



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**  
**AUTOMATIZACION DE EMPRESAS ELECTRICAS**

APLICACION DEL PROGRAMA CABLECAD AM/FM A LA  
DETERMINACION DE CAIDA DE VOLTAJE Y PERDIDAS DE  
ENERGIA Y POTENCIA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE  
LA CIUDADELA KENNEDY NORTE

**INFORME FINAL**

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**ESPECIALIZACION: POTENCIA**

PRESENTADA POR:

*Juan Javier Gusqui Arriaga*  
*Jorge David Murillo Pozo*



**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**1 9 9 9**

## AGRADECIMIENTO

### A MIS PADRES

Gracias por el apoyo que siempre me brindaron, ya que sin ustedes no hubiese podido llegar hasta estas instancias.

### A MI HIJA

El mejor regalo que me puede haber dado DIOS, el motivo de mi inspiración y de mi constancia, la personita por la que nunca me cansaré de luchar.

### A MI ESPOSA

La persona que nunca dejó de brindarme su apoyo y su aliento sincero en todo momento.

JAVIER GUSQUI ARRIAGA

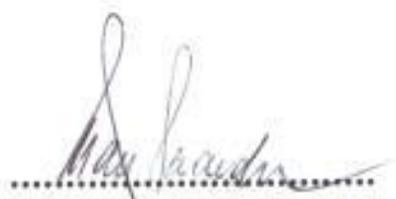
Agradezco a mis padres que siempre me han estado apoyando  
Para seguir adelante y así poder culminar mi carrera, además a  
mi esposa e hija que han estado conmigo estos dos últimos años

JORGE MURILLO

# TRIBUNAL



.....  
Ing. Carlos Monsalve  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



.....  
Ing. Juan Saavedra  
PROFESOR SUPERVISOR



.....  
Ing. Jorge Chiriboga  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....  
Ing. Gustavo Bermudez. F  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad por los hechos, ideas  
Expuestas en este informe tecnico corres-  
ponden exclusivamente al Autor.

El patrimonio intelectual del presente  
Informe Tecnico pertenece a la ESCUELA  
SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

(Reglamento de Graduacion de la ESCUELA  
SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL)

JAVIER GUSQUI ARRIAGA

JORGE MURILLO POZO

## RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo determinar las pérdidas de energía y la caída de voltaje en un tramo de la alimentadora KENNEDY NORTE, utilizando una importante herramienta como es el programa CABLECAD, el cual proporciona valiosa información necesaria para la determinación de los objetivos planteados. Cabe mencionar que este programa tiene capacidad para trabajar solo hasta redes secundarias por lo que para determinar las pérdidas de energía y la caída de voltaje a nivel primario se recurrió a métodos tradicionales tales como el método de la Constante K, el método del Voltio Amperio Ohmio y el método de Porcentaje de Impedancia. Además se analiza parámetros de diferente índole que influyen en el incremento de las pérdidas de energía, las cuales comúnmente ocurren en todo sistema eléctrico.

# INDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
--------------	---

INDICE GENERAL.....	II
---------------------	----

## CAPITULO I

PROLOGO.....	V
--------------	---

INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN DE EMPRESAS ELÉCTRICAS.....	1
--------------------------------------------------------------	---

1.1	Introducción.....	1
1.2	Aplicación a la Ingeniería de la Distribución Eléctrica del programa CABLECAD.....	2
1.3	Sistema de Distribución de la Empresa Eléctrica del Ecuador (EMELEC).....	6
1.4	Hardware y Software de CABLECAD.....	11

## CAPITULO II

EL PROGRAMA CABLECAD APLICADO A LA DETERMINACIÓN DE .....15	CAÍDA DE VOLTAJE Y PÉRDIDAS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
-------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

2.1	Análisis Teórico de la Ingeniería del Sistema de Distribución de Cablecad.....	15
2.2	Caída de Voltaje.....	17
2.3	TLM.....	20
2.4	Análisis Teórico de la Caída de Voltaje y Pérdidas de Energía y Potencia .....22	en el Sistema de Distribución de la cdla. Kennedy Norte

## CAPITULO III

APLICACIÓN DEL PROGRAMA A UNA ALIMENTADORA EJEMPLO.....	40
3.1 Ingreso de la Información.....	40
3.2 Estado del Sistema.....	41
3.3 Clasificación de las Pérdidas.....	42
3.4 Características del Sistema de Distribución.....	43
3.5 Resultados del Sistema de Distribución.....	48

## CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
-------------------------------------	----

## ANEXOS

Anexo 1: Metodología Recomendada..... para el Control de Pérdidas	78
Anexo 2: Metodología Recomendada..... para la Disminución de Pérdidas	79
Anexo 3: Conversión de un archivo..... en Autocad a un archivo Cablecad	81
Anexo 4: Tabla de caída de voltaje ..... en transformadores	83
Anexo 5: Tabla de conductores..... de cobre	86

aluminio reforzados con acero(ACSR)

Anexo 7: Calculo de la caída de.....88  
voltaje en circuitos

BIBLIOGRAFIA .....91

## PROLOGO

Este proyecto tiene como objetivo principal el realizar un análisis completo de la aplicación del programa CABLECAD a un SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN; para realizar este estudio nos hemos valido del plano cartográfico de la ciudadela KENNEDY NORTE el cual fue digitalizado por la EMPRESA ELECTRICA DEL ECUADOR INC. a través del programa AUTOCAD. Por medio de CABLECAD se ha ingresado todos los componentes de una red de alta y baja tensión que podemos encontrar en una ciudadela de estas características; tales como, subestación, líneas primarias, líneas secundarias, transformadores de distribución, acometidas eléctricas, abonados, etc.

Luego de haber ingresado completamente el sistema de distribución se puede obtener datos de ingeniería los cuales obtenerlos a través de procedimientos manuales seria muy honeroso, pero aplicando programas como VOLTAGE DROP y TLM es posible obtener resultados tales como caída de voltaje en circuitos secundarios, determinar las condiciones de carga en las que se encuentra un transformador; en forma rápida y sencilla.

En el capítulo I se realiza un análisis de las opciones que permiten analizar con detalle los SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN; luego se presenta una descripción de la EMPRESA ELECTRICA DEL ECUADOR INC. (EMELEC), detallando aspectos; históricos técnicos y operacionales lo cual nos permite tener una visión global de la misma.

En la segunda parte se realiza un estudio de los programas CAIDA DE VOLTAJE y TLM que CABLECAD utiliza para el análisis de ingeniería de un SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN. Se determinara la caída de voltaje y pérdidas que se dan en una red primaria utilizando el método del VOLTIO-AMPERIO-OHMIO.

En el capítulo III se aplica el programa a una sección de la alimentadora de la ciudadela Kennedy Norte; explicando la manera en que se obtuvo la información y los pasos seguidos para ingresar dicha información ingresando primeramente el plano cartográfico

digitalizado, luego indicando el procesamiento de la información, para finalmente presentar los resultados obtenidos por el programa CABLECAD.

En el capítulo IV en lo que respecta a las conclusiones se hace referencia de los aspectos más importantes que ha tenido el presente tópico. En las recomendaciones se proponen actividades que esperamos sean tomadas en cuenta para el desarrollo de futuros cursos de graduación.

## CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN DE EMPRESAS ELÉCTRICAS

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En esta época de modernización donde las empresas eléctricas buscan que sus procesos sean ágiles y eficientes y más aun tener el control total de sus redes eléctricas, los programas de Automatización de mapas y Gerencia de redes se convierten en una importante herramienta para lograr este objetivo ya que a través de los mismos se puede obtener una información completa e inmediata de los elementos eléctricos que constituyen un sistema de distribución.

El programa CABLECAD que es producto del estudio de la empresa canadiense ENGHOUSE (1992) utiliza y define una base de datos compuesta de dos partes, una parte contiene información gráfica y la otra contiene los datos asociados con el gráfico correspondiente. Esto permite una interrelación entre ambos sistemas (gráfico y base de datos) lo cual hace que el dibujo sea inteligente, permitiendo realizar una serie de funciones en el análisis y comercialización del Sistema de Distribución

Para una mayor flexibilidad el programa utiliza su propio macrolenguaje de instrucciones usado para codificar comandos de usuarios definidos (UDC's).

CABLECAD es un sistema (AM/FM) donde AM significa MAPEO AUTOMATICO, es decir el programa presenta planos continuos e ilimitados (un solo plano). FM que significa GERENCIA DE REDES permite simular un sistema de distribución eléctrico, lo que facilita realizar las operaciones y maniobras que sean necesarias en cualquier punto de la red.

---

## 1.2 APLICACIÓN A LA INGENIERÍA DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DEL PROGRAMA CABLECAD

### ☛ MENÚ ENGEN

Este es un conjunto de herramientas que permiten crear, analizar y obtener reportes de resultados de las operaciones aplicadas a un sistema eléctrico. Es una base de datos compuesta de registros gráficos y no gráficos. ENGEN permite ingresar información en cualquier plano cartográfico que haya sido digitalizado. Es posible ubicar en este los componentes de una red eléctrica tales como subestación, líneas primarias, líneas secundarias, acometidas eléctricas, transformadores, etc. Al iniciar la opción ENGEN se visualizará un menú en el lado izquierdo de la pantalla presentando estas opciones: ELECTRIC, LAND FEATURES y MAP ACCESS. Al seleccionar uno de estos comandos se ingresa a una serie de sub-menús del sistema, dentro de los cuales se puede escoger distintos tipos de menús.

### ☐ MENÚ ELECTRIC

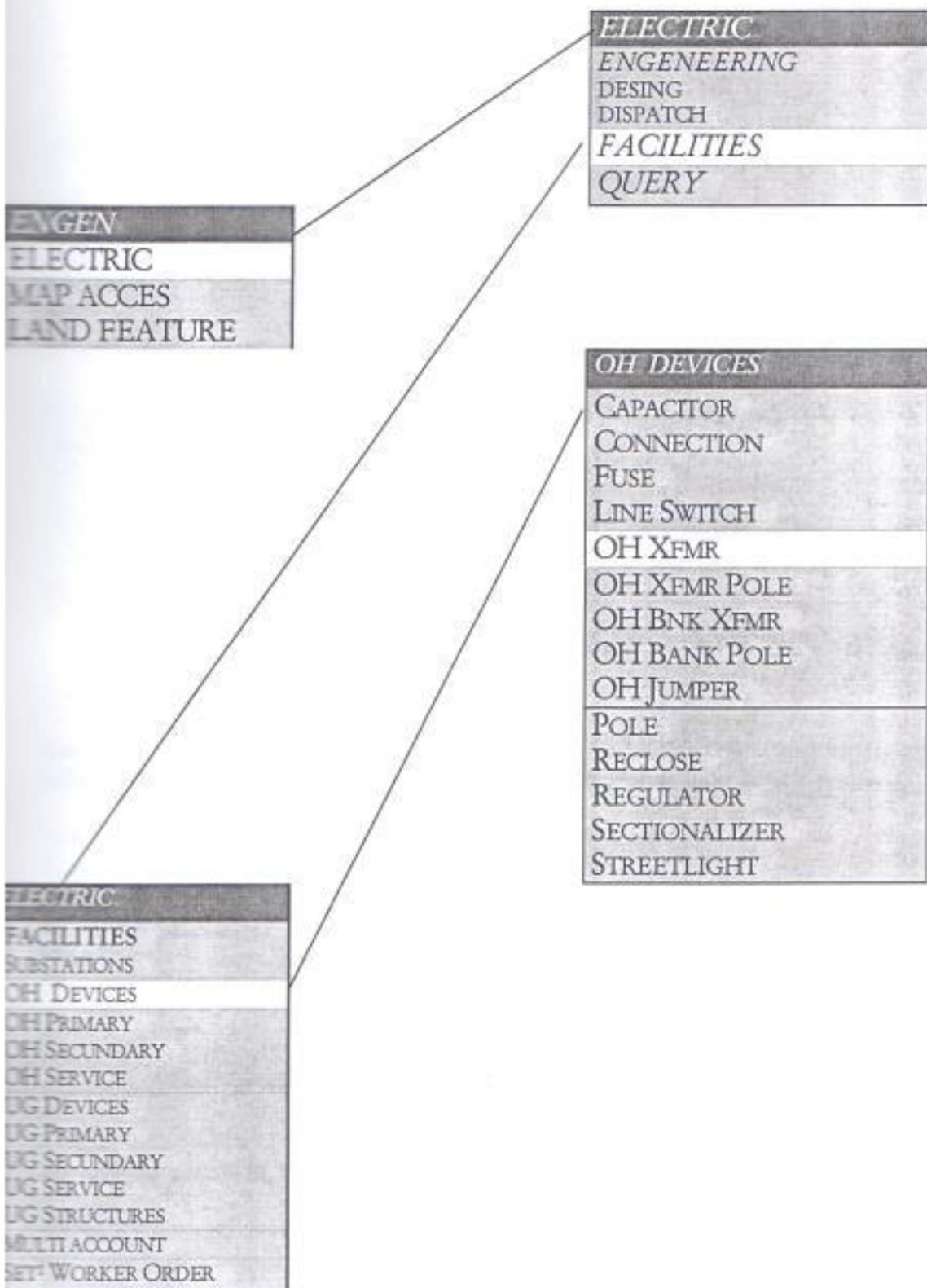
Este menú permite crear, dibujar, editar, y realizar informes eléctricos. Una vez que se ha ingresado a este menú se tiene la posibilidad de escoger cualquiera de las siguientes opciones: ENGINEERING, DESIGN, DISPATCH, FACILITIES y QUERY. La opción DISPATCH permite realizar operaciones de switcheo en sistemas con redes eléctricas muy extensas.

- ELECTRIC FACILITIES

Nos muestra una lista de comandos que son necesarios para el trazado de primarias y secundarias ya sean estas aéreas o subterráneas; además nos permiten colocar la acometida eléctrica del abonado así como toda la información pertinente a este.

- ELECTRIC ENGINEERING

Esta opción presenta las opciones prácticas de CABLECAD, las cuales permiten revisar el diseño de la red; así como realizar diversos cálculos tales como la caída de voltaje en circuitos secundarios, además hace posible determinar las condiciones de carga de un transformador. A continuación se hará una breve descripción de cada una de las opciones que el comando ENGINEERING nos ofrece.



- FIGURA 1.1 DESCRIPCION DEL MENU ENGEN Y SUS OPCIONES

## ❑ AC VOLTAGE DIP

Calcula y muestra el porcentaje de la caída de voltaje en nuestra red eléctrica en el instante en que algún abonado pone en funcionamiento un aire acondicionado o un motor.

## ❑ CIRCUIT TRACE

Muestra un menú en el cual se encuentran opciones para realizar los trazados de la red y son los sgtes.:

- TRACE EXTENTS

Permite resaltar un circuito primario existente.

- TRACE UPSTREAM

Esta opción se la realiza con el comando TRACEUPS.UDC. Resalta el primario hacia la subestación y muestra la sgte. información obtenida en el recorrido de este primario:

Nombre y número de la subestación de la cual sale el primario.

Número de transformadores conectados a dicho primario.

El Voltaje primario.

El Voltaje secundario

Magnitud de la distancia desde el punto seleccionado en el primario hacia la subestación, etc.

- TRACE DOWNSTREAM

Esta opción la realiza el comando TRACEDOW.UDC. Resalta el primario hacia un abonado determinado, y nos muestra la e información para cada fase del primario:

Número de transformadores conectados al primario.

Número de abonados conectados.

La Potencia (KW) y la energía(KWH) totales conectados.

Magnitud del recorrido.

- TRACEURD

Nos da la opción de trazar un alimentador primario subterráneo, para este tipo de trabajo se utiliza un cable aislado tipo XLP de calibre No. 2 .

---

#### □ MINMUN CLEARANCE

La opción la realiza el comando MINIMUNC.UDC. Presenta la distancia vertical u horizontal desde un conductor hasta un elemento seleccionado.

#### □ MOTOR START

La opción la realiza el comando MOTORSTA.UDC. Sirve para calcular la caída del voltaje en un transformador, cuando uno de sus abonados carga el circuito, o conecta un motor a la línea, o con la suma de ambas.

#### □ PROFILE TRANSFORMER

La opción la realiza el comando PROFILET.UDC. nos permite determinar el consumo promedio anual de un determinado transformador, pero primero debemos ingresar el consumo mensual de cada abonado conectado a dicho transformador, además podemos obtener las curvas del perfil de consumo (Kwh vs mes) de los usuarios conectados a un transformador.

#### □ PROFILE CUSTOMER

La opción la realiza el comando PROFILEC.UDC. Presenta la curva de perfil de consumo (Kwh vs mes) de un determinado abonado durante un año, pero primero debe estar ingresado el consumo mensual de este.

#### □ TLM

La opción la realiza el comando TLM.UDC. Mas adelante se analizará de una forma mas detallada las características de esta opción.

#### □ SWITCH DEVICE

Con este comando es posible cambiar el estado de un swicht de abierto a cerrado y viceversa.

#### □ VOLTAGE DROP

La opción la realiza el comando VOLTAGED.UDC. Podemos calcular la caída de voltaje en el secundario y en la acometida, y nos muestra un reporte con los resultados de nuestra operación.

---

#### □ MAP ACCESS

Presenta un menú de opciones que permite ubicar una región en un mapa, además posibilita la manipulación de planos por regiones. Las opciones son las sgtes.: KEY MAP, PRIOR, VIEW, GOTO REGION, REGION y SETUP.

#### □ LAND FEATURE

Muestra un menú de opciones que permiten realizar dibujos de calles y solares, y a la vez ingresar la información de estos. Las opciones son las sgtes.: LOT, MULTI UNIT, MULTIPLE RESIDENT, SINGLE RESIDENT y STREET.

### 1.3 SOFTWARE Y HARDWARE DE CABLECAD

#### 1.3.1 SOFTWARE DE CABLECAD

Los programas básicos reciben información a través del digitalizador, del mouse o del teclado. Aunque si bien es cierto la mesa digitalizadora y el puntero son requeridos frecuentemente para digitalizar planos existentes, también se los utiliza para seleccionar, localizar, ubicar y dibujar libremente.

Los caracteres son ingresados a través del teclado o por medio de una lista de opciones mostrada en pantalla.

Esquemáticamente Cablecad maneja una base de datos constituida de dos partes (gráfica y no gráfica), la cual es accesible a través de programas externos.

Todo programa de Cablecad tiene una salida visual, escogiendo nombres y grupo de parámetros del utilitario UTLEXE. Del utilitario CABLECAD.EXE escoge colores sofisticados e interactivos para gráficos.

Otra importante opción de salida es utilizar una impresora o un plotter. La impresora es requerida para imprimir reportes, mientras que el plotter se lo utiliza para plottear planos ingresados en Cablecad.

CableCad permite trabajar con Tablas de Validación Definición de Registros, UDC, Definición de Símbolos y Definición de Menús.

El software de Cablecad está basado en dos unidades, un sistema gráfico (dibujo) y una base de datos (texto), las cuales están unidas coherentemente de tal forma que lo convierte en un dibujo inteligente.

Esto significa que al momento de trazar una línea, dibujar un transformador, un breaker, un disyuntor, etc., al mismo tiempo estos elementos contienen la información que los identifica, esto es sus datos técnicos que están almacenados en una base de datos y que están coherentemente unidos al gráfico que les corresponde, lo que no ocurre con otros software que no contienen este tipo de sistema.

