41	30,0	0,987	-0,44	41,21	-22,02	9,70	0,389
129	128	53,84	0,0	0,987	-0,44	40,51	-22,02	9,53	0,354
130	129	20,93	75,0	0,987	-0,44	1,74	-22,01	0,87	0,000
131	129	34,72	0,0	0,987	-0,44	38,78	-22,02	9,12	0,296
132	131	35,76	225,0	0,987	-0,44	6,97	-22,00	3,48	0,017
133	132	191,16	75,0	0,987	-0,44	1,74	-22,00	0,87	0,004
134	131	45,69	0,0	0,987	-0,45	33,37	27,11	7,85	0,246
135	134	38,85	0,0	0,987	-0,45	31,81	-22,02	7,49	0,213
136	135	5,69	45,0	0,987	-0,45	31,84	-22,01	15,92	0,187
137	136	39,44	800,0	0,986	-0,45	30,78	-22,01	15,39	0,151
138	137	33,51	75,0	0,986	-0,45	3,48	-22,01	1,74	0,002
139	138	55,81	75,0	0,986	-0,45	1,74	-22,01	0,87	0,001
140	137	125,09	150,0	0,986	-0,45	8,71	-22,01	4,36	0,033
141	140	36,87	225,0	0,986	-0,45	5,23	-22,01	2,61	0,003
142	121	5,68	0,0	0,987	-0,43	0,00	0,00	0,00	0,000
143	89	62,46	45,0	0,989	-0,39	1,04	-21,95	0,25	0,000

NDE	NODO	FASES CONECTADAS	POTENCIA kVA	TIPO TRAFIO	P	pu	Q	pu
0	1	0	0	0	0	0,82	0,32	0
1	2	abc	45	0	3	0,82	0,32	0
2	3	abc	45	0	3	0,81	0,32	0
3	4	abc	90	0	3	0,81	0,32	0
4	5	0	0	0	0	0,8	0,32	0
5	6	0	0	0	0	0,1	0,04	0
6	7	0	0	0	0	0,1	0,04	0
7	8	0	0	0	0	0,02	0,01	0
8	9	abc	75	0	3	0,01	0	0
9	10	0	0	0	0	0,01	0	0
10	11	0	0	0	0	0,01	0	0
11	12	abc	75	0	3	0,01	0	0
11	13	0	0	0	0	0	0	0
8	14	0	0	0	0	0	0	0
8	15	abc	100	0	3	0,01	0	0
15	16	0	0	0	0	0	0	0
7	17	0	0	0	0	0,03	0,01	0
17	18	0	0	0	0	0,03	0,01	0
18	19	abc	125	0	3	0,01	0	0
18	20	abc	112	0	3	0,02	0,01	0
20	21	abc	112	0	3	0,01	0	0
7	22	0	0	0	0	0,05	0,02	0
22	23	abc	125	0	3	0,02	0,01	0
23	24	abc	75	0	3	0,01	0	0
22	25	0	0	0	0	0,04	0,01	0
25	26	0	0	0	0	0	0	0
26	27	0	0	0	0	0	0	0
25	28	abc	100	0	3	0,02	0,01	0
28	29	abc	100	0	3	0,01	0	0
25	30	0	0	0	0	0,02	0,01	0
30	31	abc	50	0	3	0	0	0
30	32	0	0	0	0	0,02	0,01	0
32	33	abc	125	0	3	0,02	0,01	0
33	34	abc	90	0	3	0,01	0	0
5	35	0	0	0	0	0,03	0,01	0
35	36	0	0	0	0	0,03	0,01	0
36	37	abc	75	0	3	0,03	0,01	0
37	38	abc	47	0	3	0	0	0
37	39	abc	300	0	3	0,02	0,01	0
5	40	0	0	0	0	0,67	0,27	0
40	41	0	0	0	0	0,02	0,01	0
41	42	abc	112	0	3	0,02	0,01	0
42	43	abc	112	0	3	0,01	0	0
43	44	0	0	0	0	0	0	0
44	45	abc	50	0	3	0	0	0
45	46	0	0	0	0	0	0	0
40	47	abc	100	0	3	0,65	0,26	0
47	48	0	0	0	0	0,64	0,25	0
48	49	bc	15	0	2	0	0	0
48	50	abc	30	0	3	0,03	0,01	0
50	51	abc	75	0	3	0,03	0,01	0

