

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

Ubicación Óptima de Bancos de Capacitores en Redes de Distribución para ELEVAL

Realizado por:

Fernández, Naudy.
Figueredo, Wilmer.

Tutor:

Ing. Ruiz, César.

Valencia, Marzo de 2007

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros de el jurado asignado para evaluar el Trabajo Especial de Grado **“Ubicación Óptima de Bancos de Capacitores en Redes de Distribución para ELEVAL”** realizado por los bachilleres Naudy J. Fernández M., Cédula de identidad V-15418563 y, Wilmer F. Figueredo T., Cédula de identidad V-15721376, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Ing. César Ruiz
Presidente del jurado

Ing. Francisco Naveira
Jurado

Ing. Milagros Peña
Jurado

Valencia, Marzo de 2007



Ubicación Óptima de Bancos de Capacitores en Redes de Distribución para ELEVACION

Naudy J. Fernández M. y Wilmer F. Figueredo T.

I.- Introducción

Las cargas eléctricas industriales en su naturaleza son de carácter inductivo a causa de la presencia principalmente de equipos de alto componente reactivo como motores, refrigeradores, entre otros. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (kW) se sume el de la potencia reactiva (kVAR), las cuales en conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido normalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por sus redes, ocasionando que tengan que afrontar el problema de incremento de la corriente que circula por dichas líneas.

La potencia reactiva ocasiona un aumento de las pérdidas en las líneas y limita la capacidad de transporte de energía útil disminuyendo, por tanto, la eficiencia de la red. Por este motivo, se han establecido tarifas de energía que de alguna manera penalicen el consumo de energía reactiva, estimulando la generación en sitio de esta en cantidades que contribuyan en la optimización del factor de potencia.

Cuando el factor de potencia no es mejorado hasta niveles óptimos por los consumidores la empresa suministradora tiene la opción de compensar las redes mediante capacitores controlables o fijos, para reducir el efecto de transporte de energía reactiva y minimizar el costo de la factura de la energía suplida por el mercado mayorista.

La mejora del factor de potencia puede realizarse mediante compensación dinámica o estática, la primera de estas comprende lo que son las máquinas sincrónicas y la segunda se clasifica a su vez en compensación del tipo fija y del tipo controlable. Para mejorar el factor de potencia en redes de distribución resulta práctico y económico, por medio de la instalación de condensadores estáticos.

Los bancos de capacitores para montaje en postes son los más empleados en redes de distribución aéreas. Son fáciles de instalar, requieren un mínimo de mantenimiento y su montaje en altura evita la manipulación no deseada de personal no calificado. Los bancos fijos de media tensión pueden armarse por agrupamiento, en disposición estrella con neutro flotante por razones que serán destacadas en la sección 2.6.6 del marco teórico, de capacitores monofásicos de media tensión diseñados para la tensión de fase del sistema, y con potencias unitarias normalizadas de 33.3, 50, 83.3, 100, 167, 200, 250, 300 y 400 kVAR, lo que permite construir bancos trifásicos de 100, 150, 250, 300, 500, 600, 750, 900 y 1200 kVAR, o múltiplos de estas potencias. Son de muy fácil instalación. En alimentadores o líneas aéreas apenas es necesario un seccionador fusible del tipo kearney, descargadores de sobretensión, y unos pocos accesorios de conexión, mientras que para el montaje se puede aprovechar un poste normal de media tensión, dado que el bajo peso de los bancos no lo sobrecarga mecánicamente. Con la disposición de estos bancos en alimentadores, se puede lograr importante reducción de las pérdidas y de las caídas de tensión, y una consecuente mejora de la calidad del servicio prestado a los clientes. De acuerdo a si poseen o no maniobra se clasifican en fijos y controlables.

Los bancos de condensadores fijos se emplean cuando se desea solucionar rápidamente un problema de factor de potencia, y también cuando implementar una compensación en baja tensión resulta laborioso e inconveniente en función de la gran cantidad de unidades y del fraccionamiento excesivo de la potencia a instalar.

El propósito de los bancos de condensadores controlables automáticamente es suministrar distintos niveles de potencia reactiva al sistema, en función de una variable de control que puede ser la demanda reactiva, el nivel de tensión en ese punto del sistema, la hora del día, etc., o bien por una combinación de dichas variables. El control más sencillo y económico es el basado en la hora del día y en los KVAR que son transportados por la línea. Esto requiere que se conozcan las características de la curva de carga del sistema en ese punto, aprovechando su característica de periodicidad.

Actualmente ELEVAL ejecuta una campaña de disminución de pérdidas técnicas. En tal sentido, comenzó a partir del año 2002 la implantación de un sistema de compensación reactiva tipo controlable en el sistema eléctrico de distribución, obteniendo adicionalmente otros beneficios como: mejora del perfil de tensión y del factor de potencia por alimentador.

Con la realización de este Trabajo Especial de Grado se intenta resolver el problema general de localización óptima de bancos de capacitores en redes de distribución primaria, aplicando la propuesta consistente en un programa digital desarrollado en Visual Basic, para el caso específico de un alimentador de Electricidad de Valencia.

Adicionalmente se resuelven los problemas que se presentaron en la puesta de operación de equipos de compensación reactiva de tipo controlable adquiridos en el año 2002 para su puesta en servicio de inmediato. A este fin se estudio el mecanismo de control de los equipos que habían presentado problemas operativos desde su adquisición.

II.- Facturación de la energía

Factura por servicio eléctrico para clientes de carga importante, contempla un cargo por la energía consumida y un cargo por la máxima demandada registrada en el periodo de facturación. Este último cargo lleva implícita la penalización por bajo factor de potencia que antiguamente formaba parte de la factura por servicio eléctrico. Resulta obvio que la demanda facturada, que es un equivalente de la potencia aparente, es inversamente proporcional al factor de potencia útil (potencia activa dada).

Para demostrar la dependencia de la factura por servicio eléctrico, de las variables de facturación, veamos el siguiente razonamiento:

$$kVARH = kVARH_{ANTERIOR} - kVARH_{ACTUAL} \quad (1.1)$$

$$kWH = kWH_{ANTERIOR} - kWH_{ACTUAL} \quad (1.2)$$

La potencia Aparente “S” en kVA viene definida como:

$$kVA = \frac{kW}{\cos(\phi)} \quad (1.3)$$

“Para llevar a cabo los cálculos se usa una abstracción matemática que no tiene validez física. Esta abstracción consiste en tomar los niveles de energía para usarlos como fasores el cual sabemos que es falso. Sin embargo se usa para definir el cargo por demanda y esta contemplado en la Gaceta Oficial N° 37415 del 3 de abril de 2002”.

$$Tg(\phi) = \left(\frac{kVARH}{kWH} \right) \quad (1.4)$$

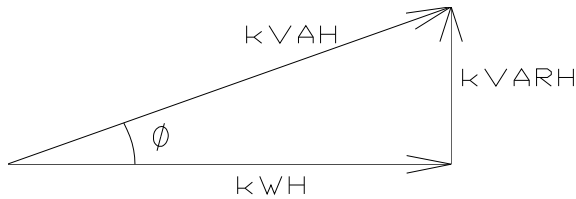


Fig. 1.1 -Diagrama fasorial de la

energía Activa y Reactiva

$$\cos(\phi) = \left(\frac{kWH}{\sqrt{(kVARH)^2 + (kWH)^2}} \right) \quad (1.5)$$

$$\cos(\phi) = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{kVARH}{kWH} \right)^2}} \right) \quad (1.6)$$

Sustituyendo la ecuación 1.6 en 1.3 tenemos:

$$kVA = kW * \sqrt{1 + \left(\frac{kVARH}{kWH} \right)^2} \quad (1.7)$$

Una vez calculado los kVA relacionados con los valores medidos, la facturación para el suscriptor vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$F_{act} = K_{kVA} * kVA + K_E * kWH \quad (1.8)$$

Las unidades de K_{kVA} y K_E vienen dada en $\frac{Bs}{kVA}$ y $\frac{Bs}{kWH}$ respectivamente, fijadas en la referida gaceta oficial.

III.-Ubicación óptima de bancos de condensadores

Razonando sobre las pérdidas, surge la tentación de distribuir capacitores asociados a cada carga, solución que implica mal aprovechamiento de la potencia capacitiva que se instala. El otro extremo del razonamiento es concentrar la potencia necesaria (que detecta la medición de energía) en un único punto de la red, razones técnicas lo individualizan próximo a la mayor carga que se encuentre conectada a la red. Entre ambas situaciones se pueden encontrar soluciones intermedias con ventajas, como puede ser en un punto intermedio o final de cada alimentador (con cargas distribuidas o concentradas al final de la línea), o bancos puntuales intermedios en la red.

IV.- Simulación de la red a carga máxima y mínima

Con un programa digital (*REACTIVO UC* para nuestro caso), se realizará la simulación de la red por disminución de pérdidas técnicas sin bancos de condensadores. Donde se obtendrán valores de las

variables eléctricas, tales como: porcentaje de caída de tensión de cada nodo, corrientes, consumo de reactivos y factor de potencia.

Una vez obtenidos estos valores a lo largo de la red para ambas condiciones podemos graficar las curvas: $kVAR$ Vs distancia (KVAR. Vs d), kW Vs d, kV Vs d, entre otras.

V.- Determinación de la ubicación de bancos de condensadores fijos

Estas se realizarán mediante la propuesta obtenida a través de un programa digital, en función de reducción de pérdidas técnicas y perfil de voltaje óptimo, cumpliendo con los parámetros establecidos en la tabla 2.1.

Para dicha determinación el software usará el procedimiento y modelación matemática adecuada, nosotros usaremos la contemplada a lo largo de este capítulo.

Los kVAR se determinan con el factor de potencia visto desde el nodo1, así como también con el factor de servicio calculado desde dicho nodo. Para realizar este estudio partiremos de que todo circuito se comporta según las mediciones hechas en el nodo1 tanto para máxima como para mínima carga, dicho de otra manera para cada tramo de la troncal principal se le hace lo siguiente:

$$kVAR_{iMIN} = (kVA_i) \times (SEN\phi_{MIN}) \times \left(\frac{kVA_{MIN1}}{kVA_1} \right) \quad (1.9)$$

Donde:

i : Nodo final para el tramo correspondiente.

$kVAR_{iMIN}$: Potencia reactiva mínima en el nodo i .

kVA_i : Son los kVA trifásicos correspondientes a cada tramo.

ϕ_{min} : Es el ángulo del factor de potencia visto desde 1 para mínima carga.

kVA_{min} : Mínima lectura de kVA vista desde el nodo 1.

kVA_1 : Capacidad trifásica instalada en todo el circuito.

VI.- Reactivo UC

Reactivo UC, es un programa desarrollado en Visual Basic 6.0 con la finalidad de ofrecer una herramienta computacional rápida y sencilla para solucionar problemas de ubicación de condensadores en sistemas de distribución. Esta herramienta está diseñada con la finalidad de suministrar opciones en cuanto la ubicación de bancos de condensadores normalizados, comparando los resultados para llegar a una conclusión de acuerdo con la experiencia y el sentido común de la topología circuital para la red de distribución de tipo radial. Esta aplicación está basada bajo una idea gráfica, es decir, que el usuario podrá dibujar la red en una hoja grillada que se muestra en pantalla. También podrá descargarla de un archivo si ésta estuviese guardada con anterioridad, modificarla si se deseara y aplicar otras herramientas.

La herramienta computacional fue diseñada para operar bajo el sistema operativo Windows, por ser realizado con Microsoft Visual Basic 6.0 con apoyo de archivos de texto para el almacenamiento de

información, guardar resultados entre otros. Trabajar bajo esta plataforma ofrece una gran cantidad de facilidades y ventajas.

Entre las ventajas mas destacadas del uso de este lenguaje de programación tenemos las siguientes:

- Herramientas matemáticas: Posee una serie de bibliotecas que facilitan algunas tareas que se deseen realizar.
- Bibliografía existente: Por ser un lenguaje probado ampliamente y con una gran tradición en el mundo de los programadores se pueden encontrar fácilmente referencias bibliográficas, ayuda en la red de Internet así como también bibliotecas para realizar distintas tareas.
- Programación orientada a objetos: La tendencia actual para los realizadores de programas es la de trabajar bajo el formato de la orientación a objetos, que no es más que trabajar apoyándose en construcciones previamente realizadas pero que permiten ser modificadas haciendo así mas fácil y rápido el diseño de una aplicación.
- Interfaz gráfica: por tratarse de un lenguaje orientado a objetos se poseen herramientas que permite la generación de cuadros de diálogos con todos los componentes de Windows como son botones, cuadros de edición, entre otros.

Aunque Visual Basic posee muchas ventajas también podemos mencionar algunas desventajas que se pueden presentar:

- No es un lenguaje multiplataforma. Aunque técnicamente sería fácil hacer un compilador para Linux o MacOS, Microsoft lo tiene prohibido.
- Plantea problemas de seguridad: los virus de macro que afectan al Office usan el mini-VB que éste soporta. La mayoría de virus de Windows se aprovechan del código VBScript, basado en VB.

Los pasos a seguir para la elaboración de un circuito en el plano de trabajo de Reactivo UC son los siguientes:

1. Hacer clic en el icono “nuevo nodo”, mostrado en la barra de herramientas del plano de trabajo de Reactivo UC. Luego se configura el Mouse automáticamente con la imagen mostrada en el icono.
2. Estando el Mouse con el icono mostrado, el usuario sólo tendrá opción de comenzar a dibujar un tramo de línea a partir de un nodo ya existente dibujado en azul, ya que un nodo con este color representa un nodo **no-terminal**.
3. Pulsando el clic izquierdo del mouse en un nodo azul y manteniendo para arrastrarlo a lo largo de otro nodo podremos observar que se dibuja una línea en tiempo real.
4. Soltando el clic izquierdo del Mouse se abre una ventana llamada “Configurar nuevo nodo”, donde se colocan los parámetros propios del nodo y del tramo de línea que describe con el nodo con el que se inicio la ruta de dicho tramo.
5. Luego de dibujado todos los tramos que conforman el circuito, se puede realizar la simulación se podrá realizar la simulación con o sin banco de condensadores.

VII.- Selección del circuito para el montaje de un banco de condensadores del tipo controlable

Se tomará como partida, los circuitos en los cuales ELEVAT intentó con anterioridad la aplicación de los bancos de condensadores sin éxito. Estos todavía se encuentran ubicados en sus racks en los postes

donde se intentó poner en marcha, ello facilitara el trabajo por ahorrarnos el paso de montaje. Los circuitos son:

- Castillito I: Con una carga netamente comercial e industrial ubicada en el parque industrial Castillito del municipio San Diego. Este alimentador posee una longitud aproximada de 6.7 Kmts.
- Castillito II: Este circuito el cual tiene respaldos con Castillito I mediante seccionadores que se mantienen abiertos en condiciones normales de operación, alimenta cargas comerciales e industriales ubicadas entre el parque industrial Castillito y la zona industrial Los Guayabitos, ambas zonas pertenecientes al municipio San Diego. Dicho alimentador posee una longitud aproximada de 22 Kmts.
- Guacara 2: Este alimentador difiere de los dos circuitos anteriores debido a que alimenta una carga mayormente residencial en el municipio Los Guayos. El alimentador posee una longitud aproximada de 18 Kmts.

De los tres alimentadores preseleccionados para el análisis, el que posee una condición mas desfavorable es el circuito de Castillito I por tener un factor de potencia muy bajo, lo que se puede traducir en mayores pérdidas por unidad de longitud entre otras.

Según información suministrada por la empresa, en consultas y entrevistas, históricamente Castillito I presenta el factor de potencia mas bajo entre los tres circuitos preseleccionados por lo que se puede decir que es el más necesitado de compensación.

Por esta razón y por decisión de los responsables del área de compensación dentro de ELEVAL, para éste proyecto se llegó a un acuerdo de realizar el estudio de este trabajo de grado en el alimentador **Castillito I**.

El circuito Castillito I es un alimentador de 13.8 kV el cual procede de la barra 1 de la S/E **Castillito**, de 115/13.8 kV, doble barra en la salida y 5 circuitos por barra c/u de 13.8 kV. La S/E se encuentra ubicada en la zona industrial de San Diego al final de Av. Este-Oeste 97-A.

Los condensadores objetos de éste trabajo se encuentran ubicados en la Calle Este-Oeste L-97 entre Av. Norte-Sur-66 y Av. Norte-Sur-68 en el poste de ELEVAL identificado con la numeración E4AAL-N88.

Los datos mostrados a continuación son graficados con una muestra de 24 mediciones por día durante todo el mes de agosto del año 2006, cabe destacar que el análisis del circuito se hará en función de un solo mes ya que la curva de carga para el alimentador en estudio es cíclica en todos los meses del año.

Fpmin	75,8%
Fpmax	90,6%
Fpprom	82,44%

Tabla 1.1- Factor de potencia Castillito I-Agosto 2006.

Estos son datos tomados desde el martes primero de de agosto del 2006 a la una de la madrugada hasta el jueves 31 del mismo mes a las 12 de la noche.

VIII.-Características eléctricas del circuito castillito I, luego de la puesta en funcionamiento

Los datos mostrados a continuación son obtenidos con una muestra de 24 mediciones por día, del mes de enero del 2007.

Fpmin	92.64%
Fpmax	100%
Fpprom	96.73%

Tabla 1.2- Factor de potencia Castillito I-Enero 2007.

Potencia	S (kVA)	P (kW)	Q (kVAR)
Min (07 H)	1097,44	1084,44	81,08
Max (16H)	4859,97	4521,20	1782,72
Prom	2744,89	2616,48	787,38

Tabla 1.3- Resumen de la potencia entregada en un día por Castillito I a la salida de la S/E.

IX.-Evaluación técnico-económica

El tiempo de recuperación (o tiempo de pago)

es un modelo de evaluación que mide el tiempo de pagos requeridos para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial a una tasa mínima de rendimiento igual a cero.

$$-II + \sum_{t=1}^r F_t = 0 \quad (1.10)$$

El flujo monetario para el modelo económico de tiempo de pago, resultando una recuperación total de la inversión de 8 meses, (TP=8), lo que nos da como conclusión que la inversión es aceptable por parte del inversionista, en nuestro caso la empresa ELEVAL.

X.- BIBLIOGRAFIA

- **BIRNIOS, B y BIRNIOS M.** Manual de referencia de Visual Basic 6.0. Buenos Aires-Argentina.
- **BALENA, F.** Programación avanzada con Visual Basic 6.0. España. Editorial Mc Graw Hill.
- **SUMOZA, G.** (2006), Aplicaciones con visual Basic. Carabobo-Venezuela. CECATEC.
- **RIVAS, H. y JIMENEZ, J.** (1999), Aplicación de condensadores en sistemas eléctricos de potencia. Universidad de Carabobo.
- **AGUILAR, J. y BEDA W.** (1994), Anomalías que se presentan en las redes de distribución de media tensión al colocar condensadores. Universidad de Carabobo.
- **QEI Inc.** (1999), Intelligent capacitor controls hardware, operating manual. Version 2.3.
- **UPEL.** (1990). Manual de Trabajos de Grado y Tesis Doctorales. Caracas.
- **GACETA OFICIAL** de la Republica de Venezuela del 3 de abril de 2002 # 37415. Caracas.
- **COOPER Power Systems.** (1998). Power capacitors.230-20.

- **ELEVAL.** (2005). Guía para el uso y operación de condensadores en sistemas de distribución. Valencia-Venezuela.
- Bancos de capacitores para montaje en postes, www.leyden.com.ar/PDF/Bancos_poste.pdf, (consulta, Septiembre de 2006).
- Corrección del factor de potencia, www.monografias.com/trabajos14/factorpotencia/factorpotencia.shtml, (consulta, Septiembre de 2006).
- Condensadores controlables, www.qeiinc.com/NewQEISite/capacitor_controls.html, (consulta, Septiembre de 2006).
- Sensor de corriente-serie 1301, www.joslynhivoltage.com/PDFFiles/1301.pdf, (consulta, Septiembre de 2006).

INTRODUCCION

Las cargas eléctricas industriales en su naturaleza son de carácter inductivo a causa de la presencia principalmente de equipos de alto componente reactivo como motores, refrigeradores, entre otros. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (kW) se sume el de la potencia reactiva (kVAR), las cuales en conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido normalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por sus redes, ocasionando que tengan que afrontar el problema de incremento de la corriente que circula por dichas líneas.

La potencia reactiva ocasiona un aumento de las pérdidas en las líneas y limita la capacidad de transporte de energía útil disminuyendo, por tanto, la eficiencia de la red. Por este motivo, se han establecido tarifas de energía que de alguna manera penalicen el consumo de energía reactiva, estimulando la generación en sitio de esta en cantidades que contribuyan en la optimización del factor de potencia.

Cuando el factor de potencia no es mejorado hasta niveles óptimos por los consumidores la empresa suministradora tiene la opción de compensar las redes mediante capacitores

controlables o fijos, para reducir el efecto de transporte de energía reactiva y minimizar el costo de la factura de la energía suplida por el mercado mayorista.

La mejora del factor de potencia puede realizarse mediante compensación dinámica o estática, la primera de estas comprende lo que son las máquinas sincrónicas y la segunda se clasifica a su vez en compensación del tipo fija y del tipo controlable. Para mejorar el factor de potencia en redes de distribución resulta práctico y económico, por medio de la instalación de condensadores estáticos.

Los bancos de capacitores para montaje en postes son los más empleados en redes de distribución aéreas. Son fáciles de instalar, requieren un mínimo de mantenimiento y su montaje en altura evita la manipulación no deseada de personal no calificado. Los bancos fijos de media tensión pueden armarse por agrupamiento, en disposición estrella con neutro flotante por razones que serán destacadas en la sección 2.6.6 del marco teórico, de capacitores monofásicos de media tensión diseñados para la tensión de fase del sistema, y con potencias unitarias normalizadas de 33.3, 50, 83.3, 100, 167, 200, 250, 300 y 400 kVAR, lo que permite construir bancos trifásicos de 100, 150, 250, 300, 500, 600, 750, 900 y 1200 kVAR, o múltiplos de estas potencias. Son de muy fácil instalación. En alimentadores o líneas aéreas apenas es necesario un seccionador fusible del tipo kearney, descargadores de sobretensión, y unos pocos accesorios de conexiónado, mientras que para el montaje se puede aprovechar un poste normal de media tensión, dado que el bajo peso de los bancos no lo sobrecarga mecánicamente. Con la disposición de estos bancos en alimentadores, se puede lograr importante reducción de las pérdidas y de las caídas de tensión, y una consecuente mejora de la calidad del servicio prestado a los clientes. De acuerdo a si poseen o no maniobra se clasifican en fijos y controlables.

Los bancos de condensadores fijos se emplean cuando se desea solucionar rápidamente un problema de factor de potencia, y también cuando implementar una compensación en baja tensión resulta laborioso e inconveniente en función de la gran cantidad de unidades y del fraccionamiento excesivo de la potencia a instalar.

El propósito de los bancos de condensadores controlables automáticamente es suministrar distintos niveles de potencia reactiva al sistema, en función de una variable de control que puede ser la demanda reactiva, el nivel de tensión en ese punto del sistema, la hora del día, etc., o bien

por una combinación de dichas variables. El control más sencillo y económico es el basado en la hora del día y en los KVAR que son transportados por la línea. Esto requiere que se conozcan las características de la curva de carga del sistema en ese punto, aprovechando su característica de periodicidad.

Actualmente ELEVAL ejecuta una campaña de disminución de pérdidas técnicas. En tal sentido, comenzó a partir del año 2002 la implantación de un sistema de compensación reactiva tipo controlable en el sistema eléctrico de distribución, obteniendo adicionalmente otros beneficios como: mejora del perfil de tensión y del factor de potencia por alimentador.

Con la realización de este Trabajo Especial de Grado se intenta resolver el problema general de localización óptima de bancos de capacitores en redes de distribución primaria, aplicando la propuesta consistente en un programa digital desarrollado en Visual Basic, para el caso específico de un alimentador de Electricidad de Valencia.

Adicionalmente se resuelven los problemas que se presentaron en la puesta de operación de equipos de compensación reactiva de tipo controlable adquiridos en el año 2002 para su puesta en servicio de inmediato. A este fin se estudio el mecanismo de control de los equipos que habían presentado problemas operativos desde su adquisición.

Este Trabajo Especial de Grado está estructurado en seis (6) Capítulos:

El Capítulo I, presenta lo relativo al planteamiento del problema, justificación de la investigación, objetivos, alcance y limitaciones de la investigación.

El Capítulo II, contiene el marco teórico, compuesto por, antecedentes de la investigación y las bases teóricas consultadas como soporte de la investigación.

El Capítulo III, reseña lo relativo al marco metodológico de la investigación se hace referencia al área de la investigación a la cual está dirigido el proyecto, el tipo de investigación a realizar y las distintas fases en que se desarrolla la investigación.

El Capítulo IV, comprende el programa desarrollado en Visual Basic el cual lleva por nombre *Reactivo UC* y ha sido diseñado para la ubicación de bancos de condensadores en sistemas de distribución, realizando cálculos y graficando valores de interés como potencias activas y reactivas, pérdidas en las líneas, perfiles de tensión a lo largo de los distintos tramos que conforma una red entre otros. De igual manera se dan ejemplos de la forma como debe emplearse el programa para su correcta manipulación y evitar una posible mala interpretación de los resultados.

El Capítulo V, a la selección de circuitos en donde debe efectuarse la compensación del tipo controlable y se concluye finalmente con cual se trabajará, se especifica su ubicación geográfica y se describe el algoritmo a introducir en el controlador, conocido como MicroCap. En éste mismo capítulo se realizará una evaluación técnico-económica que justifique la puesta en funcionamiento del banco de condensadores controlable, y se realizará la comparación si el banco de condensadores a instalar fuese del tipo fijo.

Finalmente, el Capítulo VI presenta las conclusiones a la que se llegó después de realizado el trabajo de programa y la puesta en funcionamiento del banco de condensadores controlables y las recomendaciones formuladas para que la empresa ELEVAL perciba beneficios técnicos y económicos.

Ubicación Óptima de Bancos de Capacitores en Redes de Distribución para ELEVAL

Realizado por:

Fernández, Naudy.
Figueredo, Wilmer.

Tutor:

Ing. Ruiz, César.

Valencia, Marzo de 2007
EL PROBLEMA

1. Planteamiento del Problema

Las empresas de suministro eléctrico actualmente buscan asegurarle al país la prestación de un servicio eléctrico al menor costo posible, con la mayor calidad, que permita la óptima utilización de los recursos disponibles y que al mismo tiempo garantice continuidad, seguridad y eficiencia.

La electricidad de Valencia (ELEVAL) es una empresa privada que produce, importa, distribuye y comercializa energía eléctrica en armonía con el ambiente. Su propósito es garantizar a sus clientes, atención y servicio de excelente calidad. El suministro del servicio eléctrico hasta sus clientes finales se afianza en el incremento de su capacidad operativa y eficiencia energética, desde los generadores y puntos de interconexión, hasta los puntos de consumo.

ELEVAL como Empresa de **Suministro Eléctrico** atiende gran parte del estado Carabobo, en específico los municipios de Valencia, San Diego, Guacara, Los Guayos y Naguanagua. La empresa tiene entre sus políticas minimizar los costos de operación y mejorar la calidad de servicio que presta a sus suscriptores. Por tal razón ha tomado en su lista de investigaciones la opción de un estudio para la ubicación del(os) punto(s) de optimización tanto técnica como económica y las consecuencias que traería sobre la red de distribución de 13.8 kV la **colocación de bancos de capacitores controlables**.

Los costos de la energía en cualquier empresa (consumidora y/o suplidora) son primordiales a tomar en cuenta con el fin de reducir gastos por operación y pérdidas en su distribución y así obtener un mayor rendimiento energético, parámetro necesario y fundamental en los nuevos tiempos de desarrollo industrial. Esto nos lleva a la búsqueda de herramientas y equipos eficientes que suplan o sirvan de soluciones y mejoras a estos problemas.

La compensación estática es una manera de mejorar o disminuir las pérdidas técnicas producidas (aguas arriba del punto donde se conectan) por la corriente ($I^2 \cdot R$) que consumen los equipos con factor de potencia atrasado (o inductivo), como lo son la gran mayoría de las cargas ya sean estas industriales, comerciales o residenciales. Responderemos en el trabajo propuesto, porque es conveniente la instalación de bancos de condensadores controlables.

Hace tres años el departamento de planificación de la empresa ELEVAL, estimó que era necesario la colocación de bancos de condensadores del tipo controlable en tres de sus redes de distribución de 13.8 kV para la corrección del factor de potencia, regulación de tensión y disminución de los kVAR. Conjuntamente con el departamento de compras se adquirieron tres

bancos de condensadores de marca QEI de 900 kVAR cada uno. Estas unidades por ser del tipo controlable son maniobradas mediante interruptores, estos interruptores son controlados por un software que da la orden de apertura y cierre al interruptor en función de la magnitud de la potencia reactiva que circula por la red donde éste está conectado.

Estas unidades capacitivas no han podido estar operativas debido a que cuando son instaladas, el software de control de los interruptores ordena la apertura de los mismos sin tener las condiciones predeterminadas para dicha operación. Este problema ha sido una incógnita para el personal encargado del montaje y conexión de estas unidades reactivas, y forma parte de las respuestas esperadas en el presente trabajo.

Para instalar estas unidades y ponerlas en funcionamiento es de suma importancia la ubicación de las mismas en la red. El conocer el punto más adecuado para un funcionamiento óptimo del sistema se puede obtener con la utilización de una herramienta que sea rápida y efectiva. Una herramienta computacional es la mejor alternativa, ya que hacer los cálculos a mano llevaría mucho tiempo y trabajo. Es por ello que nos planteamos el diseño de un programa digital que resuelva el problema de encontrar la ubicación óptima de equipos de compensación y dimensione el tamaño de estos equipos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General:

Diseño de un software para la ubicación óptima de bancos de condensadores por reducción de pérdidas en redes de distribución de 13.8kV.

2.2 Objetivos Específicos:

- Desarrollar un método **heurístico** de ubicación óptima de bancos de condensadores por reducción de pérdidas técnicas para sistemas de distribución.
- Diseñar un software en ambiente Visual Basic mediante la metodología seleccionada, que simule el comportamiento de bancos de condensadores en una red radial.
- Validación del software.
- Seleccionar un alimentador de distribución de 13.8 kV de la empresa ELEVAL y evaluar el estatus de las variables eléctricas (voltaje, corriente, potencia).
- Ubicar y poner en funcionamiento al menos un banco de condensadores de tipo controlable para la red seleccionada.
- Evaluación técnico-económica del montaje del banco de condensadores controlable para el alimentador seleccionado.

3. Justificación del Problema

Este estudio se fundamenta en la búsqueda de reducción de los costos en el cual incurre la empresa ELEVAL, debido a la alícuota de la factura por servicio eléctrico conocido como cargo por demanda (Cd), presentada por la empresa suplidora Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE). Este cargo por demanda que está compuesta por una fracción reactiva por cuanto esta forma parte de la demanda total facturada, aunque no es potencia útil de igual manera representa un costo importante. Esta componente reactiva es en esencia la que se desea minimizar con la ubicación consciente de bancos de capacitores en redes de 13.8kV.

La elaboración de este proyecto es importante:

- **Para la Empresa**, con la optimización del punto de ubicación e instalación de los bancos de condensadores lo que se busca alcanzar es el suministro de energía reactiva, permitiendo la disminución de pérdidas técnicas, mejora del perfil de tensión de la red de

distribución y reducción de la facturación por cargo por demanda. Además del aprovechamiento de una inversión realizada.

- **Para la Universidad**, porque con el buen desenvolvimiento de éste proyecto contribuimos con el dialogo entre el sector externo y la Universidad, resolviendo problemas de las empresas y así facilitar a los venideros estudiantes seguir realizando sus temas de tesis en industrias locales.
- **Para nosotros**, porque con la elaboración de éste proyecto ponemos en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas de clases de esta insigne casa de estudios como lo es la Universidad de Carabobo, además de experiencias técnicas que contribuyen a nuestra preparación como profesionales.

4. Alcance y Limitaciones

En el presente estudio se tratará el comportamiento de redes cuando existen capacitores instalados, pero atendiendo el interés de la empresa proponente, solo estudiaremos el caso de un banco de capacitores controlable en combinación de un número variable de bancos fijos de capacitores.

Además el software estará limitado a trabajar solamente con tensión de 13.8kV así como la utilización de un solo método de optimización. En cuanto a la instalación del banco de condensadores prevalecerán las políticas establecidas por la empresa respecto al punto exacto de ubicación de los mismos. El nivel de potencia del banco de condensadores a instalar dependerá de la disponibilidad de dinero o equipamiento en los depósitos de la empresa al momento de la instalación de los equipos. En la actualidad se dispone del banco de condensadores que no pudo controlarse debido al inconveniente ya mencionado anteriormente en el planteamiento del problema.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1. ANTECEDENTES

- 1 APLICACIÓN DE CONDENSADORES EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**, Universidad de Carabobo, en el año 1999. Trabajo de grado presentado por los bachilleres Héctor Rivas y Juan Jiménez, donde se presenta una serie de antecedentes históricos de los condensadores al igual que varias definiciones relacionadas con éstos dispositivos.
- 2 ANOMALÍAS QUE SE PRESENTAN EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN AL COLOCAR CONDENSADORES**, Universidad de Carabobo, en el año 1994. Trabajo de grado presentado por los bachilleres Jesús Aguilar y Walter Beda, donde se presenta un software que simula los efectos de introducir bancos de condensadores estáticos en líneas de distribución al igual que la demanda de facturación para clientes industriales.

3 ASPECTOS TÉCNICO ECONÓMICOS DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO ELÉCTRICO, Universidad de Cataluña, España. Trabajo de investigación presentado por el profesor J. Balcells al departamento de ingeniería electrónica de la referida Universidad, donde se presentan los efectos y soluciones de pérdidas técnicas en redes de distribución.

2. BASES TEÓRICAS

2.1 FACTOR DE POTENCIA

Denominamos factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente $\left(\frac{P}{S}\right)$, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión (V) y la corriente (I) cuando la forma de onda es sinusoidal pura.

Es aconsejable que en una instalación eléctrica el factor de potencia sea cercano a uno y algunas empresas de servicio electro-energético exigen valores de 0,8 y más. Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa P (kW) se sume el de una potencia llamada reactiva Q (kVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y produciendo incrementos de potencia activa

por las pérdidas óhmicas que producen las corrientes circulantes y del cargo por demanda en la factura por consumo eléctrico de la empresa suplidora perteneciente al mercado mayorista (CADAFE).

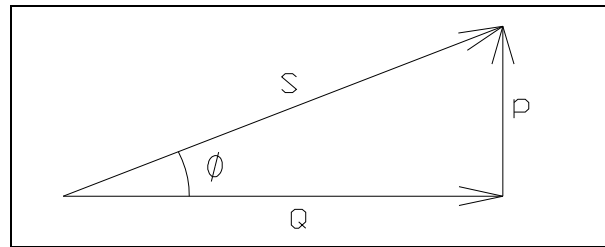


Fig. 2.1 -Diagrama fasorial de las potencias

2.1.1 ¿POR QUÉ RESULTA DAÑINO Y CARO MANTENER UN BAJO FACTOR DE POTENCIA?

El hecho de que exista un bajo factor de potencia produce los siguientes inconvenientes:

Al suscriptor:

- Aumento de la intensidad de corriente debido al componente reactivo

$$|I| = \sqrt{(I_{ACTIVA})^2 + (I_{REACTIVA})^2} \quad (2.1)$$

Y debido a esto, se presentan las siguientes consecuencias.

- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión.
- Incrementos de potencia a través de los transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores.
- Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad.

A la empresa distribuidora de energía:

- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional.
- Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.
- Elevadas caídas de tensión, lo cual afecta la estabilidad de la red eléctrica.

2.1.2 SIGNIFICADO TÉCNICO-ECONÓMICO

El factor de potencia tiene un importante significado técnico-económico debido a que de su magnitud dependen, en cierta medida, los gastos de capital y explotación, así como el uso efectivo de los equipos de las instalaciones eléctricas. En la transmisión de la energía las pérdidas desempeñan un elemento fundamental, para disminuirlas se pueden tener en cuenta:

- Aumentar la tensión de las líneas de transmisión.
- Evitar las transformaciones innecesarias.
- Mejorar el factor de potencia y reducir las corrientes excesivas (picos de demandas).

Excepto la medida relativa a mejorar el factor de potencia, las restantes presentan serios inconvenientes para su aplicación, ya sea de orden técnico o económico; por lo tanto, el método más factible para disminuir las pérdidas de energía eléctrica de las instalaciones es proteger o aumentar el factor de potencia existente.

2.2 FACTURACIÓN DE LA ENERGÍA

Factura por servicio eléctrico para clientes de carga importante, contempla un cargo por la energía consumida y un cargo por la máxima demandada registrada en el período de facturación. Este último cargo lleva implícita la penalización por bajo factor de potencia que antiguamente formaba parte de la factura por servicio eléctrico. Resulta obvio que la demanda facturada en kVA, es inversamente proporcional al factor de potencia.

Para demostrar la dependencia de la factura por servicio eléctrico, de las variables de facturación, veamos el siguiente razonamiento:

Sea:

$kVARH_{ANTERIOR}$: Energía Reactiva del registro anterior.

$kVARH_{ACTUAL}$: Energía Reactiva del registro actual.

$kWH_{ANTERIOR}$: Energía Activa del registro anterior.

kWH_{ACTUAL} : Energía Activa del registro actual.

$kVARH$: Energía Reactiva consumida en el período a facturar.

kWH : Energía Activa consumida en el período a facturar.

kW : Potencia instantánea máxima registrada.

$$kVARH = kVARH_{ANTERIOR} - kVARH_{ACTUAL} \quad (2.2)$$

$$kWH = kWH_{ANTERIOR} - kWH_{ACTUAL} \quad (2.3)$$

La potencia Aparente “S” en kVA viene definida como:

$$kVA = \frac{kW}{\cos(\phi)} \quad (2.4)$$

“Para llevar a cabo los cálculos se usa una abstracción matemática que no tiene validez física. Esta abstracción consiste en tomar los niveles de energía para usarlos como fasores el cual sabemos que es falso. Sin embargo se usa para definir el cargo por demanda y esta contemplado en la Gaceta Oficial N° 37415 del 3 de abril de 2002” (Ver anexo B).

$$\text{Tg}(\phi) = \left(\frac{kVARH}{kWH} \right); \quad (2.5)$$

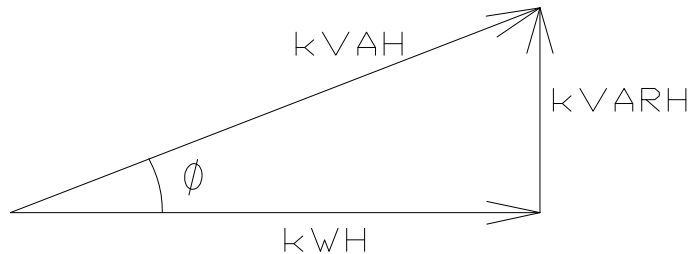


Fig. 2.2 -Diagrama fasorial de la energía Activa y Reactiva

$$\begin{aligned} \cos(\phi) &= \left(\frac{kWH}{\sqrt{(kVARH)^2 + (kWH)^2}} \right); \\ \cos(\phi) &= \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{kVARH}{kWH} \right)^2}} \right) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Sustituyendo la ecuación 2.6 en 2.4 tenemos:

$$kVA = kW * \sqrt{1 + \left(\frac{kVARH}{kWH} \right)^2} \quad (2.7)$$

Una vez calculados los KVA relacionados con los valores medidos, la facturación para el suscriptor vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$\boxed{F_{act} = K_{kVA} * kVA + K_E * kWH} \quad (2.8)$$

Las unidades de K_{kVA} y K_E son constantes que vienen dadas en $\frac{Bs}{kVA}$ y $\frac{Bs}{kWH}$ respectivamente, fijadas en la referida gaceta oficial y actualizaciones por costo de la energía.

2.3 CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN

Los alimentadores de tipo radial operan desde una sola fuente de suministro, pero se busca la manera de tener conexión a través de un seccionador, que normalmente está abierto para que en caso de falla esta sección del circuito fuera de servicio, pueda ser servida desde este interruptor el cual debe ser diseñado de forma tal que sea capaz de soportar la corriente de carga en el momento de reestablecer el circuito. Según el tipo de carga tenemos un procedimiento para hacer el cálculo de la caída de tensión.

2.3.1 CAÍDA DE TENSIÓN

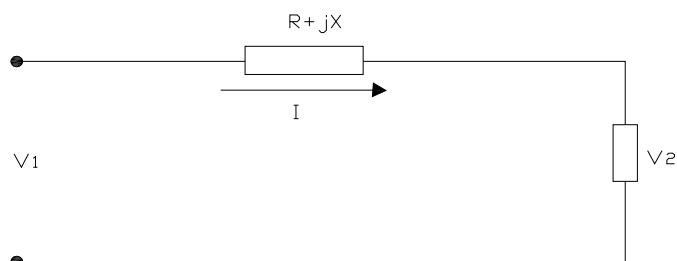


Fig. 2.3-Circuito equivalente de una línea corta.

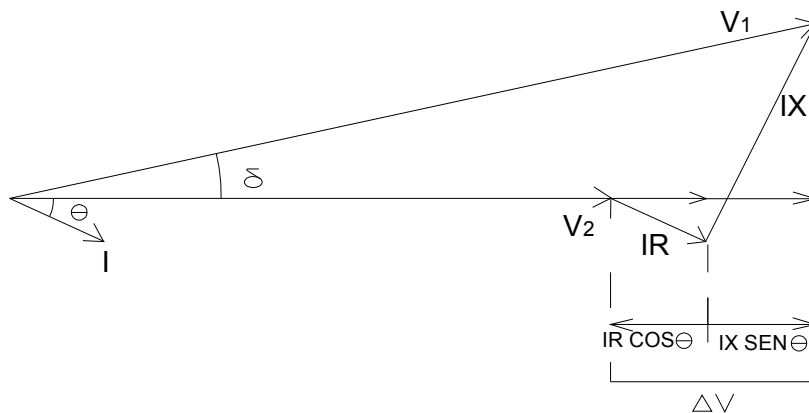


Fig. 2.4-Diagrama fasorial de una línea corta.

Considerando que en líneas cortas como lo son estos circuitos en sistemas de distribución, se desprecia la capacitancia de la línea, el diagrama fasorial queda como se indica en la figura 2.4. Del mismo se deduce que la caída de tensión de línea a neutro que está dada por:

$$\Delta V \cong (V_2 - V_1) = (IR * \cos \phi + IX * \sin \phi) = I(R * \cos \phi + IX * \sin \phi) \quad (2.9)$$

Tomando en cuenta que tanto “R” como “X” son función de la longitud del circuito quedan definidos así:

$$R = r L \quad X = x L \quad (2.10)$$

Reemplazando la ecuación (2.10) en (2.9), ésta quedará ahora:

$$\Delta V = IL * (r * \cos \phi + x * \sin \phi) \quad (2.11)$$

La cual podrá ser convertida como se muestra a continuación para calcular el porcentaje de caída de tensión

$$\boxed{\%V = \frac{kVA * (L)}{10 * (kV)^2} * (r \cos \phi + x \sin \phi)} \quad (2.12.a)$$

Para un calibre de conductor único la ecuación anterior puede definirse como

$$\boxed{\%V = K_D * kVA * (L)} \quad (2.12.b)$$

$$\boxed{K_D = \frac{(r \cos \phi + x \sin \phi)}{10 * (kV)^2}} \quad (2.13)$$

Donde:

- K_D : Constante que llamaremos “constante de distribución”.
- kVA : Son los kVA trifásicos correspondientes a cada tramo del troncal principal.
- L : Longitud de cada tramo (Km.).
- r : Resistencia del conductor ($\Omega/Km.$).
- x : Reactancia del conductor ($\Omega/Km.$).
- ϕ : Ángulo del factor de potencia visto desde el nodo 1.
- kV : Tensión nominal de línea a línea del circuito de distribución.

La caída de tensión en una línea con una carga puntual se define por la ecuación (2.12), si la carga es capacitiva pura $\text{Sen } \phi = -1$ y $\text{Cos } \phi = 0$, luego:

$$\%V = \frac{kVA * L}{10kV^2} * (0 * r + (-1) * x)$$

$$\%V = -\frac{kVA * L}{10kV^2} * x \quad (2.14)$$

En lugar de una caída de tensión, se tiene un alza de tensión proporcional a la reactancia total de la línea. Este efecto es conocido como **EFECTO FERRANTI**.

En el siguiente diagrama fasorial se representará un circuito sin carga en el cual la reactancia de la línea tiene un valor pequeño con respecto al de la resistencia y en su extremo un condensador conectado.

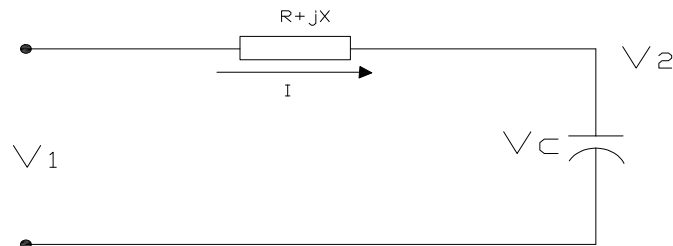


Fig. 2.5 – Circuito con capacitor y sin carga.

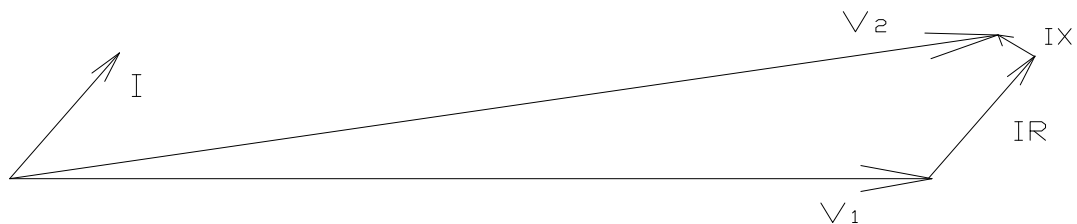


Fig.2.6 –Diagrama fasorial del circuito de la Fig. 2.4

Donde se puede observar que, $V_2 > V_1$.

Este efecto sugiere la posibilidad de utilizar capacitores como un medio para mejorar niveles de tensión y al mismo tiempo, cuando se utilizan como compensadores de energía reactiva, la precisión de la posibilidad de que se produzcan sobretensiones peligrosas.

2.3.2 COMPENSACIÓN SHUNT EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución está formada por líneas (o cables) y transformadores, su modelo es una impedancia (resistencia y reactancia inductiva en serie).

Las cargas son múltiples y variadas, pero podemos pensar que en esencia son cargas resistivas (iluminación incandescente) o resistivas e inductivas (motores), su conjunto visto desde la red se puede representar con un modelo simple de una resistencia que consume la potencia activa, y una reactancia que corresponde a la potencia reactiva.

Los capacitores en paralelo instalados en un circuito de distribución provocaran un aumento de voltaje desde el punto de ubicación del banco de capacitores hasta la fuente. Los capacitores entregan una corriente con factor de potencia adelantada y el efecto de esta corriente a través de la impedancia serie del circuito provoca un aumento de voltaje el cual se ve representado por el diagrama fasorial de la figura 2.7.

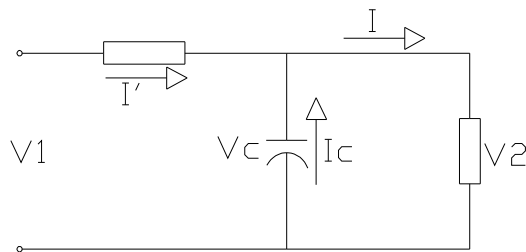


Fig. 2.7a -Circuito equivalente de una línea corta.

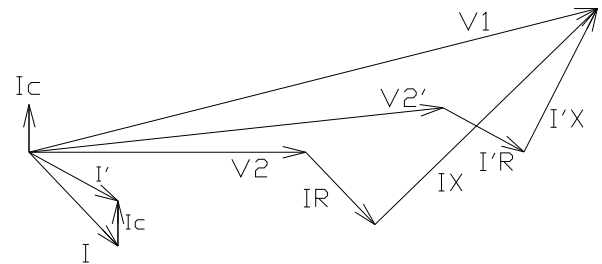


Fig. 2.7b -Diagrama fasorial de una línea corta con condensadores Shunt.

Partiendo del hecho de que la tensión en el extremo emisor $V1$ permanece constante, al instalar condensadores shunt en una línea, éstos entregan una corriente con factor de potencia adelantada lo cual hace que la corriente que circula por la línea que inicialmente era I cambie a I'

y por ende una vez instalados los mismos la tensión en el extremo receptor pasa a ser V_2' en vez de V_2 la cual se tenía en el extremo receptor para condiciones iniciales de la línea.

Con capacitores ubicados a lo largo del alimentador primario el perfil de voltaje en éste puede mantenerse relativamente plano y aumentarse en condiciones de mínima carga. La cantidad de potencia reactiva suministrada a la carga por los condensadores (CKVA) agregado a un alimentador depende de la distribución de la carga, calibre del conductor, factor de potencia de la carga y condiciones de voltaje.

2.3.3 CARGAS PUNTUALES

(Como lo son en la realidad todos los alimentadores):

- **Circuito con una sección uniforme del conductor**

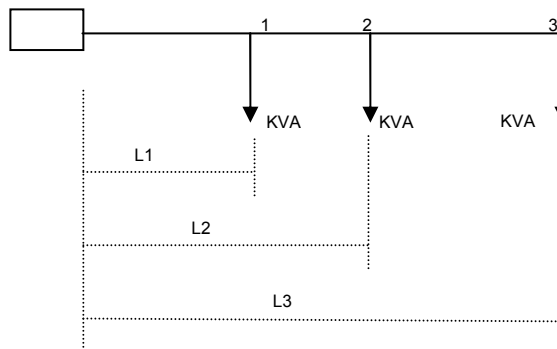


Fig. 2.8-Circuito con sección uniforme del conductor.

Tenemos que la caída total de tensión es:

$$V_{0-3} = V_{0-1} + V_{1-2} + V_{2-3} \quad (2.15)$$

De donde:

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= K_D * (kVA_1 + kVA_2 + kVA_3) * L_1 \\ V_{1-2} &= K_D * (kVA_1 + kVA_2) * (L_2 - L_1) \\ V_{2-3} &= K_D * (kVA_3) * (L_3 - L_2) \end{aligned} \quad (2.16)$$

En caso general:

$$\boxed{\%V = K_D * \sum_{i=1}^n (kVA_i * L_i)} \quad (2.17)$$

- **Circuito con secciones de distintos calibres de conductor**

En este caso la caída es calculada como la suma de las caídas parciales. Refiriéndonos al mismo ejemplo anterior, tenemos:

$$\Delta V_{0-n} \% = K_3 * (kVA_3 * l_3) + K_2 * (kVA_2 + kVA_3) * l_2 + K_1 (kVA_1 + kVA_2 + kVA_3) * l_1 \quad (2.18)$$

En caso general:

$$\boxed{\Delta V_{0-n} = \sum_{i=1}^n K_i * kVA_n^i * l_i} \quad (2.19)$$

Donde kVA_n^i es la suma parcial de las cargas desde el extremo n al nodo i, y los valores de l_i y K_i son la distancia y la constante K del tramo i.

2.4 DETERMINACIÓN DEL TRONCAL PRINCIPAL

Uno de los problemas de los sistemas de distribución, es la caída de tensión existente sobre todo hacia los puntos más alejados de las subestaciones. Conectando condensadores shunt a

lo largo del sistema de distribución se puede mejorar la caída de tensión, disminuir las pérdidas del sistema y liberar la capacidad del mismo.

Como manera de ejemplo se mostrará a continuación un pequeño sistema de distribución tan solo para explicar los fundamentos básicos y justificar la instalación de condensadores shunt en estos sistemas de distribución.

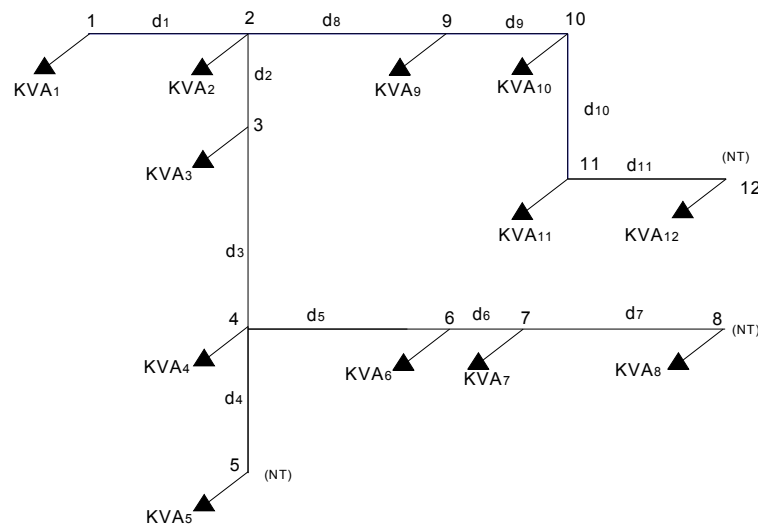


Fig. 2.9-Circuito de distribución.

Donde:

i : nodos ($i=1,2,\dots,12$)

d_i : distancia en metros ($d_i=d_1,d_2,\dots,d_{11}$)

NT : nodos terminales

Como se observa en la figura 2.9 existen 12 nodos donde cada uno representa una carga expresada en kVA, el nodo 1 representa el de la subestación. Para fines de estudio se partirá de la siguiente premisa:

Determinar los kVAL (kVA-mts) de cada uno de los troncales existentes en el sistema estudiado y se tomará como troncal principal el de mayor kVAL ya que ese es el que posee mayor caída de tensión. En el sistema de distribución habrán tantos troncales como nodos

terminales tenga el mismo, ya que un troncal es el camino existente desde el nodo terminar hasta el alimentador, en el caso específico de la figura 2.9 hay tres troncales.