Las principales características del programa son las siguientes:

- Mapas continuos e ilimitados
- Ploteo de acuerdo a escala
- Conectividad (todos los elementos están conectados)
- Flexibilidad operativa
- Intercambio de información con otros software
- Generación de reportes

## ▣ ESTRUCTURA GENERAL DE ARCHIVOS DE CABLECAD

- \*.GRF Archivos gráficos
- \*.NGF Archivos no gráficos (texto)
- \*.ATB Archivos de atributos (texto)
- \*.IDX Archivos de índice
- \*.QUD Archivos de quid tree

En cablecad todos los planos que se creen o modifiquen se van a almacenar a ENGENMAP. En Le directorio de Cablecad existen los siguientes subdirectorios:

- BIN va a tener todos los ejecutables de Cablecad
  - DAT que maneja el teclado
  - DLL Dinamic link library
  - DRB Drives de la pantalla
  - FNT Fondos (trazos)
  - HLP Help (ayuda)
-

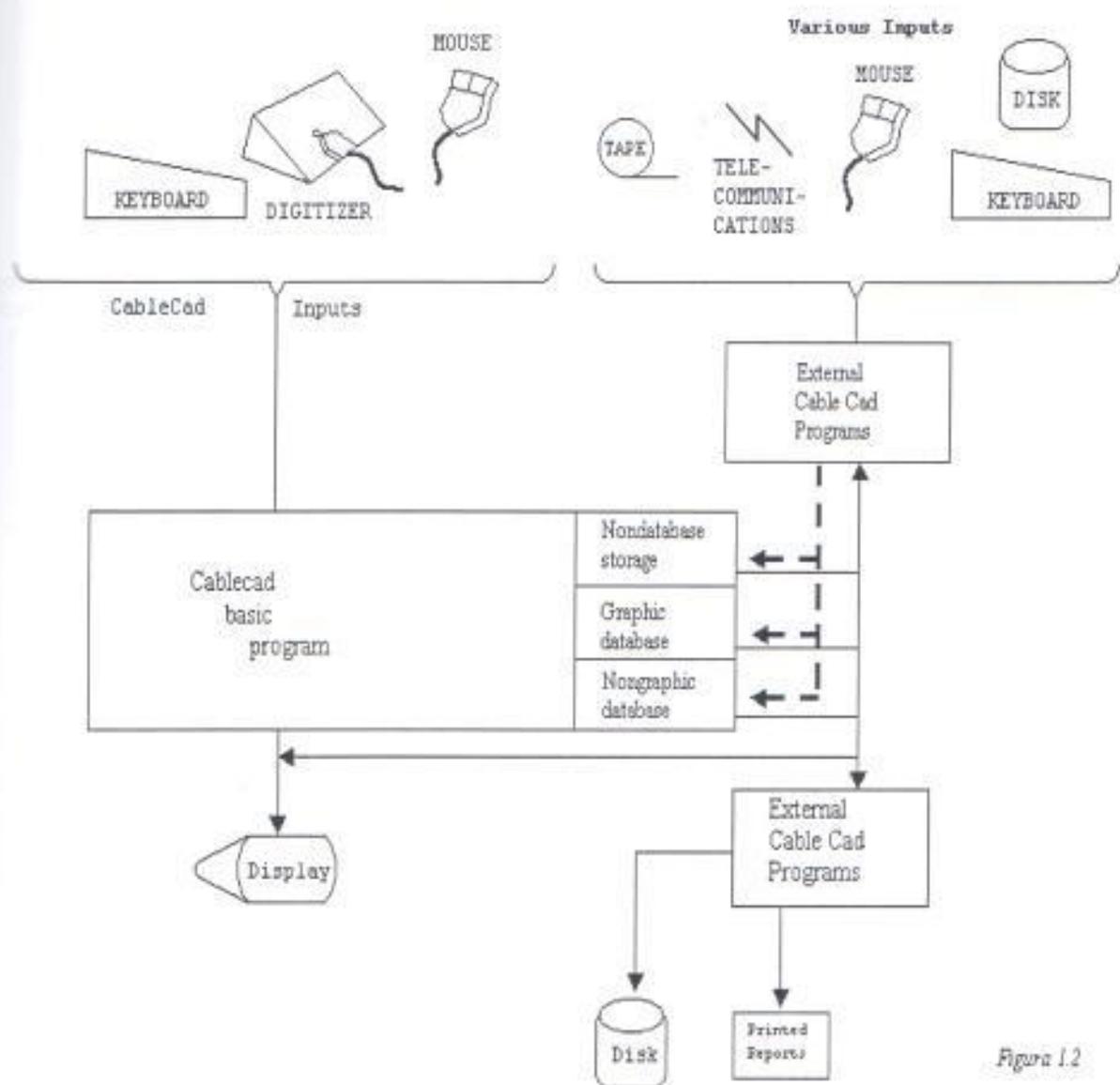


Figura 1.2

FIG 1.2. DIAGRAMA DEL SISTEMA CABLECAD

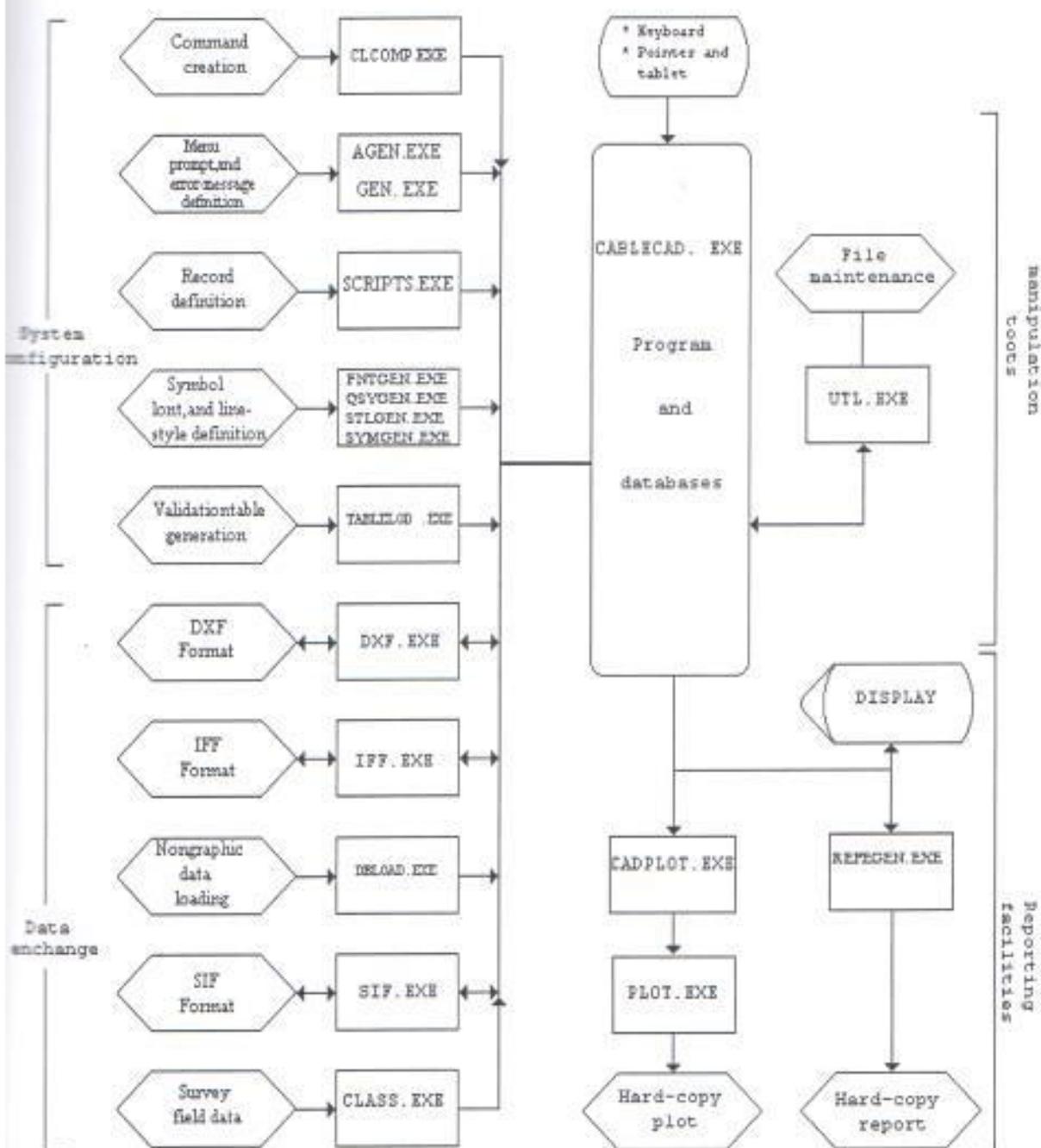


FIG. 1.3. ARCHIVOS EJECUTABLES DE CABLECAD

### 1.3.2 UTILITARIOS DE CABLECAD

La figura 1.3 es un desarrollo de la figura 1.2, mostrando los principales programas de Cablecad agrupados en cuatro áreas :

-  Configuración del Sistema
-  Extracción de Datos
-  Instrumentos de Manipulación
-  Elaboración de Reportes

El utilitario CONFIGURACION DEL SISTEMA permite organizar parámetros iniciales tales como, estilo de líneas, caracteres, símbolos, base datos y tipo de memorias.

El utilitario EXTRACCION DE DATOS permite a Cablecad aceptar y procesar datos no gráficos, grabando o inspeccionando los campos.

La principal herramienta de manipulación es el mismo programa Cablecad. Otro instrumento de manipulación es el utilitario UTL, el cual realiza el mantenimiento y restauración de un grupo de archivos.

La figura 1.3 muestra el software administrador de memoria. Imagine al administrador de memoria como una capa de control alrededor del programa básico de Cablecad.

No todos los utilitarios de Cablecad son mostrados en esta figura, nuevas características son desarrolladas continuamente, y algunos de los utilitarios menos importantes son omitidos en el diagrama.

### 1.3.3 HARDWARE

Este programa trabaja en configuraciones elementales como:

- ☐ 486 Pentium
- ☐ 32 MB de memoria
- ☐ Monitor H.R, 17"
- ☐ DOS, OS/2
- ☐ Digitalizador
- ☐ Ploteador

A pesar que esta es la mínima configuración requerida para el hardware, muchos usuarios mejoran los requerimientos preestablecidos para tener un computador más poderoso.

## 1.4 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EMELEC

### 1.4.1 BREVE HISTORIA DE LA EMPRESA

En 1924 la ciudad de Guayaquil recibía el servicio eléctrico de la Empresa "Luz y Fuerza", compañía formada por accionistas ecuatorianos, pero ese mismo año, la Electric Bond and Share Company adquirió todas las acciones de Luz y Fuerza y comenzó a desarrollar sus actividades en Guayaquil, el 1º de Julio de 1925, a través de la corporación denominada Empresa Eléctrica del Ecuador Inc.

El 29 de Octubre de 1925, la Ilustre Municipalidad de Guayaquil le otorgó a la Empresa Eléctrica del Ecuador Inc. La concesión para el suministro de energía eléctrica del Cantón Guayaquil, por un termino de 60 años.

La Empresa Eléctrica del Ecuador ha venido operando el sistema eléctrico de Guayaquil, de manera continua desde 1925 hasta la fecha, aun cuando dicha corporación estuvo a cargo de Electric Bond and Share Company y American Foreign Power, mas tarde de 1969 a 1976 de la Boise Cascade Corporation y después por la Compañía Norteamericana Scopar International Inc.

## 1.4.2 NORMAS PARA OBTENER LOS DIFERENTES SERVICIOS ELÉCTRICOS

### 1. GENERALIDADES

- a) Antes de solicitar cualquier tipo de servicio, el interesado debe consultar con un técnico electricista y comprobar que su instalación esta correctamente terminada.
- b) Comprobar especialmente lo sgte:
  - > Instalación terminada de acuerdo al servicio que va a necesitar.
  - > Si se trata de local que tendrá un solo medidor, debe estar colocada la base o socket sobre algo, preferentemente una caja metálica.
  - > Si se va a utilizar mas de un medidor debe colocarse un tablero metálico con el número de bases o sockets correspondientes al número de medidores.
- c) La ubicación del sitio destinado al medidor debe ser de fácil acceso y en el exterior del local.
- d) Para obtener servicios nuevos, traslados o cambio de direcciones, cambio de servicio de 120 V a 120/240 V y retiro de medidor o terminación de servicio, se lo solicitara en la ventanilla correspondiente de la sección contratos,
- e) Presentando la cédula de identidad, permiso municipal si se trata de edificio nuevo, reconstruido o remodelado.
- f) Abonar los valores determinados para cada caso, así como efectuar el deposito por garantía cuando se trata de servicios nuevos.

## 1.4.3 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica que consume el usuario, tiene que pasar por los procesos que le permitan llegar hasta su utilización. El primer paso es la generación de la electricidad, luego viene la distribución y por ultimo la utilización.

La generación, es decir la producción misma de la energía, tiene su origen en las unidades generadoras, que pueden ser hidráulicas o térmicas, según el principio que las accione. La Empresa Eléctrica del Ecuador Inc. genera corriente mediante el empleo del sistema térmico usando unidades a vapor y a gas.

---

En el caso de Unidades a Vapor, la corriente es producida por generadores eléctricos accionados por turbinas que son impulsadas por vapor de agua de altísima presión y temperatura, provenientes de calderas que evaporan aguas químicamente tratadas. Como combustible se utiliza un subproducto líquido de las refinerías de petróleo llamado residuo. En las Unidades a Gas, los generadores están activados por turbinas impulsadas directamente por gases a elevadísima temperatura.

La corriente generada en las plantas, llega a las Subestaciones en donde es transformada al voltaje que se necesita para los diferentes servicios.

#### 1.4.4 DISPONIBILIDAD DE POTENCIA DE ELECTROECUADOR

##### DISPONIBILIDAD DE ELECTROECUADOR NOVIEMBRE - DICIEMBRE DE 1998

KW

VAPOR 1 GUAYAQUIL	5.000
VAPOR 2 GUAYAQUIL	5.000
VAPOR 3 GUAYAQUIL	10.000
VAPOR 4 GUAYAQUIL	10.000
VAPOR A. SANTOS	30.000
GAS 1 A. SANTOS	0
GAS 2 A. SANTOS	20.000
GAS 3 A. SANTOS	13.000
GAS 5 A. SANTOS	16.000
GAS 6 A. SANTOS	17.000
ALVARO TINAJERO 1	35.000
ALVARO TINAJERO 2	34.000

## 1.4.5 SUBESTACIONES

SUBESTACION	MVA FA	MVA MAX MEDIDO	%MVA FA REAL
ALBORADA	24.00	18.23	75.96
AMERICA	24.00	20.89	87.42
ATARAZANA	24.00	19.15	79.79
AYACUCHO	24.00	18.28	76.17
BOYACA 1	24.00	14.87	61.96
BOYACA 2	24.00	17.59	73.29
B. PUBLICO	10.00	6.33	63.30
CEIBOS 1	16.00	13.49	84.31
CEIBOS 2	16.00	12.92	80.74
CERRO BLANCO	16.00	11.73	73.31
CUMBRES	16.00	13.66	85.38
ESMERALDAS 1	24.00	14.04	58.50
ESMERALDAS 2	10.00	9.29	92.90
GARAY 1	24.00	19.22	80.08
GARAY 2	24.00	21.49	89.54
GARZOTA	24.00	18.38	76.58
GERMANIA	24.00	20.40	85.00
GUASMO 1	24.00	18.43	76.79
GUASMO 2	24.00	19.07	79.46
GUAYACANES	24.00	21.00	87.50
MAPASINGUE 1	24.00	16.87	70.29
MAPASINGUE 2	24.00	20.87	86.83
PADRE CANALS	24.00	22.19	92.46
PORTUARIA	16.00	11.71	73.19
PUERTO LIZA	10.00	8.90	89.00
PRADERA	24.00	20.46	85.25
SAUCES	24.00	23.10	96.25
TORRE 1	16.00	14.83	92.69
TORRE 2	16.00	14.97	93.56
UNIVERSO	16.00	13.46	84.13
VERGELES	24	19.66	81.92

EMPRESA ELECTRICA DEL ECUADOR: DEPARTAMENTO DE SUBESTACIONES  
PORCENTAJE DE MVA FA DE LOS TRANSFORMADORES SEPTIEMBRE DE 1998

## CAPITULO II

## EL PROGRAMA CABLECAD APLICADO A LA DETERMINACIÓN DE CAÍDA DE VOLTAJE Y PERDIDAS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

### 2.1 ANÁLISIS TEÓRICO DE LA INGENIERÍA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN CABLECAD

En este capítulo se realiza un análisis más profundo de la aplicación del comando **ENGINEERING** del menú **ENGEN**. Para nuestro caso estudiaremos las opciones **VOLTGED DROP** y **TLM**. El primero de estos programas calcula las caídas de voltaje en cada uno de los ramales de un sistema de potencia determinado presentando un reporte de sus respectivas corrientes y longitudes. La opción **TLM** presenta el reporte de un transformador seleccionado, presentando resultados de factor de demanda, coincidencia etc. Estas opciones se basan en los programas **VOLTAGED.UDC** y **TLM.UDC**. (UDC: User Defined Comands) los cuales se encuentran en la ruta:  
D:\ENGEN\ELECTRIC\SOURCE\

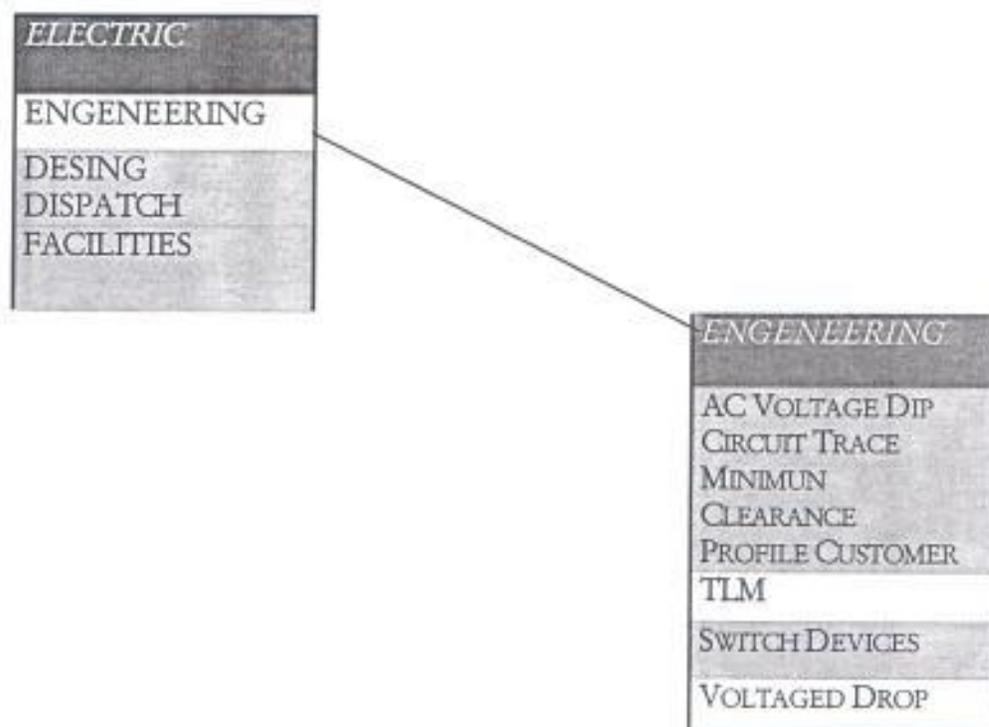


FIGURA 2.1 DESCRIPCIÓN DEL COMANDO ELECTRIC ENGINEERING

UDC es la combinación de comandos; funciona con elementos gráficos y no gráficos. Significa USER DEFINED COMANDS. Para transmitir información entre la UDC y el usuario se utilizan las VARIABLES DEL SISTEMA (\$). Adicionalmente el usuario puede definir sus propias variables y se las conoce como VARIABLES DEFINIDAS POR EL USUARIO (@).

A continuación se presenta un diagrama de bloques de los LENGUAJES DE COMANDOS



FIG. 2.2.- LENGUAJES DE COMANDO

## 2.2 CAÍDA DE VOLTAJE

El programa VOLTAGED DROP presenta reportes de la carga de los abonados de un transformador seleccionado; mostrando la caída de voltaje en cada ramal secundario desde el transformador hasta el abonado. Como ya se menciona en párrafos anteriores para correr la caída de voltaje se utiliza la UDC llamada

VOLTAGED.UDC. Este programa se encuentra almacenado en el directorio D:\ENGEN\ELECTRIC\SOURCE\VOLTAGED.UDC

El método a seguir para utilizar este comando es el siguiente:

1. Seleccionar Voltaged Drop del menú ENGINEERING.
2. Picar en el transformador que deseamos estudiar. Notamos que los ramales secundarios conectados al transformador seleccionado resaltan su color.
3. Se presenta una imagen ampliada del circuito en estudio.
4. El sistema presenta un reporte mostrando la carga del abonado, incluyendo la siguiente información:
  - ✓ Caída de voltaje en cada ramal secundario desde el transformador hasta el abonado.
  - ✓ Resalta el color de cada ramal (con un color diferente para cada ramal).
  - ✓ El tipo de conductor.
  - ✓ La longitud del conductor en pies.
  - ✓ Demanda en KW.
  - ✓ Porcentaje de caída de voltaje por sección.
  - ✓ Porcentaje de caída de voltaje total desde el transformador a cada ramal.
  - ✓ Flujo de corriente en amperios.

Una vez que se haya revisado el reporte se puede regresar al menú principal presionando la tecla ESC.

---

## 2.2.1 ANÁLISIS DE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

### CAÍDA DE VOLTAJE EN EL SECUNDARIO (VOLTAGED DROP)

Voltaged Drop comienza definiendo una serie de variables globales y locales que serán utilizados en la ejecución del mismo. Posteriormente realiza la lectura de los datos del ENGEN.INI del factor de potencia, factor de caída del motor, del factor de conversión de unidades y del LOKET\_ROOT\_AMP; si alguno de estos datos no aparece en el archivo ENGEN.INI el programa envía un mensaje de error y termina la ejecución del mismo. Después de inicializar algunas variables para las iteraciones internas del programa, este pide determinar el transformador del cual están conectados los ramales secundarios cuya caída de voltaje queremos determinar.

Mediante la Tabla XFMRDATA.DAT el programa nos da el valor de %IR y %IX de acuerdo al análisis que este ha hecho al transformador, estos valores están interrelacionados con el voltaje primario al cual se encuentra conectado el transformador, es decir que para cada valor de voltaje de distribución se tiene un valor diferente para %IR y %IX. Para un voltaje del transformador o banco de transformadores que no consten en esta tabla los valores para %IR y %IX son cero.

Los resultados de las caídas de voltaje para el transformador seleccionado debido a los abonados, a los motores o por ambas causas son almacenados en los archivos VDRPCUST.OUT, VDRPMOTR.OUT y VDRPSMRY.OUT. Cabe señalar que cada vez que se corra el programa los nuevos datos se almacenaran en sus respectivos archivos borrándose los anteriormente grabados.

Los resultados de los cálculos efectuados por el programa estarán en la subrutina DROP.CALC. Además el programa VOLTAGE DROP tiene dos subrutinas:

**COLOR-CONVERT** que tiene un mínimo máximo de 15 colores para los tramos de línea que va reconociendo.

**FIND-RESIST-INDUCT** la cual realiza el análisis de los conductores para reconocer si son de cobre o de aluminio y así leer los datos de resistencia e inductancia de las tablas COPPER.TXT y ACSR.TXT respectivamente.