NDE	NODO	FASES CONECTADAS	POTENCIA KVA	TIPO TRAF0	P pu	Q pu
51	52	0	0	0	0,02	0,01
52	53	abc	100	0	3,02	0,01
53	54	abc	75	0	3,01	0,01
54	55	0	0	0	0,01	0
55	56	abc	100	0	3,01	0
56	57	0	0	0	0	0
48	58	0	0	0	0,61	0,24
58	59	0	0	0	0,61	0,24
59	60	abc	75	0	3,01	0
60	61	0	0	0	0	0
59	62	0	0	0	0,01	0
62	63	abc	150	0	3,01	0
59	64	abc	75	0	3,01	0,23
64	65	0	0	0	0,59	0,23
65	66	abc	100	0	3,01	0
66	67	0	0	0	0	0
65	68	0	0	0	0,16	0,06
68	69	0	0	0	0,13	0,05
69	70	abc	112	0	3,13	0,05
70	71	abc	112	0	3,12	0,05
71	72	abc	50	0	3,12	0,05
72	73	0	0	0	0,11	0,04
73	74	abc	375	0	3,03	0,01
73	75	0	0	0	0,08	0,03
75	76	abc	500	0	3,05	0,02
76	77	abc	100	0	3,01	0
75	78	0	0	0	0,04	0,01
78	79	abc	100	0	3,03	0,01
79	80	abc	45	0	3,02	0,01
80	81	abc	150	0	3,02	0,01
61	82	abc	125	0	3,01	0
78	83	abc	50	0	3,0	0
83	84	0	0	0	0	0
68	85	0	0	0	0	0
68	86	0	0	0	0,02	0,01
86	87	abc	310	0	3,02	0,01
65	88	abc	15	0	3,42	0,17
88	89	0	0	0	0,42	0,17
89	90	0	0	0	0,42	0,17
90	91	0	0	0	0,42	0,17
91	92	abc	30	0	3,0	0
92	93	0	0	0	0	0
91	94	0	0	0	0,24	0,1
94	95	abc	45	0	3,24	0,1
95	96	0	0	0	0,24	0,1
96	97	abc	30	0	3,19	0,08
97	98	0	0	0	0,19	0,07
98	99	abc	300	0	3,19	0,07
99	100	abc	300	0	3,16	0,06
100	101	abc	125	0	3,13	0,05
101	102	abc	225	0	3,11	0,05



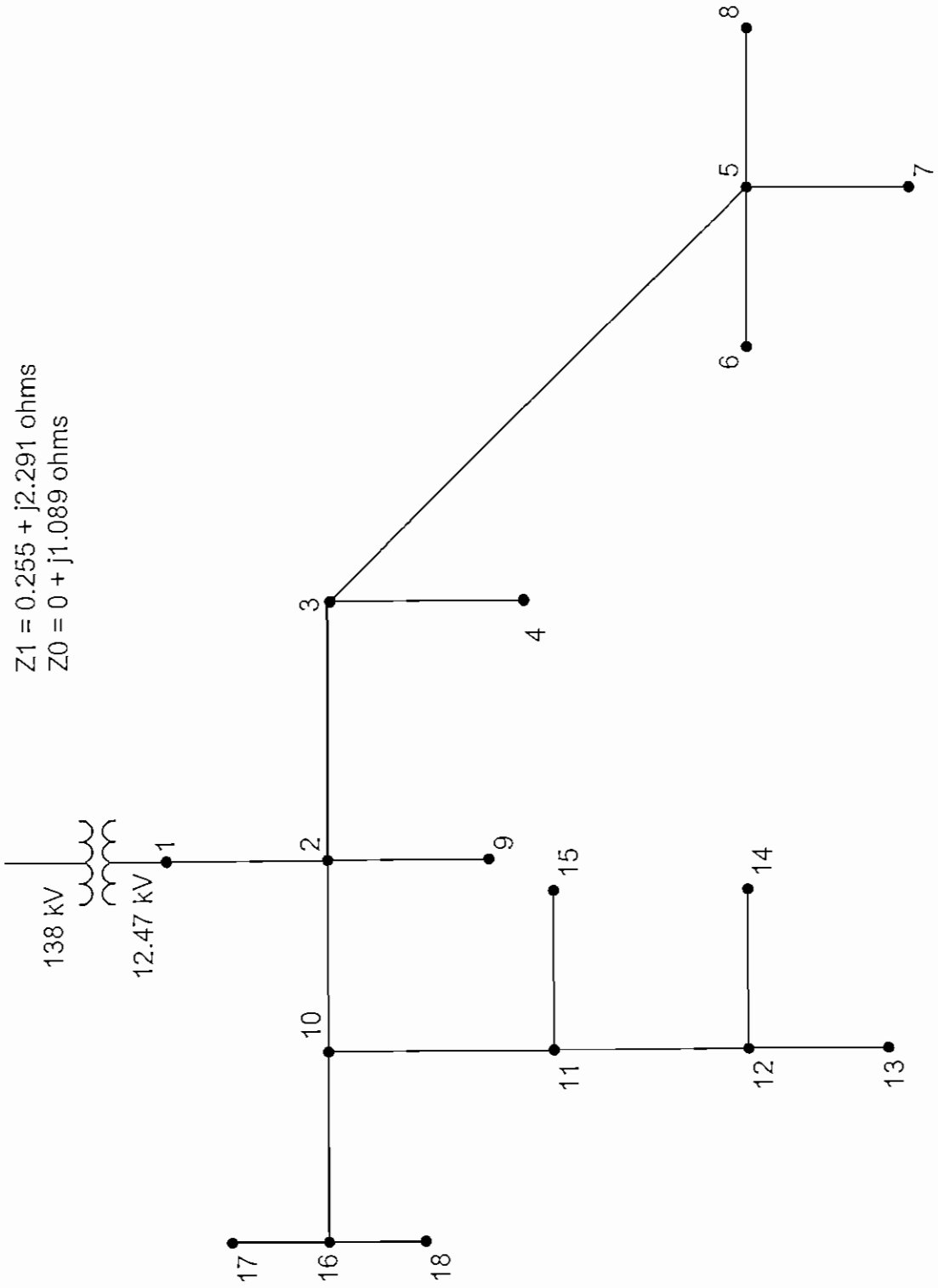
NDE	NODO	FASES CONECTADAS	POTENCIA KVA	TIPO TRAF0	P	pu	Q	pu
102	103	abc	112		3	0,1	0,04	
103	104	abc	630		3	0,05	0,02	
105	105	abc	345		3	0,04	0,02	
105	106	abc	100		3	0,01	0	
105	107	abc	60		3	0	0	
101	108	abc	125		3	0,01	0	
99	109	abc	112		3	0,01	0	
98	110	0	0		0	0	0	
96	111	0	0		0	0,05	0,02	
111	112	abc	75		3	0,05	0,02	
112	113	abc	400		3	0,04	0,01	
113	114	abc	75		3	0,01	0	
112	115	abc	100		3	0,01	0	
111	116	0	0		0	0	0	
96	117	0	0		0	0	0	
91	118	abc	75		3	0,17	0,07	
118	119	0	0		0	0,17	0,07	
119	120	abc	125		3	0,01	0	
119	121	0	0		0	0,16	0,06	
121	122	abc	50		3	0,02	0,01	
122	123	0	0		0	0,01	0,01	
123	124	bc	25		2	0,01	0,01	
124	125	abc	112		3	0,01	0	
125	126	0	0		0	0	0	
126	127	ab	50		2	0,01	0	
121	128	abc	30		3	0,14	0,05	
128	129	0	0		0	0,14	0,05	
129	130	abc	75		3	0,01	0	
129	131	0	0		0	0,13	0,05	
131	132	abc	225		3	0,02	0,01	
132	133	abc	75		3	0,01	0	
131	134	0	0		0	0,11	0,04	
134	135	0	0		0	0,11	0,04	
135	136	abc	45		3	0,11	0,04	
136	137	abc	800		3	0,1	0,04	
137	138	abc	75		3	0,01	0	
138	139	abc	75		3	0,01	0	
137	140	abc	150		3	0,03	0,01	
140	141	abc	225		3	0,02	0,01	
121	142	0	0		0	0	0	
89	143	abc	45		3	0	0	

