

**UBICACIÓN DE EQUIPOS
DE SECCIONAMIENTO E
INTERCONEXIÓN EN
ALIMENTADORES
PRIMARIOS**

Por

Tnlg. Arturo Geovanny Peralta Sevilla

Tnlg. Pablo Daniel Robles Lovato

Tesis propuesta para el Título de

Ingeniero Eléctrico

Aprobada por la

Universidad Politécnica Salesiana

2000-2001

Ing. Esteban Albornoz V.

Ing. Fernando Duran.

Ing. Jaime Sanchez.

Miembros del Comité Supervisor

Programa autorizado para obtener el Título de Ingeniero Eléctrico

Fecha: Cuenca, 22 de Diciembre del 2001

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Arturo Geovanny Peralta Sevilla., con documento de identificación N° 0102199072, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado: “Ubicación de equipos de seccionamiento e interconexión en alimentadores primario”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctico en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

(Firma)



Nombre: Arturo Geovanny Peralta Sevilla

Cédula: 0102199072

Fecha: 17/11/2015

Universidad Politécnica Salesiana

**UBICACIÓN DE EQUIPOS
DE SECCIONAMIENTO E
INTERCONEXIÓN EN
ALIMENTADORES
PRIMARIOS**

Resumen

La puesta en vigencia de la *Ley Del Régimen Del Sector Eléctrico* a planteado una serie de cambios en todos los niveles del mercado eléctrico, especialmente para las empresas distribuidoras en post de satisfacer el servicio eléctrico a sus clientes al menor costo posible y con una confiabilidad elevada. Las empresas distribuidoras están invirtiendo mayores recursos para mejorar el nivel de confiabilidad, afrontar el problema de la calidad de servicio y automatizar sus sistemas. Por ende las empresas distribuidoras deberán buscar las mejores alternativas para reducir el impacto que tendrán las interrupciones de servicio debido a fallas o mantenimiento.

El personal encargado de la planificación deberá centrar su atención en los diseños de la red, en el sistema de protecciones y en la ubicación de equipos de seccionamiento e interconexión, como principales opciones para este fin.

Tomando en consideración que los equipos de protección y seccionamiento se ubican en una red de distribución para proteger la red, aislar fallas y evitar daños en los equipos, de los usuarios o para aislar las instalaciones que cumplen tareas de mantenimiento. Algunos de los equipos básicos usados se indican a continuación^[1]:

- ✘ Disyuntores.
- ✘ Interruptores, manuales, telecomandados o automáticos.
- ✘ Reconectores.
- ✘ Fusibles.
- ✘ Seccionadores.

El uso óptimo de los equipos de protección y dispositivos de maniobra se logra cuando la coordinación de protecciones es adecuada y los costos totales asociados son minimizados. La coordinación de protecciones puede manejarse sobre la base de las características de las corrientes de cortocircuito y corrientes de carga. Así los diferentes tipos de equipos usados (ya sean de protección o maniobra) tienen un efecto directo sobre la frecuencia y la duración de las interrupciones a los clientes.

Las alternativas analizadas en la configuración de la red, con tipos y cantidades diferentes de equipos, los costos asociados, incluyendo los valores asignados a la energía no suministrada (ENS), deberían ser evaluados. El cálculo y comparación de los costos y beneficios en la confiabilidad puede lograrse únicamente si se realiza un adecuado análisis de la confiabilidad.

Las ubicaciones óptimas y tipos de equipos pueden determinarse utilizando un análisis costo / beneficio y diferentes métodos de optimización. En un análisis individual, los costos de energía no suministrada sobre la red son los primeros a tomarse en cuenta, antes de que cualquier equipo nuevo se agregue y los estudios se repiten con cualquier propuesta de equipo instalado, dando diversas alternativas de ubicación.

El ente regulador CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad)^[2], exige niveles mínimos en la calidad del servicio eléctrico, por lo tanto, la E.E.R.C.S.C.A. tiene que estar sujeta a dichas exigencias, primeramente para mejorar el servicio que brinda a sus clientes, en parámetros como son: Nivel de tensión, factor de potencia, frecuencia y duración de interrupciones, atención y solución de reclamos, etc., y por otro lado no caer en penalizaciones, las mismas que ocasionan pérdidas económicas a la institución, razón por la cual la correcta

ubicación de los equipos de maniobra en alimentadores primarios de las redes de distribución disminuye la energía no suministrada, creando así un beneficio a la misma. Por todas estas razones indicadas se vio la necesidad de realizar este estudio.

por

Tnlg. Arturo Geovanny Peralta Sevilla

Tnlg. Pablo Daniel Robles Lovato.

Presidente del comité supervisor:

Catedrático

Ing. Esteban Albornoz V

CONTENIDO

CAPITULO I.

ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN DE LA RED Y EQUIPOS DE MANIOBRA.

- 1.1. Antecedentes.
- 1.2. Descripción General del Sistema de Distribución.
- 1.3. Equipos de Maniobra, clasificación, ubicación y definición.
- 1.4. Influencia de la Configuración del Sistema de Distribución y Equipos de Maniobra en la Confiabilidad del Servicio.

CAPITULO II.

ESTADÍSTICAS DE OPERACIÓN Y FALLAS DE LOS ALIMENTADORES PRIMARIOS DE LA E.E.R.C.S.C.A.

- 2.1. Antecedentes.
- 2.2. Descripción General de la Operación de un alimentador primario frente a fallas.
- 2.3. Interrupciones de Servicio en alimentadores primarios.
- 2.4. Datos Históricos de fallas y suspensiones de los alimentadores primarios.
- 2.5. Análisis de condiciones del Entorno de los alimentadores primarios y su influencia en las Frecuencias y Tiempos de las Interrupciones.

- 2.6. Determinación de las Tasas de Fallas y Tiempos de Reparación y Restauraciones promedios de los alimentadores primarios.

CAPITULO III.

INDICADORES DE LA CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

- 3.1. Antecedentes.
- 3.2. Calidad del Servicio Técnico y Penalizaciones.
- 3.3. Índices de Calidad en distribución.
- 3.4. Determinación de los Índices de Calidad del Servicio Técnico.

CAPITULO IV.

OPTIMIZACIÓN DE LA UBICACIÓN DE EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO.

- 4.1. Antecedentes.
- 4.2. Técnicas de Análisis de las Metodologías Utilizadas
- 4.3. Formulación del Problema.
- 4.4. Metodología de Solución.

CAPITULO V.

DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE INTERCONEXIÓN.

- 5.1. Antecedentes.
- 5.2. Características y Formulación del Problema.

5.3. Metodología de Solución.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

REFERENCIAS.

ANEXOS

ÍNDICE

Página

A

<i>Análisis de condiciones del Entorno de los Alimentadores Primarios y su influencia en las Frecuencias y Tiempos de las Interrupciones.</i> -----	25
<i>Antecedentes</i> -----	1, 16, 31, 49, 74
<i>Archivos de datos necesario para el programa “Ubicacion.exe”.</i> -----	69
<i>Archivos de resultados dados por el programa “Ubicacion.exe”</i> -----	71

C

<i>Cálculo de la Energía No Suministrada</i> -----	40, 47
<i>Calidad del Servicio Técnico y Penalizaciones.</i> -----	32
<i>Características y Formulación del Problema</i> -----	75
<i>Control del Servicio Técnico en la Subetapa 1</i> -----	36
<i>Control del Servicio Técnico en la Subetapa 2</i> -----	43
<i>Cortacircuitos o Interruptores Automáticos</i> -----	8

D

<i>Datos Históricos de fallas y suspensiones de los Alimentadores Primarios</i> -----	23
<i>Definición de distribución</i> -----	2
<i>Descripción General de la Operación de un Alimentador Primario frente a fallas.</i> -----	17
<i>Descripción General del Sistema de Distribución</i> -----	2
<i>Determinación de las Tasas de Fallas y Tiempos de Reparación y Restauraciones promedios de los Alimentadores Primarios.</i> -----	27
<i>Determinación de los Índices de Calidad del Servicio Técnico.</i> -----	36

E

Equipos de Maniobra, clasificación, ubicación y definición -----7

F

Formulación del Problema ----- 58

Fusibles de alto voltaje-----9

Fusibles y Seccionadores -----9

I

Índices ----- 37, 43

Índices de Calidad en Distribución. ----- 34

*Influencia de la Configuración del Sistema de
Distribución y Equipos de Maniobra en la
Confiabilidad del Servicio* ----- 11

*Interrupciones de Servicio en Alimentadores
Primarios*----- 19

Inversión para la distribución -----2

L

Límites ----- 39, 46

M

Metodología de Solución----- 64, 76

*Metodología empleada para la reducción de
Ramales Monofásicos, Reducción por Carga y
reducción que comprenda los dos métodos
anteriores dentro del programa Seccionamiento.exe* ----- 71

R

Registro----- 45

S

Seccionadores ----- 10

T

Técnicas de Análisis de las Metodologías Utilizadas ----- 50
Técnicas utilizadas ----- 57

DEDICATORIA

Dedicado a las memorias de Daniel Dario Robles Robles e Inés Argentina Lovato Zambrano, conjuntamente con cada uno de los miembros de mi hogar quienes inculcaron y forjaron mis principios.

Tnlg. Pablo Robles.

Dedico este proyecto a las personas que siempre han estado a mi lado y me han brindado su continuo apoyo en el desarrollo del mismo, me refiero a mi familia, mis padres Julio Peralta y Maria Sevilla y a mi hermano Jbimsonp Peralta, ellos siempre han buscado mi superación personal.

Tnlg. Arturo Peralta.

Capítulo I

ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN DE LA RED Y EQUIPOS DE MANIOBRA.

1.1. Antecedentes

Todo análisis o estudio que se realice, respecto a extender u operar un sistema de distribución es la base fundamentada de una correcta planificación, la cual dará como resultado que se satisfaga la demanda en todo tiempo y lugar, dentro de requerimientos económicos y técnicos. Por lo cual estos estudios o análisis irán encaminados fundamentalmente a encontrar técnicas o métodos que permitan realizar una planificación adecuada.

Centrándonos principalmente en los equipos de protección y seccionamiento, se empieza indicando cuales son los componentes que constituyen un Sistema de Distribución de Energía Eléctrica.

En el último punto de este capítulo (1.4.) se indicará mediante un pequeño ejemplo la influencia de la configuración de la red en la confiabilidad de un sistema de distribución a través de presentar dos diferentes configuraciones de alimentadores que suministran la energía a la misma cantidad de clientes.

1.2. Descripción General del Sistema de Distribución

Iniciaremos con una corta definición de los elementos o componentes que integran un sistema de distribución de energía eléctrica^[3].

Definición de distribución: En general, “*distribución*” incluye todas las partes de un sistema público de energía eléctrica, entre las voluminosas fuentes de la energía y los equipos de la entrada de servicio de los consumidores. Sin embargo, algunos ingenieros especialistas en distribución para empresas de servicio público de energía eléctrica aplican una definición más limitada de distribución, como aquella parte del sistema que se encuentra entre las subestaciones de distribución y el equipo de la entrada de servicio a los consumidores.

Inversión para la distribución: Anteriormente, la inversión para la distribución constituía del 35 al 50 % de la inversión del capital de un sistema típico de servicio de energía eléctrica. En sus tendencias recientes, en muchas empresas, alejándose de la expansión de la generación, se ha incrementado la importancia de los sistemas de distribución, tomando mayor consideración a la planificación y automatización.

Un sistema típico de distribución esta constituido básicamente de los siguientes elementos^[3]:

- ✘ Circuitos de subtransmisión con voltajes nominales que suelen estar entre 12.47 a 245 KV, son los que entregan la energía a las subestaciones de distribución.
- ✘ Subestación de distribución (Subestación S/E → Alta Tensión AT / Media Tensión MT), llevan la energía hacia un voltaje más bajo del “sistema primario” para la distribución local, y que por lo común incluyen instalaciones para la regulación del voltaje primario.
- ✘ Circuitos primarios de distribución o “alimentadores”, que normalmente operan en el rango de 4.16 a 34.5 KV y que alimentan a la carga en una zona geográfica bien definida.
- ✘ Transformadores de distribución (Media Tensión MT / Baja Tensión BT), en las capacidades nominales desde 10 hasta 2500 KVA, los cuales se instalan normalmente en postes, sobre emplazamientos a nivel del suelo o en bóvedas subterráneas, en la cercanía de los consumidores, y que llevan los voltajes primarios hasta los de utilización.
- ✘ Red de distribución secundaria (BT), lleva la energía desde el transformador de distribución, a lo largo de la calle o del lindero posterior de los terrenos.

- ✘ Ramales de acometida que entregan la energía desde el secundario al equipo de entrada de servicio al usuario.

En la Fig. 1.1 y Fig. 1.2 se indica en forma esquemática los componentes típicos de un sistema de distribución.

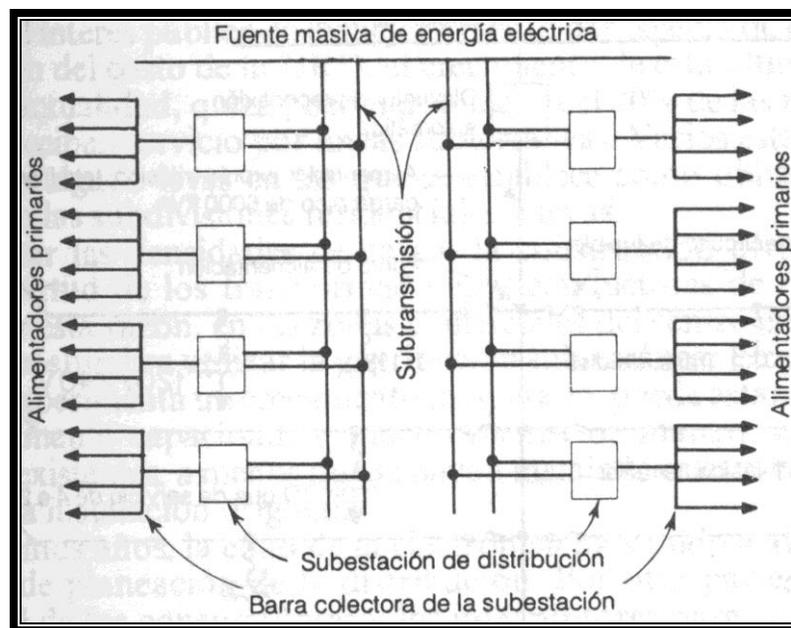


Fig. 1.1 Componentes de un sistema de distribución

En nuestro medio, el sistema de transmisión está conformado por las líneas de alto voltaje a 138 KV o 230 KV, que conforman el anillo de interconexión para el país, el sistema de subtransmisión suministra la potencia a la red primaria en un nivel de voltaje a 69 KV.

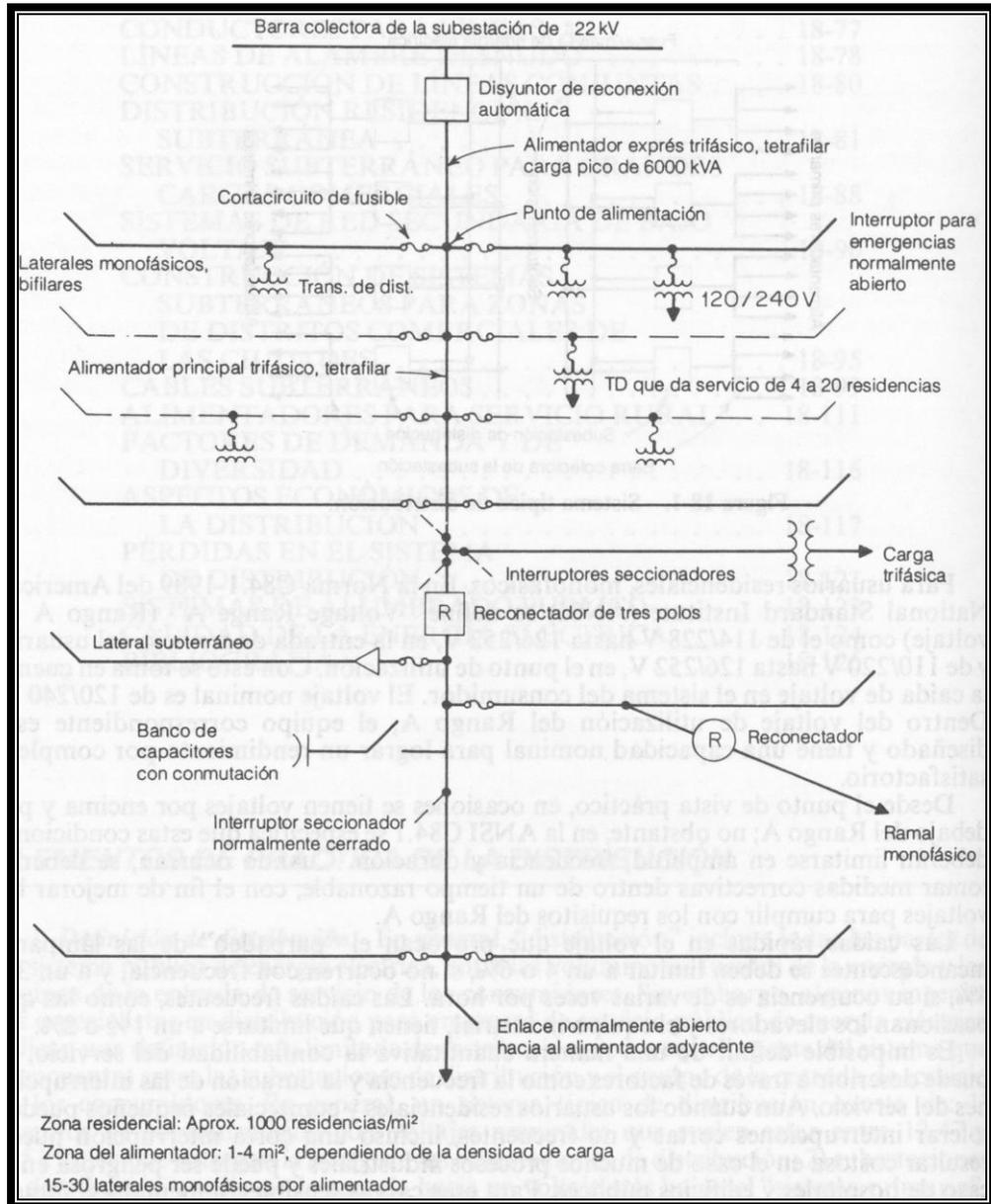


Fig. 1.2 Diagrama unifilar de un alimentador primario típico

El nivel de tensión que utiliza la E.E.R.C.S.C.A. en las subestaciones es de 22 KV para los alimentadores primarios básicamente aéreos y en la red subterránea

a un nivel de 6,3 KV para el centro histórico de la ciudad, a más que estos tienen un código a seguir, por ejemplo en la subestación 5 ubicada en el Arenal se ha visto la necesidad de tener 5 alimentadores primarios a 22 KV; obteniendo una referencia por alimentador desde el 0521 hasta el 0525 donde el 05 indica la subestación de nacimiento, el 2 indica el nivel de voltaje y el número 1 hasta el 5, secuencialmente indica el alimentador primario.

La red de distribución primaria está constituida por líneas eléctricas denominadas alimentadores primarios que están configurados de forma radial, cuenta con interconexiones que facilitan al personal labores de operación, reposición o cambio de equipos, mejoras, etc. Los alimentadores primarios poseen derivaciones que se conocen como ramales secundarios, su función es variada, es decir como arranques de un alimentador secundario trifásico o monofásico, arranques monofásicos para una subestación de transformación, básicamente en conexión DY5.

El alimentador debe llevar la carga total en el área de la red, aún cuando algún circuito de subtransmisión esté fuera de operación, sin sobrecargar seriamente cualquier línea de la red o circuito de enlace. Esto puede ser logrado, distribuyendo proporcionalmente las cargas a otros alimentadores, cuando la configuración de la red así lo permita, considerando además las restricciones de

capacidad de los transformadores, pérdidas, caídas de tensión y límites térmicos de los alimentadores y circuitos de enlace.

Esto mantiene en un mínimo razonable la longitud promedio del alimentador principal, de tal manera que la potencia es entregada a la carga a un nivel de tensión conveniente, por lo que los alimentadores primarios, deben presentar pérdidas de potencia y caídas de tensión aceptables.

1.3. Equipos de Maniobra, clasificación, ubicación y definición

Los equipos de seccionamiento y protección se instalan en la red de distribución para proteger las instalaciones, aislar fallas y equipos averiados o para aislar equipos e instalaciones para mantenimiento, los cuales podemos clasificarlos en dos grandes grupos^[3].

- ✘ Cortacircuitos o interruptores automáticos y
- ✘ Fusibles y seccionalizadores.

A continuación vamos a detallar de una forma más clara cada una de estas clasificaciones.

Cortacircuitos o Interruptores Automáticos

Definición: Los cortacircuitos o interruptores automáticos son dispositivos mecánicos de interrupción capaces de dejar pasar, conducir e interrumpir corrientes en condiciones normales de un circuito, así como conducir durante un tiempo especificado, e interrumpir, corrientes en condiciones anormales especificadas, como por ejemplo, las de cortocircuito.

El medio en que tiene lugar la interrupción del circuito puede designarse por un prefijo adecuado, por ejemplo, cortacircuito de sople de aire, cortacircuito en gas, cortacircuito en aceite o cortacircuito en vacío.

A la vez, según su estructura mecánica que los controla y de su funcionamiento pueden ser clasificados como:

- ✘ Disyuntores
- ✘ Reconnectadores
- ✘ Interruptores

Los cuales normalmente se especifican por las siguientes características:

- ✘ Nivel de voltaje
- ✘ Nivel de aislamiento
- ✘ Corriente nominal
- ✘ Capacidades de interrupción
- ✘ Voltaje de recuperación de transitorios
- ✘ Tiempos de interrupción, retardo y de retardo de disparo

Fusibles y Seccionadores

Los fusibles y seccionadores se los utiliza en alto voltaje en las compañías de distribución de servicio eléctrico para proteger el equipo de clase de distribución y en los grandes complejos industriales que tiene sus propios sistemas de distribución eléctrica.

Fusibles de alto voltaje: Se define como cualquier fusible (arriba de los 600 V) o dispositivo fusible que se utiliza para aislar un cortocircuito eléctrico de un sistema eléctrico de distribución de alto voltaje. Las clases especificadas de fusibles o dispositivos de fusibles son:

- ✘ Dispositivos de corte para distribución y eslabones fusibles.

- ✘ Dispositivos de corte en aceite para distribución y eslabones fusibles.
- ✘ Fusibles de potencia.
- ✘ Fusibles limitadores de corriente.

Seccionadores: Se les llama también *desconectores y separadores*. Se utilizan para unir o separar de forma visible, diferentes elementos y componentes de una instalación, de forma que no se interrumpa el funcionamiento del resto de la instalación.

Con la ayuda de los seccionadores pueden lograrse múltiples posibilidades de conexión como por ejemplo, conmutar derivaciones en sistemas de barras múltiples.