## 2.2.2 FORMULACIÓN DEL PROGRAMA VOLTAGE DROP POR BLOQUES DE EJECUCIÓN

BLOQUE (1)

DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES LOCALES  
Y GLOBALES QUE SE UTILIZAN

BLOQUE (2)

LECTURA Y TOMA DE DATOS DEL  
D:\CABLECAD\ENGEN.IN

BLOQUE (3)

INICIALIZACIÓN DE LAS VARIABLES  
NUMERICAS NECESARIAS PARA LAS  
ITERACIONES INTERNAS DEL PROGRAMA

BLOQUE (4)

RECONOCIMIENTO DEL TIPO DE ABONADO  
SELECCIONADO POR EL USUARIO Y TOMA  
DEL ARCHIVO

BLOQUE (5)

ELABORACIÓN DE FORMATO DE TABLAS A  
PRESENTARSE

BLOQUE (6)

ACUMULACIÓN DE INFORMACION DE  
CARGA A TRAVES DE LAS SUBRRUTINAS  
*CONVER COLOR* Y *FIND RESIST INDUCT*  
E INICIALIZACION DE LAS FORMULAS PARA EL CALCULO  
DE LA CAÍDA DE VOLTAJE

BLOQUE (7)

UTILIZACIÓN DE LAS FORMULAS  
DROPCALC PARA OBTENER LAS  
LAS CAIDAS DE VOLTAJE

BLOQUE (8)

REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS  
EN PANTALLA ALMACENADOS EN  
LOS ARCHIVOS

## 2.3 TLM (TRANSFORMER LOAD MANAGER)

Este programa nos permite determinar las condiciones de carga en las que se encuentra un transformador. Para ello nos muestra un reporte con los siguientes parámetros:

- Demanda Promedio
- Demanda Pico
- Factor de Coincidencia
- Factor de Utilización
- Factor de Carga
- Factor de Pérdidas
- KVA Conectados
- KVA Ajustados
- KWHR Conectados
- KWHR Ajustados

Para la aplicación de este programa seleccionamos un transformador de distribución. Si todos los datos han sido ingresados correctamente el programa correrá y nos mostrara en la pantalla los tramos de circuito secundario y acometida asociados con el transformador seleccionado, de color amarillo. Los pasos que realiza el programa para obtener la información para realizar los cálculos son los sgte.:

- ✓ Obtiene los datos de consumo mensual de los abonados
- ✓ Identifica el mes de mayor carga y lo toma como la carga pico máximo
- ✓ Realiza la suma de toda la carga y lo toma como la carga de los doce meses y los divide para 12 y asume este valor como KWHR promedio.

En el reporte de resultados a mas de esta información , también nos indica el numero del transformador, el voltaje primario, voltaje secundario, fase a la que esta conectado, manufactura, impedancia y numero de abonados.

---

### 2.3.1 FORMULACIÓN DEL PROGRAMA TLM POR BLOQUES DE EJECUCIÓN

BLOQUE (1)

DEFINICION DE LAS VARIABLES  
ENTERAS Y GLOBALES

BLOQUE (2)

SELECCIÓN DE TRANSFORMADORES  
O BANCO DE TRANSFORMADORES, VERIFICA  
LA RELACION PADRE-HIJO PARA SEGUIR LA TRAZA

BLOQUE (3)

CARGAS DE ABONADOS  
IDENTIFICA MES DE MAYOR CARGA  
CALCULA LOS KVA PROMEDIO

BLOQUE (4)

DEFINE VARIABLES DE SALIDA  
RECUPERA DATOS DE LOS  
TRANSFORMADORES

BLOQUE (5)

REALIZA LOS CALCULOS. CARGA LOS DATOS  
DEL TRANSFORMADOR PARA PRESENTARLOS EN  
PANTALLA

BLOQUE (6)

PRESENTA EL REPORTE DE  
RESULTADOS

## 2.4 ANÁLISIS TEÓRICO DE LA CAÍDA DE VOLTAJE Y PÉRDIDAS DE ENERGÍA Y POTENCIA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDADELA KENNEDY NORTE

El programa CABLECAD realiza todos los cálculos a nivel Secundario, pero como se desea realizar un análisis completo respecto del Sistema de Distribución en estudio se necesita determinar la caída de voltaje a nivel primario y sus pérdidas.

Por este motivo para calcularlos se recurre a Métodos Básicos para la determinación de caída de voltaje y pérdidas en el primario entre los que se tiene:

- a.- VOLTIO-AMPERIO-OHMIO
- b.- PORCENTAJE DE IMPEDANCIA
- c.- MÉTODO DE LA CONSTANTE K

### 2.4.1 CAÍDA DE VOLTAJE EN EL PRIMARIO

La caída de voltaje permisible en un alimentador primario es un factor importante en el diseño de alimentadores. Este factor determina la selección del calibre del conductor, tal es así que en algunos alimentadores residenciales y en la mayoría de los alimentadores rurales el factor limitante es el voltaje antes que el factor térmico, además determina la carga máxima que va a transportar un alimentador primario, incide en la determinación de la colocación de reguladores de voltaje suplementarios y en la planificación de métodos para el manejo del crecimiento de cargas.

El voltaje de utilización cuando el usuario esta fuera de la zona favorable tal como lo indica la figura 2.5 puede ser de 110 a 125 voltios; tomando como base un voltaje de 120 voltios. El consumidor eléctricamente más cercano a la fuente tendrá un voltaje máximo permisible de 125 voltios, durante condiciones de máxima carga, y el consumidor eléctricamente más lejano a la fuente puede llegar a tener un voltaje mínimo permisible de 110 voltios. El consumidor físicamente más cercano a la fuente no necesariamente es el consumidor eléctricamente más cercano a la misma.

La caída de voltaje promedio para los conductores de las instalaciones residenciales durante condiciones de máxima carga es de aproximadamente tres (3) voltios, entonces para que el consumidor no tenga un voltaje menor a 110 voltios el voltaje que llega a la acometida o al medidor del consumo de energía eléctrica debe ser 113 voltios o mas. En

consecuencia el voltaje de entrada para un alimentador residencial se debe encontrar en un rango comprendido entre 113 y 125 voltios, o en un ancho de banda de 12 voltios.

A continuación se presenta una descripción de la caída de voltaje en cada uno de los componentes de un alimentador primario, la misma que luego se resume en la tabla 1.

- **ACOMETIDA .-** La caída de voltaje generalmente encontrada en las acometidas durante condiciones de máximas carga es un (1) voltio. Este valor rara vez se excede a menos que las acometidas sean anormalmente largas.
- **LÍNEA SECUNDARIA .-** Los conductores secundarios una vez instalados generalmente tienen una caída de voltaje de aproximadamente dos (2) a dos y medio ( $2\frac{1}{2}$ ) voltios, y con incrementos de carga el incremento permisible de caída de voltaje es de tres (3) a tres y medio ( $3\frac{1}{2}$ ) voltios. Cuando la caída de voltaje alcance el límite superior, entonces se deberá agregar otro transformador entre los transformadores existentes, y la línea secundaria es dividida entre la nueva y las unidades existentes.
- **TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN.-** La carga para los transformadores instalados en áreas residenciales, durante periodos pico es generalmente del 80 al 100 por ciento. Esto representa para los transformadores de distribución promedio una caída de voltaje de uno punto setenta y cinco (1.75) a dos punto cinco (2.5) voltios. Cuando la carga en el transformador se incremente por el orden del 140 al 160 % este deberá ser cambiado por uno de mayor capacidad. Esto representa una caída de voltaje de 3.25 a 4 voltios

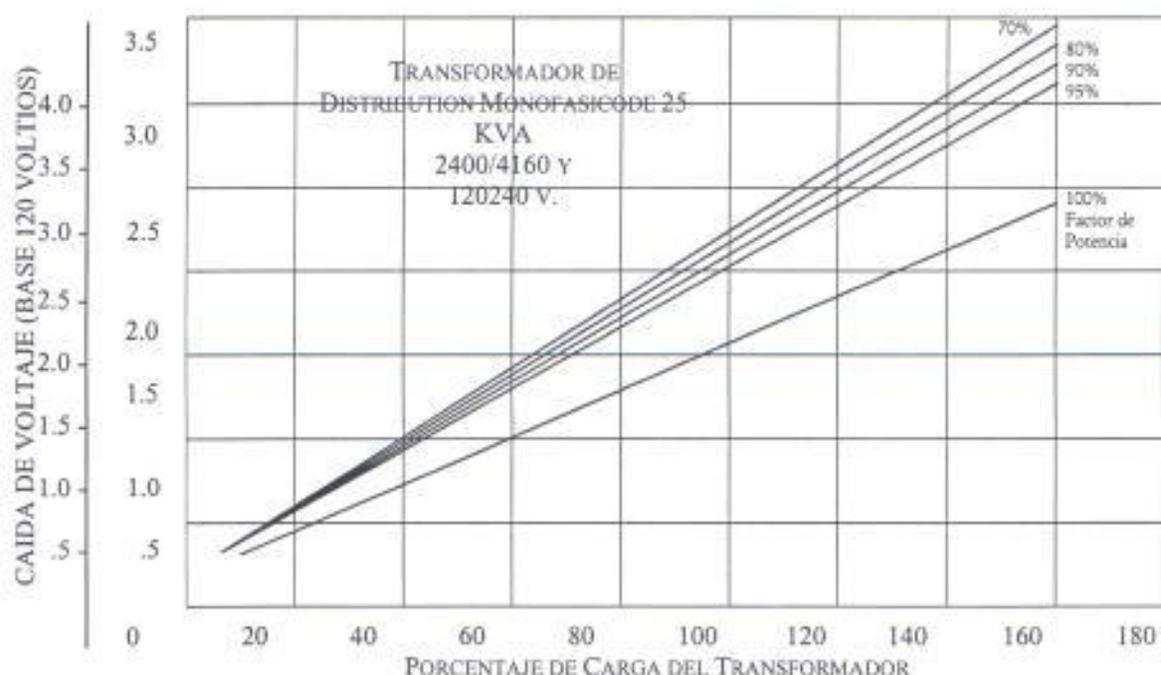


FIG. 2.3.- CAÍDA DE VOLTAJE EN UN TRANSFORMADOR DE 25 KVA COMO UNA FUNCION DE LA CARGA

La caída de voltaje para un transformador monofásico de distribución de 25 kva es mostrado en la figura 2.3. Este transformador representa exactamente la caída de voltaje en un transformador con capacidades superiores a los 50 kva y con un voltaje primario de 7.62 kv. La cantidad de caída de voltaje que le corresponde a un transformador de distribución, fuera de los 12 voltios permisibles generalmente es 3 voltios.

- **ALIMENTADORAS PRIMARIAS.**- La caída de voltaje asociada a los alimentadores residenciales es de 3 voltios, en una base de 120 voltios, la misma que es medida desde los terminales primarios del primer transformador de distribución en la alimentadora hasta el ultimo transformador o eléctricamente mas remoto. En los ramales monofásicos que salen del alimentador principal trifásico (fig. 2.4), generalmente se tiene una caída de voltaje de 1 a 3 voltios.

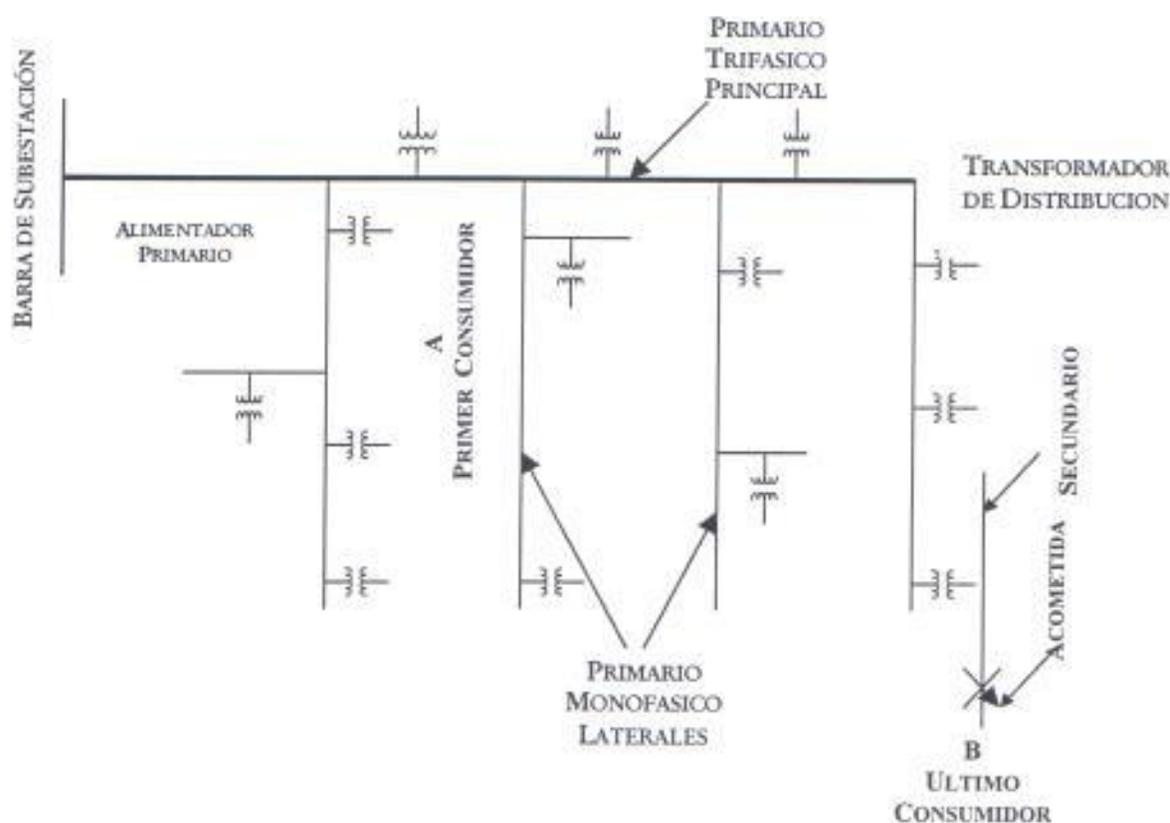


FIG.2.4.- DIAGRAMA UNIFILAR DE UN ALIMENTADOR RESIDENCIAL MOSTRANDO SUS ALIMENTADORES COMPONENTES Y LA LOCALIZACION DEL PRIMER Y ULTIMO CONSUMIDOR

La suma de las caídas de voltaje asociada a cada porción es igual a 10 voltios; incluyendo los 2 voltios del ancho de banda esto completa los 12 voltios permisibles.

En conclusión la magnitud de la caída de voltaje está determinada por los parámetros de resistencia y reactancia del conductor y por la distancia de aplicación de la carga con relación al punto de alimentación.

TABLA 1

COMPONENTE DEL ALIMENTADOR	ALIMENTADORA RESIDENCIAL		ALIMENTADORA RURAL	
	CONDICIÓN DE MÁXIMA CARGA	CONDICIÓN DE CARGA MÍNIMA	CONDICIÓN DE MÁXIMA CARGA	CONDICIÓN DE CARGA MÍNIMA
ALIMENTADOR PRIMARIO .... DESDE EL PRIMER AL ULTIMO TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN	3.5	1.0	6	2.0
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN.....	3	1.0	3	1.0
LÍNEA SECUNDARIA.....	3.5	1.0	.....	....
ACOMETIDA.....	1	0.3	2	1.0
<b>TOTAL</b>	<b>11.0 volts.</b>	<b>3.3 volts</b>	<b>11.0 volts</b>	<b>4.0 volts</b>

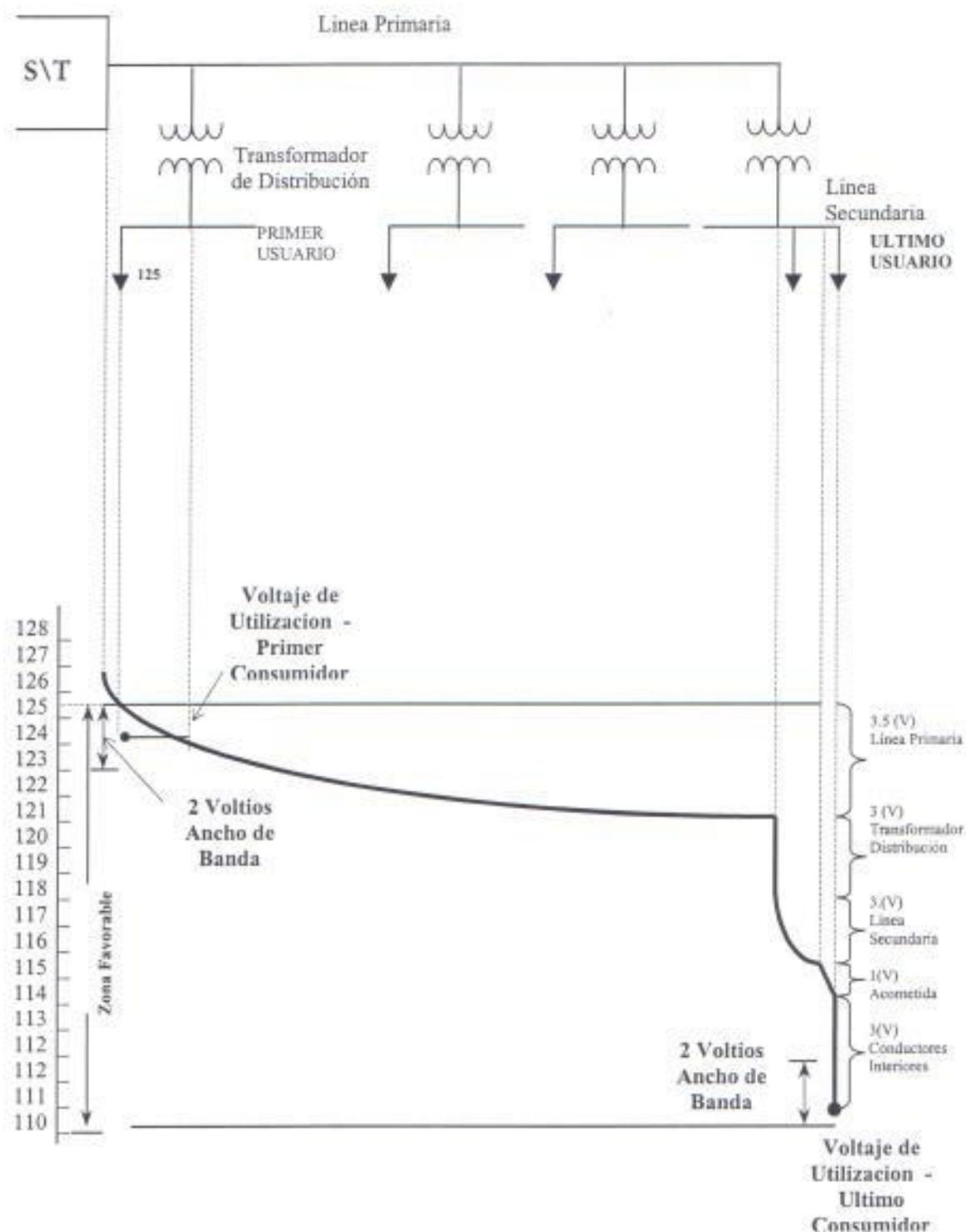


FIG.2.5.- PERFIL DEL VOLTAGE DE UN ALIMENTADOR, ALIMENTADOR EN CONDICIONES DE MAXIMA CARGA EXCEPTO EL PRIMER TRANSFORMADOR QUE SE CONSIDERA COMO UNA CARGA SUAVE Y CON EL PRIMER CONSUMIDOR QUE LO CONSIDERA SIN CARGA.

## 2.4.2 MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAÍDA DE VOLTAJE

### • MÉTODO VOLTIO-AMPERIO-OHMIO

El método de Voltio-Amperio-Ohmio empieza definiendo la carga total en cada nodo del alimentador y en la Subestación. Luego se asume un Voltaje en el último nodo del primario el cual representa el 100%.

Posteriormente se obtiene la carga que sale del último nodo del alimentador, con este valor se halla el valor real y el valor imaginario de la corriente que circula desde el penúltimo nodo hasta el último nodo por este, y se lo realiza con la sgte. fórmula:

$$I = ( PACT. 3\phi / VP L-N ) + ( PREACT. 3\phi / VP L-N ) \quad \text{ECUACION 2.1}$$

DONDE:

PACT. 3 $\phi$ : POTENCIA ACTIVA TRIFÁSICA  
 PREACT. 3 $\phi$ : POTENCIA REACTIVA TRIFÁSICA  
 VP L-N: VOLTAJE PRIMARIO DE LÍNEA -NEUTRO

Luego con el valor de la impedancia del conductor primario que va desde el penúltimo hasta el último nodo hallamos la caída de voltaje del alimentador en dicho tramo con la sgte. fórmula:

$$CV = I \cdot Z \quad \text{ECUACION 2.2}$$

DONDE:

CV: CAÍDA DE VOLTAJE  
 I : CORRIENTE QUE CIRCULA POR EL ALIMENTADOR  
 Z : IMPEDANCIA DE LA LÍNEA

Luego se le suma al voltaje que asumimos en el último nodo el valor de la caída de voltaje que obtuvimos, de esta manera se obtiene el valor de voltaje en el penúltimo nodo.