CASO 9

Nodo	FALLA TRIFASICA			FALLA LINEA - TIERRA			FALLA LINEA - LINEA			FALLA LINEA - LINEA TIERRAF1			FALLA LINEA - LINEA TIERRAF2					
	XIR MAX	ASIMAX	SIMMIN	XIR MAX	ASIMAX	SIMMIN	XIR MAX	ASIMAX	SIMMIN	XIR MAX	ASIMAX	SIMMIN	XIR MAX	ASIMAX	SIMMIN	XIR MAX	ASIMAX	SIMMIN
2	2506	3,87	3424	344	353	353	2847	2,83	3721	344	0,11	352	2170	3,87	2965	563	0,28	571
3	2109	1,87	2457	330	338	338	1994	1,27	2143	321	0,13	329	1827	1,87	2128	520	0,28	528
4	1841	1,40	2007	320	328	328	1559	0,98	1596	306	0,14	314	1594	1,40	1738	492	0,28	499
5	977	0,69	979	273	279	279	662	0,59	662	241	0,19	247	846	0,69	848	375	0,26	381
6	754	0,57	754	251	257	257	492	0,53	492	214	0,21	219	653	0,57	653	330	0,28	335
7	0	0,00	0	0	0	0	473	0,71	475	214	0,27	217	0	0,00	0	0	0,00	0
8	678	0,72	681	246	251	251	466	0,72	468	213	0,28	218	587	0,72	589	318	0,33	320
9	0	0,00	0	0	0	0	2597	1,87	3069	338	0,12	345	0	0,00	0	0	0,00	0
10	2245	3,12	2901	340	348	348	2579	2,16	3065	338	0,12	346	1844	3,12	2512	547	0,28	554
11	2659	2,75	2584	336	344	344	2322	1,85	2694	333	0,13	341	1784	2,75	2238	534	0,28	540
12	1924	2,52	2371	332	341	341	2138	1,87	2404	328	0,13	337	1666	2,52	2063	524	0,31	529
13	1729	2,25	2084	327	335	335	1879	1,47	2060	322	0,14	330	1497	2,25	1805	507	0,33	512
14	0	0,00	0	0	0	0	2066	1,56	2274	326	0,13	334	0	0,00	0	0	0,00	0
15	0	0,00	0	0	0	0	2188	1,85	2451	329	0,13	337	0	0,00	0	0	0,00	0
16	1972	2,60	2444	334	342	342	2202	1,73	2502	330	0,13	338	1708	2,60	2117	528	0,30	533
17	0	0,00	0	0	0	0	2125	1,62	2369	328	0,13	336	0	0,00	0	0	0,00	0
18	0	0,00	0	0	0	0	2107	1,60	2338	327	0,13	335	0	0,00	0	0	0,00	0

Resultados de Caso 9 (Corto Circuitos 53F)