Determinación de los kVAL de los troncales

- Troncal 1:

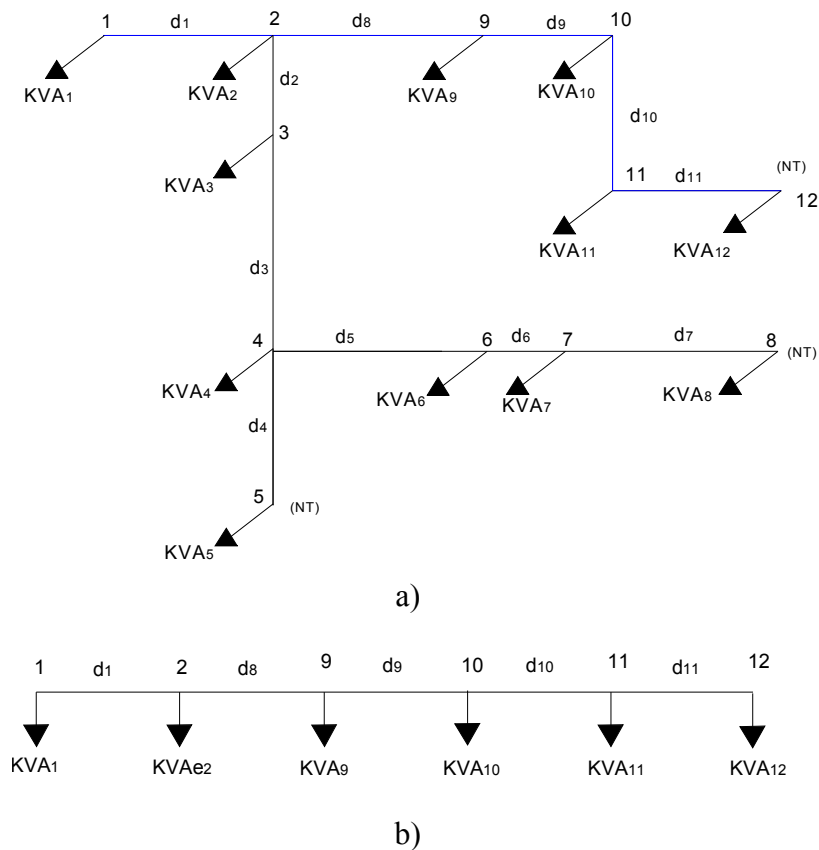


Fig. 2.10-Troncal 1.

Las distancias existentes entre los nodos no son iguales, pero para efectos pedagógicos y de simplificación en las figuras se presentaran como que si las distancias fuesen las mismas.

Donde:

$$kVA_{e2} = kVA_2 + kVA_3 + kVA_4 + kVA_5 + kVA_6 + kVA_7 + kVA_8 \quad (2.20)$$

Los kVAL del troncal 1 se obtienen de la siguiente manera:

$$kVAL=(kVA_{1-2})*d_1+ (kVA_{2-9})*d_8+ (kVA_{9-10})*d_9+ (kVA_{10-11})*d_{10}+ (kVA_{11-12})*d_{11} \quad (2.21)$$

Donde : $kVA_{1-2}=kVA_{e2}+kVA_9+kVA_{10}+kVA_{11}+kVA_{12}$

$$kVA_{2-9}=kVA_9+kVA_{10}+kVA_{11}+kVA_{12}$$

$$kVA_{9-10}=kVA_{10}+kVA_{11}+kVA_{12} \quad (2.22)$$

$$kVA_{10-11}=kVA_{11}+kVA_{12}$$

$$kVA_{11-12}=kVA_{12}$$

- Troncal 2:

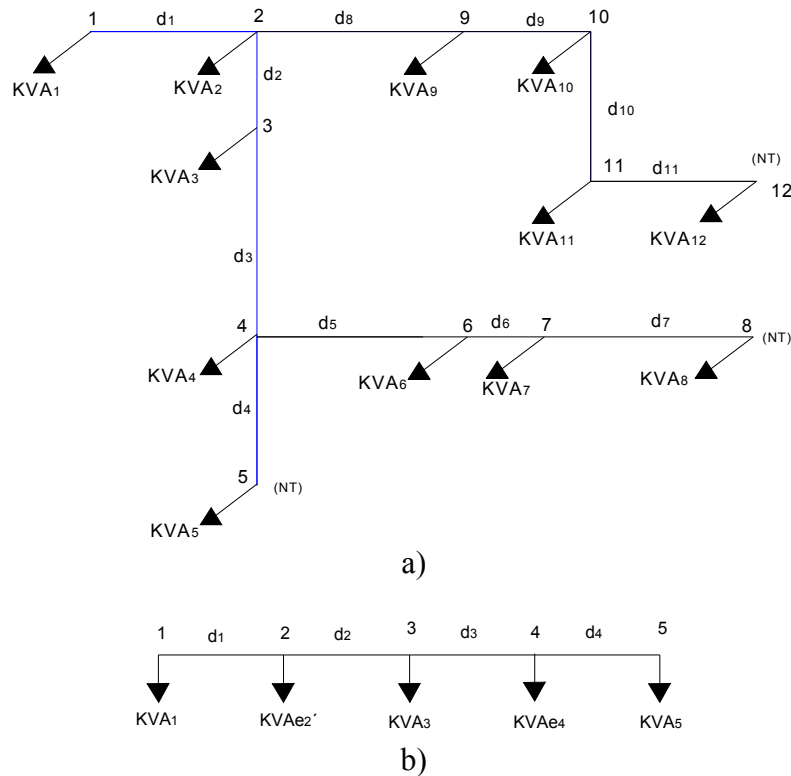


Fig. 2.11-Troncal 2.

Donde:

$$kVA_{e2}'=kVA_2+kVA_9+kVA_{10}+kVA_{11}+kVA_{12} \quad (2.23)$$

$$kVA_{e4}=kVA_4+kVA_6+kVA_7+kVA_8 \quad (2.24)$$

Los kVAL del troncal 2 se obtienen de la siguiente manera:

$$kVAL=(kVA_{1-2})*d_1+ (kVA_{2-3})*d_2+ (kVA_{3-4})*d_3+ (kVA_{4-5})*d_4 \quad (2.25)$$

Donde:

$$kVA_{1-2}=kVA_{e2}'+kVA_3+kVA_{e4}+kVA_5$$

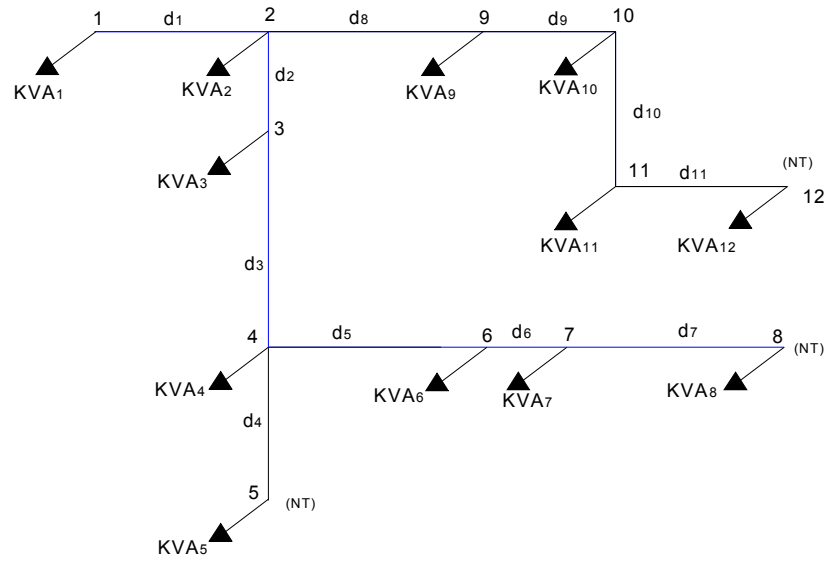
$$kVA_{2-3} = kVA_3 + kVA_{e4} + kVA_5$$

$$kVA_{3-4} = kVA_{e4} + kVA_5$$

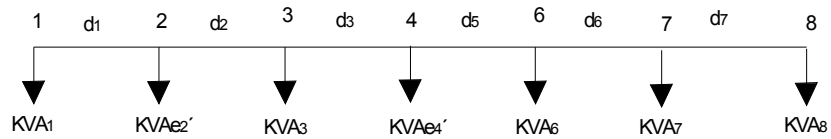
$$kVA_{4-5} = kVA_5$$

(2.26)

- Troncal 3:



a)



b)

Fig. 2.12-Troncal 3.

Donde:

$$kVA_{e2'} = kVA_2 + kVA_9 + kVA_{10} + kVA_{11} + kVA_{12}$$

(2.27)

$$kVA_{e4'} = kVA_4 + kVA_5$$

(2.28)

Los kVAL del troncal 3 se obtienen de la siguiente manera:

$$kVAL = (kVA_{1-2}) * d_1 + (kVA_{2-3}) * d_2 + (kVA_{3-4}) * d_3 + (kVA_{4-6}) * d_5 + (kVA_{6-7}) * d_6 + (kVA_{7-8}) * d_7 \dots \quad (2.29)$$

Donde:

$$\begin{aligned} kVA_{1-2} &= kVA_{e2'} + kVA_3 + kVA_{e4'} + kVA_6 + kVA_7 + kVA_8 \\ kVA_{2-3} &= kVA_3 + kVA_{e4'} + kVA_6 + kVA_7 + kVA_8 \\ kVA_{3-4} &= kVA_{e4'} + kVA_6 + kVA_7 + kVA_8 \\ kVA_{4-6} &= kVA_6 + kVA_7 + kVA_8 \\ kVA_{6-7} &= kVA_7 + kVA_8 \\ kVA_{7-8} &= kVA_8 \end{aligned} \quad (2.30)$$

Como habrá notado los kVA del nodo 1 no entran en juego para determinar los kVAL de los troncales, por lo tanto no son empleados para tal fin.

2.4.1 INSTALACIÓN DE CONDENSADORES

Supongamos que el troncal principal es el troncal 2, y que su perfil de potencia reactiva es aproximadamente al de la figura 2.12.

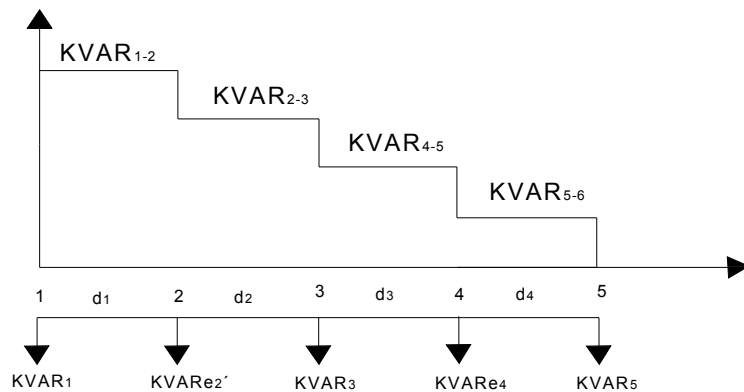


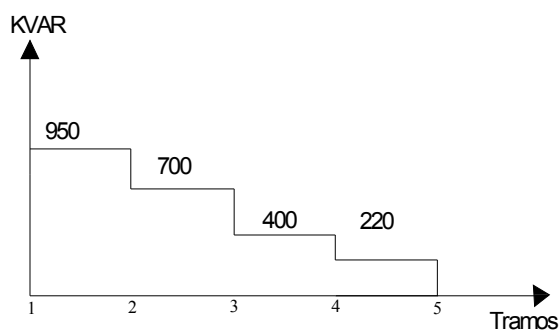
Fig. 2.13-Perfil de kVAR del troncal principal.

Los kVAR se determinan con el factor de potencia visto desde el nodo 1, así como también con el factor de servicio calculado desde dicho nodo.

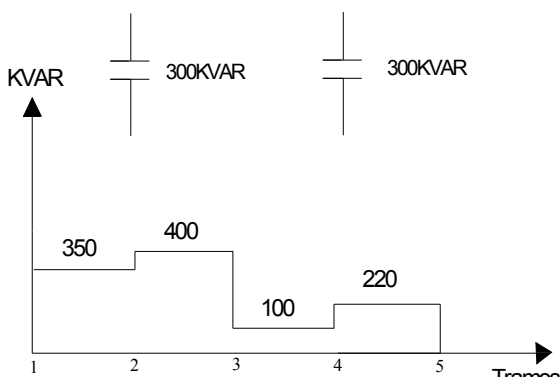
Para realizar este estudio partiremos de que todo circuito posee el mismo factor de utilización que se obtiene de la salida del alimentador o nodo 1.

Una vez obtenido el perfil de potencia reactiva del troncal principal, tanto para máxima como para mínima carga se procede a ubicar condensadores en los nodos que lo requieran para disminuir las corrientes reactivas que circulan a través de las líneas. Para explicar mejor esto se tomará la figura 2.13 y se le darán valores (figura 2.14).

Los condensadores se deben ubicar en los puntos mas adecuados y con las capacidades mas adecuadas de tal manera que se compense efectivamente, disminuyendo las pérdidas a lo largo del sistema de distribución y reduciendo la caída de tensión del mismo sin llegar a sobrecompensar lo cual puede traer como consecuencia que se produzcan sobretensiones.



a)



b)

Fig. 2.14- Perfil de kVAR del troncal principal para máxima carga.

Continuando con el ejemplo de la figura 2.14, el perfil de potencia reactiva inicial para máxima carga es el mostrado por la figura 2.14-a, la idea de compensar en sistemas de distribución es ir ubicando bancos de condensadores en los nodos adecuados y de esta manera reducir en lo posible la potencia reactiva que circula en los tramos, por ejemplo si en los nodos 2 y 4 de la figura 2.14-a se ubican bancos de condensadores de 300 kVAR c/u el perfil de potencia reactiva resultante será muy parecido al obtenido en la figura 2.14-b, se puede observar que la potencia reactiva que circula entre los nodos 3 y 4 bajo a 100 kVAR en la misma proporción disminuyeron también la potencia reactiva que anteceden a éste tramo, de igual manera podemos apreciar que los kVAR que circulaban entre los nodos 1 y 2 disminuyeron en 600 kVAR debido a los bancos de condensadores ubicados en los nodos 4 y 2. Cada vez que se instala un banco de condensadores se deben determinar las pérdidas I^2R en cada una de los tramos del troncal

principal igual que la caída de tensión en cada uno de los nodos de la misma y de esta manera verificar en cuanto mejoran estos valores, es decir al ir simulando con los condensadores los perfiles de potencia reactiva, se determinan las pérdidas I^2R (antes y después de la instalación de los condensadores) así como también la caída de tensión en cada uno de los nodos del troncal principal. Es bueno recalcar que existen momentos de mínima carga muy importantes a la hora de compensar pues bien si se compensa tomando en cuenta solamente máxima carga, puede darse el caso que se produzcan sobretensiones con consecuencias severas para la red y los usuarios.

Si se instalan en el troncal principal del sistema de distribución los bancos de condensadores tales como muestra en la figura 2.14-b, el resultado o perfil de potencia reactiva final para mínima carga será la figura 2.15-b, siempre y cuando el perfil de potencia reactiva inicial del troncal principal para mínima carga sea el señalado por la figura 2.15-a, como se observa en la figura 2.14-b, la potencia reactiva entre los nodos 3 y 4 es negativa lo cual se puede interpretar de la siguiente manera:

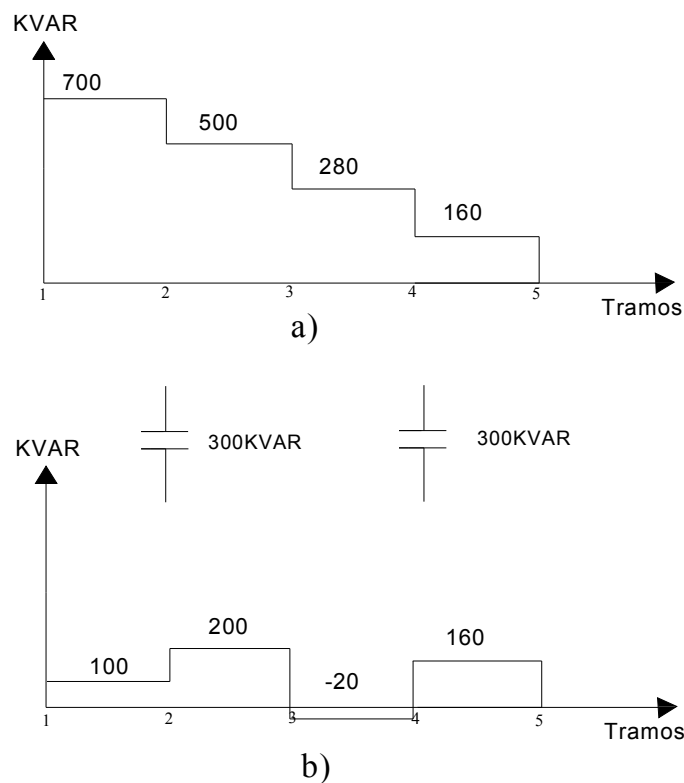


Fig. 2.15- Perfil de kVAR del troncal principal para mínima carga.

Si se sobrecompensa la corriente (I) que circula en un tramo se hace capacitiva obteniéndose como resultado el mostrado en la figura 2.5 mostrada anteriormente, lo cual hace que la tensión en el extremo receptor pueda alcanzar una mayor magnitud que la del extremo emisor. Refiriéndose al ejemplo de la figura 2.14 si se coloca el banco de condensadores de 300 kVAR en el nodo 4 la corriente que circula entre los nodos 3 y 4 se hace capacitiva.

Puede verse que cuando la carga adquiere valores mínimos en algunos puntos de la red dominará la potencia capacitiva, siendo necesario calcular los niveles de sobretensión.

2.4.2 PÉRDIDAS

A continuación se hace referencia a las expresiones utilizadas para el cálculo de pérdidas al igual que las caídas de tensiones en el circuito del troncal principal.

$$\text{Pérdidas} = 3 * I^2 * r * L \quad (2.31)$$

Donde:

I: corriente de línea correspondiente a cada tramo.

r: resistencia del conductor (Ω/Km).

L: longitud del Tramo en Km.

$$I = \frac{kVA}{\sqrt{3} * kV} \quad (2.32)$$

Donde:

kVA: es la potencia trifásica que circula por cada tramo del troncal principal.

kV: tensión nominal de línea a línea del sistema.

$$kVA = \sqrt{(kW)^2 + (kVAR)^2} \quad (2.33)$$

Donde:

kW: potencia activa trifásica que circula por cada tramo de la tramo de la troncal principal.

kVAR: potencia reactiva trifásica que circula por cada tramo de la tramo de la troncal principal.

Las pérdidas en kWh, se determinan de la siguiente manera:

$$\boxed{\text{Pérdidas totales} = E_{M\acute{A}X} * F_{p\acute{e}rd}} \quad (2.34); \quad E_{M\acute{A}X} = P_{M\acute{A}X} * t \quad (2.35)$$

$$\text{Europa} \quad F_{p\acute{e}rd} = 0.4 * F_c + 0.6 * (F_c)^2 \quad [1] \quad (2.36) \quad F_c = \frac{\int_0^t P(t) dt}{P_{M\acute{A}X} * t} \quad (2.37)$$

$$\text{América} \quad F_{p\acute{e}rd} = 0.3 * F_c + 0.7 * (F_c)^2 \quad [2]$$

Donde:

[1], [2]: Sistemas de de Distribución, Prof. Naranjo.

$F_{p\acute{e}rd}$ = Factor de pérdidas.

$P_{M\acute{A}X}$ = Pérdidas máximas.

F_c = Factor de carga.

T = tiempo.

2.5 TRANSITORIO

La inserción de capacitores causa fenómenos transitorios en la red eléctrica. Al insertar un banco de condensadores, éste se encuentra descargado, si la tensión es nula el banco se carga a la frecuencia de red, si en cambio se presenta la tensión máxima (en el sistema trifásico esto puede ocurrir en una fase) aparece un transitorio con elevado pico y frecuencia regulada por en circuito LC (red capacitor).

El transitorio de corriente que carga el banco, genera un transitorio de tensión en la red que alimenta otras cargas, y eventualmente otros bancos, pudiendo observarse sobrecorrientes y distorsiones asociadas.

Un transitorio particularmente importante es cuando se inserta un banco próximo a otro en servicio, aparece en este caso una corriente de gran amplitud entre los bancos, y para contener esta corriente es necesario instalar reactores (de choque) de cierta impedancia.

La figura 2.15 muestra un circuito RLC, donde “C” representa el banco de condensadores que es insertado en la red eléctrica.

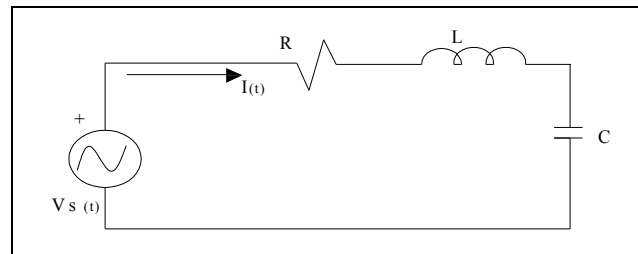


Fig. 2.16-Circuito RLC serie.

La sumatoria de tensiones en el circuito luego de estar en operación el banco de condensadores es la representada por la ecuación 2.35

$$Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(t) dt = V_s(t) \quad (2.35)$$

La solución de la ecuación 2.35 es la siguiente

$$\begin{aligned} V_n(t) &= V_s + A_1 \text{Exp}(S_1 t) + A_2 \text{Exp}(S_2 t) && (\text{Subamortiguado } \alpha < \omega_0) \\ V_n(t) &= V_s + (A_1 + A_2 t) \text{Exp}(-\alpha t) && (\text{Críticamente amortiguado } \alpha = \omega_0) \\ V_n(t) &= V_s + (A_1 \text{Cos } \omega t + A_2 \text{Sen } \omega t) \text{Exp}(-\alpha t) && (\text{Sobreamortiguado } \alpha > \omega_0) \end{aligned} \quad (2.36)$$

Donde: $\alpha = \frac{R}{2L}$; $\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{LC}}$

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Tomando en consideración el texto “Normas Para la Elaboración y Presentación de Trabajos de Grado, Especialización, Maestría y Tesis Doctorales“, de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador; se puede calificar este trabajo de investigación como un **trabajo de campo**. En este texto se expone lo siguiente:

“Se entiende por investigación de campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de desarrollo...”

Es un proyecto **factible** debido a que establece en que consiste la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de una empresa local. La factibilidad es tangible ya que se cuenta con el equipamiento necesario y los datos para realizar cálculos y así hacer posible la instalación de bancos de condensadores; además existe disposición por parte del personal de la empresa para llevar a cabo la ejecución de éste proyecto.

De tipo **experimental** debido a que los datos son recolectados, a través de equipos de medición de parámetros eléctricos; estas mediciones se realizan en redes de distribución para su manipulación topológica, y conocer de esta manera la demanda de energía requerida por los suscriptores.

También se ubica este trabajo como una investigación **proyactiva**, ya que conduce a un diseño dirigido a cubrir una necesidad existente en los sistemas de distribución de media tensión en Venezuela. Al respecto se considera que a través de la investigación proyectiva se es capaz de realizar mejoras a situaciones existentes. Este tipo de investigación se enfoca en el como podrían o deberían ser las cosas, en términos de necesidades, preferencias o decisiones de ciertos grupos de personas.

Barrueta de Hurtado, J. (1998; pg: 311), ubica como proyectivas todas aquellas investigaciones que conducen a inventos, a programas, a diseños o a creaciones dirigidas a cubrir una determinada necesidad y basadas en conocimientos anteriores.

Hernández, Fernández y Baptista (2003; pg: 117) en su libro titulado Metodología de la Investigación, plantean este tipo de trabajo como un estudio **descriptivo**, el cual conceptualizan como los que miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Esta medición debe ostentar la mayor precisión posible. El investigador debe definir que se va a medir y como lograr la precisión de esta medición

3.2 ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Este Trabajo Especial de Grado es desarrollado dentro de las localidades que alcanza la empresa ELEVAl y se enfoca en la red que sea seleccionada por parte de la dicha empresa.

3.3 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Revisión bibliográfica a través de trabajos de grado relacionados en la materia, para ello se harán consultas en las bibliotecas de la Universidad de Carabobo (U.C.); de igual manera aclaratorias con el profesor tutor.
- A través de artículos publicados en Internet, en revistas especializadas, y otros.

- Consultas con los ingenieros de la empresa ELEVAL encargados en el área de distribución.

3.4 ACTIVIDADES REALIZADAS

Para lograr el objetivo del proyecto, la investigación se dividió en varias fases:

FASE I:

3.4.1 UBICACIÓN DE BANCOS DE CONDENSADORES

Razonando sobre las pérdidas, surge la tentación de distribuir capacitores asociados a cada carga, solución que implica mal aprovechamiento de la potencia capacitiva que se instala. El otro extremo del razonamiento es concentrar la potencia necesaria (que detecta la medición de energía) en un único punto de la red, razones técnicas lo individualizan próximo a la mayor carga que se encuentre conectada a la red. Entre ambas situaciones se pueden encontrar soluciones intermedias con ventajas, como puede ser en un punto intermedio o final de cada alimentador (con cargas distribuidas o concentradas al final de la línea), o bancos puntuales intermedios en la red.

3.4.2 METODOLOGÍA PARA LA COLOCACIÓN DE BANCOS DE CONDENSADORES

Se realiza un análisis previo de las condiciones de una línea y se determina o establece si existe la necesidad de una mejora del factor de potencia o de la regulación del alimentador.

La evaluación de esta problemática debe ser el resultado de una serie de mediciones que para nuestro caso deben seguir el siguiente patrón:

3.4.3.1 CAPTURA DE REGISTROS DE VARIABLES ELÉCTRICAS

Esta se realiza a través de un equipo registrador de variables eléctricas (analizador de energía) que captura la forma de onda de tensión y corriente. Las variables eléctricas registradas son: corriente en las fases A, B y C, voltaje entre dichas fases, factor de potencia total, demanda de potencia activa, reactiva y aparente, distorsión total de armónicos de corriente en las fases A, B y C, distorsión total de armónicos de voltaje entre dichas fases, armónicos individuales de tensión, así como la energía activa y reactiva. Estas mediciones se efectúan a la salida del alimentador y se recomienda también en un punto cercano a la ubicación futura del banco de condensadores (de tener idea aproximada de dicha ubicación). Así mismo se realizan durante un ciclo de carga de al menos 7 días de duración, que incluya un día útil normal, un sábado típico y un día domingo.

3.4.3.2 SIMULACIÓN DE LA RED A CARGA MÁXIMA Y MÍNIMA

Con un programa digital (*REACTIVO UC* para nuestro caso), se realizará la simulación de la red por disminución de pérdidas técnicas sin bancos de condensadores, donde se obtendrán valores de las variables eléctricas, tales como: porcentaje de caída de tensión de cada nodo, corrientes, consumo de reactivos y factor de potencia.

Una vez obtenidos estos valores a lo largo de la red para las condiciones máximas y mínimas, podemos graficar las curvas: $kVAR$ Vs distancia (KVAR. Vs d), kW Vs d, kV Vs d, entre otras.

3.4.3.3 DEFINIR LOS PARÁMETROS QUE REGIRÁN LA UBICACIÓN DE LOS CONDENSADORES

Establecemos parámetros límites para la determinación de la aplicación de medidas para el mejoramiento de las condiciones técnicas de operación del alimentador. “Estos parámetros

dependen de criterios propios del diseñador y normas establecidas por códigos o reglamentos internos, entre ellos la norma IEEE-519”

Parámetros a considerar:

Tabla 3.1-Parámetros de diseño para ubicación de condensadores.

PARAMETRO	VALOR
Porcentaje máximo de caída de tensión	5%
Factor de potencia	0,95-1
kVAR máximos tolerables que circularan por un tramo del alimentador	(Depende del calibre del conductor y del criterio del usuario)

Se debe realizar una comparación entre los valores establecidos en la tabla 3.1 (estos pueden ser cargados a una base de datos en el computador con el objeto de facilitar el calculo mediante la simulación), y los datos medidos en el registrador, así también con los obtenidos en la simulación para realizar la evaluación correspondiente y emitir juicios acerca de los resultados.

El evaluador de las condiciones de la línea está en la potestad de decidir, de acuerdo con los resultados obtenidos, la necesidad de la implementación de una compensación reactiva de la red.

Si los resultados de las mediciones dan como resultado un fallo del evaluador de no compensar, se recomienda observar el crecimiento de las cargas en esa línea y una constante supervisión para evitar problemas de caídas de tensión y bajo factor de potencia a futuro.

Una vez que se decide o considera que un alimentador requiere ser compensado se seguirá el siguiente procedimiento.

3.4.3.4 DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN DE BANCOS DE CONDENSADORES FIJOS

Estas se realizarán mediante la propuesta obtenida a través de un software, en función de reducción de pérdidas técnicas y perfil de voltaje óptimo, cumpliendo con los parámetros establecidos en la tabla 3.1.

Para dicha determinación el software usará el procedimiento y modelación matemática contemplada a lo largo de este capítulo.

Los kVAR se determinan con el factor de potencia visto desde el nodo1, así como también con el factor de servicio calculado desde dicho nodo. Para realizar este estudio partiremos de que todo circuito se comporta según las mediciones hechas en el nodo1 tanto para máxima como para mínima carga, dicho de otra manera para cada tramo de la troncal principal se le hace lo siguiente:

$$kVAR_{i_{MIN}} = (kVA_i) \times (SEN\phi_{MIN}) \times \left(\frac{kVA_{MIN1}}{kVA_1} \right) \quad (3.1)$$

Donde:

i : Nodo final para el tramo correspondiente.

$kVAR_{i_{MIN}}$: Potencia reactiva mínima en el nodo i .

kVA_i : Son los kVA trifásicos correspondientes a cada tramo.

ϕ_{min} : Es el ángulo del factor de potencia visto desde 1 para mínima carga.

kVA_{min} : Mínima lectura de kVA vista desde el nodo 1.

kVA_1 : Capacidad trifásica instalada en todo el circuito.

3.4.3.5 CONDENSADORES TIPO CONTROLABLE

Si la instalación de los bancos de condensadores fijos no satisface los requerimientos que nos impone la red de distribución, debido a una gran variación de energía reactiva entre los niveles mínimos y máximos del mismo, entonces debemos pensar en un tipo de compensación que pueda ser variante con el tiempo, o mejor aun que varíe con la necesidad que se tenga en ese momento.

Los condensadores del tipo controlable son unidades capacitivas de las mismas características que las del tipo fijo, variando en lo que corresponde a su energización/desenergización a la red de distribución, la cual es controlada por un mecanismo o caja de control, con una lógica de programación, de acuerdo a un algoritmo de interrupción que incluye parámetros del tipo eléctrico (voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia y voltaje con corrección), atmosférico (temperatura) y de tiempo (día de semana y fecha).

3.4.4 PROCEDIMIENTO PARA LA UBICACIÓN DE CONDENSADORES DE TIPO CONTROLABLES EN LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN

Para el cálculo o determinación de los bancos de condensadores de tipo controlable sobre la red de distribución, partimos de igual forma, de los registros dados por el analizador de energía colocado en la salida del alimentador.

De igual manera que para carga mínima a cada tramo de la troncal principal se le hace el mismo procedimiento:

$$\boxed{KVAR_{iMAX} = (KVA_i) \times (SEN\phi_{MAX}) \times \left(\frac{KVA_{MAX1}}{KVA_1} \right)} \quad (3.2)$$

Donde:

$KVAR_{iMIN}$: Potencia reactiva máxima en el nodo i .

ϕ_{max} : Es el ángulo del factor de potencia visto desde 1 para máxima carga.

kVA_{max} : Máxima lectura de KVA vista desde el nodo 1.

3.4.5 CONEXIÓN DE CONDENSADORES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.

En el caso de esta investigación, es sistemas de distribución de tres hilos, se empleará la **conexión en estrella con neutro flotante** (ver figura 3.1).

La razón fundamental de la colocación del banco de condensadores en configuración de estrella con neutro flotante radica en la continuidad del servicio en caso de que una de las unidades capacitivas se cortocircuite. La configuración estrella es también la alternativa más económica debido a que por las condiciones de voltaje del alimentador, los precios de dichos condensadores resultan mas económicos con una tensión igual a la tensión de fase.

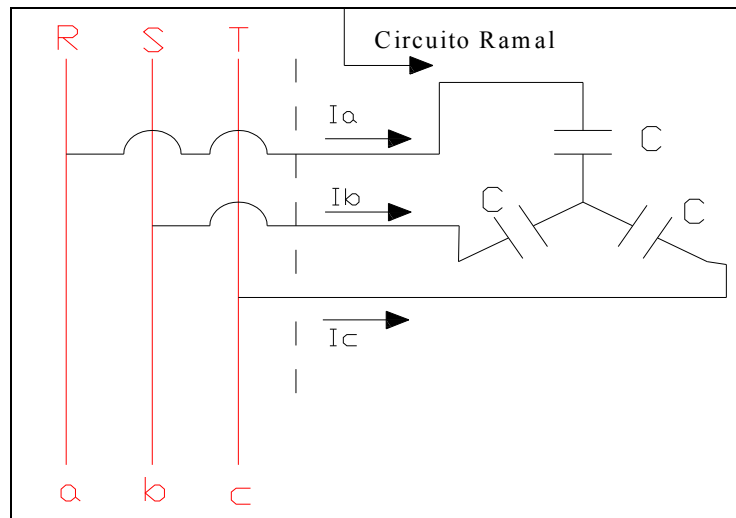


Fig.3.1-Conexión del banco de condensadores para media tensión.

Con respecto a las tensiones, cada unidad capacitiva esta recibiendo una tensión de:

$$\frac{V_L}{\sqrt{3}} = V_{ao} = V_{bo} = V_{co} \quad (3.3)$$

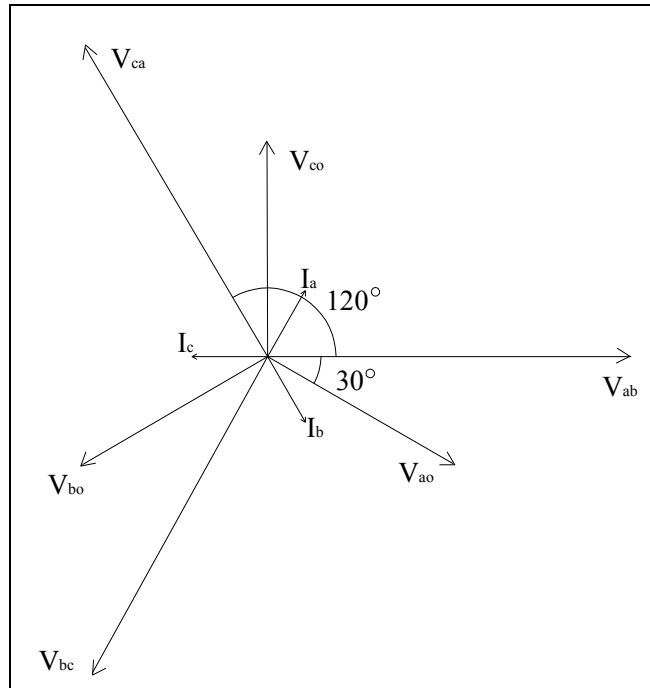


Fig. 3.2 –Diagrama fasorial de tensiones aplicadas a los condensadores.

Las expresiones de corrientes vienen dadas:

$$I_a = \frac{V_{ao}}{X_c} = V_{ao} * \omega C = 2\pi f C * V_{ao} \quad (3.4);$$

$$|I_a| = |I_b| = |I_c| \quad (3.5);$$

Con una potencia trifásica de:

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} * V_L * I_L \quad (3.6);$$

Con la conexión de la Fig. 3.1 se poseen las siguientes particularidades:

- A. Se reducen las corrientes de armónicos.
- B. No representan un camino de baja impedancia para corrientes armónicas de alta frecuencia.

C. Al cortocircuitarse una de las unidades capacitivas (régimen permanente) se produce:

- 1 Sobreensiones en las fases no falladas igual a 173 %.
- 2 Corrientes en condensadores sanos igual a tres (3) veces la corriente de fase nominal.

Si se cortocircuita una de las unidades capacitivas: Ej: el de la fase “a”

Debido a que no hay conexión del neutro con tierra podemos decir:

$$\overline{I_a} + \overline{I_b} + \overline{I_c} = 0; \quad (3.7)$$

$$\overline{I_b} = \frac{\overline{V_{ba}}}{X_c} \quad \overline{I_c} = \frac{\overline{V_{ca}}}{X_c}; \quad (3.8)$$

$$\overline{I_a} + (j) * \left(\frac{-\overline{V_{ab}}}{|X_c|} \right) + (j) * \left(\frac{\overline{V_{ca}}}{|X_c|} \right) = 0 \quad \overline{I_a} = \frac{(-j)(\overline{V_{ca}} - \overline{V_{ab}})}{|X_c|}$$

$$\overline{I_a} = \frac{V_{ca}}{|X_c|} \angle(-90^\circ + 120^\circ) - \frac{V_{ab}}{|X_c|} \angle(-90^\circ) \quad (3.9)$$

$$\text{Pero: } V_{ca} = V_{cb} = V_{ba} = V_L \quad (3.10)$$

$$\overline{I_a} = \frac{V_L}{|X_c|} [1 \angle(30^\circ) - 1 \angle(90^\circ)]; \quad \overline{I_a} = \sqrt{3} * \frac{V_L}{|X_c|} \angle(60^\circ) = 3 * \frac{V_{ao}}{|X_c|} \angle(60^\circ)$$

$$\boxed{I_a = 3 * \frac{V_{ao}}{|X_c|}} \quad (3.11)$$

Tabla 3.2- Condición de corriente en el condensador.

I en condensadores sanos	I en condensadores cc.
$I_L = \frac{V_{fase}}{ X_c }$	$I_L = 3 * \frac{V_{fase}}{ X_c }$

Con respecto a las tensiones es fácil darse cuenta que las unidades sanas quedan con una tensión línea-línea, resultando un incremento en la tensión de $\sqrt{3}$ veces (173%) la anterior.

D. Si falla una unidad quedando a tierra el equipo la tensión aplicada a cada unidad es de $\frac{kV}{\sqrt{3}}$.

E. Si actúa un fusible sin que falle la unidad o no quede aterrada la tensión aplicada es de $\frac{kV}{2}$.

Si se acciona un fusible de alguna unidad monofásica: Ej: el de la fase “a”

$$\overline{I_b} = -\overline{I_c}; \quad (3.12)$$

$$\overline{I_b} = \frac{\overline{V_{bc}}}{2 * X_c} = \frac{V_L}{2 * |X_c|} \angle (-120 + 90) \quad \overline{I_b} = \frac{V_L}{2 * |X_c|} \angle (-30) \quad (3.13)$$

$$I_b = I_c = \frac{V_L}{2 * |X_c|} \quad (3.14)$$

$$I_b = I_c = \frac{\sqrt{3}}{2} * \frac{V_{bo}}{|X_c|} \quad (3.15)$$

Lo que nos da aproximadamente una disminución de la corriente en las unidades sanas de $87\% \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$ de la corriente en operación normal.

La tensión aplicada a cada unidad como resultado de accionarse un fusible sería la mitad de la tensión línea-línea ya que las unidades monofásicas tienen la misma reactancia.

$\frac{1}{2} * V_L = \frac{1}{2} * \sqrt{3} * V_{ao} \text{ ---- } > 87\%$ de la tensión aplicada en condiciones normales de operación.

La potencia resultante de la nueva corriente y tensión es:

$$S_{c/unid.} = \left[\frac{\sqrt{3}}{2} * V_{ao} * \frac{\sqrt{3}}{2} * I_{b(INICIAL)} \right] \text{-----} > \frac{3}{4} \text{ de la potencia total por cada condensador}$$

del banco. Es decir antes la potencia total era $3 * S_{c/unid.}$ y ahora será:

$$\frac{3}{4} * S_{c/unid.} + \frac{3}{4} * S_{c/unid.} = \frac{3}{2} * S_{c/unid.} \text{ lo que quiere decir que la potencia total se redujo a la}$$

mitad.

$$S_{3\phi} = 2 * S_{TOTAL \text{ s / fusible}}$$

En palabras esto significa que la falla de una unidad de condensadores indica que actuará la protección de la fase fallada y los condensadores restantes proporcionaran el 50% de la potencia del banco de condensadores.

FASE II:

Se desarrollará un software para la ubicación de condensadores empleando una metodología heurística, tomando para tal fin como condición primordial las pérdidas técnicas y la caída de tensión.

FASE III:

Se seleccionará una de las redes de distribución de 13.8 kV de la empresa ELEVAL que requiera una mejora del factor de potencia, para ello se tomará en cuenta que en el sistema de distribución de energía eléctrica que posee la empresa ELEVAL existen numerosas opciones para la ubicación de bancos de condensadores técnicamente factibles, por lo que se hace necesario realizar un estudio del sistema de potencia, en el cual se analice con criterios económicos, ambientales y de ingeniería cada una de las opciones planteadas, visualizando de esta manera las

ventajas y desventajas de cada opción de posible ubicación, para finalmente seleccionar la más adecuada para la línea en estudio.

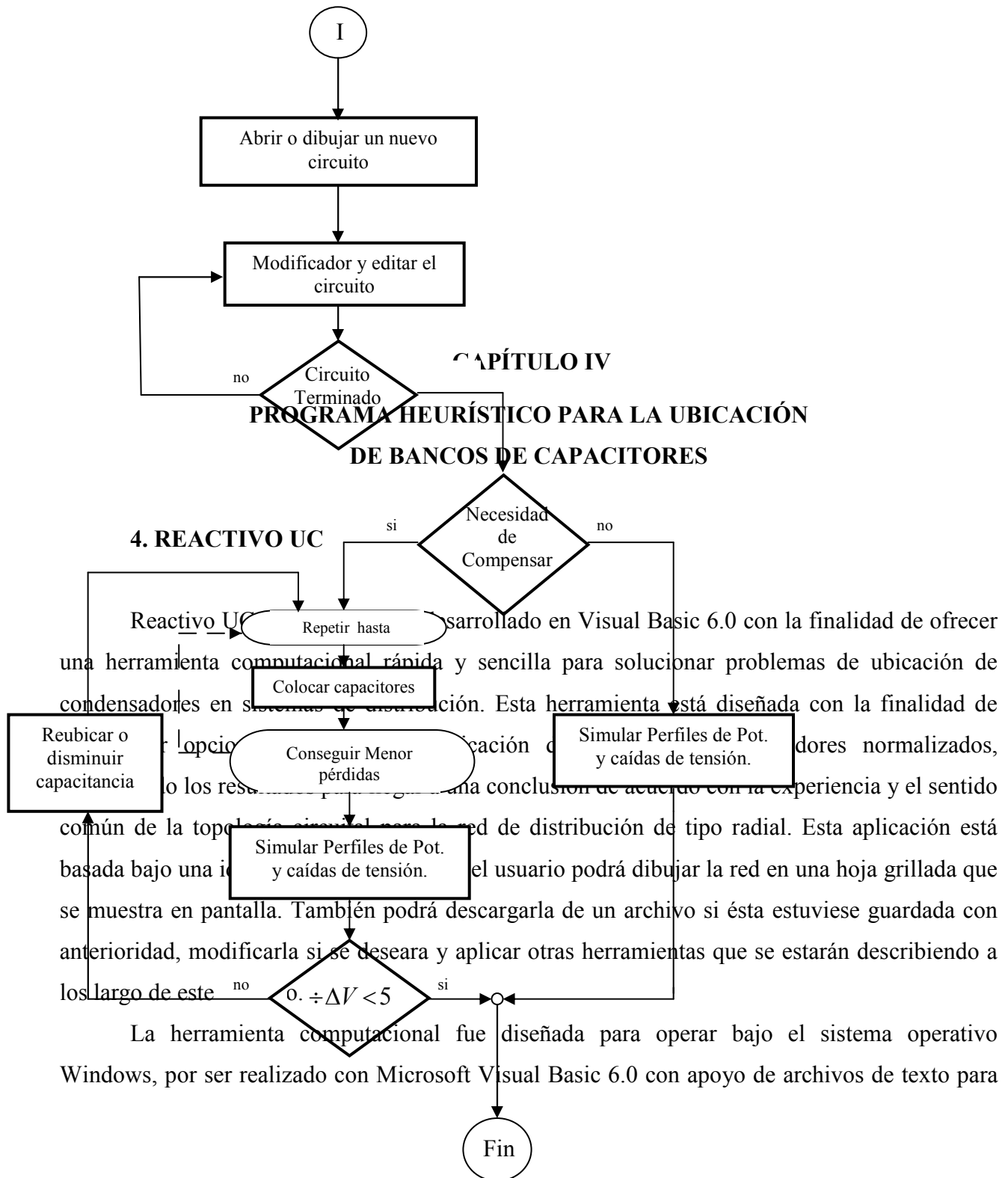
FASE IV:

El software a desarrollar nos brindará posibles puntos de ubicación de bancos de condensadores, tomando en cuenta éstos puntos y los criterios planteados en la *fase III* se procederá a la puesta en funcionamiento del banco de condensadores.

FASE V:

Se realizará un análisis técnico-económico, el cual nos proporcionará la información necesaria para conocer la rentabilidad de la puesta en funcionamiento del banco de condensadores. Una vez determinado que el proyecto sea rentable se procederá a la ubicación y puesta en funcionamiento del banco de condensadores.

Flujo-Grama de Reactivo UC



el almacenamiento de información, guardar resultados entre otros. Trabajar bajo esta plataforma ofrece una gran cantidad de facilidades y ventajas.

Entre las ventajas mas destacadas del uso de este lenguaje de programación tenemos las siguientes:

- Herramientas matemáticas: Posee una serie de bibliotecas que facilitan algunas tareas que se deseen realizar.
- Bibliografía existente: Por ser un lenguaje probado ampliamente y con una gran tradición en el mundo de los programadores se pueden encontrar fácilmente referencias bibliográficas, ayuda en la red de Internet así como también bibliotecas para realizar distintas tareas.
- Programación orientada a objetos: La tendencia actual para los realizadores de programas es la de trabajar bajo el formato de la orientación a objetos, que no es más que trabajar apoyándose en construcciones previamente realizadas pero que permiten ser modificadas haciendo así mas fácil y rápido el diseño de una aplicación.
- Interfaz gráfica: por tratarse de un lenguaje orientado a objetos se poseen herramientas que permite la generación de cuadros de diálogos con todos los componentes de Windows como son botones, cuadros de edición, entre otros.

Aunque Visual Basic posee muchas ventajas también podemos mencionar algunas desventajas que se pueden presentar:

- No es un lenguaje multiplataforma. Aunque técnicamente sería fácil hacer un compilador para Linux o MacOS, Microsoft lo tiene prohibido.
- Plantea problemas de seguridad: los virus de macro que afectan al Office usan el mini-VB que éste soporta. La mayoría de virus de Windows se aprovechan del código VBScript, basado en VB.

4.1 ¿POR QUÉ VISUAL BASIC 6.0?

Visual Basic es un lenguaje en ambiente gráfico para desarrollo de aplicaciones bajo el sistema operativo de Microsoft Windows. Las aplicaciones en Visual Basic están basadas en objetos y son manejadas por eventos. Visual Basic se deriva del lenguaje Basic, el cual es un lenguaje de programación estructurado. Sin embargo, Visual Basic emplea un modelo de programación por eventos.

Visual Basic 6.0 satisface las necesidades para la creación de Reactivo UC debido a su popularidad y gran cantidad de herramientas presentes. Debido que Reactivo UC no requiere procedimientos matemáticos de gran complejidad y se trata de presentar un software sencillo con la mayor amigabilidad posible en su uso, también por sugerencias de expertos en programación e investigaciones de tipo informal, se decidió por la alternativa de Visual Basic entre diversos lenguajes de programación.

4.2 MANUAL DE USUARIO

4.2.1 REQUISITOS PARA EL USO DE REACTIVO UC

La siguiente es una lista descriptiva de los requerimientos recomendados de software y hardware para ejecutar Reactivo UC con éxito.

- Sistema operativo Windows 98 o superior.
- Una computadora personal con procesador Intel Pentium II o superior.
- Una impresora compatible con Windows si se desea imprimir resultados.
- Es recomendable un Mouse para aprovechar al máximo la interfaz gráfica del programa.

Cabe destacar que al trabajar con Reactivo UC es conveniente estar familiarizado con el ambiente de trabajo de Windows ya que éste tiene similitud en su manejo.

4.2.2 INSTALACIÓN DE REACTIVO UC

Para la instalación de Reactivo UC introduzca el disco compacto (CD) de instalación, haciendo clic en el icono de “**instalar**” y esperando unos segundos, aparecerá la primera ventana de dialogo para la instalación mostrada en la figura 4.1:

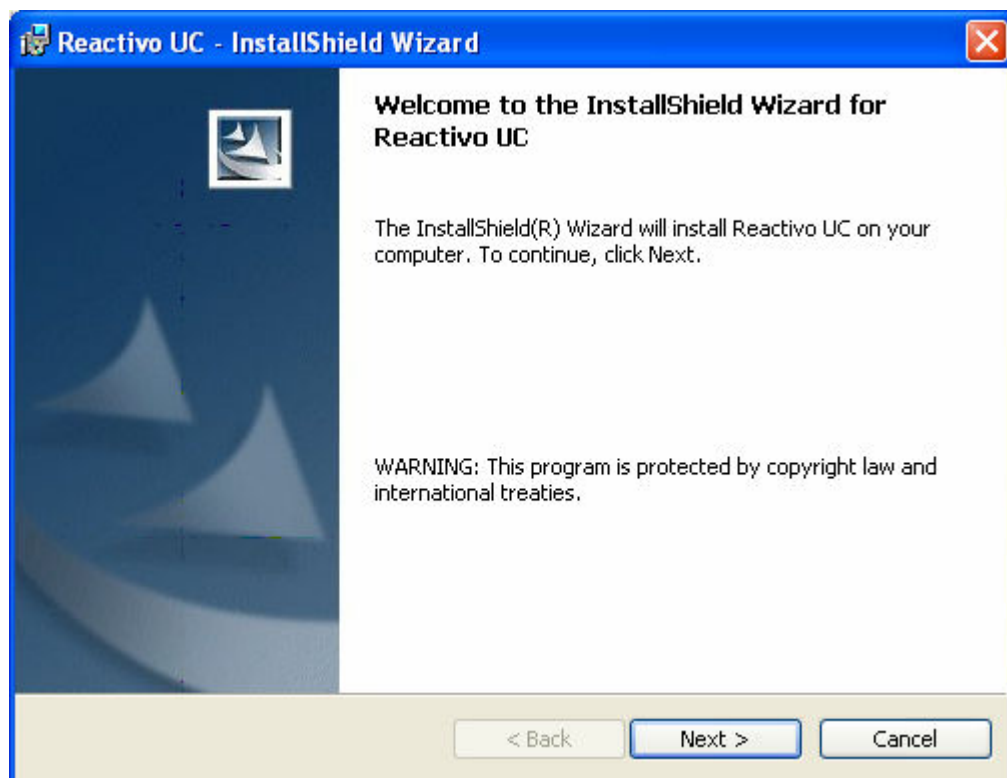
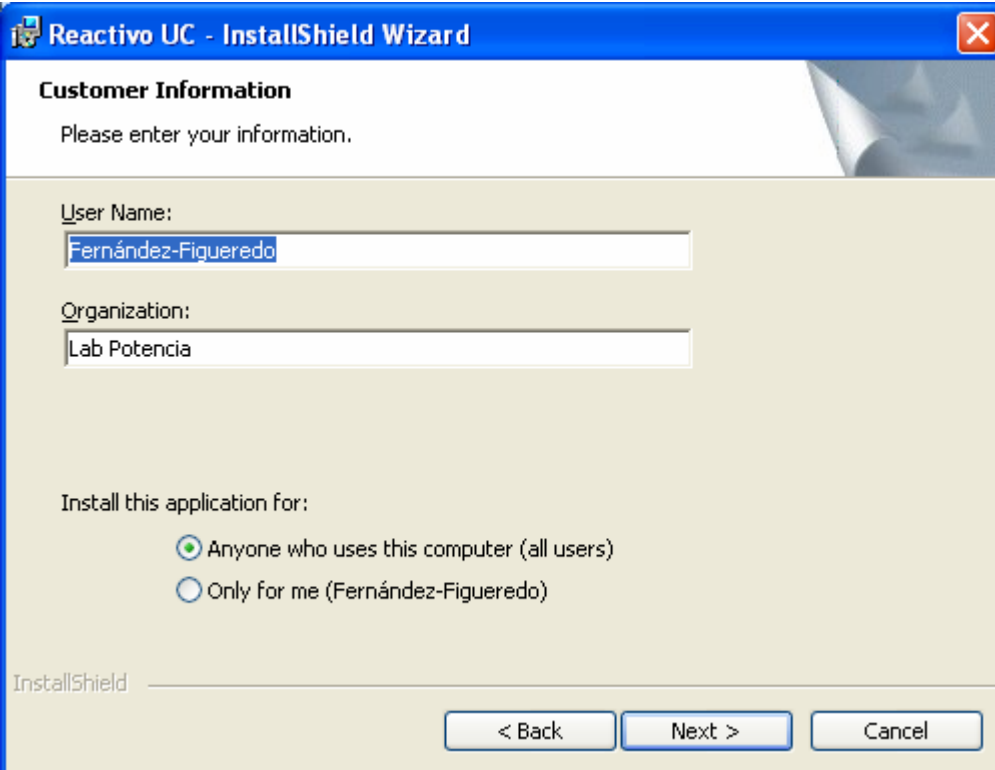


Fig.4.1- Ventana de instalación 1.

Pulse el botón izquierdo del mouse en Next > apareciendo de manera casi instantánea una segunda ventana de diálogo con las restricciones del uso del programa, se puede optar por el uso solo del usuario que esta realizando la instalación o en su defecto por todos los usuarios que puedan tener una sesión en la computadora personal. La segunda ventana de diálogo se muestra a continuación en la figura4.2.