### • MÉTODO PORCENTAJE DE IMPEDANCIA

Al igual que el método de Voltio-Amperio-Ohmio este método empieza definiendo la carga total en cada nodo del alimentador. Se asume un voltaje en la subestación el cual representa el 100%.

Posteriormente se obtiene el porcentaje de impedancia que corresponde al tramo comprendido entre la subestación el primer nodo a través de la siguiente formula:

$$2.3 \quad \%Z = \frac{KVA}{10KV^2} \quad \text{ECUACION}$$

Luego se multiplica este valor obtenido con el valor de la impedancia del conductor primario que va desde la subestación hasta el primer nodo. A continuación se determinan los porcentajes de caída de voltaje tanto en la parte real como en la imaginaria con la sgte. formula:

$$ar = R * MW/10$$

$$br = X * MVAR/10 \quad \text{ECUACION 2.4}$$

DONDE:

<b>ar:</b>	CAÍDA DE VOLTAJE( %) DEBIDO A LA PARTE REAL
<b>br:</b>	CAÍDA DE VOLTAJE( %) DEBIDO A LA PARTE IMAGINARIA
<b>R :</b>	$\%Z * R$
<b>R:</b>	RESISTENCIA DE LA LÍNEA
<b>X:</b>	$\%Z * X$
<b>X:</b>	REACTANCIA DE LA LÍNEA
<b>MW:</b>	POTENCIA ACTIVA CORRESPONDIENTE AL TRAMO
<b>MVAR:</b>	POTENCIA REACTIVA CORRESPONDIENTE AL TRAMO

Luego se le suma la caída de voltaje tanto de la parte real como de la imaginaria y lo restamos del voltaje asumido en la subestación, con lo cual obtenemos el voltaje en el siguiente nodo. El procedimiento se repite hasta llegar al ultimo nodo de la línea.

- MÉTODO DE LA CONSTANTE K

Este método empieza definiendo la constante  $K_L$  a través de la siguiente fórmula:

$$K_L = MVA^2 L(\text{LONG. TRAMO}) / 1000 \quad \text{ECUACION 2.5}$$

Y la constante de tabla a través de la siguiente fórmula:

$$K_T = 10KV^2 / 1000(R \cos\phi + X \sin\phi) \quad \text{ECUACION 2.6}$$

El porcentaje de caída de voltaje se obtiene dividiendo la constante de línea para la constante de tabla así :

$$\%CV = K_L / K_T \quad \text{ECUACION 2.7}$$

Se asume un voltaje de referencia en la subestación al cual se le resta el porcentaje de caída de voltaje obtenido en el primer tramo con lo cual obtenemos el voltaje del primer nodo. El procedimiento se repite hasta llegar al último nodo de la línea.

### 2.4.3 FORMULACIÓN DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ANÁLISIS DE PERDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

En todo sistema de distribución se producen pérdidas de energía y de potencia, las mismas que se dan tanto a nivel primario, a nivel secundario como a nivel de transformadores de distribución. Razón por la cual debemos realizar un análisis completo de los diferentes factores que intervienen en este fenómeno.

#### □ FACTOR DE DEMANDA

El factor de demanda es la relación entre la demanda máxima de un sistema y la carga total conectada al sistema (el factor de demanda de una parte del sistema puede ser definida de manera similar).

La carga conectada es igual a la suma de continuas evaluaciones del consumo producido por aparatos conectados al sistema o a una parte del mismo. La carga conectada y la máxima demanda suelen ser expresadas en las mismas unidades, por lo que el factor de demanda es adimensional. El factor de demanda generalmente es menor que la unidad, puede ser igual a la unidad únicamente si la carga total conectada es energizada simultáneamente. El factor de carga puede indicar el grado con que la carga total conectada esta operando simultáneamente. El factor de demanda permite determinar el calibre del conductor para el sector industrial.

$$FD = \text{DEMANDA MÁXIMA} / \text{CARGA CONECTADA} < 1 \quad \text{ECUACION 2.8}$$

#### □ FACTOR DE UTILIZACION

El factor de utilización es la relación entre la demanda máxima del sistema y la capacidad nominal del mismo; esta definición puede ser aplicada de manera similar para una parte del sistema. La demanda máxima del sistema y la capacidad nominal del sistema son expresadas en las mismas unidades por lo que el factor de utilización es adimensional. Mientras que el factor de demanda puede indicar el grado con que la carga total conectada va a ser servida simultáneamente, el factor de utilización indica el grado con que un sistema será cargado durante por cargas pico con respecto a su capacidad.

Mientras la capacidad nominal de un sistema es determinada generalmente por su capacidad térmica, la de caída de voltaje limite puede ser excedida debido a que es menor que la capacidad térmica del sistema. Entonces la capacidad térmica del sistema excede su caída de voltaje limite. La reducción de la capacidad térmica o de la caída de voltaje es la base del factor de utilización

$$FD = \text{DEMANDA MÁXIMA} / \text{CAPACIDAD NOMINAL} < 1 \quad \text{ECUACION 2.9}$$

#### □ FACTOR DE CARGA

El factor de carga resulta de la relación entre la demanda promedio y la demanda máxima, para un período determinado de tiempo

El factor de carga debe ser específico en definir el intervalo de la demanda, el periodo en que la demanda máxima y la carga promedio se aplican, la manera de medir la demanda máxima, y el tipo de carga involucrada.

Básicamente, el factor de carga indica el grado con que la carga pico es sostenida durante un periodo determinado.

$$FC = \text{DEMANDA PROMEDIO} / \text{DEMENDA MÁXIMA} < 1 \quad \text{ECUACION 2.10}$$

#### □ FACTOR DE DIVERSIDAD O DE COINCIDENCIA

El factor de diversidad es la relación de la suma las demandas máximas individuales de varios subdivisiones de un sistema para la demanda máxima del sistema completo. El factor de diversidad es mayor o igual que la unidad; es igual que la unidad si las demandas máximas individuales ocurrieran al mismo tiempo. Un grupo de cargas en el cual las demandas máximas no son coincidentes, tendrá un grupo de demandas máximas que será menor que la suma de las demandas máximas individuales. El factor de diversidad para este grupo será mayor que la unidad. El factor de coincidencia es el inverso del factor de diversidad.

$$FD = 1/FC = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n \dots / D_{1+2+3+\dots+n} \quad \text{ECUACION 2.11}$$

#### □ FACTOR DE PÉRDIDAS

El factor de pérdida es la relación entre la pérdida de energía promedio y la pérdida de energía por cargas pico a lo largo de un periodo específico de tiempo. Básicamente

indica el grado con que las pérdidas en un aparato durante cargas pico son mantenidas a través del periodo en que las pérdidas están siendo consideradas.

Aunque el factor de pérdidas generalmente no puede ser expresado en términos del factor de carga, los valores limitantes de la relación pueden ser establecidos con la ayuda de la figura 2.6(a). El ciclo de carga representado en la figura 2.6(b) es tal que la duración del pico de carga,  $x$ , es para el tiempo,  $t$ , para el resto del ciclo de carga,  $T-t$ , la carga es  $y$  unidades.

Dado que las pérdidas son proporcionales al cuadrado de la carga, se tiene la siguiente relación.

$$\text{FACTOR DE PERDIDAS} = \frac{\text{PERDIDAS PROMEDIO}}{\text{PERDIDAS MAXIMAS}} \quad (\text{En el mismo periodo})$$

$x$  = duración de la carga pico ( $t$ )

$y$  = mínimo tiempo de duración de la carga ( $T-t$ )

$$\text{Demanda Prom.} = \frac{xt + y(T-t)}{T} \quad (\text{a})$$

$$\text{Factor de Carga} = \frac{xt + y(T-t)}{Tx} \quad (\text{b})$$

$$\text{Pérdidas Promedio} = \frac{x^2 Rt + y^2 R(T-t)}{T} \quad (\text{c})$$

$$\text{Factor de Pérdidas} = Fp = \frac{x^2 t + y^2 (T-t)}{Tx^2} \quad (\text{d})$$

Si  $y = 0$  y  $x = 0$  entonces

$$F_p = F_c \quad (e)$$

Si  $(T-t)/T \rightarrow 0$  y  $t/T \rightarrow 0$  y  $y/x$  no tiende a cero, entonces

$$F_p = (F_c)^2 \quad \text{ECUACION 2.12}$$

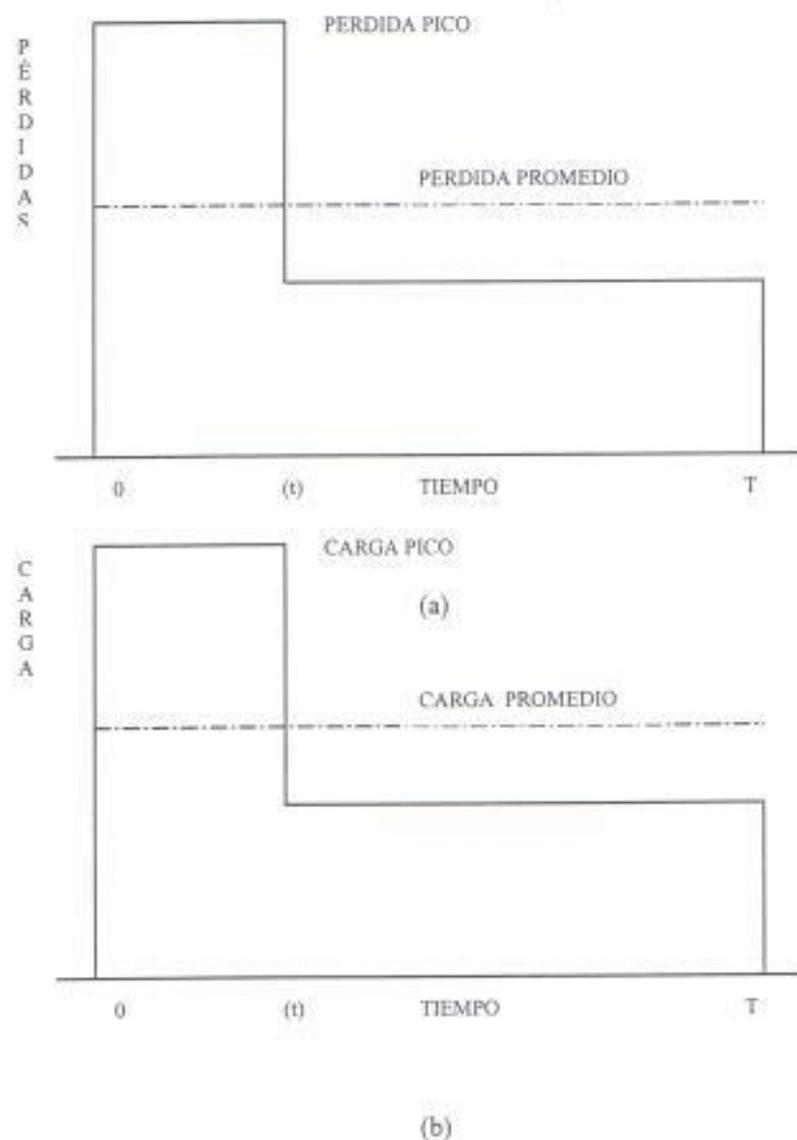
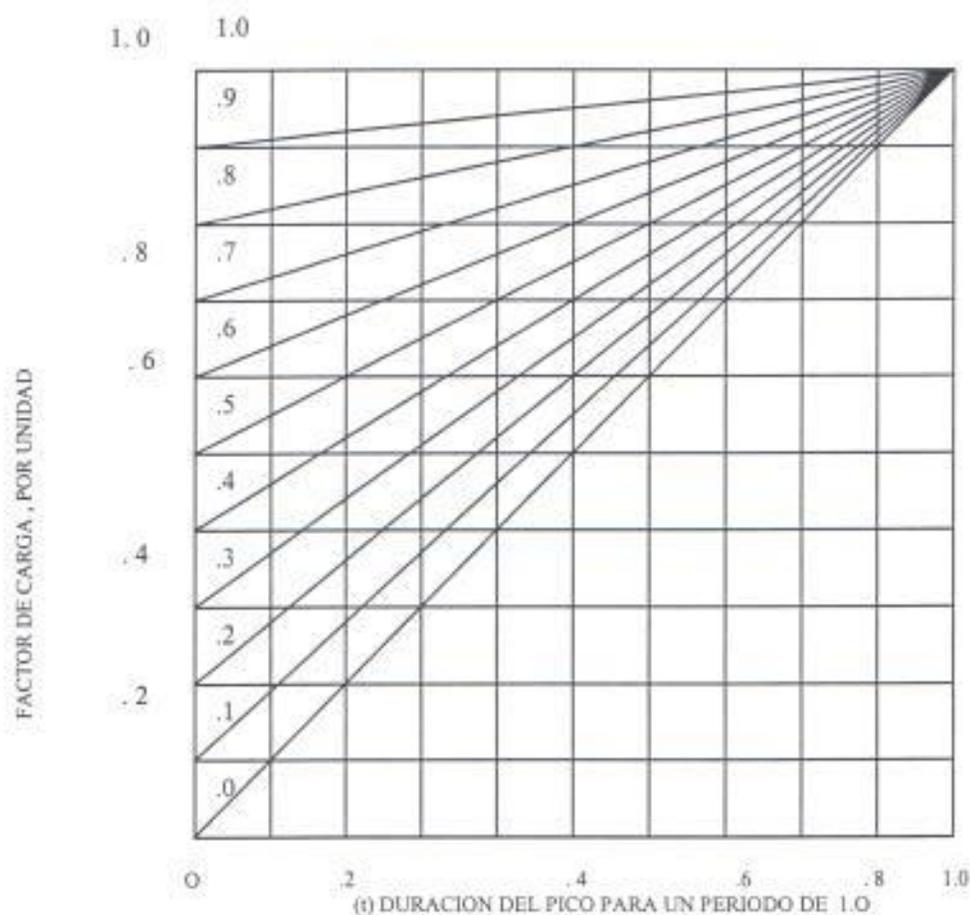


Fig.2.6 LIMITES DEL FACTOR DE PÉRDIDAS EN FUNCIÓN DEL FACTOR DE CARGA

El factor de carga y el factor de pérdidas son mostrados en la figura 2.7(a) y 2.6(b) respectivamente como una función de la carga pico y de la carga mínima. La relación entre ambos factores para varios picos y mínimos de carga puede ser determinado de ambas figuras, como siempre esta relación es mas académica que practica. La figura muestra los valores extremos de la relación. Para una carga mínima de cero el factor de pérdidas es igual al factor de carga, sin considerar la duración de la carga. Para otra carga mínima, el factor de pérdidas en términos del factor de carga varia desde (factor de carga)<sup>2</sup> hasta (factor de carga).

Teniendo establecido los límites de la relación entre el factor de pérdidas y el factor de carga, las curvas de la figura 2.8 pueden ser dibujadas. Para un factor de carga igual a la unidad, el factor de pérdidas es también igual a la unidad. Cuando el factor de carga es cercano a cero el factor de pérdidas también es cercano a cero. Para un valor intermedio del factor de carga el factor de pérdidas oscilara entre el factor de carga y el factor de carga al cuadrado. Para un valor intermedio del factor de carga el factor de pérdidas se encuentra en algún lugar entre el factor de carga al cuadrado y el factor de carga.



(a)

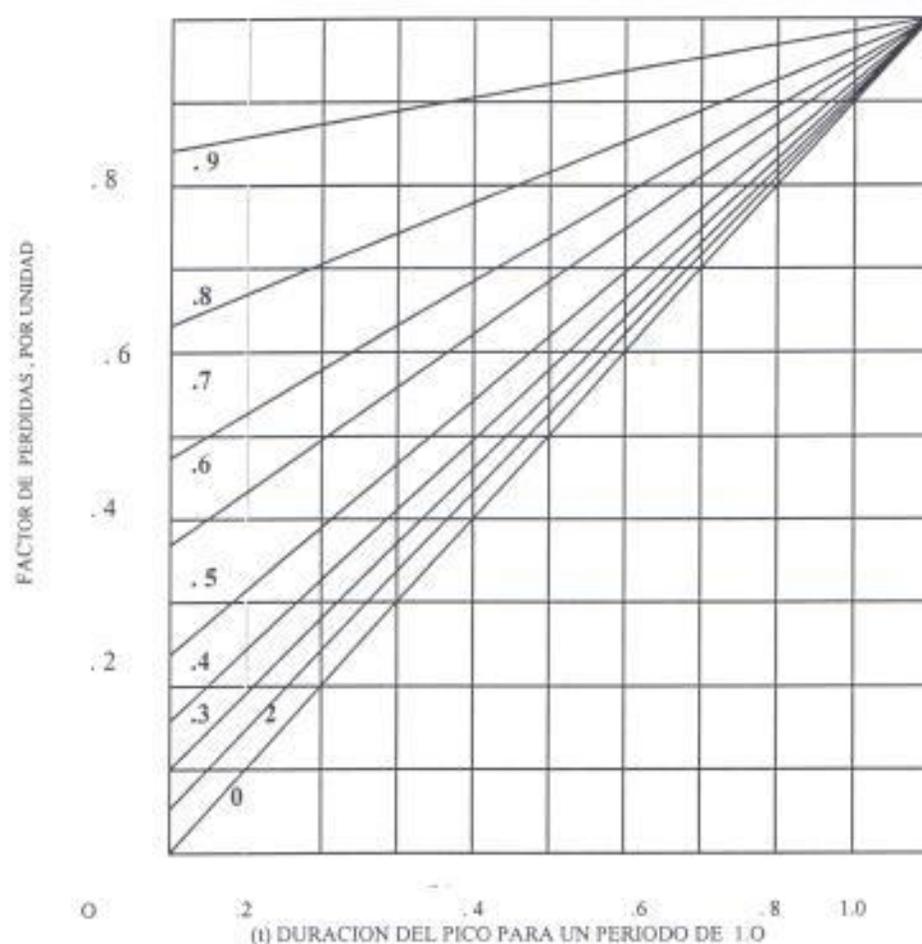


Fig.2.7: GRAFICO DEL FACTOR DE CARGA Y EL FACTOR DE PÉRDIDAS COMO FUNCIONES DE LA CARGA PICO

Una pérdida también es una carga en el sistema; por lo tanto, el factor de carga puede ser considerado como el factor de carga de las pérdidas. Como consecuencia la misma información será requerida tanto para el factor de pérdidas como para el factor de carga. Por lo tanto, la información de un factor de pérdidas en particular debe especificar el intervalo de la demanda, el periodo en el cual el factor de pérdidas es aplicado, y el tipo de carga (potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, etc. La inclusión del tipo de carga es necesario porque la segregación de pérdidas de acuerdo al tipo de carga puede ser muy interesante.

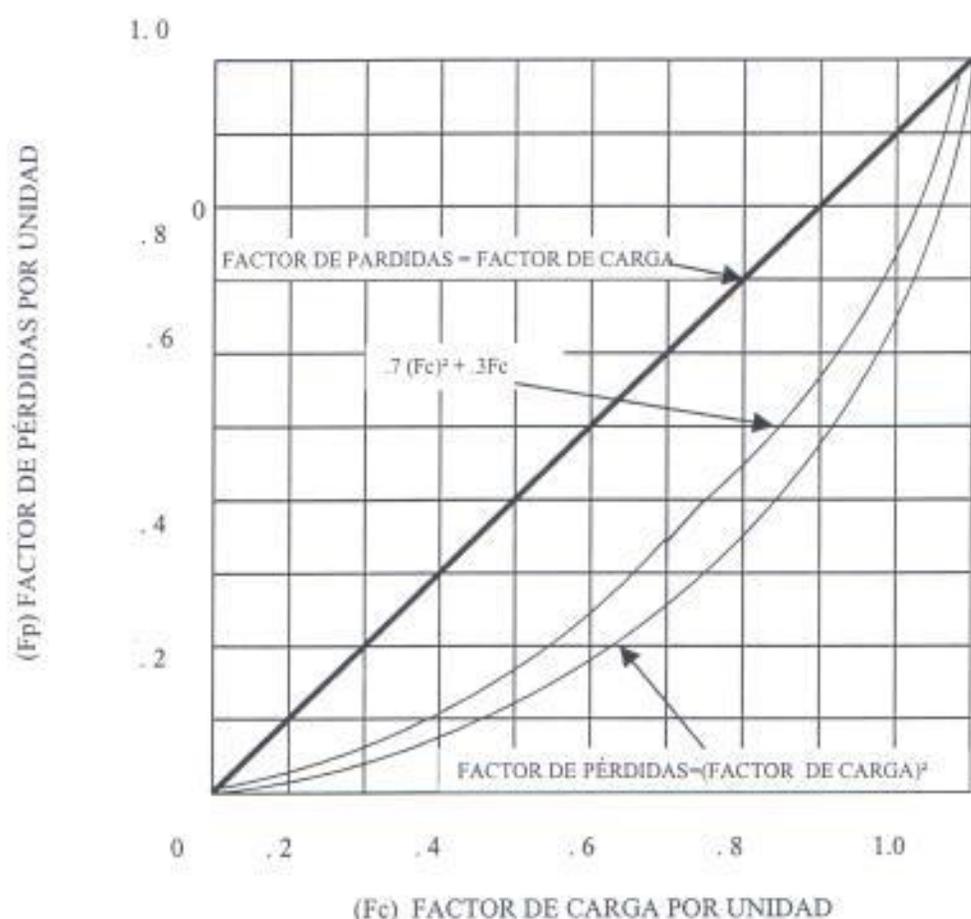


FIG. 2.8 CURVAS DEL FACTOR DE PÉRDIDAS COMO UNA FUNCION DEL FACTOR DE CARGA

El factor de pérdidas no puede ser determinado directamente desde el factor de carga, porque el factor de pérdidas es determinado de las pérdidas como una función del tiempo, por lo que se tiene que es proporcional al cuadrado de la carga en función del tiempo. De la curva 2.8 se obtiene una expresión mas real del factor de pérdidas en función del factor de carga.

$$F_p = 0.3 F_c + 0.7 F_c^2$$

ECUACION 2.13

DONDE

FP = FACTOR DE PÉRDIDAS POR UNIDAD

FC = FACTOR DE CARGA POR UNIDAD

El factor de pérdidas es utilizado principalmente en el estudio de evaluación de pérdidas, sin embargo puede ser usado para determinar un termino mas conveniente "equivalente horas". El equivalente horas puede ser definido como el promedio del numero de horas por día que la carga pico debe ser sostenida para tener como resultado la misma energía total perdida que resulta de la carga variable. La expresión para las horas equivalentes es:

$$Hr_{eq} = \text{Factor de Pérdidas} \cdot 24$$

ECUACION 2.13

#### 2.4.4 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS EN EL ALIMENTADOR PRIMARIO.

Para la determinación de pérdidas en el alimentador primario se ha utilizado como guía el programa desarrollado por la EBASCO, el cual ha sido mejorado y vuelto a desarrollar en lenguaje C++, el cual suma la potencia en KVA de los transformadores de distribución en varios puntos significativos (nodos) de la alimentadora. A este proceso lo denominamos concentración de carga. Este programa tiene una capacidad de hasta 36 nodos característicos por alimentadora.