### Diagrama de Corto Circuitos



## RESULTADOS DEL CASO 1

Programa PRIMDIS V_1.0		EPM	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A			FECHA : 04/03/1992		HORA : 18:53:36	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA ( % )
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
LT1	AA22-000000	AA22-000305	275.070	-29.543	240.552	-149.546	231.582	90.437	51.90
LT2	AA22-000305	AA22-000457	95.481	-29.411	106.076	-149.574	105.820	90.423	20.01
L10	AA22-000305	AA12-848305	179.589	-29.613	134.476	-149.523	145.762	90.447	78.08
LT3	AA22-000457	AA22-000609	53.052	-29.416	63.734	-149.621	42.203	90.428	12.03
L5	AA22-000457	AA22-152457	42.429	-29.406	42.342	-149.503	63.617	90.420	27.66
L13	AA12-848305	AA12-848000	20.555	-29.543	20.427	-149.470	20.385	90.500	8.94
L11	AA12-848305	AA12-696305	159.035	-29.622	114.049	-149.533	125.377	90.438	69.15
L1	AA22-000609	AA22-000761	21.216	-29.422	21.151	-149.570	21.102	90.444	9.22
L2	AA22-000609	AA12-878609	31.836	-29.411	42.583	-149.647	21.101	90.412	18.51
L6	AA22-152457	AA22-304457	21.231	-29.406	21.200	-149.528	0.000	0.000	9.23
L8	AA22-152457	AA22-152335					42.473	90.407	18.47
L17	AA12-696305	AA12-696457	86.955	-29.625	42.699	-149.676	0.000	0.000	37.81
L14	AA12-696305	AA12-696153	72.079	-29.618	71.350	-149.447	125.377	90.438	54.51
L12	AA12-696305	AA12-544305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L3	AA12-878609	AA12-756609			42.583	-149.647	21.101	90.412	18.51
L7	AA22-304457	AA22-304579			21.200	-149.528			9.22
L9	AA22-152335	AA22-152213					21.255	90.398	9.24
L18	AA12-696457	AA12-544457	54.489	-29.645	42.699	-149.676	0.000	0.000	23.69
L16	AA12-696153	AA12-696062	72.079	-29.618	71.350	-149.447	71.690	90.431	31.34
L15	AA12-696153	AA12-605153					21.492	90.441	9.34
L4	AA12-756609	AA12-634609			42.583	-149.647			18.51
L19	AA12-544457	AA12-453457	54.489	-29.645	21.362	-149.695			23.69
L21	AA12-453457	AA12-453396	32.712	-29.651					14.22
L20	AA12-453457	AA12-392457			21.362	-149.695			9.29

Programa PRIMDIS V\_1.0 EPK FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN  
 Empresa : TESTS S/E : TESTS Alimentador : A FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:53:38  
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL PERFIL DE VOLTAJE

MODO		FASE A		FASE B		FASE C		VOLTAJE	desbalance
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	( kV )	( % )
AA22-000000	S500	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000
AA22-000305	R350	0.988020	-0.584202	0.989398	-120.340158	0.989866	119.556361	2.4018	0.2140
AA22-000457	R110	0.983825	-0.670501	0.986904	-120.412750	0.987896	119.441545	2.4018	0.2375
AA12-848305	R130	0.976325	-0.710829	0.983566	-120.376893	0.982850	119.523709	2.4018	0.3186
AA22-000609	R220	0.982335	-0.708139	0.985313	-120.480024	0.987494	119.402190	2.4018	0.2553
AA22-152457	F140	0.982023	-0.701475	0.984661	-120.393679	0.984541	119.394543	2.4018	0.2251
AA12-848000	R160	0.974202	-0.731505	0.981481	-120.386847	0.980973	119.502553	2.4018	0.3325
AA12-696305	R20	0.967694	-0.825480	0.978573	-120.409066	0.976770	119.501207	2.4018	0.4205
AA22-000761	R100	0.981246	-0.718829	0.984236	-120.485038	0.986525	119.391172	2.4018	0.2625
AA12-878609	R170	0.980848	-0.706696	0.983475	-120.507359	0.987082	119.394784	2.4018	0.2777
AA22-304457	R90	0.980558	-0.702626	0.983669	-120.427484	0.984969	119.408345	2.4018	0.2586
AA22-152335	R40					0.981134	119.362022	2.4018	
AA12-696457	R200	0.961821	-0.888126	0.977427	-120.497915	0.977544	119.578774	2.4018	0.5583
AA12-696153	R70	0.964938	-0.891076	0.974728	-120.352436	0.969919	119.400229	2.4018	0.3918
AA12-544305	R400	0.967694	-0.829480	0.978573	-120.409066	0.976770	119.501207	2.4018	0.4205
AA12-756609	R150			0.981176	-120.530438	0.986566	119.359476	2.4018	
AA22-304579	R30			0.981968	-120.443507			2.4018	
AA22-152213	R80					0.979429	119.345677	2.4018	
AA12-514457	R180	0.958093	-0.905448	0.975654	-120.571994	0.978385	119.619676	2.4018	0.6434
AA12-696062	R10	0.962718	-0.913482	0.972559	-120.362645	0.967944	119.377709	2.4018	0.4056
AA12-605153	R60					0.968633	119.387759	2.4018	
AA12-634609	F120			0.977759	-120.562707			2.4018	
AA12-453457	R210	0.955910	-0.932857	0.975384	-120.601974			2.4018	
AA12-453396	R50	0.954599	-0.946100					2.4018	
AA12-392457	R190			0.974527	-120.610115			2.4018	

Programa PRIMDIS V\_1.0 EPK FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN  
 FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:53:40

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 4  
 Criterio de convergencia real : 0.000010  
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P ( kW )	Q ( kVAR )	P ( kW )	Q ( kVAR )	P ( kW )	Q ( kVAR )
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	574.769	325.757	502.628	284.901	525.585	298.125
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	561.099	307.348	493.599	274.556	515.999	285.453
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		0.000		0.000		0.000
PERDIDAS TOTALES :	13.670	18.409	9.029	10.345	9.586	12.672