The screenshot shows a Windows-style dialog box titled "Reactivo UC - InstallShield Wizard". The window has a blue title bar with a close button in the top right corner. The main content area is divided into sections. The first section is titled "Customer Information" and contains the instruction "Please enter your information." Below this, there are two text input fields. The first is labeled "User Name:" and contains the text "Fernández-Figueredo". The second is labeled "Organization:" and contains the text "Lab Potencia". Below these fields, there is a section titled "Install this application for:" which contains two radio button options. The first option is "Anyone who uses this computer (all users)" and is selected, indicated by a green dot. The second option is "Only for me (Fernández-Figueredo)" and is not selected, indicated by a blue dot. At the bottom of the window, there are three buttons: "< Back", "Next >", and "Cancel". The "Next >" button is highlighted with a blue border. The bottom left corner of the window displays the text "InstallShield".

Fig.4.2- Ventana de instalación 2.

Siguiendo con la instalación pulsando Next > se mostrará a continuación la tercera ventana mostrada con la figura 4.3 de dialogo donde se podrá direccionar la ubicación del programa en el computador. Para ello debe seleccionar la opción Custom.

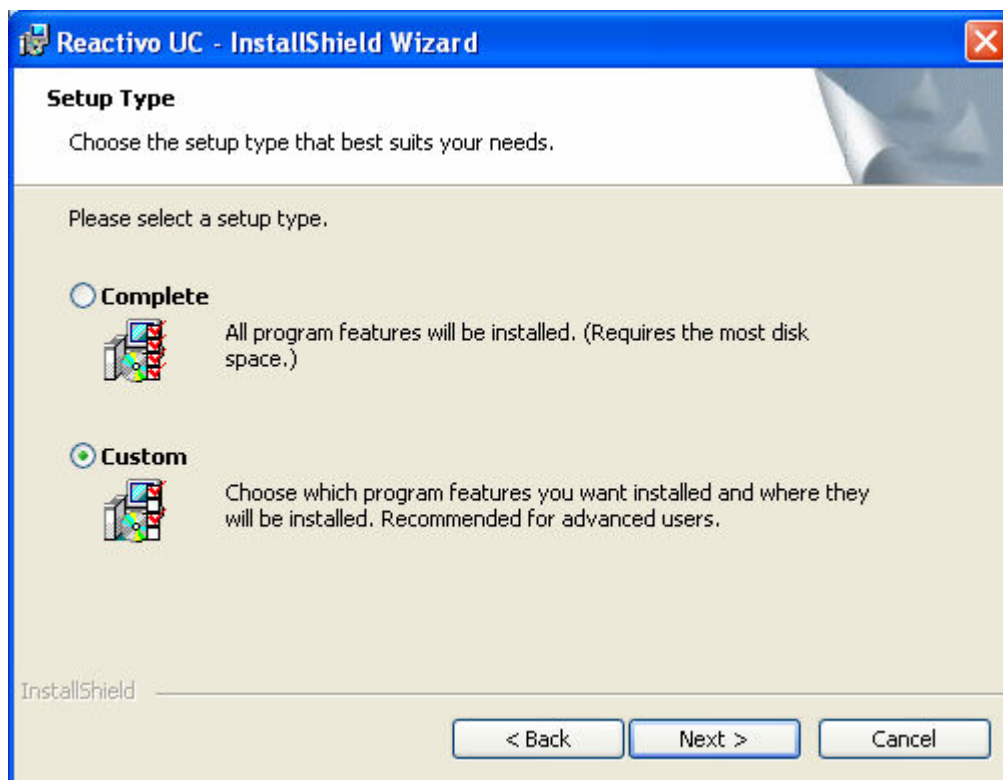


Fig.4.3 - Ventana de instalación 3.

Pulsando nuevamente Next > se muestra la abre la ventana de la figura 4.4, ésta para realizar ella direccionamiento. Para escoger la dirección deseada pulse el botón change... e indique la dirección.

Si se selecciona la opción complete el programa se instalara por defecto en el disco C de la maquina.

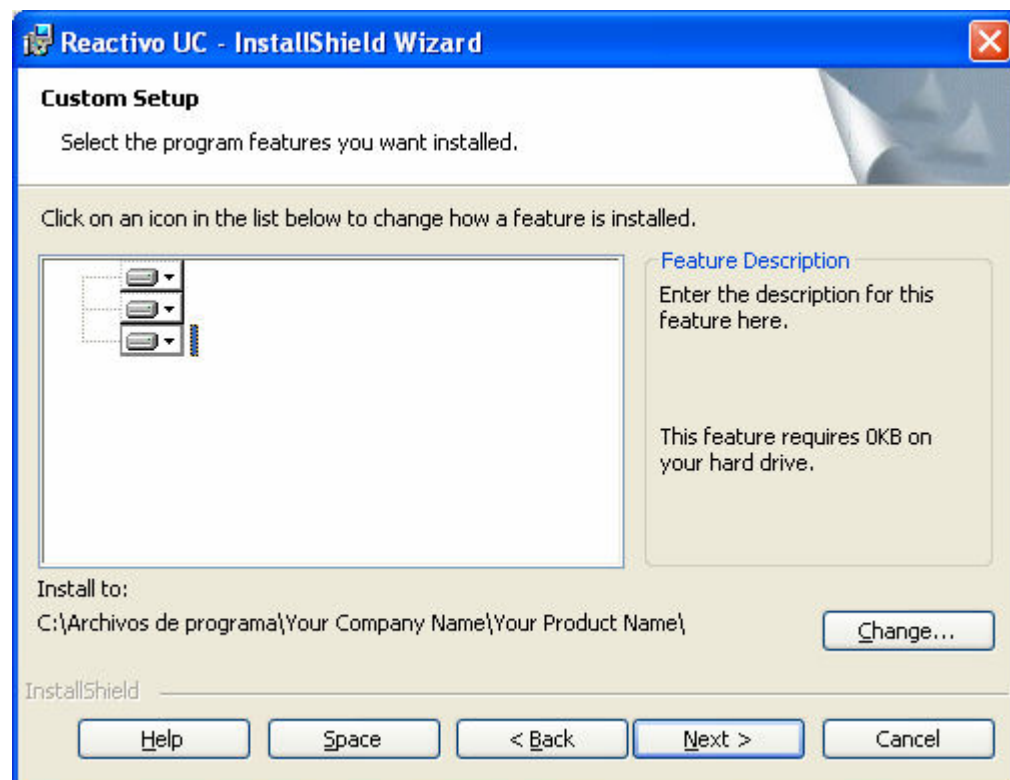


Fig.4.4 - Ventana de instalación 4.

Ya realizados los pasos anteriores ya se tienen todas las condiciones necesarias para realizar la instalación de Reactivo UC. El paso para la instalación es pulsar el botón install del la ventana de instalación 5 de la figura 4.5

Luego empezará el proceso de instalación del programa mostrado en la ventana de diálogo en la figura 4.6, donde se observa una franja de color verde que representa el porcentaje de instalación para dar idea del tiempo que resta para instalarse

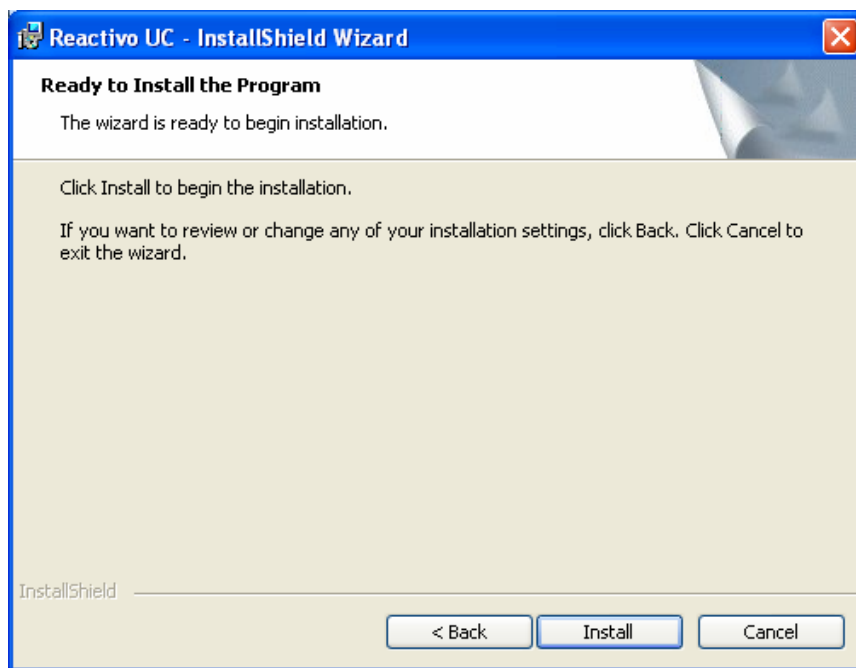


Fig.4.5 - Ventana de instalación 5.

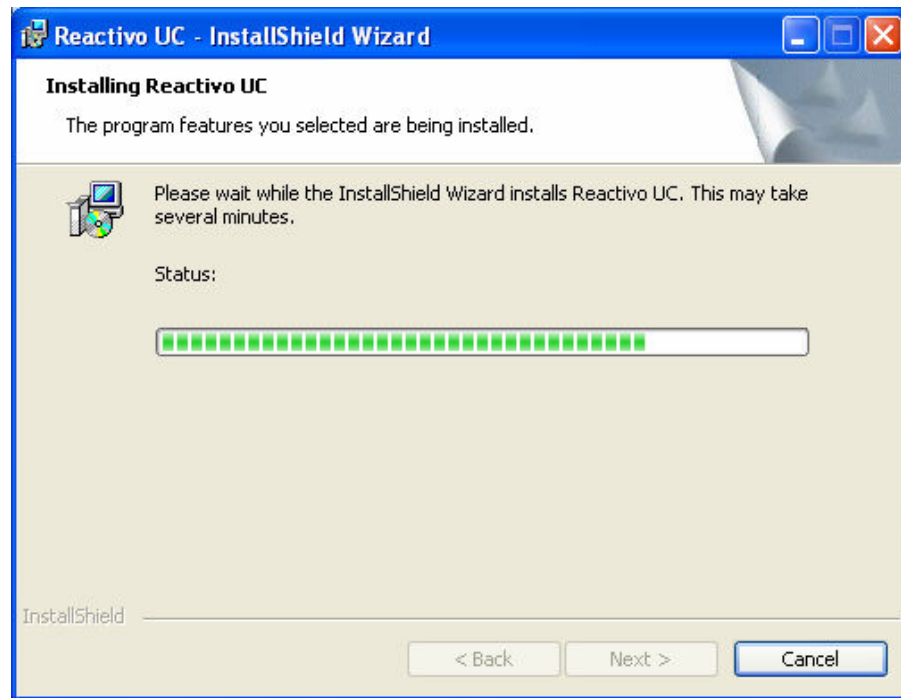


Fig.4.6 - Ventana de instalación 6.

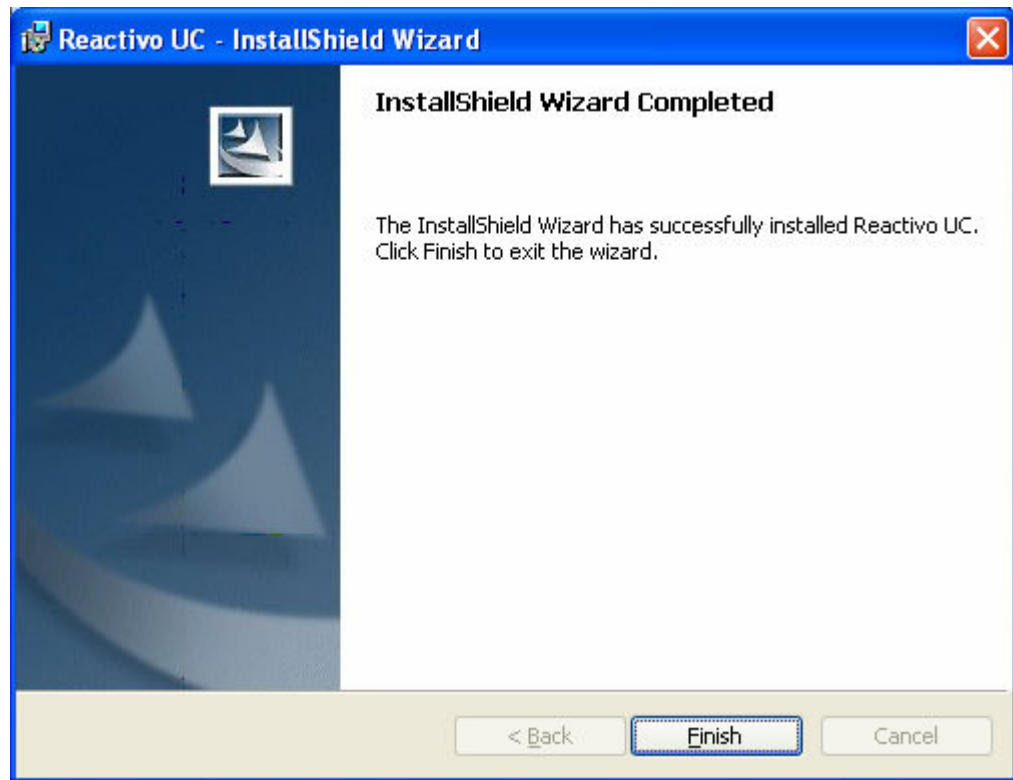


Fig.4.7 - Ventana de instalación 7.

Mostrada la ventana de diálogo 7 de la figura ya está instalado Reactivo UC, y podrá realizar simulaciones de líneas de distribución en 13,8 kV con o sin bancos de condensadores.

4.2.3 INICIO DE REACTIVO UC

Una vez introducido el disco compacto en la unidad de CD de la computadora personal, el programa iniciará la instalación abriendo las ventanas de dialogo mostradas en la sección 4.2.2.

Una vez instalado el programa se debe identificar el icono con el nombre de Reactivo UC para cargar en pantalla. Al seleccionar el icono usted es introducido en el manejo y desarrollo de éste software. Reactivo es un simulador de aplicaciones de condensadores en sistemas eléctricos de distribución, en específico para una tensión de 13.8 kV con una simplificación rápida y eficaz del trabajo que podría ser complicado y requerir horas de trabajo.

Al iniciar Reactivo UC, lo primero que aparece es una ventana de bienvenida con cinco botones a la derecha, para realizar la acción que se desee. Podemos observar esta ventana en la figura 4.8



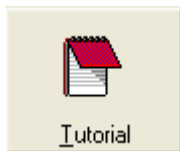
Fig. 4.8- Ventana de Bienvenida.



: Abre un nuevo proyecto para dibujar un alimentador deseado en el plano de trabajo.



: Abre una ventana de diálogo para descargar un proyecto guardado en memoria.



: Muestra un archivo tipo texto mostrando al usuario todas las bondades de este programa y la manera de cómo se debe usar.



: Abre un archivo de ejemplo contenido en la carpeta denominada “samples”



: Sale de la aplicación cerrando todas las ventanas posiblemente abiertas.

Si se selecciona el botón Nuevo proyecto, se abrirá una pequeña ventana mostrada en la figura 4.9, pidiendo un nombre para el nuevo proyecto, luego de darle un nombre y pulsar

aceptar, se crea automáticamente una carpeta llamada de igual forma que el nombre del proyecto introducido en la ventana “Nombre Nuevo Proyecto”. Esta carpeta se crea dentro de la carpeta llamada **Proyectos**.

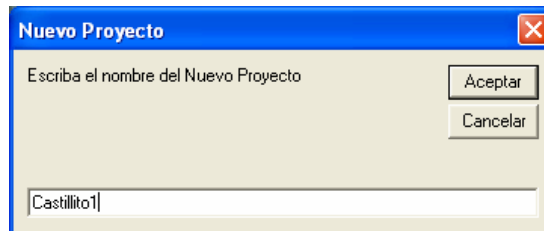


Fig. 4.9- Nombre del nuevo proyecto.

Al aceptar se abrirá el plano de trabajo de Reactivo UC con el nombre del nuevo proyecto. En la ventana del plano de trabajo también nos encontraremos con las opciones de nuevo, abrir y guardar proyecto respectivamente, para la comodidad del usuario se muestran estos iconos en la figura 4.11 . Pero además en la grafica 4.10 se tienen los iconos que nos permiten interactuar con el plano de trabajo y adicionalmente la calculadora de Windows pensando en tener una herramienta de ingeniería de manera rápida.

4.2.4 PARÁMETROS PROPIOS DEL ALIMENTADOR

Estos representan los datos característicos de cada alimentador y deben ser introducidos en la ventana de dialogo denominada “Datos de entrada”. Esta ventana aparecerá siempre al iniciar un nuevo proyecto o cuando se quieran editar desde la barra de menú del plano de trabajo. Se muestra la ventana “Datos de entrada” en la figura 4.10.

Fig. 4.10 – Datos de entrada.

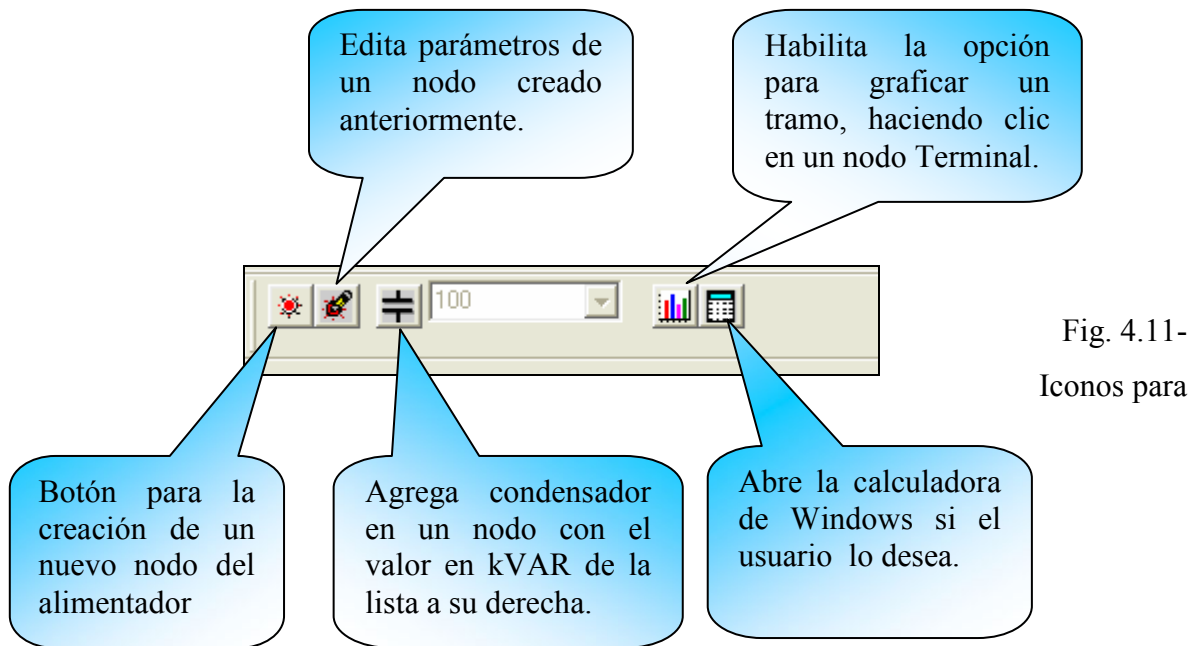


Fig. 4.11-
Iconos para

Aparecerá también la ventana del plano de trabajo si se descarga un proyecto guardado ya en memoria, pero con la diferencia que el plano de trabajo tendrá contenido el dibujo y parámetros del alimentador.

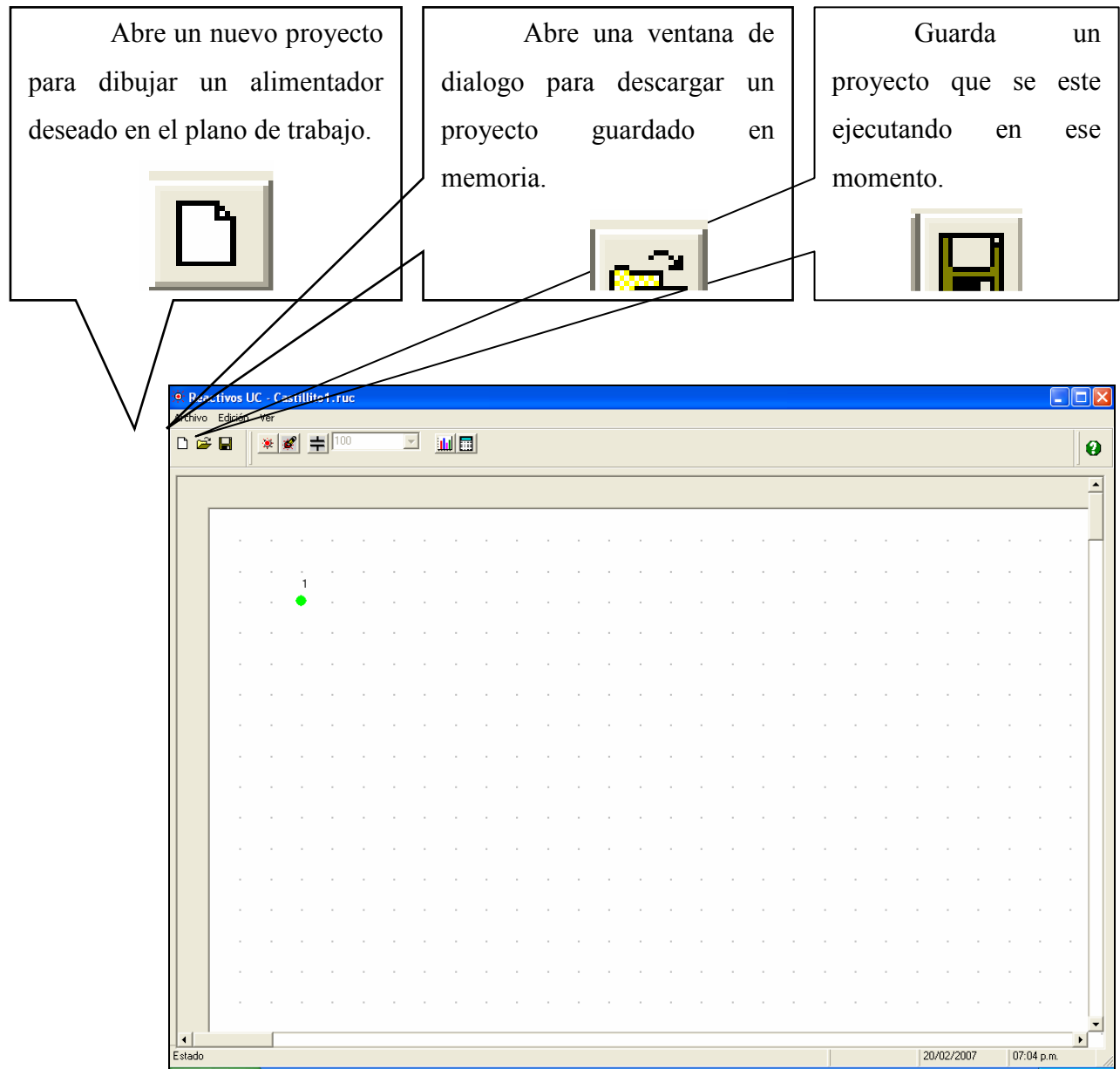


Fig. 4.12- Ventana del plano de trabajo.

4.2.5 PLANO DE TRABAJO DE REACTIVO UC

El plano de dibujo (o plano de trabajo) es aquel que permite una interfaz gráfica entre el usuario y la maquina para que de una manera mas clara y segura se introduzcan todos los

parámetros requeridos para el cálculo de las variables de interés dentro del algoritmo en la simulación de bancos de condensadores.

La ventana muestra una grilla mallada donde se pueden ubicar los nodos respectivos que contenga el circuito. Cuando se abre un proyecto nuevo se dibuja de manera predeterminada un nodo verde con el número 1 que representa el nodo de la subestación o de la fuente que alimenta al alimentador a ser simulado. Esta hoja contiene además una barra de herramientas con una serie de iconos para dibujar, editar, y realizar operaciones de un alimentador de tipo radial de 13.8 kV.

Los pasos a seguir para la elaboración de un circuito en el plano de trabajo de Reactivo UC son los siguientes:

6. Hacer clic en el icono “nuevo nodo”, mostrado en la barra de herramientas del plano de trabajo de Reactivo UC. Luego se configura el Mouse automáticamente con la imagen mostrada en el icono.



Representación gráfica de un nodo en Reactivo UC.

7. Estando el Mouse con el icono mostrado, el usuario sólo tendrá opción de comenzar a dibujar un tramo de línea a partir de un nodo ya existente dibujado en verde, ya que un nodo con este color representa un nodo **no-terminal**.
8. Pulsando el clic izquierdo del mouse en un nodo verde y manteniendo para arrastrarlo a lo largo de otro nodo podremos observar que se dibuja una línea en tiempo real.

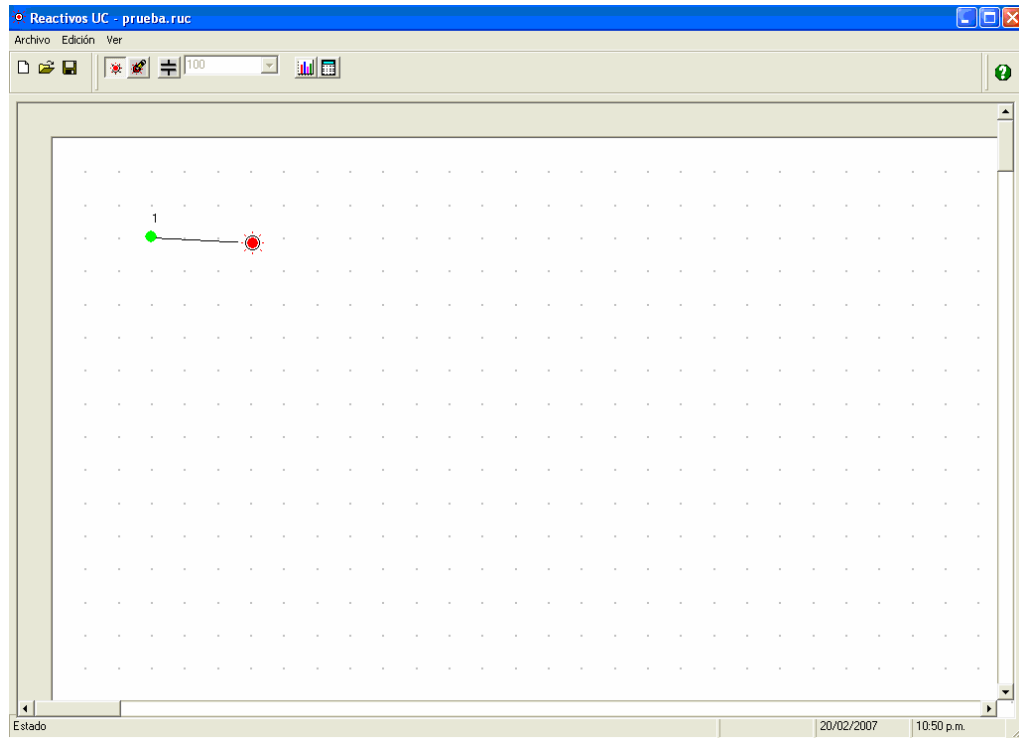


Fig. 4.13- Diseño de un nuevo nodo.

9. Soltando el clic izquierdo del Mouse se abre una ventana llamada “Configurar nuevo nodo”, donde se colocan los parámetros propios del nodo y del tramo de línea que describe con el nodo con el que se inicio la ruta de dicho tramo. En la figura 4.14 se muestra claramente esta ventana y los parámetros que maneja.

Configurar nuevo Nodo 2	
Potencia (KVA)	500
Distancia al Nodo anterior (m)	60
Calibre del conductor	2 1/0 2/0 3/0 4/0
Tipo de Nodo ☒ Intermedio ☐ Terminal	
Aceptar Cancelar	

Fig. 4.14- Configuración de nuevo nodo.

10. Luego de dibujado todos los tramos que conforman el circuito, se puede realizar la simulación se podrá realizar la simulación con o sin banco de condensadores.

4.2.6 SIMULACIÓN DE BANCOS DE CONDENSADORES EN NODOS DEL ALIMENTADOR

Para añadir condensadores en cualquier nodo del alimentador se escoge la capacidad deseada del banco de condensadores trifásico en la banda desplegable de la barra de herramientas y con solo hacer clic en el icono “nuevo banco de condensadores”, habilitará automáticamente el Mouse para que pueda seleccionar cualquier nodo que desee compensar. El nodo mostrará que posee un banco de condensadores con un trazado de líneas horizontales sobre el mismo.

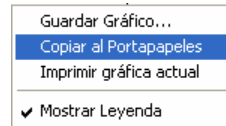
Si colocamos condensadores en cualquiera de los nodos, podemos ir verificando mediante un cuadro de texto, las pérdidas totales del alimentador tanto para la condición sin compensar como la compensada. De ésta manera podemos ir probando en diferentes puntos del alimentador hasta llegar una condición donde se minimicen las pérdidas.

4.2.7 RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Los resultados en este programa se muestran detalladamente en un gráfico que se carga seleccionando el icono llamado “Cálculos para un ramal” descrito en la figura 4.10 como el que habilita la opción para graficar un tramo, haciendo clic exclusivamente en un nodo Terminal.

Las gráficas de perfil de potencias activas, reactivas y aparentes tanto para máxima carga y mínima carga son graficadas mediante barras por tramos, también las pérdidas a máxima y mínima carga son graficadas mediante barras. Solo la caída de tensión se grafica mediante líneas rectas debido a que éstas dependen continuamente de la longitud de cada tramo.

Es posible copiar estos resultados haciendo clic en el botón derecho del Mouse y



seleccionando la opción “Copiar en portapapeles”, luego podemos usar un archivo de Word para pegar estos resultados. Si solo usamos la opción de pegar, se pegarán los datos que reflejan ese gráfico. Pero si lo que se quiere es hacer un pegado del gráfico será necesario seleccionar Edición en la barra de menú de Word y escoger la opción de pegado especial, una vez seleccionada aparecerá una ventana de diálogo el cual tiene tres opciones. Para pegar el gráfico debe escogerse la opción de “Imagen (metarchivo de Windows)”.

Con el botón derecho del Mouse también puede escoger entre imprimir la gráfica directamente desde la impresora (opcional), o guardar gráfica guardando la imagen dentro de la carpeta que representa el proyecto actual.

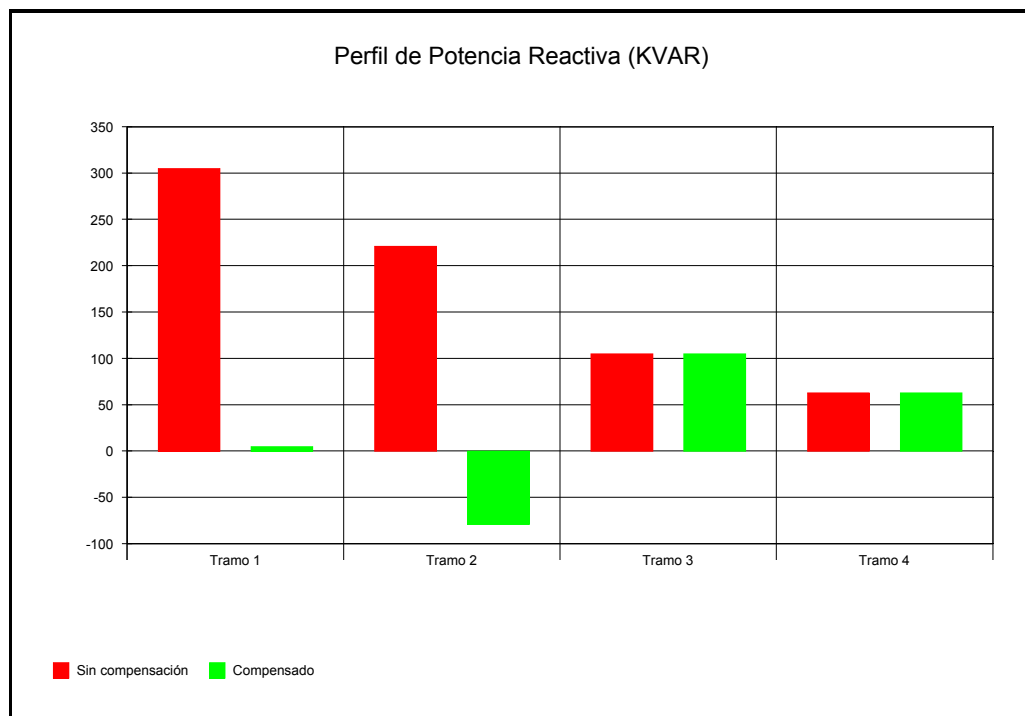


Fig. 4.15 ejemplo de un gráfico de Reactivo UC

4.3 VALIDACIÓN DE RESULTADOS

4.3.1 ANÁLISIS SIN COMPENSACIÓN.

Para realizar una comprobación de los cálculos dados por el software es necesario llevar a cabo un ejemplo sencillo calculado a mano para realizar comparaciones en los resultados. El circuito a continuación representa un ejemplo de un circuito imaginario.

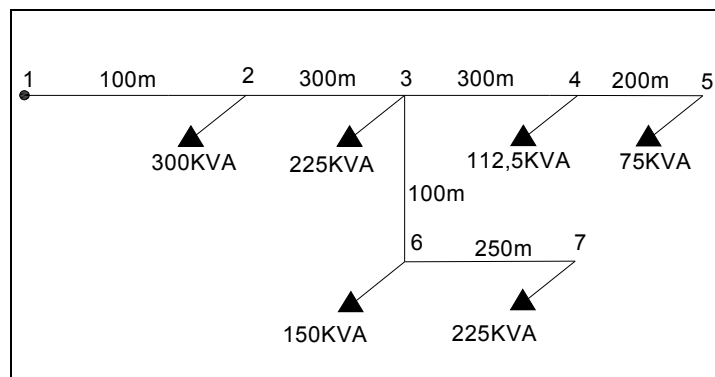


Fig. 4.16- Circuito de Validación.

En el alimentador de la figura 4.16 supondremos las siguientes mediciones desde el nodo 1:

$$S_{MÁX}=900 \text{ KVA} \quad Fp|_{S(MÁX)} = 0.8$$

$$S_{MÍN}=700 \text{ KVA} \quad Fp|_{S(MÍN)} = 0.9$$

4.3.2 ESTUDIO DE PERFILES DE POTENCIA

$$\text{Demanda contratada} = \sum_{i=1}^n S_i = 1087,5 \text{ kVA} \quad i=\text{nodos del alimentador}$$

4.3.2.1 SIN COMPENSACION

Ramal 1: T1- T2- T3- T4.

- **Máxima Carga.**

Tramo 1:

$$P = S_{\text{contratada}} * \cos(\phi) \rightarrow P = 1087,5 * \cos(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 720 \text{ kW}}$$

$$Q = S * \text{Sen}(\phi) \rightarrow Q = 1087,5 * \text{Sen}(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 540kVAR}$$

$$S = 1087,5 * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 900kVA}$$

Tramo 2:

$$P = 787,5 * \text{Cos}(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 521,37kW}$$

$$Q = 787,5 * \text{Sen}(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 391,03kVAR}$$

$$S = 787,5 * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 651,71kVA}$$

Tramo 3:

$$P = 187,5 * \text{Cos}(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 124,13kW}$$

$$Q = 187,5 * \text{Sen}(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 93.1kVAR}$$

$$S = 187,5 * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 155,16kVA}$$

Tramo 4:

$$P = 75 * \text{Cos}(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 49,65kW}$$

$$Q = 75 * \text{Sen}(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 37,24kVAR}$$

$$S = 75 * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 62,06kVA}$$

- **Mínima Carga.**

Tramo 1:

$$P = 1087,5 * \cos(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 630,01kW}$$

$$Q = 1087,5 * \sin(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 305,1kVAR}$$

$$S = 1087,5 * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 700kVA}$$

Tramo 2.

$$P = 787,5 * \cos(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 456,20kW}$$

$$Q = 787,5 * \sin(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 220,93kVAR}$$

$$S = 787,5 * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 506,89kVA}$$

Tramo 3:

$$P = 187,5 * \cos(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 108,86kW}$$

$$Q = 187,5 * \sin(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 52,60kVAR}$$

$$S = 187,5 * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 120,69kVA}$$

Tramo 4:

$$P = 75 * \cos(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 43,44kW}$$

$$Q = 75 * \sin(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 21,04kVAR}$$

$$S = 75 * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 48,27kVA}$$

Ramal 2: T1- T2- T5- T6.

- **Máxima Carga**

Tramo 1:

$$\boxed{P = 720kW}$$

$$\boxed{Q = 540kVAR}$$

$$\boxed{S = 900kVA}$$

Tramo 2:

$$\boxed{P = 521,37kW}$$

$$\boxed{Q = 391,03kVAR}$$

$$\boxed{S = 651,71kVA}$$

Tramo 5:

$$P = 375 * \cos(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 248,75kW}$$

$$Q = 375 * \sin(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 186,20kVAR}$$

$$S = 375 * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 310,72kVA}$$

Tramo 6:

$$P = 225 * \cos(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 148,96 kW}$$

$$Q = 225 * \sin(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 111,72 kVAR}$$

$$\boxed{S = 186,2 kVA}$$

- **Mínima Carga.**

Tramo 1:

$$\boxed{P = 630,01 kW}$$

$$\boxed{Q = 305,1 kVAR}$$

$$\boxed{S = 700 kVA}$$

Tramo 2:

$$\boxed{P = 456,20 kW}$$

$$\boxed{Q = 220,95 kVAR}$$

$$\boxed{S = 506,89 kVA}$$

Tramo 5:

$$P = 375 * \cos(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 217,24 kW}$$

$$Q = 375 * \sin(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 105,20 kVAR}$$

$$S = 375 * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 241,37 kVA}$$

Tramo 6:

$$P = 225 * \cos(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{P = 130,34 kW}$$

$$Q = 225 * \sin(25,84) * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 63,12 kVAR}$$

$$S = 225 * \left(\frac{700}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{S = 144,82 kVA}$$

4.3.3 ESTUDIO DE PÉRDIDAS TÉCNICAS:

Ramal 1: T1- T2- T3- T4.

- **Máxima Carga.**

$$S = \sqrt{3} * V_L * I_L \rightarrow I_L = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L}; \boxed{P = 3 I^2 R L}$$

Tramo 1: Tomando del Anexo A los valores de resistencia (R):

$$I_L = \frac{900k}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_L = 37,65 A; P = 3 * (37,65)^2 * (0,273) * (0,1) \rightarrow \boxed{P = 116,09 W}$$

Tramo 2:

$$I_L = \frac{651,71k}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_L = 27,23 A; P = 3 * (27,23)^2 * (0,273) * (0,3) \rightarrow \boxed{P = 182,18 W}$$

Tramo 3:

$$I_L = \frac{155,16k}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_L = 6,49 A; P = 3 * (6,49)^2 * (0,273) * (0,2) \rightarrow \boxed{P = 6,9 W}$$

Tramo 4:

$$I_L = \frac{62,06k}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_L = 2,6A; P = 3 * (2,6)^2 * (0,273) * (0,2) \rightarrow \boxed{P = 1,1W}$$

- **Mínima Carga.**

Tramo 1:

$$I_L = \frac{700kVA}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_L = 29,28A; P = 3 * (29,28)^2 * (0,273) * (0,1) \rightarrow \boxed{P = 70,21W}$$

Tramo 2:

$$I_L = \frac{506,89kVA}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_L = 27,3A; P = 3 * (27,3)^2 * (0,273) * (0,3) \rightarrow \boxed{P = 110,49W}$$

Tramo 3:

$$I_L = \frac{120,68kVA}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_L = 5,04A; P = 3 * (5,04)^2 * (0,273) * (0,2) \rightarrow \boxed{P = 4,17W}$$

Tramo 4:

$$I_L = \frac{48,27kVA}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_L = 2,02A; P = 3 * (2,02)^2 * (0,273) * (0,2) \rightarrow \boxed{P = 0,66W}$$

Ramal 2: T1- T2- T5- T6.

- **Máxima carga.**

Tramo 1:

$$I_L = 37,65A \rightarrow \boxed{P = 116,09W}$$

Tramo 2:

$$I_L = 27,23A \rightarrow \boxed{P = 182,18W}$$

Tramo 5:

$$I_L = \frac{310,72kV}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_2 = 13A; P = 3(13)^2 * (0,273) * (0,1) \rightarrow \boxed{P = 13,84W}$$

Tramo 6:

$$I_L = \frac{186,2k}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_2 = 7,8A; P = 3(7,8)^2 * (0,273) * (0,25) \rightarrow \boxed{P = 12,45W}$$

- **Mínima Carga.**

Tramo 1:

$$I_L = 29,28A \rightarrow \boxed{P = 70,21W}$$

Tramo 2:

$$I_L = 21,20A \rightarrow \boxed{P = 110,49W}$$

Tramo 5:

$$I_L = \frac{241,37k}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_2 = 10,1A; P = 3(10,1)^2 * (0,273) * (0,1) \rightarrow \boxed{P = 8,35W}$$

Tramo 6:

$$I_L = \frac{144,82k}{\sqrt{3} * 13,8kV} \rightarrow I_2 = 6,06A; P = 3(6,06)^2 * (0,273) * (0,25) \rightarrow \boxed{P = 7,51W}$$

$$\boxed{\text{Pérdidas Totales (Carga Máxima R1 + R2) = 630,83 Watts}}$$

$$\boxed{\text{Pérdidas Totales (Carga Mínima R1 + R2) = 382,09 Watts}}$$

4.3.4 ESTUDIO DE CAÍDA DE Tensión

Se determinará la magnitud de caída de tensión en los nodos terminales, ya que en estos nodos es donde existe la mayor caída de tensión.

$$\%V = KVAL * \left[\frac{r * \cos\phi + \text{Sen}\phi}{10kV^2} \right]; \quad X = 0,0754 * \ln\left(\frac{DMG}{ds}\right) [\Omega / k\omega] @ 60Hz ;$$

Conductor 4/0

: ds=0,50652

Para nuestra configuración

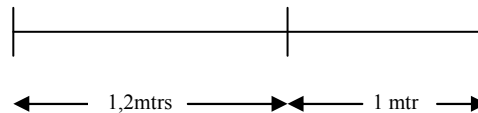
DMG=138,208cm

Podemos obtener:

VER ANEXO A

$$\boxed{X = 0,4229 [\Omega / k\omega]}$$

$$\boxed{R = 0,2730 [\Omega / k\omega]}$$



- **Máxima carga**

Configuración de las líneas aéreas en
13.8kV

Para el nodo Terminal 5

$$\%V = 328,88 * \left[\frac{(0,273) * \cos(36,87) + (0,4229) \text{Sen}(36,87)}{10(13,8)^2} \right] \rightarrow \boxed{\%V = 0,081 \%}$$

Para el nodo Terminal 7

$$\%V = 363,1 * \left[\frac{(0,273) * \cos(36,87) + (0,4229) \sin(36,87)}{10(13,8)^2} \right] \rightarrow \boxed{\%V = 0,09 \%}$$

- **Mínima carga**

Para el nodo Terminal 5

$$\%V = 255,86 * \left[\frac{(0,273) * \cos(25,84) + (0,4229) \sin(25,84)}{10(13,8)^2} \right] \rightarrow \boxed{\%V = 0,0575 \%}$$

Para el nodo Terminal 7

$$\%V = 282,41 * \left[\frac{(0,273) * \cos(25,84) + (0,4229) \sin(25,84)}{10(13,8)^2} \right] \rightarrow \boxed{\%V = 0,063 \%}$$

4.3.5 ANÁLISIS CON COMPENSACIÓN.

Si colocamos un banco de condensadores de 300 kVAR en el nodo 3 las consecuencias son las siguientes:

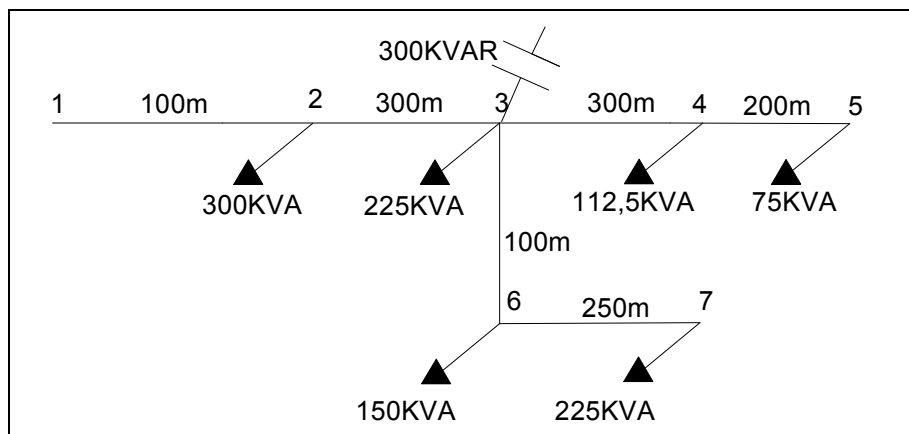


Fig. 4.17- Circuito compensado

4.3.6 ESTUDIO DE PERFILES DE POTENCIA

4.3.6.1 SIN COMPENSACION

Ramal 1: T1- T2- T3- T4.

- **Máxima Carga.**

Tramo 1:

$$P = S * \cos(\phi) \rightarrow \boxed{P = 720kW}$$

$$Q = S * \sin(\phi) \rightarrow \boxed{Q = 240kVAR}$$

$$\boxed{S = 758,94kVA}$$

Tramo 2:

$$\boxed{P = 521,37kW}$$

$$Q = 787,5 * \sin(36,87) * \left(\frac{900}{1087,5} \right) \rightarrow \boxed{Q = 91,03kVAR}$$

$$\boxed{S = 529,25kVA}$$

Tramo 3:

$$\boxed{P = 124,13kW}$$

$$\boxed{Q = 93.1kVAR}$$

$$\boxed{S = 155,16kVA}$$

Tramo 4:

$$\boxed{P = 49,65kW}$$

$$\boxed{Q = 37,24kVAR}$$

$$S = 62,06kVA$$

- **Mínima Carga.**

Tramo 1:

$$P = 630,01kW$$

$$Q = 5,1kVAR$$

$$S = 630,02kVA$$

Tramo 2.

$$P = 456,20kW$$

$$Q = -79,06kVAR$$

$$S = 463kVA$$

Tramo 3:

$$P = 108,86kW$$

$$Q = 52,60kVAR$$

$$S = 120,69kVA$$

Tramo 4:

$$P = 43,44kW$$

$$Q = 21,04kVAR$$

$$S = 48,27kVA$$

Ramal 2: T1- T2- T5- T6.

- **Máxima Carga**

Tramo 1:

$$P = 720kW$$

$$Q = 240kVAR$$

$$S = 758,94kVA$$

Tramo 2:

$$P = 521,37kW$$

$$Q = 91,03kVAR$$

$$S = 529,25kVA$$

Tramo 5:

$$P = 248,75kW$$

$$Q = 186,20kVAR$$

$$S = 310,72kVA$$

Tramo 6:

$$P = 148,96kW$$

$$Q = 111,72kVAR$$

$$S = 186,2kVA$$

- **Mínima Carga.**

Tramo 1:

$$P = 630,01kW$$

$$Q = 5,1kVAR$$

$$S = 630,02kVA$$

Tramo 2:

$$P = 456,20kW$$

$$Q = -79,06kVAR$$

$$S = 463kVA$$

Tramo 5:

$$P = 217,24kW$$

$$Q = 105,20kVAR$$

$$S = 241,37kVA$$

Tramo 6:

$$P = 130,34kW$$

$$Q = 63,12kVAR$$

$$S = 144,82kVA$$

4.3.7 ESTUDIO DE PÉRDIDAS TÉCNICAS:

Ramal 1: T1- T2- T3- T4.

- **Máxima Carga.**

$$S = \sqrt{3} * V_L * I_L \rightarrow I_L = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L}; \boxed{P = 3I^2 RL}$$

Tramo 1:

$$I_L = 31,75; \boxed{P = 82,56W}$$

Tramo 2:

$$I_L = 22,14A; \boxed{P = 120,43W}$$

Tramo 3:

$$I_L = 6,49A; \boxed{P = 6,9W}$$

Tramo 4:

$$I_L = 2,6A; \boxed{P = 1,1W}$$

- **Mínima Carga.**

Tramo 1:

$$I_L = 26,35A; \boxed{P = 56,86W}$$

Tramo 2:

$$I_L = 19,37A; \boxed{P = 92,18W}$$

Tramo 3:

$$I_L = 5,04A; \boxed{P = 4,17W}$$

Tramo 4:

$$I_L = 2,02A; \boxed{P = 0,66W}$$

Ramal 2: T1- T2- T5- T6.

- **Máxima carga.**

Tramo 1:

$$I_L = 31,75 A; \boxed{P = 82,56 W}$$

Tramo 2:

$$I_L = 22,14 A; \boxed{P = 120,43 W}$$

Tramo 5:

$$I_2 = 13 A; \boxed{P = 13,84 W}$$

Tramo 6:

$$I_2 = 7,8 A; \boxed{P = 12,45 W}$$

- **Mínima Carga.**

Tramo 1:

$$I_L = 26,35; \boxed{P = 56,86 W}$$

Tramo 2:

$$I_L = 19,37 A \rightarrow \boxed{P = 92,18 W}$$

Tramo 5:

$$I_2 = 10,1 A; \boxed{P = 8,35 W}$$

Tramo 6:

$$I_2 = 6,06 A; \boxed{P = 7,51 W}$$

$$\boxed{\text{Pérdidas Totales (Carga Máxima R1 + R2) = 440,27 Watts}}$$

$$\boxed{\text{Pérdidas Totales (Carga Mínima R1 + R2) = 318,77 Watts}}$$

Comparación entre Potencias máximas	Perdidas máximas sin condensador = 630,83 W
	Perdidas máximas con condensador = 440,27 W

4.3.8 ESTUDIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Se determinará la magnitud de caída de tensión en los nodos terminales, ya que en estos nodos es donde existe la mayor caída de tensión.

$$\%V = KVAL * \left[\frac{r * \cos\phi + \text{Sen}\phi}{10kV^2} \right]; \quad X = 0,0754 * \ln\left(\frac{DMG}{ds}\right) [\Omega / k\omega] @ 60Hz ;$$

- **Máxima carga**

$$\theta = \text{Tg}^{-1}\left(\frac{Q}{P}\right) = \left(\frac{240}{720}\right) = 18,43^\circ, \text{ ángulo visto desde el nodo 1.}$$

Para el nodo Terminal 5

$$\%V = 278,113 * \left[\frac{(0,273) * \cos(18,43) + (0,4229) \text{Sen}(18,43)}{10(13,8)^2} \right] \rightarrow \boxed{\%V = 0,0573 \%}$$

Para el nodo Terminal 7

$$\%V = 334,05 * \left[\frac{(0,273) * \cos(18,43) + (0,4229) \sin(18,43)}{10(13,8)^2} \right] \rightarrow \boxed{\%V = 0,068 \%}$$

- **Mínima carga**

$$\theta = \operatorname{Tg}^{-1} \left(\frac{Q}{P} \right) = \left(\frac{5,1}{630} \right) = 0,46^\circ, \text{ ángulo visto desde el nodo 1.}$$

Para el nodo Terminal 5

$$\%V = 235,7 * \left[\left[\frac{(0,273) * \cos(0,46) + (0,4229) \sin(0,46)}{10(13,8)^2} \right] \right] \rightarrow \boxed{\%V = 0,034 \%}$$

Para el nodo Terminal 7

$$\%V = 279,14 * \left[\left[\frac{(0,273) * \cos(0,46) + (0,4229) \sin(0,46)}{10(13,8)^2} \right] \right] \rightarrow \boxed{\%V = 0,04 \%}$$

4.3.9 RESULTADOS EMITIDOS POR REACTIVO UC

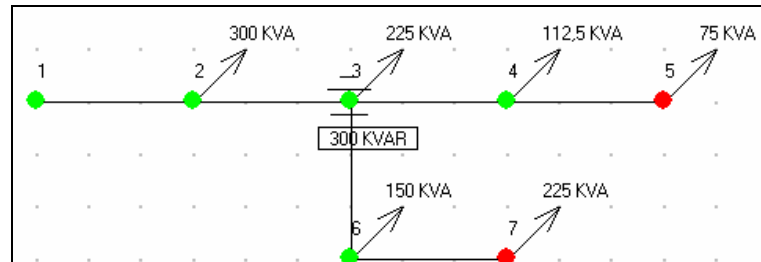


Fig. 4.18 Alimentador de validación en Reactivo UC

Como muestra la figura 4.18, se dibujó en Reactivo UC el circuito desarrollado a mano mostrado en la figura 4.16 y se procedió a la simulación del circuito para la obtención de resultados y comparación de resultados respectivamente.