El programa toma como datos de entrada los valores de voltajes, corrientes, factor de potencia en la subestación de la que parte la alimentadora, el tipo de conductor con su calibre y longitud, la capacidad instalada por fase (A, B, C), y la medición de corrientes en varios nodos de la alimentadora a tratar.

A partir de estos datos de corriente medida y capacidad instalada podemos obtener comportamiento de consumo en cada fase y en varios tramos de la alimentadora de acuerdo a un factor de utilización que se puede calcular con los datos ingresados anteriormente.

Con el tipo, calibre y longitud del conductor, podemos obtener las características de este que son la resistencia y reactancia de la línea por unidad de longitud.

Con este proceso que hemos seguido se tiene la posibilidad de calcular tanto la regulación de voltaje como las pérdidas que se tienen en la alimentadora a tratar, de acuerdo a lo siguiente:

Con la capacidad instalada y el factor de utilización podemos estimar la capacidad demandada en todos los nodos y por consiguiente podemos hallar la corriente en cada tramo de la línea.

Con la corriente y la impedancia (resistencia y reactancia) de la línea encontramos la caída de voltaje en ese tramo de la línea.

Con la corriente elevada al cuadrado y la impedancia (resistencia y reactancia) de la línea encontramos las pérdidas de potencia en ese tramo de la línea.

De esta misma forma podemos encontrar la caída de voltaje y las pérdidas en cada tramo de la línea y por medio de una corriente acumulada de tramo a tramo hallamos las pérdidas de potencia y la regulación de voltaje de toda la alimentadora.

Se tendrá como valores de referencia los datos de la subestación, es decir los datos de voltaje corriente y potencia demandada, puesto que debe coincidir tanto la demanda real como la corrida del programa para que sean coherentes nuestras respuestas, ya que en primera instancia no coincidirán la demanda de la carga con la demanda de la subestación debido a ciertos errores en las mediciones o al robo de energía que se puede suscitar en alguna parte de donde tomaron las lecturas de corrientes.

Cuando obtenemos nuestra primera corrida del programa no sale una respuesta que coincida con los datos de referencia, entonces se realiza un ajuste en cada nodo de la alimentadora que debe ser proporcional con la diferencia de potencia que tenemos entre la potencia de referencia y la potencia de programa, este ajuste lo realiza el programa automáticamente, esta es una innovación al programa de EBASCO.

Luego de tener este ajuste debemos verificar el voltaje de referencia, el cual se lo ajusta variando el voltaje del nodo 1 hasta que coincida con el voltaje del programa.

#### 2.4.5 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS EN EL CIRCUITO SECUNDARIO

La metodología para determinar las pérdidas a nivel secundario es muy sencilla, ya que tenemos la ventaja de que el programa nos proporciona datos de corriente de los distintos ramales que constituyen la red de baja tensión. A continuación detallaremos paso a paso el procedimiento utilizado:

- Seleccionamos un transformador de distribución del cual partan las líneas secundarias
- Se determina sección por sección las pérdidas, esto es como por cada acometida que sirve a un determinado abonado circula un flujo de corriente, al realizar la corrida del programa VOLTAGE DROP obtendremos estos datos de corriente; además esta corrida nos presenta la longitud de cada tramo y conociendo el calibre y tipo del conductor podemos calcular las pérdidas mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PÉRDIDAS} = I^2 * R * F_p$$

- Una vez que se hayan encontrado las pérdidas de todos los ramales a los que alimenta el transformador escogido totalizamos las pérdidas, obteniendo de esta manera las pérdidas que atañen al circuito alimentado por el transformador seleccionado.
  
  - Cabe recalcar que los datos de resistencia del conductor utilizado vienen en ( $\zeta$ /MILLA) por lo que para reducirlos a ( $\zeta$ /Metro) fue necesario introducir el factor de conversión 1609.
  
  - Como factor de potencia se consideró 0.9
-

## CAPITULO III

### APLICACIÓN DEL PROGRAMA A UNA ALIMENTADORA EJEMPLO

Para el estudio de aplicación del programa ENGEN de CABLECAD nos valimos del plano cartográfico de la ciudadela Kennedy Norte, el cual fue digitalizado por EMELEC a través del programa AUTOCAD. Debemos dejar en constancia el agradecimiento a los ingenieros que laboran en los departamentos de CONSULTAS y PROYECTOS de EMELEC y ELECTROECUADOR por toda la colaboración prestada.

Una vez que nos fue facilitado el plano cartográfico de la ciudadela se tuvo que realizar el siguiente trabajo de campo:

- ✓ Levantamiento eléctrico de las redes de alta y baja tensión.
- ✓ Ubicar en el plano de referencia la ubicación correcta de cada uno de los abonados.
- ✓ Ingresar la información comercial de cada abonado.

#### 3.1 INGRESO DE LA INFORMACIÓN

La mayor parte de la información requerida para la elaboración de nuestro proyecto fue proporcionada cordialmente por los funcionarios de EMELEC Y ELECTROECUADOR quienes en todo momento nos brindaron su colaboración. En primera instancia nos facilitaron el plano cartográfico digitalizado de la ciudadela Kennedy Norte; el siguiente paso fue convertir este archivo del formato DWG (autocad) al formato GRF (cablecad).

Luego se realizó el levantamiento eléctrico el cual incluye la ubicación exacta de los transformadores de distribución especificando la fase a la cual se encuentran conectados, en el levantamiento de líneas primarias se verificó el recorrido de estas determinando si las líneas eran monofásicas o trifásicas.

Posteriormente se realizó el levantamiento de la línea secundaria, para el efecto partimos siempre de un transformador recorriendo la línea, anotando el número de abonados conectados al transformador y señalando la ubicación física del mismo.

El consumo de cada uno de los 1142 abonados nos fue proporcionado por EMELEC a través de una base de datos hecha en EXCEL con el consumo de 12 meses de los abonados, la fecha de corte con que nos proporcionaron estos datos fue el mes de junio.

### 3.2 ESTADO DEL SISTEMA

Anteriormente los estudios de pérdidas y evaluación de estas y sus respectivos costos durante la vida útil de los materiales y equipos solo se realizaban a nivel de generación y transmisión. Ello se debía al alto costo de estos equipos y a las facilidades que se tenían para realizar los estudios ya que en estos niveles son mas estable en su desarrollo. El sistema de distribución de esta ciudadela por ser relativamente nuevo ha sido objeto de pocos estudios de este tipo. Actualmente se ha eliminado el criterio de la menor inversión inicial y con esto las consiguientes pérdidas elevadas; un ejemplo podría ser la elección del tamaño del conductor de un alimentador primario, en la actualidad se proyecta la suficiente capacidad de reserva para alimentar a futuras cargas, de este modo con una sección mayor del conductor se tiene una menor resistencia y por tanto las pérdidas por efecto Joule disminuyen.

Cabe recalcar que en entrevistas mantenidas con funcionarios de EMELEC se nos manifestó que la empresa no acostumbra a realizar estudios de pérdidas ni de caída de voltaje, sino que mas bien se aplica una política práctica, la cual consiste en ubicar transformadores en los centros de carga, tomar lecturas de voltaje y corriente en el sitio mismo y en cuanto al calibre del conductor dimensionarlo de tal modo que se tenga la suficiente capacidad de reserva.

#### 3.2.1 ORGANIZACIÓN DEL AREA SERVIDA

La Empresa Eléctrica del Ecuador entrega energía y potencia desde la subestación POLICENTRO de la cual salen dos alimentadores a 13.8 KV; el alimentador ALCIVAR y el alimentador FRANCISCO DE ORELLANA, este último es objeto de nuestro estudio. Estos alimentadores entregan potencia y energía preferentemente a los usuarios residenciales y a unos cuantos usuarios comerciales. Actualmente se esta construyendo una nueva subestación que brindara sus servicios a cargas superiores al 1MVA, las cuales están proyectadas para el año 2000.

#### 3.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

- RED DE ALTA TENSIÓN.

Para la zona servida es del tipo radial aéreo de acuerdo a las normas de INECEL y con un calibre de conductores generalizado de 336 MCM ACSR.

- **RED DE BAJA TENSION.**

Para la zona servida es del tipo radial aéreo de acuerdo a las normas de INECEL y con un calibre de conductores que van desde el 1/0 al 2/0 ACSR.

- **TRANSFORMADORES**

Los transformadores de distribución, son del tipo autoprotegido, autoenfriados en aceite e instalados en postes. Para esta ciudadela se tiene una capacidad estandarizada de 50 KVA para transformadores monofásicos.

### 3.3 CLASIFICACION DE LAS PÉRDIDAS

Con el objeto de sistematizar el análisis de las pérdidas de sistema de distribución en estudio, se hará una clasificación de las mismas.

Tomando en cuenta varios factores se pueden clasificar las pérdidas según los siguientes criterios:

#### 1) PÉRDIDAS A NIVEL DE DISTRIBUCIÓN

A este nivel las principales fuentes de pérdidas físicas que se involucran son: Pérdidas en los alimentadores primarios, pérdidas en los transformadores de distribución, pérdidas en las redes secundarias, pérdidas en las redes de alumbrado público y pérdidas comerciales, por una mala facturación o subfacturación.

#### 2) POR TIPO DE CAUSA

Estas van a depender de las causas que producen las pérdidas y cuya clasificación es la siguiente:

##### a) PÉRDIDAS POR CAUSAS FÍSICAS.-

Dentro de este tipo se consideran las pérdidas por efecto JOULE y las pérdidas en los núcleos de los transformadores.

---

#### b) PÉRDIDAS POR CONSUMO PROPIO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA.-

Aquí se considera los consumos propios de edificios, subestaciones, patios de maniobras, etc.

#### c) PÉRDIDAS COMERCIALES.-

En estas se consideran la energía consumida pero no facturada o que ha sido subfacturada. Aquí podemos anotar:

- Pérdidas por descalibración de contadores de energía debido al uso, falla, o fraude.
- Pérdida por alteración fraudulenta de los circuitos de conexión de los contadores de energía.
- Pérdidas por errores en la lectura de los contadores de energía.
- Pérdidas por errores de facturación.
- Pérdidas por contrabando de energía.

### 3.4 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

Los abonados de la ciudadela Kennedy Norte reciben el suministro de energía eléctrica a través de un alimentador que parte de la subestación AMERICA, la cual se encuentra en funcionamiento desde 1990 y está ubicado en la ciudadela Chemisse. Esta subestación posee una capacidad instalada de 24 MVA, de las lecturas tomadas se tiene que la capacidad máxima utilizada es 20.98 MVA lo que representa el 87.42% de la capacidad total. De la subestación sale un alimentador a 13.8KV, el calibre de este conductor es 336 MCM ACSR SINGLE CORE XLPE INSULATED CABLE (ABB). Los transformadores de distribución son del tipo convencional de 50 KVA con una entrada de 13.8 KV / 7.62 KV y una salida de 120 V / 240 V. Los conductores para la red secundaria son del tipo AL ASC con un calibre 3/0 para la fase y 1/0 para el neutro.

Actualmente se está construyendo la nueva subestación KENNEDY NORTE la cual una vez que entre en funcionamiento pasará a alimentar esta carga. El reglamento de acometidas de EMELEC señala en uno de sus artículos que los abonados cuya demanda supere el 1.0 MVA deberán tener una acometida en alta tensión a 69 KV, pero debido a que en esta zona se encuentran concentrados muchos usuarios con estas características resultaría desfavorable desde el punto de vista técnico y desde el punto de vista ecológico (está comprobado que personas que habitan en zonas donde existe concentración de líneas de alta tensión superiores a los 13.8 KV están mas propensas a sufrir enfermedades tales

como la leucemia) no es conveniente trazar excesivas cantidades de acometidas en alta tensión a 69 KV; por lo que la empresa decidió la construcción de esta nueva subestación.

El Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) suministra energía y potencia a la subestación KENNEDY NORTE (EMELEC) a través de un alimentador a 69 KV, dicho alimentador parte desde la subestación POLICENTRO, el cual posee un patio de maniobras de 138 KV /69 KV con cuatro salidas a 69 KV para EMELEC estas son FRANCISCO DE ORELLANA, TRES CERRITOS, PIEDRAHITA y # 4.

La capacidad instalada de esta subestación es de 48 MVA, está diseñada con una suficiente capacidad de reserva para poder servir a cargas futuras. De esta subestación parten ocho alimentadores a 13.8 KV cuyos conductores poseen las siguientes características: 500MCM 15 KV CU XLPE CORE. Estos alimentadores son:

ALIMENTADOR #1: Alimenta las cargas ubicadas en la av. Juan Tanca Marengo hacia el sur, con una demanda proyectada de 4MVA.

ALIMENTADOR #2: Abarca la zona comprendida entre la ciudadela K.N., av. Juan Tanca Marengo hacia el norte, con una demanda proyectada de 4 MVA.

ALIMENTADOR #3: Que alimentará al Banco del Progreso y al edificio Centrum, con una demanda de 4 MVA.

ALIMENTADOR #4: El cual alimentará al edificio World Trade Center, el cual posee una demanda proyectada de 6 MVA.

ALIMENTADOR #5: Alimenta al edificio Las Cámaras, el Hotel Hilton Colón y el edificio Torres del Norte, con una demanda de 6.3 MVA.

ALIMENTADOR #6: Comprende el Banco de Pichincha y el lado oeste de la ciudadela K.N. hasta el Policentro.

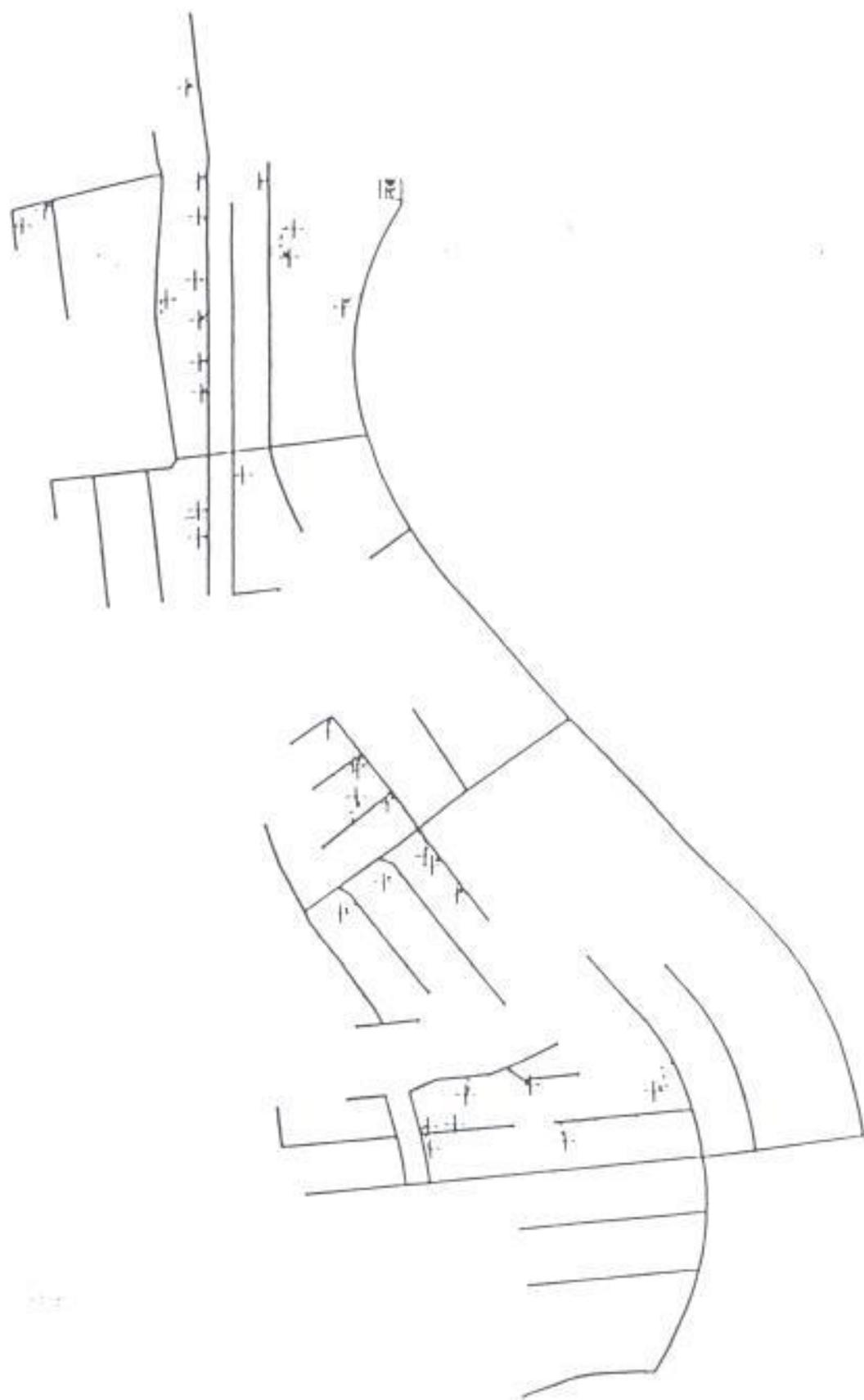
ALIMENTADOR #7: Recorre el club Casa Grande y el lado oeste de la ciudadela K.N. desde el edificio Centrun hasta el Policentro.

ALIMENTADOR #8: Queda como reserva para alimentar a cargas futuras.

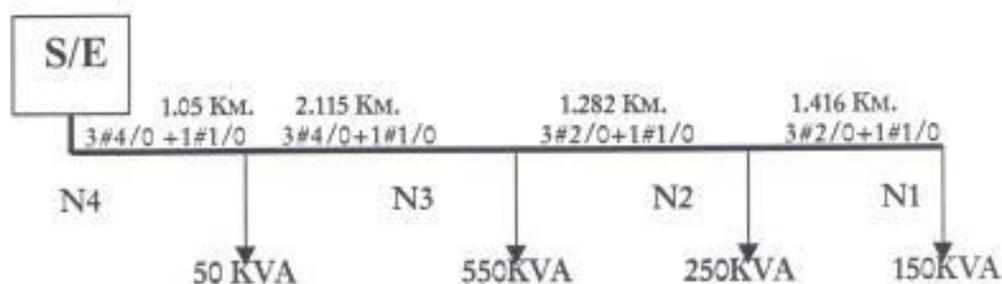
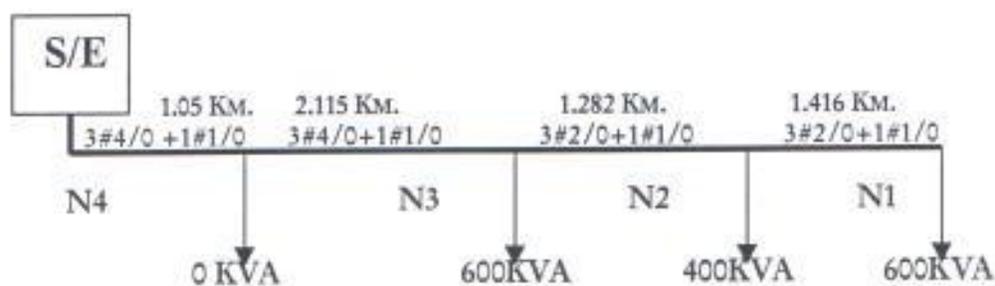
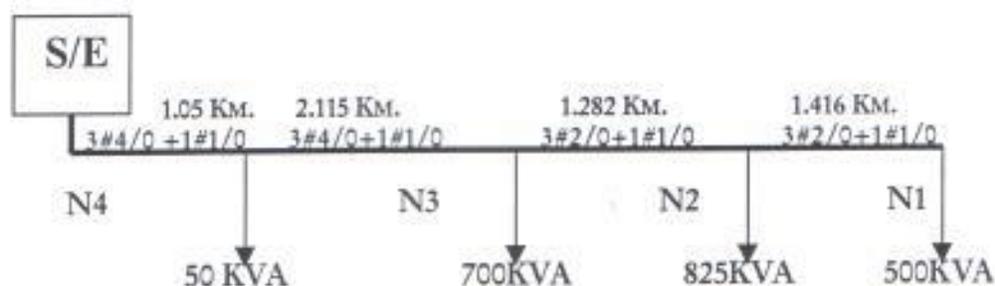
Debido a que EMELEC y el Municipio de Guayaquil consideran que este sector se va a constituir en el nuevo casco comercial de Guayaquil, se tomó la decisión de que los alimentadores a 13.8 KV vayan subterráneas por las dos aceras de la av. Francisco de Orellana.