También de esta forma se pueden realizar trabajos o reparaciones en elementos de la instalación, dejándolos previamente sin tensión, por medio de los seccionadores. Los seccionadores utilizados en las instalaciones eléctricas de alta tensión tienen muy variadas formas constructivas que dependen, sobre todo, de la tensión nominal de la instalación y en menor grado, de la corriente que ha de atravesar el seccionador, del espacio disponible, de consideraciones económicas, etc.

La clasificación será por la forma de accionamiento de los contactos, es decir:

- ✘ Seccionadores de cuchillas giratorias.
- ✘ Seccionadores de cuchillas deslizantes.
- ✘ Seccionadores de columnas giratorias.
- ✘ Seccionadores de pantógrafo.

Luego de haber realizado una síntesis de los equipos de maniobra y protección, debemos considerar, que el sistema de protecciones de los alimentadores primarios, consiste de un disyuntor instalado en la Subestación AT/MT con reconectores, seccionalizadores, interruptores y seccionadores fusibles a lo largo del alimentador y en las secciones laterales.

1.4. Influencia de la Configuración del Sistema de Distribución y Equipos de Maniobra en la Confiabilidad del Servicio^[4].

En este último punto del capítulo con la ayuda de un pequeño ejemplo se representa la influencia de la configuración de la red en la confiabilidad de un sistema de distribución, a través de indicar dos diferentes configuraciones de alimentadores que suministran a la misma cantidad de clientes, esto se puede apreciar en la Fig. 1.3.

Donde, cada nodo en la grafica, representa 100 clientes, es decir ambas configuraciones sirven a los mismos 600 clientes. En ambos alimentadores la tasa de falla anual por kilómetro de longitud de red igual a uno (1). En la Tabla 1.1 se indican los datos informativos para cada uno de los alimentadores.

Tabla 1.1 Información para los alimentadores de la Fig. 1.3

ORDEN	SECCIÓN	LONGITUD [Km]	CONTRIBUCIÓN AL NÚMERO DE CLIENTES INTERRUMPIDOS POR AÑO	
			A	B
1	S /E – 1	1.00	600	600
2	1 – 2	1.00	300	100
3	1 – 3	0.50	50	100
4	1 – 4	0.50	50	100
5	2 – 5	1.00	100	
6	2 – 6	1.00	100	
5	4 – 5	1.18		118
6	3 – 6	1.18		118
		TOTAL	1200	1136

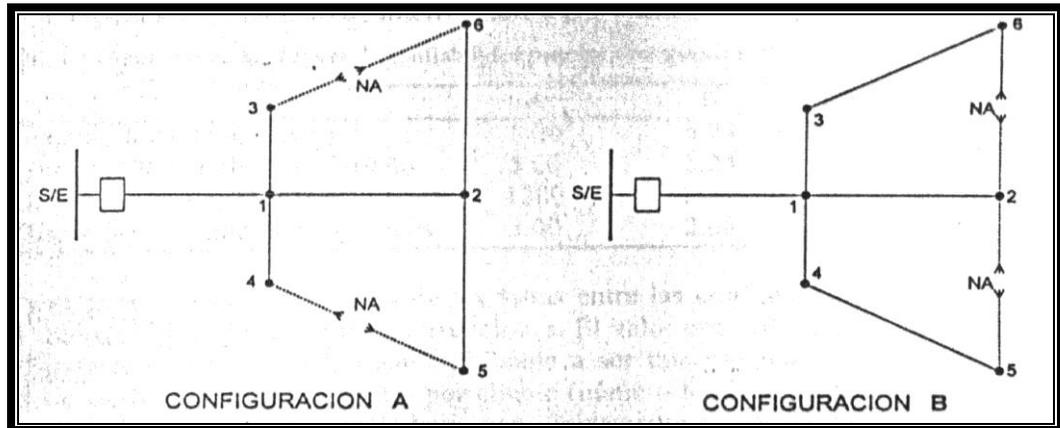


Fig. 1.3 Dos configuraciones de alimentadores para servir a los mismos clientes

Mediante un análisis en los datos de la tabla 1.1, nos damos en cuenta que la configuración B brinda el 5.63% $\rightarrow [(1200 - 1136)/1136]$ menos de clientes interrumpidos que la configuración A. Sí tomamos en cuenta que la configuración B tiene una tasa de falla esperada de 6.72% más alta (ya que la configuración B presenta un 6.72% $\rightarrow [(5.36 - 5)/5.36]$ más de longitud en las líneas de la red de distribución).

Dentro de la información presentada no se puede dejar de lado cual es el usuario que presenta el mayor número de interrupciones esperadas en el alimentador, en definitiva el cliente con el problema más crítico.

Los clientes con el problema más crítico en el alimentador de la configuración tanto A como B, pueden ser los ubicados, en el **nodo 5** o los del **nodo 6**, ya que

ambos pueden presentárseles una probabilidad de ocurrencia de falla igual; así en la configuración B es de **2.68** \rightarrow [*probabilidad falla S/E - 1 + probabilidad falla 1 - 3 + probabilidad falla 3 - 6 = 1.00 + 0.50 + 1.18*], mientras que en la configuración A es de **3** \rightarrow [*probabilidad falla S/E - 1 + probabilidad falla 1 - 2 + probabilidad falla 2 - 5 = 1.00 + 1.00 + 1.00*].

Los clientes con el problema más crítico en la configuración B presentan un nivel de falla de **11.94%** \rightarrow **[(3 - 2.68)/2.68]**, menos que los usuarios mas críticos de la configuración A. Desde el punto de vista de los clientes, la configuración B tiene mejor confiabilidad que la A, debido, a que en promedio, se espera menor número de interrupciones por cliente. A continuación en la Tabla 1.2 se presenta un resumen de los datos analizados anteriormente.

Tabla 1.2 Diferencia en los valores de confiabilidad para las configuraciones A y B

	A	B	DIFERENCIA
Longitud total en las líneas	5.00	5.36	+ 6.72%
Tasa de falla por alimentador / año	5.00	5.36	+ 6.72%
Clientes interrumpidos / año	1200	1136	- 5.63%
Clientes con interrupciones máximas	3.00	2.68	- 11.94%

Como conclusión de lo que se ha presentado, vemos que el promedio esperado por un cliente en la configuración B es 5.63% menos probable a ser interrumpido que en la configuración A, lo mismo sucede con respecto al número total de horas de interrupción por cliente anual que es también de un 5.63% menos.

Capítulo II

ESTADÍSTICAS DE OPERACIÓN Y FALLAS DE LOS ALIMENTADORES PRIMARIOS DE LA E.E.R.C.S.C.A.

2.1. Antecedentes.

Las interrupciones que afrontan las empresas distribuidoras están en función del mantenimiento, factores climáticos, exposición debido a accidentes, calidad del material y mano de obra, el entorno entre otros, a realizarse en los alimentadores primarios, a través de fallas transitorias y en el deterioro normal de los insumos utilizados. Afectando de una manera directa a la ENS; recayendo directamente en los costos (por penalizaciones) para las empresas distribuidoras.

El problema por las interrupciones de suministro no programadas, es decir en presencia de una falla, y es aquí en donde las empresas distribuidoras deben tener un plan de contingencia que minimice las mismas, mejore los costos y brinde al consumidor una garantía en el suministro eléctrico.

Razón por la cual se plantea la reubicación o ubicación de equipos de seccionamiento sobre la base de muestras anuales de fallas producidas en cada alimentador, de aquí se procede a determinar una tasa de falla promedio anual

estimada por región o por alimentador, para luego establecer la ENS y los índices de calidad que se detallan en el capítulo 3.

La filosofía de ubicar equipos de seccionamiento e interconexión a sido en base, primero de dar una facilidad de maniobra y mantenimiento a los arranques monofásicos o trifásicos para cumplir con todos los criterios de protección (como son la selectividad, sensibilidad y la rapidez), permitir la maniobrabilidad de interconexión entre alimentadores para garantizar la continuidad del suministro de la energía eléctrica.

Estas maniobras que se efectúan entre alimentadores, están sujetas a las horas pico de consumo y a la carga que deben soportar él o los alimentadores primarios cuando alguno tiene que salir de forma forzosa, asumiendo su carga en forma total o parcial.

2.2. Descripción General de la Operación de un Alimentador Primario frente a fallas.

En los sistemas eléctricos de potencia un aspecto muy importante es la selectividad en las protecciones, para que aíslen la falla en el momento en que se produce, permitiendo además el seccionamiento de un tramo del alimentador

para su interconexión con otro en el caso de ser necesario, o a su vez interrumpen el suministro eléctrico para dar paso luego a su mantenimiento correctivo por medio de una cuadrilla de reparación.

Luego de haberse presentado una falla, se aísla el tramo afectado y se busca la forma de interconectar otra parte del alimentador primario, cuando se decide o justifica la transferencia de carga, que no se encuentra con servicio eléctrico con uno o varios de los alimentadores primarios vecinos, capaces de suministrar la carga por el tiempo necesario hasta reparar la falla, con el apoyo de la respectiva cuadrilla o por maniobras desde el Centro De Control Y Supervisión (CSO).

Reparada la falla se realiza el proceso inverso, primero se elimina las interconexiones entre alimentadores primarios y se normaliza el suministro eléctrico.

Las empresas distribuidoras están en la obligación de llevar un registro de fallas en donde se indican, causa y efectos de la misma, la carga instalada antes y después de la falla, la carga que se transfirió para la interconexión, el tiempo de duración de la falla y el tipo de falla por el cual un alimentador primario dejó de entregar el suministro de energía eléctrica.

2.3. Interrupciones de Servicio en Alimentadores Primarios

La clasificación de las interrupciones de servicio en alimentadores primarios por parte de las empresas distribuidoras principalmente se basa en dos principios, las interrupciones programadas y las no programadas. La responsabilidad sabemos que recae fundamentalmente sobre el personal técnico encargado de analizar, mejorar y modificar los alimentadores primarios con el fin de garantizar al consumidor final un suministro de energía eléctrica.

El personal técnico que programa una mejora, una extensión de red en alta tensión o una reubicación de poste con línea energizada, como ejemplos prácticos, es un trabajo tanto de campo como de oficina, los cuales arrojan como resultado la mejor solución posible con el menor impacto al consumidor, menor costo por pérdidas del suministro eléctrico a las empresas distribuidoras.

La situación se vuelve adversa cuando se presenta una interrupción no programada y es peor cuando esta es emergente, involucrando una coordinación precisa y eficaz entre el personal técnico y las cuadrillas en el menor tiempo posible y con el menor impacto tanto al consumidor como a los costos que afectan de una forma directa a las empresas distribuidoras.

Siempre en estas dos situaciones se hace hincapié en dos puntos claves, servicio al consumidor y los costos de energía no vendida. Se vuelve un tema de discusión, ya que las empresas distribuidoras se preocupan de dar un mejor suministro eléctrico a un bajo costo con un alto rendimiento y garantía de la continuidad.

A continuación vamos a describir como se clasifican las interrupciones por parte del ente regulador CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad)^[2]:

a) Por su duración

- ✘ Breves, las de duración igual o menor a tres minutos.
- ✘ Largas, las de duración mayor a tres minutos.

b) Por su origen

- ✘ Externas al sistema de distribución.
 - ☐ Otro Distribuidor
 - ☐ Transmisor
 - ☐ Generador
 - ☐ Restricción de carga

- ☰ Baja frecuencia

- ☰ Otras

- ✘ Internas al sistema de distribución.

- ☰ Programadas

- ☰ No Programadas

c) *Por su causa*

- ✘ Programadas.

- ☰ Mantenimiento

- ☰ Ampliaciones

- ☰ Maniobras

- ☰ Otras

- ✘ No programadas (intempestivas, aleatorias o forzadas).

- ☰ Climáticas

- ☰ Ambientales

- ☰ Terceros

- ☰ Red de alto voltaje (AV)

- ☰ Red de medio voltaje (MV)

- ☰ Red de bajo voltaje (BV)

- ☰ Otras

d) Por el voltaje nominal

- ✘ Bajo voltaje
- ✘ Medio voltaje
- ✘ Alto voltaje

La información relacionada con cada una de las interrupciones que ocurran en la red eléctrica se identificará de la siguiente manera:

- ✘ Fecha y hora de inicio de cada interrupción.
- ✘ Identificación del origen de las interrupciones: internas o externas
- ✘ Ubicación e identificación de la parte del sistema eléctrico afectado por cada interrupción: circuito de bajo voltaje (BV), centro de transformación de medio voltaje a bajo voltaje (MV/BV), circuito de medio voltaje (MV), subestación de distribución (AV/MV), red de alto voltaje (AV).
- ✘ Identificación de la causa de cada interrupción.
- ✘ Relación de equipos que han quedado fuera de servicio por cada interrupción, señalando su respectiva potencia nominal.
- ✘ Número de consumidores afectados por cada interrupción.
- ✘ Número total de consumidores de la parte del sistema en análisis.
- ✘ Energía no suministrada.

✘ Fecha y hora de finalización de cada interrupción.

Esta información debe tener interrelación con las bases de datos, de tal manera que se permitirá identificar claramente a todos los consumidores afectados por cada interrupción que ocurra en el sistema eléctrico.

2.4. *Datos Históricos de fallas y suspensiones de los Alimentadores Primarios.*

Las tablas que se elaboran llevan la información recopilada de una forma estadística por la Centro Sur, donde se indican los datos generales del alimentador, el número de fallas ocurridas, la fecha de las mismas, la duración de la falla, la hora de desconexión y conexión, las maniobras realizadas o identificadas con un código el cual representa la parte del sistema de distribución afectado por la falla. La información recopilada es anual.

La nomenclatura utilizada en la tablas A1.1 a la A1.15 ubicadas en anexos, es la siguiente:

a) Maniobra.

✘ Manual.

✘ Automática.

b) Causas.

- ✘ F-GEN → Falla de Generación.
- ✘ MC-DISTRI → Mantenimiento Correctivo del Sistema de Distribución.
- ✘ MP-DISTRI → Mantenimiento Preventivo del Sistema de Distribución.
- ✘ F-DISTRI → Falla del Sistema de Distribución.
- ✘ MC-S/T → Mantenimiento Correctivo del Sistema de Subtransmisión.
- ✘ F-S/T → Falla del Sistema de Subtransmisión entre Subestaciones.
- ✘ MC-S/E → Mantenimiento Correctivo de Subestación.
- ✘ MP-S/E → Mantenimiento Preventivo de Subestación.
- ✘ F-TRAN → Falla en el Sistema de Subtransmisión.
- ✘ MEJ → Mejora.
- ✘ EXTERNA → Falla debido a agentes externos.
- ✘ PART → Llamada por parte de un usuario.
- ✘ TRANSFER → Transferencia de carga.

En la columna del número de falla de las tablas A1.1 a la A1.15 que se encuentran en anexos, la casilla señalada (■) indica los mantenimientos preventivos, los cuales no interfieren en la determinación de la tasa de falla, ya que los mismos son fallas preventivas más no correctivas. Esta información pertenece a la Subestación 05 del Arenal, la cual proviene de la recopilación de datos de una forma estadística de la Centro Sur. Los cuadros estadísticos son un ejemplo palpable de la realidad que ocurre con una subestación y de todos sus alimentadores que nacen de ella. Sobre la base de estos datos se han estimado los tiempos de restauración y reparación, así como también las tasas de falla empleadas en el programa computacional Seccionamiento. El cálculo de las tasas de falla se explica en el punto 2.6 del presente capítulo.

2.5. Análisis de condiciones del Entorno de los Alimentadores Primarios y su influencia en las Frecuencias y Tiempos de las Interrupciones.

Un alimentador primario desde donde nace hasta donde termina, recorre diferentes sectores, la parte urbana de una ciudad, su periferia y la parte rural. Es aquí donde nace ya el primer problema; no es lo mismo una falla en la ciudad

que una falla en el sector rural; porque los tiempos de interrupción aumentan de una forma proporcional con la distancia, que es un parámetro a considerar.

El trabajo de las cuadrillas se planifica de modo que estén en la obligación de efectuar permanentemente mantenimiento preventivo en el área de cobertura, el cual consiste en una poda conservando la distancia de seguridad requerida, hacer la evaluación visual de los alimentadores primarios en busca de posibles fallas, daños y condiciones para futuras mejoras.

Esta situación es más complicada en el área rural, el problema radica en la falta de acceso a los sectores por donde recorren las líneas lo que dificulta realizar tareas de mantenimiento en reparación de fallas. Este es un problema que afecta directamente en los tiempos de interrupción y perjudica de una forma severa a los consumidores del área rural, en especial los mas distantes de los centros poblados.

Se ha hablado ya sobre la naturaleza y la distancia que juegan papeles importantes, pero también es importante recalcar sobre el material y la herrajería utilizada en los sistemas de alta tensión; mismos que con el pasar del tiempo se deterioran por agentes atmosféricos, disminuyendo su aislamiento y aumentando la posibilidad de una descarga a tierra. En otras situaciones el efecto disruptivo

del alto voltaje y la vibración provoca que los conectores (de línea energizada, perno hendido, etc.) pierdan su ajuste o se sulfaten por lo que implica que debe considerarse revisiones permanentes de los mismos.

El mantenimiento de los alimentadores primarios se lo puede realizar con línea energizada, es decir sin interrumpir el suministro eléctrico con ello se garantiza al consumidor la entrega del mismo y se evitan penalizaciones o costos elevados por interrupciones no programadas a las empresas distribuidoras.

2.6. Determinación de las Tasas de Fallas y Tiempos de Reparación y Restauraciones promedios de los Alimentadores Primarios.

En anexos se encuentran las tablas A1.1 a la A1.15, de la información presentada se tomó el número total de fallas producidas en cada año por alimentador y la distancia total del mismo.

La tasa de falla por unidad de longitud es el resultado de dividir las fallas anuales de cada alimentador para la distancia total, cada tasa de falla se encuentra en las siguientes unidades Falla/ Km- Año.

Tabla 2.1.- Tasa de Falla de los Alimentadores Primarios de la S/E 05 del año 1999

TASA DE FALLA

AÑO DE ESTUDIO: 1999

<i>Alimentador</i>	<i>Total de Fallas</i>	<i>Longitud del Alimentador (KM)</i>	<i>Tasa de Falla (Falla/Km_Año)</i>
0521	21,0000	404,0	0,0520
0522	11,0000	42,7	0,2576
0523	15,0000	104,4	0,1437
0524	16,0000	59,1	0,2707
0525	27,0000	137,1	0,1969

Tabla 2.2.- Tasa de Falla de los Alimentadores Primarios de la S/E 05 del año 2000

TASA DE FALLA

AÑO DE ESTUDIO: 2000

<i>Alimentador</i>	<i>Total de Fallas</i>	<i>Longitud del Alimentador (KM)</i>	<i>Tasa de Falla (Falla/Km_Año)</i>
0521	20,0000	404,0	0,0495
0522	13,0000	42,7	0,3044
0523	17,0000	104,4	0,1628
0524	14,0000	59,1	0,2369
0525	15,0000	137,1	0,1094

Tabla 2.3.- Tasa de Falla de los Alimentadores Primarios de la S/E 05 del año 2001

TASA DE FALLA

AÑO DE ESTUDIO: 2001

<i>Alimentador</i>	<i>Total de Fallas</i>	<i>Longitud del Alimentador (KM)</i>	<i>Tasa de Falla (Falla/Km_Año)</i>
0521	6,0000	404,0	0,0149
0522	5,0000	42,7	0,1171
0523	11,0000	104,4	0,1054
0524	2,0000	59,1	0,0338
0525	4,0000	137,1	0,0292

Tabla 2.4.- Tasa de Falla Promedio de los Alimentadores Primarios de la S/E 05 del año 1999 al 2001

TASA DE FALLA PROMEDIO

AÑO DE ESTUDIO: 1999-2001

<i>Alimentador</i>	<i>Total de Fallas</i>	<i>Longitud del Alimentador (KM)</i>	<i>Tasa de Falla (Falla/Km_Año)</i>
0521	15,6667	404,0	0,0388
0522	9,6667	42,7	0,2264
0523	14,3333	104,4	0,1373
0524	10,6667	59,1	0,1805
0525	15,3333	137,1	0,1118

En la tabla 2.5 se encuentran los tiempos de reparación, los mismos son el resultado del número de fallas totales por año con relación al tiempo de

reparación total por año de cada alimentador. La tabla 2.6 muestra un promedio de los tiempos de reparación de cada alimentador para los años indicados en la misma.

El tiempo de restauración promedio se lo estima en una hora, cuando las operaciones realizadas son manuales, este dato esta tomado sobre la base de los procedimientos prácticos realizados en el área de trabajo por el personal encargado.

Con la presencia de equipos de enlace automático, el tiempo de restauración prácticamente es nulo siempre que la falla pueda aislarse totalmente.

Los tiempos de reparación para la parte rural se encuentran en un 50% más que los tiempos de reparación urbana las razones se indican en el punto 2.5 de este capítulo.

Tabla 2.5.- Tiempos de Reparación Anuales de los Alimentadores pertenecientes a la SE/05.

TIEMPOS DE REPARACIÓN ANUALES

<i>Alimentador</i>	<i>Año de Estudio</i>	<i>Número de Fallas</i>	<i>Tiempo Promedio [Horas]</i>
0521	1999	21	0:28
	2000	20	0:21
	2001	6	0:15
0522	1999	11	0:26
	2000	13	0:15
	2001	5	0:17
0523	1999	15	0:22
	2000	17	0:16
	2001	11	0:11
0524	1999	16	0:18
	2000	14	0:11
	2001	2	0:18
0525	1999	27	0:12
	2000	15	0:14
	2001	4	0:19

Tabla 2.6.- Tiempos de Reparación Anuales de los Alimentadores pertenecientes a la SE/05, desde 1999 al 2001

TIEMPOS DE REPARACIÓN

<i>Alimentador</i>	<i>Tiempo Promedio [Horas]</i>
0521	0:21
0522	0:19
0523	0:16
0524	0:16
0525	0:15

CAPITULO III.

INDICADORES DE LA CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

3.1. Antecedentes

El ente regulador CONELEC pretende establecer un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos sobre la base de las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas, el Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, el Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias para la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica, el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad y el Reglamento de Tarifas.

Motivo por el cual en este capítulo se toman como referencia parte de dichos procedimientos en especial los que involucran a la calidad del servicio técnico que deben cumplirse por empresas distribuidoras, para garantizar a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, considerando los estándares mínimos de calidad, es decir que se establecen los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y así como los procedimientos técnicos de medición y de evaluación (índices de calidad) a los que son sometidos.

3.2. Calidad del Servicio Técnico y Penalizaciones^[2].

La calidad del servicio técnico prestado se evaluará la frecuencia y la duración total de Interrupción por lo que las empresas distribuidoras deberán cumplir con dos subetapas que a continuación se detallan:

Durante la Subetapa 1 se efectuarán controles en función de Índices Globales para el Distribuidor, discriminando por empresa y por alimentador de MV. El levantamiento de información y cálculo se efectuará de forma tal que los indicadores determinados representen en la mejor forma posible la cantidad y el tiempo total de las interrupciones que afecten a los consumidores. Para los consumidores con suministros en MV o en AV, se determinarán índices individuales.