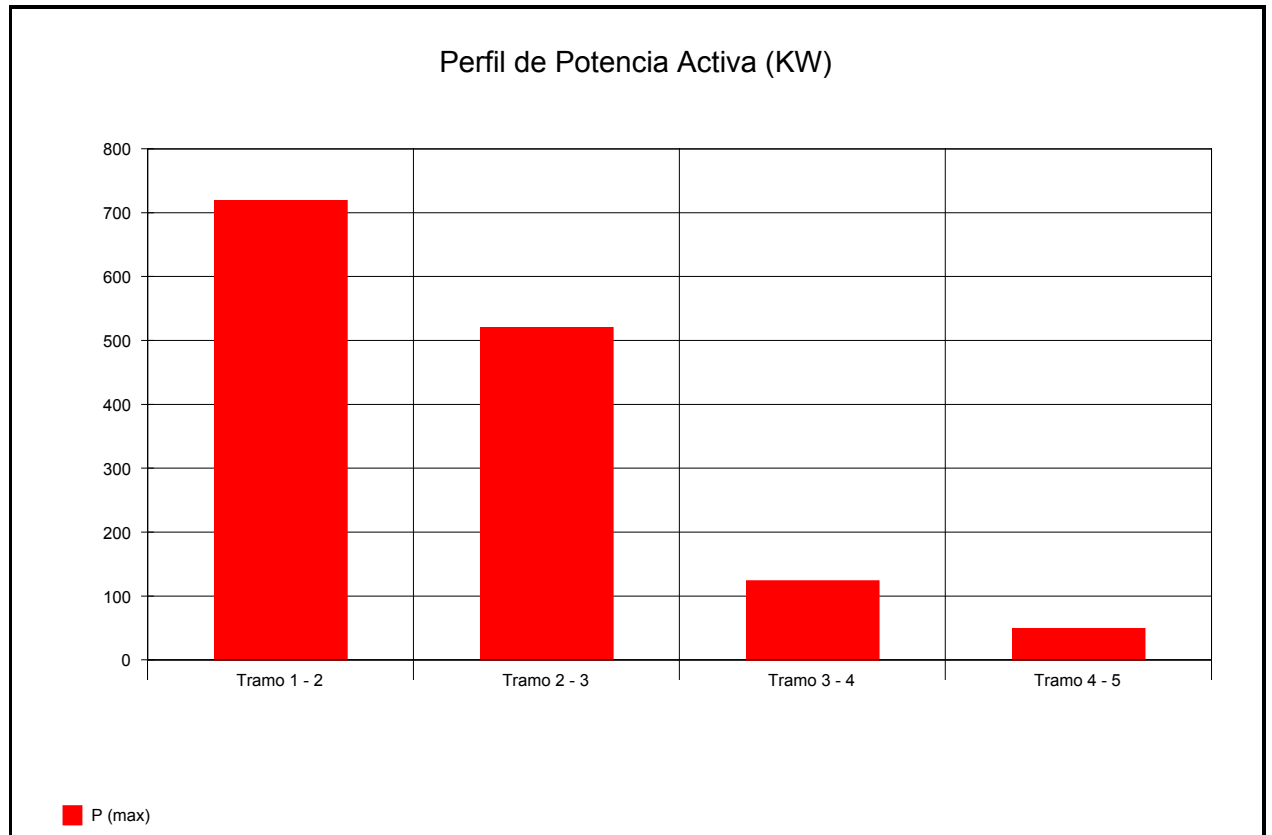


Fig. 4.19- Perfil de potencia activa a carga máxima

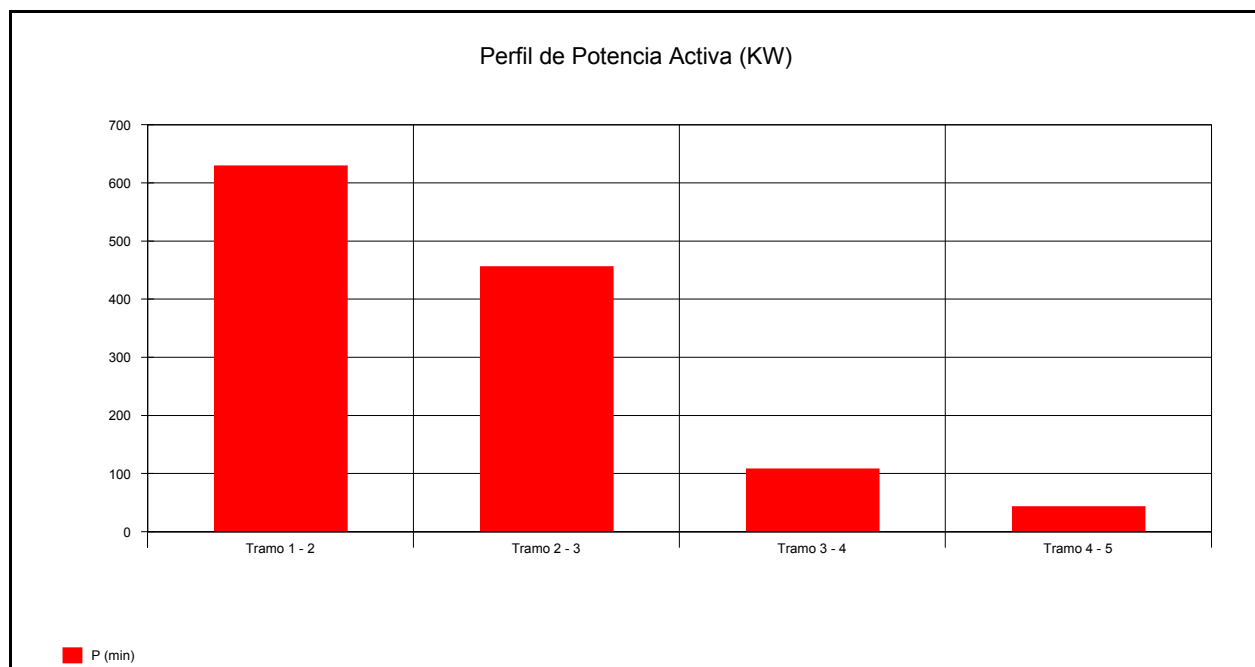


Fig. 4.20- Perfil de potencia activa a carga mínima.

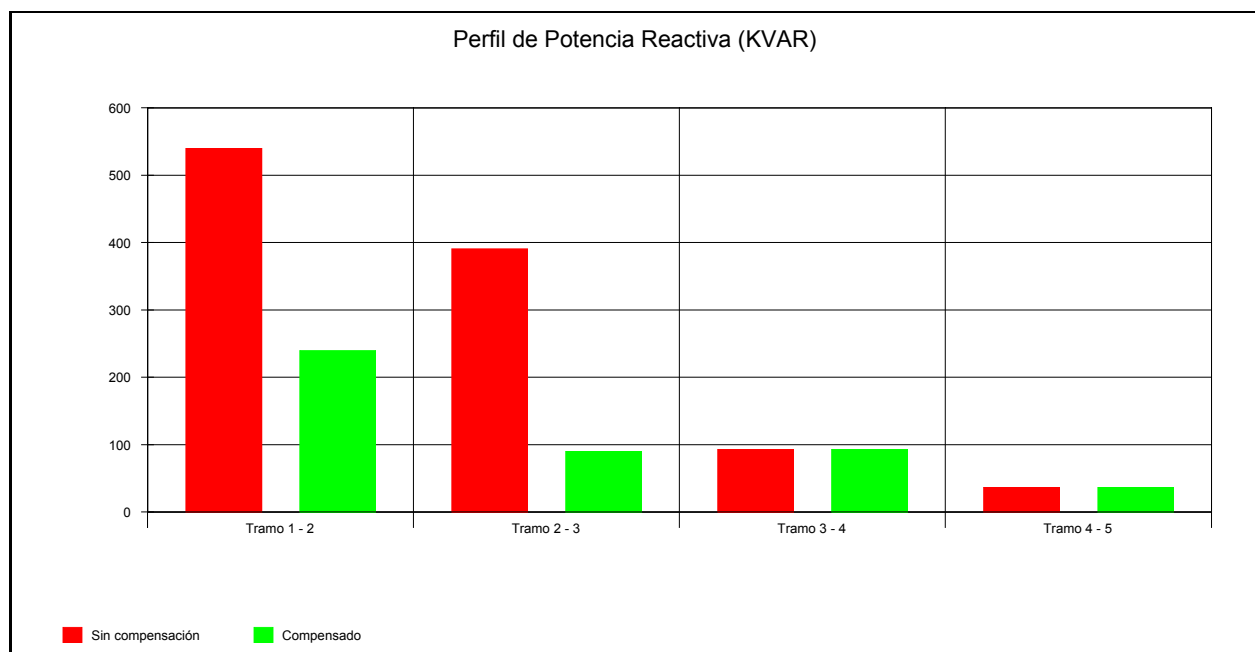


Fig. 4.21- Perfil de potencia reactiva a carga máxima

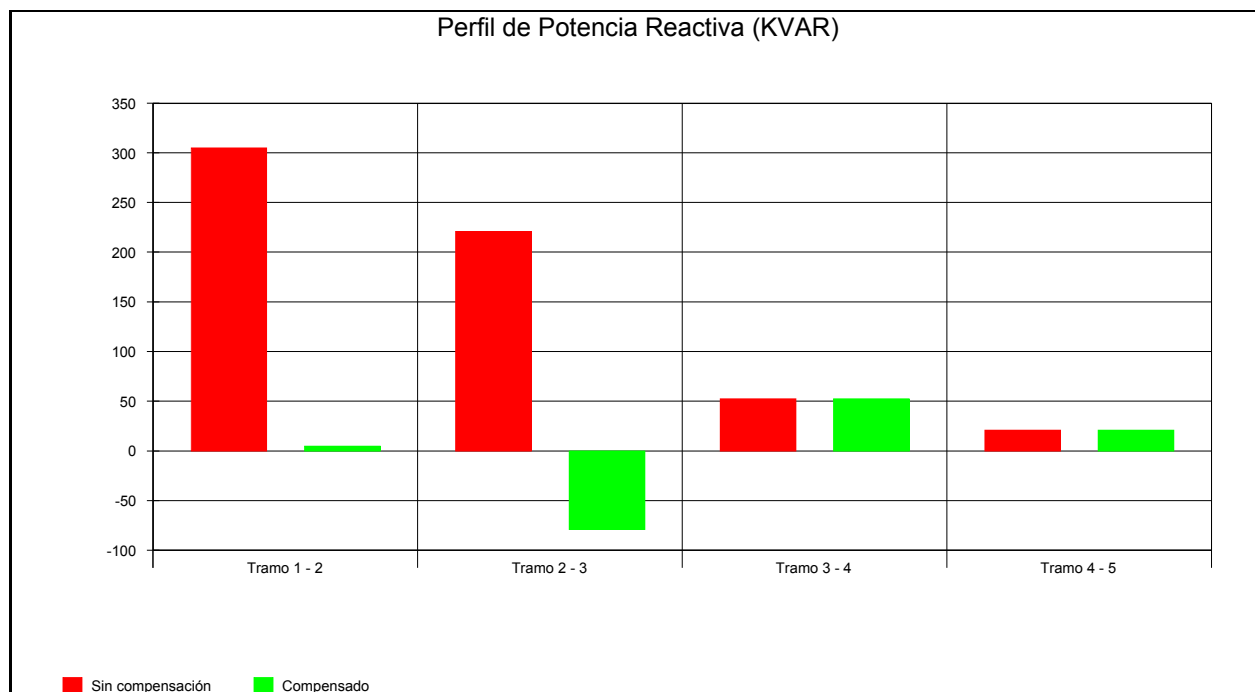


Fig. 4.22- Perfil potencia reactiva a carga mínima

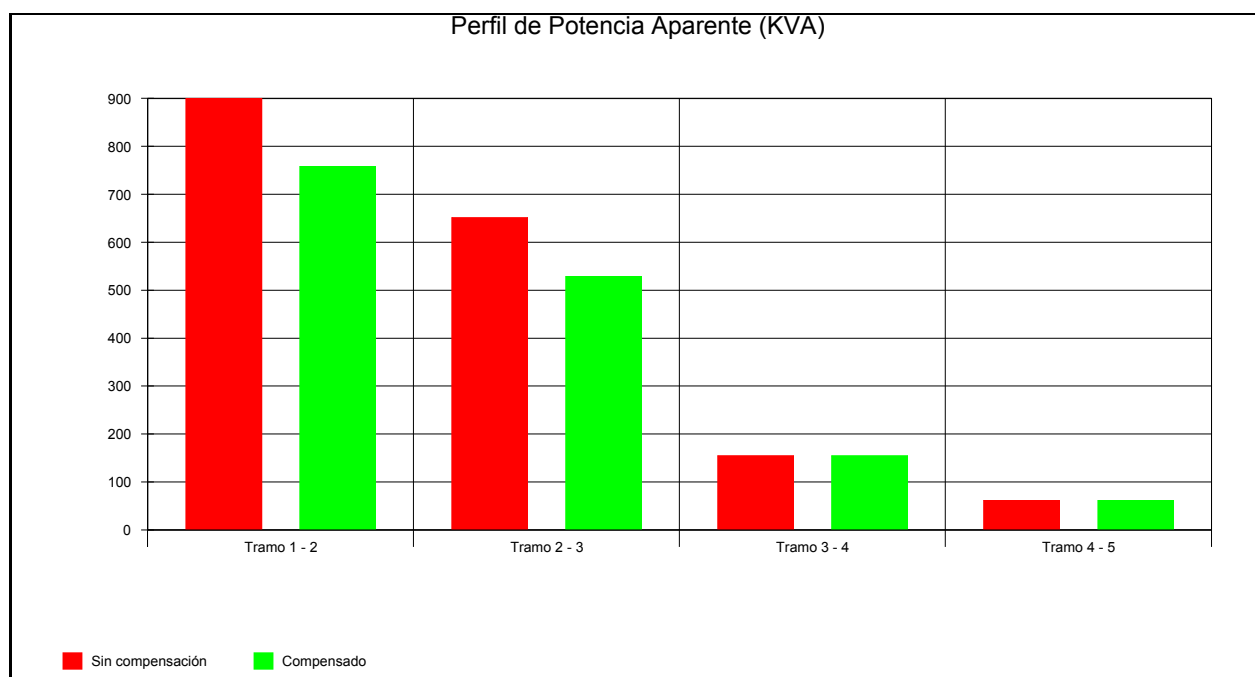


Fig. 4.23- Perfil de potencia aparente a carga máxima

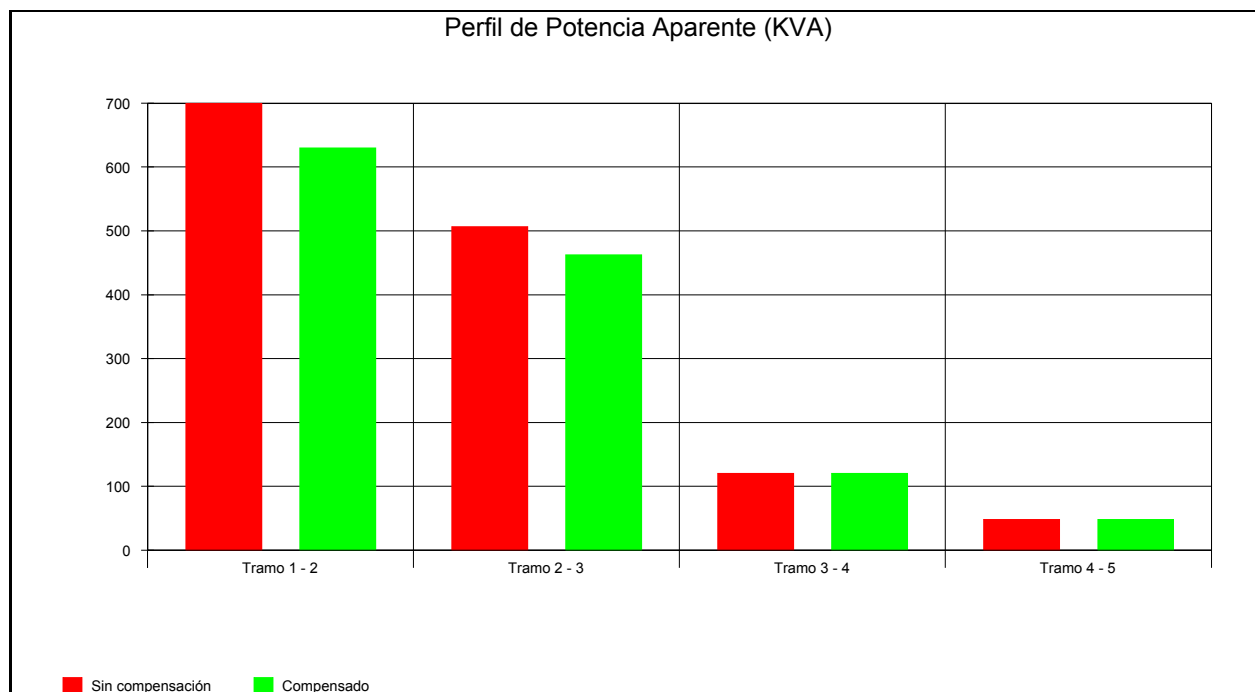


Fig. 4.24- Perfil potencia aparente a carga mínima

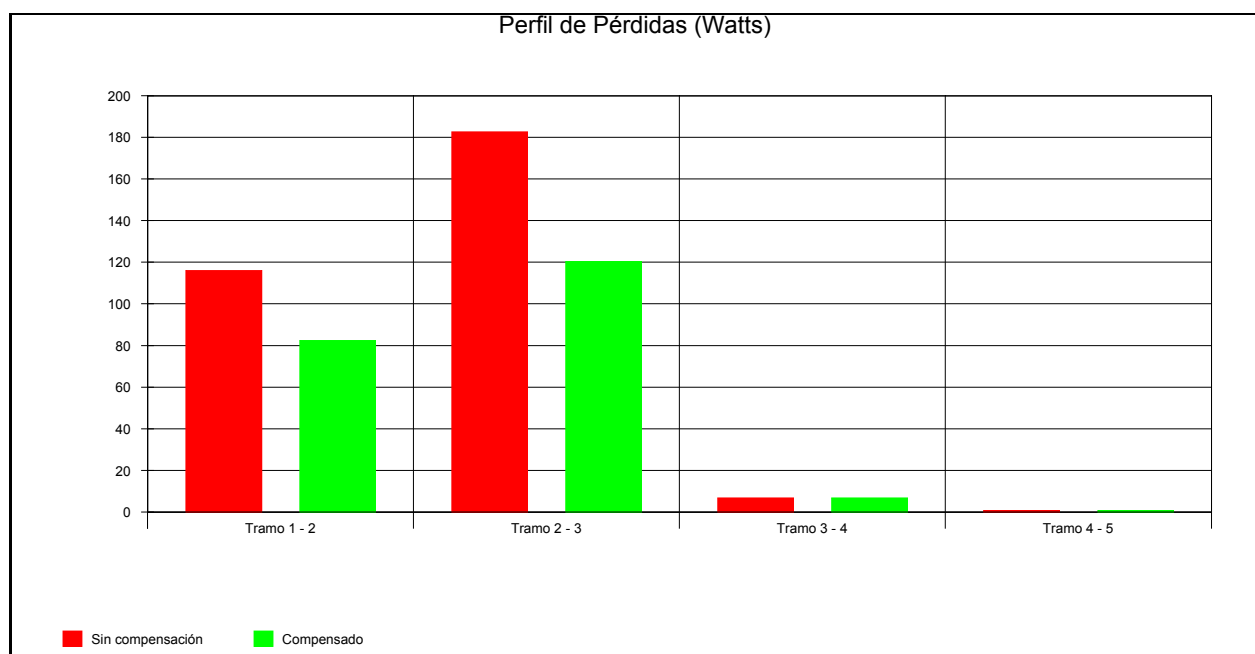


Fig. 4.25- Perfil de pérdidas a carga máxima

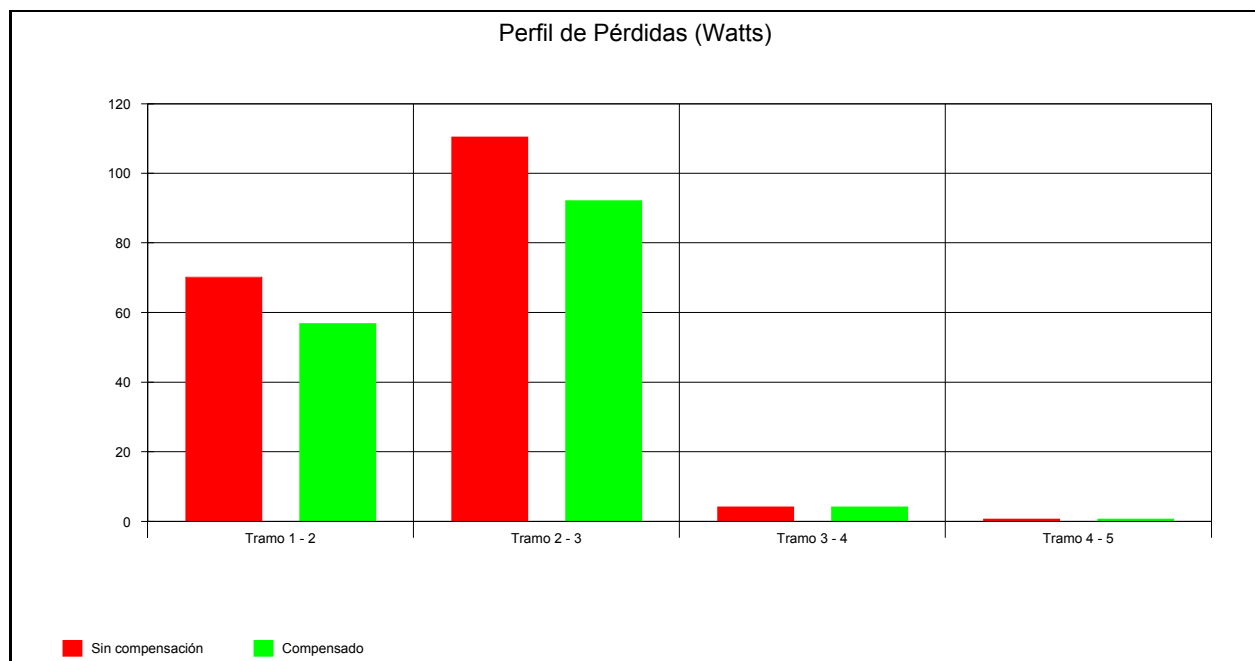


Fig. 4.26- Perfil pérdidas a carga mínima

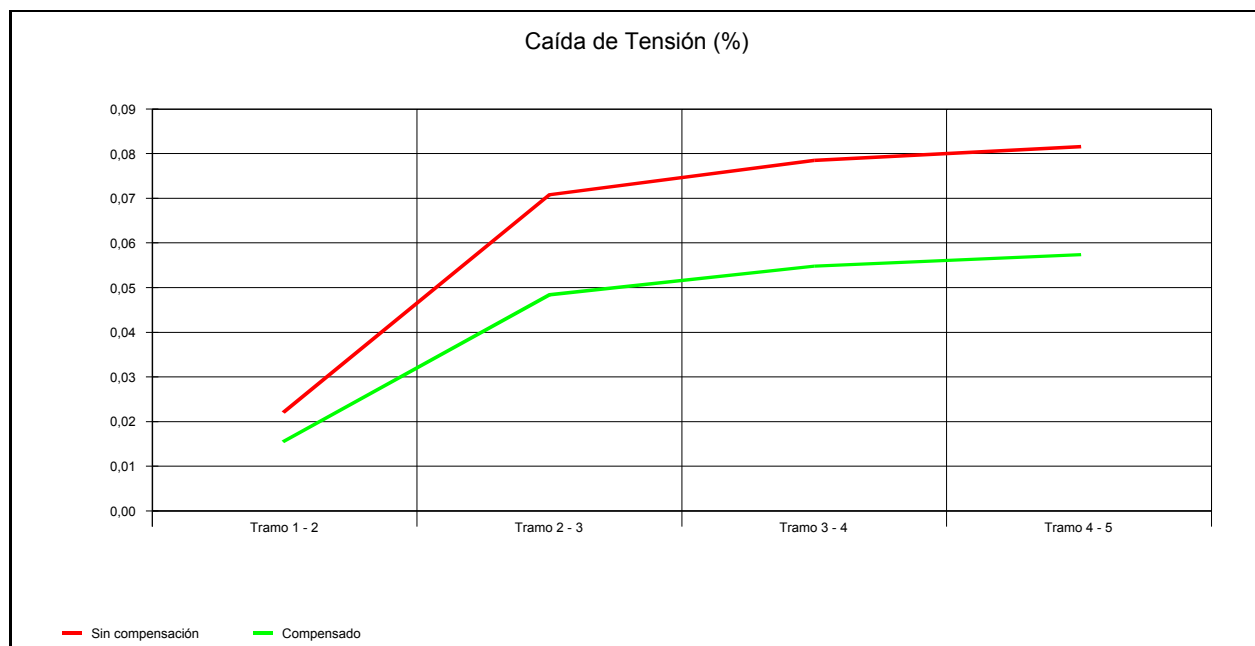


Fig. 4.27- Caída de tensión a carga máxima

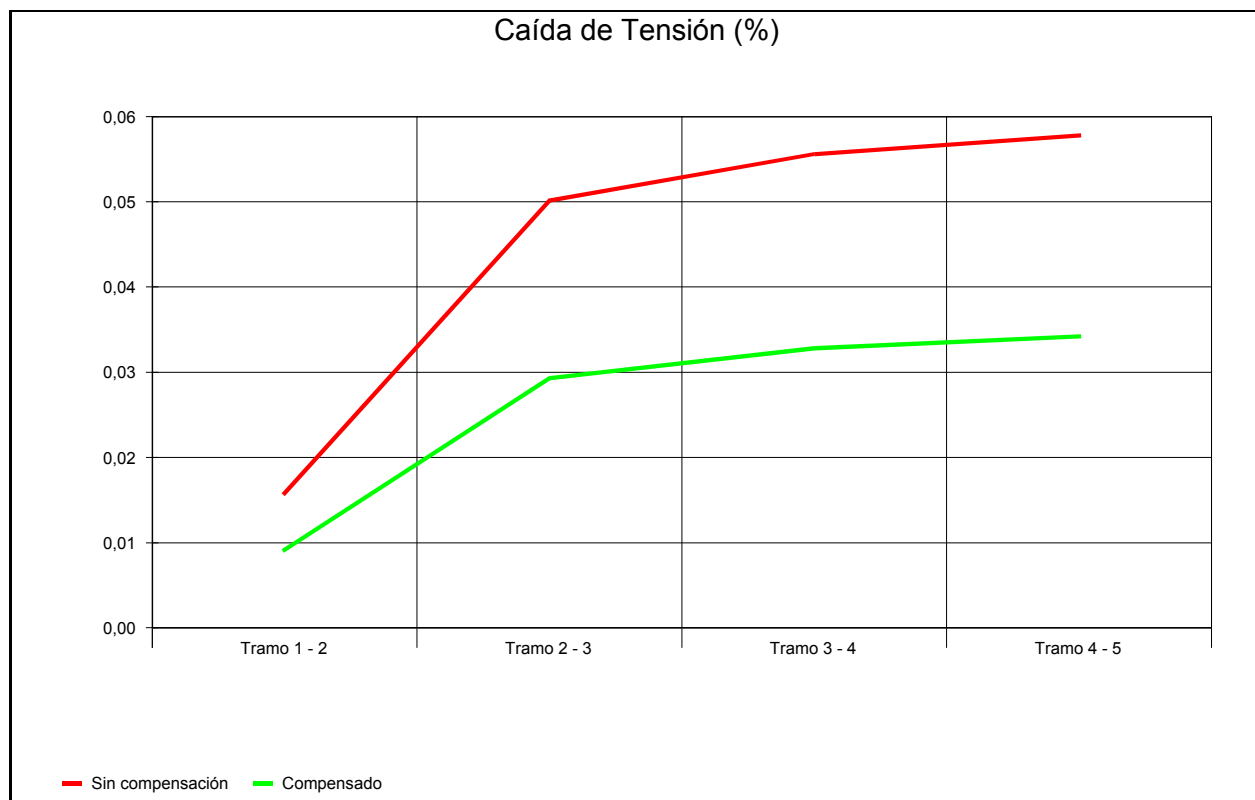


Fig. 4.28- Caída de tensión a carga mínima

**COMPARACION ENTRE RESULTADOS MANUALES Y
RESULTADOS EMITIDOS POR REACTIVO UC**

**Tabla 4.1- Resultados Emitidos por Reactivo UC**

Variable Eléctrica	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6
P (máx) [kW]	720	521,379	124,138	49,6552	248,276	148,966
P (mín) [kW]	630	456,207	108,621	43,4483	217,241	130,345
Q (máx) [kVAR]	240	91,0345	93,1034	37,2414	186,207	111,724
Q (mín) [kVAR]	5,12292	-79,0489	52,6074	21,043	105,215	63,1289
S (máx) [kVA]	758,947	529,267	155,172	62,069	310,345	186,207
S (mín) [kVA]	630,021	463,005	120,69	48,2759	241,379	144,828
Perd a S (máx) [W]	82,5709	120,469	6,90341	1,10455	13,8068	12,4261
Perd a S (mín) [W]	56,9003	92,1928	4,17614	0,668182	8,35227	7,51704
Caída a S (máx) [%]	0,0156509	0,0483944	0,0547943	0,0573542	0,0547943	0,0643941
Caída a S (mín) [%]	0,00914496	0,0293069	0,0328106	0,0342121	0,0328106	0,0380662

Tabla 4.2- Resultados Cálculos Manuales

Variable Eléctrica	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6
--------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------



P (máx) [kW]	720	521,37	124,13	49,65	248,75	148,96
P (mín) [kW]	630,01	456,20	108,86	43,44	217,24	130,34
Q (máx) [kVAR]	240	91,03	93,1	37,24	186,20	111,72
Q (mín) [kVAR]	5,10	-79,06	52,60	21,04	105,20	63,12
S (máx) [kVA]	758,94	529,25	155,16	62,06	310,72	186,20
S (mín) [kVA]	630,02	463	120,69	48,27	241,37	144,82
Perd a S (máx) [W]	82,56	120,43	6,90	1,10	13,84	12,45
Perd a S (mín) [W]	56,86	92,18	4,17	0,66	8,35	7,51
Caída a S (máx) [%]	0,0156	0,0483	0,0547	0,0573	0,0547	0,068
Caída a S (mín) [%]	0,0091	0,0293	0,0328	0,034	0,0328	0,040

CAPITULO V

COMPENSACION REACTIVA CONTROLABLE EN UN ALIMENTADOR PARA ELEVACION

5. SELECCIÓN DEL CIRCUITO PARA EL MONTAJE DE UN BANCO DE CONDENSADORES DEL TIPO CONTROLABLE



Se tomará como partida, los circuitos en los cuales ELEVAL intentó con anterioridad la aplicación de los bancos de condensadores sin éxito. Estos todavía se encuentran ubicados en sus racks en los postes donde se intentó poner en marcha, ello facilitará el trabajo por ahorrarnos el paso de montaje. Los circuitos son:

- Castillito I: Con una carga netamente comercial e industrial ubicada en el parque industrial Castillito del municipio San Diego. Este alimentador posee una longitud aproximada de 6.7 Kmts.
- Castillito II: Este circuito el cual tiene respaldos con Castillito I mediante seccionadores que se mantienen abiertos en condiciones normales de operación, alimenta cargas comerciales e industriales ubicadas entre el parque industrial Castillito y la zona industrial Los Guayabitos, ambas zonas pertenecientes al municipio San Diego. Dicho alimentador posee una longitud aproximada de 22 Kmts.
- Guacara 2: Este alimentador difiere de los dos circuitos anteriores debido a que alimenta una carga mayormente residencial en el municipio Los Guayos. El alimentador posee una longitud aproximada de 18 Kmts.

En lo que respecta al comportamiento eléctrico de las cargas que son suplidas de energía eléctrica por los 3 alimentadores, se presenta a continuación un resumen de las mediciones realizadas de Fp para tomar la decisión de escoger un solo alimentador como objeto de estudio.

Los datos que se muestran a continuación en la tabla 5.1 corresponden al tercer trimestre del año 2006.

Tabla 5.1-Factor de potencia durante el año 2006.

ALIMENTADOR	Fp a CARGA MÍNIMA	Fp a CARGA MÁXIMA [2006]	Fp PROMEDIO [2006]
--------------------	----------------------------------	---	-----------------------------------

	[2006]		
Castillito I	74.2%	96.4%	82.30%
Castillito II	82.2%	89.2%	95.6%
Guacara 2	85.6%	100%	96.1%

Para obtener los valores de potencia de cada circuito y al mismo tiempo realizar comparaciones de potencia entre los circuitos preseleccionados, se procederá a realizar las curvas de carga de cada uno de ellos correspondiente al mes de agosto del año 2006. Es necesario destacar que el comportamiento de las curvas de cargas en éstos alimentadores es repetitivo entre semanas, lo que a su vez las vuelve cíclicas entre meses.

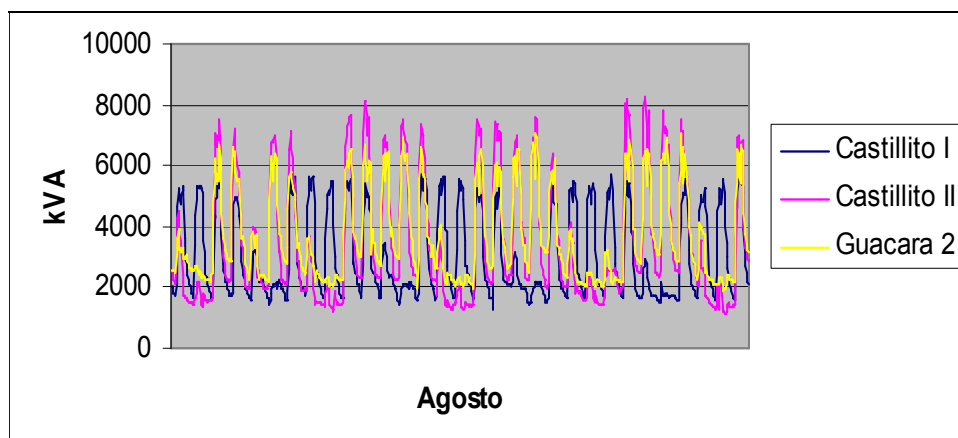


Fig. 5.1-Comparación en kVA entre los alimentadores.

Tabla 5.2-Resumen de potencia aparente.

ALIMENTADOR	kVA	kVA	kVA
-------------	-----	-----	-----

	08/2006 MÍNIMO	08/2006 MÁXIMO	08/2006 PROMEDIO
Castillito I	1308.13	5676.80	3054.36
Castillito II	1084.44	8293.06	3470.67
Guacara 2	1851.13	7083.65	3700.83

En la figura 5.1 se aprecia que el circuito que posee la mayor fluctuación de carga en kVA es el alimentador Castillito II, el cual también es el de mayor longitud; esto no necesariamente debe cumplirse, ya que es posible obtener un circuito de menor longitud con mayor carga que alimentar.

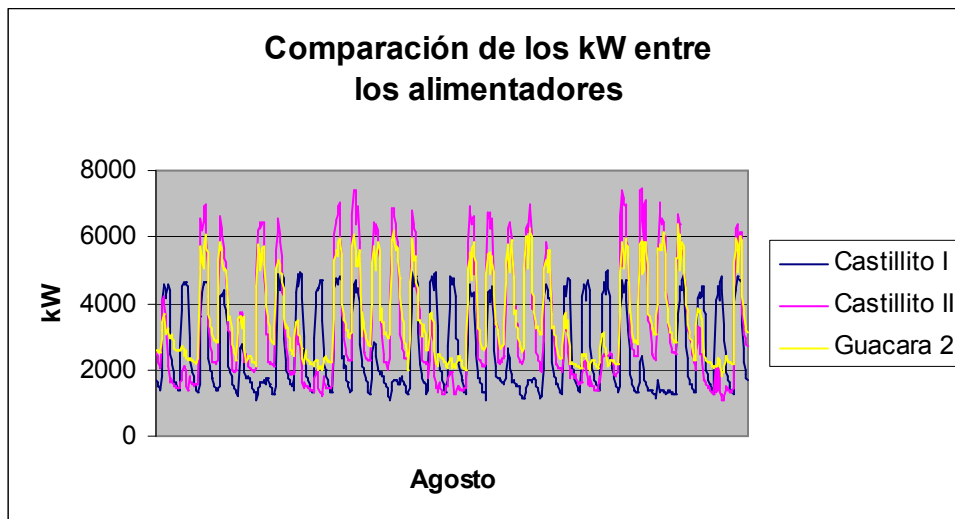


Fig. 5.2-Comparación en kW entre los alimentadores.

Tabla 5.3- Resumen de potencia activa.

	kW	kW 08/2006	kW 08/2006
--	----	------------	------------

ALIMENTADOR	08/2006 MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Castillito I	1084.44	4967.20	2560.47
Castillito II	1090.69	7488.63	3275.89
Guacara 2	1806.70	6388.37	3519.62

La tabla 5.3 presenta un resumen de la potencia activa que entregan los alimentadores preseleccionados para el estudio definido de uno de ellos, la figura 5.2 muestra este resumen en forma gráfica y como es de esperar en alimentadores sin interrupción alguna, la potencia activa nunca llega a ser cero ni en los momentos de mínima carga.

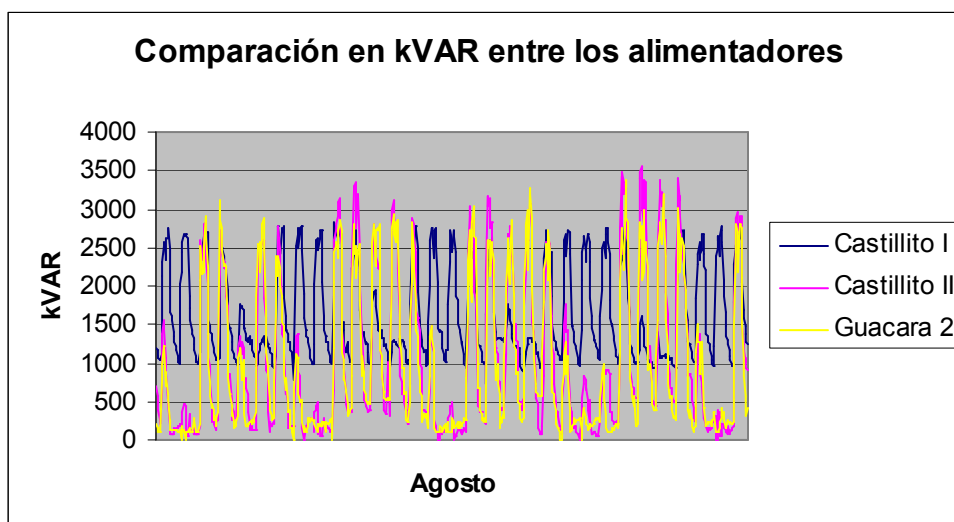


Fig. 5.3-Comparación en kVAR entre los alimentadores.

Tabla 5.4- Resumen de potencia reactiva.



ALIMENTADOR	kVAR 08/2006 MÍNIMO	kVAR 08/2006 MÁXIMO	kVAR 08/2006 PROMEDIO
Castillito I	731.57	2824.58	1655.60
Castillito II	0	3563.03	1065.46
Guacara 2	0	3382.95	1001.39

De los circuitos analizados hasta el momento, el de Castillito II y el de Guacara 2 en horas de menor demanda la potencia reactiva que éstos suministran disminuyen hasta cero, este valor se aprecia tanto en la figura 5.3 como en la tabla 5.4; lo cual es un indicativo de que en ese instante la potencia total entregada es potencia activa y por lo menos en ese momento estos circuitos no requieren de compensación.

Haciendo referencia a la tabla 5.1 es fácil darse cuenta, que de los tres alimentadores preseleccionados para el análisis, el que posee una condición mas desfavorable es el circuito de Castillito I por tener un factor de potencia promedio por debajo de 0,9, lo que se puede traducir en mayores pérdidas por unidad de longitud entre otras.

Según información suministrada por la empresa, en consultas y entrevistas, históricamente Castillito I presenta el factor de potencia mas bajo entre los tres circuitos preseleccionados por lo que se puede decir que es el más necesitado de compensación.

Por esta razón y por decisión de los responsables del área de compensación dentro de ELEVAL, para este proyecto se llegó a un acuerdo de realizar el estudio de este trabajo de grado en el alimentador **Castillito I**.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO CASTILLITO I

5.1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

El circuito Castillito I es un alimentador de 13.8 kV el cual procede de la barra 1 de la S/E **Castillito**, de 115/13.8 kV, doble barra en la salida y 5 circuitos por barra c/u de 13.8 kV. La S/E se encuentra ubicada en la zona industrial de San Diego al final de Av. Este-Oeste 97-A.

Los condensadores objeto de éste trabajo se encuentran ubicados en la Calle Este-Oeste L-97 entre Av. Norte-Sur-66 y Av. Norte-Sur-68 en el poste de ELEVACION identificado con la numeración E4AAL-N88.





Distribuidor Industrial N°1

Fig. 5.4-Ubicación geográfica del banco de condensadores.
Fuente: google earth.

5.1.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CIRCUITO CASTILLITO I

Los datos mostrados a continuación son graficados con una muestra de 24 mediciones por día durante todo el mes de agosto del año 2006, cabe destacar que el análisis del circuito se hará en función de un solo mes ya que la curva de carga para el alimentador en estudio es cíclica en todos los meses del año.

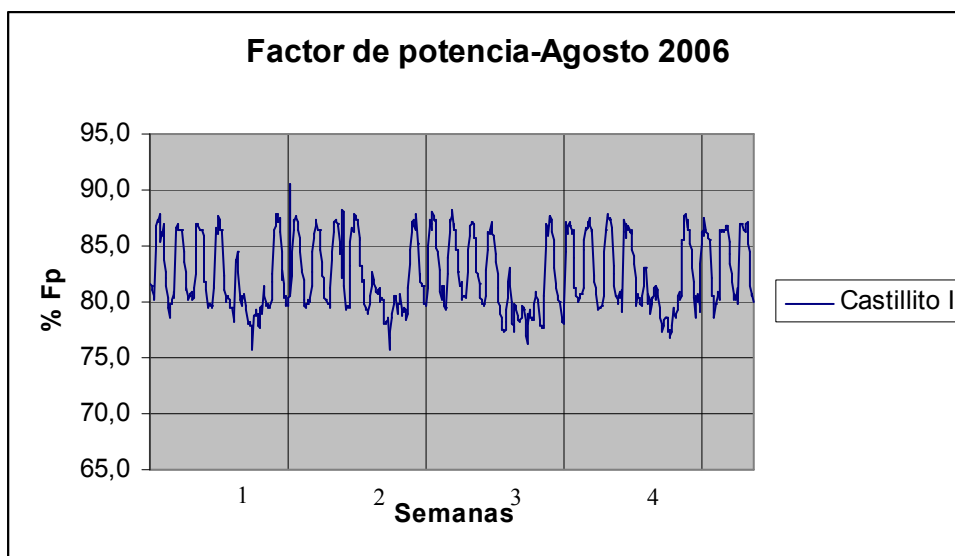


Fig. 5.5-Factor de potencia medido a cada hora.

Tabla 5.5- Factor de potencia Castillito I-Agosto 2006.

Factor de potencia mínimo	75,8%
Factor de potencia máximo	90,6%

Factor de potencia promedio	82,44%
------------------------------------	--------

Estos son datos tomados desde el martes primero de agosto del 2006 a la una de la madrugada hasta el jueves 31 del mismo mes a las 12 de la noche.

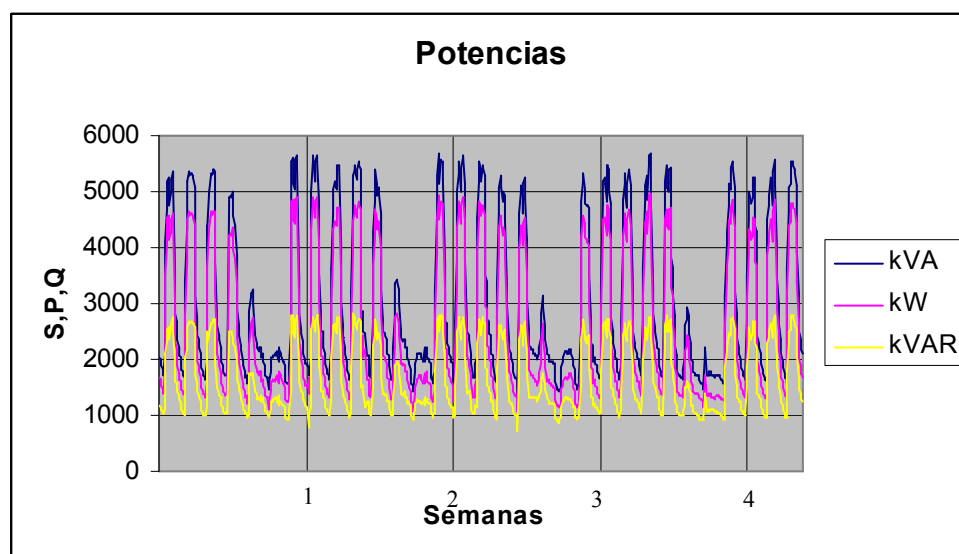


Fig. 5.6-Potencia entregada en el mes de Agosto por el alimentador a la salida de la S/E.

Tabla 5.6 Resumen de la potencia entregada por Castillito I a la salida de la S/E en AGOSTO 2006.

Potencia	S (kVA)	P (kW)	Q (kVAR) “sin compensación”
Valor mínimo	1308,13	1084,44	731,57
Valor máximo	5676,80	4967,20	2824,58
Valor promedio	3054,36	2560,47	1655,60



Si observamos detalladamente cada una de las figuras 5.5 y 5.6 podemos darnos cuenta que el comportamiento de la curva tiene un comportamiento periódico, esto debido a las actividades rutinarias de cargas que siguen las empresas y/o suscriptores que se encuentran conectados a la red. Esta tendencia cíclica se manifiesta de manera semanal, es decir, que si tomamos las mediciones hechas de una sola semana podemos realizar una evaluación confiable para la determinación del suministro de reactivos en dicho circuito.

Para poder apreciar mejor la potencia entregada por el alimentador Castillito I a la salida de la S/E, es necesario que en la figura 5.6 se amplíe el eje de las abscisas, lo que a su vez es preferible enfocaremos en un día de la semana del mes de agosto del año 2006, esto con el objeto de hacer un estudio exhaustivo de la potencia reactiva que es demandada por los suscriptores conectados al alimentador.

Tabla 5.7- Demanda del alimentador el 01 de Agosto del 2006.

Castillito I - 01/08/06					
Hr	I	Fp	kVA	kW	kVAR
1	83,00	81,60	2048,58	1671,64	1184,19
2	81,00	81,50	1999,22	1629,36	1158,47
3	76,00	81,40	1875,81	1526,91	1089,59
4	74,00	81,10	1826,45	1481,25	1068,56
5	72,00	80,60	1777,08	1432,33	1051,88
6	70,00	80,20	1727,72	1385,63	1032,01
7	86,00	84,80	2122,63	1799,99	1124,98
8	166,00	85,60	4097,17	3507,17	2118,14
9	189,00	86,80	4664,85	4049,09	2316,40
10	210,00	87,40	5183,16	4530,08	2518,63
11	212,00	87,10	5232,53	4557,53	2570,65
12	202,00	87,80	4985,71	4377,45	2386,46
13	193,00	87,10	4763,57	4149,07	2340,26
14	203,00	85,30	5010,39	4273,86	2614,98
15	211,00	86,30	5207,84	4494,37	2631,02
16	217,00	85,90	5355,93	4600,75	2742,11
17	204,00	87,00	5035,07	4380,51	2482,55
18	146,00	83,80	3603,53	3019,76	1966,34

19	120,00	82,60	2961,81	2446,45	1669,48
20	114,00	82,10	2813,72	2310,06	1606,43
21	109,00	81,40	2690,31	2189,91	1562,71
22	96,00	80,30	2369,45	1902,66	1412,14
23	90,00	79,50	2221,36	1765,98	1347,49
24	84,00	78,50	2073,26	1627,51	1284,38

Fuente: Equipo MEMOBOX 300.

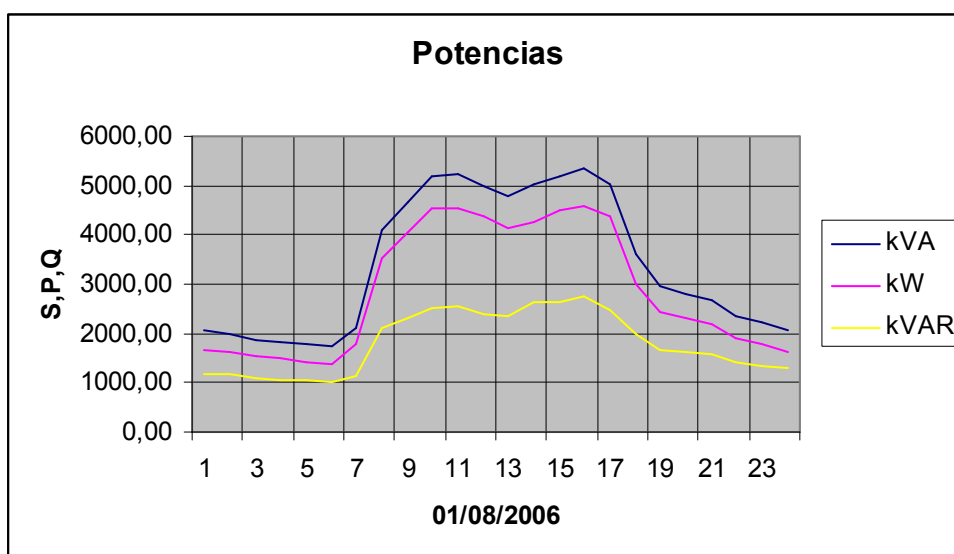


Fig. 5.7-Potencia entregada en un día por el alimentador a la salida de la S/E

Tabla 5.8- Resumen de la potencia entregada el día 01/08/2006 por Castillito I a la salida de la S/E.

Potencia	S (kVA)	P (kW)	Q (kVAR) "sin compensación"
Valor mínimo (6 Hrs)	1727,72	1385,63	1032,01
Valor máximo (16 Hrs)	5355,93	4600,75	2742,11
Valor promedio	3397,85	2873,15	1805,11
Factor de carga = 0,63			

Los valores que se aprecian en la tabla 5.7 han sido copiados por los instrumentos de medición que se encuentran en la S/E y corresponden al circuito Castillito I, en fecha martes primero de agosto del año 2006, a partir de los valores de la tabla antes enunciada es que se



obtiene la figura 5.7 y la tabla 5.8; en resumen se aprecia que el comportamiento de las curvas de carga poseen un ligero ascenso desde las 6:00am hasta las 11:00am, para luego experimentar una breve caída desde las 11:00am hasta la 1:15pm aproximadamente, hora a partir de la cual comienza a subir hasta alcanzar su punto máximo a las 4:00pm, para luego ir descendiendo paulatinamente hasta las 6:00 del próximo día.

Los datos recopilados para la puesta en funcionamiento del banco de condensadores controlable son tomados del mes de Agosto, ya que éstos son los más recientes de los que se tiene disposición, además cabe destacar que durante este mes las condiciones de operación de dicho alimentador fueron normales y continuas, ya que no se realizaron operaciones de maniobras con los seccionadores de contingencia que se encuentran normalmente abiertos ni se registraron fallas importantes ni cortes por ninguna causa.

5.2 UNIDAD DE CONTROL “QEI” PARA LOS INTERRUPTORES DEL BANCO DE CAPACITORES.

5.2.1 DESCRIPCION DEL MICROCAP

Son unidades inteligentes de marca COOPER para comandar el switcheo de bancos de condensadores de tipo controlable, para ser ubicados en estructuras de tipo poste. En la figura 5.9 se presenta una de estas unidades la cual pertenece a la empresa de ELEVAL y se encuentra ubicada en el circuito en estudio (Castillito I); por haber sido instalada hace mucho tiempo fue necesario la inspección visual de las mismas para evitar que pudieran existir partes flojas o dañadas por cualquier causa.

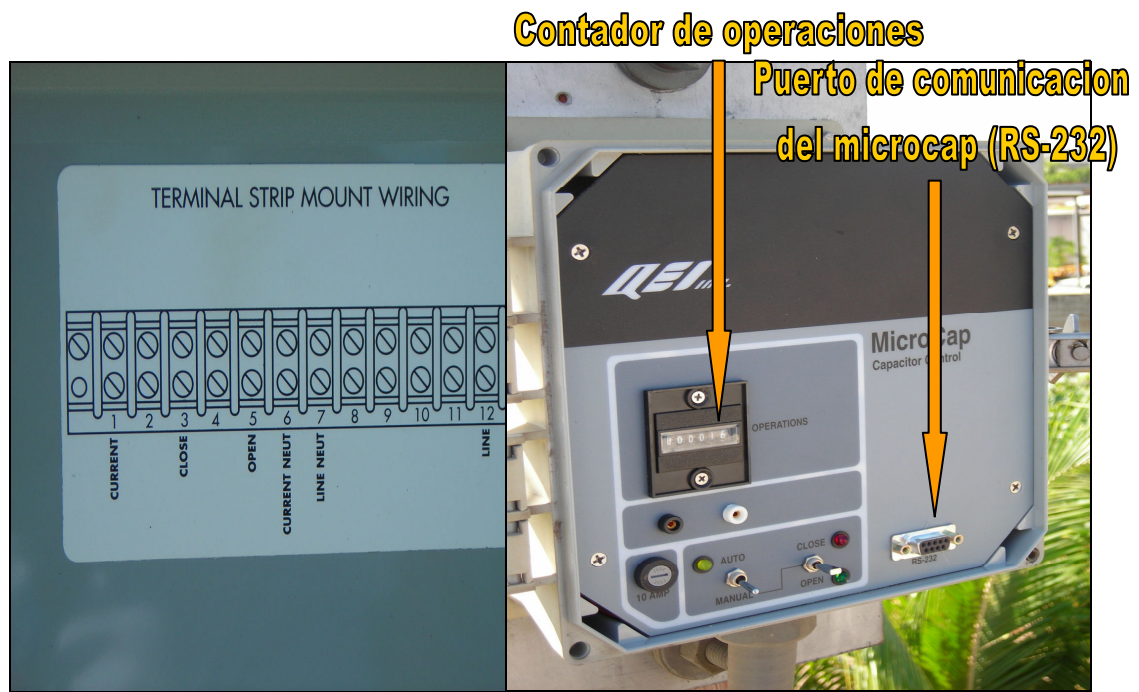


Fig. 5.8-Caja de terminales internos del MicroCap

Fig. 5.9-MicroCap Qei

El MicroCap presenta las siguientes características:

- Puede controlar al interruptor del banco de capacitores mediante variables eléctricas y no eléctricas como:
 - a. Corriente.
 - b. Voltaje.
 - c. Potencia activa.
 - d. Potencia reactiva.

- e. Factor de potencia.
- f. Tiempo.
- g. Fecha.
- h. Día de la semana.
- i. Temperatura.

- Permite el cierre o disparo del interruptor bajo valores aproximados de voltaje de línea, éste nuevo parámetro es denominado por el fabricante voltaje de corrección.
- Tendencia histórica del promedio de todos los parámetros eléctricos bajo criterios de 1, 2, 5 y 15 minutos.
- La comunicación con él se puede realizar a través de un puerto RS-232. (DB9).