## 3.4.2 PERFIL DEL SISTEMA ELECTRICO



## 3.4.3 DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION



## 3.5 RESULTADOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

3.5.1 RESUMEN DEL CALCULO DE PERDIDAS  
EN EL CIRCUITO PRIMARIO

NODO	FASE	Pérdidas de Potencia Activa (W)		Pérdidas de Potencia Reactiva (VAR)		Pérdidas de Potencia Acumulada (W)
1	A	12,218552	W	15,663277	VAR	12,218552
2	A	67,102472	W	86,020386	VAR	79,321022
3	A	69,956668	W	89,679276	VAR	149,27771
4	A	57,852631	W	74,162773	VAR	207,130341
5	A	0	W	0	VAR	207,130341
1	B	71,874016	W	92,137161	VAR	71,874016
2	B	112,527802	W	144,252289	VAR	184,401825
3	B	105,808357	W	135,638443	VAR	290,210175
4	B	83,0013532	W	10640181	VAR	373,202606
5	B	03,0014047	W	06,401634	VAR	373,211578
1	C	3,341502	W	4,283557	VAR	3,341502
2	C	10,957681	W	14,046933	VAR	14,299183
3	C	28,833282	W	36,962124	VAR	43,132465
4	C	25,180006	W	32,278896	VAR	68,312469
5	C	05,180006	W	02,278896	VAR	68,312469

### 3.5.2 RESUMEN DEL CALCULO DE PERDIDAS EN EL CIRCUITO SECUNDARIO

Nº	Pérdidas De Potencia (W)		Pérdidas de Energía (WH)	
1	16,03267182	W	6,773803842	WH
2	51,60652942	W	21,80375868	WH
3	64,67371541	W	27,32464476	WH
4	1,16341466	W	0,491542695	WH
5	85,52124136	W	36,13272448	WH
6	35,65991670	W	15,06631481	WH
7	2,80588242	W	1,185485323	WH
8	7,07950288	W	2,991089965	WH
9	8,10395942	W	3,423922854	WH
10	4,31147787	W	1,821599399	WH
11	0,97244079	W	0,410856235	WH
12	4,27725979	W	1,807142261	WH
13	21,80234946	W	9,211492645	WH
14	10,08875621	W	4,262499499	WH
15	42,07723670	W	17,77763251	WH
16	39,96806300	W	16,88650662	WH
17	47,08978616	W	19,89543465	WH
18	10,08875621	W	4,262499499	WH
19	11,98601506	W	5,064091361	WH
20	1,23185082	W	0,520456971	WH
21	3,26173813	W	1,378084359	WH
22	17,71533397	W	7,484728603	WH
23	9,64949808	W	4,07691294	WH
24	3,59289822	W	1,517999499	WH
25	3,83242477	W	1,619199466	WH
26	3,83242477	W	1,619199466	WH
27	39,02480268	W	16,48797913	WH
28	57,25271326	W	24,18927135	WH
29	43,55064713	W	18,40014841	WH
30	32,03374611	W	13,53425773	WH
31	33,83808227	W	14,29658976	WH
32	6,29612641	W	2,660113408	WH
33	5,66718329	W	2,394384938	WH
34	4,63977666	W	1,960305637	WH
35	1,30028698	W	0,549371247	WH
36	2,25839317	W	0,954171114	WH

37	1,91621239	W	0,809599733	WH
38	10,47968438	W	4,427666652	WH
39	0,92388811	W	0,390342728	WH
40	3,14806320	W	1,330056704	WH
41	0,97244079	W	0,410856235	WH
42	20,45224791	W	8,641074742	WH
43	2,73744626	W	1,156571047	WH
44	58,66659986	W	24,78663844	WH
45	1,28703132	W	0,543770734	WH
46	21,98386065	W	9,288181125	WH
47	2,05308470	W	0,867428285	WH
48	1,15015901	W	0,485942182	WH
49	23,34459302	W	9,863090553	WH
50	32,79050558	W	13,85398861	WH
51	1,98464854	W	0,838514009	WH
52	53,65394679	W	22,66879252	WH
53	27,03228186	W	11,42113909	WH
54	6,22769025	W	2,631199132	WH
55	1,02654235	W	0,433714143	WH
56	3,38758975	W	1,43125667	WH
57	3001,22637	W	1268,018141	WH
58	2,42948356	W	1,026456804	WH
59	2,42948356	W	1,026456804	WH
60	15,66405043	W	6,618061305	WH
61	5,21015898	W	2,201292168	WH
62	8,53319254	W	3,605273849	WH
63	0,75279772	W	0,318057038	WH
64	3,62711630	W	1,532456637	WH
65	1,64246776	W	0,693942628	WH
66	0,54748925	W	0,231314209	WH
67	24,69442620	W	10,43339507	WH
68	2,05308470	W	0,867428285	WH
69	53,94152965	W	22,79029628	WH
70	3,07962705	W	1,301142428	WH
71	4,17460555	W	1,763770846	WH
72	5,63619570	W	2,381292682	WH
73	18,53037490	W	7,829083395	WH
<b>TOTALES</b>	<b>4163,67787221</b>	<b>W</b>	<b>1759,15390101</b>	<b>WH</b>

## 3.5.3 CALCULO DE PERDIDAS EN EL PRIMARIO

```
FLUJO DE PRIMARIOS
FASE: A
Corriente medida en S/E: 41.8
Voltaje en S/E (voltios): 7620
Factor de Potencia: 0.9
Demanda max. en S/E (KW): 286.664398
FASE: B
Corriente medida en S/E: 46.72
Voltaje en S/E (voltios): 7620
Factor de Potencia: 0.9
Demanda max. en S/E (KW): 320.405762
FASE: C
Corriente medida en S/E: 27.18
Voltaje en S/E (voltios): 7620
Factor de Potencia: 0.9
Demanda max. en S/E (KW): 186.400436

Modificar Continuar
```

Cuadro 1. El programa recibe como entrada los datos de la corriente medida, voltaje y factor de potencia en cada fase, a partir de esto se obtiene el comportamiento de consumo de cada fase.

```
Ingrese el número de nodos de medición: 3_
```

Cuadro 2. A partir del cuadro 2 hasta el cuadro 5 se realiza el cálculo del factor de utilización, el cual es el que determina las características de consumo de los diversos sectores de la alimentadora con respecto a la capacidad instalada.

N O D O		1.-	
FASE:			A
I medida:	8		
KVA instalados:	500		
I nominal:	65.616798		
PF activo:	0.189728		
PF reactivo:	0.053144		
FASE:			B
I medida:	22.19		
KVA instalados:	600		
I nominal:	78.740158		
PF activo:	0.253632		
PF reactivo:	0.122839		
FASE:			C
I medida:	4.2		
KVA instalados:	150		
I nominal:	19.68584		
PF activo:	0.192024		
PF reactivo:	0.093001		
Modificar		Continuar	

Cuadro 3.

N O D O		2.-	
FASE:			A
I medida:	23.75		
KVA instalados:	1325		
I nominal:	173.884521		
PF activo:	0.122926		
PF reactivo:	0.059536		
FASE:			B
I medida:	28.9		
KVA instalados:	1000		
I nominal:	131.233597		
PF activo:	0.198196		
PF reactivo:	0.095991		
FASE:			C
I medida:	8.87		
KVA instalados:	400		
I nominal:	52.493439		
PF activo:	0.13836		
PF reactivo:	0.067811		
Modificar		Continuar	

Cuadro 4.

N O D O	3.	
FASE:		A
I medida:	39.51	
KVA instalados:	2025	
I nominal:	265.748816	
PI activo:	8.133807	
PI reactivo:	8.864886	
FASE:		B
I medida:	46.72	
KVA instalados:	1688	
I nominal:	209.973755	
PI activo:	8.288254	
PI reactivo:	8.896987	
FASE:		C
I medida:	24.6	
KVA instalados:	958	
I nominal:	124.671913	
PI activo:	8.177586	
PI reactivo:	8.886089	

Modificar
Continuar

Cuadro 5.

Ingrese el número de nodos: 4\_

**Cuadro 6.** Desde el cuadro 6 hasta el cuadro 13, se ingresan los parámetros necesarios para obtener las características de la línea (demanda, voltaje, caída de voltaje y pérdidas).

```

F A S E A
Calibre del conductor: 4/0
Longitud (Km) del nodo 1: 0.41556
kva instalados en el nodo 1: 557.9573993
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.109728
Factor de Utilización Reactivo: 0.053144
Longitud (Km) del nodo 2: 0.28137
kva instalados en el nodo 2: 920.6297089
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.122926
Factor de Utilización Reactivo: 0.059536
Longitud (Km) del nodo 3: 0.11473
kva instalados en el nodo 3: 781.140359
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.133807
Factor de Utilización Reactivo: 0.064806
Longitud (Km) del nodo 4: 0.09
kva instalados en el nodo 4: 55.79573993
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416_

```

Cuadro 7.

```

Total de Longitud: 0.90166
Total de Kva ins. en la fase 1 : 2315.523193

```

Presione Enter para continuar...

Cuadro 8.

```

P A S E      B
Calibre del conductor: 4/0
kva instalados en el nodo 1: 585.1839818
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.253632
Factor de Utilización Reactivo: 0.122839
kva instalados en el nodo 2: 390.1226545
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.198196
Factor de Utilización Reactivo: 0.095991
kva instalados en el nodo 3: 585.1839818
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.200254
Factor de Utilización Reactivo: 0.096987
kva instalados en el nodo 4: 0
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.200254
Factor de Utilización Reactivo: 0.096987

Modificar_ Continuar_

```

Cuadro 9.

```

Total de Kva ins. en la fase 2 : 1560.490601

Presione Enter para continuar...

```

Cuadro 10.

```
F A S E C
Calibre del conductor: 4/0
kva instalados en el nodo 1: 166.8377944
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.192024
Factor de Utilización Reactivo: 0.093001
kva instalados en el nodo 2: 278.0629906
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.13836
Factor de Utilización Reactivo: 0.067011
kva instalados en el nodo 3: 611.7385794
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.177586
Factor de Utilización Reactivo: 0.086009
kva instalados en el nodo 4: 55.61259813
Resistencia del conductor: 0.367930392
Reactancia del conductor: 0.471659416
Factor de Utilización Activo: 0.177586
Factor de Utilización Reactivo: 0.086009
```

Modificar

Continuar

Cuadro 11.

```
Total de Kva inc. en la fase 3 : 1112.251953
```

Presione Enter para continuar...

Cuadro 12.

```

FASE A.- Capacidad total instalada(kva): 2315.523193
FASE B.- Capacidad total instalada(kva): 1560.490601
FASE C.- Capacidad total instalada(kva): 1112.251953

```

Presione Enter para continuar...

Cuadro 13.

```

FASE A.-
Corriente medida en subestación: 41.799999
Capacidad instalada en la alimentadora(Kva): 4988.265625
Capacidad instalada en fase: 2315.523193
Factor de potencia en la alimentadora: 0.9
Demanda máxima en fase(Kw): 286.664398
Demanda máxima en fase(Kvar): 138.837921
Conductor.-
Resistencia(ohm/Km): 0.36793
Reactancia(ohm/Km): 0.471659

Nodo 1 (Kva) 557.957397
Real Imaginario Magnitud
Voltaje en nodo(v): 7609.67 0 7609.669922
Carga en nodo(Kw-Kvar): 61.223545 29.651922
Impedancia de linea(ohms): 0.152897 0.196003
Corriente de linea(amp): 8.045493 -3.896611 8.939437
Caída de voltaje en linea(v):1.99388 0.981158 2.222212
Perdidas en la linea(watios):12.218552 15.663277
Perdida acumulada(watios): 12.218552

```

Presione Enter para continuar...

Cuadro 14. A partir de este cuadro hasta el cuadro 25, se realiza el cálculo de caída de voltaje y las pérdidas en cada tramo de la línea; y por medio de una corriente acumulada de tramo a tramo hallamos la pérdida de potencia y la regulación de voltaje en toda la alimentadora, mediante el método de Voltaje-Amperio-Ohmmio.

```

FASE A.-
Corriente medida en subestación: 41.799999
Capacidad instalada en la alimentadora(Kva): 4988.265625
Capacidad instalada en fase: 2315.523193
Factor de potencia en la alimentadora: 0.9
Demanda máxima en fase(Kw): 286.664398
Demanda máxima en fase(Kvar): 138.837921
Conductor.-
Resistencia(ohm/Km): 0.36793
Reactancia(ohm/Km): 0.471659

Nodo 2 (Kva) 920.629797
          Real          Imaginario          Magnitud
Voltaje en nodo(v): 7611.663574 0.981158 7611.663574
Carga en nodo(Kw-Kvar): 174.405472 84.478182
Impedancia de linea(ohms): 0.103525 0.132711
Corriente de linea(amp): 22.912924 -11.098517 25.459364
Caída de voltaje en linea(v):3.844944 1.891824 4.285159
Perdidas en la linea(watios):67.102472 86.020386
          Perdida Acumulada(watios): 79.321022

          Presione Enter para continuar...

```

Cuadro 15.

```

FASE A.-
Corriente medida en subestación: 41.799999
Capacidad instalada en la alimentadora(Kva): 4988.265625
Capacidad instalada en fase: 2315.523193
Factor de potencia en la alimentadora: 0.9
Demanda máxima en fase(Kw): 286.664398
Demanda máxima en fase(Kvar): 138.837921
Conductor.-
Resistencia(ohm/Km): 0.36793
Reactancia(ohm/Km): 0.471659

Nodo: 3 (Kva) 781.140381
                Real      Imaginario      Magnitud
Voltaje en nodo(v): 7615.508301 2.872982 7615.508789
Carga en nodo(Kw-Kvar): 278.994781 135.186615
Impedancia de linea(ohms): 0.042213 0.054113
Corriente de linea(amp): 36.635082 -17.751488 40.709274
Caída de voltaje en linea(v):2.507059 1.233115 2.793907
Perdidas en la linea(watios):69.956688 89.679276
                Perdida Acumulada(watios): 149.27771

                Presione Enter para continuar...

```

Cuadro 16.

```

FASE A.-
Corriente medida en subestación: 41.799999
Capacidad instalada en la alimentadora(Kva): 4988.265625
Capacidad instalada en fase: 2315.523193
Factor de potencia en la alimentadora: 0.9
Demanda máxima en fase(Kw): 286.664398
Demanda máxima en fase(Kvar): 138.837921
Conductor.-
Resistencia(ohm/Km): 0.36793
Reactancia(ohm/Km): 0.471659

Nodo 4 (Kva) 55.7957381
          Real          Imaginario          Magnitud
Voltaje en nodo(v): 7618.015137      4.106097      7618.016113
Carga en nodo(Kw-Kvar): 286.530609      138.892181
Impedancia de linea(ohms): 0.033114      0.042449
Corriente de linea(amp): 37.612236      -18.232067      41.798187
Caída de voltaje en linea(v):2.019421      0.992883      2.250306
Perdidas en la linea(watios):57.852631      74.162773
          Perdida Acumulada(watios): 207.130341

          Presione Enter para continuar...

```

Cuadro 17.

```

FASE B.-
Corriente medida en subestación: 46.720001
Capacidad instalada en la alimentadora(Kva): 4988.265625
Capacidad instalada en fase: 1560.490601
Factor de potencia en la alimentadora: 0.9
Demanda máxima en fase(Kw): 320.405762
Demanda máxima en fase(Kvar): 155.179611
Conductor.-
Resistencia(ohm/Km): 0.36793
Reactancia(ohm/Km): 0.471659

Nodo 1 (Kva) 585.18396
          Real          Imaginario          Magnitud
Voltaje en nodo(v): 7606.19          0          7606.189941
Carga en nodo(Kw-Kvar): 148.421204          71.883682
Impedancia de linea(ohms): 0.152897          0.196003
Corriente de linea(amp): 19.513212          -9.450682          21.681347
Caída de voltaje en linea(v):4.835875          2.379662          5.389664
Perdidas en la linea(watios):71.874016          92.137161
          Perdida Acumulada(watios): 71.874016

          Presione Enter para continuar...

```

Cuadro 18.

```

FASE B.-
Corriente medida en subestación: 46.720001
Capacidad instalada en la alimentadora(Kva): 4988.265625
Capacidad instalada en fase: 1560.490601
Factor de potencia en la alimentadora: 0.9
Demanda máxima en fase(Kw): 320.405762
Demanda máxima en fase(Kvar): 155.179611
Conductor.-
Resistencia(ohm/Km): 0.36793
Reactancia(ohm/Km): 0.471659

Nodo 2 (Kva) 390.12265
Real Imaginario Magnitud
Voltaje en nodo(v): 7611.025879 2.379662 7611.026367
Carga en nodo(Kw-Kvar): 225.813904 109.424004
Impedancia de linea(ohms): 0.103525 0.132711
Corriente de linea(amp): 29.669312 -14.377036 32.969185
Caída de voltaje en linea(v):4.979491 2.449062 5.549165
Perdidas en la linea(watios):112.527802 144.252289
Perdida Acumulada(watios): 184.401825

Presione Enter para continuar...

```

Cuadro 19.

## 3.5.4 CALCULO DE LA CAÍDA DE VOLTAJE EN LA ALIMENTADORA PRIMARIA

Referencia	
% Voltaje S/E	124.5

## CARACTERISTICAS DE LINEA PRIMARIA

Tramo	Conductor		Longitud km.	Resistencia (OHM/km.)	Reactancia (OHM/km.)	Resistencia (OHM)	Reactancia (OHM)
	Calibre	Tipo					
SE - 1	40	CU	1,05	0,172778123	0,383219391	0,2919	0,40239036
1 - 2	40	CU	2,115	0,172778123	0,383219391	0,36542573	0,810509012
2 - 3	20	ACSR	1,282	0,438781852	0,471845867	0,562518334	0,604906401
3 - 4	20	ACSR	1,416	0,438781852	0,471845867	0,182340186	0,668113748

NODO	Carga en nodo				Carga acumulada		
	MW	MVAR	MVA	FP	MW	MVAR	MVA
1	0,08	0,06	0,1	0,8	3,96	2,97	4,95
2	1,49	1,13	1,85	0,8	3,88	2,91	4,85
3	1,40	1,05	1,75	0,8	2,4	1,8	3
4	1	0,75	1,25	0,8	1	0,75	1,25

## DETERMINACION D E LA CONSTANTE K

NODO	K (DE LINEA)		K (DE TABLA)	
	MVA*K	FP	KVA*K	MVA*K
1	5,1975	0,8	4733	4,733
2	10,25775	0,8	4733	4,733
3	3,846	0,8	2747	2,747
4	1,27	0,8	2747	2,747

## PORCENTAJES DE CAIDA DE VOLTAJE EN LA LINEA PRIMARIA

Tramo	Caída Voltaje %
SE - 1	1,098140714
1 - 2	2,167282903
2 - 3	1,400072807
3 - 4	0,644539279

NODO	Voltaje %	Voltaje L-L Voltios	Voltaje L-N Voltios
1	103,4018593	13649,04543	7880,280951
2	101,2345794	13362,96408	7715,11091
3	99,83450357	13178,15447	7608,41632
4	98,19016429	12993,10169	7559,305783