En la Subetapa 2, los indicadores se calcularán a nivel de consumidor, de forma tal de determinar la cantidad de interrupciones y la duración total de cada una de ellas que afecten a cada consumidor.

Para la implementación de la Subetapa 1 la duración es de 24 meses y en la Subetapa 2 su inicio es en la finalización de la Subetapa 1, con una duración indefinida.

El período de control será anual, por tanto, los distribuidores presentarán informes anuales al CONELEC, especificando las interrupciones (indicadas en el punto 2.3.) y los índices de control resultantes.

Sin embargo de lo anterior, los cálculos de los índices de calidad se efectuarán para cada mes del año considerado y para el año completo.

Las empresas distribuidoras deben implementar y mantener una base de datos con la información sobre los componentes de la red asociados a la alimentación eléctrica de cada consumidor, es decir:

- ✘ Red de AV
- ✘ Subestación de distribución AV/MV
- ✘ Circuito de MV
- ✘ Centros de transformación MV/BV
- ✘ Circuito de bajo voltaje y ramal al que está conectado
- ✘ Identificación del cliente (número de suministro)

3.3. Índices de Calidad en Distribución.

Se han desarrollado varios índices para evaluar la confiabilidad de un sistema de distribución. Según un estudio dirigido por Billinton y Billinton en 1989, los más difundidos en EE.UU. y Canadá son^[5]:

✘ **SAIFI**, Índice de Frecuencia de Interrupciones Promedio del Sistema.

$$\text{SAIFI} = (\text{Número Total de Interrupciones a Clientes}) / (\text{Número Total de Clientes Servidos})$$

✘ **SAIDI**, Índice de Duración de Interrupciones Promedio del Sistema.

$$\text{SAIDI} = (\text{Sumatoria de Duración de Interrupción a los Clientes}) / (\text{Número Total de Clientes})$$

✘ **ASAI**, Índice de Disponibilidad de Servicios Promedio,

$$\text{ASAI} = (\text{Horas de Servicio Disponible a los Clientes}) / (\text{Horas de Servicio Demandada por los Clientes})$$

Si el número de clientes es constante, y se considera periodos de estudio

constantes, ASAI se relaciona linealmente a SAIDI porque,

$$\text{ASAI} = 1 - ((\text{SAIDI (en horas)}) / (\text{el número de horas en un período}))$$

✘ Energía total no suministrada anual, **ENS**.

$$\text{ENS} = \sum P_i * D_i$$

P_i → Representa la carga media anual en el nodo i y

$D_i \rightarrow$ es la duración total de interrupciones del suministro del nodo i en el año.

Minimizar el SAIDI es equivalente a maximizar ASAI.

Como podemos apreciar estos son los índices de confiabilidad que se manejan en muchos países en el ámbito internacional, por lo cual el CONELEC, también sugiere a las empresas distribuidoras en nuestro país, mantener un control del servicio técnico basado en índices de confiabilidad similares al SAIFI y SAIDI:

Control en la Subetapa 1:

- ✘ Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal Instalado (FMIK)
- ✘ Tiempo Total de interrupción por kVA nominal Instalado (TTIK)

Control en la Subetapa 2:

- ✘ Frecuencia de Interrupciones por número de consumidores (FAIc)
- ✘ Duración de las Interrupciones por consumidor (DAIc)

Estos son los cuatro índices con los que se maneja el control del servicio técnico en nuestro país, en el siguiente punto (3.4.) vamos a detallar como se calcula cada uno de ellos y especificando cuales son sus límites.

3.4. Determinación de los Índices de Calidad del Servicio Técnico.

Control del Servicio Técnico en la Subetapa 1

Durante la Subetapa 1, para los consumidores cuyo suministro sea en Bajo Voltaje, se controlará la calidad del servicio técnico sobre la base de índices que reflejen la frecuencia y el tiempo total que queda sin servicio la red de distribución.

Durante esta Subetapa 1 no se computarán las interrupciones originadas en la red de Bajo Voltaje que queden circunscritas en la misma, es decir aquéllas que no produzcan la salida de servicio del Centro de Transformación MV/BV al que pertenezcan.

Los límites de la red sobre la cual se calcularán los índices son, por un lado el terminal del alimentador MV en la subestación AV/MV, y por el otro, los bornes BV del transformador MV/BV.

Índices

Los índices de calidad se calcularán para toda la red de distribución (Rd) y para cada alimentador primario de medio voltaje (Aj), de acuerdo a las siguientes expresiones:

- a) Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal Instalado (FMIK)

En un período determinado, representa la cantidad de veces que los kVA promedio sufrieron una interrupción de servicio.

$$\mathbf{FMIK}_{Rd} = \frac{\sum_i \mathbf{kVA}f_{s_i}}{\mathbf{kVA}_{inst}}$$
$$\mathbf{FMIK}_{Aj} = \frac{\sum_i \mathbf{kVA}f_{s_{iAj}}}{\mathbf{kVA}_{instAj}}$$

- b) Tiempo Total de interrupción por kVA nominal Instalado (TTIK)

En un período determinado, representa el tiempo medio en que los kVA promedio no estaban con servicio.

$$\mathbf{TTIK}_{Rd} = \frac{\sum_i \mathbf{kVA}f_{s_i} * \mathbf{T}f_{s_i}}{\mathbf{kVA}_{inst}}$$

$$TTIK_{Aj} = \frac{\sum_i^{Aj} kVA_{fsi} * T_{fsi}}{kVA_{instAj}}$$

Donde:

FMIK: Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal instalado, expresada en fallas por kVA.

TTIK: Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado, expresado en horas por kVA.

\sum_i : Sumatoria de todas las interrupciones del servicio "i" con duración mayor a tres minutos, para el tipo de causa considerada en el período en análisis.

\sum_i^{Aj} : Sumatoria de todas las interrupciones de servicio en el alimentador "Aj" en el período en análisis.

kVA_{fsi}: Cantidad de kVA nominales fuera de servicio en cada una de las interrupciones "i".

KVA_{inst}: Cantidad de kVA nominales instalados.

T_{fsi} : Tiempo de fuera de servicio, para la interrupción "i"

Red : Red de distribución global

Aj : Alimentador primario de medio voltaje "j"

c) Índices para consumidores en AV y MV

Para el caso de consumidores en áreas urbanas cuyo suministro sea realizado en el nivel de Alto o Medio Voltaje no se aplicarán los índices descritos anteriormente, sino que se controlará la calidad de servicio en función de índices individuales de acuerdo a lo establecido para la Subetapa 2.

Las empresas distribuidoras están en la obligación de efectuar el levantamiento y registro de las interrupciones y la determinación de los correspondientes índices.

Para la determinación de los índices se computarán todas las interrupciones que afecten la Red de Medio Voltaje de Distribución, es decir a nivel de alimentadores primarios.

Límites

Los valores límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, aplicables durante la Subetapa 1 son los presentados en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1 Límites Admisibles En La Subetapa1 Para FMIK y TTIK

Índice	Lim FMIK	Lim TTIK
Red	4.0	8.0
Alimentador Urbano	5.0	10.0
Alimentador Rural	6.0	18.0

Los valores límites admisibles para los consumidores en AV y MV durante la Subetapa 1 son los presentados en la Tabla 3.2:

Tabla 3.2 Límites Admisibles En La Subetapa1 Para FAIc y DAIc

Consumidor	Índice	Valor
Suministro	Lim FAIc	6,0
En AV	Lim DAIc	4,0
Suministro	Lim FAIc	10,0
En MV	Lim DAIc	24,0

Cálculo de la Energía No Suministrada

En caso de haberse excedido los valores límites admisibles de los Índices de Calidad de Servicio, aplicables durante la Subetapa 1, se calculará la ENS, mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

a) Sí: $FMIK > \text{Lím}FMIK$ y $TTIK < \text{Lím}TTIK$

$$ENS = (FMIK - \text{Lím}FMIK) * \frac{TTIK}{FMIK} * \frac{ETF}{THPA}$$

b) Sí: $FMIK < \text{Lím}FMIK$ y $TTIK > \text{Lím}TTIK$

$$ENS = (TTIK - \text{Lím}TTIK) * \frac{ETF}{THPA}$$

c) Sí: $FMIK > \text{Lím}FMIK$ y $TTIK > \text{Lím}TTIK$; y, sí $\frac{TTIK}{FMIK} < \frac{\text{Lím}TTIK}{\text{Lím}FMIK}$

$$ENS = (FMIK - \text{Lím}FMIK) * \frac{TTIK}{FMIK} * \frac{ETF}{THPA}$$

d) Sí: $FMIK > \text{Lím}FMIK$ y $TTIK > \text{Lím}TTIK$; y, sí $\frac{TTIK}{FMIK} \geq \frac{\text{Lím}TTIK}{\text{Lím}FMIK}$

$$ENS = (TTIK - \text{Lím}TTIK) * \frac{ETF}{THPA}$$

Donde:

ENS: Energía No Suministrada por Causas Internas o Externas, en kWh.

ETF: Energía Total Facturada a los consumidores en bajo voltaje (BV) conectados a la Red de Distribución Global; o, al alimentador primario considerado, en kWh, en el periodo en análisis.

THPA: Tiempo en horas del periodo en análisis.

FMIK: Índice de Frecuencia media de interrupción por kVA.

T^TTIK: Índice de Tiempo total de interrupción por kVA.

LimFMIK: Límite Admisible de FMIK.

LimT^TTIK: Límite Admisible de T^TTIK

La Energía No Suministrada se calculará para toda la red de distribución y para cada alimentador primario de medio voltaje (MV).

Control del Servicio Técnico en la Subetapa 2

Durante la Subetapa 2, la calidad del servicio técnico se controlará al nivel de suministro a cada consumidor, debiendo disponer las empresas distribuidoras de los sistemas que posibiliten la gestión de la totalidad de la red, y la adquisición y procesamiento de información de forma tal de asegurar los niveles de calidad, y la realización de controles previstos para la presente etapa.

Índices

Los índices de calidad antes indicados, serán calculados mediante las siguientes fórmulas:

a) Frecuencia de Interrupciones por número de consumidores (FAIc)

Representa el número de interrupciones, con duración mayor a tres (3) minutos, que han afectado al consumidor "c", durante el período de análisis.

$$\mathbf{FAIc = Nc}$$

Donde:

FAIc: Frecuencia de las interrupciones que afectaron a cada consumidor "c", durante el período considerado.

Nc: Número de interrupciones, con duración mayor a tres minutos, que afectaron al consumidor "c", durante el período de análisis.

b) Duración de las Interrupciones por consumidor (DAIc)

Es la sumatoria de las duraciones individuales ponderadas de todas las interrupciones en el suministro de electricidad al consumidor "c", durante el período de control.

$$DAIc = \sum_i (K_i * dic)$$

Donde:

dic : Duración individual de la interrupción "i" al consumidor "c" en horas

K_i : Factor de ponderación de las interrupciones

K_i = 1.0 para interrupciones no programadas

K_i = 0.5 para interrupciones programadas por las empresas distribuidoras, para el mantenimiento o ampliación de las redes; siempre que hayan sido notificadas a los consumidores con una anticipación mínima de 48 horas, con horas precisas de inicio y culminación de trabajos.

Registro

El sistema de gestión de red a implementar por las empresas distribuidoras permitirán el control de la calidad del servicio técnico a nivel del suministro al consumidor, deberá como mínimo almacenar la siguiente información:

- ‡ Datos de las interrupciones, indicando inicio y fin de la mismas, equipos afectados, y equipos operados a consecuencia de la interrupción a fin de reponer el suministro (identificación de las modificaciones transitorias al esquema operativo de la red).
- ‡ Esquema de alimentación de cada consumidor, de forma tal que permita identificar el número de consumidores afectados ante cada interrupción en cualquier punto de la red. La información deberá contemplar las instalaciones que abastecen a cada consumidor con el siguiente grado de detalle.

- ☐ circuito o ramal de BV
- ☐ centro de transformación MV/BV
- ☐ alimentador MV
- ☐ transformador AV/MV
- ☐ subestación AV/MV
- ☐ red AV

El sistema deberá permitir el intercambio de información con los archivos de facturación, de forma tal de posibilitar el cálculo de la energía no suministrada a cada uno de los consumidores.

Límites

Los valores límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, aplicables durante la Subetapa 2 son los presentados en la Tabla 3.3:

Tabla 3.3 Límites Admisibles en la Supetapa2 Para FAIc y DAIc

Índice	Lim FAIc	Lim DAIc
Consumidores en AV	6.0	4.0
Consumidores en MV Urbano	8.0	12.0
Consumidores en MV Rural	10.0	24.0
Consumidores en BV Urbano	10.0	16.0
Consumidores en BV Rural	12.0	36.0

Cálculo de la Energía No Suministrada

En caso de haberse excedido los valores límites admisibles de los Índices de Calidad de Servicio, aplicables durante la Subetapa 2, se calculará la Energía No Suministrada (ENS), mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

a) Sí: $FAIc > LímFAIc$ y $DAIc < LímDAIc$

$$ENS = (FAIc - LímFAIc) * \frac{DAIc}{FAIc} * \frac{ETF}{THPA}$$

b) Sí: $FAIc < LímFAIc$ y $DAIc > LímDAIc$

$$ENS = (DAIc - LímDAIc) * \frac{ETF}{THPA}$$

c) Sí: $FAIc > LímFAIc$ y $DAIc > LímDAIc$; y, sí $\frac{DAIc}{FAIc} < \frac{LímDAIc}{LímFAIc}$

$$ENS = (FAIc - LímFAIc) * \frac{DAIc}{FAIc} * \frac{ETF}{THPA}$$

d) Sí: $FAIc > LímFAIc$ y $DAIc > LímDAIc$; y, sí $\frac{DAIc}{FAIc} \geq \frac{LímDAIc}{LímFAIc}$

$$\mathbf{ENS = (DAIc - LimDAIc) * \frac{ETF}{THPA}}$$

Donde:

ENS: Energía No Suministrada por Causas Internas o Externas, en kWh.

ETF: Energía Total Facturada a los consumidores del nivel de voltaje que se esté considerando, en kWh, en el periodo en análisis.

THPA: Tiempo en horas del periodo en análisis.

FAIc: Índice de Frecuencia anual de interrupción por consumidor "c".

DAIc: Índice de Duración anual de interrupción por consumidor "c".

Lim FAIc: Límite Admisible de FAIc.

Lim DAIc: Límite Admisible de DAIc.

CAPITULO IV.

OPTIMIZACIÓN DE LA UBICACIÓN DE EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO.

4.1. Antecedentes.

Nos centraremos en demostrar como influye el ubicar equipos de seccionamiento en la configuración de una red de distribución, mediante el cálculo de tres índices de confiabilidad indicados en el capítulo anterior que son el SAIDI, SAIFI y la ENS.

Realizando una reseña de cuales son los métodos que se han planteado, para el análisis de la ubicación óptima de equipos de seccionamiento en el punto (4.2). Se plantea el problema a través de un ejemplo y determinando las dificultades que se presentan en el cálculo, conjuntamente con una metodología de solución, que básicamente estará encaminada a facilitarlos a través de la creación de un software, todo ello resumido en el punto (4.3).

4.2. *Técnicas de Análisis de las Metodologías Utilizadas*^[7]

La mayoría de los problemas dentro de la planificación óptima de la expansión de una red de distribución tienen involucrados tres aspectos importantes:

- Es un problema de gran escala: número y grado de variables y restricciones.
- Los métodos de programación matemática tradicionales no son adecuados debido a que la función objetivo y las restricciones tienen formas diversas y arbitrarias.
- La incertidumbre está presente en varios niveles: demanda, precio de la energía, costos, disponibilidad de equipos, etc.

En la misma referencia [7] se explica que la selección de un adecuado número de equipos de seccionamiento y su correcta ubicación es una tarea de planificación que aún presenta dificultades y no ha sido resuelta en forma integral. Generalmente las empresas distribuidoras utilizan la experiencia, sentido común e información de las cuadrillas de atención de reclamos y de los clientes para la instalación de estos dispositivos. Con esta visión se han escrito algunos artículos.

Así mismo, en [7] se a analizado las diferentes referencias bibliográficas y se indica:

- ✘ En la referencia [8] se propone cuatro reglas para la ubicación de mecanismos de protección para mejorar la confiabilidad. El índice utilizado es el promedio del número de minutos de interrupción por cliente al año (SAIDI).
- ✘ Con la desregulación de la industria eléctrica las empresas distribuidoras han demostrado un interés creciente en el mejoramiento de la confiabilidad del sistema y en la reducción de sus costos. En este sentido ha aparecido algunos trabajos que vinculan al aspecto técnico, los costos y la confiabilidad. Para nuestro caso específico, se identifican algunos estudios que incorporan al problema de la ubicación de equipos de seccionamiento [6], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17].
- ✘ En la referencia [12] se describe una metodología para mejorar la confiabilidad de alimentadores con una configuración en anillo y alimentados por una misma subestación, mediante la adición de equipos de protección en el lazo y el reordenamiento o reconfiguración del anillo. Además se discute un procedimiento para el cálculo de las tasas de interrupción a los clientes. Los resultados de este estudio reflejan lo efectivo que resulta reducir el recorrido del

circuito principal del anillo del alimentador como medio para mejorar el nivel de confiabilidad. Además demuestra como la ubicación de los equipos de protección cambian las tasas de falla del sistema. Es importante recalcar que para este análisis no se considera ninguna clase de costos.

- ✘ En [9] se describe la aplicación de un procedimiento general de optimización combinatorial conocido como *simulated annealing* para determinar la ubicación de equipos de maniobra. Este método de *optimización* o aproximación puede ser usado cuando la función objetivo es no lineal.
- ✘ Este procedimiento ha sido exitosamente aplicado a muchos problemas de optimización combinatorial vinculados a los sistemas eléctricos de potencia, incluido aquellos relacionados con la ubicación y asignación de recursos.
- ✘ En conclusión, en esta referencia se demuestra como este método puede ser usado para minimizar los costos por suspensiones de servicio, así como los costos relacionados con la inversión y el mantenimiento, seleccionando el número y la ubicación óptima de los interruptores en un sistema de distribución radial.
- ✘ En [10] se propone la técnica de programación binaria para mejorar la efectividad del sistema de protecciones por medio de la determinación

de la ubicación de los equipos de protección en la red y la selección del tipo de dispositivo a ser utilizado. La técnica propuesta minimiza el índice SAIFI. En el algoritmo de solución propuesto se utiliza la heurística para minimizar el tiempo computacional. Además, los autores realizan un análisis sobre la influencia de los equipos de protección sobre los índices de confiabilidad, específicamente en lo relacionado con la frecuencia y duración de las interrupciones a los clientes.

- ✘ En las referencias [6], [7] se utiliza lógica borrosa y algoritmos genéticos para determinar la ubicación óptima. En [11] se demuestra la importancia que tienen los costos de inversión, mantenimiento y falla en la selección de reconectores.
- ✘ En [13] se considera la posibilidad de identificar fuentes alternativas de suministro para la zona de red que está sin servicio y que ha sido aislada de la zona averiada, a través de la localización adecuada de interruptores de enlace, con el fin de reconfigurar la red y restaurar el servicio a esa zona. Se analiza dos casos, el primero, considera que los interruptores de enlace se encuentran ubicados y el segundo, estudia la ubicación tanto de los interruptores de enlace como de los equipos de seccionamiento.

- ✘ El método para determinar la solución se basa en algoritmos genéticos. Además se presenta una modelación matemática para evaluar la energía promedio anual no suministrada y los índices de duración de las interrupciones.
- ✘ No se considera como una restricción al problema de la coordinación de equipos de protección, así como tampoco se tiene en cuenta el efecto que representa transferir carga a otros alimentadores (sobrecarga en el transformador de la subestación AT/MT, sobrecarga térmica en conductores del alimentador, problemas de caída de tensión, etc.).
- ✘ En [5] se presenta un modelo para mejorar la confiabilidad de un sistema de distribución a través de la reconfiguración. Los índices a ser minimizados son el SAIDI y el SAIFI. Se formula matemáticamente el efecto que tiene la reconfiguración en los índices de confiabilidad. Se evidencia la importancia que tiene la configuración de la red y la ubicación de equipos de seccionamiento.
- ✘ En [15] se propone como medio de solución la aplicación de programación dinámica (principio de optimización de Bellmann) combinado con técnicas de reducción del espacio de búsqueda, obteniéndose una solución óptima en pocos mili-segundos para problemas de tamaños reales.

- ✘ En su análisis consideran los casos en la que la duración de una salida es mayor a un minuto, debido a que interrupciones de este tipo conllevan a pérdidas de ingresos que pueden ser cuantificadas a través de la ENS. El problema está enfocado de tal manera que se debe optimizar el número y la posición de estos equipos para que su resultado alcance un beneficio, en términos de reducir los costos por falla, justificando las inversiones de capital. Se define una función que toma en cuenta las ventajas derivadas de usar equipos de seccionamiento automáticos en forma matemática.
- ✘ Para resolver el problema de optimizar el uso de equipos de seccionamiento en [6, 9, 13, 14] se usan técnicas heurísticas, pero estas no garantizan la precisión de los resultados obtenidos. Es más, estas técnicas así planteadas requieren una gran cantidad de tiempo de computación por lo que no son adecuadas en la planificación de redes de distribución de tamaño real.
- ✘ En [16] se presenta una propuesta para el diseño óptimo del sistema de protecciones mediante programación binaria. Se consideran y se analizan varios casos de optimización planteándose funciones objetivo que minimicen los índices de SAIFI, ASIFI, MAIFI y se analizan sus resultados en forma independiente. Pero también considera el

problema de una optimización de “compromiso” (trade-off) entre los diversos índices.

- ✘ Además se realiza un estudio del algoritmo de programación binaria de ramificación y acotamiento (*Branch and Bound*), con su correspondiente análisis computacional. Considera e introduce restricciones de coordinación, diseño, aplicación y costo. No considera ni los costos de inversión en la función objetivo, ni el caso de ubicación de equipos de enlace.

La referencia [7] concluye que no existe un procedimiento que permita resolver el problema de la ubicación de equipos de seccionamiento, considerando la influencia de las variables inciertas y contemplando todos los aspectos y restricciones presentes en un sistema de distribución.

Además, el análisis bibliográfico realizado en [7], se desprende que la mayoría de autores no consideran, en las propuestas de solución, la posibilidad de establecer tramos de interconexión para transferencia de carga, limitando así las alternativas de solución. Una óptima combinación, entre equipos de seccionamiento e interconexión, puede ser mejor que todas aquellas que consideran únicamente equipos de seccionamiento.