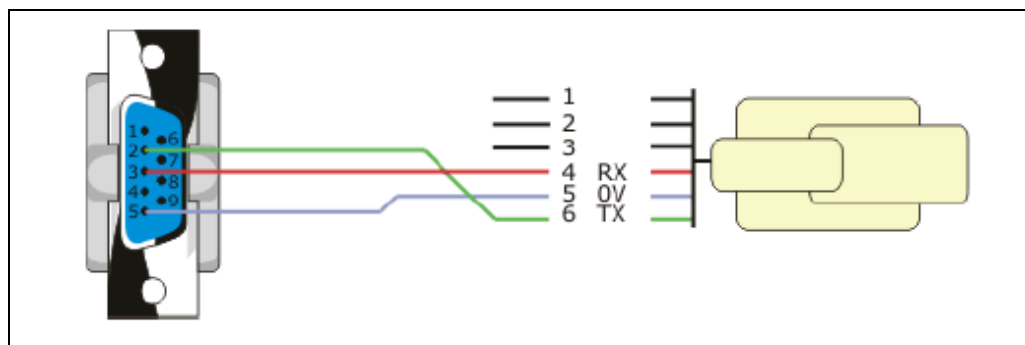


Fig. 5.10-Comunicación RS-232. (DB9).

- Permite realizar operaciones vía radio, celular y telefónica a través de un MODEM.
- El equipo puede ser alimentado con tensión de 120 ó 240 voltios (se obtiene del lado del secundario del transformador de servicio). En nuestro caso es un transformador monofásico de 120 volts en el secundario, este tiene un cable negro para la fase y uno blanco para el conductor de neutro.
- Puede usarse uno de los siguientes sensores de corriente:
 - a) Fisher-pierce 60[amp]:1[volt].
 - b) Lindsey 600[amp]:10[volts].



c) TC estándar X[amp]:5[amp].

5.2.2 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL SENSOR DE CORRIENTE

El sensor de corriente a usar es el Fisher Pierce de la serie 1301 el cual se usa para ser instalado en postes, poseen un alto nivel de exactitud y mantienen un método de medición bastante confiable en sistemas de distribución. Puede ser instalado sin la interrupción del servicio, lo que a su vez representa un bajo costo de instalación.

El sensor es construido mediante un aislador de porcelana con un devanado interno que se acopla inductivamente al conductor. El voltaje inducido en el devanado es directamente proporcional a la corriente alterna que circula por el conductor.

Estos sensores pueden ser empleados en bancos de condensadores variables y en relés de protección.

Instrucciones para una correcta instalación del sensor de corriente Fisher Pierce de la serie 1301:

- Antes de iniciar el procedimiento de instalación se debe desempacar y visualizar el equipo para verificar que no halla sufrido ningún daño en el traslado.
- Por medidas de seguridad no se debe conectar el sensor sin antes conectar la base del sensor a tierra al igual que la de los diversos objetos.
- Para una medición correcta del sentido de la corriente el sensor debe estar con los bornes de conexión hacia la carga. De caso contrario la medición obtenida se interpreta como una corriente en sentido opuesto a la que realmente esta pasando.
- El sensor debe estar ubicado entre la fuente y el banco de condensadores controlable, tal cual como es representado en la figura 5.11-a y en la figura 5.11-b.

- El conductor de puesta a tierra para este sensor debe ser mínimo de calibre #6 AWG.
- Puede ser empleada una almohadilla de caucho entre el conductor y la ranura del sensor para lograr una mejor medición.

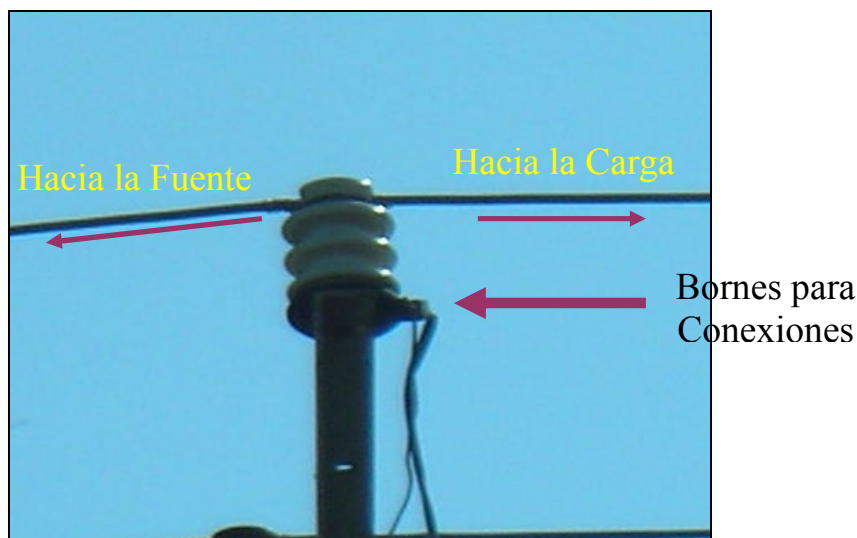


Fig. 5.11-a Ubicación del sensor.

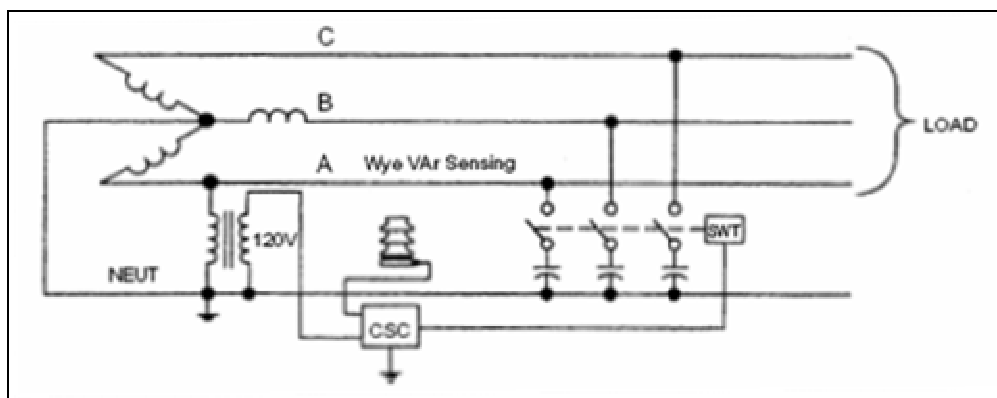


Fig. 5.11-b Diagrama de conexiones y/o ubicación de los componentes.

Fuente: www.joslynhivoltage.com

El valor de tensión inducido en el sensor, debe ser multiplicado por un factor de corrección el cual depende del calibre del conductor empleado en la línea y que es determinado a partir de la gráfica que se muestra en la figura 5.12; además las ecuaciones para determinar la

tensión inducida depende de la frecuencia de trabajo, en nuestro país la frecuencia normalizada es de 60 Hz, por tal razón debe emplearse la ecuación 5.1.

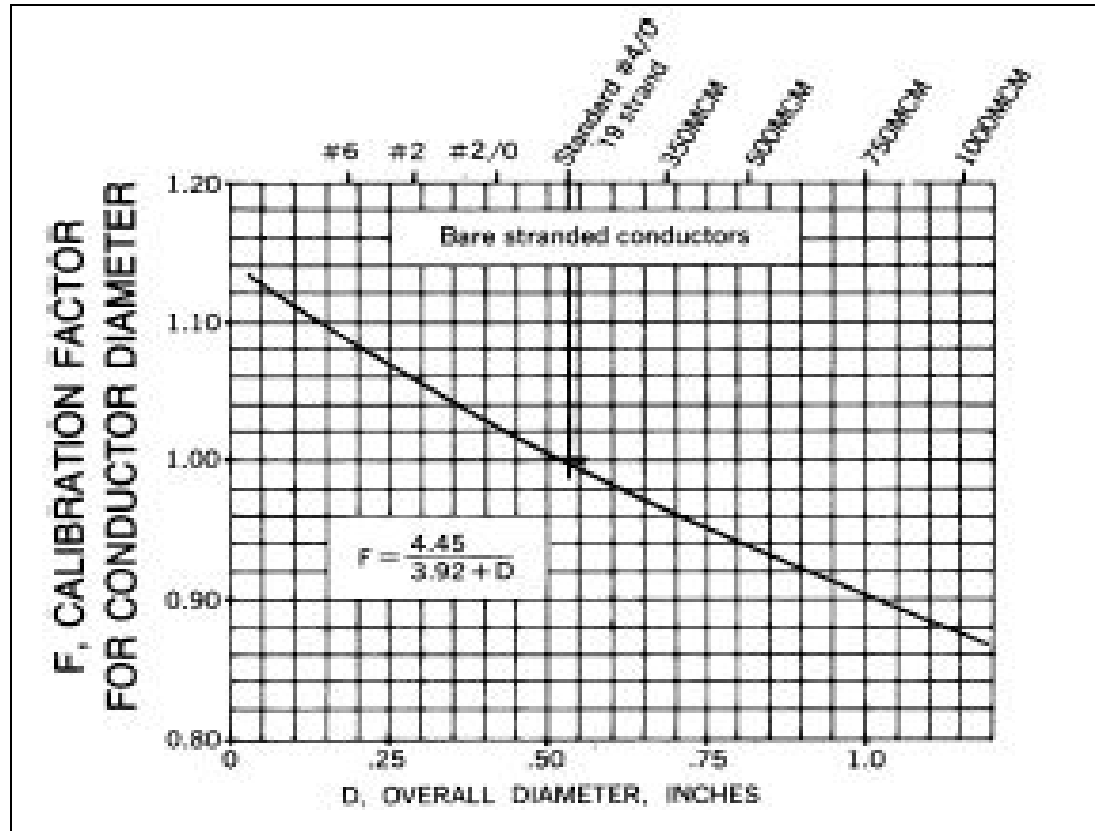


Fig. 5.12-Curva de factor de corrección de tensión inducida en el sensor.

Fuente: www.joslynhivoltage.com

A partir de las siguientes ecuaciones se determina el factor de corrección

$$E_o = \left(\frac{I}{60} \right) \times F @ 60Hz \quad (5.1)$$

$$E_o = \left(\frac{I}{72} \right) \times F @ 50Hz \quad (5.2)$$

Donde:



F: Factor de corrección o calibración.

I: Corriente de línea.

E_O : Tensión inducida.

5.2.3 INSTALACIÓN DEL HARDWARE DEL MICROCAP

Después de verificar que la estructura permite una instalación físicamente posible, para realizar una correcta conexión de cada uno de los elementos que compone la instalación del banco de condensadores controlable, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- El sensor de corriente debe ser ubicado entre la fuente y la conexión del banco de capacitores en la línea.
- Todos los elementos deben estar debidamente aterrados, con excepción del banco de condensadores el cual posee una configuración de neutro flotante.
- Las señales de voltaje y corriente deben provenir de algunas de las fases y los valores deben ser leídos por el MicroCap para que éste a su vez pueda realizar la medición correcta y de la orden de apertura y cierre según sea la condición pre-establecida.

El conector del MicroCap está diseñado para cinco puntos eléctricos, los cuales controlarán los parámetros de control de los switcheos. Estos son:

- Corriente inyectada por el sensor de corriente.
- Conductor para el cierre de los interruptores.
- Conductor para la apertura de los interruptores
- Alimentación principal.
- Referencia de tensión del sistema (tensión cero o tierra) y aterramiento del equipo

La figura 5.13 muestra la manera de instalación de los componentes necesarios para el MicroCap y su ubicación en el poste.

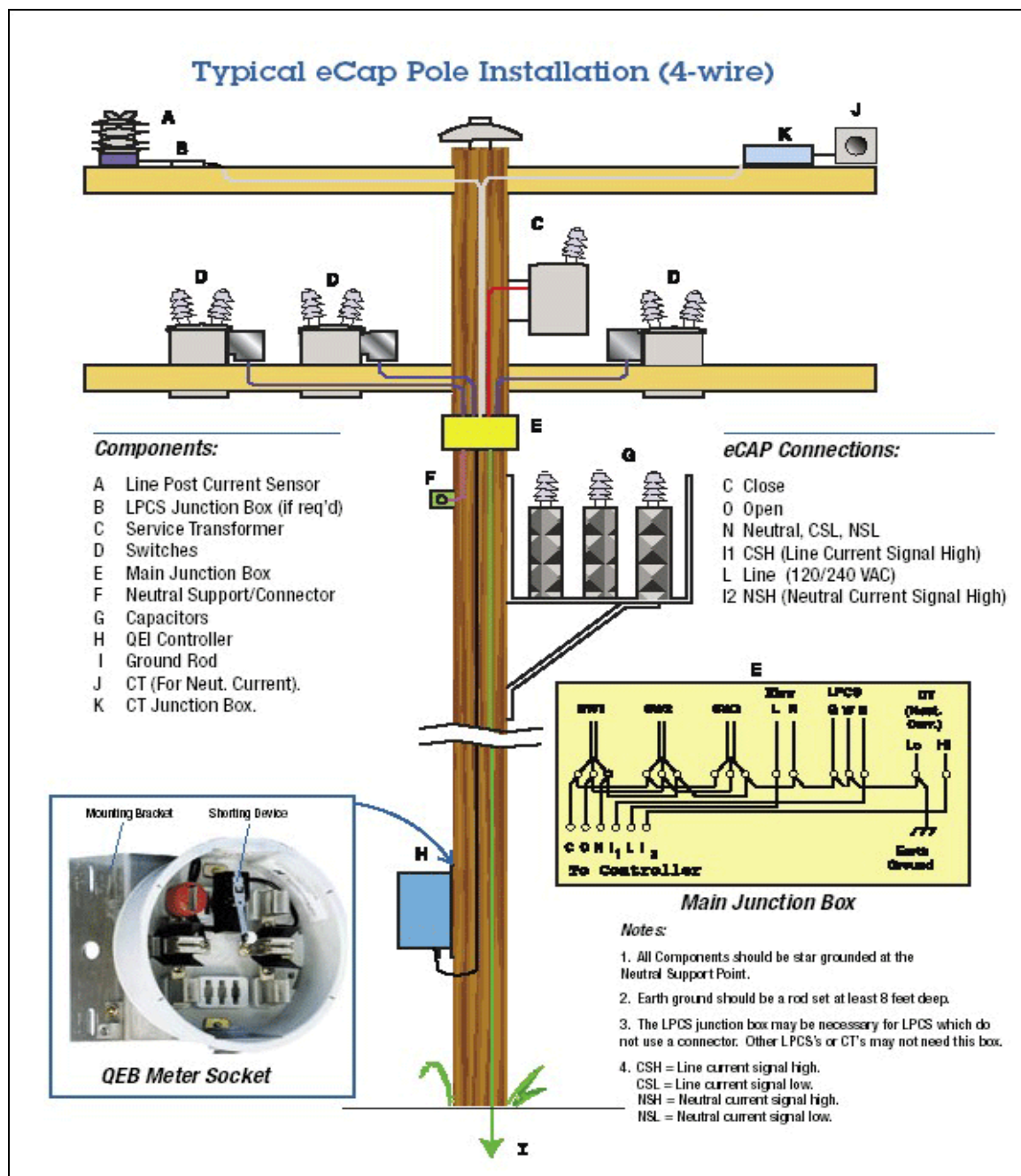


Fig.-5.13 Diagrama de conexiones para configuración estrella con neutro flotante.

Fuente: www.qeinc.com

5.3 CONDENSADORES EMPLEADOS

El banco de condensadores controlable fue comprado a la empresa Cooper Power Systems, la cual suministró al momento de su compra una garantía que se describe a continuación.

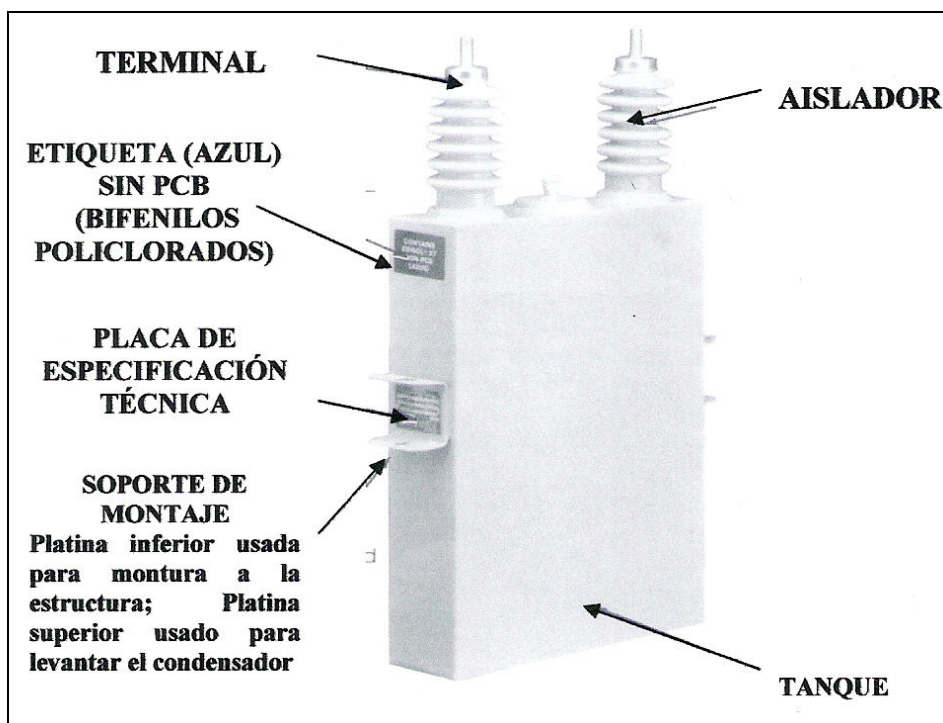


Fig. 5.14-Unidad Capacitiva.

5.3.1 VIDA ÚTIL DE LOS CONDENSADORES

La vida útil de los condensadores es acortada por sobreesfuerzos, sobrecalentamiento, cambios químicos, daños físicos o cambios de temperatura repetidos. La vida para el 90% de los sobrevivientes debería exceder 20 años.

Tabla 5.9-Rangos Tolerables para Condensadores.

Variable Eléctrica	Valores Máximos
Temperatura	55 °C
Voltaje	110%
Voltaje pico	141%
Corriente	180%
Potencia reactiva	135%
Potencia reactiva exceso de fabricación	115%

La tabla 5.9 presenta los valores máximos con respecto a variables eléctricas en las cuales deben trabajar los condensadores, una vez superado estos valores el fabricante no asegura el buen funcionamiento de los mismos.

5.3.2 FUNCIONAMIENTO

- **Normal**

El banco de condensadores conectado en paralelo causará un alza del voltaje en los puntos cercanos al punto de conexión al sistema. El alza de voltaje depende de la magnitud de la capacidad instalada y la impedancia entre la ubicación del banco y la fuente. El voltaje de placa de los condensadores y la operación de sobrevoltaje permisible son generalmente más altos que los establecidos para motores y otros equipos. Existe una condición de operación normal en el banco de condensadores, cuando el rango de voltaje es aplicado y todos los condensadores están funcionando apropiadamente. Bajo condiciones de operación normal, la operación de los kVAR del banco no deben exceder 135% de los kVAR nominales. Estos 135 % son debidos a la suma de kVAR por exceso de voltaje a frecuencia normal y a los kVAR sobre lo especificado en la placa de identificación que resultan de las tolerancias del fabricante.

- **Sobrevoltaje**

Los condensadores se diseñan para permitir funcionamiento continuo del banco a voltajes de 110% del voltaje nominal. A 110% del voltaje nominal, existe un aumento del 21% en los kVAR. El rendimiento de kVAR de los condensadores varía directamente al cuadrado del voltaje aplicado a voltaje nominal.

$$S = \sqrt{3} * V_L * I_L \quad (5.3); \quad I_L = \frac{\left(\frac{V_L}{\sqrt{3}} \right)}{X_c (1\phi)} \quad (5.4)$$

Sustituyendo;

$$S = \sqrt{3} * V_L * \frac{\left(\frac{V_L}{\sqrt{3}} \right)}{X_c (1\phi)} \rightarrow \boxed{S = \frac{(V_L)^2}{X_c (1\phi)}} \quad (5.5) \quad \text{Si } V_L \text{ aumenta 110\% tenemos:}$$

$$S_{NUEVA} = \frac{(1,1 * V_L)^2}{X_c (1\phi)} = 1,21 * \frac{(V_L)^2}{X_c (1\phi)} \quad \text{Lo que representa un 21\% de la potencia anterior.}$$

$$\boxed{S_{nueva} = 1,21 * S} \quad (5.6)$$

La operación del banco sobre 110% del voltaje nominal por períodos de tiempo extendidos acortará la vida de los condensadores, y sólo será permitido en caso de emergencia. Los Sobrevoltajes ocasionales causados por interrupciones, podrían seguramente exceder 110% para los períodos cortos. Estos Sobrevoltajes son permisibles puesto que se proporciona un factor de seguridad en el diseño de los condensadores. También deben considerarse las posibles operaciones de sobrevoltaje debido a fallas de unidades interna en el condensador (quedando con el número mínimo de condensadores por el grupo de la serie). La magnitud de sobrevoltaje que puede tolerarse sin la pérdida de vida del condensador depende de la duración y número de veces que ocurra cada sobrevoltaje. Los valores mostrados en tabla 5.10 están basados en las expectativas de vida, con sobrevoltajes que ocurre 200 a 300 veces durante la vida del condensador.

Tabla 5.10-Sobrevoltaje Permisible @ 60Hz.

Duración Tiempo	Veces del Voltaje Nominal
½ ciclo	3.00
1 ciclo	2.70
15 ciclos	2.00
1 segundo	1.75
15 segundos	1.40
1 minuto	1.30
5 minutos	1.20
30 minutos	1.15

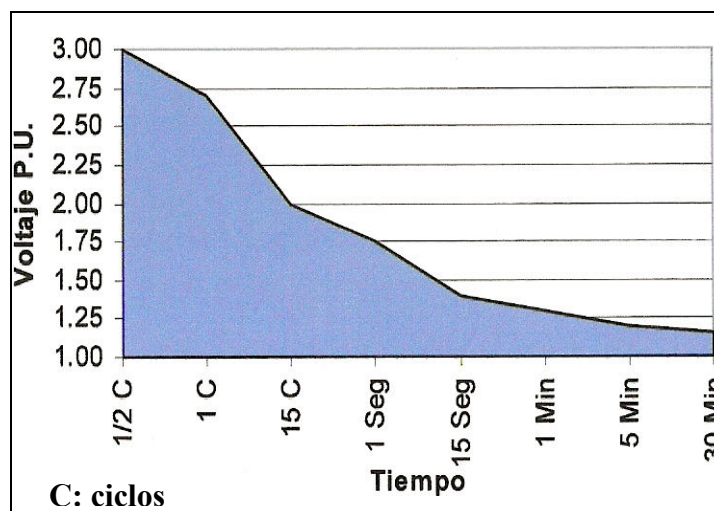


Fig. 5.15-Sobrevoltaje Permisible en Condensadores.



- **Bajo voltaje**

El banco puede ser operado a voltajes que son menores que el voltaje nominal del condensador. Mientras, tal operación no es dañina, este llega a ser económicamente rentable pero no es una aplicación recomendada debido a que no se aprovecha al máximo el banco de capacitores ya que el rendimiento del kVAR variará (en éste caso disminuirá) con el cuadrado del voltaje aplicado respecto al voltaje nominal como se demuestra en la ecuación 5.6.

5.3.3 CAPACITANCIA

Los condensadores son contruidos con tolerancia industrial permisible sobre la capacitancia es 0% a +15% medido a 25°C. El estándar de fabricación prescribe que la tolerancia de capacitancia normal de la unidad dejando la fábrica es de 0% a +8%. La tabla 5.11 muestra las capacitancias normales basados en 0% a +8% de tolerancia industrial. El cortocircuito de un grupo de la serie interior en el condensador producirá un aumento predecible en el nivel de capacitancia. Ésta es la base para determinar la capacitancia de condensadores parcialmente fallados como muestra la tabla 5.11. Una unidad capacitiva esta formada por conexiones internas de pequeños condensadores. Cuando estos condensadores internos fallan (en cortocircuito), se incrementa la capacitancia total de la unidad capacitiva, este valor de capacitancia es predecible.

Tabla 5.11-Valores de Capacitancia.

Condensador	300 kVAR	
Tensión fase-neutro	Rango normal (μF)	Unidad parcialmente dañada (μF)
7960	12.55 – 12.43	Mayor a 16.73

5.4 FUSIBLES EMPLEADOS

Los fusibles instalados han sido del tipo individual por condensador, y fueron seleccionados de acuerdo a las siguientes características:

- Conducir la corriente del banco con adecuada disponibilidad para sobrecargas normales causada por regulación de voltajes, armónicos, tolerancia en capacitancia.
- Detectar y aislar la fase fallada antes de que la presión del gas interno cause una violenta ruptura del condensador fallado ya que la permanencia de la falla puede causar daños a las otras unidades capacitivas por elevación del voltaje.

5.4.1 DETERMINACION DE LA CORRIENTE NOMINAL DEL FUSIBLE

El fusible protector del condensador es escogido tal que su capacidad de corriente sea igual o mayor al 135% de la corriente nominal en la conexión estrella con neutro puesto a tierra y 125 % para estrella con neutro flotante (esta es la configuración empleada por ELEVAL). Este sobre dimensionamiento incluye los efectos de sobrevoltajes (110%), tolerancia del condensador (5% a 15%), y armónicos (5% para la configuración estrella con neutro flotante). El tamaño mínimo del fusible para la aplicación estrella con neutro flotante es calculado como se presenta a continuación:

$$\text{Corriente nominal: } I = \left(\frac{kVAR_{3\phi}}{\sqrt{3} * kV_{LL}} \right) \quad (5.7)$$

$$\text{Corriente de fusible: } I = 1.25 * \left(\frac{kVAR_{3\phi}}{\sqrt{3} * kV_{LL}} \right) \rightarrow I = 47,12 \text{ Amp} \quad (5.8)$$

Obteniéndose como resultado 42,12 que no corresponde a ningún fusible comercial, por lo que deberá seleccionarse el fusible comercial superior próximo, (fusibles tipo K de 50 A, para bancos de condensadores de 900 kVAR.)

5.5 PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL DEL MICROCAP

El software de operación del banco de condensadores es el **Smartware** de QEI Inc.'s COOPER. El Smartware presenta en su ventana inicial una estructura de algoritmo con la posibilidad de adicionar los parámetros eléctricos y no eléctricos los cuales serán tomados como referencia para la manipulación del interruptor que permitirá la entrada y salida del banco de condensadores.

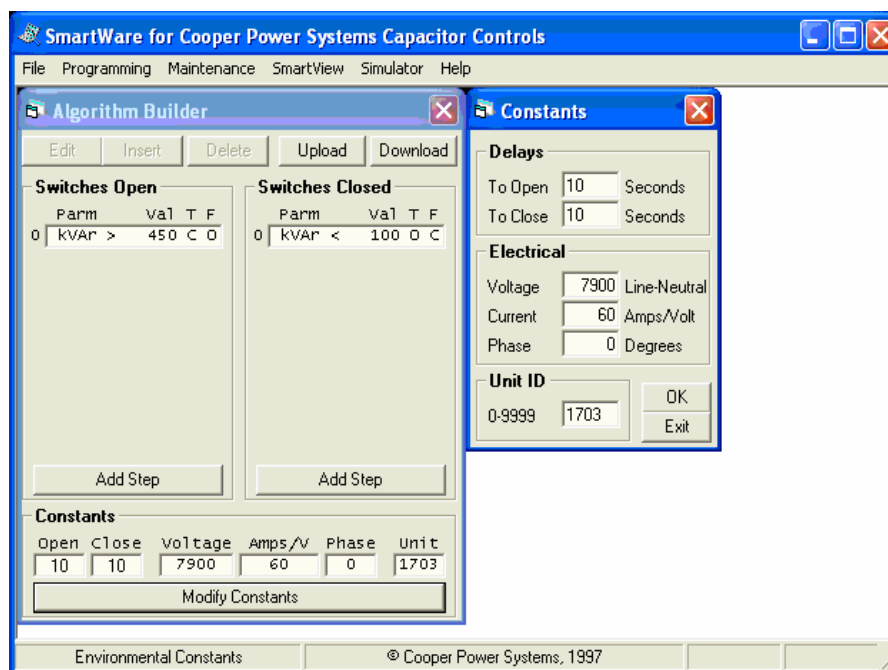


Fig. 5.16 Ventana inicial del Smartware.

Entre las opciones que se presentan en la adición de datos en la estructura del algoritmo se encuentra la modificación de constantes en donde existe la posibilidad de asignarle valores en segundos al tiempo de retardo de apertura y cierre del interruptor.



5.6 CONDICIONES DEL MICROCAP SIN CONTROL EXITOSO DEL SWITCHEO EN CASTILLITO I.

Se realizaron entrevistas a las personas que de una u otra forma intervinieron en el proceso de instalación y conexión del banco de condensadores y que fueron testigos, además conocedores del problema. En estas citas los entrevistados manifestaron lo siguiente:

“Después de programar el equipo (estando los interruptores abiertos), éste parecía estar en condición normal, pero después de cerrados los interruptores, el MicroCap mostraba una señal de salida de los condensadores y pasados diez minutos era permitida la apertura de los interruptores sin estar cumplidas las condiciones predeterminadas de apertura y cierre”. Por esta razón ilógica del funcionamiento del algoritmo se decidió colocarlos en operación manual y fuera de servicio, sin embargo se dejaron colocados en el poste previniendo la necesidad de esa capacitancia de manera fija”.

Esta problemática se manifestó en cada uno de los tres circuitos en que se colocaron bancos de condensadores de tipo controlable, quedó casi descartada la posibilidad de un defecto de fábrica en el MicroCap.

Por ello es necesario buscar la raíz del problema o los problemas que están afectando el buen funcionamiento del equipo. La labor entonces es buscar hipótesis de errores humanos en la manipulación del equipo que puedan diferir de la correcta. En esta búsqueda se realizaron diversas actividades que se describirán de manera resumida a lo largo del resto de este capítulo.

5.6.1 INSPECCIÓN EXTERNA

Para la inspección de las condiciones y las conexiones de los elementos se realizó una revisión en sitio para compararla con la manera correcta de conectarlos y se pudo observar lo siguiente:

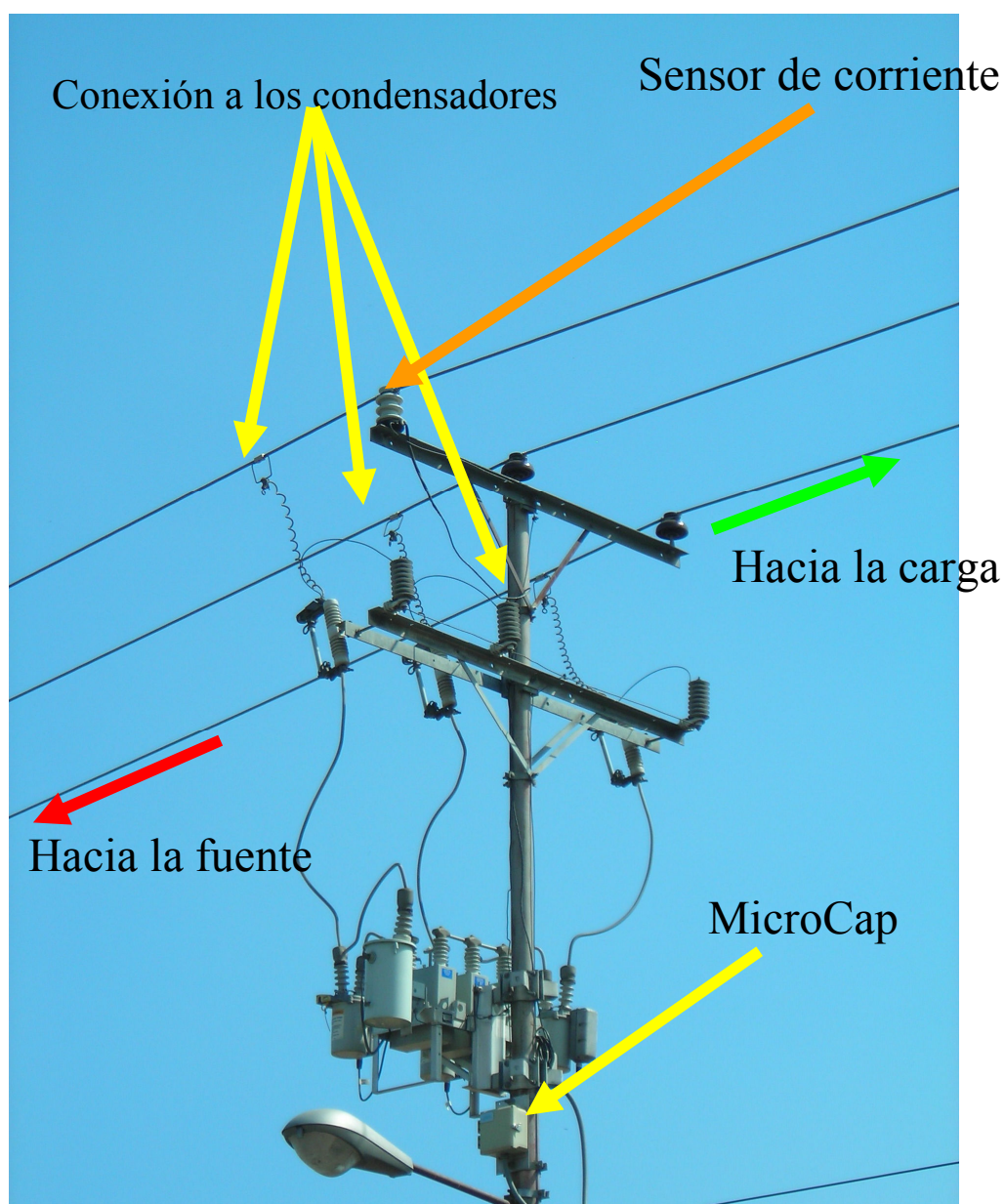


Figura 5.17-Ubicación del sensor de corriente.



Como se puede observar en la figura 5.17, la ubicación del sensor de corriente se encuentra entre la conexión del banco de condensadores y la carga. Es decir, en estas condiciones de medición, el MicroCap no se daría cuenta de los cambios de procedencia de la potencia reactiva. Esta conexión contrasta con la que se esperaba, este error nos proporciona una hipótesis de gran peso en cuanto a la respuesta de el ¿por qué no se pudieron poner en funcionamiento?

5.6.2 INSPECCIÓN DE LAS CONECCIONES EN CAJAS DE UNIÓN

La caja de terminales y conexiones donde se realizan las uniones eléctricas de los equipos fue estudiada por la empresa siguiendo los planos descrito en los manuales. Para el caso en particular de la caja de uniones representada con la letra E y la caja de uniones representada por la letra H en la figura 5.13, la empresa proporcionó el plano realizado a mano alzada que se les suministró a la empresa contratista para que llevara a cabo el montaje del equipo. Este plano se muestra en la figura 5.18.

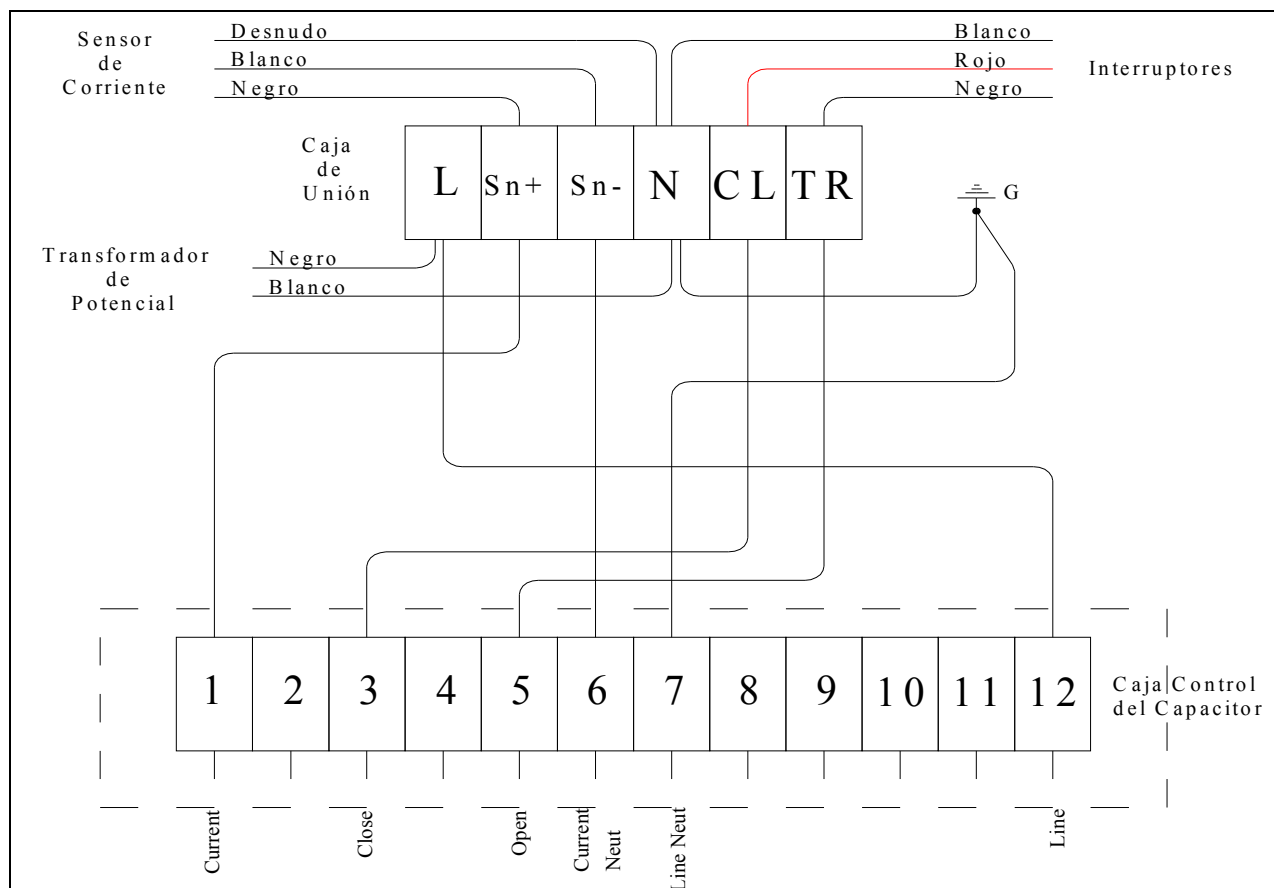


Figura 5.18-Plano de conexiones del control de los capacitores.

Una observación que se puede hacer de esta conexión es con el conductor blanco del sensor de corriente, este conductor que va al tercer Terminal de la caja de conexiones y luego al Terminal número seis de la caja de control del capacitor no tiene una referencia de potencial. Además existe un contraste entre los cinco empalmes requeridos que indica la caja de control y los seis que muestra el plano suministrado. Cabe destacar que estos son datos que no necesariamente ofrecen la verdadera conexión de los equipos debido a que se pudo haber observado el aparente error y corregirlo sin plasmarlo en el papel.

5.6.3 INSPECCIÓN DEL ALGORITMO DE CONTROL

Con una unidad vehicular con **cesta** (debido a la altura del equipo en el poste y la cercanía con las líneas de 13.8kV), se procedió a descargar el algoritmo de control que poseía el MicroCap, que según información de la empresa no fue modificado desde su intento en operarlo.

Las informaciones descargadas más relevantes fueron las siguientes:

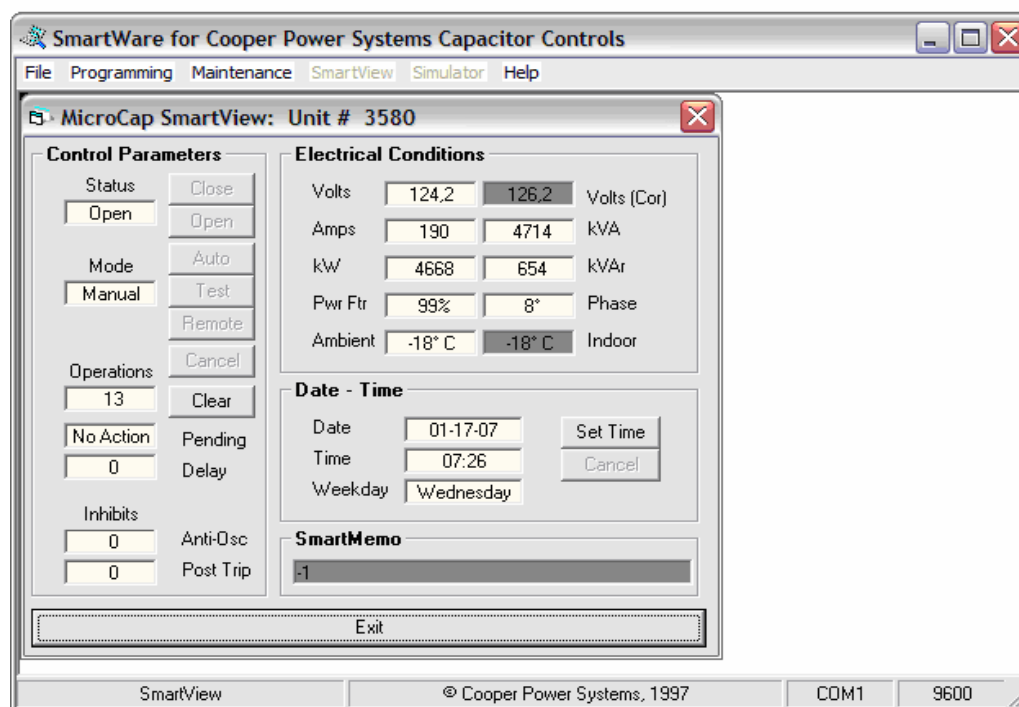


Fig. 5.19-Estados actuales de medición

La figura 5.19 es una pantalla del software del controlador que nos proporciona datos en la comunicación con los valores medidos en tiempo real. Estos datos mostrados tienen coherencia con la curva mostrada en las figuras 5.6 y 5.7 que representan las magnitudes de las potencias, también nos proporciona estados del controlador como por ejemplo el número de operaciones desde la última configuración, si se encuentra en manual o automático, si los switches están abiertos o cerrados, entre otros. Todos estos datos se representan en tiempo real. Con la observación de un retraso de aproximadamente cuatro horas en el reloj.

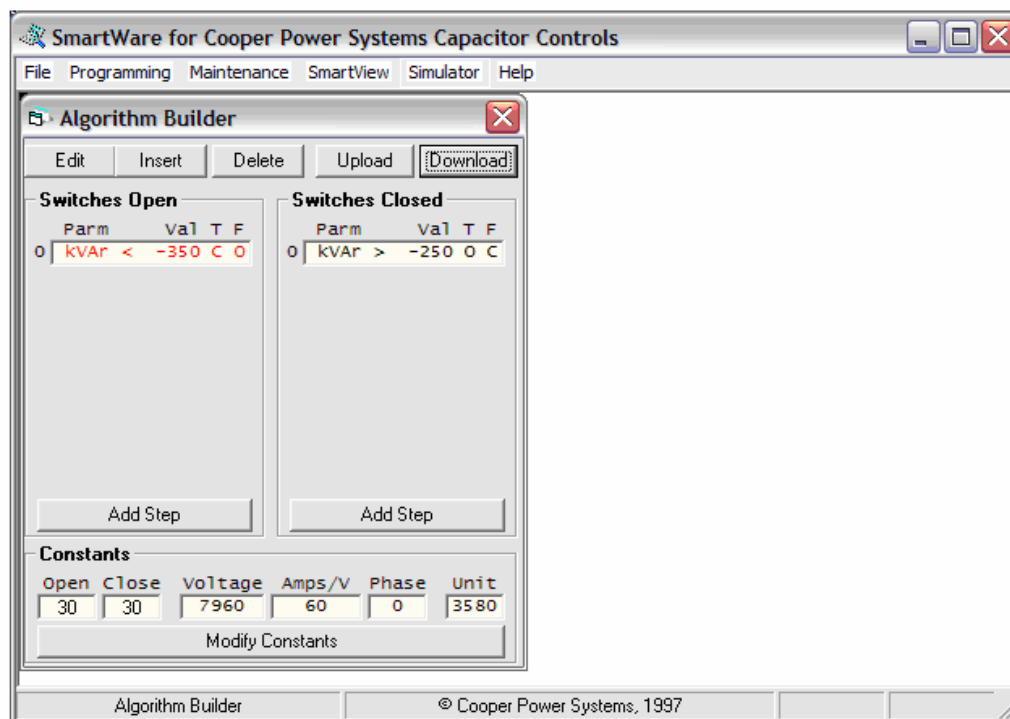


Fig. 5.20-Algoritmo de control descargado del MicroCap.

La pantalla de la figura 5.20 nos muestra el algoritmo descargado del MicroCap introducidos aparentemente por la empresa durante el intento de conexión. En éste realizamos las siguientes observaciones. Comenzaremos a comprobar los valores en el cuadro-hijo algorithm builder.

- Nos encontramos con las constantes open y close que representan el tiempo de retardo en segundos de apertura y cierre de los interruptores una vez cumplidas las condiciones para efectuar tal operación, estas constantes las introduce el usuario a su juicio.
- La constante voltaje representa el nivel de tensión nominal linea-neutro del alimentador a compensar, se encuentra en un valor correcto.
- Otras constantes son Amps/Volt y phase que depende del sensor a usar, para nuestro caso (Fisher pierce), el valor de Amps/Volt = 60. según la curva de la figura 5.12 $F=1$ y empleando la ecuación 5.1 se obtiene una relación de $\left(\frac{I}{E_o}\right) = 60$. Se considera



aproximadamente un conductor #4/0 aunque el conductor real es 312.8 ARV; los valores varían muy poco, no justificando las fallas presentadas, por el contrario la constante phase que se encuentra con un valor de 0 si esta errónea ya que para un sensor de marca Fisher pierce el fabricante indica que su valor debe ser 60. Por lo que nos encontramos con otro error en el proceso de instalación del equipo y otra hipótesis en la búsqueda de errores.

- La última constante representa el **unit** o ID numérico, es propia de cada MicroCap y tiene como objeto la comunicación con el software en el computador, 3580 es el correcto en nuestro caso.
- En los enmarcados switches open y switches closed podemos observar que existe un solo paso en la lógica de programación en ambos casos, el parámetro de control en ambos casos es la potencia reactiva.
 - a) Switches open: cuando los interruptores se encuentra abiertos se ordena el cierre de éstos cuando los niveles de kVAR sean menores de -350. Esta configuración no es lógica ya que introduciría los condensadores cuando los reactivos se dirigen en dirección hacia la fuente. No se considera una buena programación del sistema de control.
 - b) Switches closed: cuando los interruptores se encuentra cerrados se ordena la apertura de éstos cuando los niveles de kVAR superen los -400. Si por ejemplo, los niveles de kVAR se encontraran altos con necesidad de compensación, estos no entrarán al sistema porque para valores altos de kVAR el algoritmo ordena mantenerse en estado abierto, por lo tanto este es un error más que se suma a los ya encontrados anteriormente.



5.7 AJUSTES REALIZADOS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE CONDENSADORES CONTROLABLE

Habiendo realizado las inspecciones necesarias de instalación y programación del banco de condensadores y describiendo las condiciones anormales que se encontraron en las observaciones, se procedió de la siguiente manera para la puesta en funcionamiento de:

5.7.1 HARDWARE:

- Se reubicó el estribo que permite la conexión del sensor de corriente, el cual debe ir ubicado entre la fuente y el banco de condensadores para una correcta medición, este cambio puede verse si realizamos la comparación entre las figuras 5.17 y la figura 5.21.
- Por seguridad del equipo y del personal que lo manipula se colocó la puesta a tierra con un conductor de cobre desnudo # 4 AWG a través de un tubo conduit de ½ `` debido a que el que estaba había sido robado.

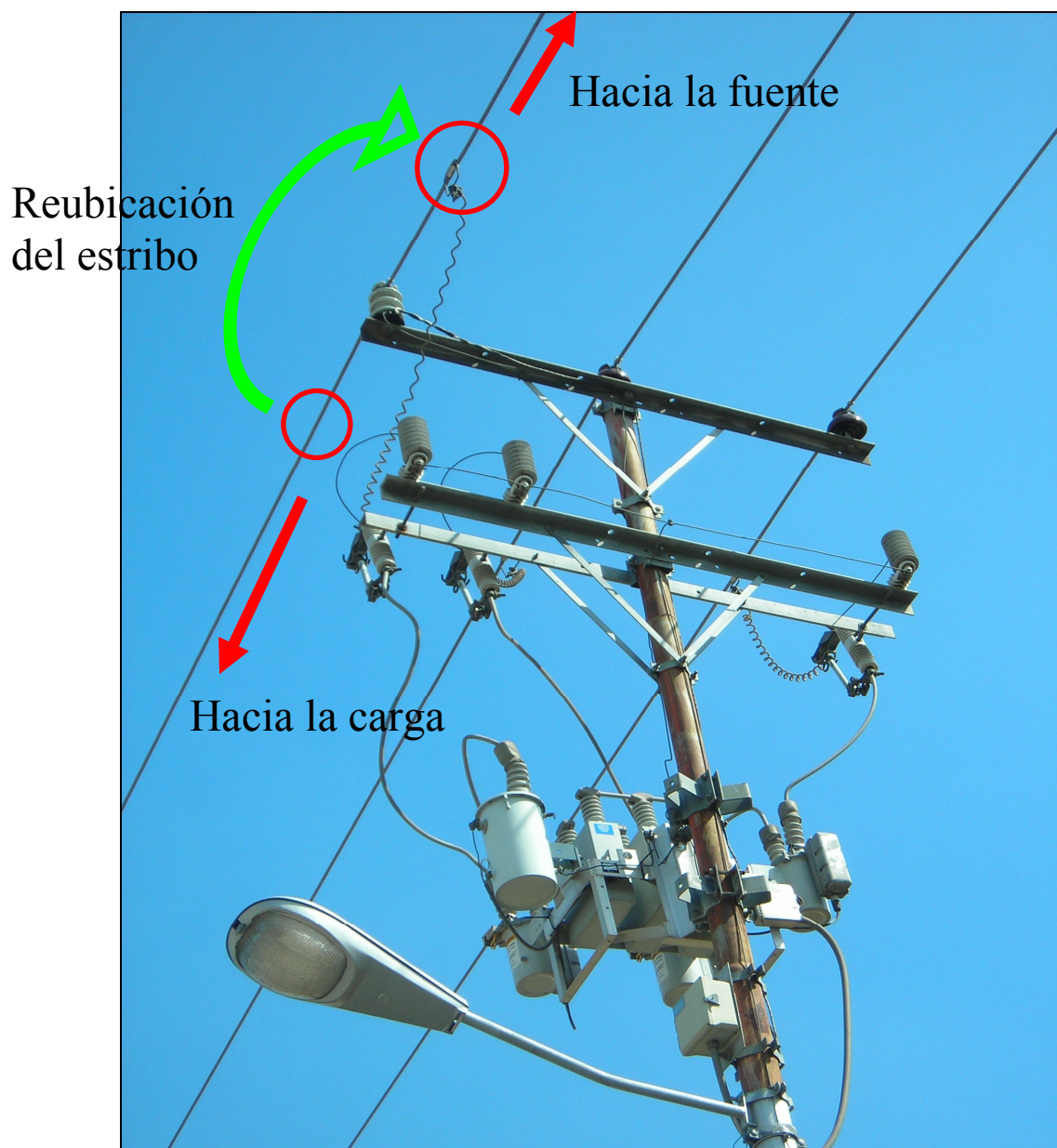


Fig 5.21 – Estribo reubicado.

5.7.2 SOFTWARE

- Se cargó al MicroCap un algoritmo de control por kVAR con un valor de tolerancia entre la entrada y salida del banco de condensadores de 100 kVAR. Estos parámetros y los valores de las constantes pueden verse en la figura 5.22.

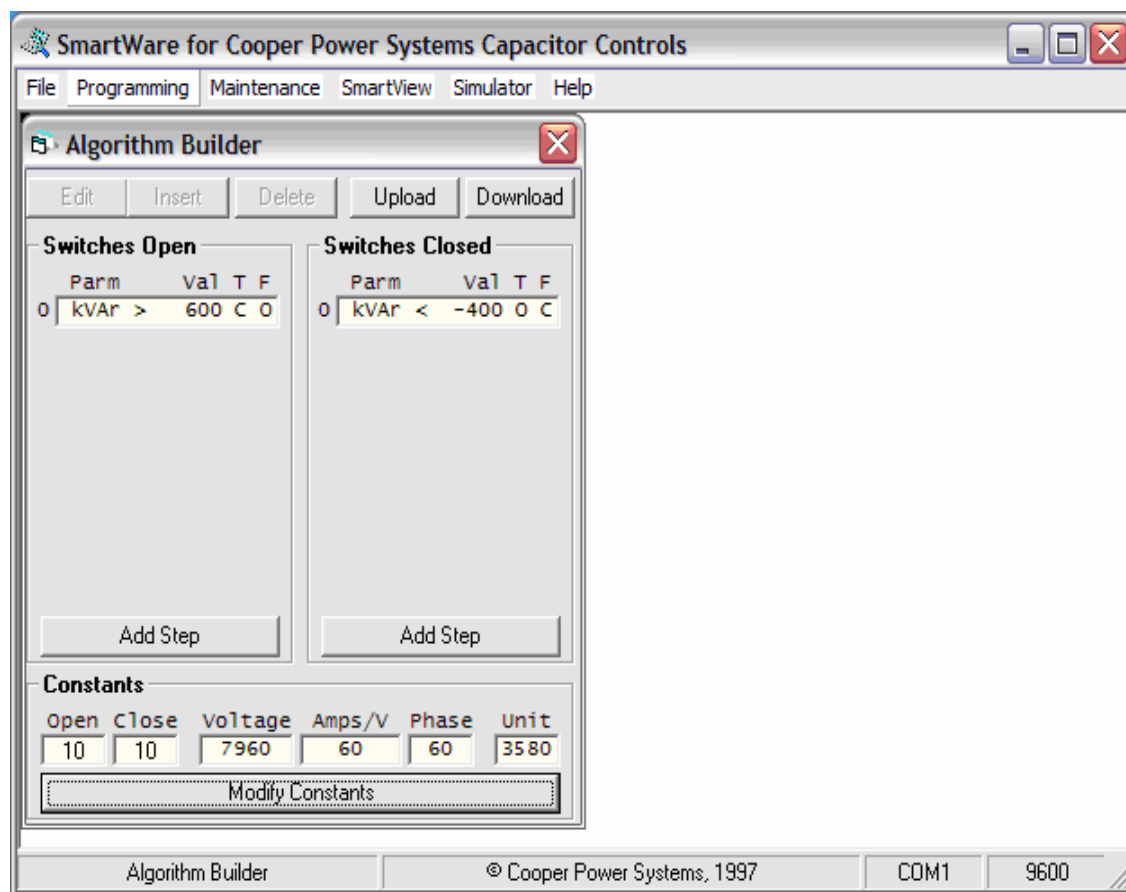


Fig 5.22 – Lógica de control y constantes.