## METODO VOLTIO-AMPERIO-OHMIO

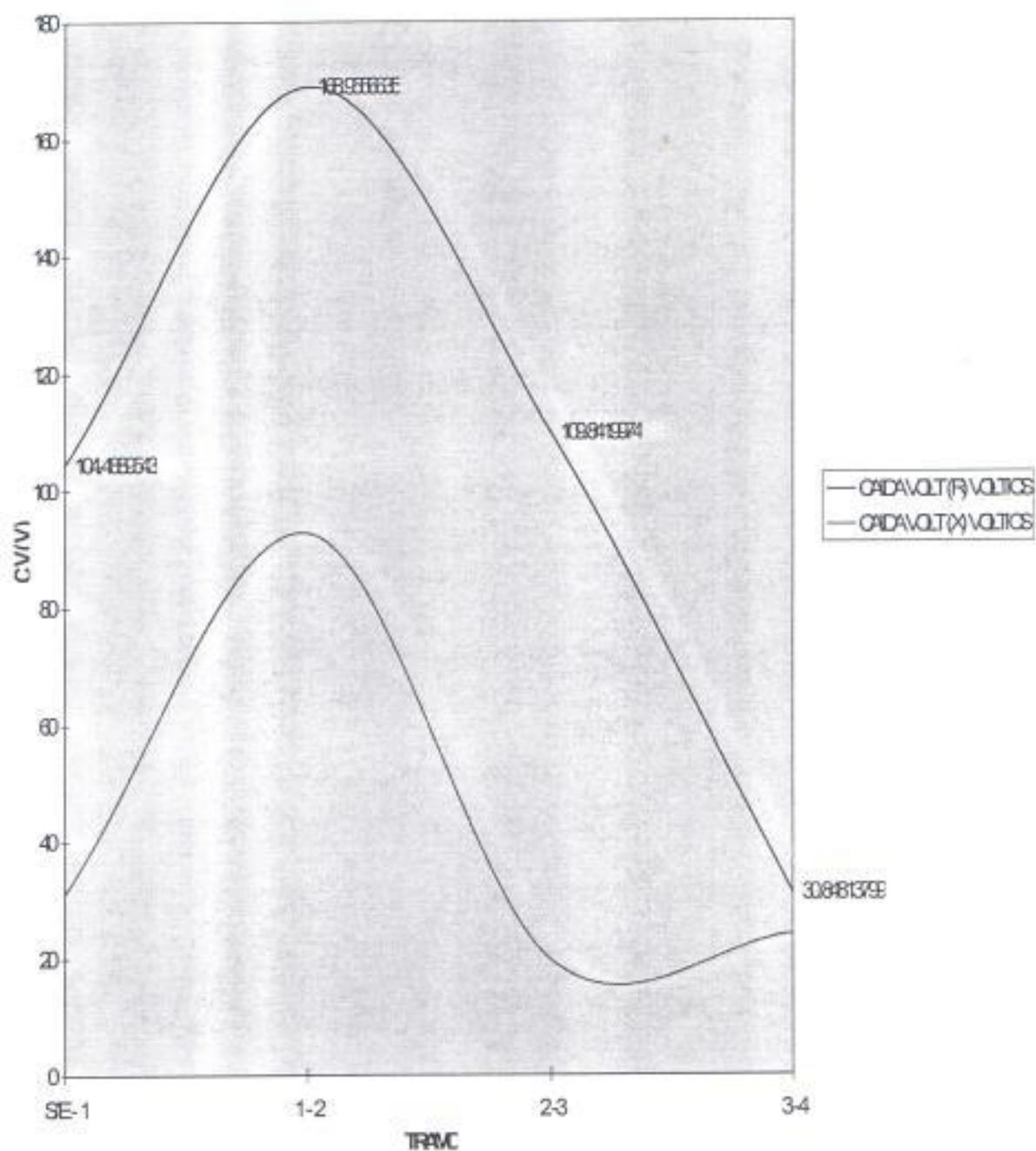
Voltaje S/E (V)	
	7799,134753

NODO	Voltaje L-N	Voltaje L-N	I entrante (R)	I entrante (X)
	Voltios	Voltios	A	A
1	7694,645799	136,3737688	173,7798538	-133,6134259
2	7525,690135	43,61401551	173,2196698	-130,3585032
3	7415,848138	23,98459074	107,5953447	-81,19460563
4	7385	0	45,13653803	-33,85240352

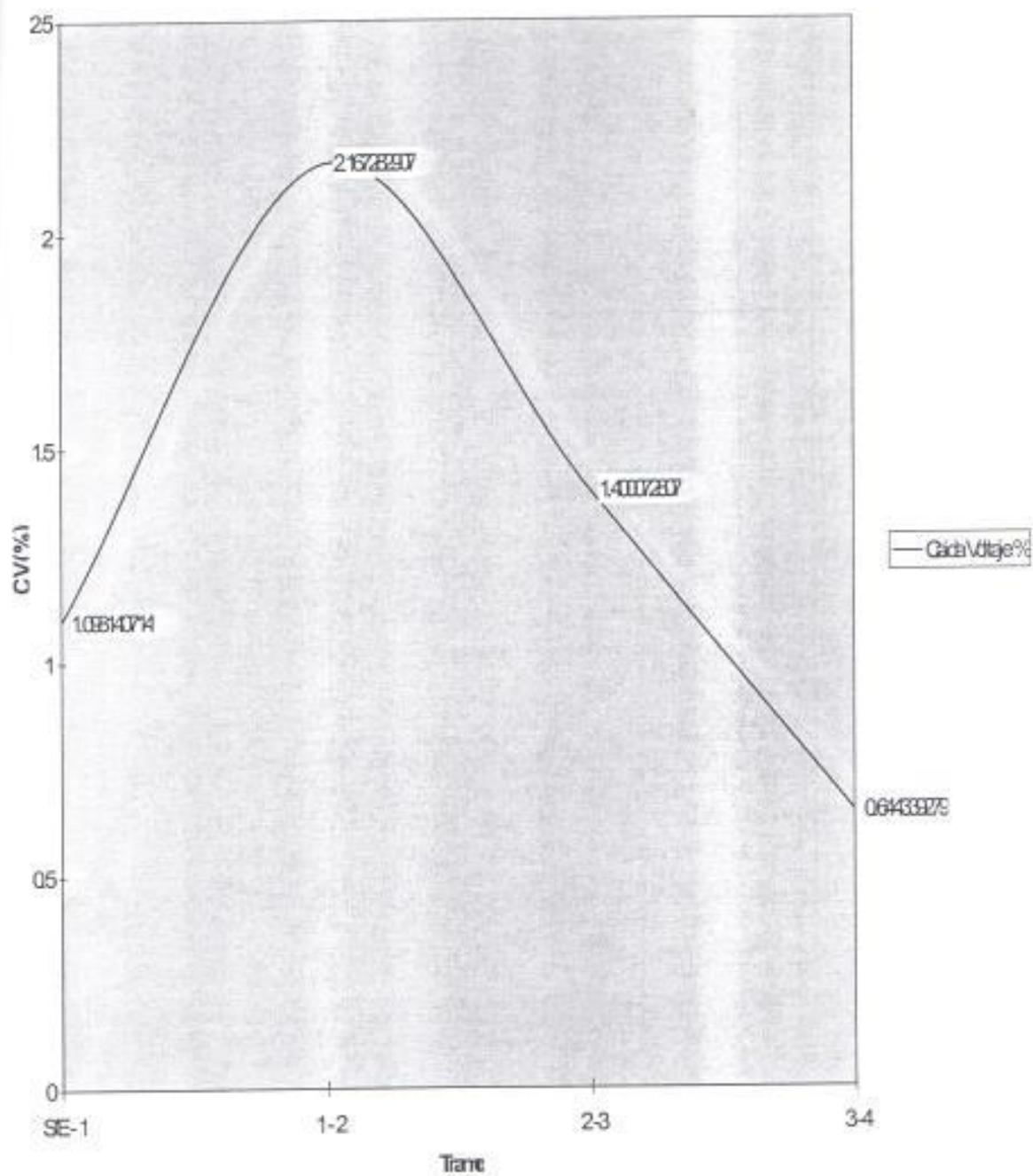
Tramo	C. V. (R)	C. V. (X)	PERDS.(R)	PERDS. (X)
	VOLTIOS	VOLTIOS	WATIOS	VAR
SE - 1	104,4889543	30,92442409	42078,65611	58004,88118
1 - 2	168,9556635	92,7597533	51523,26581	114277,8627
2 - 3	109,8419974	19,62942477	30792,68188	33113,03694
3 - 4	30,84813799	23,98459074	1741,326329	6380,595021

## 3.5.5 CURVAS DE LA CAÍDA DE VOLTAJE EN LA ALIMENTADORA PRIMARIA

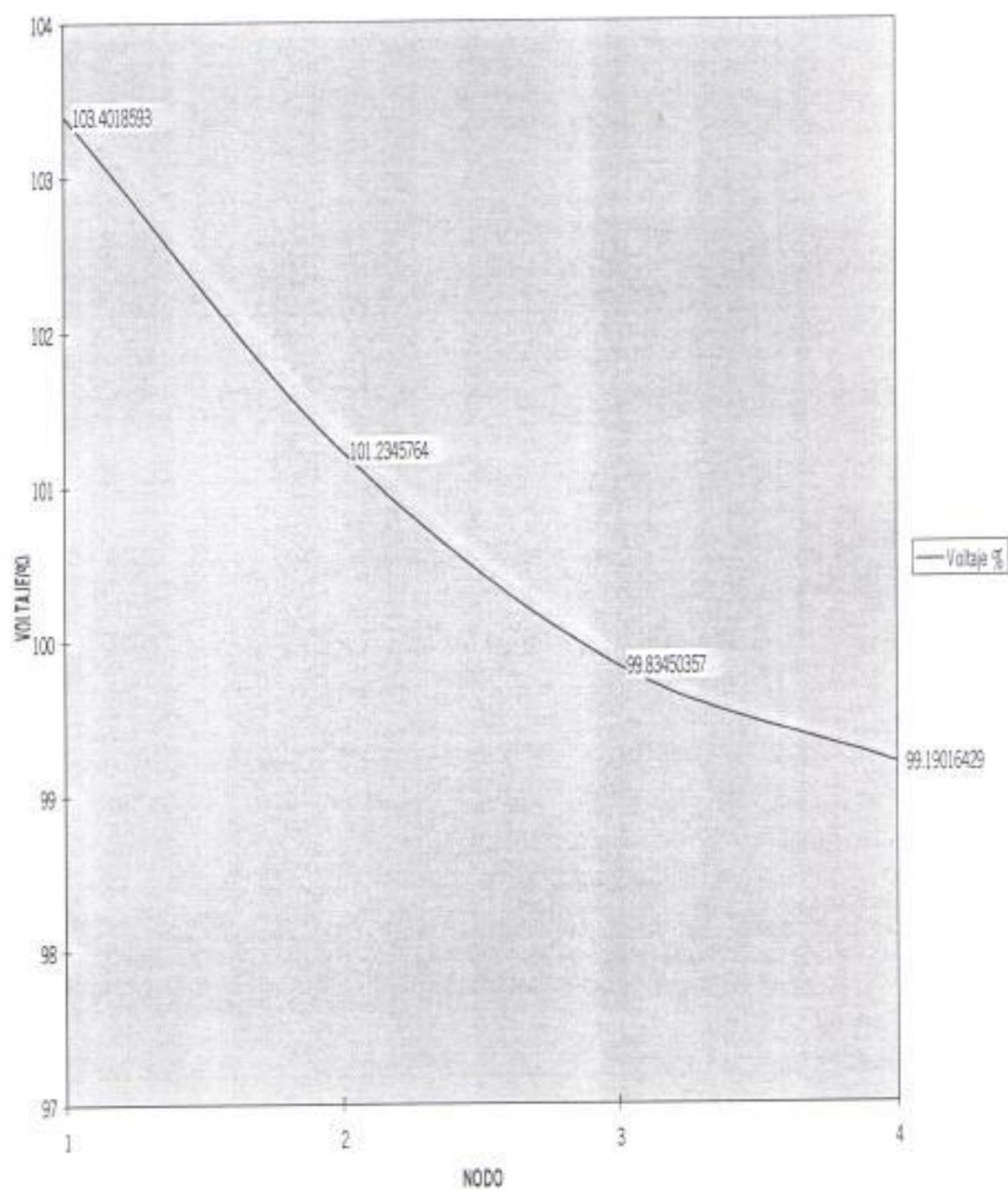
## CAÍDA DE VOLTAJE POR TRAMOS



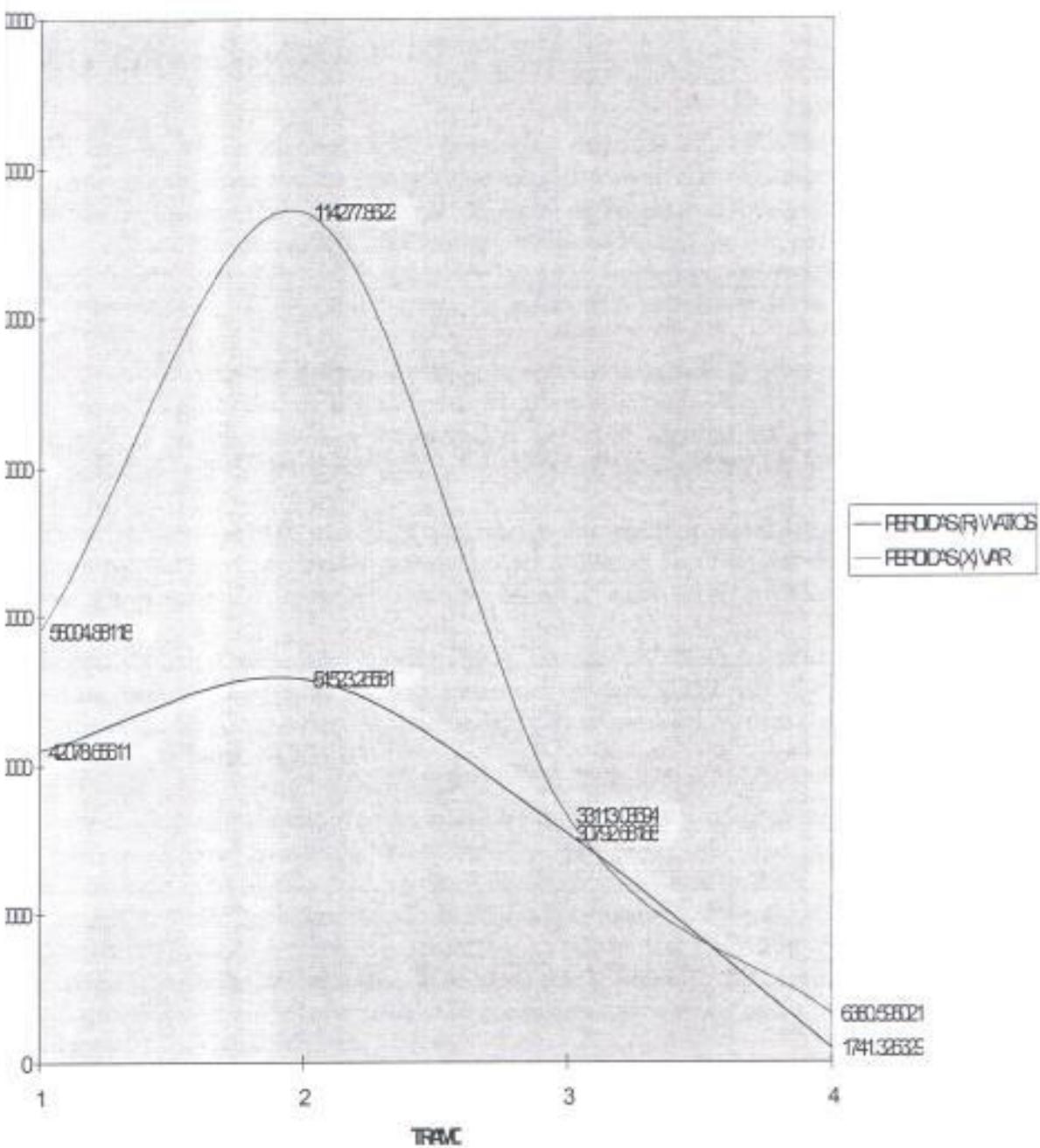
Porcentaje de la Carga Voltaje (%) Por Tramo



## PORCENTAJE DE VOLTAJE POR NODO



## EFICIENCIA DE TRM



## CAPITULO IV

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 4.1.- CONCLUSIONES

En esta época de modernización donde las empresas eléctricas buscan optimizar sus operaciones es decir realizar trabajos más eficientes en el menor tiempo posible, y más aun tratar de mantener el control total de todo su sistema; el programa CABLECAD se convierte en una herramienta de fundamental importancia ya que permite a sus usuarios información completa del sistema de manera inmediata, además se puede simular operaciones en el Sistema de Distribución tales como switcheo y despacho de carga.

Una vez que se haya ingresado el plano cartográfico requerido al programa se puede iniciar el ingreso del sistema de distribución. El primer elemento que el programa pide que se ingrese es la subestación, a continuación se deben ingresar las redes de alta tensión, transformadores de distribución, líneas secundarias, acometidas y finalmente los abonados.

Es importante señalar que al ir ingresando los componentes del sistema se debe ir comprobando su conectividad por medio del comando SHOW CONNECTS el cual para verificar la conexión utiliza una relación padre-hijo entre los elementos más cercanos.

Luego de haber ingresado completamente el sistema de distribución se puede extraer información de la base no gráfica a través del utilitario REPGEN el cual es un generador de reportes. Se puede controlar la naturaleza de los datos del reporte por la construcción de un comando llamado QUERY.

Cablecad esta constituido de una base de datos gráfica y no gráfica, las que operan en forma paralela e indivisible. Esto significa que cada línea que se ingrese tiene una información inherente, lo cual hace que el dibujo final inteligente. La información de los elementos, puede realizarse cuando se realiza la conexión del ítem o en su defecto algunos datos son comunes a todos los elementos se puede usar la opción DEFAULT permite corregir la información ingresada. Si se desea que la pantalla muestre únicamente el sistema eléctrico, eliminando la cartografía se lo consigue a través de las opciones DISPLAY MAPS y luego ELECTRIC SYSTEM.

En lo referente a la aplicación de ingeniería que tiene el programa, se pudo obtener la caída de voltaje en cada uno de los ramales de un sistema de potencia específico, a través del programa VOLTAGED DROP, el cual nos presenta un reporte de las mismas con sus respectivas corrientes y longitudes. El programa elabora los formatos de salida para los archivos VDRPCUST.OUT VDRPMOT.OUT y VDRPSMRY.OUT que contendrán los resultados de las caídas de voltaje para el transformador seleccionado debido a los abonados, a los motores, o por ambas cargas. El programa TLM nos presenta un reporte de un transformador de distribución seleccionado.

Para poder determinar la caída de voltaje y pérdidas en el circuito primario utilizamos el método del VOLTIO-AMPERIO-OHMIO; el carácter práctico que adquiere esta parte del trabajo hace que constantemente se requiera de datos lo más exactos posibles, por lo que es necesario mantener actualizadas las ampliaciones de redes primarias; además de los datos de corriente, resistencia, longitud de conductores, etc. permitiría que mantengamos actualizadas las pérdidas de Energía y Potencia por alimentador.

El cambio de transformador, la reubicación del mismo en centros de carga y cualquier otro tipo de cambio implica cierta inversión. Pero frente a los parámetros de pérdidas analizados y evaluados es justificable la inversión desde el punto de vista económico.

Para poder obtener las impresiones de los reportes, diagramas, etc., se tuvo que configurar la impresora razón por la cual se anexa información sobre la configuración de la impresora y los pasos a seguir para lograr una correcta impresión.

## 4.2 RECOMENDACIONES

Como ya se mencionó el programa CABLECAD tiene una importante aplicación en los Sistemas de Distribución, pero lamentablemente en nuestro país este programa no tiene mucha aplicación, tal es así que la única empresa eléctrica que utiliza este programa es la EMPRESA ELECTRICA DE LA PENINSULA DE SANTA ELENA. De ahí que será importante que otras empresas eléctricas utilicen este programa.

Tal vez una forma interesante de difundir la aplicación de este programa en el ámbito profesional, es el de proponer por parte de la FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA de la ESPOL a las diferentes instituciones eléctricas del país a que participen en el desarrollo de futuros tópicos donde se pueda realizar un análisis del programa aplicado a las distintas necesidades de automatización de dichas instituciones.

Con esto no solo se estaría dando una aplicación más real al programa sino que además se podrían crear paralelamente nuevas fuentes de trabajo para los futuros profesionales.

## ANEXOS

## ANEXO I

## MÉTODO RECOMENDADO PARA EL CONTROL DE PÉRDIDAS

Existiendo varios métodos para el control de pérdidas se recomienda el método mas practico siguiendo la forma de control siguiente:

- 1) Calibración y recalibración de contadores a nivel de Entrega - Recepción de Energía y Potencia en barras hecho que se debe hacer por lo menos una vez al año.
  - 2) Mantener datos actualizados de:  
Capacidad instalada a nivel de transformadores de distribución, líneas y redes de distribución.
  - 3) En etapas de nuevos diseños, efectuar estudios técnicos Económicos de Conductores y Equipos a utilizarse.
  - 4) En etapas de nuevas adquisiciones seleccionar el equipo adecuado como transformadores, capacitores, reguladores etc.
  - 5) En etapa de instalación de equipos efectuar el control de estos en forma periódica.
  - 6) En etapa de mantenimiento efectuar vigilancia periódica de líneas, redes, transformadores y equipos y con estos tomas de lecturas de corriente, voltaje, factor de potencia, etc. . , balanceamiento continuo de circuitos alimentadores y circuitos de redes de distribución. En este aspecto se hará reordenamiento, retiro, reemplazo de equipos que todavía pueden ser capaces de prestar servicio.
-

## ANEXO II

### METODOLOGÍA PARA LA DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS

Los métodos para reducir las pérdidas dependen de sí, ellas son físicas o comerciales. Para atacar un problema de pérdidas físicas partimos de las siguientes premisa:

- Existencia de un estudio de evaluación de pérdidas a todo nivel en el sistema eléctrico. Esto permite fijar prioridades y evaluar procedimientos de manera que cualquier inversión que se haga alcance su máximo rendimiento. Este último requerimiento también es válido para las pérdidas comerciales.
  - Redistribución de la carga de baja tensión entre los transformadores de distribución de tal manera que se pueda llevar a estos a su punto óptimo de operación.
  - Estudio de un programa de reemplazo de transformadores de distribución a fin de sacar de servicio aquellos con pérdidas excesivas.
  - Estudiar la normalización, de un transformador de distribución de bajas pérdidas.
  - Reestructuración de los alimentadores, distribuyendo la carga de acuerdo a su capacidad.
  - Reestructuración de los alimentadores a fin de eliminar el exceso de conductores y los cuellos de botella. Estos últimos se eliminan mediante la instalación de conductores de mayor sección.
  - Equilibrio de fases en cada alimentador.
  - Estudio del cambio del nivel de voltaje e de los alimentadores.
  - Utilización de capacitores en alimentadores.
-

## PÉRDIDAS COMERCIALES

A nivel de Contadores de Energía.