Técnicas utilizadas: Por lo tanto para resolver este problema se pueden recurrir a las siguientes técnicas de optimización:

Optimización Convencional

- ☐ Programación binaria
- ☐ Ramificación y acotamiento (Branch and Bound)
- ☐ Programación dinámica

Inteligencia Artificial

- ☐ Algoritmos genéticos

Técnicas híbridas

- ☐ Combinación de métodos de Inteligencia Artificial (IA) y/o técnicas de optimización convencionales
- ☐ Heurística para realizar una búsqueda inteligente combinada con otras técnicas

Para el caso de la ubicación óptima de equipos de seccionamiento todas las técnicas antes mencionadas buscan dentro de su metodología reducir los índices de confiabilidad indicados anteriormente, donde también se considera la influencia del costo de los equipos.

4.3. *Formulación del Problema.*

El problema básicamente radica en detectar como se da la influencia de quitar o agregar un equipo de seccionamiento en una determinada red, para esto se plantea un ejemplo de la ubicación de equipos de seccionamiento y de cómo estos afectan en la Energía No Suministrada en una pequeña configuración de un alimentador (ver Fig. 4.1), los datos de la red o el alimentador va ha ser expuestos por cada nodo, y también por sus secciones o ramales.

En las Tablas 4.1 y 4.2 se presentan todos los datos del alimentador, en donde:

TF = Tasa de falla medida en número de fallas de una sección por año.

NI = Nodo inicio de una sección.

NF = Nodo final de una sección.

Tabla 4.1 DATOS POR NODOS

NODO	P [KW]	Q [KVAR]	S [KVA]
0	0,00	0,00	0,00
1	180,00	87,18	200,00
2	162,00	78,46	180,00
3	90,00	43,59	100,00
4	162,00	78,46	180,00
5	135,00	65,38	150,00
6	45,00	21,79	50,00
7	162,00	78,46	180,00
8	45,00	21,79	50,00
9	315,00	152,56	350,00
10	90,00	43,59	100,00
11	270,00	130,77	300,00
12	90,00	43,59	100,00
13	45,00	21,79	50,00
14	67,50	32,69	75,00
15	180,00	87,18	200,00
16	90,00	43,59	100,00
17	67,50	32,69	75,00
18	45,00	21,79	50,00
19	45,00	21,79	50,00
20	90,00	43,59	100,00
21	67,50	32,69	75,00
22	45,00	21,79	50,00
23	162,00	78,46	180,00
24	180,00	87,18	200,00
25	90,00	43,59	100,00
26	90,00	43,59	100,00
27	135,00	65,38	150,00
28	45,00	21,79	50,00
29	67,50	32,69	75,00
30	90,00	43,59	100,00
31	135,00	65,38	150,00
32	180,00	87,18	200,00

Tabla 4.2 DATOS POR RAMAS

N I	NF	LONG. [m]	T F
0	1	100,00	0,0250
1	2	150,00	0,0375
2	3	120,00	0,0300
2	4	90,00	0,0225
4	5	190,00	0,0475
5	6	120,00	0,0300
5	7	230,00	0,0575
1	8	250,00	0,0625
8	9	150,00	0,0375
8	10	100,00	0,0250
10	11	100,00	0,0250
10	12	200,00	0,0500
12	13	300,00	0,0750
1	14	130,00	0,0325
14	15	120,00	0,0300
14	16	230,00	0,0575
16	17	100,00	0,0250
16	18	140,00	0,0350
14	19	110,00	0,0275
19	29	220,00	0,0550
19	20	240,00	0,0600
20	21	250,00	0,0625
21	22	130,00	0,0325
21	23	160,00	0,0400
23	24	170,00	0,0425
23	25	230,00	0,0575
25	26	250,00	0,0625
25	27	150,00	0,0375
25	28	100,00	0,0250
19	30	100,00	0,0250
30	31	200,00	0,0500
31	32	300,00	0,0750

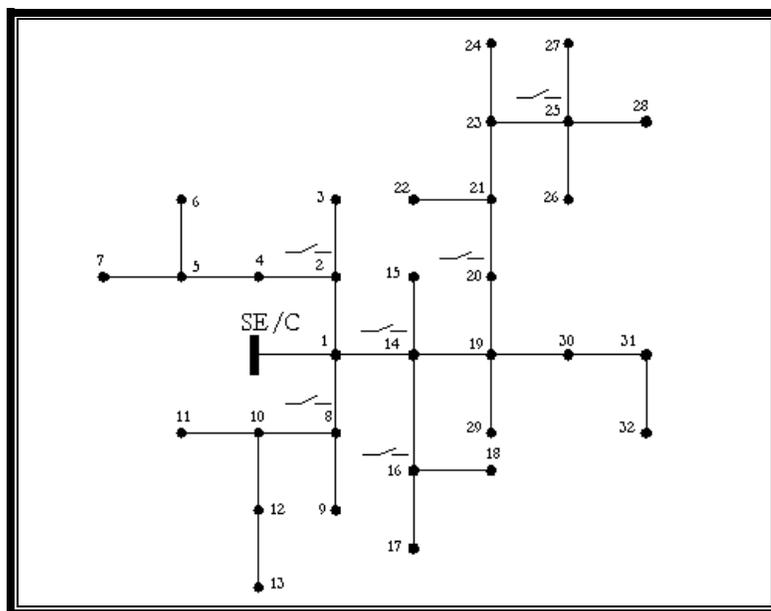


Fig. 4.1 Diagrama esquemático del alimentador

Fórmula ha emplearse en el cálculo de la Energía No Suministrada.

$$ENS = \sum_{i=1}^{N_t} \lambda_i L_i \left(\sum_{j=1}^{N_a} P_j t_s + \sum_{k=1}^{N_r} P_k t_r \right) \quad [6]$$

Donde:

- ENS = KWH - AÑO.
 λ_i = Número de fallas por unidad de longitud del tramo “i” del alimentador “h” por año.
 L_i = Longitud del tramo “i” del alimentador “h” [m].
 $P_j(P_k)$ = Carga media anual en el nodo “j” (“k”) [KW].
 t_s = Tiempo de aislamiento de la falla [s].
 t_r = Tiempo de reparación de la la falla [s].
 N_t = Número total de tramos del alimentador.
 N_a = Número de tramos sin servicio antes de que se aisle la falla.
 N_r = Número de tramos sin servicio hasta que se repare la falla.

N_a es el número de nodos ubicados después del equipo que debe actuar para aislar la falla (es decir el equipo más cercano aguas arriba de la falla), este decrece cuando se incrementa el número de equipos de seccionamiento adecuadamente coordinados. N_r es el número de tramos directamente relacionados con la sección averiada y que no pueden ser transferidos ni reenergizados, este a la vez estará en función de la existencia de puntos de interconexión (alimentadores de respaldo).

Tabla 4.3 Resultados Del Cálculo De ENS Según Se Va Colocando Puntos De Seccionamiento.

TIEMPO REPARACION = 4				CONTRIBUCION DE CADA SECCION AL CALCULO DE LA ENS (KWH/ANO)												
TIEMPO MANIOBRA = 1				SECCIONAMIENTO												
NODOS	POTENCIA (KW)	SECCIONES		T-F	SECCIONAMIENTO											
		NODO-I	NODO-F		1	12	1,28	12,8	12,8,14,16	12,8,14,16,20	12,8,14,16,20,30					
0	0,00	0	1	0,0250	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	
1	180,00	1	2	0,0375	549,45	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	
2	162,00	2	3	0,0300	439,56	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	
3	90,00	2	4	0,0225	329,67	133,45	133,45	133,45	133,45	133,45	133,45	133,45	133,45	133,45	133,45	
4	162,00	4	5	0,0475	695,97	281,72	281,72	281,72	281,72	281,72	281,72	281,72	281,72	281,72	281,72	
5	135,00	5	6	0,0300	439,56	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	
6	45,00	5	7	0,0575	842,49	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	
7	162,00	1	8	0,0625	915,75	915,75	389,25	389,25	389,25	389,25	389,25	389,25	389,25	389,25	389,25	
8	45,00	8	9	0,0375	549,45	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	
9	315,00	8	10	0,0250	366,30	366,30	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	
10	90,00	10	11	0,0250	366,30	366,30	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	
11	270,00	10	12	0,0500	732,60	732,60	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	
12	90,00	12	13	0,0750	1098,90	1098,90	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	
13	45,00	1	14	0,0325	476,19	476,19	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	
14	67,50	14	15	0,0300	439,56	439,56	183,84	183,84	183,84	183,84	183,84	183,84	183,84	183,84	183,84	
15	180,00	14	16	0,0575	842,49	842,49	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	
16	90,00	16	17	0,0250	366,30	366,30	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	
17	67,50	16	18	0,0350	512,82	512,82	211,17	211,17	211,17	211,17	211,17	211,17	211,17	211,17	211,17	
18	45,00	14	19	0,0275	402,93	402,93	167,21	167,21	167,21	167,21	167,21	167,21	167,21	167,21	167,21	
19	45,00	19	20	0,0550	805,86	805,86	322,34	322,34	322,34	322,34	322,34	322,34	322,34	322,34	322,34	
20	90,00	19	20	0,0600	879,12	879,12	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	366,30	
21	67,50	20	21	0,0625	915,75	915,75	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	
22	45,00	21	22	0,0325	476,19	476,19	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	198,47	
23	162,00	21	23	0,0400	586,08	586,08	242,43	242,43	242,43	242,43	242,43	242,43	242,43	242,43	242,43	
24	180,00	23	24	0,0425	622,71	622,71	255,06	255,06	255,06	255,06	255,06	255,06	255,06	255,06	255,06	
25	90,00	23	25	0,0575	842,49	842,49	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	341,03	
26	90,00	25	26	0,0625	915,75	915,75	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	371,16	
27	135,00	25	27	0,0375	549,45	549,45	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	222,41	
28	45,00	25	28	0,0250	366,30	366,30	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	
29	67,50	19	30	0,0250	366,30	366,30	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	155,70	
30	90,00	30	31	0,0500	732,60	732,60	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	311,40	
31	135,00	31	32	0,0750	1098,90	1098,90	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	467,10	
32	180,00				19890,09	17927,87	15611,27	11158,24	10549,74	9330,69	8670,54					
					3663,00											

Como se aprecia en los resultados de la Tabla 4.3, en cada columna donde se encuentran ubicados los equipos de seccionamiento, por ejemplo en las ramas 1 y 2, para encontrar la ENS total que es de 17927,87 KWH – AÑO, hay que realizar la sumatoria de la contribución de cada sección al cálculo de la misma y es en cada una de estas donde se puede ver la influencia de tener más equipos ubicados en la red, si apreciamos la contribución de la sección 1 – 2 cuando se tiene un solo equipo es de 549,45 KWH – AÑO, mientras que si se tienen dos equipos la misma se reduce a 222,41 KWH – AÑO, lo que nos indica que si van incrementando el número de seccionadores (de protección) al alimentador, la ENS total del alimentador disminuye, planteado así el problema, lo óptimo desde el punto de vista de la ENS sería ubicar en todos los nodos un equipo de seccionamiento y protección, pero habría que tabular los resultados en función de los costos de los equipos y ver que resulta más beneficioso para la Empresa Distribuidora, entre otras cosas.

A continuación se analizan estos aspectos:

A partir de los resultados en la tabla 4.3, se tomó como referencia tres casos para estimar su beneficio y los resultados están reflejados en la tabla 4.4 (al

ubicar 4, 5 y 6 equipos de seccionamiento), también se han tabulado cuando se ubican 16 y 22 equipos.

El costo asumido por KWH-AÑO de ENS fue de 1,25 \$ y para cada equipo de seccionamiento (de protección – seccionadores fusibles) de 300 \$, considerando 10 años de duración de los equipos con una tasa anual del 12 %, los tiempos de reparación y de aislamiento son de 4 y 1 hora respectivamente.

Tabla 4.4.- Estimación del Beneficio en Función de los Costos.

Seccionamiento (Nodos)	Costo de la ENS sin equipos de Seccionamiento [\$ - Año]	Costo de la ENS con equipos de Seccionamiento [\$ - Año]	Costo anualizado de los Equipos [\$ - Año]	Beneficio [\$ - Año]
1,2,8,14,16	24862.6	13187.2	212.4	11463.0
1,2,8,14,16,20	24862.6	11663.4	265.5	12933.7
1,2,8,14,16,20,30	24862.6	10838.2	318.6	13705.8
1,2,3,5,8,9,10,12,14,15,16,20,22,24,25,29,30	24862.6	8917.3	849.5	15095.8
1,2,3,5,6,7,8,9,10,12,14,15,16,19,20,21,22,24,25,26,27,29,30	24862.6	8669.2	1168.1	15025.3

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos en la tabla 4.4, vemos que los beneficios obtenidos en los cuatro primeros casos se van incrementando según se va agregando seccionamientos al alimentador, mientras que en el último caso cuando se ubican 22 equipos, el beneficio comienza a disminuir.

Se debe buscar un punto de equilibrio entre el beneficio obtenido, por los costos de energía no suministrada y el costo que implica la adquisición e implementación de equipos de seccionamiento, lo cual lleve a lo deseado por el personal encargado de su diseño. No solo desde la técnica va el estudio de los costos, sino también es meritorio que se lleve un análisis de los mismos, por lo tanto la solución óptima de los casos presentados en la tabla 4.4, sería la que da un beneficio de **15095,8 \$ - Año**.

4.4. Metodología de Solución.

En la configuración de una red (alimentador) en función de la ubicación de equipos de seccionamiento, ya sean estos de corte, protección o reconexión, se requiere realizar cálculos de índices como son la ENS, SAIFI (Índice de Frecuencia de Interrupciones Promedio del Sistema) y el SAIDI (Índice de Duración de Interrupciones Promedio del Sistema). Los datos del alimentador que se necesitan son códigos tabulados que identifican a cada uno de los nodos integrantes del mismo, Potencia Activa de cada nodo, valor del nivel de tensión que se maneje, número de clientes que suministra cada nodo. Esto con respecto a la información puntual que se requiere de cada nodo del alimentador.

Otra información adicional a la configuración de los ramales o secciones del alimentador como es códigos de los nodos de entrada y salida de una sección específica, longitud en [m], número de fases (trifásico-3 o monofásico-1), tipo de equipo de seccionamiento y su ubicación si es al inicio, fin o inicio – fin dentro de un ramal específico y finalmente la tasa de falla promedio anual que presente el alimentador para cada sección.

Tabular toda esta información manualmente sería un trabajo muy tedioso y demorado para la persona que se encargue de la planificación y configuración de una red de alimentación, por lo tanto se ha elaborado un programa **“Seccionamiento.exe”**.

Además se utiliza el programa **“Ubicacion.exe”**, el mismo que fue realizado por el Ing. Esteban Albornoz V., como parte de la tesis Doctoral *“Ubicación Óptima De Equipos De Seccionamiento Y Protección En Sistemas De Distribución”*. Dicho programa utiliza un modelo de red el cual esta basado en la estructura de los archivos xxx.nod, xxx.ram, xxx.clí, xxx.tas y xxx.int, de igual forma los resultados son presentados en los archivos demanda.sal, rama.sal y ens-resultado.txt.

Seccionamiento.exe se encarga de:

 Crear archivos fuente (xx.nod, xx.cli, xx.ram, xx.tas, xx.int) que manejan la información tanto de ramales como de nodos (Seccionamiento.exe). La información facilitada por la E.E.R.C.S.C.A. es a través de unos archivos de extensión (Alim0421.SCP), que es nuestro archivo fuente y por medio del cual la información es desglosada en otros archivos (Alim0421.CLI – Alim0421.TAS – etc.) en un formato internacional de uso múltiple en formato de texto. Es decir:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	REGIS	N_SEC	UBIC	BICCE	CODIGO	NOD_E	NOD_S	LONG	N_F	DCC	CONDUCT	DCC	CONDUCTN	DCC	SEC	POTIN	F	N_TRAN
2	1	35001	UP08		052535001		35001	0,200	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10	0	10,0	A	5421E
3	2	35002	UP08		052535002	35001	35002	0,191	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10				
4	3	35003	UP08		052535003	35002	35003	0,043	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10		50,0	ABC	1188E
5	4	35004	UP08		052535004	35003	35004	0,220	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10		50,0	A	3159E
6	5	35005	UQ07		052535005	35002	35005	0,290	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10				
7	6	35006	UP07		052535006	35195	35006	0,333	A	37	4 AC		NO EXIST	12		10,0	A	5090E
8	7	35007	UQ07		052535007	35005	35007	0,013	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10		25,0	A	0776E
9	8	35008	UQ07		052535008	35007	35008	0,036	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10				
10	9	35009	UQ07		052535009	35198	35009	0,084	ABC	37	4 AC		NO EXIST	10		15,0	A	0780E
11	10	35010	UP07		052535010	35009	35010	0,180	ABC	37	4 AC		NO EXIST	10		37,5	A	4797E
12	11	35011	UP06		052535011	35010	35011	0,310	ABC	37	4 AC		NO EXIST	10		10,0	A	0851E
13	12	35012	UP06		052535012	35011	35012		A	37	4 AC		NO EXIST	12		10,0	A	0852E
14	13	35013	UP06		052535013	35011	35013		A	37	4 AC		NO EXIST	12		10,0	A	0853E
15	14	35014	UQ06		052535014	35009	35014	0,400	A	37	4 AC		NO EXIST	12		15,0	A	0781E
16	15	35015	UQ05		052535015	35014	35015	0,400	A	37	4 AC		NO EXIST	12		15,0	A	0777E
17	16	35016	UQ05		052535016	35015	35016	0,050	A	37	4 AC		NO EXIST	12				

Fig. 4.2.- Fragmento del archivo fuente Alim0421.SCP

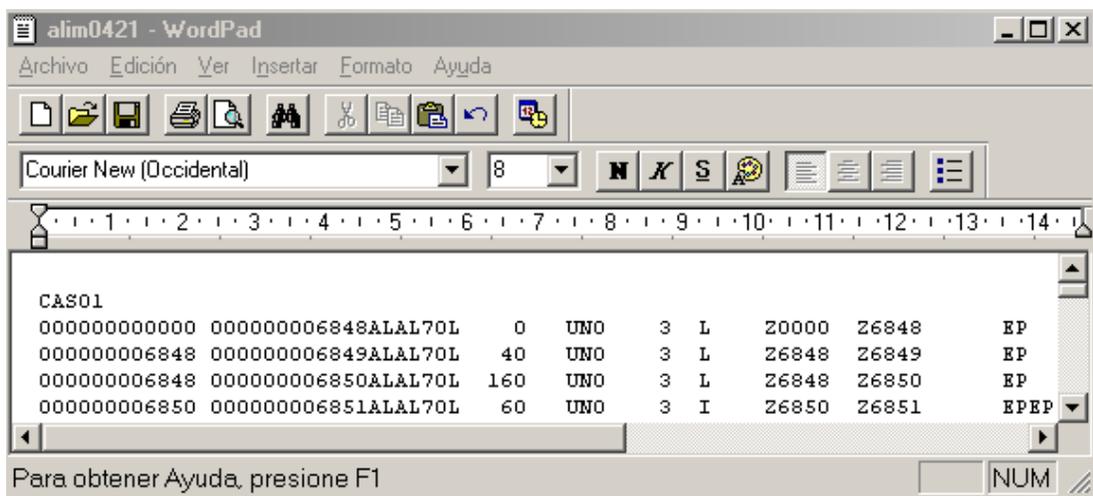


Fig. 4.3.- Fragmento del archivo Alim0421.RAM.

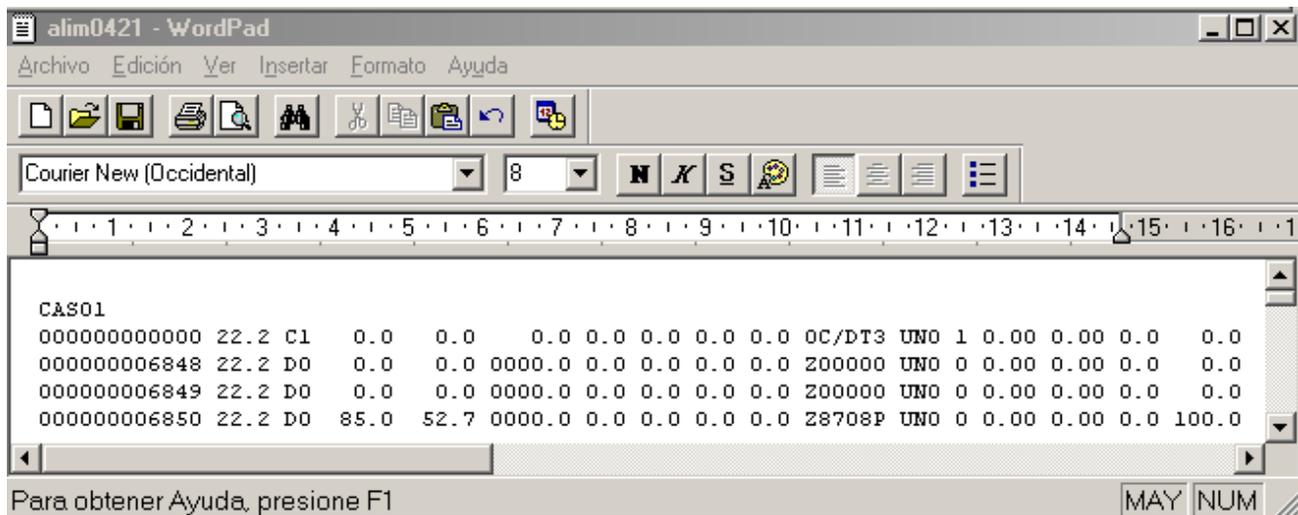


Fig. 4.4.- Fragmento del archivo Alim0421.NOD.

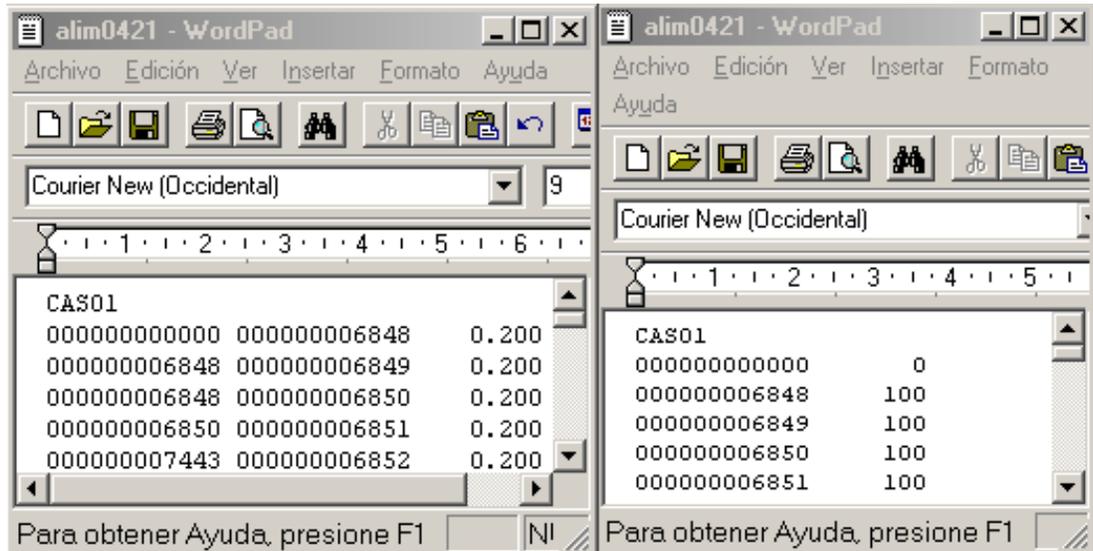


Fig. 4.5.- Fragmento de los archivos Alim0421.TAS y Alim0421.CLI.