## RESULTADOS DEL CASO 2

Programa PRIMDIS V_1.0	EPN.	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA	SEP	TESIS DE GRADO	MARCO MEDINA SURAM				
Empresa : TESIS	S/E : TESIS	Alimentador : A		FECHA : 04/03/1992	HORA : 18:56:15				
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL	FLUJO RADIAL DE CARGA								
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA ( % )
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
L11	AA22-000000	AA22-000305	239.915	-7.162	211.525	-129.389	221.897	109.621	45.27
L12	AA22-000305	AA22-000457	94.861	-29.574	105.680	-149.669	105.436	90.321	19.94
L10	AA22-000305	AA12-848305	156.456	4.203	118.214	-111.338	127.251	125.515	68.02
L13	AA22-000457	AA22-000609	52.707	-29.578	63.496	-149.716	42.050	90.326	11.98
L5	AA22-000457	AA22-152457	42.154	-29.568	42.185	-149.599	63.385	90.318	27.56
L13	AA12-848305	AA12-848000	20.339	-29.961	20.303	-149.746	20.265	90.209	8.84
L11	AA12-848305	AA12-696305	140.549	11.101	103.080	-104.310	111.332	131.553	61.11
L1	AA22-000609	AA22-000761	21.078	-29.585	21.073	-149.665	21.026	90.342	9.16
L2	AA22-000609	AA12-878609	31.629	-29.574	42.423	-149.741	21.025	90.310	18.44
L6	AA22-152457	AA22-304457	21.092	-29.569	21.121	-149.624	0.000	0.000	9.18
L8	AA22-152457	AA22-152335					42.317	90.305	18.40
L17	AA12-696305	AA12-696457	77.518	-16.402	42.341	-150.073	0.000	0.000	33.70
L14	AA12-696305	AA12-696153	71.024	-30.291	70.739	-149.906	124.332	89.959	54.06
L12	AA12-696305	AA12-544305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L3	AA12-878609	AA12-756609			42.423	-149.741	21.025	90.310	18.44
L7	AA22-304457	AA22-304579			21.121	-149.624			9.18
L9	AA22-152335	AA22-152213					21.177	90.297	9.21
L18	AA12-696457	AA12-544457	47.134	-7.013	42.341	-150.073	0.000	0.000	20.49
L16	AA12-696153	AA12-696062	71.024	-30.291	70.739	-149.906	71.092	89.952	30.91
L15	AA12-696153	AA12-605153					21.313	89.961	9.27
L4	AA12-756609	AA12-634609			42.423	-149.741			18.44
L19	AA12-544457	AA12-453457	47.134	-7.013	21.183	-150.085			20.49
L21	AA12-453457	AA12-453396	28.796	10.184					12.52
L20	AA12-453457	AA12-392457			21.183	-150.085			9.21

Programa PRINDIS V_1.0		EPM	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS		Alimentador : A		FECHA : 04/03/1992		HORA : 18:56:18	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL		PERFIL DE VOLTAJE							
NODO		FASE A		FASE B		FASE C		VOLTAJE	desbalance
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	( kV )	( % )
AA22-000000	S500	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000
AA22-000305	P350	0.992403	-0.748574	0.993244	-120.436468	0.993427	119.453352	2.4018	0.1776
AA22-000457	P110	0.990224	-0.833490	0.990555	-120.508531	0.991466	119.339142	2.4018	0.2000
AA12-848305	P130	0.986617	-1.130182	0.989566	-120.653802	0.988658	119.232698	2.4018	0.2587
AA22-000609	P220	0.988744	-0.870479	0.988967	-120.575312	0.991067	119.299948	2.4018	0.2233
AA22-152457	P140	0.988436	-0.863944	0.988318	-120.489595	0.988124	119.292358	2.4018	0.1809
AA12-848000	P160	0.984517	-1.150219	0.987490	-120.663654	0.986794	119.211608	2.4018	0.2726
AA12-696305	P20	0.981921	-1.505850	0.986937	-120.867613	0.984833	119.020651	2.4018	0.3366
AA22-000761	P100	0.987662	-0.880969	0.987893	-120.580287	0.990102	119.288948	2.4018	0.2299
AA12-878609	P170	0.987266	-0.868953	0.987134	-120.602442	0.990657	119.292524	2.4018	0.2516
AA22-304457	P70	0.986980	-0.865014	0.987328	-120.523151	0.988551	119.305999	2.4018	0.2197
AA22-152335	P40					0.984730	119.260073	2.4018	
AA12-696457	P200	0.977220	-1.621471	0.985735	-120.929516	0.985270	119.082628	2.4018	0.4786
AA12-696153	P70	0.979216	-1.565109	0.983116	-120.811989	0.978044	118.920893	2.4018	0.2792
AA12-544305	P400	0.981921	-1.505850	0.986937	-120.867613	0.984833	119.020651	2.4018	0.3366
AA12-756609	P150			0.984844	-120.625347	0.990143	119.257477	2.4018	
AA22-304579	P30			0.985633	-120.539056			2.4018	
AA22-152213	P80					0.983032	119.243847	2.4018	
AA12-544457	P190	0.974634	-1.697405	0.983917	-120.976745	0.985771	119.108840	2.4018	0.5827
AA12-696062	P10	0.977030	-1.586551	0.980959	-120.822065	0.976089	118.898481	2.4018	0.2927
AA12-695153	P60					0.976769	118.908629	2.4018	
AA12-634669	P120			0.981440	-120.657376			2.4018	
AA12-453457	P210	0.973135	-1.759572	0.983623	-120.991964			2.4018	
AA12-453396	P50	0.972387	-1.812559					2.4018	
AA12-392457	P190			0.982773	-120.999969			2.4018	

Programa PRINDIS V\_1.0 EPM FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN  
 FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:56:19