- Establecer un procedimiento que permita una revisión cíclica de contadores de energía.
- Reparación de contadores de energía dañados.
- Revisión periódica de circuitos secundarios a fin de detectar contrabando.

## A NIVEL DE FACTURACIÓN

- Mejoramiento de los procedimientos de facturación a fin de evitar subfacturación u otros errores
-

## ANEXO III

## CONVERSIÓN DE UN ARCHIVO AUTOCAD A UN ARCHIVO CABLECAD

El procesamiento de la información empieza en el momento en que se convierte el archivo gráfico hecho en autocad con extensión DWG a un archivo de cablecad con extensión DXF. Los dibujos realizados en CABLECAD son inteligentes ya que en este programa la base de datos gráfica tiene asociada una base de datos no gráfica, sin embargo en muchas aplicaciones se requiere que estos dibujos puedan ser analizados por otros programas tales como el AUTOCAD o viceversa.

Esta conversión la podemos realizar a través del programa DXF el cual es un traductor de dibujos que procesa ficheros de intercambio dxf, donde la información del dibujo se puede extraer para, uso y conversión posterior en un formato interno de AUTOCAD.

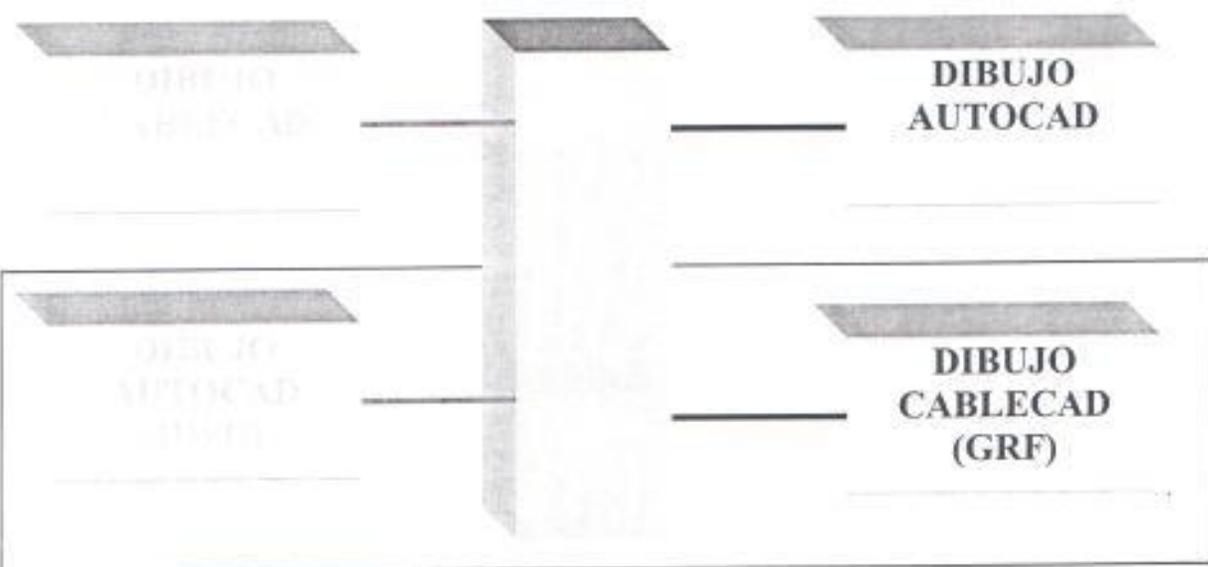


FIG. 4.1 TRADUCTOR DXF

Este traductor posee unas tablas de equivalencia entre un formato y otro estas tablas son:

DCOLLKP Tabla de traducción de colores.

- DFNT.LKP Tabla que traduce los caracteres.
- DHEA.LKP Tabla que traduce los encabezamientos.
- DLEV.LKP Tabla de traducción de los niveles.
- DSTY.LKP Tabla que traduce los estilos de línea.
- DSYM.LKP Tabla que traduce los símbolos.
- DWEI.LKP Tabla que traduce el peso.

Todas estas tablas poseen dos columnas, la primera de ellas corresponde a los elementos de CABLECAD, mientras que la segunda corresponde a los elementos DXF. Todas estas tablas se encuentran en el directorio D: \CABLECAD\ DAT\ ; en este directorio donde el traductor crea el archivo LOG esta contenido el diagnóstico de la información.

---

## ANEXO IV

## PORCENTAJE DE CAÍDA DE VOLTAJE EN TRANSFORMADORES

Percent IR	Percent IX	Prim Volt	Seco Volt	Kva Size
-----				
		2400/4160Y V.	120/240 V.	
5.0	1.9	1.6		
10.0	1.4	1.0		
15.0	1.2	1.2		
25.0	1.1	1.3		
37.5	0.9	1.4		
50.0	1.0	1.2		
75.0	0.9	1.3		
100.0	0.9	1.6		
167.0	0.9	1.7		
			240/480 V.	
250.0	0.8	2.9		
333.0	0.8	3.2		
500.0	0.7			
3.2				
		4800/8320Y V.	120/240 V.	
5.0	2.2	1.6		
10.0	1.4	1.0		
15.0	1.2	1.2		
25.0	1.1	1.4		
37.5	1.0	1.4		

50.0				
1.0	1.2			
75.0	1.0	1.2		
100.0	0.9	1.4		
167.0	0.9	1.7		
			240/480 V.	
250.0	0.8	2.9		
333.0	0.8	3.2		
500.0	0.7	3.2		
		7200/12470Y V.	120/240 V.	
5.0	2.2	2.2		
10.0	1.4	1.0		
15.0	1.3	1.2		
25.0	1.2	1.6		
37.5	1.1	1.4		
50.0	1.1	1.3		
75.0	1.0	1.5		
100.0	0.9	1.4		
167.0	0.9	1.7		
			240/480 V.	250.0
0.8	2.9			
333.0	0.8	3.2		
500.0	0.7	3.2		
		14400/24940 GRD Y V.	120/240 V.	
5.0	2.5	2.2		
10.0	1.6	1.0		
15.0	1.4	1.7		
25.0	1.3	1.8		
37.5	1.1	1.6		
50.0	1.1	1.8		

75.0	1.1	1.9	
100.0	1.0	2.0	
167.0	0.9	2.1	
			240/480 V.
250.0	0.8	2.9	
333.0	0.8	3.1	
500.0	0.7	3.3	
			34500 GRD Y/19920 V. 120/240 V.
5.0	N/A	N/A	
10.0	1.4	1.0	
15.0	1.4	1.7	
25.0	1.3	1.5	
37.5	1.2	1.7	
50.0	1.2	1.5	
75.0	1.0	1.6	
100.0	1.0	1.5	
167.0	0.9	1.8	
			240/480 V.
250.0	0.8	2.9	
333.0	0.8	3.1	
500.0	0.7	3.3	



## ANEXO VI

TABLA I CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES DE ACSR

SIZE OF COND. A.W.G. OR B.L.S.	NUMBER OF STRANDS	DIAMETER OF INDIVIDUAL STRANDS INCHES	OUTSIDE DIAMETER INCHES	BREAKING STRENGTH POUNDS	WEIGHT POUNDS PER MILE	APPROX. CURRENT CARRYING CAPACITY* AMPS	GEOMETRIC MEAN RADIUS AT 60 CYCLES FEET	RESISTANCE OHMS PER CONDUCTOR PER MILE												INDUCTIVE REACTANCE OHMS PER CONDUCTOR PER MILE AT 1 FOOT SPACING					
								25 DEGREES C. (77 DEGREES F.)						50 DEGREES C. (12 DEGREES F.)						25 CYCLES	50 CYCLES	60 CYCLES	25 CYCLES	50 CYCLES	60 CYCLES
								d-c	25 CYCLES	50 CYCLES	60 CYCLES	d-c	25 CYCLES	50 CYCLES	60 CYCLES										
40	16	0.1055	0.526	9 617	3 450	480	0.0166	0.276	0.277	0.277	0.278	0.282	0.283	0.303	0.207	0.414	0.491								
40	12	0.1328	0.552	9 483	3 450	480	0.0176	0.276	0.277	0.277	0.278	0.282	0.283	0.303	0.207	0.414	0.491								
40	7	0.1750	0.622	9 154	3 450	480	0.0157	0.276	0.277	0.277	0.278	0.282	0.283	0.303	0.207	0.414	0.491								
30	12	0.1101	0.692	7 550	2 730	420	0.0125	0.349	0.349	0.349	0.35	0.361	0.361	0.382	0.24	0.621	0.565								
30	7	0.1548	0.854	7 360	2 730	420	0.0114	0.349	0.349	0.349	0.35	0.361	0.361	0.382	0.24	0.621	0.565								
25	7	0.1379	0.414	5 978	2 170	300	0.0125	0.44	0.44	0.44	0.44	0.481	0.481	0.481	0.222	0.643	0.532								
16	7	0.1228	0.368	4 752	1 720	310	0.0111	0.555	0.555	0.555	0.555	0.596	0.596	0.607	0.227	0.655	0.546								
1	7	0.503	0.328	3 834	1 364	270	0.0099	0.669	0.669	0.669	0.669	0.703	0.703	0.703	0.233	0.667	0.56								
1	3	0.167	0.36	3 620	1 353	270	0.0101	0.602	0.602	0.602	0.602	0.632	0.632	0.632	0.232	0.664	0.567								
2	7	0.0974	0.292	3 045	1 082	270	0.0099	0.801	0.802	0.802	0.802	0.844	0.844	0.844	0.239	0.478	0.574								
2	3	0.1407	0.32	2 913	1 071	240	0.009	0.873	0.873	0.873	0.873	0.915	0.915	0.915	0.236	0.478	0.571								
2	1	0.258	0.258	3 003	1 061	220	0.0093	0.864	0.864	0.864	0.864	0.905	0.905	0.905	0.242	0.484	0.581								
3	7	0.0907	0.26	2 433	858	200	0.0078	1.112	1.112	1.112	1.112	1.216	1.216	1.216	0.245	0.40	0.588								
3	3	0.1325	0.285	2 359	850	180	0.008	1.201	1.201	1.201	1.201	1.204	1.204	1.204	0.244	0.408	0.585								
3	1	0.229	0.229	2 439	841	180	0.0074	1.09	1.09	1.09	1.09	1.192	1.192	1.192	0.248	0.496	0.566								
4	3	0.118	0.254	1 879	814	160	0.0071	1.309	1.309	1.309	1.309	1.518	1.518	1.518	0.25	0.499	0.589								
4	1	0.204	0.204	1 870	697	170	0.0066	1.374	1.374	1.374	1.374	1.503	1.503	1.503	0.254	0.507	0.609								
5	3	0.105	0.226	1 528	534	150	0.0063	1.75	1.75	1.75	1.75	1.914	1.914	1.914	0.266	0.511	0.613								
5	1	0.1619	0.1619	1 591	529	140	0.0066	1.733	1.733	1.733	1.733	1.890	1.890	1.890	0.26	0.519	0.623								
6	3	0.0905	0.201	1 266	424	130	0.0066	2.21	2.21	2.21	2.21	2.41	2.41	2.41	0.262	0.523	0.628								
6	1	0.162	0.162	1 260	420	120	0.0052	2.18	2.18	2.18	2.18	2.39	2.39	2.39	0.265	0.531	0.637								
7	1	0.1443	0.1443	1 030	333	110	0.0046	2.75	2.75	2.75	2.75	3.01	3.01	3.01	0.271	0.542	0.651								
8	1	0.1285	0.1285	876	264	90	0.0041	3.47	3.47	3.47	3.47	3.8	3.8	3.8	0.277	0.554	0.665								

\*FOR CONDUCTOR AT 75 DEGREES C., AIR AT 65 C., AIR AT 25 DEGREES C., AND 1.4 MILES PER HOUR (2 FT./SEC), FREQUENCY = 60 CYCLES

## ANEXO VII

## 3.5.3 CALCULOS DE PERDIDAS EN EL SECUNDARIO

TRANSFORMADOR N° 1 50KVA

PERDIDAS EN EL  
SECUNDARIO

( WHITE )

Datos

L= SECCION = 56 M.  
 I= CORRIENTE = 16,7 A.  
 R= RESISTENCIA = 0,888  $\Omega$ / milla

Cálculos

fp= 0,9 PERDIDAS =  $I^2 \cdot R \cdot fp$  W  
 PERDIDAS =  $I^2 \cdot L(R/L) \cdot fp$  W  
 PERDIDAS = 7,75747528 W

PERDIDAS EN LA  
ACOMETIDA

( RED )

Datos

L= SECCION = 7 M.  
 I= CORRIENTE = 16,8 A.  
 R= RESISTENCIA = 1,690  $\Omega$ / milla

Cálculos

fp= 0,9 PERDIDAS =  $I^2 \cdot R \cdot fp$  W  
 PERDIDAS =  $I^2 \cdot L(R/L) \cdot fp$  W

$$\text{PERDIDAS} = 1,86762541 \text{ W}$$

**PERDIDAS EN LA ACOMETIDA** (RED)

Datos

$$L = \text{SECCION} = 7 \text{ M.}$$

$$I = \text{CORRIENTE} = 8,3 \text{ A.}$$

$$R = \text{RESISTENCIA} = 1,690 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

Cálculos

$$fp = 0,9 \quad \text{PERDIDAS} = I^2 * R * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = I^2 * L(R/L) * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = 0,45585571 \text{ W}$$

**PERDIDAS EN LA ACOMETIDA** (RED)

Datos

$$L = \text{SECCION} = 7 \text{ M.}$$

$$I = \text{CORRIENTE} = 8,3 \text{ A.}$$

$$R = \text{RESISTENCIA} = 1,690 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

Cálculos

$$fp = 0,9 \quad \text{PERDIDAS} = I^2 * R * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = I^2 * L(R/L) * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = 0,45585571 \text{ W}$$

**PERDIDAS EN EL  
SECUNDARIO****( GREEN )**Datos

L= SECCION = 3 M.

I= CORRIENTE = 3,3 A.

R= RESISTENCIA = 0,888  $\Omega$ / milla

Cálculos

fp= 0,9 PERDIDAS =  $I^2 * R * fp$  W

PERDIDAS =  $I^2 * L(R/L) * fp$  W

PERDIDAS = 0,01652377 W

**PERDIDAS EN LA  
ACOMETIDA****( BLUE )**Datos

L= SECCION = 8 M.

I= CORRIENTE = 25,0 A.

R= RESISTENCIA = 1,690  $\Omega$ / milla

Cálculos

fp= 0,9 PERDIDAS =  $I^2 * R * fp$  W

PERDIDAS =  $I^2 * L(R/L) * fp$  W

PERDIDAS = 4,72653822 W

**PERDIDAS EN EL  
SECUNDARIO**

( YELLOW )

Datos

L= SECCION	=	22	M.
I= CORRIENTE	=	8,3	A.
R= RESISTENCIA	=	0,888	$\Omega$ / milla

Cálculos

fp= 0,9	PERDIDAS	=	$I^2 * R * fp$	W
	PERDIDAS	=	$I^2 * L(R/L) * fp$	W
	PERDIDAS	=		0,75279772 W

**TOTAL PERDIDAS = 16,03267182 W**

fp= factor de pérdida  
fc= factor de carga  
fp=  $fc^2$   
fc = 0,65

Pérdidas de Energía =	fp* Pérdidas de Potencia
Pérdidas de Energía =	$(fc)^2 * Pérdidas de Potencia$
Pérdidas de Energía =	<b>6,773803842 WH</b>

**TRANSFORMADOR N° 2 50KVA**

**PERDIDAS EN EL  
SECUNDARIO**

( WHITE )

Datos

L= SECCION = 19 M.

I= CORRIENTE = 41,7 A.

R= RESISTENCIA = 0,888  $\Omega$ /milla

Cálculos

$$fp = 0,9 \quad \text{PERDIDAS} = I^2 * R * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = I^2 * L(R/L) * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = 16,41062578 \text{ W}$$

**PERDIDAS EN LA  
ACOMETIDA** (RED)

Datos

$$L = \text{SECCION} = 20 \text{ M.}$$

$$I = \text{CORRIENTE} = 8,4 \text{ A.}$$

$$R = \text{RESISTENCIA} = 1,690 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

Cálculos

$$fp = 0,9 \quad \text{PERDIDAS} = I^2 * R * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = I^2 * L(R/L) * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = 1,33401815 \text{ W}$$

**PERDIDAS EN EL  
SECUNDARIO** (GREEN)

Datos

$$L = \text{SECCION} = 21 \text{ M.}$$

$$I = \text{CORRIENTE} = 33,5 \text{ A.}$$

$$R = \text{RESISTENCIA} = 0,888 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

Cálculos

$$fp= 0,9 \quad \text{PERDIDAS} = I^2 * R * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = I^2 * L(R/L) * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = 11,70599515 \text{ W}$$

**PERDIDAS EN LA ACOMETIDA (BLUE)**

Datos

$$L= \text{SECCION} = 20 \text{ M.}$$

$$I= \text{CORRIENTE} = 33,7 \text{ A.}$$

$$R= \text{RESISTENCIA} = 1,690 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

Cálculos

$$fp= 0,9 \quad \text{PERDIDAS} = I^2 * R * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = I^2 * L(R/L) * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = 21,47152878 \text{ W}$$

**PERDIDAS EN EL SECUNDARIO (YELLOW)**

Datos

$$L= \text{SECCION} = 20 \text{ M.}$$

$$I= \text{CORRIENTE} = 8,3 \text{ A.}$$

$$R= \text{RESISTENCIA} = 0,888 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

Cálculos

$$fp = 0,9 \quad \text{PERDIDAS} = I^2 * R * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = I^2 * L(R/L) * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = 0,68436157 \text{ W}$$

$$\text{TOTAL PERDIDAS} = 51,60652942 \text{ W}$$

fp= factor de pérdida

fc= factor de carga

fp= fc<sup>2</sup>

fc = 0,65

Pérdidas de Energía =

Pérdidas de Energía =

Pérdidas de Energía =

fp\* Pérdidas de Potencia

(fc)<sup>2</sup>\* Pérdidas de Potencia

21,80375868 WH

TRANSFORMADOR N° 3 50KVA

PERDIDAS EN EL  
SECUNDARIO

( WHITE )

Datos

$$L = \text{SECCION} = 76 \text{ M.}$$

$$I = \text{CORRIENTE} = 33,3 \text{ A.}$$

$$R = \text{RESISTENCIA} = 0,888 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

Cálculos

$$fp = 0,9 \quad \text{PERDIDAS} = I^2 * R * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = I^2 * L(R/L) * fp \quad \text{W}$$

$$\text{PERDIDAS} = 41,86021845 \text{ W}$$

**PERDIDAS EN LA  
ACOMETIDA**

(RED)

Datos

L= SECCION	=	21	M.
I= CORRIENTE	=	33,9	A.
R= RESISTENCIA	=	1,690	$\Omega$ / milla

Cálculos

fp= 0,9	PERDIDAS	=	$I^2 * R * fp$	W
	PERDIDAS	=	$I^2 * L(R/L) * fp$	W
	PERDIDAS	=		22,81349696 W

**PERDIDAS EN EL  
SECUNDARIO**

(GREEN)

Datos

L= SECCION	=	0	M.
I= CORRIENTE	=	0,0	A.
R= RESISTENCIA	=	0,888	$\Omega$ / milla

Cálculos

fp= 0,9	PERDIDAS	=	$I^2 * R * fp$	W
	PERDIDAS	=	$I^2 * L(R/L) * fp$	W
	PERDIDAS	=		0,00000000 W

**PERDIDAS EN EL  
SECUNDARIO**

(BLUE)

Datos

L= SECCION	=	0	M.
I= CORRIENTE	=	8,3	A.
R= RESISTENCIA	=	0,888	$\Omega$ / milla

Cálculos

fp= 0,9	PERDIDAS	=	$I^2 * R * fp$	W
	PERDIDAS	=	$I^2 * L(R/L) * fp$	W
	PERDIDAS	=		0,00000000 W

**PERDIDAS EN EL  
SECUNDARIO**

(BLUE)

Datos

L= SECCION	=	0	M.
I= CORRIENTE	=	8,3	A.
R= RESISTENCIA	=	0,888	$\Omega$ / milla

Cálculos

fp= 0,9	PERDIDAS	=	$I^2 * R * fp$	W
	PERDIDAS	=	$I^2 * L(R/L) * fp$	W
	PERDIDAS	=		0,00000000 W

**TOTAL PERDIDAS = 64,67371541 W**

fp= factor de pérdida

fc= factor de carga

fp= fc<sup>2</sup>

fc = 0,65

Pérdidas de Energía =

Pérdidas de Energía =

Pérdidas de Energía =

fp\* Pérdidas de Potencia

(fc)<sup>2</sup>\* Pérdidas de Potencia

27,32464476

**WH**

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- INFORMACION HISTORICA DE CREACION DE LA EMPRESA ELECTRICA DEL ECUADOR.
  - 2.- ENGENHOUSE GENERIC POWER UTILITY APPLICATION.
  - 3.- INFORMACION CENTRAL DE ABONADOS DE LA CIUDADELA KENNEDY NORTE.
  - 4.- ELECTRIC DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING EBASCO
  - 5.- DISTRIBUTION SYSTEM WESTINGHOUSE
-