- ☐ Efectuar reducciones enfocadas a la configuración del alimentador, como es reducir los ramales monofásicos, reducir las secciones en función de un porcentaje de carga y finalmente una minimización en función de la combinación de las dos anteriores (Seccionamiento.exe).
- ☐ Editar los datos de cualquiera de los archivos fuente antes mencionados (Seccionamiento.exe).
- ☐ Visualización de los archivos que contienen los resultados (ENS_resultado.txt, Demanda.sal, Rama.sal, Analisis.sal, ENS.sal) (Seccionamiento.exe).

- ☞ Indicar mediante un manual de ayuda el interfaz programa – usuario (Seccionamiento.exe).

Se indica que todo lo anteriormente expuesto se encuentra detallado en Anexos con ejemplos prácticos de la utilización del programa..

Ubicacion.exe se encarga de:

- ☞ Realizar cálculos de los índices de confiabilidad ENS, SAIDI, SAIFI.
- ☞ Cálculo y Creación de los archivos de resultados (ENS_resultado.txt, Demanda.sal, Rama.sal, Analisis.sal.) (Ubicacion.exe).

Archivos de datos necesario para el programa “Ubicacion.exe”.

- ☞ **xx.nod:** Contiene los códigos de los nodos, la carga o demanda activa y reactiva de cada nodo, el nivel de tensión, el tipo de nodo del alimentador xx, su contenido es reproducido en fluj.nod.
- ☞ **xx.ram:** Contiene la información de las secciones: código de nodos extremos de cada sección, tipo de conductor, longitud de la sección, alimentados al que pertenece, número de fases, existencia de equipos de seccionamiento (L: línea, I: sección con equipo de seccionamiento),

ubicación del equipo de seccionamiento (inicio, final o ambos), sus datos se copian en fluj.ram.

☞ **xx.cli:** Número de clientes servidos por nodo, sus datos se copian en clientes.nod.

☞ **xx.tas:** Valores de tasas de fallas permanentes y transitorias por sección, sus datos se copian en tasa.ram.

☞ **xx.int:** Contiene la información de las secciones que no están conectadas, se puede obtener aquellas que tienen puntos de interconexión, su estructura es la misma de la de xx.ram, sus datos se copian en fluj.int.

☞ **Camino.txt:** Contiene la ruta, directorios, (c:/tesis/alim0421/) de los archivos de datos y de resultados, ubicado en el mismo directorio que el ejecutable.

☞ **Alim.txt:** Contiene el nombre del alimentador que se analizará, tiene relación con los nombres de los archivos de datos, ubicado en el mismo directorio que el ejecutable.

Archivos de resultados dados por el programa “Ubicacion.exe”

- ☞ **Demanda.sal:** Contiene los datos por nodo: número de nodo, demanda activa y reactiva, los clientes, demanda acumulada activa y reactiva y clientes acumulados.
- ☞ **Rama.sal:** Contiene los datos por sección: número de sección, longitud, tasa de falla, equipo de seccionamiento, equipo de protección.
- ☞ **ENS - resultado.txt:** Contiene los resultados del valor de ENS, SAIDI y SAIFI para una configuración dada del alimentador, se encuentra en el mismo directorio que el ejecutable.

Metodología empleada para la reducción de Ramales Monofásicos, Reducción por Carga y reducción que comprenda los dos métodos anteriores dentro del programa Seccionamiento.exe.

Se entenderá que analizar una red que normalmente tiene una gran cantidad de ramales o secciones (que sobrepasen las 300), representa los cálculos realizados por un programa o por la persona encargada de la planificación de la red, tome demasiado tiempo de ejecución, por lo que se ha buscado la manera de realizar ciertas reducciones que hagan más eficientes los análisis. Los criterios básicamente aplicados para reducir los datos almacenados en los archivos

fuentes xx.nod, xx.cli, xx.ram y xx.tas indicados anteriormente, oscila en dos, el primero se encarga de minimizar en gran parte todo lo referente a ramales monofásicos. El segundo en cambio se encarga de reducir las secciones mediante la comparación de la potencia activa acumulada en cada nodo, con respecto a la potencia activa acumulada máxima de todo el alimentador multiplicada por un porcentaje introducido por el Personal Técnico encargado. Dentro del programa *Seccionamiento.Exe* se incorpora un procedimiento donde ejecutan o aplican ambos criterios de reducción, es decir por ramales monofásicos, como la reducción en función de un porcentaje de carga; este último procedimiento imprime archivos cuyo nombre tiene la siguiente estructura; xxt%.nod, xxt%.cli, xxt%.ram y xx%.tas. En la figura 4.6. se presenta de una manera esquemática los dos procesos de minimización de ramales o secciones del alimentador, el Algoritmo es sólo un resumen de todas las funciones y procedimientos utilizados en el mismo.

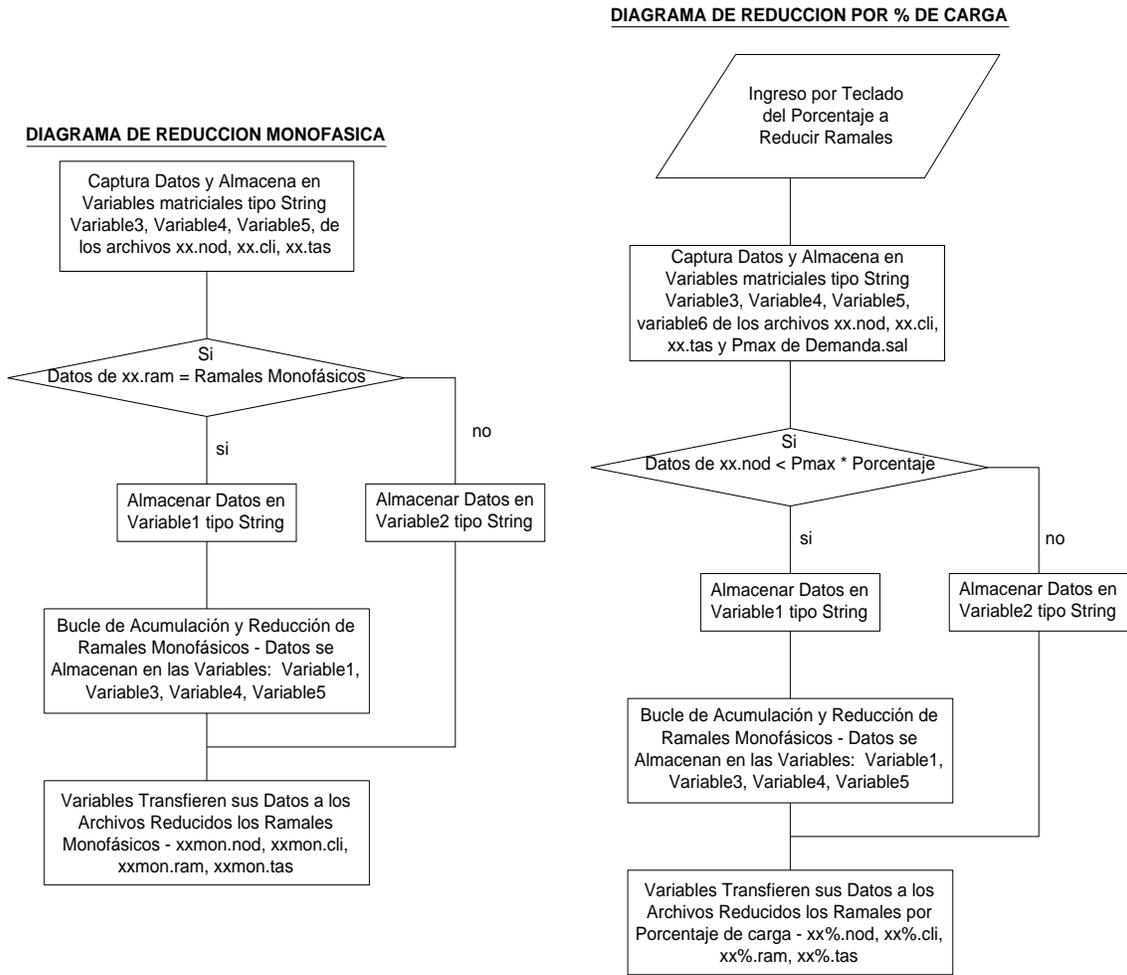


Fig. 4.6.- Representación Esquemática del Algoritmo utilizado en el programa Seccionamiento.Exe, para reducciones de Ramales Monofásico o en Función de un Porcentaje de Carga.

CAPITULO V.

DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE INTERCONEXIÓN.

5.1. Antecedentes.

En este último capítulo del proyecto se realizará un análisis, de cómo se va a dar la influencia de ubicar equipos de interconexión en la configuración de una red de distribución, a través del cálculo de la ENS.

Para lo cual se comenzará en el punto que precede (5.2) indicando que características o limitantes se pueden presentar al momento de formular el problema de implementar un equipo de enlace entre dos alimentadores, para finalmente en el punto (5.3) presentar una metodología de solución, que básicamente estará encaminada a buscar o seleccionar que nodos pueden ser candidatos para realizar la interconexión; y luego mediante una búsqueda comparativa de análisis costo / beneficio verificar cuales son los puntos óptimos para realizar la ubicación. Lo dicho anteriormente se plasmará en un ejemplo, en donde, tanto la selección y como los cálculos para los puntos de

enlace se realizara mediante la ayuda de los programas seccionamiento.exe y ubicacion.exe.

5.2. Características y Formulación del Problema.

En una red de distribución se desea identificar cuales son los posibles puntos para interconectar entre alimentadores. En primera instancia, se podría asumir que cualquier par de nodos son posibles candidatos, pero si se toma en cuenta las características que presentan cada uno de ellos, la ubicación geográfica de los mismos. Únicamente hasta aquí se puede uno dar cuenta de la magnitud del problema, por lo cual lo dicho anteriormente sería poco práctico y llevaría a una pérdida de tiempo al momento de efectuar los cálculos.

En la referencia [7], se presenta una posible solución, a través de reducir el espacio de búsqueda, utilizando técnicas heurísticas. Para la determinación de los nodos candidatos que servirán para establecer enlaces entre diferentes alimentadores la referencia utiliza inicialmente el criterio de distancia. Es decir, serán candidatos aquellos nodos cuya distancia geográfica sea menor o igual a una Distancia (D_{max}), valor que deberá estar previamente establecido. Una vez seleccionado el conjunto de pares de nodos que cumplen con la condición

de distancia se procederá a evaluar cada alternativa mediante un sistema que considera además de las distancias geográficas los siguientes aspectos:

- ✘ Distancia eléctrica a las respectivas subestaciones: La distancia entre el nodo candidato a su subestación, siguiendo la trayectoria del alimentador aguas arriba y será expresada en unidades de longitud.
- ✘ Reserva y capacidad máxima de la trayectoria entre el nodo en consideración y la subestación: Se considerara la del vínculo más débil y en adelante se la referirá como “cargabilidad de la trayectoria”.
- ✘ Nivel de tensión en el par de nodos en el estado de máxima carga.

5.3. Metodología de Solución.

La idea de la metodología planteada sobre la base de un ejemplo práctico, es buscar la mejor sección de interconexión entre dos alimentadores propuestos (C – B y C - A), obteniendo la sección más adecuada para este fin de las secciones propuestas inicialmente las mismas están en función de la distancia más cercana entre ellas de acuerdo a lo expuesto en el punto 5.2.

El ejemplo planteado es el siguiente y su solución está en base a lo expuesto anteriormente:

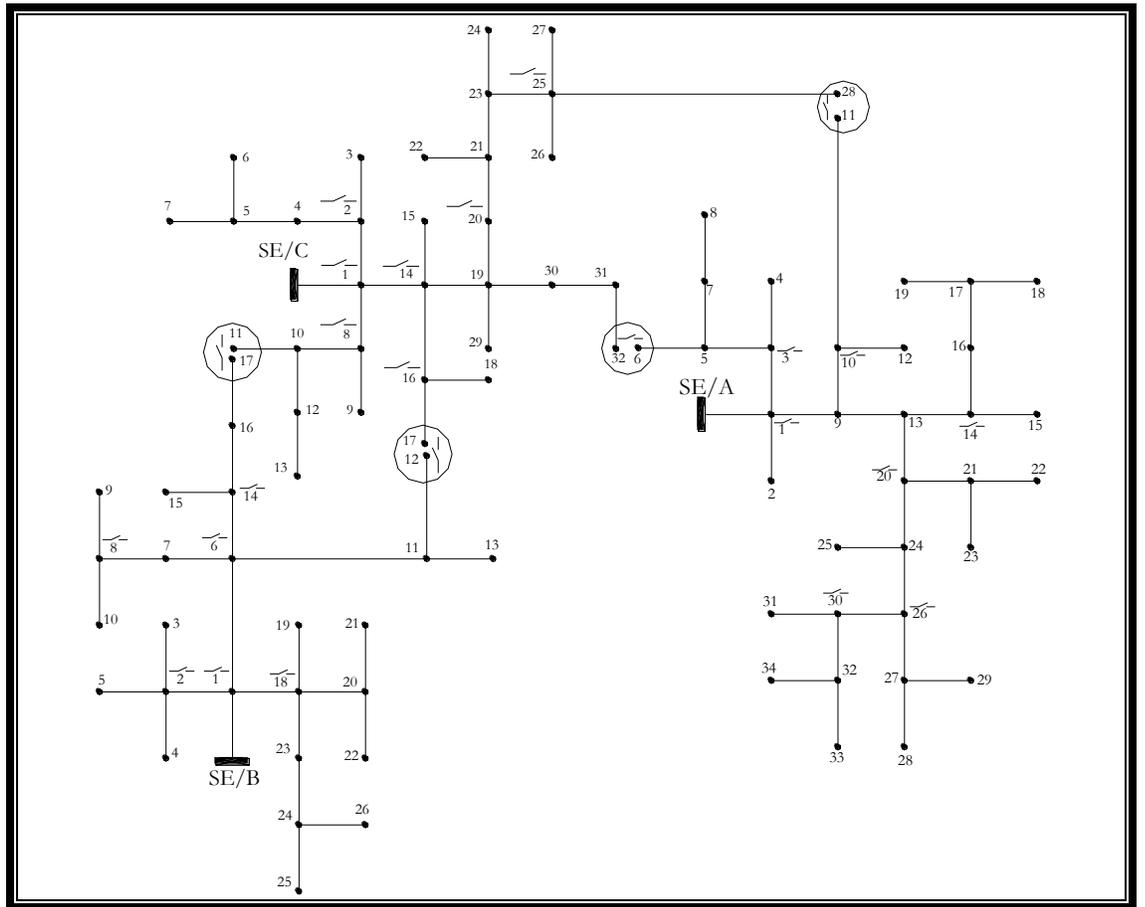


Fig. 5.1.- Secciones Propuestas para la Interconexión de los Alimentadores A – B –

C.

En la Fig. 5.1. se indica la posible configuración de las secciones de interconexión entre tres alimentadores (A – B – C), los cálculos serán encaminados con respecto al alimentador C. El objeto de este ejemplo es proponer dos posibles secciones candidatas a interconectar, pero de las cuales se va ha recomendar solo una como la más idónea, esto en función de realizar

un análisis comparativo determinando cual de ellas da el mejor beneficio, los resultados obtenidos de ENS por el programa *Ubicacion.exe* a través del programa *Seccionamiento.Exe* se presentan en la Tabla 5.1. conjuntamente con su beneficio.

Tabla 5.1 Resultados de Interconexión

Sección		ENS sin Equipo de Interconexión [KWH – Año]	ENS con Equipo de Interconexión [KWH – Año]	Costo ENS sin Equipo de Interconexión [\$ - Año]	Costo ENS con Equipo de Interconexión [\$-Año]	BENEFICIO [\$ - Año]
Alimentador C – A	28-11	8060.79	7014.51	10076.00	8768.14	989.28
	32-6		7732.31		9665.39	92.03
Alimentador C – B	11-17	8060.79	7808.58	10076.00	9760.73	-3.31
	17-12		7629.03		9536.29	221.13

El costo asumido por KWH-AÑO de ENS, fue de 1,25 \$ y de los equipos manuales de interconexión de \$1800 (esto anualizado es de 318,6 \$ - AÑO), considerando 10 años de duración de los equipos con una tasa anual del 12 %.

Los resultados que se visualizan en la tabla 5.1 para el caso de la interconexión entre los alimentadores C – A y C – B, de las cuatro secciones propuestas los mayores beneficios están en las secciones 28 – 11 y 17 – 12 respectivamente, las cuales se las considera como las óptimas para cada caso propuesto.

Vale la pena considerar que cuando se realiza la interconexión entre los alimentadores C- B, específicamente en la sección 17 – 11 el beneficio obtenido es negativo, lo que nos indica que tenemos una pérdida en los costos de la ENS versus el costo del equipo instalado.

El procedimiento que se propone para la elección de las secciones en una interconexión entre alimentadores, es mediante la comparación de beneficios que se perciban al ubicar estos puntos de enlace. Por ejemplo si se tienen que seleccionar cuatro puntos de interconexión de siete candidatos propuestos inicialmente, se tomaran en cuenta los cuatro que cumplan con los criterios de distancia, cargabilidad y fundamentalmente los que mayor beneficio den al ser ubicados en el alimentador.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✘ Los equipos de seccionamiento (corte y protección) afectan directamente a los índices de confiabilidad: SAIFI es un índice de frecuencia de interrupciones que afecta a los clientes involucrados aguas abajo de la interrupción, SAIDI por la cantidad de clientes que son afectados en los tiempos de reparación y aislamiento de la interrupción y ENS por cantidad de demanda no entregada en los tiempos de reparación y aislamiento, por lo cual estos tres índices están en función del número de equipos de seccionamiento que lleve un alimentador, mientras que los equipos de reconexión afectan directamente al índice MAIFI y otros.
- ✘ Lo ideal sería encontrar un equilibrio entre los costos por equipos de seccionamiento e interconexión versus las pérdidas económicas que pueden afectar a las empresas distribuidoras por penalizaciones que a su vez se reflejan en la mala calidad del servicio técnico brindado al consumidor final. Lo anteriormente citado se basa en los capítulos 4 y 5, conjuntamente con el anexo 2.
- ✘ El manejo de información en forma manual se vuelve demasiado tediosa por la gran cantidad de datos de la misma para cada Alimentador, esta razón nos llevó a crear un programa interactivo de

fácil uso en cuanto a la edición de la información para todas las herramientas que brinda el mismo.

- ✘ Del punto anterior, se establece que es aconsejable que un alimentador no tenga demasiada cantidad de secciones (para efectuar los cálculos) el motivo principal, está en el tiempo requerido para la determinación de la ubicación de equipos de seccionamiento que puede hacerse demasiado elevado. Motivo por el cual en *Seccionamiento. EXE* tiene las posibilidades de realizar reducciones en función de un porcentaje de carga o de ramales monofásicos o una combinación de ambos.
- ✘ En el capítulo 4 conjuntamente con anexos 2 y anexos 3, se encuentran detallados todos los antecedentes para un desenvolvimiento adecuado en el manejo tanto de la información como de los criterios técnicos, equipos utilizados, etc.
- ✘ Se espera que el presente proyecto se convierta en una herramienta práctica, para el personal técnico encargado de la configuración, mejora, nuevo diseño, específicamente en el área de implementación de equipos de seccionamiento e interconexión de alimentadores primarios.
- ✘ La expectativa del programa piloto *Seccionamiento. Exe* despierte nuevas ideas de implementación o ampliación, que pueden ser

propuestos en futuros proyectos, buscando siempre el fin planteado en este proyecto.

- ✘ Es aconsejable que para el manejo de *Seccionamiento.EXE*, la persona encargada debe tener un conocimiento cabal sobre el mismo y de esta forma poder aprovechar todas las bondades y beneficios que tiene, en Anexo 3 existe un pequeño manual que indica el correcto uso del programa.
- ✘ Vale la pena recalcar que no es solo necesario conocer a fondo a *Seccionamiento.EXE* sino también se debe tener una idea clara de todos los criterios técnicos utilizados en cuanto a la confiabilidad y calidad del suministro eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Cooper Power System, *Electrical Distribution – System Protection*, Third Edition, 1990, United States.
- [2] Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), Regulación CONELEC N° 004/01, *Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución*.
- [3] Donald G. Fink, H. Wayne Beaty, *Manual de Ingeniería Eléctrica*, tomos II y III, decimotercera edición, 1996, México.
- [4] H. Lee Willis, “*Power Distribution Planning Reference Book*”, Marcel Dekker, 1997.
- [5] Li – Hui Tsai, “*Network Reconfiguration To Enhance Reliability Of Electric Distribution Systems*”, *Electric Power Systems Research*, Vol.27, 1993, pp. 135 – 140.
- [6] Gregory Levitin, Shmuel Mazal-Tov, David Elmakis, “*Optimal Sectionalizer Allocation In Electric Distribution Systems By Genetic Algorithm*”, *Electric Power Systems Research*, Vol.31, 1994, pp. 97 - 102.
- [7] Albornoz Vintimilla Esteban, “*Ubicación Óptima De Equipos De Seccionamiento Y Protección En Sistemas De Distribución*”, Doctorado En Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional De San Juan, Argentina, Junio 2000.