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 4  
 Criterio de convergencia real : 0.000010  
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P ( kW )	Q ( kVAR )	P ( kW )	Q ( kVAR )	P ( kW )	Q ( kVAR )
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	571.731	71.845	501.235	82.880	524.232	96.013
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	561.099	307.348	493.599	274.556	515.999	285.453
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		-250.000		-200.000		-200.000
PERDIDAS TOTALES :	10.632	14.497	7.636	8.324	8.233	10.560

RESULTADOS DEL CASO 4

Programa PRIMDIS V_1.0		EPK	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESTS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A			FECHA : 07/03/1992		HORA : 06:59:03	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA ( % )
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
LT1	AA22-000000	AA22-000305	411.597	-17.192	361.576	-138.178	379.848	101.144	77.66
LT2	AA22-000305	AA22-000457	156.490	-30.037	174.283	-149.991	173.615	89.917	32.88
L10	AA22-000305	AA12-848305	S 261.349	-9.543	194.288	-127.597	212.264	110.308	113.63 S
LT3	AA22-000457	AA22-000609	86.958	-30.044	104.812	-150.069	69.105	89.925	19.78
L5	AA22-000457	AA22-152457	69.533	-30.028	69.471	-149.874	104.510	89.912	45.44
L13	AA12-848305	AA12-848000	33.714	-30.450	33.474	-150.004	33.430	89.890	14.66
L11	AA12-848305	AA12-696305	S 230.169	-6.547	163.839	-123.130	181.310	113.996	100.07 S
L1	AA22-000609	AA22-000761	34.769	-30.055	34.682	-149.984	34.554	89.952	15.12
L2	AA22-000609	AA12-878609	52.189	-30.036	70.130	-150.112	34.551	89.899	30.49
L6	AA22-152457	AA22-304457	34.809	-30.029	34.814	-149.915	0.000	0.000	15.14
L8	AA22-152457	AA22-152335					69.840	89.890	30.37
L17	AA12-696305	AA12-696457	134.157	-22.758	70.108	-150.472	0.000	0.000	58.33
L14	AA12-696305	AA12-696153	118.682	-30.914	117.339	-150.153	206.883	89.558	89.95
L12	AA12-696305	AA12-544305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L3	AA12-878609	AA12-756609			70.130	-150.112	34.551	89.899	30.49
L7	AA22-304457	AA22-304375			34.814	-149.915			15.14
L9	AA22-152335	AA22-152213					34.971	89.876	15.20
L18	AA12-696457	AA12-544457	81.626	-17.416	70.108	-150.472	0.000	0.000	35.49
L16	AA12-696153	AA12-696062	118.682	-30.914	117.339	-150.153	118.346	89.546	51.60
L15	AA12-696153	AA12-605153					35.462	89.562	15.42
L4	AA12-756609	AA12-634609			70.130	-150.112			30.49
L19	AA12-544457	AA12-453457	81.626	-17.416	35.088	-150.497			35.49
L21	AA12-453457	AA12-453376	47.495	-7.101					20.65
L20	AA12-453457	AA12-392457			35.088	-150.497			15.26



Programa PRINDIS V_1.0		EPM		FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP		TESIS DE GRADO		MARC MEDINA MURAK	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS		Alimentador : A		FECHA : 07/03/1992		HORA : 06:59:05			
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL		PERFIL DE VOLTAJE									
NODO	FASE	A	FASE	B	FASE	C	VOLTAJE	desbalance			
código	Descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	( kV )	( % )		
AA22-000000	S500	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000		
AA22-000305	B350	0.983134	-1.131675	0.986556	-120.658968	0.986805	119.170145	2.4018	0.3109		
AA22-000457	B110	0.979525	-1.272871	0.982125	-120.779021	0.983579	118.981460	2.4018	0.3500		
AA12-848305	B130	0.970966	-1.604571	0.979014	-120.904300	0.977455	118.927111	2.4018	0.4570		
AA22-000609	P220	0.777077	-1.334383	0.979502	-120.890598	0.982934	118.916816	2.4018	0.3854		
AA22-152457	P140	0.976573	-1.323708	0.978446	-120.747584	0.978070	118.904092	2.4018	0.3227		
AA12-848000	B160	0.967477	-1.638455	0.975598	-120.921126	0.974383	118.892421	2.4018	0.4804		
AA12-695305	P20	0.960603	-2.071550	0.973192	-121.144595	0.969652	118.697149	2.4018	0.5964		
AA22-000761	B100	0.975288	-1.351895	0.977736	-120.899064	0.981350	118.898773	2.4018	0.3972		
AA12-878609	B170	0.974635	-1.331645	0.976470	-120.936028	0.962268	118.904621	2.4018	0.4292		
AA22-304457	P90	0.974167	-1.325563	0.976814	-120.803571	0.978775	118.926932	2.4018	0.3843		
AA22-152335	P40					0.972468	118.850293	2.4018			
AA12-676457	P200	0.952917	-2.231345	0.971260	-121.266286	0.970599	118.812099	2.4018	0.8325		
AA12-676153	P70	0.956059	-2.172665	0.966874	-121.051249	0.958356	118.529893	2.4018	0.5202		
AA12-544305	B400	0.960603	-2.071550	0.973192	-121.144595	0.969652	118.697149	2.4018	0.5964		
AA12-756609	B150			0.972684	-120.974405	0.961429	118.846424	2.4018			
AA22-304579	P30			0.974020	-120.830069			2.4018			
AA22-152213	P80					0.969663	118.823160	2.4018			
AA12-544457	B180	0.944965	-2.323659	0.968302	-121.363048	0.971648	118.866206	2.4018	0.7919		
AA12-696062	B10	0.952397	-2.209685	0.963306	-121.068627	0.955102	118.492542	2.4018	0.5444		
AA12-605153	P60					0.956234	118.509068	2.4018			
AA12-634609	P120			0.967057	-121.028015			2.4018			
AA12-453457	B210	0.944026	-2.457552	0.967839	-121.396378			2.4018			
AA12-453396	P50	0.942419	-2.472453					2.4018			
AA12-392457	B190			0.966431	-121.411854			2.4018			