Haciendo referencia a la figura 5.22, se pueden observar los enmarcados switches open y switches closed en donde se encuentra la lógica de programación introducida en el controlador del banco de condensadores, los pasos de la lógica introducida se explican a continuación:

- a) Switches open: cuando los interruptores se encuentran abiertos se ordena el cierre de éstos cuando los niveles de kVAR sean mayores de 600, mientras que la magnitud de potencia reactiva no supere esta condición los interruptores permanecerán abiertos.
- b) Switches closed: cuando los interruptores se encuentran cerrados se ordena la apertura de éstos cuando los niveles de kVAR sean menores de -400, mientras que la magnitud de potencia reactiva no supere esta condición los interruptores permanecerán cerrados.

5.8 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CIRCUITO CASTILLITO I, LUEGO DE LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Los datos mostrados a continuación son graficados con una muestra de 24 mediciones por día, del mes de enero del 2007.

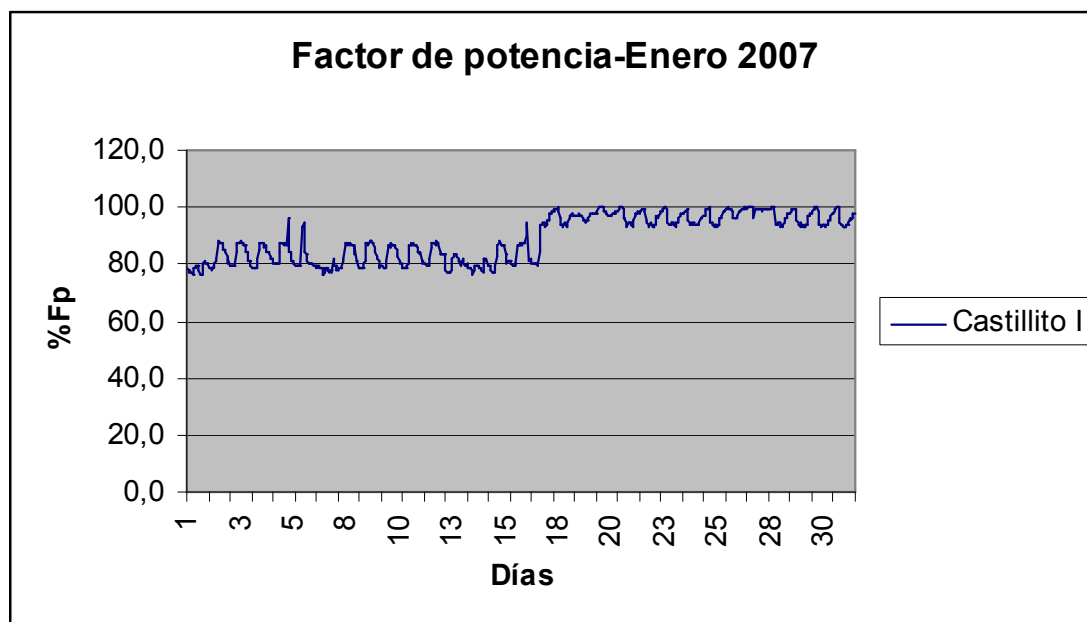


Fig.5.23- Factor de potencia medido cada hora.



En la figura 5.23 se aprecia fácilmente el incremento del factor de potencia, que mejoró la puesta en funcionamiento del banco de condensadores controlable, la cual se realizó el día miércoles 17 de enero de 2007, aproximadamente a las 10:00am.

La tabla 5.12 presenta un resumen de los valores obtenidos de factor de potencia, luego de la puesta en funcionamiento del banco de condensadores.

**Tabla 5.12- Factor de potencia mejorado en
Castillito I-Enero 2007**

Factor de potencia mínimo	92.64%
Factor de potencia máximo	100%
Factor de potencia promedio	96.73%

La figura 5.24 representa gráficamente la potencia entregada por el alimentador a la salida la S/E luego de la puesta en funcionamiento del banco de condensadores controlable, si comparamos esta figura con la figura 5.6 se observa que la potencia reactiva disminuyó considerablemente, esto es producto de la compensación; mientras que la tabla 5.13 representa un resumen de la figura 5.24.

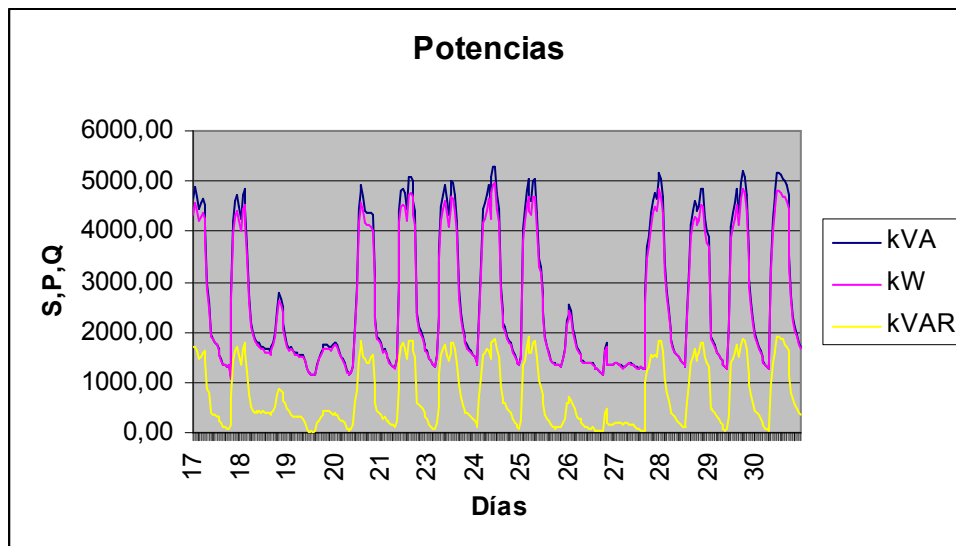


Fig. 5.24- Potencia entregada por Castellito I a la salida de la S/E en enero 2007.

Tabla 5.13 Resumen de la Potencia entregada por Castellito I a la salida de la S/E en enero 2007.

Potencia	S (kVA)	P (kW)	Q (kVAR)
Valor mínimo	1097,44	1084,44	4,12
Valor máximo	5299,92	4967,20	1901,78
Valor promedio	2632,42	2515,53	732,81

Para poder apreciar mejor la potencia entregada por el alimentador Castellito I a la salida de la S/E luego de la puesta en funcionamiento del banco de condensadores controlable, nos enfocaremos en un día del mes de enero del año 2007 de manera referencial, esto con el objeto de hacer un estudio exhaustivo de la potencia reactiva que es entregada por la S/E en el circuito Castellito I.

**Tabla 5.14- Mediciones del alimentador a la salida de la S/E el 18 de Enero del 2007.**

Castillito I 18/01/2007					
Hora	I	Fp	kVA	kW	kVAR
01:00	63,31	98,7	1562,61	1542,06	252,53
02:00	58,80	99,2	1451,25	1439,61	183,46
03:00	54,45	99,7	1343,96	1339,33	111,47
04:00	54,45	99,7	1343,96	1339,33	111,47
05:00	53,55	99,7	1321,68	1317,98	98,79
06:00	54,03	99,8	1333,68	1331,21	81,08
07:00	44,46	98,8	1097,44	1084,44	168,43
08:00	109,08	96,3	2692,27	2592,27	726,96
09:00	171,35	94,0	4229,33	3973,93	1447,46
10:00	186,26	93,6	4597,11	4302,67	1618,80
11:00	191,05	93,3	4715,48	4398,95	1698,52
12:00	182,38	93,8	4501,51	4222,35	1560,56
13:00	172,04	94,7	4246,31	4020,09	1367,51
14:00	192,24	93,5	4744,81	4435,60	1684,83
15:00	196,91	93,0	4859,97	4521,20	1782,72
16:00	181,06	93,5	4468,90	4176,72	1589,38
17:00	151,47	94,5	3738,49	3532,42	1224,06
18:00	109,71	95,9	2707,88	2597,75	764,40
19:00	88,35	97,3	2180,58	2122,75	498,86
20:00	80,25	97,7	1980,59	1934,43	425,10
21:00	75,81	97,6	1871,01	1826,03	407,79
22:00	73,19	97,3	1806,37	1757,34	418,00
23:00	72,03	97,2	1777,95	1728,91	414,70
24:00	71,69	97,0	1769,34	1715,87	431,66

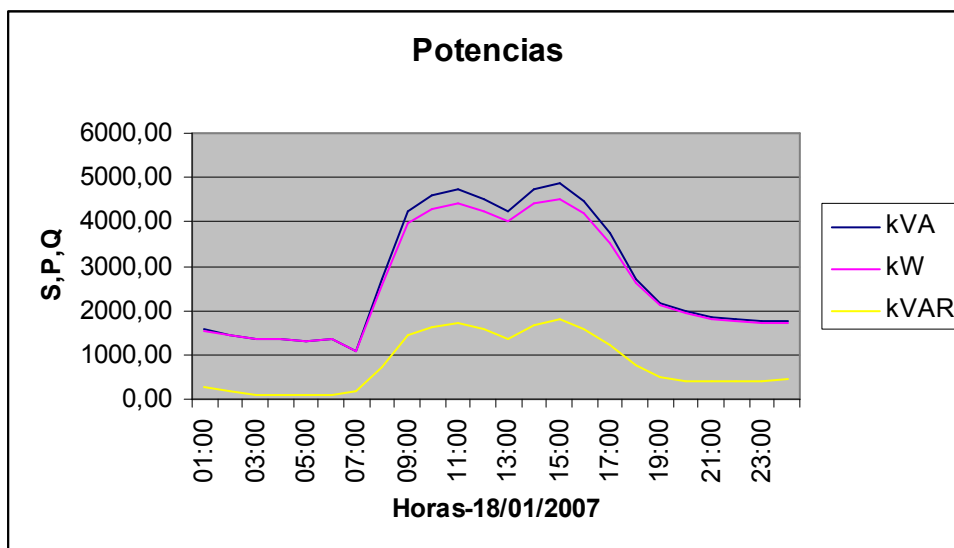


Fig. 5.25-Potencia entregada en un día por el alimentador a la salida de la S/E.

Tabla 5.15- Resumen de la potencia entregada en un día por Castillito I a la salida de la S/E.

Potencia	S (kVA)	P (kW)	Q (kVAR)
Valor mínimo (07 Hrs)	1097,44	1084,44	81,08
Valor máximo (16Hrs)	4859,97	4521,20	1782,72
Valor promedio	2744,89	2616,48	787,38

Los valores que se aprecian en la tabla 5.14 han sido copiados por los instrumentos de medición que se encuentran en la S/E y corresponden al circuito Castillito I, en fecha jueves 18 de enero de 2007, a partir de los valores de la tabla antes enunciada es que se obtiene la figura 5.25 y la tabla 5.15; en resumen se aprecia que el comportamiento de las curvas de carga poseen un ligero ascenso desde las 7:00am hasta las 11:00am, para luego experimentar una breve caída desde las 11:00am hasta la 1:15pm aproximadamente, hora a partir de la cual comienza a subir hasta alcanzar su punto máximo a las 4:00pm, para luego ir descendiendo paulatinamente hasta las 6:00 del próximo día.



5.9 EVALUACION TÉCNICO-ECONOMICA

Para el cálculo de las variables económicas ligadas a la inversión de un banco de condensadores variable, las **premisas** utilizadas serán las siguientes:

- **Costo del kVA**

- a) Los precios aplicados por CADAFE a la empresa ELEVAL son de 1866,37 Bs/kVA, de acuerdo a la tarifa del servicio eléctrico vigente a partir del 01 de Enero del año 2003. Gaceta Oficial Nro. 37.415
- b) La tarifa cobrada a los suscriptores en el alimentador Castillito I es de 9816,16 Bs/kVA.

- **Paridad del bolívar con el dólar**

Se considera 2.150 bolívares por dólar.

Para la evaluación económica se supondrá que todos los equipos y materiales necesarios se comprarán en el año cero del período de estudio.

5.9.1 ESTIMACION DE LOS FLUJOS MONETARIOS

- **Inversión Inicial (II):** es el conjunto de desembolsos necesarios para la adquisición y adecuación del proyecto, se califica inicial ya que por lo general se hace al inicio del PERÍODO de estudio.
- Todos los precios son actualizados partiendo de los precios en dólares del mes de octubre del 2002, fecha de la compra e instalación de los equipos.

$$II = CF(\text{capital fijo}) + CT(\text{capital de trabajo}) \quad (5.9)$$

- a) **Capital fijo:** Inversión destinada a la compra de activos fijos tangibles e intangibles.

Tabla 5.16 – Material necesario a comprar

Descripción del Activo Fijo	cantidad	Precio[\$]	Sub-total [Bs]
Unidades capacitivas de 900 kVAR	3	1465	9449250
Unidad de control programable Qei	1	2350	5052500
Interruptores en aceite 15 kV	3	750	4837500
Transformador monofásico 7960/120-240 Volts	1	740	1591000
Sensor de corriente Fisher pierce 15kV	1	850	1827500
Racks para montaje en poste.	1	480	1032000
TOTAL	----	10.585	22.757.750

b) **Capital de trabajo:** Es la inversión por concepto de montaje, programación y equipo humano capacitado para la puesta en funcionamiento del banco de condensadores.

Tabla 5.17 – Capital de trabajo

Descripción del Capital de trabajo	Precio [Bs]
Montaje del banco y componentes	3.760.350
Personal especializado para programación	2.506.900
TOTAL	6.267.250

Tabla 5.18 – Inversión Inicial

Capital fijo[Bs]	22.757.750
Capital de trabajo[Bs]	6.267.250
Inversión inicial[Bs]	29.025.000



- **Tasa Mínima de Rendimiento:** El capital propio tendrá un costo de oportunidad equivalente a la tasa pasiva de la banca privada. El promedio de los seis principales bancos comerciales y universales del país, según el Banco Central de Venezuela se ubica en 6,58%; más un factor de riesgo de la inversión de 0.12%. Luego la tasa mínima de rendimiento (TMR) para el capital propio es igual:

$$i_{\min(\text{CP})} = 6,58\% + 0,12\% = 6,7\% \text{ anual}$$

5.9.2 JUSTIFICACIÓN DEL PERÍODO DE ESTUDIO.

El período de estudio es de **5 años**, debido a que éste es el período mínimo esperado sin que presenten fallas significativas los equipos con mayor capital fijo.

5.9.3 AHORROS MENSUALES POR CONCEPTO DE KVA SUMINISTRADOS

Para determinar los ahorros mensuales aproximados es necesario predecir los momentos que los bancos de condensadores estarán dentro y fuera de servicio. La figura 5.23 compara los kVA de la carga en función del tiempo en la salida del alimentador tomando como referencia la data suministrada.

Debido a que el cargo por demanda reflejado en la facturación viene dado en kVA se reflejarán sólo los ahorros de kVA y la representación en bolívars con el funcionamiento del banco de condensadores.

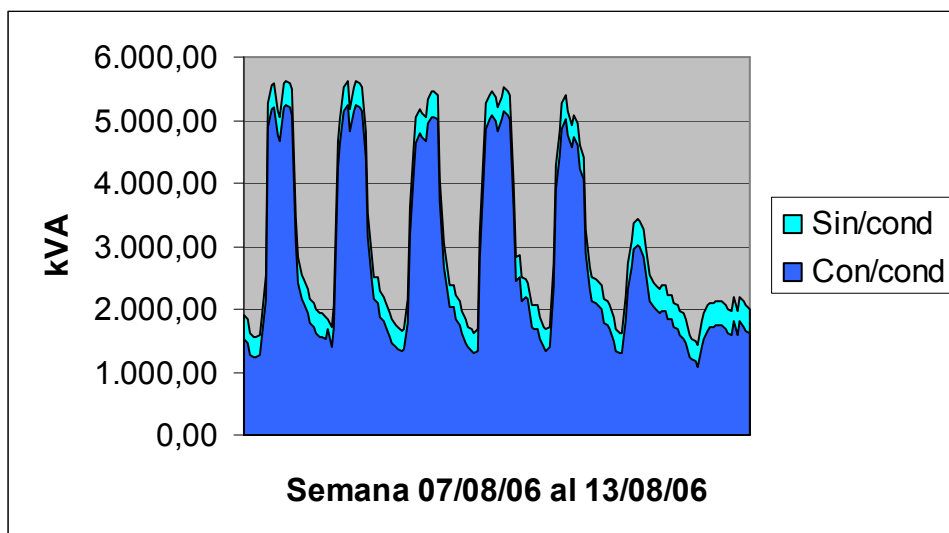


Fig 5.26- comparación de los kVA al instalar capacitores.

Si se calcula un promedio de kVA para el alimentador tanto con y sin condensadores, obtenemos los valores mostrados en la tabla 5.19. En la misma observamos que la disminución es de alrededor de 400 kVA, número que tomaremos como referencia para los ahorros en los flujos monetarios. Aplicando las tarifas a los suscriptores de ELEVAL obtenemos:

Tabla 5.19 – Ahorro Mensual por cargo por demanda.

Sin condensadores	kVA Promedio	Tarifa de venta en Bs/kVA por ELEVAL 9816,16
	3.409,48	
Con condensadores	kVA Promedio	
	2.742,34	
Ahorros	En kVA	En Bs
	406,74	3.926.504

5.9.4 TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (r^*)

El tiempo de recuperación (o tiempo de pago) es un modelo de evaluación que mide el tiempo de pagos requeridos para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial a una tasa mínima de rendimiento igual a cero.

$$-II + \sum_{t=1}^{r^*} F_t = 0 \quad (5.10)$$

Desde el punto de vista del tiempo de pago un proyecto de inversión es aceptable si la inversión inicial de capital se logra recuperar en un tiempo menor o igual a un límite establecido por el o los inversionistas, denominado tiempo de pago crítico (TPC). Para el caso de la compra de condensadores fijos y controlables, la empresa ELEVAL tiene como política en este caso usar un TCP de un año (12 meses).

$$TP \leq (TPC = 12 \text{ meses})$$

Tabla 5.20 tiempo de recuperación de la inversión

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Flujo monetario F_t	-29.025.000	3.926.504	3.926.50	3.926.504	3.926.504	3.926.504	3.926.504	3.926.504	3.926.504
Capital por Recuperar	29.025.000	25.098.496	21.171.992	17.245.488	13.318.984	9.392.480	5.465.976	1.539.472	-2.387.032

La tabla 5.20 muestra el flujo monetario para el modelo económico de tiempo de pago, resultando una recuperación total de la inversión de 8 meses, (TP=8), lo que nos da como conclusión que la inversión es aceptable por parte del inversionista, en nuestro caso la empresa ELEVAL.

Si se instalará un banco de condensadores de tipo fijo en lugar de los de tipo controlable y aplicándole el mismo análisis anterior el tiempo de recuperación la inversión **se reduciría a cinco meses**.

5.9.5 RENTABILIDAD DE LA COLOCACIÓN DE UN BANCO DE CONDENSADORES CONTROLABLES PARA EL ALIMENTADOR CASTILLITO I

El modelo a usar para la determinación de la rentabilidad de la inversión a la TMR de 7% será el de **Valor Actual (VA)**, esta consiste en la representación de beneficio o pérdida equivalente en el punto cero de la escala del tiempo del período de estudio, se considera que el proyecto es económicamente rentable cuando el **VA** de todos los flujos monetarios son **mayor o igual a cero**. Si los flujos mensuales se mantienen constantes se tiene como expresión:

$$VA = F_0 + \frac{R * [(1+i)^n - 1]}{i * (1+i)^n} + VR * (1+i)^{-n} \quad (5.11)$$

Fuente: Evaluación de proyectos de inversión de Luz Giugni de Alvarado

Donde:

F_0 : Representa la inversión para la puesta en funcionamiento del banco de condensadores conocida como inversión inicial (II).

R : Es el ingreso neto mensual por la venta de la energía que suministra el banco de condensadores.

i : Tasa mínima de rendimiento (TMR)

n : Número de períodos para la evaluación.

VR : Valor residual del activo fijo (banco de condensadores).

F_0 : 29.025.000,00 Bs

R : 3.926.504 Bs

i : 6,17% anual

n : 60 meses

VR : 10% II = 2.902.500 Bs

Para hacer uso de la tasa interna de retorno en PERÍODO s mensuales es necesario llevar a cabo un cálculo previo que describa la equivalencia del interés mensual y el interés anual, para ello se usa la siguiente expresión.

$$i_g = \left((1 + i_p)^m - 1 \right) \quad (5.12)$$

Donde:

i_g : Taza de interés del período mas largo

i_p : Taza de interés del período mas corto.

m : número de períodos del i_p en i_g

i_g : 0,06178

i_p : Por determinar.

m : 60

$$i_p (\%) = \left((1 + 0,0617)^{1/12} - 1 \right) * 100$$

$$i_p = 0,5\%$$

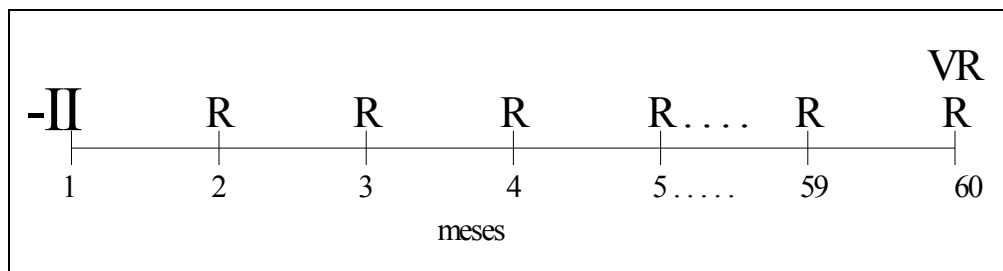


Fig.5.27- flujos monetarios del proyecto.

Usando expresiones de matemática financiera para representar los flujos monetarios vistos en la figura 5.19 podemos calcular el VA por medio de los factores de actualización de serie uniforme y cantidad futura para una tasa mínima de rendimiento de 1% mensual.

$$\frac{[(1+i)^n - 1]}{i * (1+i)^n} = \left[\frac{P}{R}; i\%; n \right] \quad (5.13)$$

$$(1+i)^{-n} = \left[\frac{P}{S}; 1\%; 36 \right] \quad \text{entonces podemos escribir:}$$

$$VA(1\%) = F_0 + R \cdot \left[\frac{P}{R}; 1\%; 36 \right] + VR \left[\frac{P}{S}; 1\%; 36 \right] \quad (5.14)$$

Donde:

$\left[\frac{P}{R}; 1\%; 36 \right]$: Factor de actualización para una serie uniforme

$\left[\frac{P}{S}; 1\%; 36 \right]$: Factor de actualización de un valor futuro.

$$\left[\frac{P}{R}; 1\%; 36 \right] : 51,715$$

$$\left[\frac{P}{S}; 1\%; 36 \right] : 0,7142$$

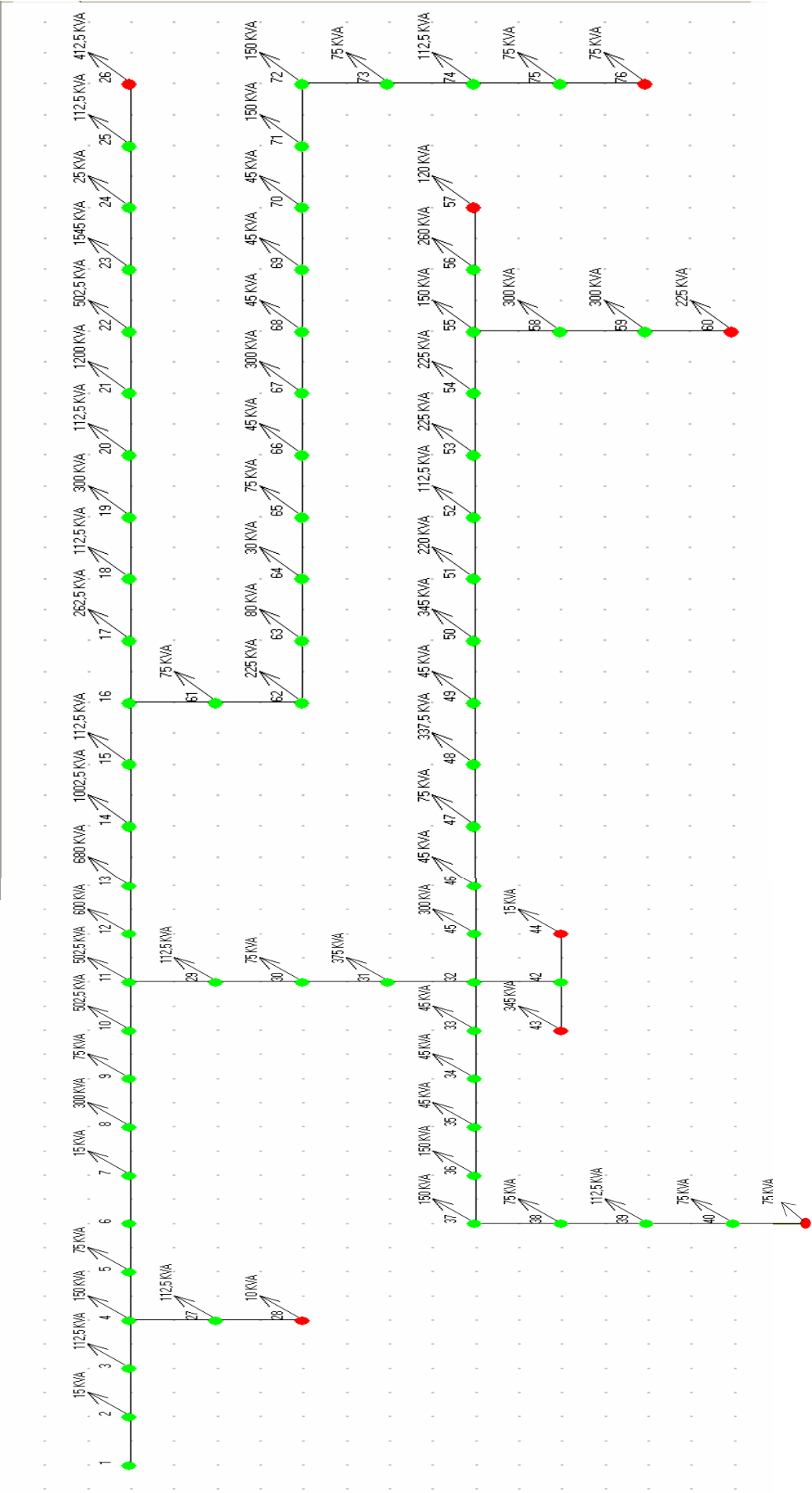
$$VA(1\%) = -29.025.000 + 3.926.504 * 51,715 + 2.902.500 * 0,7142$$

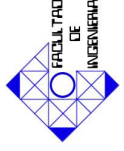
$$\boxed{VA(1\%) = 174.241.450 \text{ Bs} > 0 \text{ Bs}}$$

Lo que nos lleva a la conclusión que esta inversión es económicamente **RENTABLE**.

“Es importante destacar que el estudio económico fue hecho en función del **cargo por demanda**, pero también existe un ahorro debido a **cargo por energía** reflejado en la disminución de las pérdidas por energía en las líneas al colocar bancos de condensadores. Para nuestro caso en particular no se tomaron en cuenta porque no existen disminuciones en las pérdidas. La razón se debe a la cercanía del banco de condensadores con la subestación”. Esta afirmación se corrobora a continuación mediante la simulación del alimentador en Reactivo UC.

Castillito I dibujado en el plano de trabajo de Reactivo UC





Resultados arrojados en el troncal principal con Condensadores en el punto Actual (nodo 6):

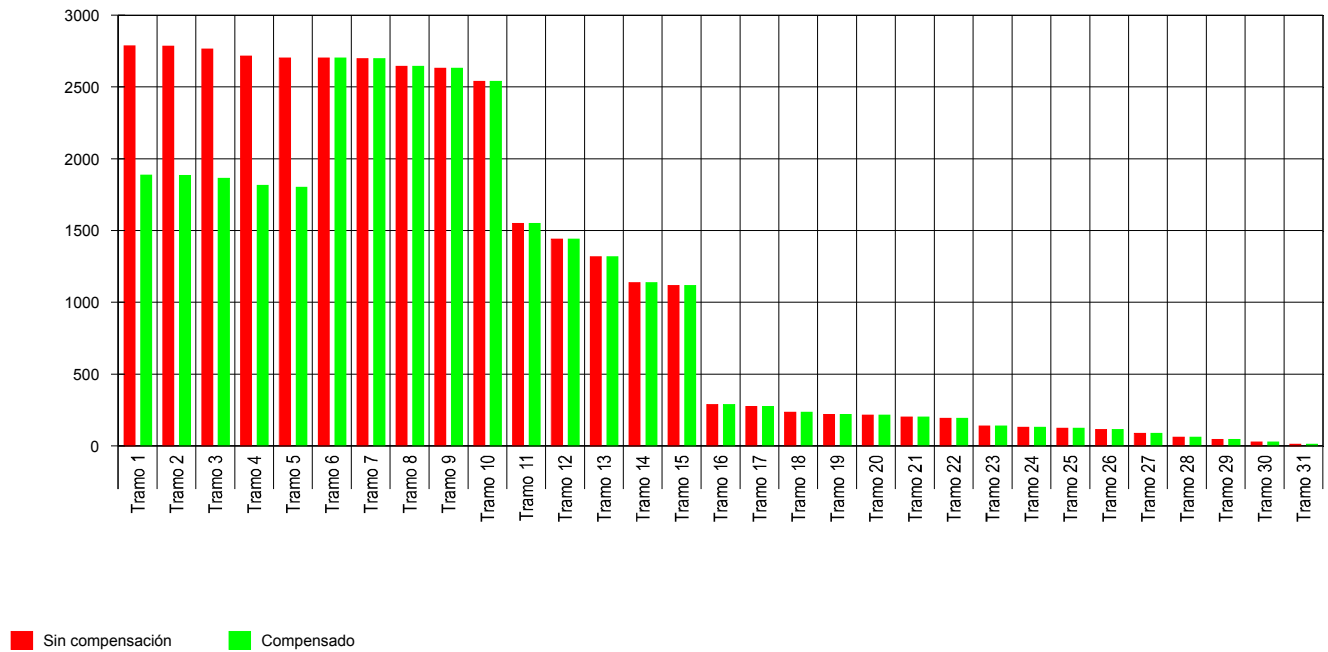
Gráficas a carga máxima:



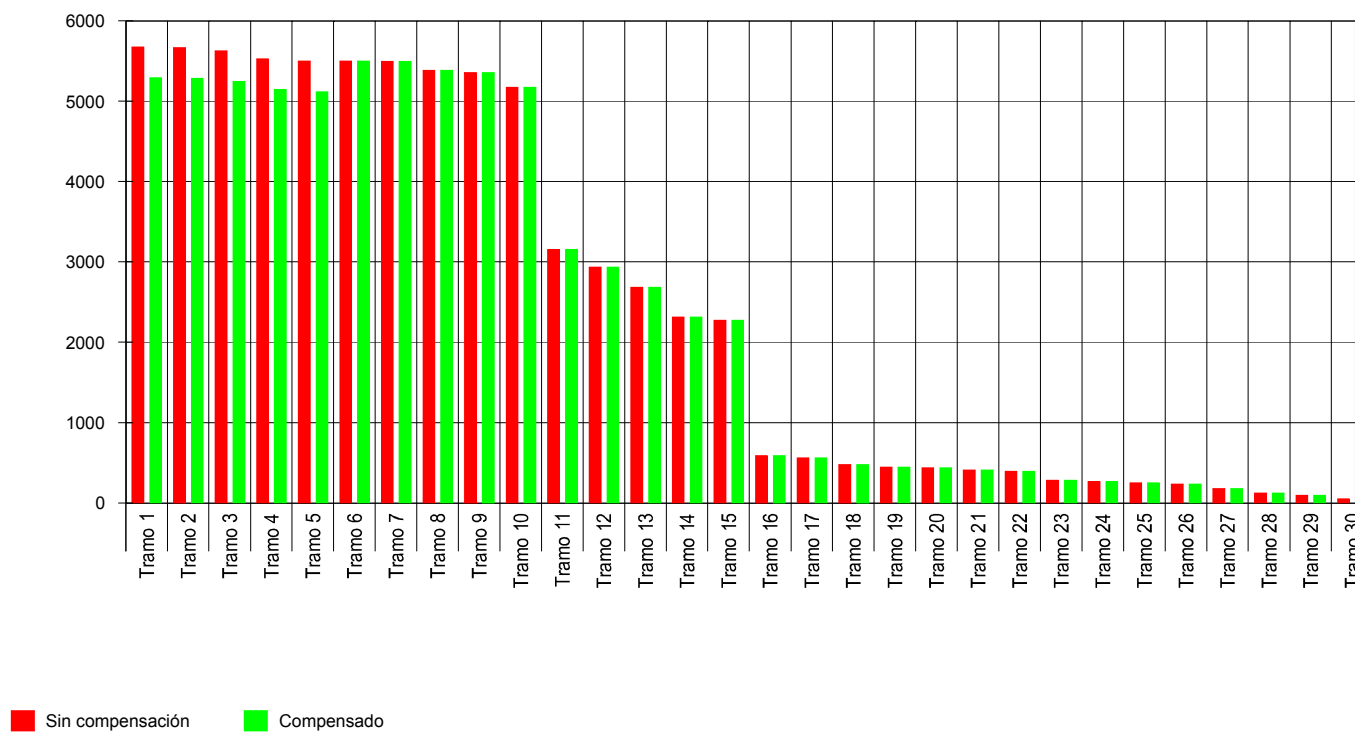
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



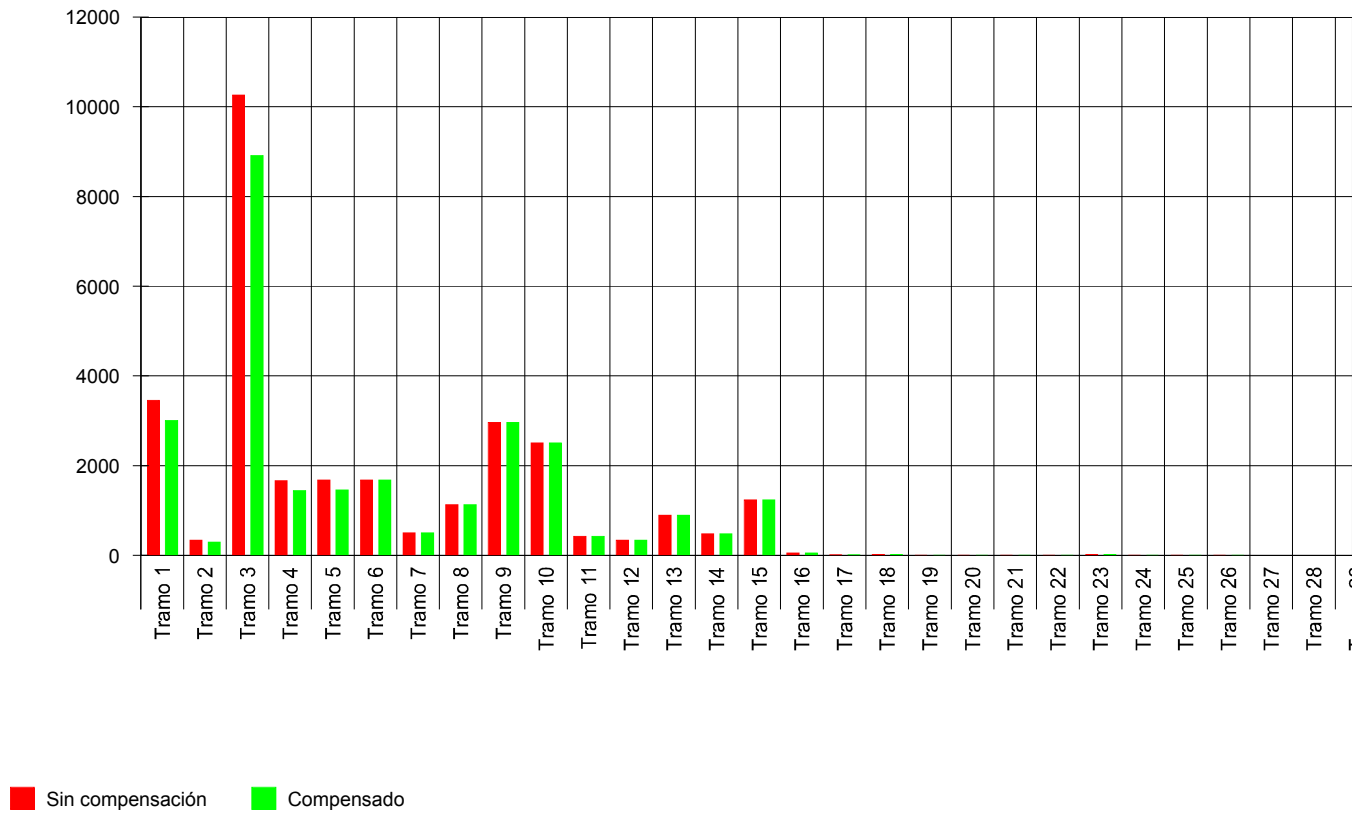
Perfil de Potencia Reactiva (KVAR)

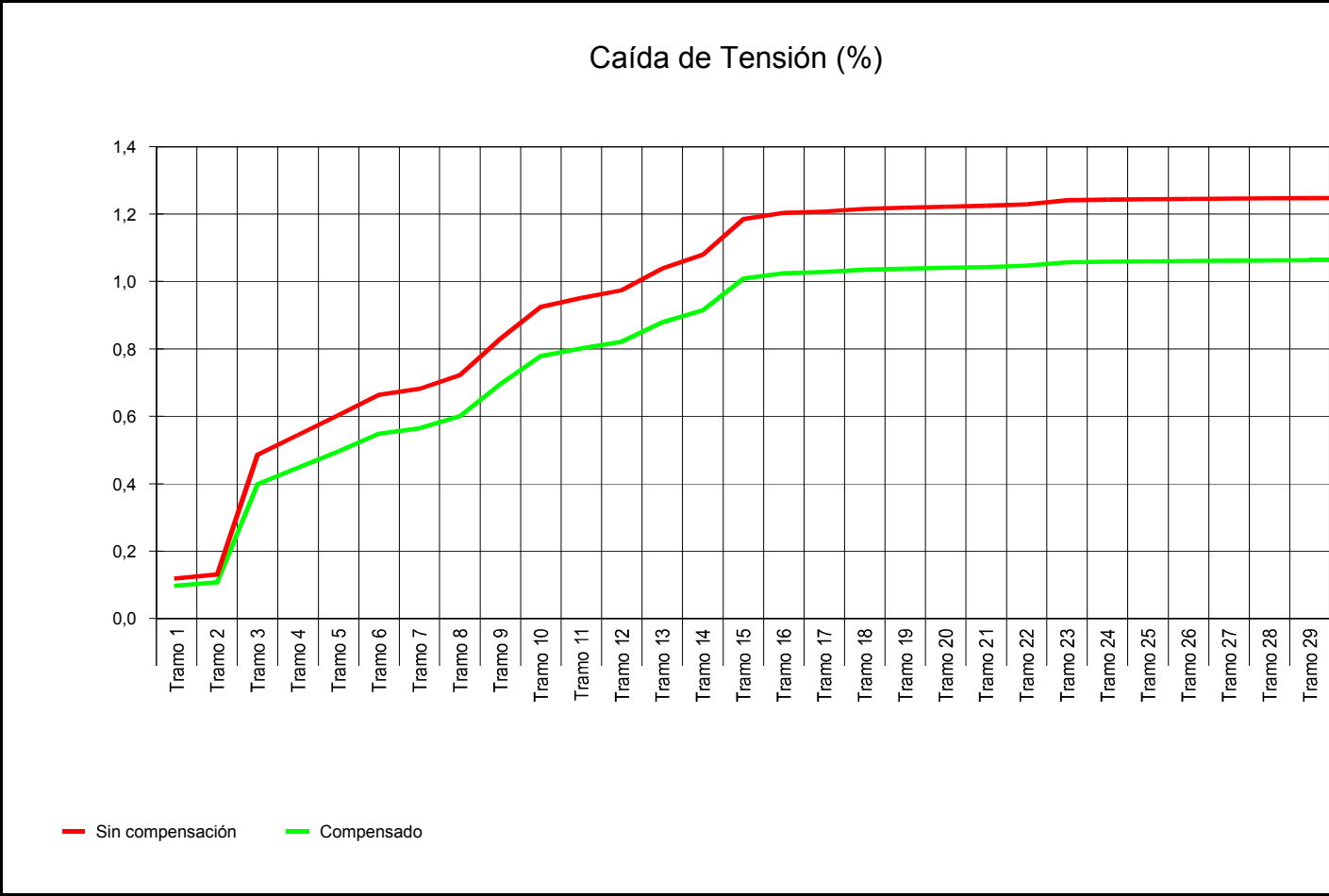


Perfil de Potencia Aparente (KVA)

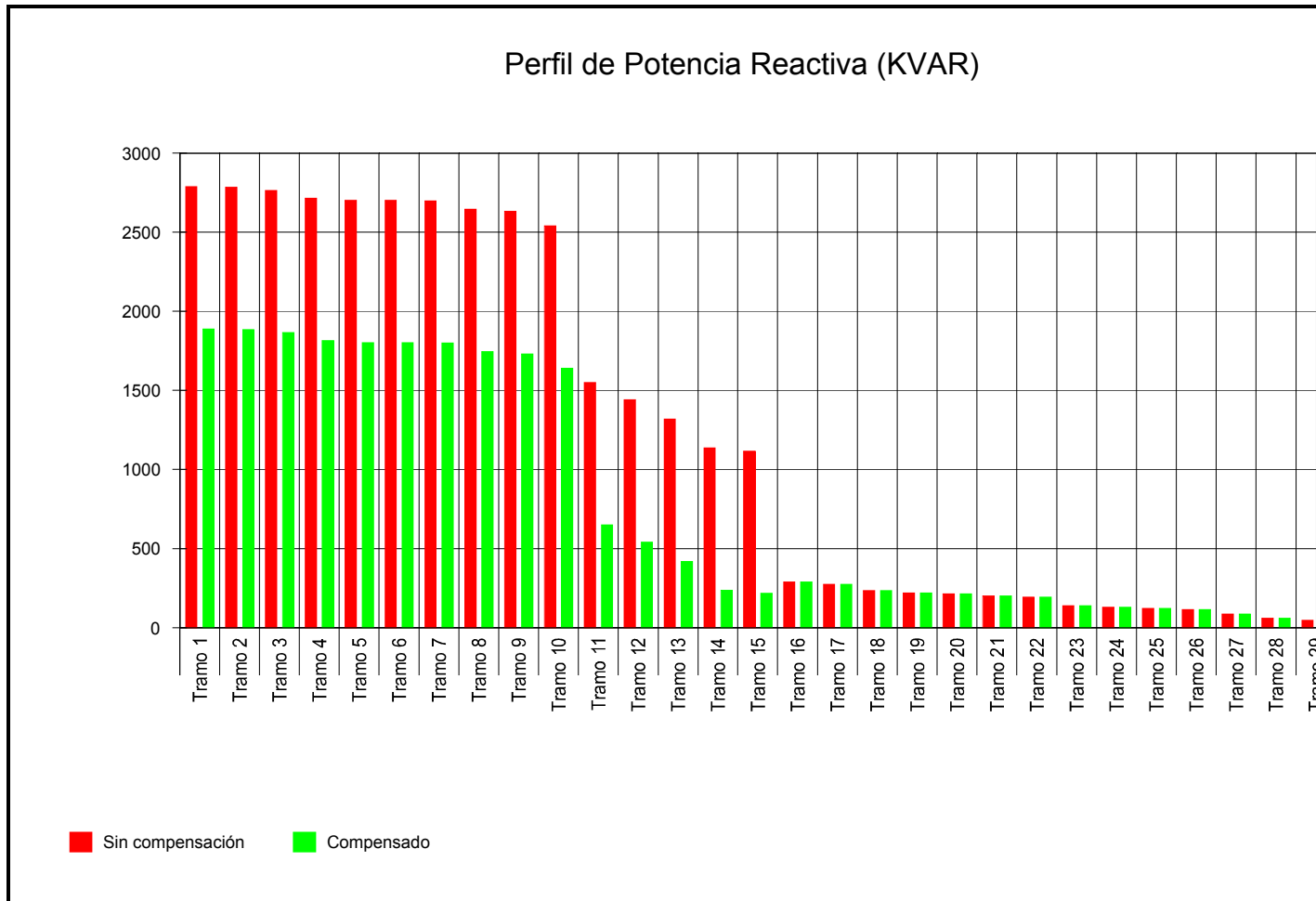


Perfil de Pérdidas (Watts)

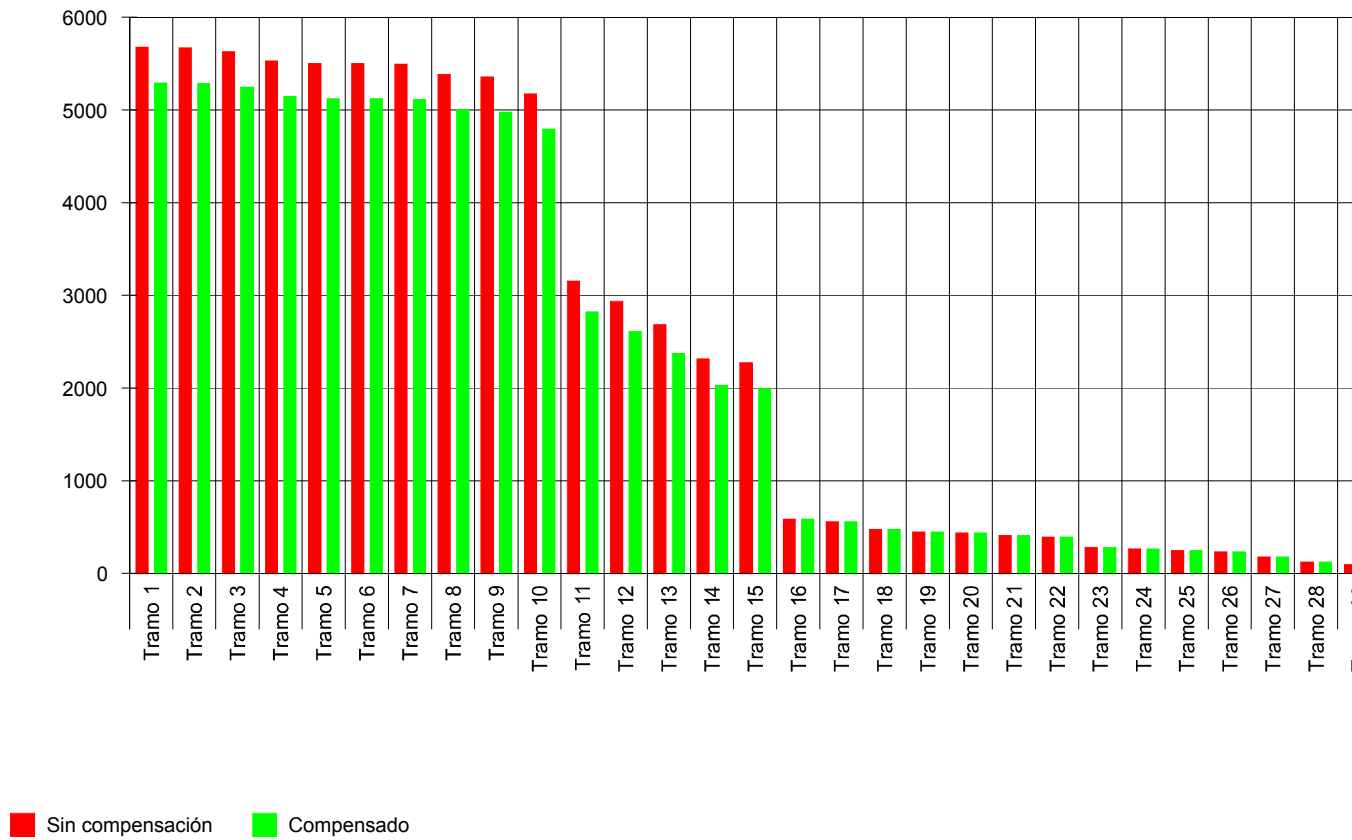


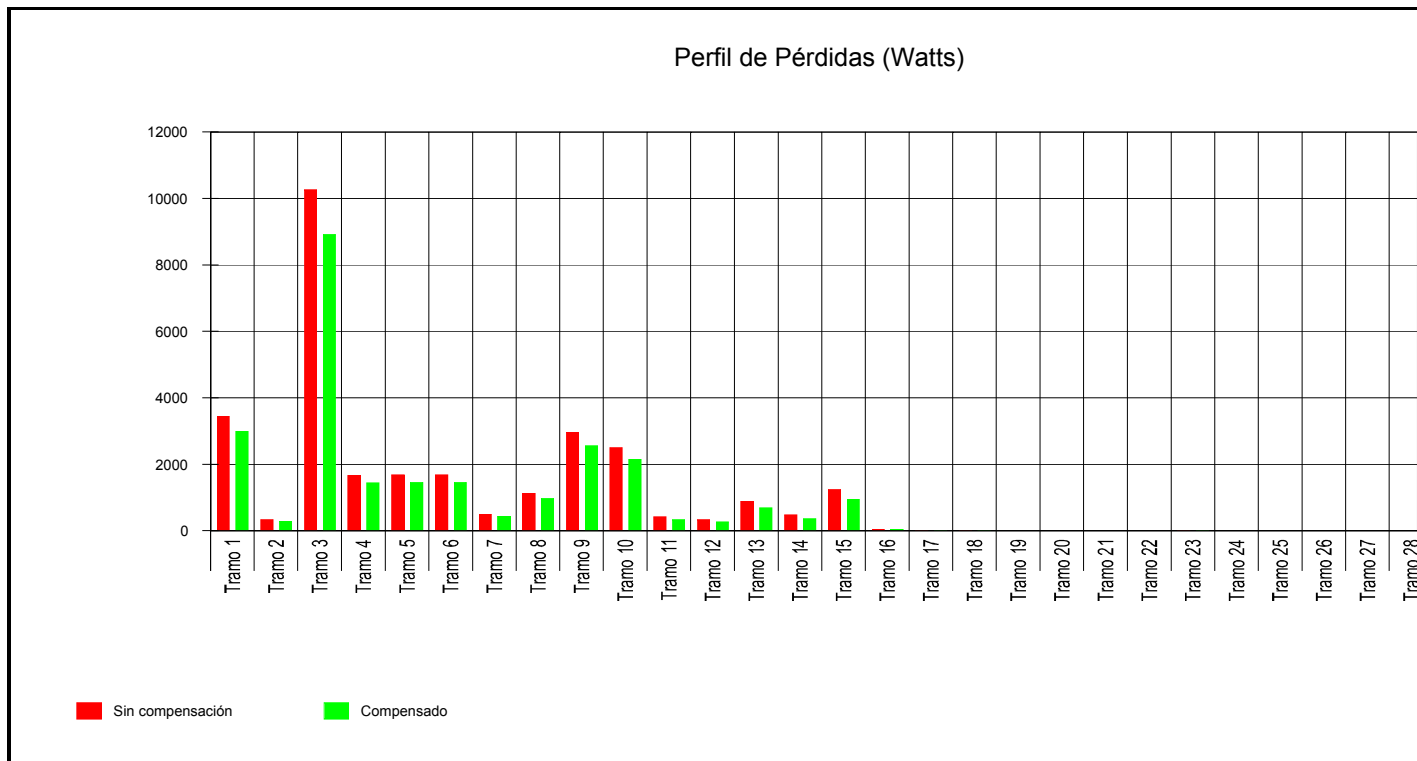


A carga Máxima:



Perfil de Potencia Aparente (KVA)

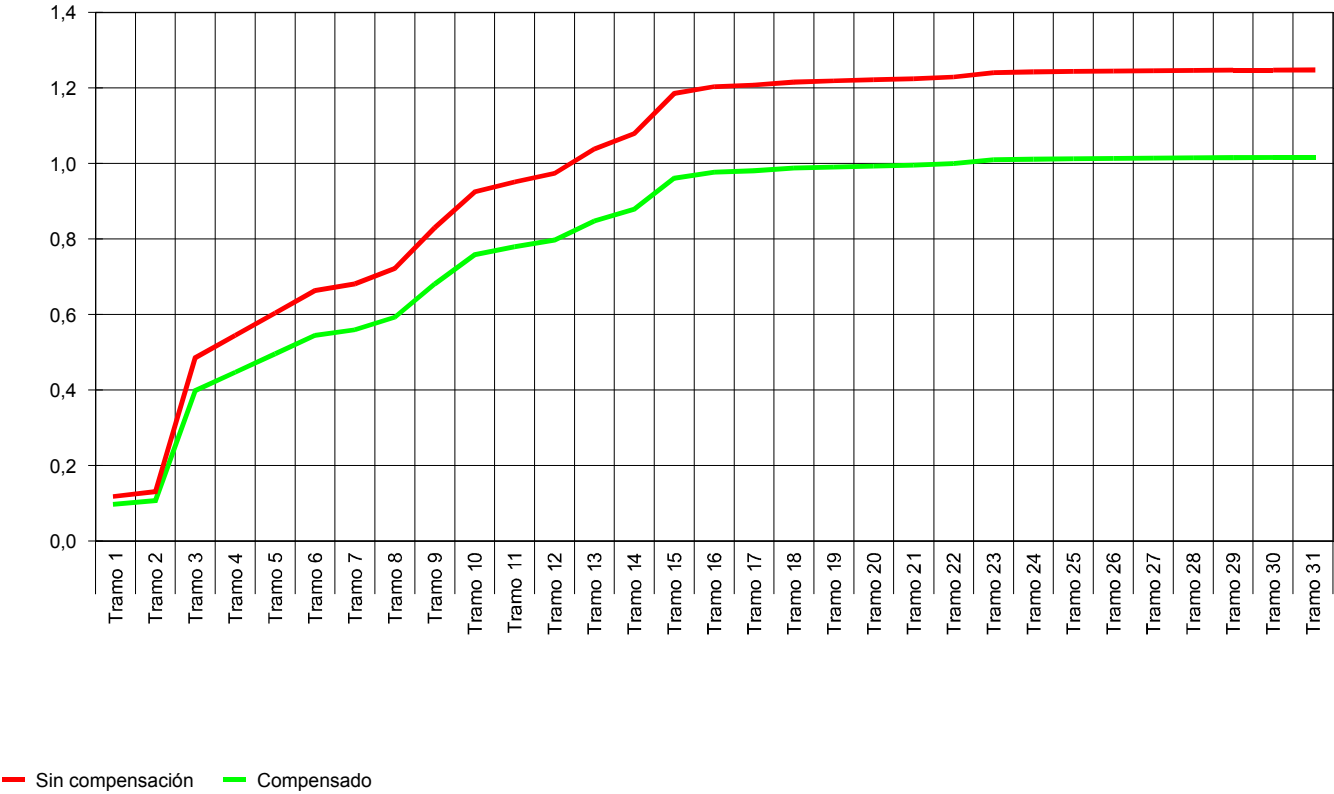




Sugerencia para un mejor aprovechamiento del banco de condensadores:

Si colocamos el mismo banco de condensadores en un punto cercano al nodo 16 podemos disminuir las perdidas totales hasta en un 13%, desde 32,6kW a 28,4kW. Además mejoramos los perfiles de tensión.