- [8] Luth J., “*Four Rules To Help Locate Protective Device*”, *Electrical World*, Aug. 1991, pp. 36 – 37.
- [9] Roy Billinton, Satish Jonnavithula, “*Optimal Switching Device Placement In Radial Distribution System*”, *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol.11, N° 3, July 1996, pp. 1646 – 1651.
- [10] F. Soudi, K. Tomsovic, “*Optimal Distribution Protection Using Binary Programming*”, *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol.13, N° 1, January 1998, pp. 218 – 224.
- [11] Kjolle G., Sand K., “*RELAD – An Analytical Approach to distribution Reliability Assessment*”, *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol.7, N° 2, April 1992, pp. 809 – 814.
- [12] Leeman Hong, Winnie H. Yuch, David J. Allen, “*AUTO_LOOP Improvement*”, *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol.9, N° 2, April 1994, pp. 828 – 832.
- [13] Gregory Levitin, Shmuel Mazal-Tov, David Elmakis, “*Genetic Algorithm For Optimal Sectionalizing In Radial Distribution With Alternative Supply*”, *Electric Power Systems Research*, Vol.35, 1995, pp. 149 – 155.
- [14] R. E. Brown S. Gupta, R. D. Christie, S. S. Venkata, R. Fletcher, “*Automatic Primary Distribution System Design: Reliability And Cost*”

- Optimization*”, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol.12, N° 2, April 1997, pp. 1017 – 1022.
- [15] G. celli, F. Pilo, “*Optimal Sectionalizing Switches Allocation In Distribution Networks*”, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol.14, N° 3, July 1999, pp. 1167 – 11722.
- [16] F. Soudi, K. Tomsovic, “*Optimal Distribution Protection Design: Quality Of Solution And Computational Analysis*”, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol.21, 1999, pp. 327 – 335.
- [17] R. E. Brown, S. Gupta, R. D. Christie, S. S. Venkata, R. Fletcher, “*Distribution System Reliability Assessment: Momentary Interruptions And Storms*”, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol.12, N° 4, October 1997, pp. 1569 – 1575.
- [18] Mohamed E. El-Hawary, “*Electric Power Applications Of Fuzzy Systems*”, IEEE Press Power Systems Engineering Series, P. M. Anderson, Series Editor, United States, 1998.

ANEXOS

ANEXO I – DATOS ESTADÍSTICOS DE LOS ALIMENTADORES PERTENECIENTES A LA SUBESTACIÓN 05 EL ARENAL.

Tabla A1.1.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0521 para el año 1999

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0521

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05 **PAGINA :** 1 de 2

NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV

NÚMERO DE ALIMENTADOR: 1

FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 1999

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	15-Ene-99	16:42	17:06	0:24	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconexión de autotransformador en S/E Cuenca
2	23-Ene-99	4:42	5:19	0:37	MANUAL	MC-DISTRI	
3	28-Ene-99	9:42	9:57	0:15	MANUAL	MC-DISTRI	
4	02-Feb-99	0:42	1:00	0:18	AUTOMÁTICO	MC-DISTRI	Puentes en reconector
5	02-Feb-99	1:42	1:44	0:02	MANUAL	F-DISTRI	Actúa relé de falla a tierra
	08-Feb-99	6:42	7:32	0:50	MANUAL	MP-S/E	Pruebas de operación de proyecto SCADA
6	02-Mar-99	3:42	3:50	0:08	MANUAL	F-DISTRI	
7	05-Mar-99	19:42	19:56	0:14	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconex. Automática de TR3 y TR4. Por ramas sobre líneas de AT de Alim. 0523
8	06-Mar-99	6:42	7:27	0:45	AUTOMÁTICO	F-TRAN	Descarga atmosférica en L69CU032
	21-Mar-99	11:42	12:37	0:55	MANUAL	MP-S/E	Cambio de terminales de barra e Interruptor en Alim. 0522
	09-Abr-99	23:42	0:31	0:49	MANUAL	MP-DISTRI	Modificaciones en red AT
	13-Abr-99	5:42	5:49	0:07	MANUAL	MP-DISTRI	Modificaciones en red AT

Tabla A1.1.- Continuación.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0521

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05 PAGINA : 2 de 2
 NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
 NÚMERO DE ALIMENTADOR: 1
 FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 1999

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Dev</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
9	14-Abr-99	6:42	7:24	0:42	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Árbol sobre líneas AT
10	14-Abr-99	7:42	11:02	3:20	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Árbol sobre líneas AT
11	18-Abr-99	22:42	22:55	0:13	AUTOMÁTICO	F-S/T	Árbol caído en línea S/T S/E 04 - S/E 06
12	06-May-99	21:42	22:06	0:24	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Caída de árbol sobre líneas AT
13	07-May-99	5:42	5:44	0:02	MANUAL	MC-DISTRI	Para operación de succionadores
14	24-May-99	23:42	23:45	0:03	MANUAL	MC-S/T	Reparación de línea L6905141
15	24-May-99	0:42	0:47	0:05	MANUAL	MC-S/T	Reparación de línea L6905141
16	17-Jun-99	17:42	17:49	0:07	MANUAL	MC-S/E	Reposición de aislador en castillo 22 KV
17	20-Jun-99	1:42	2:21	0:39	MANUAL	MC-DISTRI	
18	01-Ago-99	22:42	22:51	0:09	MANUAL	MC-DISTRI	Puentes en reconector
19	01-Ago-99	23:42	0:01	0:19	MANUAL	MC-DISTRI	Puentes en reconector
20	21-Ago-99	12:42	13:06	0:24	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	
	09-Sep-99	5:42	5:44	0:02	MANUAL	MP-DISTRI	Trabajos programados en A.T.
	09-Sep-99	9:42	9:44	0:02	MANUAL	MP-DISTRI	Desconexión para maniobras en succionadores AT
21	27-Dic-99	9:42	10:27	0:45	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	FALLA EN ALIM. 0524

Tabla A1.2.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0521 para el año 2000

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0521

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05 **PAGINA:** 1 de 2
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 1
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 2000

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Duraa: (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	04-Ene-00	2:42	2:49	0:07	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	DESCONECTA CON RELE DE SOBRECORRIENTE FASES A Y B, DEBIDO A RECONEXIÓN DE RECONECTADOR EN SECTOR DE ZHUCAY.
	18-Feb-00	19:42	20:25	0:43	MANUAL	MP-S/E	Se desconecta para arreglo de puntas terminales.
2	23-Feb-00	9:42	10:41	0:59	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para reponer un tensor en la estructura 19 y un perno en la segunda fase de la línea.
	31-Mar-00	11:42	11:53	0:11	MANUAL	MP-DISTRI	Se desconecta para normalizar el alim. 0525
3	01-Abr-00	14:42	15:02	0:20	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para reparar puentes de A.T. En Zhucay
4	04-Abr-00	17:42	17:57	0:15	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta con actuación de relé de sobrecorriente fases A, B y falla a tierra; por puente arrancado en Av. Américas y Camino Viejo a Baños.
5	01-May-00	20:42	21:17	0:35	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desenergizado por desconexión de TR3 Y TR4
6	01-May-00	0:42	0:58	0:16	AUTOMATICO	F-DISTRI	Sé desenergiza por segunda desconexión de TR3 y TR4
7	01-May-00	4:42	5:29	0:47	AUTOMATICO	F-DISTRI	Desenergizado por tercera desconexión de TR3 y TR4
8	16-May-00	4:42	4:51	0:09	AUTOMATICO	F-DISTRI	SCADA marca posible falla transitoria
9	16-May-00	5:42	6:00	0:18	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para cambiar seccionador en Av. De las Américas y camino Viejo a Baños
10	21-May-00	16:42	16:43	0:01	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para cerrar reconectador en la Victoria del Portete.

Tabla A1.2.- Continuación.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0521

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05 PAGINA: 2 de 2
 NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
 NÚMERO DE ALIMENTADOR: 1
 FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 2000

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
	07-Jun-00	4:42	5:13	0:31	MANUAL	MP-S/T	Se desconecta para trabajos programados.
	07-Jun-00	5:42	6:20	0:38	MANUAL	MP-S/T	Se desconecta para trabajos programados.
12	22-Jun-00	8:42	9:02	0:20	MANUAL	F-DISTRI	Se desconecta para reparar líneas y puentes arrancados en la estación de Cumbe
13	31-Jul-00	7:42	8:07	0:25	AUTOMÁTICO	F-S/T	Se desenergiza por salida de la Línea Cuenca-S/E 03.
14	06-Sep-00	11:42	12:40	0:58	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta el alimentador para arreglar un puente de A.T. En Tarqui.
15	09-Sep-00	0:42	0:52	0:10	MANUAL	F-DISTRI	Queda sin tensión por desconexión de TR03 y TR04
16	19-Sep-00	23:42	23:58	0:16	AUTOMÁTICO	F-S/T	Desconecta por falla en sistema de subtransmisión
17	11-Nov-00	22:42	23:20	0:38	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta con relé de falla a tierra y de sobrecorriente fase C, por trizadura de bushing del reconector de Zhucay.
18	14-Nov-00	9:42	9:44	0:02	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para realizar trabajos en Sta. Isabel, los mismos que se posponen para el día siguiente
19	15-Nov-00	13:42	14:16	0:34	MANUAL	MC-DISTRI	Desconecta para mantenimiento correctivo por puente en mal estado
20	24-Nov-00	23:42	23:44	0:02	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para abrir seccionadores en la Cdla. De Profesores de la U.

Tabla A1.3.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0521 para el año 2001

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0521

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 1
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Junio / 2001

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	03-Ene-01	10:42	10:53	0:11	MANUAL	F-S/T	Queda desenergizado por desconexión de L690405 y L690305.
2	15-Feb-01	3:42	3:48	0:06	MANUAL	MEJ	Se desconecta para energizar el alimentador urbano del 0521 y realizar puente en la estructura #1 de la L690514
3	02-Mar-01	1:42	1:43	0:01	MANUAL	MC-DISTR	Se desconecta para cambiar tira fusible en la Victoria del Portete
4	03-Mar-01	2:42	2:50	0:08	MANUAL	MC-DISTR	Se desconecta para arreglar puente de A.T. safo en la Estación de Cumbe
5	07-Jun-01	4:42	5:03	0:21	AUTOMÁTICO	F-DISTR	Desconecta por poste chocado y transformador de distribución destruido en Av. De las Américas y A. Cisneros (El servicio se repone el día 08-jun)
6	08-Jun-01	9:42	10:26	0:44	MANUAL	MC-S/E	Se desconecta para reponer conector dañado a la salida del alimentador

Tabla A1.4.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0522 para el año 1999

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0522

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 2
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 1999

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durar. (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	15-Ene-99	17:42	18:06	0:24	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconexión de autotransformador en S/E Cuenca
	08-Feb-99	7:42	8:32	0:50	MANUAL	MP-S/E	Pruebas de operación de proyecto SCADA
2	05-Mar-99	20:42	20:56	0:14	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconex. Automática de TR3 y TR4. Por ramas sobre líneas de AT de Alim. 0523
3	06-Mar-99	7:42	8:27	0:45	AUTOMÁTICO	F-TRAN	Descarga atmosférica en L69CU032
4	18-Mar-99	3:42	4:23	0:41	MANUAL	MC-DISTRI	Reposición de seccionador
	21-Mar-99	12:42	13:37	0:55	MANUAL	MP-S/E	Cambio de terminales de barra e Interruptor en Alim. 0522
5	18-Abr-99	23:42	23:55	0:13	AUTOMÁTICO	F-S/T	Árbol caído en línea S/T S/E 04 - S/E 06
6	12-Jun-99	0:42	0:46	0:04	AUTOMÁTICO	F-TRAN	
7	17-Jun-99	12:42	12:49	0:07	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	
8	17-Jun-99	13:42	14:22	0:40	AUTOMÁTICO	F-S/E	
9	18-Jun-99	22:42	23:09	0:27	MANUAL	MC-DISTRI	
10	08-Oct-99	17:42	18:11	0:29	AUTOMATICO	F-DISTRI	Poste chocado
11	27-Dic-99	10:42	11:27	0:45	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	FALLA EN ALIM. 0524

Tabla A1.5.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0522 para el año 2000.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0522

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 2
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 2000

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	20-Feb-00	4:42	4:44	0:02	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para abrir seccionadores en Av. De las Américas y A. Andrade
2	21-Mar-00	6:42	6:44	0:02	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta por actuación de relé de sobrecorriente fase A.
3	01-May-00	21:42	22:17	0:35	AUTOMATICO	F-DISTRI	Desenergizado por desconexión de TR3 Y TR4
4	01-May-00	1:42	2:00	0:18	AUTOMATICO	F-DISTRI	Se desenergiza por segunda desconexión de TR3 y TR4
5	01-May-00	5:42	6:05	0:23	AUTOMATICO	F-DISTRI	Desenergizado por tercera desconexión de TR3 y TR4
6	05-May-00	13:42	13:52	0:10	MANUAL	TRANSFER	Se suspende para transferir carga al alim. 0524; para realizar trabajos programados por un contratista.
7	05-May-00	14:42	15:04	0:22	MANUAL	F-DISTRI	Se suspende para realizar trabajos programados por un contratista.
8	21-May-00	14:42	14:44	0:02	AUTOMATICO	F-DISTRI	Desconecta por actuación de relés de sobrecorriente fases A y B.
9	21-May-00	15:42	15:59	0:17	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para arreglar puentes en Av. De las Américas y Vía a Misticata.
10	31-Jul-00	8:42	8:56	0:14	AUTOMÁTICO	F-S/T	Se desenergiza por salida de la Línea Cuenca-S/E 03.
11	09-Sep-00	1:42	1:52	0:10	MANUAL	F-DISTRI	Queda sin tensión por desconexión de TR03 y TR04
12	19-Sep-00	10:42	10:58	0:16	AUTOMÁTICO	F-S/T	Desconecta por falla en sistema de subtransmisión
13	29-Nov-00	5:42	6:15	0:33	MANUAL	EXTERNA	Se desconecta por solicitud de los bomberos que informan de un incendio en la Av. O. Lazo y Cerezos

Tabla A1.6.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0522 para el año 2001.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0522

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 2
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Junio / 2001

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	03-Ene-01	11:42	11:54	0:12	MANUAL	F-S/T	Queda desenergizado por desconexión de L690405 y L690305.
2	31-Mar-01	10:42	10:46	0:04	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	
3	02-Jun-01	17:42	18:41	0:59	MANUAL	F-DISTRI	Se desconecta debido a un accidente (un electrocutado); en las calles El Batán y Santa Cruz. Se cambian seccionadores destruidos en la Av. R. Crespo y Av. De las Américas, y en la E. Sacoto y R. Crespo
4	08-Jun-01	7:42	7:44	0:02	MANUAL	TRANSFER	Se desconecta para transferir parte de carga del alimentador 0524
5	08-Jun-01	8:42	8:53	0:11	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta por daño en el punto de transferencia del Alimentador 0522 al 0524

Tabla A1.7.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0523 para el año 1999.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0523

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 3
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 1999

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Dev</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	15-Ene-99	18:42	19:06	0:24	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconexión de autotransformador en S/E Cuenca
2	23-Ene-99	0:42	1:33	0:51	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	
3	23-Ene-99	1:42	1:49	0:07	MANUAL	MC-DISTRI	
4	23-Ene-99	2:42	2:46	0:04	MANUAL	MC-DISTRI	
	08-Feb-99	8:42	9:32	0:50	MANUAL	MP-S/E	Pruebas de operación de proyecto SCADA
5	05-Mar-99	12:42	13:19	0:37	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconex. Automática de TR3 y TR4. Por ramas sobre líneas de AT
6	06-Mar-99	8:42	9:27	0:45	AUTOMÁTICO	F-TRAN	Descarga atmosférica en L69CU032
7	19-Mar-99	7:42	8:24	0:42	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Árbol sobre las líneas
	21-Mar-99	13:42	14:37	0:55	MANUAL	MP-S/E	Cambio de terminales de barra e Interruptor en Alim. 0522
9	15-Abr-99	9:42	9:44	0:02	AUTOMÁTICO	F-TRAN	
10	18-Abr-99	0:42	0:55	0:13	AUTOMÁTICO	F-S/T	Árbol caído en línea S/T S/E 04 - S/E 06
11	17-Jun-99	18:42	18:49	0:07	MANUAL	MC-S/E	Reposición de aislador en castillo 22 KV
12	12-Jul-99	17:42	17:51	0:09	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Actúan relés de S/C fases B y C
13	02-Nov-99	4:42	5:01	0:19	AUTOMÁTICO	F-GEN	Actúa relé de baja frecuencia. No se registran Potencias de Desconexión y Reconexión por falta de operador en la S/E
14	27-Dic-99	3:42	4:16	0:34	AUTOMÁTICO	F-GEN	DESCONECTA CON RELE DE FRECUENCIA DEBIDO A DISPARO DE LA CENTRAL TRINITARIA.
15	27-Dic-99	11:42	12:28	0:46	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	FALLA EN ALIM. 0524

Tabla A1.8.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0523 para el año 2000.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0523

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05

PAGINA: 1 de 2

NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV

NÚMERO DE ALIMENTADOR: 3

FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 2000

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Dev</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	01-Ene-00	20:42	21:00	0:18	MANUAL	F-DISTRI	REPARAR PUENTE SAFADO EN CRISTO DEL CONSUELO.
	20-Feb-00	2:42	3:12	0:30	MANUAL	MP-S/E	Se desconecta para arreglo de puntas terminales.
2	11-Mar-00	0:42	0:56	0:14	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para abrir seccionadores del alim. 0525, en el cruce de minas de baños para arreglar puentes safados del alim. 0525.
3	04-Abr-00	15:42	16:16	0:34	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta con actuación de relé de sobrecorriente fases A y C, unidad temporizada. Por poste chocado en Cristo del Consuelo.
4	04-Abr-00	16:42	16:51	0:09	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para cerrar cuchillas de transferencia en la calle I. Rodríguez y Escandón
5	10-Abr-00	1:42	2:00	0:18	AUTOMÁTICO	F-GEN	Actúa relé de frecuencia paso II, por disparo de barra de 138Kv., en la central de Paute
6	01-May-00	7:42	8:31	0:49	AUTOMATICO	F-DISTRI	Líneas arrancadas en la calle Isauro Rodríguez.
	02-May-00	8:42	8:56	0:14	MANUAL	MP-S/E	Se desconecta para cambio de conectores en la salida de la S/E
	24-May-00	19:42	20:37	0:55	MANUAL	MP-DISTRI	Se desconecta para realizar trabajos programados de mantenimiento.
7	31-Jul-00	9:42	9:56	0:14	AUTOMÁTICO	F-S/T	Sé desenergiza por salida de la Línea Cuenca-S/E 03.
8	07-Ago-00	1:42	1:49	0:07	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconecta por actuación de relé de frecuencia 1er. y 2do. Paso, por salida del grupo 8 de la central Paute.
9	09-Sep-00	21:42	21:59	0:17	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta con relé de sobrecorriente fases B y C. Línea arrancada en la calle Isauro Rodríguez.
10	19-Sep-00	11:42	11:58	0:16	AUTOMÁTICO	F-S/T	Desconecta por falla en sistema de subtransmisión
11	29-Oct-00	6:42	6:55	0:13	AUTOMATICO	F-GEN	Desconecta con relé de frecuencia 2do. Paso, por desconexión de una unidad en Central Paute.

Tabla A1.8.- Continuación.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0523

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05

PAGINA: 2 de 2

NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV

NÚMERO DE ALIMENTADOR: 3

FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 2000

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
12	30-Oct-00	9:42	9:48	0:06	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconecta con relé de frecuencia 2do. Paso, por desconexión de Central Esmeraldas.
13	06-Nov-00	17:42	17:50	0:08	AUTOMÁTICO	F-GEN	Actúa relé de frecuencia 2do. Paso, por disparo de unidad en la Central Trinitaria
14	16-Nov-00	17:42	17:51	0:09	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconecta con relé de frecuencia 2do. Paso; por disparo de la central trinitaria
15	19-Nov-00	21:42	22:16	0:34	AUTOMÁTICO	F-GEN	Actúa relé de frecuencia 2do paso; por disparo de la Central Esmeraldas
16	29-Nov-00	4:42	4:43	0:01	MANUAL	PART	Se desconecta por solicitud de los bomberos que informan de un incendio en la Av. O. Lazo y Cerezos
17	07-Dic-00	15:42	15:54	0:12	AUTOMÁTICO	F-GEN	Actúa relé de frecuencia 2do. Paso, por salida de dos unidades de la Central Daule-Peripa.

Tabla A1.9.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0523 para el año 2001.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0523

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 3
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 2001

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Dexc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	03-Ene-01	12:42	12:54	0:12	MANUAL	F-S/T	Queda desenergizado por desconexión de L690405 y L690305.
2	07-Ene-01	0:42	1:15	0:33	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta con ramas caídas en líneas en las calles Isauro Rodríguez y C. Berrezueta
3	14-Ene-01	8:42	8:42	0:00	MANUAL	F-DISTRI	Se desconecta para cambiar pararrayo y seccionador en la Virgen del Milagro
4	11-Feb-01	1:42	1:54	0:12	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconecta con relé de frecuencia 2do paso, disparo de unidades en Central Agoyan
5	11-Mar-01	16:42	16:55	0:13	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para reparar puente de A.T. en la entrada a Sinincay
6	12-Mar-01	19:42	19:55	0:13	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconecta por actuación de relé de frecuencia 2do paso, por disparo de la Central Pascuales
7	17-Mar-01	4:42	5:05	0:23	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para seccionar y cambiar poste chocado en la calle Isauro Rodríguez
8	27-Mar-01	20:42	20:49	0:07	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	En el Scada marca falla P.T.
9	27-Mar-01	21:42	21:46	0:04	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para cerrar seccionador averiado en las calles Isauro Rodríguez y C. A. Vega
10	03-May-01	11:42	11:45	0:03	MANUAL	MP-DISTRI	Se desconecta para abrir seccionadores en Cristo del Consuelo
10	03-May-01	12:42	12:45	0:03	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para cerrar seccionadores en la calle Isauro Rodríguez
11	16-Jun-01	20:42	20:45	0:03	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta con relé de sobrecorriente fases A y C unidad temporizada al tratar de transferir carga del alimentador 0522 al 0523 en las calles Los Cedros y El Tejar

Tabla A1.10.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0524 para el año 1999.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0524

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 4
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 1999

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desv</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	15-Ene-99	19:42	20:06	0:24	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconexión de autotransformador en S/E Cuenca
	08-Feb-99	9:42	10:32	0:50	MANUAL	MP-S/E	Pruebas de operación de proyecto SCADA
2	05-Mar-99	13:42	13:56	0:14	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconex. Automática de TR3 y TR4. Por ramas sobre líneas de AT de Alim. 0523
3	06-Mar-99	0:42	0:45	0:03	MANUAL	MC-DISTRI	Reposición de poste chocado en Alim. 0323
4	06-Mar-99	1:42	1:45	0:03	MANUAL	F-DISTRI	Reposición de poste chocado en Alim. 0323
5	06-Mar-99	9:42	10:27	0:45	AUTOMÁTICO	F-TRAN	Descarga atmosférica en L69CU032
	21-Mar-99	14:42	15:37	0:55	MANUAL	MP-S/E	Cambio de terminales de barra e Interruptor en Alim. 0522
6	18-Abr-99	1:42	1:55	0:13	AUTOMÁTICO	F-S/T	Árbol caído en línea S/T S/E 04 - S/E 06
7	01-May-99	2:42	3:13	0:31	MANUAL	MC-DISTRI	Reposición de seccionador
8	15-May-99	14:42	14:48	0:06	MANUAL	MC-DISTRI	Operación de equipos de seccionamiento.
9	29-May-99	4:42	5:40	0:58	MANUAL	MC-DISTRI	
10	17-Jun-99	19:42	19:49	0:07	MANUAL	MC-S/E	Reposición de aislador en castillo 22 KV
11	30-Jul-99	5:42	6:20	0:38	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	
12	30-Jul-99	6:42	7:00	0:18	MANUAL	MC-DISTRI	
13	21-Ago-99	11:42	11:42	0:00	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Cortocircuito en AT
14	11-Sep-99	11:42	11:44	0:02	MANUAL	MC-DISTRI	Reposición de fusibles AT
15	23-Oct-99	14:42	14:51	0:09	AUTOMÁTICO	F-S/E	Fusible de bobina de cierre
16	27-Dic-99	8:42	9:09	0:27	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	PUENTES SAFADOS, DESCONECTAN CON RELE DE SOBRECORRIENTE FASES A Y B, Y RELE DE FALLA A TIERRA.