Programa PRINDIS V\_1.0 EPM FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARC MEDINA MURAK  
FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:59:13

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 5  
Criterio de convergencia real : 0.000010  
Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P ( kW )	Q ( kVAR )	P ( kW )	Q ( kVAR )	P ( kW )	Q ( kVAR )
POTENCIA DE EXIPACA TOTAL :	944.403	292.203	623.089	270.931	863.360	294.847
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	913.971	500.638	804.021	447.223	840.508	464.973
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		-250.000		-200.000		-200.000
PERDIDAS TOTALES :	30.432	41.565	21.068	23.709	22.852	29.874

RESULTADOS DEL CASO 5

Programa PRIMDIS V_1.0		EFM	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESTIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A			FECHA : 07/03/1992		HORA : 06:40:10	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA ( ? )
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
LT1	AA22-000000	AA22-000305	411.209	-17.184	361.443	-138.173	379.538	101.160	77.59
LT2	AA22-000305	AA22-000457	156.485	-30.036	174.283	-149.991	173.612	89.917	32.88
L10	AA22-000305	AA12-849305	S 260.974	-9.489	194.164	-127.579	211.977	110.348	113.48 S
LT3	AA22-000457	AA22-000609	86.955	-30.043	104.812	-150.089	69.104	89.925	19.78
L5	AA22-000457	AA22-152457	69.530	-30.027	69.471	-149.873	104.508	89.912	45.44
REGUL	AA12-849305	AA12-848305	260.974	-9.489	194.164	-127.579	211.977	110.348	25.07
L1	AA22-000609	AA22-000761	34.768	-30.055	34.682	-149.984	34.553	89.952	15.12
L2	AA22-000609	AA12-878609	52.187	-30.035	70.130	-150.112	34.551	89.899	30.49
L6	AA22-152457	AA22-304457	34.808	-30.028	34.814	-149.915	0.000	0.000	15.14
L8	AA22-152457	AA22-152335					69.839	89.890	30.36
L13	AA12-848305	AA12-848000	31.720	-30.443	31.874	-130.002	31.454	89.893	13.86
L11	AA12-849305	AA12-696305	216.317	-6.483	155.929	-123.107	170.393	114.047	94.05
L3	AA12-878609	AA12-756609			70.130	-150.112	34.551	89.899	30.49
L7	AA22-304457	AA22-304579			34.814	-149.915			15.14
L9	AA22-152335	AA22-152213					34.970	89.876	15.20
L17	AA12-696305	AA12-696457	126.052	-22.707	66.733	-150.448	0.000	0.000	54.81
L14	AA12-696305	AA12-696153	111.557	-30.869	111.664	-150.149	194.415	89.584	84.53
L12	AA12-696305	AA12-544305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L4	AA12-756609	AA12-634609			70.130	-150.112			30.47
L18	AA12-696457	AA12-544457	76.678	-17.358	66.733	-150.448	0.000	0.000	33.34
L16	AA12-696153	AA12-596062	111.557	-30.869	111.664	-150.149	111.206	89.572	48.55
L15	AA12-696153	AA12-605153					33.325	89.588	14.47
L19	AA12-544457	AA12-453457	76.678	-17.358	33.397	-150.472			33.34
L21	AA12-453457	AA12-453396	44.614	-7.040					19.40
L20	AA12-453457	AA12-392457			33.397	-150.472			14.52

REPORTE DE REGULADORES

Nombre del regulador	Barra de Envío	Barra de Recepción	Barra de Regulación	opción	RLBC	XLBC	lap A	lap B	lap C
					(volt)	(volt)	(%)	(%)	(%)
REGUL	AA12-849305	AA12-846305	AA12-696153	1	0.736	0.557	6.25	5.00	6.25

Programa PRKDIS V\_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN  
 Empresa : TESIS S/E : TESIS Alimentador : A FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:40:12  
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL PERFIL DE VOLTAJE