Caída de Tensión (%)



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El diseño de REACTIVO UC trae notables beneficios, entre los cuales resaltan, el tiempo de respuesta que nos brinda el programa ante las diversas características presentadas en redes de 13.8kV, donde nos ofrece perfiles de potencia, pérdidas técnicas y caídas de tensión en la diversidad de tramos que tenga un circuito en específico, para que de esta manera el personal encargado de Diseño y Planificación de Redes pueda realizar los estudios pertinentes; de igual manera puede ser empleado de modo académico en la realización de ejercicios que estudiantes y/o docentes deseen plantearse a su gusto, con la ayuda de este programa se pueden conocer las respuestas a las que se deben llegar al momento de realizar los cálculos.
- La ubicación del banco de condensadores no sufrió modificación con respecto a su posición original, la cual fue seleccionada por los encargados de Diseño y Planificación de Redes de la empresa ELEVAL hace aproximadamente tres años; este punto de instalación del banco de condensadores se encuentra muy cercano a la salida de la

subestación, la ubicación no es la más idónea ya que las pérdidas técnicas prácticamente se mantienen. Sin embargo en el anexo D se hace regencia al posible punto de conexión, recomendado para disminuir las pérdidas y obtener una ubicación más idónea.

- De los alimentadores que fueron preseleccionados, se decidió trabajar en definitiva con el alimentador Castillito I, por tener el más bajo factor de potencia. Este factor fue corregido de su valor inicial que aproximadamente oscilaba en 82.40% a un valor final de aproximadamente 96.70%; de igual se logró disminuir en poca magnitud la caída de tensión en diversos puntos de la red; esto gracias a la puesta en funcionamiento del banco de condensadores controlable aunque las pérdidas técnicas siguen presentes en la misma magnitud.
- Luego de la puesta en funcionamiento del banco de condensadores se realizaron inspecciones externas para verificar el funcionamiento de éste, donde se apreció que estaban realizando su trabajo de apertura y cierre bajo las condiciones preestablecidas; posterior a esto se esperó que el Centro de Operaciones de Distribución (COD) suministrara las mediciones tomadas a la salida del alimentador y en éstas mediciones corroboraron la información del buen funcionamiento del banco de condensadores, lo cual indica que las correcciones efectuadas tanto en los accesorios del banco como en el algoritmo de control fueron correctas.
- Los interruptores del banco de condensadores controlable luego de entrar en funcionamiento permanecerán cerrados, esto debido a que la programación del algoritmo de control fue hecha de tal manera que estando los interruptores cerrados deberán dar apertura siempre y cuando la medición de potencia reactiva sea menor de -400 kVAR (valor que en condiciones normales no alcanza) y estando abiertos deberán cerrar una vez que la medición supere los 600 kVAR; El banco de condensadores va a permanecer

conectado al circuito de forma permanente ya que las características del alimentador así lo obligan; esto motivado a la alta demanda de potencia reactiva que posee ese alimentador.

- Para un correcto funcionamiento del control del banco, la diferencia entre los kVAR para la orden de cerrar los interruptores y los kVAR para dar la orden de apertura en la programación del MicroCap, deberá ser mayor de 900 kVAR, que es el valor de potencia reactiva que el banco de condensadores entrega a la red.
- El banco de condensadores cuando se encuentra conectado a la red proporciona al alimentador 900kVAR la cual es la capacidad del banco, originando un suministro reflejado en kVA de aproximadamente 400kVA, lo cual se traduce en ahorro económico para la empresa descrito en el capítulo V.
- Los ajustes realizados para el banco de condensadores controlables en el alimentador Castillito I, también fueron realizados para los alimentadores Castillito II y Guacara 2 de la misma subestación, comprobándose en estos dos últimos circuitos la correcta operación del equipo controlable. Esta aseveración se respalda por las constancias emitidas por la empresa, las cuales son presentadas en el anexo D de este Trabajo Especial de Grado.
- Antes de la instalación del banco de condensadores, se realizó un estudio técnico-económico para evaluar si la puesta en funcionamiento de éstos sería rentable para la empresa, en tal estudio se obtuvo que el proyecto era rentable ya que la inversión que éste requería sería recuperada a los ocho meses luego de haberse realizado la inversión.

RECOMENDACIONES

- ELEVAL ha normalizado como elemento de protección para los bancos de condensadores de 900kVAR que ellos emplean, fusibles de tipo K de 40 Amp, siendo la corriente nominal que circula por los condensadores de 37.65 Amp, están tomando una tolerancia del 6.24% la cual es muy baja y cualquier desbalance de tensión o tolerancia del equipo que produzca una corriente mayor de 40 amp, fácilmente puede hacer que los fusibles actúen, quedando fuera de servicio el banco de condensadores sin necesidad alguna; por tal razón la tolerancia para la selección de fusibles debería ser incrementada a un 25% (con una corriente de 47,12 Amp), empleando de tal manera fusibles comerciales de tipo K de 50 Amp.
- El elemento de protección del transformador de servicio que alimenta de energía al MicroCap es el mismo de una de las fases del banco de condensadores, a pesar de que el MicroCap funciona bien no es la manera correcta. El transformador de servicio debería tener su protección individual, y debido a que el Microcap consume aproximadamente 500 kVA debe emplearse para su protección un fusible tipo K de 1 Amp.
- En condiciones normales el banco de condensadores permanece conectado a la red, por tal razón se recomienda sustituir el banco de condensadores controlable por un banco de condensadores fijo de igual potencia; y ubicar el banco de condensadores controlable en otro alimentador donde la fluctuación de potencia reactiva sea mayor a los kVAR que puede suministrar el banco de condensadores.
- La programación del MicroCap para el alimentador Castillito I fue realizada en kVAR, pero para otros circuitos puede ser realizada con distintas variables eléctricas y no eléctricas, entre ellas los días de semanas; esto con la finalidad de mejorar el funcionamiento del banco de condensadores controlable.

BIBLIOGRAFIA

- **BIRNIOS, B y BIRNIOS M.** (2002). Manual de referencia de Visual Basic 6.0. Buenos Aires-Argentina.
- **BALENA, F.** (2000). Programación avanzada con Visual Basic 6.0. España. Editorial Mc Graw Hill.
- **SUMOZA, G.** (2006). Aplicaciones con visual Basic. Carabobo-Venezuela. CECATEC.
- **RIVAS, H. y JIMENEZ, J.** (1999). Aplicación de condensadores en sistemas eléctricos de potencia. Universidad de Carabobo.
- **AGUILAR, J. y BEDA W.** (1994). Anomalías que se presentan en las redes de distribución de media tensión al colocar condensadores. Universidad de Carabobo.
- **QEI Inc.** (1999). Intelligent capacitor controls hardware, operating manual. Version 2.3.
- **UPEL.** (1990). Manual de Trabajos de Grado y Tesis Doctorales. Caracas.
- **GACETA OFICIAL** de la Republica de Venezuela del 3 de abril de 2002 # 37415. Caracas.
- **COOPER Power Systems.** (1998). Power capacitors.230-20.
- **ELEVAL.** (2005). Guía para el uso y operación de condensadores en sistemas de distribución. Valencia-Venezuela.

- Bancos de capacitores para montaje en postes,
www.leyden.com.ar/PDF/Bancos_poste.pdf, (consulta, Septiembre de 2006).
- Corrección del factor de potencia,
www.monografias.com/trabajos14/factorpotencia/factorpotencia.shtml, (consulta, Septiembre de 2006).
- Condensadores controlables,
www.qeiinc.com/NewQEISite/capacitor_controls.html, (consulta, Septiembre de 2006).
- Sensor de corriente-serie 1301,
www.joslynhivoltage.com/PDFFiles/1301.pdf, (consulta, Septiembre de 2006).

ANEXOS “A”

Tabla de Conductores

Tabla para conductores de aluminio (ARVIDAL), monopolares y desnudos.

Calibre del Conductor	Resistencia [Ω /Km]	Diámetro [mm.]	Radio medio geométrico) [mm.]
2	0,867	7,52	2,730
1/0	0,546	9,47	3,438
2/0	0,433	10,64	4,022

3/0	0,344	11,94	4,513
4/0	0,273	13,40	5,065
250MCM	0,231	14,57	5,580
300MCM	0,193	15,96	6,113
312.8MCM	0,2112	16,30	6,259
350MCM	0,165	17,23	6,599
500MCM	0,116	20,60	7,900
750MCM	0,077	25,23	9,663
1000MCM	0,058	29,13	11,157

Cálculos de Resistencia a una Temperatura de 20° C, a frecuencia de 60 Hz.

NOTA: Si se desea proceder con una Temperatura distinta de 20° C debe usarse la siguiente expresión:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T + t_2}{T + t_1}$$

Donde:

R2 : Resistencia del conductor a temperatura deseada

t2 : Temperatura nueva.

R1 : Resistencia del conductor @ 20° C.

T : 228.

Cálculo del Radio Medio Geométrico (ds).

$$ds = 0.363 * dm$$

Para conductores # 2 y # 1/0.

$$ds = 0.378 * dm$$

Para conductores # 2/0 y # 4/0.

$$ds = 0.384 * dm$$

Para conductores 250MCM hasta 1000MCM.

dm : Diámetro del conductor (Se sugiere en metros para evitar errores futuros).

Cálculo de la Distancia Media Geométrica (DMG).

$$DMG = \sqrt[3]{D_1 * D_2 * D_3}$$

$D_1 : D_2 : D_3$: Distancias entre conductores 1-2, 2-3 y 1-3, respectivamente

Cálculo de la Reactancia de la línea en [Ω /Km].

$$X = 0.0754 * \ln\left(\frac{DMG}{ds}\right) @ 60 \text{ Hz}$$

GACETA OFICIAL

DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

AÑO CXXIX — MES VI

Caracas, miércoles 3 de abril de 2002

Número 37.415

SUMARIO

Presidencia de la República

Decreto N° 1.718, mediante el cual se designa a la ciudadana María Auxiliadora Hernández Barbarito, como Viceministra de Turismo del Ministerio de la Producción y el Comercio.

Decreto N° 1.723, mediante el cual se dicta el Reglamento Orgánico del Ministerio de Educación Superior.

Ministerio de Finanzas

Oficina Nacional de Presupuesto

Resolución mediante la cual se aprueba el Presupuesto de Ingresos y Gastos 2002 del Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios Diplomáticos «Pedro Gual».

Seniat

Providencia por la cual se designa al ciudadano Enri Rodríguez Carroz, Gerente de la Aduana Principal de Maracaibo, en calidad de Encargado, por el lapso comprendido desde el 14 de marzo de 2002 hasta el 20 de marzo de 2002.

Comisión Nacional de Valores

Resolución por la cual se dicta la Reforma de las Normas Relativas a la Emisión, Oferta Pública y Negociación de Papeles Comerciales.- (Véase N° 5.582 Extraordinario de la GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, de esta misma fecha).

Superintendencia de Seguros

Providencia por la cual se interviene a la empresa C.A. de Seguros Capitolio sociedad mercantil.- (Véase N° 5.582 Extraordinario de la GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, de esta misma fecha).

Ministerios de Finanzas y de la Producción y el Comercio

Resolución por la cual se modifica parcialmente el artículo 21 del Decreto N° 989 de fecha 20.12.95, mediante el cual se promulgó el Arancel de Aduanas.

Ministerios de la Producción y el Comercio y de Energía y Minas

Resolución mediante la cual se fijan las tarifas máximas que aplicarán las empresas eléctricas que en ella se mencionan, a los consumos de energía eléctrica.

Ministerio de Agricultura y Tierras

Resolución por la cual se designa al ciudadano Carlos Antonio Ramos Núñez, Director General de la Oficina de Recursos Humanos.

Resolución por la cual se designa a la ciudadana Déborah Millán Essayag, Director General del Despacho.

Resolución por la cual se designa a la ciudadana Libertad Colucci, Directora General de la Oficina de Análisis Estratégico.

Resolución por la cual se designa a la ciudadana Indira Pérez Rivera, Directora General de Consultoría Jurídica.

Resolución por la cual se designa al ciudadano Wilfredo Mejías Zerpa, Director General de la Oficina de Información y Relaciones Públicas.

Resolución por la cual se designa al ciudadano Oscar A. Lucentini Wozel, Director General de la Dirección General de Circuitos Agrícolas, Pesquero y Acuicola.

Resolución por la cual se designa a la ciudadana María Dolores Parada, Directora General de la Oficina de Relaciones Internacionales.

Resolución por la cual se designa al ciudadano Carlos Alberto Abello Monzón, Director General de la Dirección de Mercadeo Agrícola.

Resolución por la cual se designa al ciudadano Arturo Rojas Briceño, Director General de la Oficina de Planificación y Presupuesto.

Ministerio de Educación, Cultura y Deportes

Resolución por la cual se designa al ciudadano Mauro Suárez, Director de la Zona Educativa del Estado Bolívar.

Resolución mediante la cual se designa a la ciudadana García de Sucre, Hilda Miguelina, Directora de la Zona Educativa del Estado Delta Amacuro.

Cabildo del Distrito Metropolitano

Contraloría Metropolitana

Resolución mediante la cual se designa al ciudadano Getulio Noé Romero, Sub-Contralor Metropolitano.

Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas

Decreto N° 110, mediante el cual se confiere la Condecoración «Orden Francisco Fajardo» en su Primera Clase, al ciudadano Alexander Muñoz.

Decreto N° 111, mediante el cual se confiere la Condecoración «Orden Francisco Fajardo» en su Tercera Clase, al ciudadano Horangel Ramos.

Resolución mediante la cual se designa al ciudadano Francisco Mendoza, responsable del manejo de los fondos que se giren a las Secretarías de Infraestructura, Transporte y Vialidad y Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Tribunal Supremo de Justicia

Resoluciones por las cuales se designan a los abogados que en ellas se mencionan, Suplentes Especiales en los cargos de Jueces.

Resolución por la cual se designa al abogado Jesús Enrique Caldera Infante, miembro de la Sala Especial Accidental de la Corte de Apelaciones del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Trujillo.

Resolución por la cual se acuerda la reincorporación de la abogada Daniela Guglielmetti, al cargo de Jueza Temporal.

Resolución por la cual se designa con carácter provisorio al abogado Ismael Narciso Barrera Guerrero, en el cargo de Juez del Juzgado de Primera Instancia del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Anzoátegui.

Resoluciones por las cuales se designan Jueces con carácter temporal a los abogados que en ellas se indican.- Resoluciones por las cuales se acuerda la reincorporación de las abogadas que en ellas se mencionan a los cargos de Juezas que en ellas se mencionan.- Resoluciones por las cuales se designan Jueces Accidentales a las abogadas que en ellas se mencionan.- Resoluciones por las cuales se designan Suplentes Especiales a los abogados que en ellas se señalan.- Resolución por la cual se designa al abogado Walter Josué González Gutiérrez, Juez del Juzgado de Primera Instancia del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Mérida, extensión El Vía.- Resolución por la cual se acuerda el traslado de la abogada Ingrid Spiritto Alam, al cargo de Jueza provisorio del Juzgado de Primera Instancia de la Sección de Adolescentes del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Área Metropolitana de Caracas.- Resolución por la cual se acuerda extender por noventa (90) días más, la Comisión de Servicio en la Superintendencia del Servicio Nacional Integrado de Administración Tributaria, al abogado Oscar Piñate Espidel.- Resolución por la cual se acuerda el ingreso del abogado Wirme Aranguren Tovar, al cargo de Juez del Juzgado de Primera Instancia del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Apure.- Resolución por la cual se acuerda el cambio en la denominación del cargo de Juez de Primera Instancia de la Sección de Adolescentes del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Carabobo, con sede en Valencia, para el cual fue designada la abogada Libia Villa, por el de Jueza provisorio de la Sala de Juicio del Tribunal de Protección del Niño y del Adolescente de la Circunscripción Judicial del Estado Carabobo, con sede en Puerto Cabello.- Resolución por la cual se designa al abogado Pedro Francisco Aranguren, Juez Rector y Presidente del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Sucre.- (Véase N° 5.582 Extraordinario de la GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, de esta misma fecha).

Contraloría General de la República

Resolución mediante la cual se designa a la ciudadana Leyda Josefina Betancourt D'Jesús, Directora Sectorial, en la Dirección de Control del Sector de la Economía de la Dirección General de Control de la Administración Central y de los Poderes Nacionales, de este Organismo.

Resolución mediante la cual se delega en la ciudadana Ivanova María Pacheco Flex, Abogado Supervisor, en la Dirección de Recursos Humanos de este Despacho, la certificación de los documentos que en ella se señalan.

Demanda Máxima leída de la Subestación durante el período de facturación. El valor resultante no podrá ser mayor a la Capacidad Instalada de la Subestación, de ser este el caso se considerará la Capacidad Instalada de la Subestación.

Los valores de aplicación son:

Tarifa	Unidad	Detalles de Aplicación
1.826,45	Bs/kVA	Cargo por Demanda
22,67	Bs/kWh	Cargo por Energía
908,75	Bs/kVA	Cargo por Subestación

9.16 TARIFA 16: TARIFA PARA ELEVAL

9.16.1 Características Técnicas

Corriente alterna de 60 Hz, en 115 kV en Servicio Primario y 13,8 kV ó 34,5 kV en Servicio Secundario en las barras de la subestación.

9.16.2 Aplicación

Exclusivamente para el servicio a la C.A. Electricidad de Valencia (ELEVAL).

9.16.3 Tarifa Mensual

El cargo mensual será la suma de un Cargo por Demanda y un Cargo por Energía consumida, según los valores que se indican a continuación durante la vigencia de esta Resolución. En el caso de suministro en Servicio Secundario (13,8 kV ó 34,5 kV), se cobrará un Cargo por Subestación en función de la Capacidad Eficiente de Transformación Instalada.

Se entenderá como Capacidad Eficiente de Transformación Instalada al valor que resulte de incrementar en un diez por ciento (10 %) la Demanda Máxima leída de la Subestación durante el período de facturación. El valor resultante no podrá ser mayor a la Capacidad Instalada de la Subestación, de ser este el caso se considerará la Capacidad Instalada de la Subestación.

Los valores de aplicación son:

Tarifa	Unidad	Detalles de Aplicación
1.866,37	Bs/kVA	Cargo por Demanda
20,32	Bs/kWh	Por los primeros 48 GWh
26,76	Bs/kWh	Por el resto del consumo
909,22	Bs/kVA	Cargo por Subestación

9.17 TARIFA 17: TARIFA POR USO DE REDES DE TRANSPORTE

9.17.1 Características Técnicas

Servicio de transporte de energía.

9.17.2 Aplicación

Exclusivamente para el servicio de transporte de energía prestado a C.A. Electricidad de Barquisimeto (ENELBAR), C.A. Energía Eléctrica de la Costa Oriental (ENELCO) y C.A. Energía Eléctrica de Venezuela (ENELVEN).

9.17.3 Tarifa Mensual para ENELBAR

El cargo mensual será un Cargo por Transporte de Energía, según los valores que se indican a continuación durante la vigencia de esta Resolución.

Tarifa	Unidad	Detalles de Aplicación
2,73	Bs/kWh	Cargo por Transporte de Energía

9.17.4 Tarifa Mensual para ENELVEN y ENELCO

El cargo mensual será un Cargo por Transporte de Energía, según los valores que se indican a continuación durante la vigencia de esta Resolución.

Tarifa	Unidad	Detalles de Aplicación
3,79	Bs/kWh	Cargo por Transporte de Energía

A los fines de la aplicación de lo previsto en los artículos 18 y 19 de esta Resolución, se considerarán como valores para la determinación de las

tarifas establecidas en este artículo, los indicados en los cuadros siguientes, durante la vigencia:

Variable	Valor
Inflación Promedio Nacional (%)	10,00
Inflación Puntual Nacional (%)	10,00
Inflación Promedio Internacional (%)	2,00
Inflación Puntual Internacional (%)	2,00
Paridad Cambiaria Promedio (Bs/US\$)	783,35
Paridad Cambiaria Promedio de Diciembre (Bs/US\$)	810,74
Precio Promedio del Gas-Oil (Bs/lt)	47,80
Precio Promedio del Gas Metano (Bs/MC)	27,01
Precio Promedio del Fuel Oil (Bs/lt)	49,39
Precio de la Energía Contratada Comprada a EDELCA (Bs/kWh)	17,80
Precio de la Energía Contratada Comprada a ELECAR (Bs/kWh)	23,50
Precio de la Energía Contratada Comprada a TURBOVEN (Bs/kWh)	26,76
Precio de la Energía Contratada Comprada a GENEVAPCA (Bs/kWh)	26,33
Precio de la Energía Contratada Comprada a empresas de COLOMBIA (Bs/kWh)	38,38
Precio de Energía Regional Comprada a EDELCA (Bs/kWh)	14,83
$PCE_{(T)}$	0,27
$PCN_{(T)}$	0,53
$PCI_{(T)}$	0,20
Consumo Gas-Oil (M Its)	332.093
Consumo de Gas Metano (M MC)	1.618.379
Consumo de Fuel-Oil (M Its)	2.062.167
Energía Contratada Comprada a EDELCA Prevista (GWh)	12.308
Energía Regional Comprada a EDELCA Prevista (GWh)	1.700
Energía Comprada a ELECAR Prevista (GWh)	1.263
Energía Comprada a TURBOVEN Prevista (GWh)	569
Energía Comprada a GENEVAPCA Prevista (GWh)	350
Energía Comprada a empresas de COLOMBIA Prevista (GWh)	691
Energía Hidroeléctrica Generada por CADAPE Previsto (GWh)	2.284
Energía Total Generada Prevista (GWh)	15.040
Energía Total Requerida Prevista (GWh)	31.921
Energía Vendida Neta (GWh)	26.494
Factor de Eficiencia para la Generación con Gas-Oil (lt/kWh)	0,49
Factor de Eficiencia para la Generación con Gas Metano (MC/kWh)	0,35
Factor de Eficiencia para la Generación con Fuel-Oil (lt/kWh)	0,28
Pérdidas Acreditadas (%)	17,00

ARTÍCULO 10. ELEBOL

Las tarifas aplicables por la empresa C.A. LA ELECTRICIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR (ELEBOL), en su área de servicio, son las que se indican a continuación.

10.1 TARIFA 01: SERVICIO RESIDENCIAL SOCIAL

10.1.1 Características Técnicas

ANEXOS “B”

Tabla de Conductores

Tabla para conductores de aluminio (ARVIDAL), monopolares y desnudos.

Calibre del Conductor	Resistencia [Ω /Km]	Diámetro [mm.]	Radio medio geométrico) [mm.]
2	0,867	7,52	2,730
1/0	0,546	9,47	3,438
2/0	0,433	10,64	4,022
3/0	0,344	11,94	4,513
4/0	0,273	13,40	5,065
250MCM	0,231	14,57	5,580
300MCM	0,193	15,96	6,113
312.8MCM	0,2112	16,30	6,259
350MCM	0,165	17,23	6,599
500MCM	0,116	20,60	7,900
750MCM	0,077	25,23	9,663
1000MCM	0,058	29,13	11,157

Cálculos de Resistencia a una Temperatura de 20° C, a frecuencia de 60 Hz.

NOTA: Si se desea proceder con una Temperatura distinta de 20° C debe usarse la siguiente expresión:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T + t_2}{T + t_1}$$

Donde:

R2 : Resistencia del conductor a temperatura deseada

t2 : Temperatura nueva.

R1 : Resistencia del conductor @ 20° C.

T : 228.

Cálculo del Radio Medio Geométrico (ds).

$$ds = 0.363 * dm$$

Para conductores # 2 y # 1/0.

$$ds = 0.378 * dm$$

Para conductores # 2/0 y # 4/0.

$$ds = 0.384 * dm$$

Para conductores 250MCM hasta 1000MCM.

dm : Diámetro del conductor (Se sugiere en metros para evitar errores futuros).

Cálculo de la Distancia Media Geométrica (DMG).

$$DMG = \sqrt[3]{D_1 * D_2 * D_3}$$

$D_1 : D_2 : D_3$: Distancias entre conductores 1-2, 2-3 y 1-3, respectivamente

Cálculo de la Reactancia de la línea en [Ω /Km].

$$X = 0.0754 * \text{Ln}\left(\frac{DMG}{ds}\right) @ 60 \text{ Hz}$$

GACETA OFICIAL

DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

AÑO CXXIX — MES VI

Caracas, miércoles 3 de abril de 2002

Número 37.415

SUMARIO

Presidencia de la República
Decreto N° 1.718, mediante el cual se designa a la ciudadana María Auxiliadora Hernández Barbarito, como Viceministra de Turismo del Ministerio de la Producción y el Comercio.

Decreto N° 1.723, mediante el cual se dicta el Reglamento Orgánico del Ministerio de Educación Superior.

Ministerio de Finanzas
Oficina Nacional de Presupuesto
Resolución mediante la cual se aprueba el Presupuesto de Ingresos y Gastos 2002 del Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios Diplomáticos «Pedro Gual».

Seniat
Providencia por la cual se designa al ciudadano Enri Rodríguez Carroz, Gerente de la Aduana Principal de Maracaibo, en calidad de Encargado, por el lapso comprendido desde el 14 de marzo de 2002 hasta el 20 de marzo de 2002.

Comisión Nacional de Valores
Resolución por la cual se dicta la Reforma de las Normas Relativas a la Emisión, Oferta Pública y Negociación de Papeles Comerciales.- (Véase N° 5.582 Extraordinario de la GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, de esta misma fecha).

Superintendencia de Seguros
Providencia por la cual se interviene a la empresa C.A. de Seguros Capitolio sociedad mercantil.- (Véase N° 5.582 Extraordinario de la GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, de esta misma fecha).

Ministerios de Finanzas y de la Producción y el Comercio
Resolución por la cual se modifica parcialmente el artículo 21 del Decreto N° 989 de fecha 20.12.95, mediante el cual se promulgó el Arancel de Aduanas.

Ministerios de la Producción y el Comercio y de Energía y Minas
Resolución mediante la cual se fijan las tarifas máximas que aplicarán las empresas eléctricas que en ella se mencionan, a los consumos de energía eléctrica.

Ministerio de Agricultura y Tierras
Resolución por la cual se designa al ciudadano Carlos Antonio Ramos Núñez, Director General de la Oficina de Recursos Humanos.

Resolución por la cual se designa a la ciudadana Déborah Millán Essayag, Director General del Despacho.

Resolución por la cual se designa a la ciudadana Libertad Colucci, Directora General de la Oficina de Análisis Estratégico.

Resolución por la cual se designa a la ciudadana Indira Pérez Rivera, Directora General de Consultoría Jurídica.

Resolución por la cual se designa al ciudadano Wilfredo Mejías Zerpa, Director General de la Oficina de Información y Relaciones Públicas.

Resolución por la cual se designa al ciudadano Oscar A. Lucentini Wozel, Director General de la Dirección General de Circuitos Agrícolas, Pesquero y Acuicola.

Resolución por la cual se designa a la ciudadana María Dolores Parada, Directora General de la Oficina de Relaciones Internacionales.

Resolución por la cual se designa al ciudadano Carlos Alberto Abello Monzón, Director General de la Dirección de Mercadeo Agrícola.

Resolución por la cual se designa al ciudadano Arturo Rojas Briceño, Director General de la Oficina de Planificación y Presupuesto.

Ministerio de Educación, Cultura y Deportes
Resolución por la cual se designa al ciudadano Mauro Suárez, Director de la Zona Educativa del Estado Bolívar.

Resolución mediante la cual se designa a la ciudadana García de Sucre, Hilda Miguelina, Directora de la Zona Educativa del Estado Delta Amacuro.

Cabildo del Distrito Metropolitano
Contraloría Metropolitana
Resolución mediante la cual se designa al ciudadano Getulio Noé Romero, Sub-Contraor Metropolitano.

Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas
Decreto N° 110, mediante el cual se confiere la Condecoración «Orden Francisco Fajardo» en su Primera Clase, al ciudadano Alexander Muñoz.

Decreto N° 111, mediante el cual se confiere la Condecoración «Orden Francisco Fajardo» en su Tercera Clase, al ciudadano Horangel Ramos.

Resolución mediante la cual se designa al ciudadano Francisco Mendoza, responsable del manejo de los fondos que se giren a las Secretarías de Infraestructura, Transporte y Vialidad y Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Tribunal Supremo de Justicia
Resoluciones por las cuales se designan a los abogados que en ellas se mencionan, Suplentes Especiales en los cargos de Jueces.

Resolución por la cual se designa al abogado Jesús Enrique Caldera Infante, miembro de la Sala Especial Accidental de la Corte de Apelaciones del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Trujillo.

Resolución por la cual se acuerda la reincorporación de la abogada Daniela Guglielmetti, al cargo de Jueza Temporal.

Resolución por la cual se designa con carácter provisorio al abogado Ismael Narciso Barrera Guerrero, en el cargo de Juez del Juzgado de Primera Instancia del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Anzoátegui.

Resoluciones por las cuales se designan Jueces con carácter temporal a los abogados que en ellas se indican.- Resoluciones por las cuales se acuerda la reincorporación de las abogadas que en ellas se mencionan a los cargos de Juezas que en ellas se mencionan.- Resoluciones por las cuales se designan Jueces Accidentales a las abogadas que en ellas se mencionan.- Resoluciones por las cuales se designan Suplentes Especiales a los abogados que en ellas se señalan.- Resolución por la cual se designa al abogado Walter Josué González Gutiérrez, Juez del Juzgado de Primera Instancia del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Mérida, extensión El Vigía.- Resolución por la cual se acuerda el traslado de la abogada Ingrid Spiritto Alam, al cargo de Jueza provisorio del Juzgado de Primera Instancia de la Sección de Adolescentes del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Área Metropolitana de Caracas.- Resolución por la cual se acuerda extender por noventa (90) días más, la Comisión de Servicio en la Superintendencia del Servicio Nacional Integrado de Administración Tributaria, al abogado Oscar Piñate Espidel.- Resolución por la cual se acuerda el ingreso del abogado Wirme Aranguren Tovar, al cargo de Juez del Juzgado de Primera Instancia del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Apure.- Resolución por la cual se acuerda el cambio en la denominación del cargo de Juez de Primera Instancia de la Sección de Adolescentes del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Carabobo, con sede en Valencia, para el cual fue designada la abogada Libia Villa, por el de Jueza provisorio de la Sala de Juicio del Tribunal de Protección del Niño y del Adolescente de la Circunscripción Judicial del Estado Carabobo, con sede en Puerto Cabello.- Resolución por la cual se designa al abogado Pedro Francisco Aranguren, Juez Rector y Presidente del Circuito Judicial Penal de la Circunscripción Judicial del Estado Sucre.- (Véase N° 5.582 Extraordinario de la GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, de esta misma fecha).

Contraloría General de la República
Resolución mediante la cual se designa a la ciudadana Leyda Josefina Betancourt D'Jesús, Directora Sectorial, en la Dirección de Control del Sector de la Economía de la Dirección General de Control de la Administración Central y de los Poderes Nacionales, de este Organismo.

Resolución mediante la cual se delega en la ciudadana Ivanova María Pacheco Flex, Abogado Supervisor, en la Dirección de Recursos Humanos de este Despacho, la certificación de los documentos que en ella se señalan.

Demanda Máxima leída de la Subestación durante el período de facturación. El valor resultante no podrá ser mayor a la Capacidad Instalada de la Subestación, de ser este el caso se considerará la Capacidad Instalada de la Subestación.

Los valores de aplicación son:

Tarifa	Unidad	Detalles de Aplicación
1.826,45	Bs/kVA	Cargo por Demanda
22,67	Bs/kWh	Cargo por Energía
908,75	Bs/kVA	Cargo por Subestación

9.16 TARIFA 16: TARIFA PARA ELEVAL

9.16.1 Características Técnicas

Corriente alterna de 60 Hz, en 115 kV en Servicio Primario y 13,8 kV ó 34,5 kV en Servicio Secundario en las barras de la subestación.

9.16.2 Aplicación

Exclusivamente para el servicio a la C.A. Electricidad de Valencia (ELEVAL).

9.16.3 Tarifa Mensual

El cargo mensual será la suma de un Cargo por Demanda y un Cargo por Energía consumida, según los valores que se indican a continuación durante la vigencia de esta Resolución. En el caso de suministro en Servicio Secundario (13,8 kV ó 34,5 kV), se cobrará un Cargo por Subestación en función de la Capacidad Eficiente de Transformación Instalada.

Se entenderá como Capacidad Eficiente de Transformación Instalada al valor que resulte de incrementar en un diez por ciento (10 %) la Demanda Máxima leída de la Subestación durante el período de facturación. El valor resultante no podrá ser mayor a la Capacidad Instalada de la Subestación, de ser este el caso se considerará la Capacidad Instalada de la Subestación.

Los valores de aplicación son:

Tarifa	Unidad	Detalles de Aplicación
1.866,37	Bs/kVA	Cargo por Demanda
20,32	Bs/kWh	Por los primeros 48 GWh
26,76	Bs/kWh	Por el resto del consumo
909,22	Bs/kVA	Cargo por Subestación

9.17 TARIFA 17: TARIFA POR USO DE REDES DE TRANSPORTE

9.17.1 Características Técnicas

Servicio de transporte de energía.

9.17.2 Aplicación

Exclusivamente para el servicio de transporte de energía prestado a C.A. Electricidad de Barquisimeto (ENELBAR), C.A. Energía Eléctrica de la Costa Oriental (ENELCO) y C.A. Energía Eléctrica de Venezuela (ENELVEN).

9.17.3 Tarifa Mensual para ENELBAR

El cargo mensual será un Cargo por Transporte de Energía, según los valores que se indican a continuación durante la vigencia de esta Resolución.

Tarifa	Unidad	Detalles de Aplicación
2,73	Bs/kWh	Cargo por Transporte de Energía

9.17.4 Tarifa Mensual para ENELVEN y ENELCO

El cargo mensual será un Cargo por Transporte de Energía, según los valores que se indican a continuación durante la vigencia de esta Resolución.

Tarifa	Unidad	Detalles de Aplicación
3,79	Bs/kWh	Cargo por Transporte de Energía

A los fines de la aplicación de lo previsto en los artículos 18 y 19 de esta Resolución, se considerarán como valores para la determinación de las

tarifas establecidas en este artículo, los indicados en los cuadros siguientes, durante la vigencia:

Variable	Valor
Inflación Promedio Nacional (%)	10,00
Inflación Puntual Nacional (%)	10,00
Inflación Promedio Internacional (%)	2,00
Inflación Puntual Internacional (%)	2,00
Paridad Cambiaria Promedio (Bs/US\$)	783,35
Paridad Cambiaria Promedio de Diciembre (Bs/US\$)	810,74
Precio Promedio del Gas-Oil (Bs/lt)	47,80
Precio Promedio del Gas Metano (Bs/MC)	27,01
Precio Promedio del Fuel Oil (Bs/lt)	49,39
Precio de la Energía Contratada Comprada a EDELCA (Bs/kWh)	17,80
Precio de la Energía Contratada Comprada a ELECAR (Bs/kWh)	23,50
Precio de la Energía Contratada Comprada a TURBOVEN (Bs/kWh)	26,76
Precio de la Energía Contratada Comprada a GENEVAPCA (Bs/kWh)	26,33
Precio de la Energía Contratada Comprada a empresas de COLOMBIA (Bs/kWh)	38,38
Precio de Energía Regional Comprada a EDELCA (Bs/kWh)	14,83
$PCE_{(T)}$	0,27
$PCN_{(T)}$	0,53
$PCI_{(T)}$	0,20
Consumo Gas-Oil (M Its)	332.093
Consumo de Gas Metano (M MC)	1.618.379
Consumo de Fuel-Oil (M Its)	2.062.167
Energía Contratada Comprada a EDELCA Prevista (GWh)	12.308
Energía Regional Comprada a EDELCA Prevista (GWh)	1.700
Energía Comprada a ELECAR Prevista (GWh)	1.263
Energía Comprada a TURBOVEN Prevista (GWh)	569
Energía Comprada a GENEVAPCA Prevista (GWh)	350
Energía Comprada a empresas de COLOMBIA Prevista (GWh)	691
Energía Hidroeléctrica Generada por CADAPE Previsto (GWh)	2.284
Energía Total Generada Prevista (GWh)	15.040
Energía Total Requerida Prevista (GWh)	31.921
Energía Vendida Neta (GWh)	26.494
Factor de Eficiencia para la Generación con Gas-Oil (lt/kWh)	0,49
Factor de Eficiencia para la Generación con Gas Metano (MC/kWh)	0,35
Factor de Eficiencia para la Generación con Fuel-Oil (lt/kWh)	0,28
Pérdidas Acreditadas (%)	17,00

ARTÍCULO 10. ELEBOL

Las tarifas aplicables por la empresa C.A. LA ELECTRICIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR (ELEBOL), en su área de servicio, son las que se indican a continuación.

10.1 TARIFA 01: SERVICIO RESIDENCIAL SOCIAL

10.1.1 Características Técnicas

ANEXOS “B”

Código Fuente

CODIGO FUENTE DE REACTIVO UC



Option Explicit

```
Private Sub Form_load()
```

```
    Path = ""
```

```
    Archivo = ""
```

```
    Select Case OpcionActiva
```

```
        Case "Nuevo": Command1_Click 0
```

```
        Case "Abrir": Command1_Click 1
```

```
        Case "Tutorial": Command1_Click 2
```

```
    End Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click(Index As Integer)
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    Dim S As String, fs
```

```
    Path = Left(App.Path, Len(App.Path) - 4) & "\\Proyectos"
```

```
    Select Case Index
```

```
        Case 0
```

```
            S = InputBox("Escriba el nombre del Nuevo Proyecto", "Nuevo Proyecto", , _
```

```

    Screen.Width / 2, Screen.Height / 2)
If Len(S) <> 0 Then
    Set fs = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
    fs.createfolder (Left(App.Path, Len(App.Path) - 4) & "\Proyectos\" & S)
    Path = Path & "\" & S
    Archivo = S & ".ruc"
    OpcionActiva = "Nuevo"
End If
Case 1
    With CD
        .CancelError = False
        .DialogTitle = "Abrir Proyecto de Reactivos UC..."
        .Filter = "Proyectos (*.ruc)|*.ruc|Todos los archivos (*.*)|*.*"
        .InitDir = Path
        .ShowOpen
        If Len(.FileName) <> 0 Then
            Path = Left(.FileName, Len(.FileName) - Len(.FileTitle) - 1)
            Archivo = .FileTitle
            OpcionActiva = "Abrir"
        End If
    End With
Case 2
    Shell cGetSystemDirectory & "\notepad.exe " & App.Path & "\Readme.txt", _
        vbMaximizedFocus
Case 3
    MsgBox "Abrir ejemplo"
Case 4
    End
End Select
If Len(Archivo) <> 0 Then Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    If Len(Archivo) = 0 Then End
End Sub

```

Option Explicit

```
'-----  
'          SUBPROGRAMAS PARA EL MANEJO DE LA VENTANA Y EL LIENZO DE  
TRABAJO  
'-----
```

Private Sub Form_load()

```
Me.Left = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainLeft", 1000)  
Me.Top = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainTop", 1000)  
Me.Width = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainWidth", 6500)  
Me.Height = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainHeight", 6500)  
cmbCond.ListIndex = 0  
tbToolBar(0).Width = 1100  
tbToolBar(1).Width = 4000  
tbToolBar(2).Width = 400  
'CoolBar.Bands(1).Width = tbToolBar(0).Width '+ 180  
'CoolBar.Bands(2).Width = tbToolBar(1).Width '+ 180  
'CoolBar.Bands(3).Width = tbToolBar(2).Width '+ 180  
picCanvas.Height = ALTO  
picCanvas.Width = ANCHO  
Select Case OpcionActiva  
Case "Nuevo": Nuevo  
Case "Abrir": AbrirProyecto Path & "\" & Archivo  
End Select  
End Sub
```

Private Sub Form_Resize()

```
On Error Resume Next  
If Me.WindowState <> vbMinimized Then  
With CoolBar.Bands  
.Item(1).Width = 1100  
.Item(3).Width = 400  
.Item(2).Width = Me.ScaleWidth - 2000  
End With  
Picture1.Move 100, CoolBar.Height + 100, Me.ScaleWidth - 240, Me.ScaleHeight - _  
CoolBar.Height - sbStatusBar.Height  
HCanvas.Move 0, Picture1.ScaleHeight - HCanvas.Height, Picture1.ScaleWidth - _  
VCanvas.Width, HCanvas.Height  
VCanvas.Move HCanvas.Width, 0, VCanvas.Width, HCanvas.Top  
End If  
End Sub
```

Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)

```

If MsgBox("¿Deseas guardar los cambios?", vbQuestion + vbYesNo) = vbYes Then
mnuFileSave_Click 'Cancel = 1
End Sub

```

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Clear
If Me.WindowState <> vbMinimized Then
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainLeft", Me.Left
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainTop", Me.Top
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainWidth", Me.Width
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainHeight", Me.Height
End If
End Sub

```

```

Private Sub picCanvas_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 27 Then CancelaOpcion
End Sub

```

```

Private Sub picCanvas_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Dim PTsc As Single, PTcc As Single
X = posicion(X)
Y = posicion(Y)
Set NodoActual = buscarNodo(X, Y)
Select Case Button
Case vbLeftButton
Select Case OpcionActiva
Case "Nodo"
'Si hay un Nodo en el punto donde se presiono, y ese Nodo esta habilitado
'para aceptar un nuevo tramo, se prepara el sistema para crear un nuevo Nodo
If NodoActual.Enabled Then
With Line1(0)
.X1 = NodoActual.X
.Y1 = NodoActual.Y
.X2 = X
.Y2 = Y
.Visible = True
End With
End If
Case "Compensar"
If NodoActual.Capacidad = 0 Then
NodoActual.Capacidad = cmbCond.Text
Else

```

```

        NodoActual.Capacidad = 0
    End If
    PerdidasTotales PTsc, PTcc
    sbStatusBar.Panels(2).Text = "PTsc = " & PTsc & " - PTcc = " & PTcc

    Case "Editar Nodo"
        If NodoActual.N > 1 Then Form2.Show 1
        'CancelaOpcion

    Case "Calculos"
        If NodoActual.nT And NodoActual.N <> -1 Then
            Ramal
        Else
            MsgBox "Para graficar Perfiles de potencia elija un Nodo Terminal", _
                vbInformation Or vbSystemModal, "Alerta"
            CancelaOpcion
        End If
        Case "Nodo Terminal"
            NodoActual.Enabled = Not NodoActual.Enabled
        End Select 'De las opciones
    Case vbRightButton
        'Otras funciones
    End Select 'De los Buttons del Mouse
End Sub

Private Sub picCanvas_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Select Case Button
    Case vbLeftButton
        Select Case OpcionActiva
        Case "Nodo"
            If Line1(0).Visible Then
                Line1(0).X2 = X
                Line1(0).Y2 = Y
            End If
        End Select 'De las opciones
    Case vbRightButton
        'Otras funciones
    End Select 'De los Buttons
End Sub

Private Sub picCanvas_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Dim nAux As cNodo

```

```

X = posicion(X)
Y = posicion(Y)
Set nAux = buscarNodo(X, Y)
Select Case Button
Case vbLeftButton
    Select Case OpcionActiva
    Case "Nodo"
        If nAux.N = -1 Then
            If NodoActual.Enabled Then
                X1 = X
                Y1 = Y
                Form2.Show 1
            End If
        Else
            MsgBox "Ya hay un nodo en este punto", vbCritical, "Error"
        End If
        Line1(0).Visible = False
    End Select 'De las opciones
Case vbRightButton
    'TareasPendientes: Mostrar los menús emergentes
End Select 'De los Button
End Sub

Private Sub picCanvas_Resize()
    With HCanvas
        .Max = Picture1.Width - (picCanvas.Width + 1000) - VCanvas.Width
        .LargeChange = Abs(0.1 * .Max)
        .SmallChange = .LargeChange / 5
        .Value = .Max / 2
        If picCanvas.Width + 500 < Picture1.Width Then
            .Enabled = False
        Else
            .Enabled = True
        End If
    End With
End With
With VCanvas
    .Max = Picture1.Height - (picCanvas.Height + 1000) - HCanvas.Height
    .LargeChange = Abs(0.1 * .Max)
    .SmallChange = .LargeChange / 5
    .Value = .Max / 2
    If picCanvas.Height + 500 < Picture1.Height Then
        .Enabled = False
    Else

```

```

        .Enabled = True
    End If
End With
End Sub

```

```

Private Sub HCanvas_Change()
    picCanvas.Left = HCanvas.Value + 500
End Sub

```

```

Private Sub VCanvas_Change()
    picCanvas.Top = VCanvas.Value + 500
End Sub

```

```

'-----
'          SUBPROGRAMAS DE LOS MENUS Y BARRA DE HERRAMIENTAS
'-----

```

```

Private Sub tbToolBar_ButtonClick(Index As Integer, ByVal Button As MSComctlLib.Button)
    CancelaOpcion
    cmbCond.Enabled = False
    Select Case Button.Key
    Case "Nuevo":    mnuFileNew_Click
    Case "Abrir":    mnuFileOpen_Click
    Case "Guardar":  mnuFileSave_Click
    Case "Nodo":     mnuNodo_Click
    Case "Editar Nodo": mnuEditNodo_Click
    Case "Compensar": mnuCompensar_Click
    Case "Calculos": mnuCalculos_Click
    Case "Calculadora": Shell cGetSystemDirectory & "\calc.exe", vbNormalFocus
    Case "Readme":    Shell cGetSystemDirectory & "\notepad.exe " & App.Path &
"\Readme.txt", _
        vbNormalFocus
    End Select
    picCanvas.SetFocus
End Sub

```

```

Private Sub AbrirProyecto(Arch As String)
    On Error Resume Next
    Dim NodoAux As cNodo, nAnt As Integer, N As Integer, X As Single, Y As Single, S As _
        Single, L As Single, nT As Boolean, Conductor As String, Capacidad As Integer
    Me.Caption = "Reactivos UC - " & Archivo
    Set NodosTerminales = New Collection
    Set NodosCollection = New Collection
    Grilla

```

```

Open Arch For Input As #1
Input #1, Smax, Fpmax, Smin, Fpmin
Do While Not EOF(1)
    Set NodoAux = New cNodo
    Input #1, N, X, Y, nAnt, nT, S, L, Conductor, Capacidad
    NodoAux.Nodo N, X, Y, nAnt, nT, S, L, Conductor, Capacidad
    NodosCollection.Add NodoAux
Loop
Close
End Sub

```

```

Private Sub mnuFileOpen_Click()
    On Error Resume Next
    Clear
    OpcionActiva = "Abrir"
    Form3.Show 1
    AbrirProyecto Path & "\" & Archivo
End Sub

```

```

Private Sub Nuevo()
    Dim nuevoNodo As cNodo
    Form1.Show 1
    Me.Caption = "Reactivos UC - " & Archivo
    Grilla
    Set NodosTerminales = New Collection
    Set NodosCollection = New Collection
    Set nuevoNodo = New cNodo
    nuevoNodo.Nodo 1, SEP * 3, SEP * 3
    NodosCollection.Add nuevoNodo
    mnuFileSave_Click
End Sub

```

```

Private Sub mnuFileNew_Click()
    On Error Resume Next
    Clear
    OpcionActiva = "Nuevo"
    Form3.Show 1
    If Len(Archivo) <> 0 Then Nuevo
End Sub

```

```

Private Sub mnuFileSave_Click()
    Dim NodoAux As cNodo
    OpcionActiva = "Guardar"

```

```

Open Path & "\" & Archivo For Output As #1
Write #1, Smax, Fpmax, Smin, Fpmin
For Each NodoAux In NodosCollection
    With NodoAux
        Write #1, .N, .X, .Y, .nAnt, .nT, .S, .LongLineaAnt, .Conductor, .Capacidad
    End With
Next
Close
End Sub

Private Sub mnuFileExit_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub mnuViewToolbar_Click()
    mnuViewToolbar.Checked = Not mnuViewToolbar.Checked
    CoolBar.Visible = mnuViewToolbar.Checked
    With picCanvas
        If mnuViewToolbar.Checked Then
            .Top = 100 + CoolBar.Height
        Else
            .Top = 100
        End If
    End With
End Sub

Private Sub mnuCompensar_Click()
    mnuCompensar.Checked = Not mnuCompensar.Checked
    If mnuCompensar.Checked Then
        OpcionActiva = "Compensar"
        tbToolBar(1).Buttons.Item(5).Value = tbrPressed
        cmbCond.Enabled = True
        picCanvas.MousePointer = 99
        picCanvas.MouseIcon = imagIcons.ListImages.Item(2).ExtractIcon
    Else
        CancelaOpcion
    End If
End Sub

Private Sub mnuEditNodo_Click()
    mnuEditNodo.Checked = Not mnuEditNodo.Checked
    If mnuEditNodo.Checked Then
        OpcionActiva = "Editar Nodo"
    End If
End Sub

```

```

        tbToolBar(1).Buttons.Item(2).Value = tbrPressed
        picCanvas.MouseIcon = imagIcons.ListImages.Item(4).ExtractIcon
        picCanvas.MousePointer = 99
    Else
        CancelaOpcion
    End If
End Sub

Private Sub mnuNodo_Click()
    mnuNodo.Checked = Not mnuNodo.Checked
    If mnuNodo.Checked Then
        OpcionActiva = "Nodo"
        tbToolBar(1).Buttons.Item(1).Value = tbrPressed
        picCanvas.MousePointer = 99
        picCanvas.MouseIcon = imagIcons.ListImages.Item(1).ExtractIcon
    Else
        CancelaOpcion
    End If
End Sub

Private Sub mnuCalculos_Click()
    mnuCalculos.Checked = Not mnuCalculos.Checked
    If mnuCalculos.Checked Then
        OpcionActiva = "Calculos"
        tbToolBar(1).Buttons.Item(7).Value = tbrPressed
        picCanvas.MousePointer = 99
        picCanvas.MouseIcon = imagIcons.ListImages.Item(3).ExtractIcon
    Else
        CancelaOpcion
    End If
End Sub

Private Sub mnuViewStatusBar_Click()
    mnuViewStatusBar.Checked = Not mnuViewStatusBar.Checked
    sbStatusBar.Visible = mnuViewStatusBar.Checked
End Sub

Private Sub mnuViewRefresh_Click()
    'TareasPendientes: Agregar código 'mnuViewRefresh_Click'.
    MsgBox "Agregar código 'mnuViewRefresh_Click'."
End Sub

```

SUBPROGRAMAS DE UTILERIA

```
Private Sub mnuPrint_Click()  
    MsgBox "Imprimir"  
End Sub
```

```
Private Sub Clear()  
    Dim obj As Object  
    On Error Resume Next  
    CancelaOpcion  
    Set NodosCollection = Nothing  
    Set RamalSeleccionado = Nothing  
    Set NodosTerminales = Nothing  
    CoolBar.Bands(2).Visible = False  
    picCanvas.Visible = False  
    picCanvas.Enabled = False  
    picCanvas.BackColor = vbActiveBorder  
    For Each obj In Me.Controls  
        Unload obj  
    Next  
End Sub
```

Option Explicit

```
Private Sub txtS_GotFocus(Index As Integer)
    txtS(Index).SelStart = 0
    txtS(Index).SelLength = Len(txtS(Index))
End Sub
```

```
Private Sub txts_KeyDown(Index As Integer, KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    If KeyCode = 38 Or KeyCode = 40 Then txtFp(Index).SetFocus
    If KeyCode = 37 Or KeyCode = 39 Then
        If Index = 0 Then txtS(1).SetFocus Else txtS(0).SetFocus
    End If
End Sub
```

```
Private Sub txtS_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 46: KeyAscii = 44
        Case 8, 43, 45, 44, 48 To 57: KeyAscii = KeyAscii
        Case 13
            KeyAscii = 0
            txtFp(Index).SetFocus
        Case Else
            KeyAscii = 0
            txtS(Index).SelStart = 0
            txtS(Index).SelLength = Len(txtS(Index))
    End Select
End Sub
```