Tabla A1.11.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0524 para el año 2000.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0524

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 4
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 2000

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac. (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	08-Ene-00	13:42	13:50	0:08	MANUAL	MC-DISTRI	PARA NORMALIZAR EL ALIMENTADOR Y RETIRAR TRANSFERENCIA DE CARGA DEL 0323.
2	09-Ene-00	14:42	14:43	0:01	MANUAL	F-DISTRI	SE SUSPENDE PARA REPONER FUSIBLE EN ALTA TENSIÓN.
3	09-Ene-00	15:42	15:43	0:01	MANUAL	F-DISTRI	SE SUSPENDE PARA REPONER FUSIBLE EN ALTA TENSIÓN.
4	16-Ene-00	15:42	15:44	0:02	MANUAL	MC-DISTRI	SE DESCONECTA PARA CERRAR SECCIONADORES EN CAMINO VIEJO A BAÑOS Y AV. DE LAS AMERICAS. NO SE REGISTRAN POTENCIAS DE DESCONEXIÓN Y RECONEXIÓN.
5	13-Feb-00	13:42	14:03	0:21	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta con relé de falla a tierra, estación de transformación chocada en Av. Loja y Av. De las Américas.
6	19-Mar-00	4:42	4:43	0:01	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para cambio de fusible en Av. De las Américas y Av. Don Bosco.
7	01-May-00	19:42	20:17	0:35	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desenergizado por desconexión de TR3 Y TR4
8	01-May-00	6:42	7:14	0:32	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desenergizado por tercera desconexión de TR3 y TR4
9	03-May-00	9:42	10:18	0:36	MANUAL	MP-S/E	Se desconecta para cambio de conectores en disyuntor
9	31-Jul-00	10:42	10:56	0:14	AUTOMÁTICO	F-S/T	Sé desenergiza por salida de la Línea Cuenca-S/E 03.
10	09-Sep-00	2:42	2:52	0:10	MANUAL	F-DISTRI	Queda sin tensión por desconexión de TR03 y TR04
11	19-Sep-00	12:42	12:53	0:11	MANUAL	F-S/T	Desenergizado por falla en sistema de subtransmisión
12	02-Oct-00	15:42	15:55	0:13	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para destrabar caña portafusibles en Av. Loja y Av. 1ero. de Mayo.
13	14-Nov-00	10:42	10:48	0:06	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	SCADA marca PT
14	15-Nov-00	12:42	12:51	0:09	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para levantar líneas caídas en la Av. Don Bosco y Av. De las Américas

Tabla A1.12.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0524 para el año 2001.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0524

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 4
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Junio / 2001

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	03-Ene-01	13:42	13:55	0:13	MANUAL	F-S/T	Queda desenergizado por desconexión de L690405 y L690305.
2	07-Jun-01	5:42	6:06	0:24	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta por poste chocado y transformador de distribución destruido en Av. De las Américas y A. Cisneros (El servicio se repone el día 08-jun)

Tabla A1.13.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0525 para el año 1999.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0525

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05 **PAGINA:** 1 de 2

NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV

NÚMERO DE ALIMENTADOR: 5

FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 1999

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	15-Ene-99	20:42	21:06	0:24	AUTOMÁTICO	F-GEN	Desconexión de autotransformador en S/E Cuenca
2	19-Ene-99	18:42	18:46	0:04	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Árbol sobre las líneas
3	19-Ene-99	19:42	19:55	0:13	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Árbol sobre las líneas de AT. Actúan relés de S/C falla a tierra
	30-Ene-99	15:42	15:44	0:02	MANUAL	MP-DISTRI	Apertura de seccionadores
	30-Ene-99	16:42	16:44	0:02	MANUAL	MP-DISTRI	Apertura de seccionadores
	08-Feb-99	10:42	11:32	0:50	MANUAL	MP-S/E	Pruebas de operación de proyecto SCADA
5	20-Feb-99	9:42	9:48	0:06	MANUAL	MC-DISTRI	Para apertura de seccionadores en AT
6	24-Feb-99	11:42	11:43	0:01	AUTOMÁTICO	F-S/E	Desconecta por pruebas del sistema SCADA
7	05-Mar-99	14:42	14:56	0:14	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconex. Automática de TR3 y TR4. Por ramas sobre líneas de AT de Alim. 0523
8	06-Mar-99	10:42	11:27	0:45	AUTOMÁTICO	F-TRAN	Descarga atmosférica en L69CU032
9	07-Mar-99	5:42	5:43	0:01	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	
10	07-Mar-99	6:42	7:21	0:39	AUTOMÁTICO	MC-DISTRI	
11	07-Mar-99	7:42	7:50	0:08	AUTOMÁTICO	MC-DISTRI	
12	17-Mar-99	21:42	22:37	0:55	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Puente safoado-conector flojo
13	18-Mar-99	0:42	1:34	0:52	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	

Tabla A1.13.- Continuación.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0525

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05 **PAGINA:** 2 de 2
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 5
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 1999

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
14	18-Mar-99	1:42	1:45	0:03	MANUAL	MC-DISTRI	Reposición de fusibles
15	18-Mar-99	2:42	2:59	0:17	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	
16	19-Mar-99	6:42	6:53	0:11	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	
	21-Mar-99	15:42	16:37	0:55	MANUAL	MP-S/E	Cambio de terminales de barra e Interruptor en Alim. 0522
17	04-Abr-99	15:42	15:45	0:03	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Red de AT arrancada
	09-Abr-99	0:42	1:34	0:52	MANUAL	MP-DISTRI	Modificaciones en red AT
18	18-Abr-99	2:42	2:55	0:13	AUTOMÁTICO	F-S/T	Árbol caído en línea S/T S/E 04 - S/E 06
19	22-Abr-99	11:42	12:03	0:21	MANUAL	MC-DISTRI	Reparación de puentes AT
20	17-Jun-99	21:42	21:49	0:07	MANUAL	MC-S/E	Reposición de aislador en castillo 22 KV
21	17-Jul-99	6:42	6:43	0:01	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Actúa relé de falla a tierra
22	17-Jul-99	7:42	7:43	0:01	AUTOMÁTICO	MC-DISTRI	Reposición de fusible en AT
23	29-Jul-99	1:42	1:44	0:02	MANUAL	MC-DISTRI	
24	29-Jul-99	2:42	2:44	0:02	MANUAL	MC-DISTRI	
	02-Oct-99	16:42	16:44	0:02	MANUAL	MP-DISTRI	
25	23-Nov-99	11:42	11:44	0:02	MANUAL	MC-DISTRI	Reposición de fusibles AT
26	23-Nov-99	12:42	13:10	0:28	MANUAL	MC-DISTRI	Reparación de conector flojo
27	27-Dic-99	12:42	13:28	0:46	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	FALLA EN ALIM. 0524

Tabla A1.14.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0525 para el año 2000.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0525

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 5
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Diciembre / 2000

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Durac (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	29-Feb-00	15:42	15:45	0:03	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para cambio de fusible en el sector del Camino Viejo a Baños.
2	29-Feb-00	16:42	16:47	0:05	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para cambio de fusible en la calle P. Maldonado y Vía a Baños.
	31-Mar-00	10:42	10:43	0:01	MANUAL	MP-DISTRI	Se desconecta para transferir la carga al alim. 0521.
3	05-Abr-00	18:42	18:45	0:03	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta con relé de falla a tierra
4	05-Abr-00	19:42	20:12	0:30	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta con relé de falla a tierra
5	12-Abr-00	4:42	5:01	0:19	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para asegurar L. De A.T., amarres sueltos en la vía a Baños.
6	01-May-00	16:42	17:00	0:18	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Actúa relé de sobrecorriente fases A, C y relé de falla a tierra; por líneas arrancadas en calles Ricardo Márquez y Arturo Cisneros.
7	13-May-00	3:42	4:13	0:31	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para realizar mantenimiento programado; no se registran potencias de desconexión y reconexión.
8	31-Jul-00	11:42	11:56	0:14	AUTOMÁTICO	F-S/T	Sé desenergiza por salida de la Línea Cuenca-S/E 03.
9	02-Ago-00	21:42	21:47	0:05	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	Desconecta por líneas arrancadas en la Av. 2 de Agosto y J. De Siniergues.
10	02-Ago-00	22:42	22:59	0:17	MANUAL	F-DISTRI	Se desconecta para cambiar seccionadores en Camino Viejo a Baños y J. De Senerguis.
11	06-Sep-00	9:42	9:43	0:01	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta el alimentador para cambiar un tirafusible en la entrada del camino viejo a Baños.
12	06-Sep-00	10:42	11:03	0:21	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta el alimentador para cambiar un aislador en la entrada del camino viejo a Baños.
13	09-Sep-00	3:42	3:52	0:10	MANUAL	F-DISTRI	Queda sin tensión por desconexión de TR03 y TR04
14	19-Sep-00	13:42	13:59	0:17	AUTOMÁTICO	F-S/T	Desconecta por falla en sistema de subtransmisión
15	29-Sep-00	4:42	5:05	0:23	MANUAL	MC-DISTRI	Se suspende servicio para reparar conector en el sector de la Cdda. Del Chofer

Tabla A1.15.- Datos estadísticos de las fallas y suspensiones presentadas en el alimentador 0525 para el año 2001.

ANÁLISIS ANUAL DEL ALIMENTADOR 0525

NÚMERO DE SUBESTACIÓN: 05
NIVEL DE VOLTAJE: 22 KV
NÚMERO DE ALIMENTADOR: 5
FECHA DE ESTUDIO: Enero - Abril / 2001

<i>Núm. Falla</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora_Desc</i>	<i>Hora_Con</i>	<i>Dura: (horas)</i>	<i>Tipo de Maniobra</i>	<i>Código</i>	<i>Observaciones</i>
1	03-Ene-01	14:42	14:56	0:14	MANUAL	F-S/T	Queda desenergizado por desconexión de L690405 y L690305.
2	03-Ene-01	15:42	15:58	0:16	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	El SCADA marca posible falla temporal
3	04-Ene-01	16:42	16:47	0:05	AUTOMÁTICO	F-DISTRI	El SCADA marca posible falla temporal
4	29-Abr-01	10:42	11:24	0:42	MANUAL	MC-DISTRI	Se desconecta para reparar un puente en A.T. Y cambiar un seccionador en la plaza central de Baños

**ANEXO 2.- APLICACIONES DEL PROGRAMA
SECCIONAMIENTO.EXE CON EJEMPLO PRÁCTICO AL
ALIMENTADOR 0525.**

Ejemplos de creación de Archivos NOD - CLI - TAS - RAM y Manejo de sus Datos.

Tomando como referencia el Archivo del Alimentador 0525 con extensión SCP, se realizará la creación de los Archivos anteriormente citados, su procedimiento se lo puede constatar en el Anexo 3, es decir:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	REGIS	N_SEC	UBIC	BICCE	CODIGO	NOD_E	NOD_S	LONG	N_F	IDC	CONDUCT	DCC	CONDUCTN	DCSEC	POTIN	F	N_TRAN	
2	1	35001	UP08		052535001		35001	0,200	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10	0	10,0	A	5421E
3	2	35002	UP08		052535002	35001	35002	0,191	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10				
4	3	35003	UP08		052535003	35002	35003	0,043	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10		50,0	ABC	1188E
5	4	35004	UP08		052535004	35003	35004	0,220	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10		50,0	A	3159E
6	5	35005	UQ07		052535005	35002	35005	0,290	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10				
7	6	35006	UP07		052535006	35195	35006	0,333	A	37	4 AC		NO EXIST	12		10,0	A	5090E
8	7	35007	UQ07		052535007	35005	35007	0,013	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10		25,0	A	0776E
9	8	35008	UQ07		052535008	35007	35008	0,036	ABC	33	3/0 AC		NO EXIST	10				
10	9	35009	UQ07		052535009	35198	35009	0,084	ABC	37	4 AC		NO EXIST	10		15,0	A	0780E
11	10	35010	UP07		052535010	35009	35010	0,180	ABC	37	4 AC		NO EXIST	10		37,5	A	4797E
12	11	35011	UP06		052535011	35010	35011	0,310	ABC	37	4 AC		NO EXIST	10		10,0	A	0851E
13	12	35012	UP06		052535012	35011	35012		A	37	4 AC		NO EXIST	12		10,0	A	0852E
14	13	35013	UP06		052535013	35011	35013		A	37	4 AC		NO EXIST	12		10,0	A	0853E
15	14	35014	UQ06		052535014	35009	35014	0,400	A	37	4 AC		NO EXIST	12		15,0	A	0781E
16	15	35015	UQ05		052535015	35014	35015	0,400	A	37	4 AC		NO EXIST	12		15,0	A	0777E
17	16	35016	UQ05		052535016	35015	35016	0,050	A	37	4 AC		NO EXIST	12				

Fig. A2.1.- Fragmento del Archivo fuente Alim0525.SCP

La presentación de los archivos creados (de extensión CLI – TAS – NOD – RAM) es igual a la detallada en el punto 4.4, dentro de los archivos

Alim0525.RAM y Alim0525.NOD se constatan que el alimentador posee 219 secciones y 220 nodos respectivamente.

Por la dificultad en el manejo de toda esta información (los tiempos de cálculo y la configuración de los equipos de seccionamiento o puntos de enlace son elevados) es aconsejable que la misma se la minimice de una forma razonable sin alterar el motivo de su creación, para ello *Seccionamiento.Exe* tiene la posibilidad de reducir las secciones sobre la base de un porcentaje de la carga acumulada total del alimentador con respecto a la carga acumulada de cada nodo y los ramales monofásico del mismo. En nuestro ejemplo, para el Alimentador 0525 se va a proceder a realizar en primera instancia la reducción de ramales monofásicos y su resultado se detalla en un fragmento a continuación.

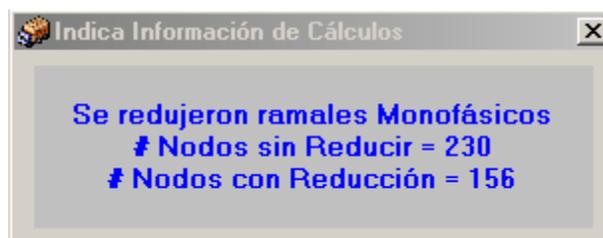


Fig. A2.2.- Resultado de la Reducción de los Ramales Monofásicos para el

Alimentador 0525

En la figura A2.2 se observa la reducción de los ramales monofásicos, en vista de que el porcentaje de la reducción es elevado se ha visto conveniente trabajar con estos datos y no realizar una reducción por carga.

A continuación se retiran los equipos de seccionamiento del Alimentador y se procede a efectuar el cálculo de la ENS, con una cargabilidad de un 40% del nominal:

Tabla A2.1.-Cálculo de la ENS cuando no existen Equipos de Seccionamiento.

ÍNDICES DE CONFIABILIDAD	
Alimentador	ALIM0525mon
ENS	61583.08 [kWh-año]
SAIFI	12.64 [Interrupciones/Cliente-Año]
SAIDI	50.55 [horas/cliente]

Seccionamiento. *Exe* da la posibilidad de modificar por teclado los datos de Potencia Activa, el Número de Clientes por Nodo, su Tasa de Falla, etc. Todo ello se encuentra detallado específicamente en Anexos 3.

El Alimentador 0525 cuenta ya con 18 secciones de ubicación de equipos de seccionamiento, tomándose una cargabilidad de un 40% del nominal, la razón es que existen transformadores que no trabajan a su potencia nominal. El resultado de todo ello se encuentra a continuación:

Tabla A2.2.- Alimentador 0525 resultados reales.

CALCULO DE LA ENS CON EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO	
Alimentador:	ALIM0525mon
Número de Equipos:	18
ENS sin seccionamiento:	61583.08 [KWH – Año]
ENS con seccionamiento:	12268.74 [KWH – Año]
Secciones para instalar seccionadores fusibles (Nodos): 000000005017,000000005028,000000005076,000000005095,000000005102, 000000005112,000000005118,000000005119,000000005123,000000005132, 000000005158,000000005160,000000005187,000000005230,000000005100, 000000005069,000000005189,000000005195.	
SAIFI:	3.73 [KWH –Año]
SAIDI:	14.91 [KWH –Año]
Costo Anualizado de Equipos:	955.71 [\$ - Año]
Costo ENS sin Equipos de Seccionamiento:	76978.85[\$ - Año]
Costo ENS con Equipos de Seccionamiento:	15335.93 [\$ - Año]
Beneficio:	60687.21 [\$ - Año]

El valor de la tasa de falla para el Alimentador 0525 fue tomado de la tabla 2.4 ubicada en el Capítulo II. El costo de los equipos, los años de proyección del estudio, etc., se encuentra en el ejemplo del punto 4.3 del Capítulo IV.

Realizando una comparación del Alimentador 0525 con 18 equipos de seccionamiento entre el existente y un propuesto, con la misma cargabilidad del 40% del nominal, los resultados se pueden verificar a continuación:

Tabla A2.3.- Resultados de la ubicación de Equipos de Seccionamiento.

CALCULO DE LA ENS CON EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO	
Alimentador:	ALIM0525mon
Número de Equipos:	18
ENS sin seccionamiento:	61583.08 [KWH – Año]
ENS con seccionamiento:	12154.44 [KWH – Año]
Secciones para instalar seccionadores fusibles (Nodos): 000000005003,000000005102,000000005147,000000005169,000000005035, 000000005031,000000005099,000000005195,000000005018,000000005230, 000000005084,000000005129,000000005198,000000005137,000000005067, 000000005046,000000005117,000000005157.	
SAIFI:	5.11 [Interrupciones/Cliente-Año]
SAIDI:	13.82 [horas/Cliente-Año]
Costo Anualizado de Equipos:	955.71 [\$ - Año]
Costo ENS sin Equipos de Seccionamiento:	76978.85 [\$ - Año]
Costo ENS con Equipos de Seccionamiento:	15193.05 [\$ - Año]
Beneficio:	60830.09 [\$ - Año]

En el caso de que se introdujera un equipo de reconexión el mismo afecta de una forma directa a los resultados expuestos en la tabla A2.3, los resultados de la misma se expresan a continuación:

Tabla A2.4.- Resultados de la Ubicación de Equipos de Seccionamiento con la

Presencia de un Reconectador	
CALCULO DE LA ENS CON EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO	
Alimentador:	ALIM0525mon
Número de Equipos:	18
ENS sin seccionamiento:	61583.08 [KWH – Año]
ENS con seccionamiento:	12036.08 [KWH – Año]
Equipo de Reconexión (Nodo):	000000005076
Secciones para instalar seccionadores fusibles (Nodos): 000000005003,000000005102,000000005147,000000005169,000000005035, 000000005031,000000005099,000000005195,000000005018,000000005230, 000000005084,000000005129,000000005198,000000005137,000000005067, 000000005046,000000005117,000000005157.	
SAIFI:	5.06 [Interrupciones/Cliente-Año]
SAIDI:	13.75 [horas/Cliente-Año]
MAIFI:	6.95 [Interrupciones/Cliente-Año]
Costo Anualizado de Equipos (Protección y Reconexión):	3256.5 [\$ - Año]
Costo ENS sin Equipos de Seccionamiento:	76978.85 [\$ - Año]
Costo ENS con Equipos de Seccionamiento:	15045.10 [\$ - Año]
Beneficio:	58677.25 [\$ - Año]

Basándonos en lo anteriormente citado, concluimos lo expuesto diciendo:

- ☐ El Alimentador 0525 en las condiciones actuales en las que se encuentra, suministra el servicio eléctrico de una forma eficaz a los abonados, de acuerdo a los resultados reflejados en la tabla A2.2.

- ☐ Tomando como referencia la configuración topológica del Alimentador 0525, se determinaron los posibles puntos de ubicación de equipos de seccionamiento, los resultados obtenidos de los respectivos cálculos están reflejados en la tabla A2.3. Se aclara que, la cantidad de equipos de seccionamiento es igual a la existente para poder determinar la existencia de un mejoramiento en dicho alimentador.
- ☐ La diferencia obtenida entre la ENS real con la propuesta es mínima, se aclara que los índices de confiabilidad como el SAIFI y SAIDI están relacionados con el tipo de equipo de seccionamiento que se utilice (protección o corte), se recomienda tener una adecuada utilización de dichos equipos en la ubicación de los mismos. La idea expuesta se la puede verificar con la utilización de *Ubicacion.Exe* y *Seccionamiento.Exe*.
- ☐ Con la intención de mejorar aún más la eficiencia del Alimentador 0525 se recomienda la ubicación de un equipo de reconexión (verificar tabla A2.4.), que basándonos nuevamente en la topología del Alimentador 0525, presenta una disminución considerable en el índice ENS.
- ☐ Con la presencia del reconectador en un alimentador el beneficio no es el esperado, el motivo, es su costo anualizado que conjuntamente con los costos anualizados de los equipos de seccionamiento, desencadenan en lo expresado en la Tabla A2.2 con la Tabla A2.4.

☰ La reacción del Alimentador frente a un reconectador, directamente esta enfocada con el índice MAIFI (Índice de la Frecuencia de Interrupciones Transitoria Promedio del Sistema) el cual esta en función a las fallas transitorias totales, mientras más equipos de este tipo tengan un alimentador más se incrementara este índice.

ANEXO 3.- MANUAL DEL MANEJO DE SECCIONAMIENTO.EXE

Dentro del Menú Archivos Usted va a satisfacer a las siguientes preguntas.

¿ Cómo especificar la Ruta de Archivos ?

En la barra principal dirigirse a Archivos, de un Click para que se despliegue el menú adjunto, luego diríjase a Ruta y Nombres de Archivos *.NOD, luego de un Click. Aquí Usted tiene que indicar al programa la ruta de la ubicación de todos los archivos que se van a crear por defecto, es decir que si yo tengo una carpeta con el nombre Alim0421 y la selecciono como ruta predeterminada para archivos.

Dentro de esta carpeta se van a crear todos los archivos que el programa edite. Usted también puede seleccionar al archivo SCP y dar doble Click. Existe la alternativa de utilizar el icono () en la barra de herramientas, ver Fig. A.3.1.