NODO	FASE A	FASE B		FASE C		VOLTAJE (KV)	desbalance ( % )		
		MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)			MOD.(pu)	ANG.(°)
AA22-000000	S500	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000
AA22-000305	B350	0.983162	-1.130717	0.986555	-120.658851	0.986824	119.170290	2.4018	0.3105
AA22-000457	B110	0.979554	-1.271900	0.982123	-120.778905	0.983598	118.981609	2.4018	0.3496
AA12-849305	PRG6130	0.971099	-1.600296	0.979065	-120.902561	0.977553	118.928695	2.4018	0.4555
AA22-000609	B220	0.977105	-1.333406	0.979500	-120.890482	0.982953	118.916967	2.4018	0.3850
AA22-152457	B140	0.976601	-1.322733	0.978445	-120.747469	0.978089	118.904244	2.4018	0.3223
AA12-848305	B130	S 1.031792	-1.600296	1.028018	-120.902561	S 1.038650	118.928695	2.4018	0.6675
AA22-000761	B100	0.975317	-1.350916	0.977735	-120.898948	0.981369	118.898923	2.4018	0.3969
AA12-878609	B170	0.974663	-1.330666	0.976469	-120.935911	0.982287	118.904771	2.4018	0.4289
AA22-304457	B90	0.974196	-1.324587	0.976812	-120.803455	0.978794	118.927081	2.4018	0.3839
AA22-152335	B10					0.972487	118.850448	2.4018	
AA12-848000	B160	1.028362	-1.631247	1.024590	-120.919253	S 1.035597	118.895697	2.4018	0.6857
AA12-896305	B20	1.021427	-2.037422	1.022170	-121.133761	S 1.030910	118.712560	2.4018	0.7664
AA12-756609	B150			0.972683	-120.974290	0.981448	118.846576	2.4018	
AA22-304579	B30			0.974019	-120.829953			2.4018	
AA22-152213	B80					0.969682	118.823316	2.4018	
AA12-896457	B200	1.012854	-2.186434	1.020204	-121.248989	S 1.031874	118.820079	2.4018	0.9762
AA12-896153	B70	1.016885	-2.130753	1.015838	-121.047616	1.019663	118.534785	2.4018	0.6645
AA12-944305	B400	1.021427	-2.037422	1.022170	-121.133761	S 1.030910	118.712560	2.4018	0.7664
AA12-834609	B120			0.967055	-121.027900			2.4018	
AA12-944457	B180	1.009810	-2.271977	1.017226	-121.340807	S 1.032941	118.870455	2.4018	1.1402
AA12-896062	B10	1.013225	-2.164503	1.012259	-121.064873	1.016434	118.519325	2.4018	0.6844
AA12-605153	B60					1.017545	118.535243	2.4018	
AA12-453457	B210	1.004876	-2.350354	1.016751	-121.374258			2.4018	
AA12-453396	B50	1.003272	-2.411205					2.4018	
AA12-392457	B190			1.015345	-121.387079			2.4018	

Programa PRKDIS V\_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN  
 FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:40:14  
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 4  
 Criterio de convergencia real : 0.000010  
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P ( KW )	Q ( KVAR )	P ( KW )	Q ( KVAR )	P ( KW )	Q ( KVAR )
POTENCIA DE EXTRATA TOTAL :	943.853	291.468	824.812	270.749	862.735	294.376
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	913.971	500.638	804.021	447.223	840.508	464.973
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		-250.000		-200.000		-200.000
PERDIDAS TOTALES :	29.882	40.831	20.791	23.526	22.227	29.403

OVERCURRENT PROTECTION – System Faults

NODE		3 φ	LL	LG	LLG	LLG
1	SYM	3123.	2705.	3793.	3526.	3720.
		3123.	2705.	3793.	3526.	3720.
	ASYM	4907.	4249.	6095.	3797.	3809.
2	SYM	2506.	2170.	2947.	3068.	2497.
		2506.	2170.	2947.	3068.	2497.
	ASYM	3424.	2965.	3749.	3889.	2498.
3	SYM	2013.	1743.	2013.	2141.	1870.
		335.	533.	332.	1822.	1665.
	ASYM	2553.	2211.	2420.	3272.	1888.
4	SYM	1749.	1514.	1624.	1772.	1608.
		329.	512.	323.	1589.	1440.
	ASYM	2145.	1857.	1911.	2998.	1629.
5	SYM	987.	855.	768.	914.	907.
		294.	414.	277.	913.	799.
	ASYM	1119.	969.	867.	1344.	919.
6	SYM	784.	679.	586.	714.	723.
		276.	372.	254.	730.	633.
	ASYM	875.	758.	658.	999.	731.
7	SYM	0.	0.	522.	0.	0.
		0.	0.	240.	0.	0.
	ASYM	0.	0.	572.	0.	0.
8	SYM	0.	0.	514.	0.	0.
		0.	0.	238.	0.	0.
	ASYM	0.	0.	562.	0.	0.
9	SYM	0.	0.	2597.	0.	0.
		0.	0.	2597.	0.	0.
	ASYM	0.	0.	3032.	0.	0.

NODE		3 φ	LL	LG	LLG	LLG
10	SYM	2244.	1944.	2579.	2756.	2083.
		2244.	1944.	2579.	2756.	2083.
	ASYM	2923.	2532.	3078.	3836.	2085.
11	SYM	2059.	1783.	2322.	2518.	1831.
		2059.	1783.	2322.	2518.	1831.
	ASYM	2602.	2254.	2673.	3772.	1833.
12	SYM	1924.	1666.	2138.	2340.	1655.
		1924.	1666.	2138.	2340.	1655.
	ASYM	2382.	2063.	2407.	3702.	1668.
13	SYM	1729.	1497.	1879.	2082.	1448.
		1729.	1497.	1879.	2082.	1448.
	ASYM	2084.	1805.	2058.	3526.	1451.
14	SYM	0.	0.	2056.	0.	0.
		0.	0.	2056.	0.	0.
	ASYM	0.	0.	2281.	0.	0.
15	SYM	0.	0.	2188.	0.	0.
		0.	0.	2188.	0.	0.
	ASYM	0.	0.	2456.	0.	0.
16	SYM	1972.	1707.	2202.	2403.	1721.
		1972.	1707.	2202.	2403.	1721.
	ASYM	2459.	2129.	2498.	3718.	1724.
17	SYM	0.	0.	2125.	0.	0.
		0.	0.	2125.	0.	0.
	ASYM	0.	0.	2377.	0.	0.
18	SYM	0.	0.	2107.	0.	0.
		0.	0.	2107.	0.	0.
	ASYM	0.	0.	2349.	0.	0.

re 27 - Fault Current Program Results for the Sample Circuit.