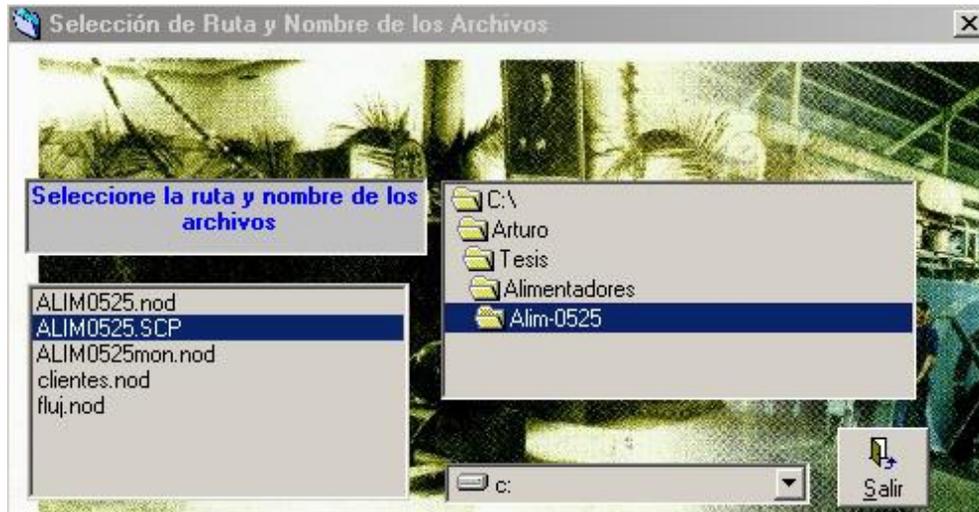


Fig. A3.1.- Formulario para la selección de la ruta

¿Cómo encontrar al archivo SCP?

En la barra principal dirigirse a Archivos, de un Click para que se despliegue el menú adjunto, luego diríjase a Creación de Archivos, y proceda a dar un Click. Por defecto en la ventana de creación de archivos se encuentra especificado dicho archivo.

Usted sólo proceda a dar doble Click (Siempre y cuando ya este especificada la ruta del mismo).



Fig. A3.2.- Formulario para la creación de los archivos

¿Cómo designar o cambiar los Nombres de los Archivos?

En la barra principal dirigirse a Archivos, de un Click para que se despliegue el menú adjunto, luego diríjase a Cambiar Nombre de los Archivos, y proceda a dar un Click.

Existe la alternativa de utilizar el icono (📁) en la barra de herramientas. Indique el nombre común que tendrán los archivos, es decir si por ejemplo yo estoy trabajando con el Alimentador 0523; los archivos van a llevar el nombre 0523.



Fig. A3.3.- Cuadro de dialogo para cambiar de nombre a los archivos

¿Cómo crear archivos de extensión CLI-TAS-NOD-RAM-INT a partir de un archivo SCP?

En la Barra Principal dirigirse a Archivos de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Creación de Archivos, y proceda a dar un Click. Existe la alternativa de utilizar el icono (📁) en la barra de herramientas. Como recordará Usted aquí es donde se encuentra el archivo SCP.

Luego que Usted lo seleccione, se puede empezar con la creación de los Archivos de extensión CLI-TAS-NOD-RAM e INT, serán creados en la misma ruta que Usted eligió (remitirse a la Fig. A3.2)

Dentro del Menú Edición Usted va a satisfacer a las siguientes preguntas.

¿Cómo modificar los datos por Nodo?

En la barra principal dirigirse a Edición, de un Click para que se despliegue el menú adjunto, luego diríjase a Modificación de Datos por Nodo, en el siguiente submenú Usted tiene la posibilidad de cambiar la Potencia Activa, la Potencia Reactiva y el Número de Clientes todos ellos por Nodo. Luego que Usted elija la opción deseada proceda a dar un Click y a continuación siga con los pasos que se indican en cada opción elegida por Usted. Se indica que en la Potencia Activa y Potencia Reactiva, Usted tiene dos posibilidades extra, la una es cambiar los datos sobre la base de un porcentaje y la otra es sobre la base de la energía medida.

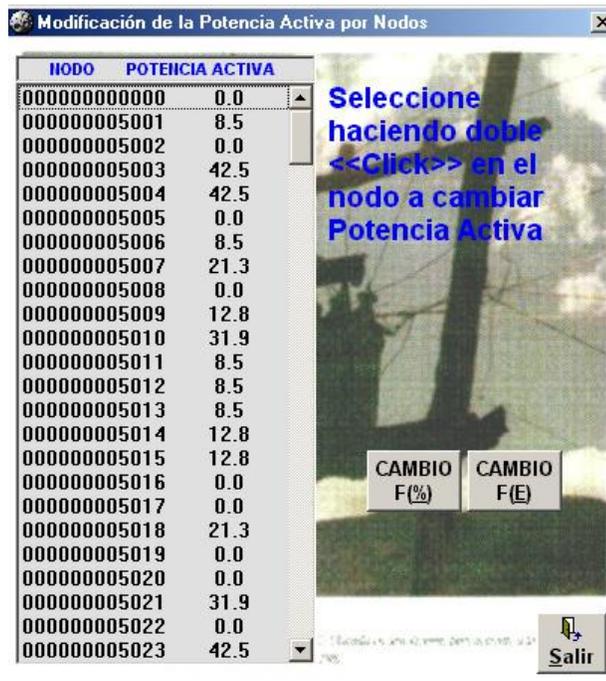


Fig. A3.4.- Formulario para la modificación de datos por nodo.

¿Cómo modificar los datos por Rama?

En la barra principal dirigirse a Edición, de un Click para que se despliegue el menú adjunto, luego diríjase a Modificación de Datos por Rama, en el siguiente submenú Usted tiene la posibilidad de cambiar la Longitud, la Tasa de Falla y el Seccionamiento todos ellos por Rama. Luego que Usted elija la opción deseada proceda a dar un Click y a continuación siga con los pasos que se indican en cada opción elegida por Usted.

Modificación del Seccionamiento por Ramas

Seleccione haciendo doble <<Click>> en la rama a cambiar el Seccionamiento

Desea Usted colocar en esta Rama Seccionamiento, marque o no en la casilla de Selección

Seccionamiento al Inicio de la rama

Seccionamiento al Final de la rama

Seccionamiento Inicio y Fin de la rama

Equipo de Corte "EC"

Equipo de Protección "EP"

Equipo de Reconexión "ER"

RAMA	SECCIONAMIENTO	EQUIPO
000000000000	000000005001	L EP
000000005001	000000005002	L EP
000000005002	000000005003	L EP
000000005003	000000005004	L EP
000000005002	000000005005	L EP
000000005195	000000005006	L EP
000000005005	000000005007	L EP
000000005007	000000005008	L EP
000000005198	000000005009	L EP
000000005009	000000005010	L EP
000000005010	000000005011	L EP
000000005011	000000005012	L EP
000000005011	000000005013	L EP
000000005009	000000005014	L EP
000000005014	000000005015	L EP
000000005015	000000005016	L EP
000000005194	000000005017	I EP
000000005017	000000005018	L EP
000000005018	000000005019	L EP
000000005019	000000005020	L EP
000000005020	000000005021	L EP
000000005020	000000005022	L EP
000000005022	000000005023	L EP
000000005022	000000005024	L EP
000000005019	000000005025	L EP

Fig. A3.5.- Formulario para la modificación de datos por rama

Dentro del Menú Ver Usted va a satisfacer a las siguientes preguntas.

¿Cómo visualizar los Archivos Fuente?

En la Barra Principal dirigirse a Ver de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Visualización de Archivos Fuente, aquí Usted tiene Archivos CLI-NOD-TAS-RAM e INT a continuación escoja la opción deseada y proceda a dar un Click. Aquí Usted puede visualizar a dichos archivos en un programa adjunto de Windows llamado Wordpad, en donde Usted también puede realizar una impresión de dicho informe. Se indica que el archivo a visualizar esta en función de su nombre que se indica en la parte inferior izquierda de su computador. Existe la alternativa de utilizar los iconos en la barra de herramientas ().

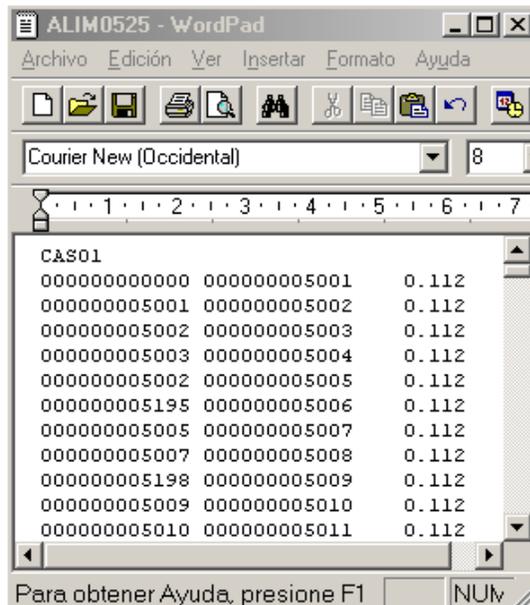


Fig. A3.6.- Visualización de un Archivo Fuente.

¿Cómo visualizar los Resultados?

En la Barra Principal dirigirse a Ver de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Visualización de Resultados aquí Usted tiene Visualización ENS con Seccionamiento, Visualización ENS sin Seccionamiento, Demanda por Nodos, Información en Ramales y Costos ENS, a continuación escoja la opción deseada y proceda a dar un Click. Para las tres últimas opciones existe la alternativa de utilizar los iconos () en la barra de herramientas. Aquí Usted puede visualizar los resultados en un programa adjunto de Windows llamado Wordpad, en donde también puede realizar una impresión de dicho informe.

¿Cómo visualizar la Información General?

En la Barra Principal dirigirse a Ver de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Información General aquí Usted tiene Visualizar o Modificar Datos Generales y Visualizar o Modificar Tiempos a continuación escoja la opción deseada y proceda a dar un Click. Aquí Usted puede visualizar o cambiar los Datos Generales del Alimentador.

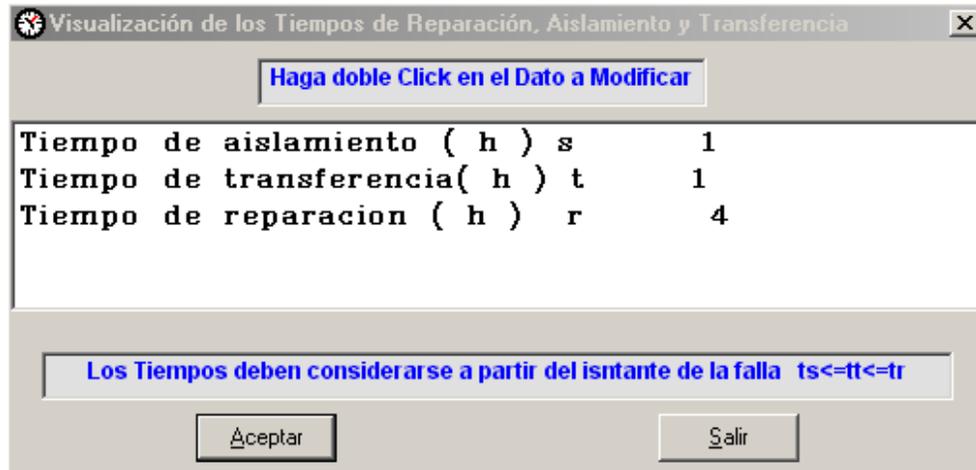


Fig. A3.8.- Formulario para la visualización o alteración de los tiempos

¿Cómo visualizar la Configuración del Alimentador?

En la Barra Principal dirigirse a Ver de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Configuración del Alimentador aquí Usted tiene Archivo Topológico del Alimentador a continuación escoja la opción deseada y proceda a dar un Click.

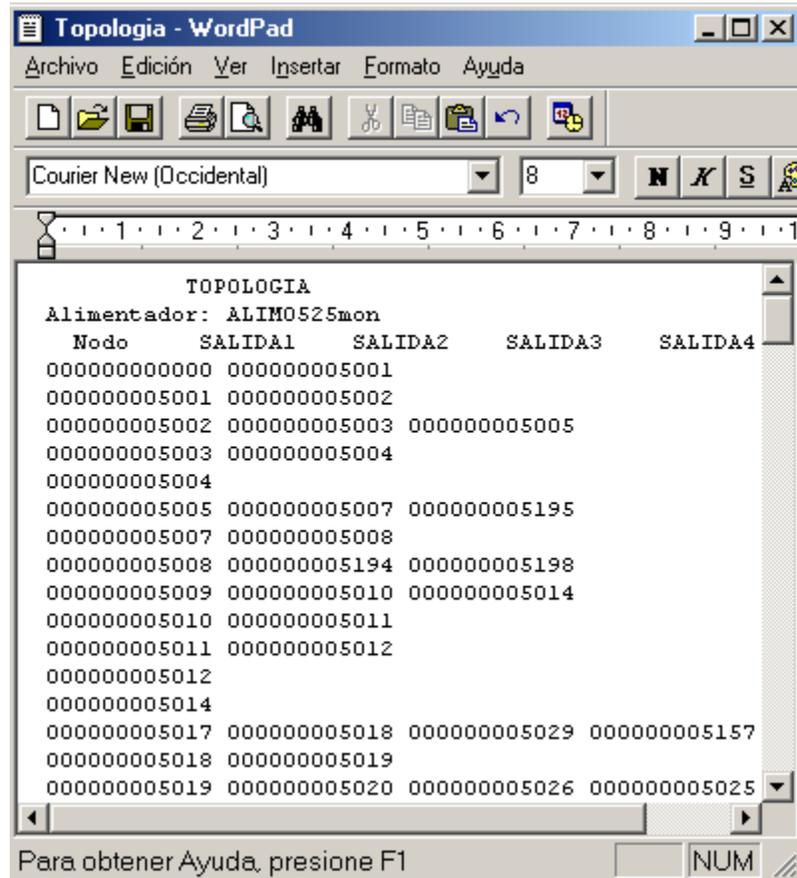


Fig. A3.8.- Visualización de la topología del alimentador

Dentro del Menú Cálculos Usted va a satisfacer a las siguientes preguntas.

¿Cómo calcular la Energía No Suministrada (ENS) y los índices de confiabilidad con Seccionamiento?

En la barra principal dirigirse a Cálculos, de un Click para que se despliegue el menú adjunto, luego diríjase a ENS con Seccionamiento y de nuevamente un

Click, el cálculo de ENS e índices de confiabilidad lo realiza el programa Ubicacion.exe, desarrollado por el Ing. Esteban Albornoz, el programa Seccionamiento.exe visualiza el archivo que genera Ubicacion.exe. Existe la alternativa de utilizar el icono () en la barra de herramientas. De forma automática se procederá con el cálculo y los resultados podrán ser visualizados o impresos en el programa Wordpad.

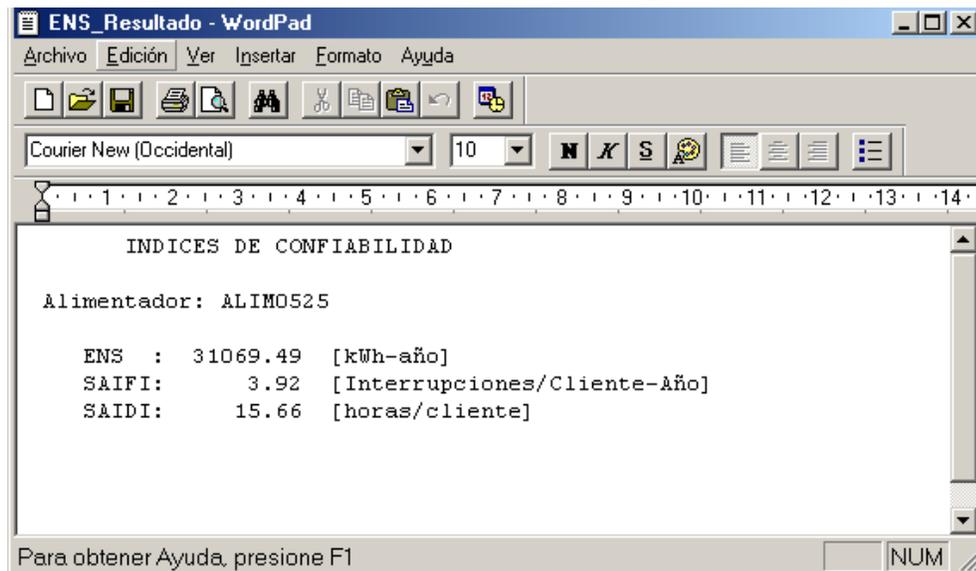


Fig. A3.9.- Visualización luego del cálculo de la ENS con seccionamiento

¿Cómo calcular la Energía No Suministrada (ENS) y los índices de confiabilidad sin Seccionamiento?

En la barra principal dirigirse a Cálculos, de un Click para que se despliegue el menú adjunto, luego diríjase a ENS sin Seccionamiento y de nuevamente un

Click. De forma automática se procederá con el cálculo y los resultados podrán ser visualizados o impresos en el programa Wordpad, remitirse a la Fig. A3.9.

¿Cómo realizar la reducción de los Ramales Monofásicos a partir de los archivos creados?

En la Barra Principal dirigirse a Cálculos de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Reducción Ramales Monofásicos y proceda a dar un Click. Existe la alternativa de utilizar el icono () en la barra de herramientas. A continuación se va a realizar la creación de los archivos propuestos, junto con la información introducida por teclado que en ellos se necesite en el momento de su creación. Además se le indica que los archivos creados en la Reducción de Ramales Monofásicos van a tener un adicional “mon” en el nombre inicial es decir, si Usted tenía alim0421.CLI, luego de la reducción va a tener alim0421mon.CLI; vale la pena recalcar que los archivos iniciales creados no se destruyen.

¿Cómo realizar la Reducción por Carga?

En la Barra Principal dirigirse a Cálculos de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Reducción por Carga y proceda a dar un Click. Existe la alternativa de utilizar el icono () en la barra de herramientas. A

continuación Usted va a ingresar por teclado el porcentaje de carga que desee que se reduzca. Además se le indica que los archivos creados en la Reducción por Carga van a tener un adicional “c%” en el nombre inicial es decir, si se tiene alim0421.CLI, luego de la reducción con un 10% va a tener alim0421c10.CLI; vale la pena recalcar que los archivos iniciales creados no se destruyen.

¿Cómo realizar la Reducción Total?

En la Barra Principal dirigirse a Cálculos de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Reducción Total y proceda a dar un Click. Existe la alternativa de utilizar el icono () en la barra de herramientas. Aquí tiene la posibilidad de realizar las dos reducciones a la vez, solamente Usted va a ingresar por teclado el porcentaje de carga que desee que se reduzca. Además se le indica que los archivos creados en la Reducción Total van a tener un adicional “t%” en el nombre inicial es decir, si se tiene alim0421.CLI, luego de la reducción con un 10% va a tener alim0421t10.CLI; vale la pena recalcar que los archivos iniciales creados no se destruyen.

Dentro del Menú Análisis Usted va a satisfacer a las siguientes preguntas.

¿Cómo realizar la Interconexión entre Alimentadores?

En la Barra Principal dirigirse a Análisis de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Interconexión entre Alimentadores y proceda a dar un Click. En el cuadro de diálogo adjunto Usted tiene que seleccionar el Alimentador con el cual va a interconexionar al Alimentador Principal, el archivo en el cual se va a trabajar tiene la extensión RAM. Luego de seleccionarlo, Usted tiene la posibilidad de indicar mediante un Click uno o más puntos a ser tomados para realizar la interconexión. Se indica además que los nuevos archivos interconexionados toman un nuevo nombre con lo cual se evita que la información que se tenía en un inicio no se pierda y le dé a Usted un mayor rango en la verificación de los pasos que ha dado.

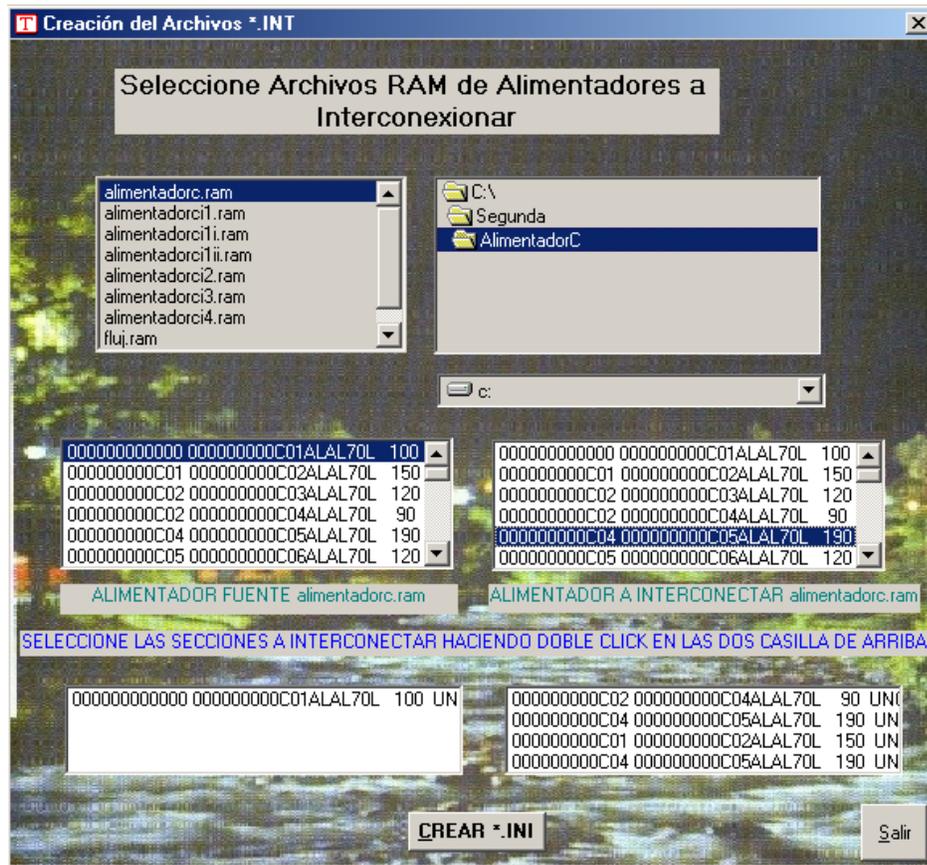


Fig. A3.11.- Formulario para la Interconexión entre Alimentadores

¿Cómo obtener un Manejo de Resultados y Tareas Realizadas?

En la Barra Principal dirigirse a Análisis de un Click para que se despliegue el menú adjunto, buscar la opción Manejo de Resultado y Tareas Realizadas y proceda a dar un Click. Existe la alternativa de utilizar el icono () en la barra de herramientas.

Aquí Usted tiene la posibilidad de crear un archivo Analisis.SAL en donde se va a recoger toda la información que se realice en un alimentador predeterminado por Usted, también puede visualizar a dicho archivo como detener el proceso de grabado de información. Cuando Usted escoge la visualización de Analisis.SAL, se abre en el programa de Windows llamado Wordpad en donde se puede inclusive imprimir.



Fig. A3.12.- Formulario para la creación y manejo del archivo Analisis.SAL