```
Private Sub txtS_LostFocus(Index As Integer)
    If Not IsNumeric(txtS(Index)) Or Val(txtS(Index)) < 0 Then
        MsgBox "El valor de la Potencia S debe ser un valor mayor que cero", vbCritical Or _
```

```

        vbSystemModal, "Error en entrada de datos"
    txtS(Index).SetFocus
End If
End Sub

Private Sub txtFp_GotFocus(Index As Integer)
    UpDown1(Index).Value = 0
    txtFp(Index).SelStart = 0
    txtFp(Index).SelLength = Len(txtFp(Index))
End Sub

Private Sub txtFp_KeyDown(Index As Integer, KeyCode As Integer, Shift As _
Integer)
    If KeyCode = 38 Or KeyCode = 40 Then txtS(Index).SetFocus
    If KeyCode = 37 Or KeyCode = 39 Then
        If Index = 0 Then txtFp(1).SetFocus Else txtFp(0).SetFocus
    End If
End Sub

Private Sub txtFp_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 46: KeyAscii = 44
        Case 8, 43, 45, 44, 48 To 57
            KeyAscii = KeyAscii
        Case 13
            KeyAscii = 0
            If Index = 0 Then
                txtS(1).SetFocus
            Else
                cmbAceptar.Enabled = True
                cmbAceptar.SetFocus
            End If
        Case Else
            KeyAscii = 0
            txtFp(Index).SelStart = 0
            txtFp(Index).SelLength = Len(txtFp(Index))
        End Select
End Sub

Private Sub txtFp_LostFocus(Index As Integer)
    If Not IsNumeric(txtFp(Index)) Or CSng(txtFp(Index)) < 0 Or CSng(txtFp(Index)) > 1 Then
        MsgBox "El valor del Factor de Potencia debe ser un valor entre 0 y 1", vbCritical Or
vbSystemModal, "Error en entrada de datos"
    End If
End Sub

```

```
        txtFp(Index).SetFocus
    End If
End Sub
```

```
Private Sub UpDown1_Change(Index As Integer)
    With UpDown1(Index)
        txtFp(Index) = .Value / 10
        If .Value = 0 Or .Value = 10 Then txtFp(Index) = txtFp(Index) & ",0"
        txtFp(Index).SelStart = Len(txtFp(Index))
    End With
End Sub
```

```
Private Sub cmbAcceptar_Click()
    Smax = txtS(0)
    Smin = txtS(1)
    Fpmax = txtFp(0)
    Fpmin = txtFp(1)
    Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub cmbAcceptar_LostFocus()
    cmbAcceptar.Enabled = False
End Sub
```

Configurar nuevo Nodo 2

Potencia (KVA)

Distancia al Nodo anterior (m)

Calibre del conductor

- 2
- 1/0
- 2/0
- 3/0
- 4/0

Tipo de Nodo

☒ Intermedio

☐ Terminal

Aceptar

Cancelar

Option Explicit

```
Private Sub txtPotencia_GotFocus()
    txtPotencia.SelStart = 0
    txtPotencia.SelLength = Len(txtPotencia)
End Sub
```

```
Private Sub txtDistancia_GotFocus()
    txtDistancia.SelStart = 0
    txtDistancia.SelLength = Len(txtDistancia)
End Sub
```

```
Private Sub txtPotencia_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 46
            KeyAscii = 44
        Case 8, 43, 45, 44, 48 To 57
            KeyAscii = KeyAscii
        Case 13
            KeyAscii = 0
            txtDistancia.SetFocus
        Case 27
            Unload Me
        Case Else
            KeyAscii = 0
            txtPotencia_GotFocus
    End Select
End Sub
```

```
Private Sub txtDistancia_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 46
```

```

        KeyAscii = 44
    Case 8, 43, 45, 44, 48 To 57
        KeyAscii = KeyAscii
    Case 13
        KeyAscii = 0
        lstCalibre.SetFocus
    Case 27
        Unload Me
    Case Else
        KeyAscii = 0
        txtDistancia_GotFocus
    End Select
End Sub
Private Sub lstCalibre_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
    End If
End Sub
Private Sub optTipo_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
        cmdAceptar.SetFocus
    End If
End Sub
Private Sub cmdAceptar_Click()
    Dim nuevoNodo As cNodo
    If IsNumeric(txtPotencia) And IsNumeric(txtDistancia) And Val(txtPotencia) _
        >= 0 And Val(txtDistancia) >= 0 Then
        If OpcionActiva = "Nodo" Then
            Set nuevoNodo = New cNodo
            nuevoNodo.Nodo = NodosCollection.Count + 1, X1, Y1, NodoActual.N, _
                optTipo(1), Val(txtPotencia), Val(txtDistancia) / 1000, lstCalibre.Text
            NodosCollection.Add nuevoNodo
            Loked_Ramales nuevoNodo.nT
            nuevoNodo.Enabled = Not nuevoNodo.nT
        Else
            With NodoActual
                .S = txtPotencia
                .LongLineaAnt = Val(txtDistancia) / 1000
                .Conductor = lstCalibre.Text
                Loked_Ramales Not .nT
                .nT = optTipo(1)
                If Not .nT Then RemoveNT NodoActual.N
            End With
        End If
    End If
End Sub

```

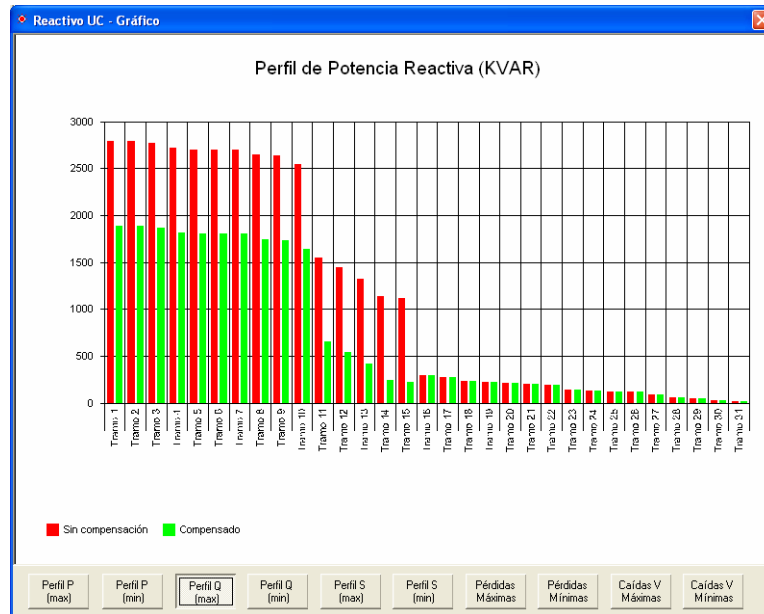
```

        End With
    End If
    Unload Me
Else
    MsgBox _
        "La Potencia y la distanjcia deben ser valores numéricos mayores " & _
        "a cero", vbCritical, "Error"
    txtPotencia.SetFocus
End If
End Sub

Private Sub cmdCancelar_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Form_load()
    Dim i As Integer
    For i = 1 To vConductores(0).Resistencia
        lstCalibre.AddItem vConductores(i).Nombre
    Next i
    i = 1
    Select Case OpcionActiva
    Case "Nodo"
        optTipo(0) = True
        lstCalibre.Text = "4/0"
        Me.Caption = "Configurar nuevo Nodo " & NodosCollection.Count + 1
    Case "Editar Nodo"
        With NodoActual
            Me.Caption = "Editar Nodo " & .N
            optTipo(0) = Not .nT
            optTipo(1) = .nT
            Frame1.Enabled = .nT
            txtPotencia = .S
            txtDistancia = .LongLineaAnt * 1000
            Do While i < vConductores(0).Resistencia
                lstCalibre.ListIndex = i
                If lstCalibre.Text = .Conductor Then Exit Do Else i = i + 1
            Loop
        End With
    End Select
End Sub

```



Option Explicit
Dim Grafico As String

```
Private Sub Form_load()
    ConcentradorCarga NodoActual.N
    sGen = S_Total(1)
    'Para máxima carga
    PerfilesPotencia Smax, Fpmax, Perfil_Pmax, Perfil_Qmax, Perfil_Smax
    PerdidasTecnicas VLINEA, Perfil_Smax, PerdidasMax
    CaídaTension VLINEA, Fpmax, Perfil_Qmax(1, 2), Perfil_Smax, Caída_Vmax
    'Para minima carga
    PerfilesPotencia Smin, Fpmin, Perfil_Pmin, Perfil_Qmin, Perfil_Smin
    PerdidasTecnicas VLINEA, Perfil_Smin, PerdidasMin
    CaídaTension VLINEA, Fpmin, Perfil_Qmin(1, 2), Perfil_Smin, Caída_Vmin
    'PrintResult
    'DesmarcaRamal
    'Unload Me

    Option1(0).Value = True
    mnuLeyenda.Checked = True
    MSChart1.ShowLegend = True
    MSChart1.Legend.Location.LocationType = VtChLocationTypeBottomLeft
End Sub
```

```
Private Sub MSChart1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    If Button = vbRightButton Then Me.PopupMenu mnuOpciones
End Sub
```

```
Private Sub MSChart1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    If KeyAscii = 27 Then Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub Option1_Click(Index As Integer)
```

```
    Dim i As Integer
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    With MSChart1
```

```
        If Index < 8 Then .chartType = VtChChartType2dBar Else .chartType = VtChChartType2dLine
```

```
        Select Case Index
```

```
            Case 0 To 1:
```

```
                .Title = "Perfil de Potencia Activa (KW)"
```

```
                .Row = 1
```

```
                If Index = 0 Then
```

```
                    Grafico = "Pmax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
```

```
                    .ChartData = Perfil_Pmax
```

```
                    .RowLabel = "P (max)"
```

```
                Else
```

```
                    Grafico = "Pmin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
```

```
                    .ChartData = Perfil_Pmin
```

```
                    .RowLabel = "P (min)"
```

```
                End If
```

```
                .Stacking = True
```

```
                .Plot.DataSeriesInRow = True
```

```
            Case 2 To 3:
```

```
                .Title = "Perfil de Potencia Reactiva (KVAR)"
```

```
                If Index = 2 Then
```

```
                    Grafico = "Qmax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
```

```
                    .ChartData = Perfil_Qmax
```

```
                Else
```

```
                    Grafico = "Qmin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
```

```
                    .ChartData = Perfil_Qmin
```

```
                End If
```

```
            Case 4 To 5:
```

```
                .Title = "Perfil de Potencia Aparente (KVA)"
```

```
                If Index = 4 Then
```

```

        Grafico = "Smax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = Perfil_Smax
    Else
        Grafico = "Smin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = Perfil_Smin
    End If
Case 6 To 7:
    .Title = "Perfil de Pérdidas (Watts)"
    If Index = 6 Then
        Grafico = "Perdmax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = PerdidasMax
    Else
        Grafico = "Perdmin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = PerdidasMin
    End If
Case 8 To 9:
    .Title = "Caída de Tensión (%)"
    If Index = 8 Then
        Grafico = "Caidamax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = Caída_Vmax
    Else
        Grafico = "Caidamin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = Caída_Vmin
    End If
End Select
If Index > 1 Then
    .Stacking = False
    .Plot.DataSeriesInRow = False
    .Column = 1
    .ColumnLabel = "Sin compensación"
    .Column = 2
    .ColumnLabel = "Compensado"
End If
For i = 1 To RamalSeleccionado.Count - 1
    If Index < 2 Then
        .Column = i
        .ColumnLabel = "Tramo " & i
    Else
        .Row = i
        .RowLabel = "Tramo " & i
    End If
Next i
End With

```

End Sub

```
Private Sub mnuPrint_Click()  
    Printer.Orientation = cdlLandscape  
    MSChart1.EditCopy  
    Printer.Font = "Arial"  
    If Clipboard.GetFormat(vbCFMetafile) Then  
        Set Picture1.Picture = Clipboard.GetData(vbCFMetafile)  
        Printer.PaintPicture Picture1, 1000, 1000, Printer.Width - 2000, Printer.Height - 2000  
    End If  
    Clipboard.Clear  
    Printer.EndDoc  
End Sub
```

```
Private Sub mnuSaveGrafico_Click()  
    MSChart1.EditCopy  
    If Clipboard.GetFormat(vbCFMetafile) Then  
        Set Picture1.Picture = Clipboard.GetData(vbCFMetafile)  
        SavePicture Picture1.Picture, Path & "\" & Grafico  
    End If  
    Clipboard.Clear  
End Sub
```

```
Private Sub mnuCopiar_Click()  
    MSChart1.EditCopy  
End Sub
```

```
Private Sub mnuLeyenda_Click()  
    mnuLeyenda.Checked = Not mnuLeyenda.Checked  
    MSChart1.ShowLegend = mnuLeyenda.Checked  
    MSChart1.Legend.Location.LocationType = VtChLocationTypeBottomLeft  
End Sub
```

‘Codigo del Modulo1

Option Explicit

Public Declare Function GetSystemDirectory Lib "kernel32.dll" Alias "GetSystemDirectoryA" _
 (ByVal lpBuffer As String, ByVal nSize As Long) As Long

Public Const SEP = 500

Public Const VLINEA = 13.8

Public Const ANCHO = 15840

Public Const ALTO = 12240

Private Const ARCHIVOCONDUCTORES = "ConductoresARV.DLL"

Type TipoConductor

 Nombre As String

 Resistencia As Single

 Reactancia As Single

End Type

Public vConductores() As TipoConductor

Public fMainForm As frmMain

Public Archivo As String

Public Path As String

Public OpcionActiva As String

Public Smax As Single

Public Fpmax As Single

Public Smin As Single

Public Fpmin As Single

Public X1 As Single

Public Y1 As Single

Public NodosCollection As Collection 'Almacena toda la información de cada uno de los
Nodos

Public NodosTerminales As Collection 'Guarda los indices de los nodos terminales

Public RamalSeleccionado As Collection 'Guarda los indices de los nodos del ramal
seleccionado

Public NodoActual As cNodo

'-----

' Variables para los resultados del análisis de la red

'-----

Public sGen As Single

Public Perfil_Pmax() As Single

Public Perfil_Pmin() As Single

Public Perfil_Qmax() As Single

Public Perfil_Qmin() As Single

```

Public Perfil_Smax() As Single
Public Perfil_Smin() As Single
Public PerdidasMax() As Single
Public PerdidasMin() As Single
Public Caida_Vmax() As Single
Public Caida_Vmin() As Single
Public PerdidasTot() As Single
Dim Matriz_S() As Single

Public Function cGetSystemDirectory() As String
    Dim Success&, WinSysDir$
    WinSysDir = Space(144)
    Success = GetSystemDirectory(WinSysDir, 144)
    WinSysDir = Left(Trim(WinSysDir), Len(Trim(WinSysDir)) - 1)
    cGetSystemDirectory = WinSysDir
End Function

Sub Main()
    Form3.Show 1
    CaracteristicasConductores
    Set fMainForm = New frmMain
    fMainForm.Show
End Sub

'Crea un vector con las características de los conductores
Private Sub CaracteristicasConductores()
    Dim cont As Integer
    On Error GoTo CaracteristicasConductores_Error
    Open App.Path & "\" & ARCHIVOCONDUCTORES For Input As #1
    ReDim vConductores(0)
    Do While Not EOF(1)
        cont = cont + 1
        ReDim Preserve vConductores(cont)
        With vConductores(cont)
            Input #1, .Nombre, .Resistencia, .Reactancia
        End With
    Loop
    vConductores(0).Resistencia = cont
    Close
    On Error GoTo 0
    Exit Sub
CaracteristicasConductores_Error:

```

```

        MsgBox "No se encuentra la biblioteca " & ARCHIVOCONDUCTORES & " en la ruta " &
        "especificada " & App.Path & " , por favor reinstale el programna", vbCritical
    End
End Sub

Public Function posicion(N As Single) As Single
    If (N Mod SEP) > SEP / 2 Then N = ((N \ SEP) + 1) Else N = (N \ SEP)
    posicion = N * SEP
End Function

Public Function buscarNodo(X As Single, Y As Single) As cNodo
    Dim NodoAux As cNodo
    For Each NodoAux In NodosCollection
        If NodoAux.X = X And NodoAux.Y = Y Then
            Set buscarNodo = NodoAux
            Exit For
        End If
    Next
    If buscarNodo Is Nothing Then
        Set buscarNodo = New cNodo
        buscarNodo.Nodo -1, X, Y, , True
    End If
End Function

'Obtiene los indices de los Nodos presentes en el Ramal seleccionado
Public Function NodosRamal(Nodo As cNodo) As Collection
    Dim N As Integer, Ramal_tmp As Collection
    If Nodo.nT Then
        Set Ramal_tmp = New Collection
        N = Nodo.N
        Ramal_tmp.Add N
        Do While N <> 1
            N = NodosCollection.Item(N).nAnt
            Ramal_tmp.Add N
        Loop
        Set NodosRamal = Ramal_tmp
    Else
        MsgBox "Para graficar Perfiles de potencia elija un Nodo Terminal", vbInformation Or _
            vbSystemModal, "Alerta"
    End If
End Function

```

```

Private Function PerteneceAlRamalSeleccionado(X As Integer) As Boolean
    Dim NRS
    PerteneceAlRamalSeleccionado = False
    For Each NRS In RamalSeleccionado
        If NRS = X Then
            PerteneceAlRamalSeleccionado = True
            Exit For
        End If
    Next
End Function

```

```

Public Sub Loked_Ramales(b_enabled As Boolean)
    Dim Nodo As cNodo
    For Each Nodo In NodosCollection
        If Not Nodo.nT Then Nodo.Enabled = b_enabled
    Next
End Sub

```

```

Public Sub RemoveNT(nT As Integer)
    Dim Nodo, i As Integer
    On Error Resume Next
    For Each Nodo In NodosTerminales
        i = i + 1
        If Nodo = nT Then Exit For
    Next
    NodosTerminales.Remove i
End Sub

```

```

Public Sub ConcentradorCarga(NT_Seleccionado As Integer)
    Dim Nodo As cNodo, nT, N_RamalAux, Ramal_Aux As Collection
    ReDim Matriz_S(1 To NodosCollection.Count, 1 To 2)
    For Each Nodo In NodosCollection
        Matriz_S(Nodo.N, 1) = Nodo.S
        Matriz_S(Nodo.N, 2) = Nodo.nAnt
    Next
    'Hace el recorrido para todos los nodos terminales
    For Each nT In NodosTerminales
        'Si es el Nodo terminal sleccionado no se hace nada
        If nT <> NT_Seleccionado Then
            'Se obtiene los nodos que pertececen a otro ramal
            Set Ramal_Aux = NodosRamal(NodosCollection.Item(nT))
            For Each N_RamalAux In Ramal_Aux ' = nT To 1 Step -1
                Matriz_S(Matriz_S(N_RamalAux, 2), 1) = Matriz_S(Matriz_S(N_RamalAux, 2), _

```

```

        1) + Matriz_S(N_RamalAux, 1)
    Matriz_S(N_RamalAux, 1) = 0
    If PerteneceAlRamalSeleccionado(CInt(Matriz_S(N_RamalAux, 2))) Then
        Exit For
    End If
Next
End If
Next
End Sub

```

```

Public Function S_Total(NodoActual As Integer) As Single
    Dim cont, St As Single
    For Each cont In RamalSeleccionado
        If cont >= NodoActual Then
            St = St + Matriz_S(cont, 1)
        End If
    Next
    S_Total = St
End Function

```

```

'-----
' Obtiene el Perfil de carga del Ramal seleccionado y lo guarda en el vector PerfilQ
'-----

```

```

Public Sub PerfilesPotencia(S_real As Single, fp As Single, VectorOUT_P As Variant, _
    VectorOUT_Q As Variant, VectorOUT_S As Variant)
    Dim cont1, cont2, cont3 As Integer, Sfrac As Single, Ang As Single, bComp As Boolean
    Dim P As Single, Q As Single, S As Single, Qcomp As Single, Scomp As Single

    ReDim VectorOUT_P(1 To RamalSeleccionado.Count - 1)
    ReDim VectorOUT_Q(1 To RamalSeleccionado.Count - 1, 1 To 2)
    ReDim VectorOUT_S(1 To RamalSeleccionado.Count - 1, 1 To 2)
    Ang = Atn(-CStr(fp) / Sqr(-CStr(fp) * CStr(fp) + 1)) + 2 * Atn(1)
    For Each cont1 In RamalSeleccionado
        If cont1 > 1 Then
            cont3 = cont3 + 1
            Sfrac = S_Total(CInt(cont1)) * S_real / sGen
            P = Sfrac * Cos(Ang)
            Q = Sfrac * Sin(Ang)
            Qcomp = Q
            If NodosCollection.Item(cont1).Capacidad > 0 Or bComp Then
                bComp = True
                For Each cont2 In RamalSeleccionado
                    Qcomp = Qcomp - NodosCollection.Item(cont2).Capacidad
                Next
            End If
        End If
    Next

```

```

        If cont2 = cont1 And cont2 > 1 Then Exit For
    'End If
    Next cont2
End If
S = Sqr(P * P + Q * Q)
Scomp = Sqr(P * P + Qcomp * Qcomp)
VectorCreciente cont3, P, -1, VectorOUT_P
VectorCreciente cont3, Q, Qcomp, VectorOUT_Q
VectorCreciente cont3, S, Scomp, VectorOUT_S
End If
Next cont1
End Sub

Public Sub PerdidasTecnicas(V_linea As Single, VectorIN_S As Variant, VectorOUT_PT)
    Dim cont1, cont2 As Integer, i As Single, Icomp As Single, PT As Single, PTcomp As Single
    ReDim VectorOUT_PT(1 To RamalSeleccionado.Count - 1, 1 To 2)
    For Each cont1 In RamalSeleccionado
        If cont1 > 1 Then
            cont2 = cont2 + 1
            i = VectorIN_S(RamalSeleccionado.Count - cont2, 1) / (Sqr(3) * V_linea)
            Icomp = VectorIN_S(RamalSeleccionado.Count - cont2, 2) / (Sqr(3) * V_linea)
            With NodosCollection.Item(cont1)
                PT = 3 * i * i * .LongLineaAnt * .Rc
                PTcomp = 3 * Icomp * Icomp * .LongLineaAnt * .Rc
            End With
            VectorCreciente cont2, PT, PTcomp, VectorOUT_PT
        End If
    Next
End Sub

Public Sub CaidaTension(V_linea As Single, fp As Single, Q_Nodo1Compensado As Single, _
    VectorIN_S As Variant, VectorOUT_CV As Variant)
    Dim cont1, cont2 As Integer, Ang_sc As Single, Ang_cc As Single, Kc_sc As Single, _
        Kc_cc As Single, KVAL_sc As Single, KVAL_cc As Single, CV_sc As Single, CV_cc As _
        Single

    ReDim VectorOUT_CV(1 To RamalSeleccionado.Count - 1, 1 To 2)
    Ang_sc = Atn(-CStr(fp) / Sqr(-CStr(fp) * CStr(fp) + 1)) + 2 * Atn(1)
    Ang_cc = Atn(Q_Nodo1Compensado / Sqr(VectorIN_S(1, 2) * VectorIN_S(1, 2) - _
        Q_Nodo1Compensado * Q_Nodo1Compensado))
    cont2 = RamalSeleccionado.Count - 1
    For Each cont1 In RamalSeleccionado
        If cont1 > 1 Then

```

```

    With NodosCollection.Item(cont1)
        KVAL_sc = KVAL_sc + VectorIN_S(cont2, 1) * .LongLineaAnt
        KVAL_cc = KVAL_cc + VectorIN_S(cont2, 2) * .LongLineaAnt
        cont2 = cont2 - 1
    End With
End If
Next
cont2 = 0
For Each cont1 In RamalSeleccionado
    If cont1 > 1 Then
        With NodosCollection
            Kc_sc = (.Item(cont1).Rc * Cos(Ang_sc) + .Item(cont1).Xc * Sin(Ang_sc))
            Kc_cc = (.Item(cont1).Rc * Cos(Ang_cc) + .Item(cont1).Xc * Sin(Ang_cc))
            Kc_sc = Kc_sc / (10 * V_linea * V_linea)
            Kc_cc = Kc_cc / (10 * V_linea * V_linea)
            If cont2 > 0 Then
                KVAL_sc = KVAL_sc - .Item(RamalSeleccionado.Item(cont2)).LongLineaAnt _
                    * VectorIN_S(RamalSeleccionado.Count - cont2, 1)
                KVAL_cc = KVAL_cc - .Item(RamalSeleccionado.Item(cont2)).LongLineaAnt _
                    * VectorIN_S(RamalSeleccionado.Count - cont2, 2)
            End If
        End With
        cont2 = cont2 + 1
        CV_sc = KVAL_sc * Kc_sc
        CV_cc = KVAL_cc * Kc_cc
        VectorCreciente cont2, CV_sc, CV_cc, VectorOUT_CV
    End If
Next
End Sub

Public Sub PerdidasTotales(ByRef PTsc As Single, ByRef PTcc As Single)
    Dim nT, cont1 As Integer, cont2
    ReDim PerdidasTot(1 To NodosCollection.Count, 1 To 2)
    For Each nT In NodosTerminales
        Set RamalSeleccionado = NodosRamal(NodosCollection.Item(nT))
        ConcentradorCarga CInt(nT)
        sGen = S_Total(1)
        PerfilesPotencia Smax, Fpmax, Perfil_Pmax, Perfil_Qmax, Perfil_Smax
        PerdidasTecnicas VLINEA, Perfil_Smax, PerdidasMax
        cont1 = 0
        For Each cont2 In RamalSeleccionado
            If cont2 > 1 Then
                cont1 = cont1 + 1
            End If
        Next
    Next
End Sub

```

```

        PerdidasTot(cont2, 1) = PerdidasMax(RamalSeleccionado.Count - cont1, 1)
        PerdidasTot(cont2, 2) = PerdidasMax(RamalSeleccionado.Count - cont1, 2)
    End If
Next
Next
For cont1 = 1 To NodosCollection.Count
    PTsc = PTsc + PerdidasTot(cont1, 1)
    PTcc = PTcc + PerdidasTot(cont1, 2)
Next cont1
End Sub

'Ordena en forma creciente los Pp por Tramos
Private Sub VectorCreciente(Item As Integer, DatoIN_1 As Single, DatoIN_2, ByRef Vector As Variant)
    Dim cont As Integer
    On Error Resume Next
    For cont = Item To 2 Step -1
        If DatoIN_2 = -1 Then
            Vector(cont) = Vector(cont - 1)
        Else
            Vector(cont, 1) = Vector(cont - 1, 1)
            Vector(cont, 2) = Vector(cont - 1, 2)
        End If
    Next cont
    If DatoIN_2 = -1 Then
        Vector(1) = DatoIN_1
    Else
        Vector(1, 1) = DatoIN_1
        Vector(1, 2) = DatoIN_2
    End If
End Sub

Public Sub AutoSize(X As Single, Y As Single)
    Static AutoS As Boolean
    With fMainForm.picCanvas
        If (.Width - X) < SEP Or (.Height - Y) < SEP Then
            If Not AutoS Then
                AutoS = True
                .Width = .Width + ANCHO
                .Height = .Height + ALTO
            Grilla
            End If
        End If
    End Sub

```

```
End With  
End Sub
```

```
Public Sub Grilla()  
    Dim i As Integer, j As Integer  
    fMainForm.CoolBar.Bands(2).Visible = True  
    With fMainForm.picCanvas  
        .Visible = True  
        .Enabled = True  
        .BackColor = vbWhite  
        fMainForm.HCanvas.Value = 0  
        fMainForm.VCanvas.Value = 0  
        Do While i < .ScaleWidth  
            i = i + SEP  
            j = 0  
            Do While j < .ScaleHeight  
                j = j + SEP  
                fMainForm.picCanvas.PSet (i, j)  
            Loop  
            Loop  
        .Refresh  
    End With  
End Sub
```

```
Public Sub Ramal()  
    Dim j  
    With fMainForm  
        DesmarcaRamal  
        'Obtiene los indices de los Nodos presentes en el Ramal seleccionado  
        Set RamalSeleccionado = NodosRamal(NodoActual)  
        'Marcado del tramo seleccionado  
        For Each j In RamalSeleccionado  
            If j > 1 Then  
                .Line1(j).BorderColor = vbRed  
                .Line1(j).BorderWidth = 5  
            End If  
        Next  
    End With  
    frmGrafico.Show 1  
    DesmarcaRamal  
    CancelaOpcion  
End Sub
```

```
Public Sub DesmarcaRamal()
```

```
    Dim i As Integer
```

```
    With fMainForm
```

```
        For i = 2 To .Line1.UBound
```

```
            .Line1(i).BorderColor = vbBlack
```

```
            .Line1(i).BorderWidth = 1
```

```
        Next i
```

```
    End With
```

```
End Sub
```

```
Public Sub CancelaOpcion()
```

```
    OpcionActiva = ""
```

```
    With fMainForm
```

```
        .cmbCond.Enabled = False
```

```
        .picCanvas.MousePointer = ccArrow
```

```
        .tbToolBar(1).Buttons.Item(1).Value = tbrUnpressed
```

```
        .tbToolBar(1).Buttons.Item(2).Value = tbrUnpressed
```

```
        .tbToolBar(1).Buttons.Item(5).Value = tbrUnpressed
```

```
        .tbToolBar(1).Buttons.Item(7).Value = tbrUnpressed
```

```
        .mnuCalculos.Checked = False
```

```
        .mnuCompensar.Checked = False
```

```
        .mnuEditNodo.Checked = False
```

```
        .mnuNodo.Checked = False
```

```
    End With
```

```
End Sub
```

```
Public Function VectorString(Vector As Variant) As String
```

```
    Dim i As Integer, S As String
```

```
    For i = 1 To RamalSeleccionado.Count - 1
```

```
        S = S & Vector(i) & Space(10)
```

```
    Next i
```

```
    VectorString = S
```

```
End Function
```

```
Public Sub PrintResult()
```

```
    Dim i As Integer, j As Integer, S As String, SepCol As Integer
```

```
    SepCol = 5
```

```
    For j = 1 To 2
```

```
        If j = 1 Then S = "_sc" Else S = "_cc"
```

```
        Open Left(Archivo, Len(Archivo) - 4) & S & ".ruc" For Output As #1
```

```
        Print #1,
```

```
        Print #1,
```

```
        S = "Tramo" & Space(SepCol)
```

```

S = S & "Pmac" & Space(SepCol)
S = S & "Qmax" & Space(SepCol)
S = S & "Smax" & Space(SepCol)
S = S & "PTmax" & Space(SepCol)
S = S & "CVmax" & Space(SepCol)
S = S & "Qmin" & Space(SepCol)
S = S & "Smin" & Space(SepCol)
S = S & "PTmin" & Space(SepCol)
S = S & "CVmin" & Space(SepCol)
Print #1, S
Print #1, String$(80, "=")
S = ""
For i = 1 To RamalSeleccionado.Count - 1
    S = i & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Pmax(i)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Qmax(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Smax(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(PerdidasMax(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Caida_Vmax(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Pmin(i)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Qmin(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Smin(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(PerdidasMin(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Caida_Vmin(i, 2)) & Space(SepCol)
    Print #1, S
Next i
Close #1
Next j
End Sub

```

Option Explicit

Private m_N As Integer	'Número del Nodo
Private m_X As Single	'Posición X en el Canvas
Private m_Y As Single	'Posición Y en el Canvas
Private m_nAnt As Integer	'Indica cual es el Nodo anterior
Private m_nT As Boolean	'Indica si es nodo terminal
Private m_S As Single	'Potencia en KVA
Private m_LongLineaAnt As Single	'Longitud de la línea que lo uno al Nodo anterior
Private m_Conductor As String	'Tipo de conductor
Private m_Rc As Single	'Resistencia del conductor
Private m_Xc As Single	'Reactancia del conductor
Private m_Capacidad As Single	'Capacidad del Banco de Condensadores
Private m_frm As Form	'Referencia al Form de trabajo
'Private m_Visible As Boolean	'Permite ocultar el Nodo y la línea que lo alimenta
Private m_Enabled As Boolean	

'-----
'Colores asignados al Nodo según sus propiedades: Enabled y nT
'-----
Private Const Nodo_Habilitado = vbGreen
Private Const Nodo_Inhabilitado = vbBlack
Private Const Nodo_Terminal = vbRed

'-----
' PROPIEDADES DEL NODO
'-----

Public Property Get N() As Integer
 N = m_N
End Property

Public Property Let N(ByVal new_N As Integer)
 m_N = new_N
End Property

Public Property Get X() As Single
 X = m_X
End Property

Public Property Let X(ByVal new_X As Single)
 m_X = new_X
End Property

```
Public Property Get Y() As Single
```

```
    Y = m_Y
```

```
End Property
```

```
Public Property Let Y(ByVal new_Y As Single)
```

```
    m_Y = new_Y
```

```
End Property
```

```
Public Property Get nAnt() As Integer
```

```
    nAnt = m_nAnt
```

```
End Property
```

```
Public Property Let nAnt(ByVal new_nAnt As Integer)
```

```
    m_nAnt = new_nAnt
```

```
End Property
```

```
Public Property Get nT() As Boolean
```

```
    nT = m_nT
```

```
End Property
```

```
Public Property Let nT(ByVal new_nT As Boolean)
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    m_nT = new_nT
```

```
    With m_frm.shpNodo(N)
```

```
        If new_nT Then
```

```
            .FillColor = Nodo_Terminal
```

```
            If N > 1 Then NodosTerminales.Add N
```

```
        Else
```

```
            .FillColor = Nodo_Habilitado
```

```
        End If
```

```
    End With
```

```
    Enabled = Not new_nT
```

```
End Property
```

```
Public Property Get Enabled() As Boolean
```

```
    Enabled = m_Enabled
```

```
End Property
```

```
Public Property Let Enabled(ByVal new_Enabled As Boolean)
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    m_Enabled = new_Enabled
```

```
    With m_frm.shpNodo(N)
```

```
        If new_Enabled Then
```

```

        .FillColor = Nodo_Habilitado
    Else
        If Not nT Then .FillColor = Nodo_Inhabilitado
    End If
End With
End Property

```

```

Public Property Get S() As Single
    S = m_S
End Property

```

```

Public Property Let S(ByVal new_S As Single)
    On Error Resume Next
    m_S = new_S
    If new_S = 0 Then
        Unload m_frm.Line1S(N)
        Unload m_frm.Line2S(N)
        Unload m_frm.Line3S(N)
        Unload m_frm.lblS(N)
    Else
        Load m_frm.Line1S(N)
        Load m_frm.Line2S(N)
        Load m_frm.Line3S(N)
        Load m_frm.lblS(N)
        With m_frm.Line1S(N)
            .X1 = X
            .Y1 = Y
            .X2 = X + 495
            .Y2 = Y - 495
            .Visible = True
        End With
        With m_frm.Line2S(N)
            .X1 = X + 495
            .Y1 = Y - 495
            .X2 = X + 250
            .Y2 = Y - 380
            .Visible = True
        End With
        With m_frm.Line3S(N)
            .X1 = X + 495
            .Y1 = Y - 495
            .X2 = X + 380
            .Y2 = Y - 250
        End With
    End If
End Property

```

```

        .Visible = True
    End With
    With m_frm.lblS(N)
        .Left = X + 295
        .Top = Y - 495 - .Height / 2 - 100
        .Caption = " " & new_S & " KVA "
        .Visible = True
    End With
End If
End Property

Public Property Get Capacidad() As Single
    Capacidad = m_Capacidad
End Property

Public Property Let Capacidad(ByVal new_Capacidad As Single)
    On Error Resume Next
    m_Capacidad = new_Capacidad
    If new_Capacidad = 0 Then
        Unload m_frm.shpCond(N)
        Unload m_frm.lblCond(N)
    Else
        Load m_frm.shpCond(N)
        Load m_frm.lblCond(N)

        With m_frm.shpCond(N)
            .Left = X - .Width / 2
            .Top = Y - .Height / 2
            .Visible = True
            .ZOrder vbSendToBack
        End With
        With m_frm.lblCond(N)
            .Left = m_frm.shpCond(N).Left
            .Top = Y + m_frm.shpCond(N).Height / 2
            .Caption = " " & new_Capacidad & " KVAR "
            .Visible = True
        End With
    End If
End Property

Public Property Get LongLineaAnt() As Single
    LongLineaAnt = m_LongLineaAnt
End Property

```

```
Public Property Let LongLineaAnt(ByVal new_LongLineaAnt As Single)
    m_LongLineaAnt = new_LongLineaAnt
End Property
```

```
Public Property Get Conductor() As String
    Conductor = m_Conductor
End Property
```

```
Public Property Let Conductor(ByVal new_Conductor As String)
    m_Conductor = new_Conductor
    If new_Conductor <> "" Then Let_RyC (new_Conductor)
End Property
```

```
Private Sub Let_RyC(Nombre As String)
    Dim i As Integer
    i = 0
    Do While i <= vConductores(0).Resistencia
        If vConductores(i).Nombre = Nombre Then Exit Do Else i = i + 1
    Loop
    m_Rc = vConductores(i).Resistencia
    m_Xc = vConductores(i).Reactancia
End Sub
```

```
'Public Property Let Rc(ByVal new_Rc As Single)
'    m_Rc = new_Rc
'End Property
```

```
Public Property Get Rc() As Single
    Rc = m_Rc
End Property
```

```
'Public Property Let Xc(ByVal new_Xc As Single)
'    m_Xc = new_Xc
'End Property
```

```
Public Property Get Xc() As Single
    Xc = m_Xc
End Property
```

```
'Public Property Get Visible() As Boolean
'    Visible = m_Visible
'End Property
```

```

Public Property Let Visible(ByVal new_Visible As Boolean)
    'm_Visible = new_Visible
    m_frm.shpNodo(N).Visible = new_Visible
    m_frm.lblNodo(N).Visible = new_Visible
    m_frm.Line1(N).Visible = new_Visible
End Property

Private Sub Class_Initialize()
    Set m_frm = Forms.Item(0)
End Sub

'SeudoConstructor del Nodo
Public Sub Nodo(Numero_Nodo As Integer, new_X As Single, new_Y As Single, Optional
Nodo_Anterior As _
Integer, Optional Nodo_Terminal As Boolean, Optional new_S As Single, Optional
Longitud_Linea _
As Single, Optional new_Conductor As String, Optional new_Capacidad As Integer)
    N = Numero_Nodo
    X = new_X
    Y = new_Y
    AutoSize X, Y
    nAnt = Nodo_Anterior
    LongLineaAnt = Longitud_Linea
    Conductor = new_Conductor
    Capacidad = new_Capacidad
    ObjGraf
    nT = Nodo_Terminal 'Por defecto todos los nuevos Nodos no son Nodo Terminales y estan
habilitados
    S = new_S
End Sub

'Carga los elementos gráficos del Nodo(Shape, Line, Label,...)
Private Sub ObjGraf()
    Dim NodoAnterior As cNodo
    On Error Resume Next
    If N > 0 Then
        Load m_frm.lblNodo(N)
        Load m_frm.shpNodo(N)
        If N > 1 Then Load m_frm.Line1(N) 'Impide que al Nodo 1 se le asocie una línea de
Tramo
        With m_frm.lblNodo(N)
            .Left = X

```

```

        .Top = Y - .Height / 2 - .Height - 100
        .Caption = N
        .Visible = True
    End With
    With m_frm.shpNodo(N)
        .Left = X - .Width / 2
        .Top = Y - .Height / 2
        .Visible = True
        .ZOrder vbBringToFront
    End With
End If
If N <> 1 Then
    Set NodoAnterior = NodosCollection.Item(nAnt)
    With m_frm.Line1(N)
        .X1 = NodoAnterior.X
        .Y1 = NodoAnterior.Y
        .X2 = X
        .Y2 = Y
        .Visible = True
    End With
End If
End Sub

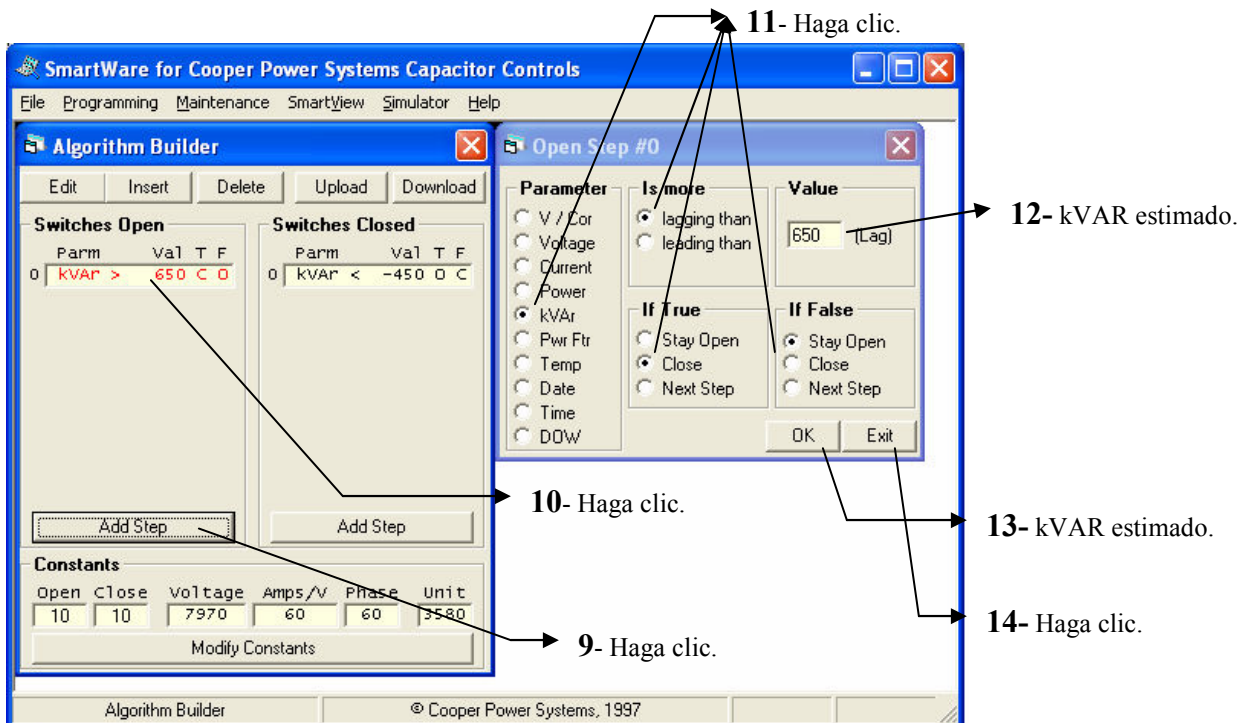
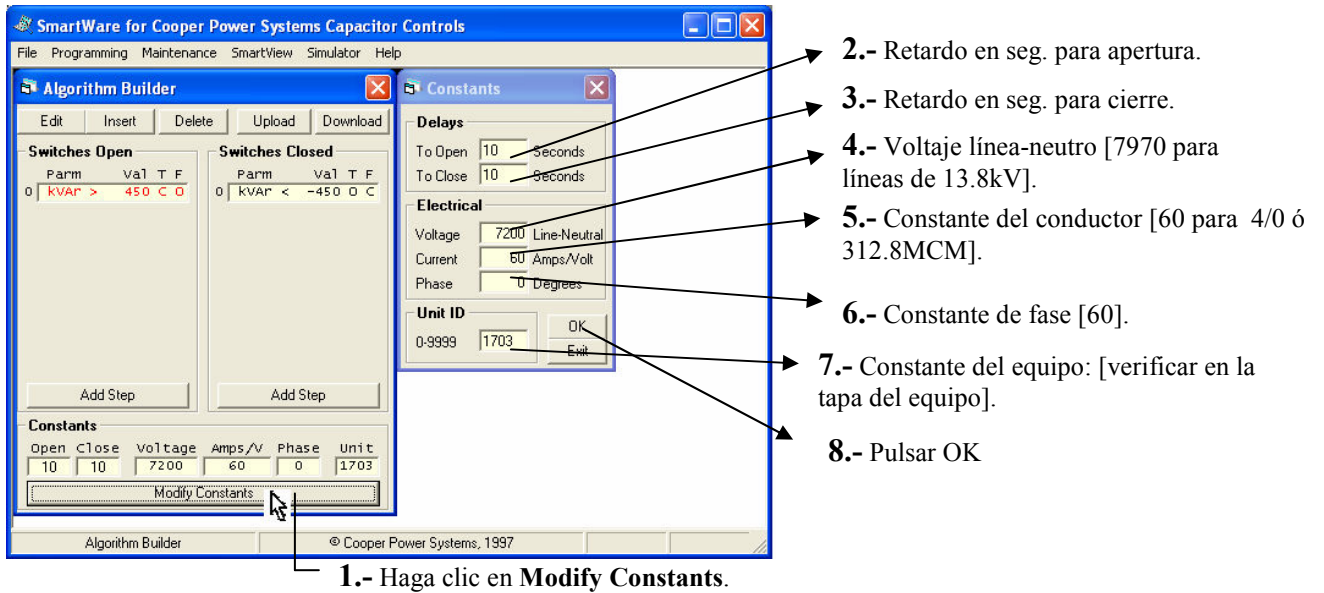
```

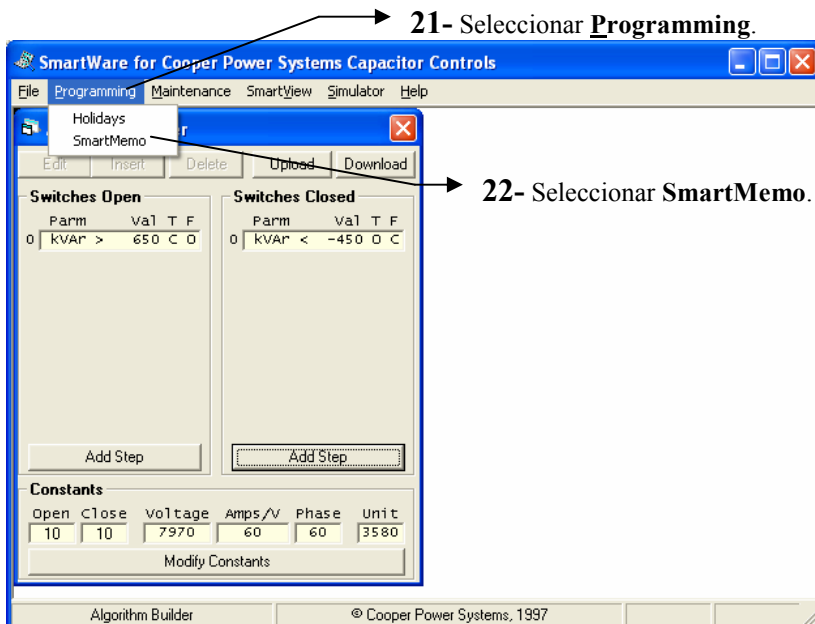
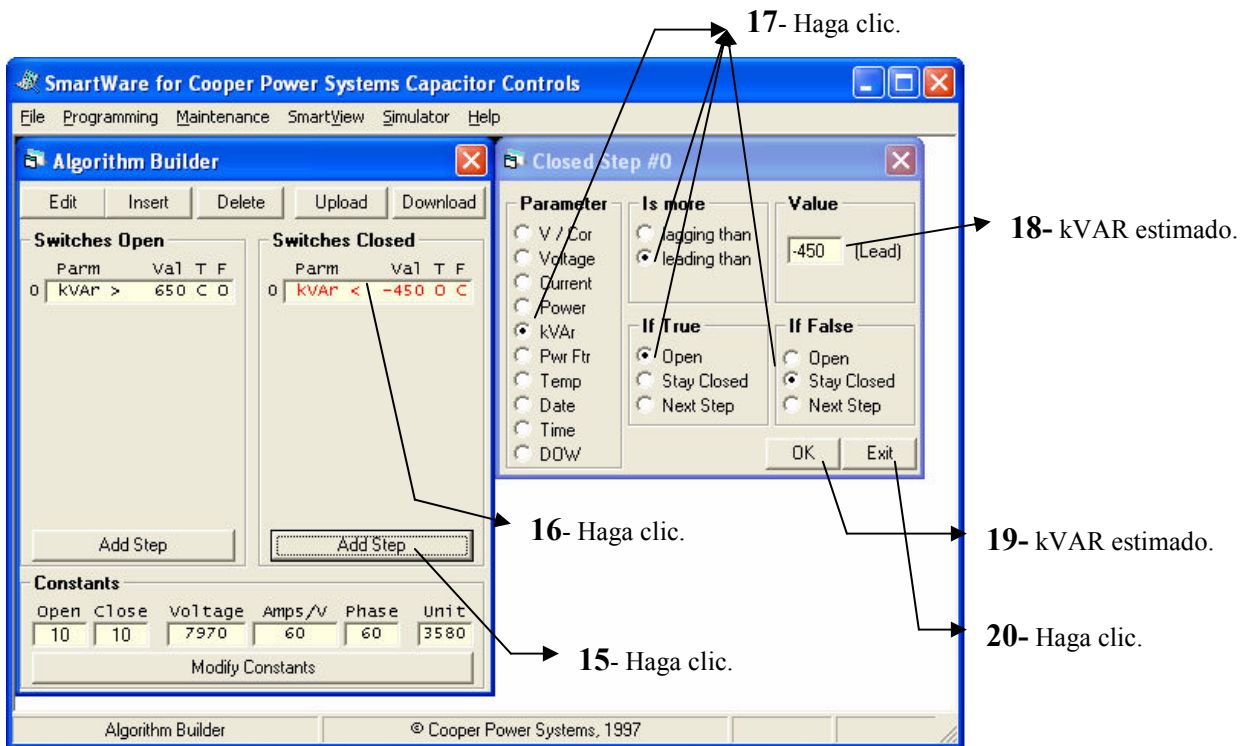
ANEXOS “C”

Constancias emitidas por

ELEVAL

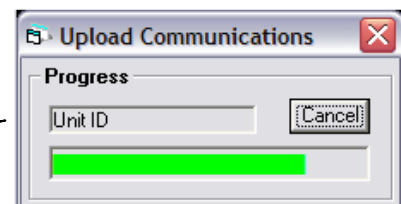
Para la programación exitosa del banco de condensadores se debe seguir los siguientes pasos:





NOTA: Luego de realizar los pasos 21 y 22 debe aparecer en pantalla la Subestación y circuito de donde se está trabajando, de no ser así, repita los pasos 21 y 22 hasta que esto suceda.

23- Haga clic en el botón **Upload** del **algorithm builder**. Se cargarán el algoritmo deseado abriendo una ventana en la parte inferior izquierda como está:



Los datos se han cargado EXITOSAMENTE.

ANEXOS “D”

Constancias emitidas por

ELEVAL

Para la programación exitosa del banco de condensadores se debe seguir los siguientes pasos:

1.- Haga clic en **Modify Constants**.

2.- Retardo en seg. para apertura.

3.- Retardo en seg. para cierre.

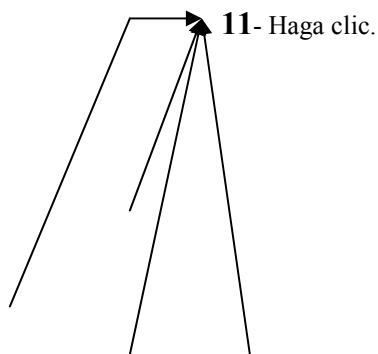
4.- Voltaje línea-neutro [7970 para líneas de 13.8kV].

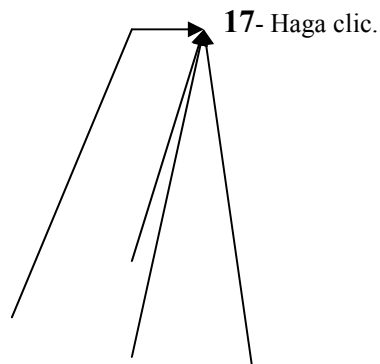
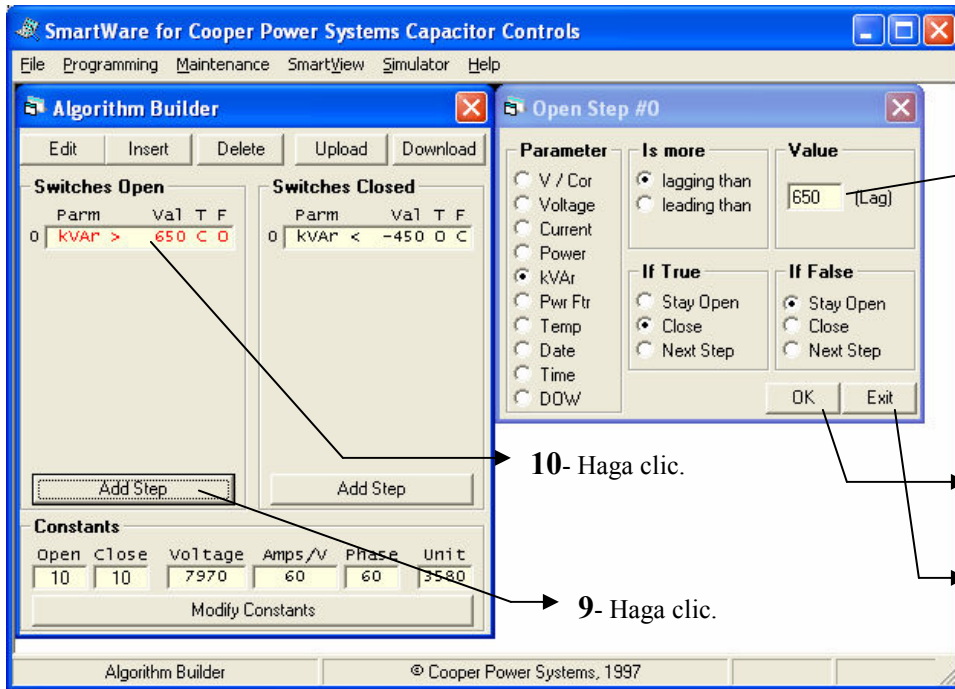
5.- Constante del conductor [60 para 4/0 ó 312.8MCM].

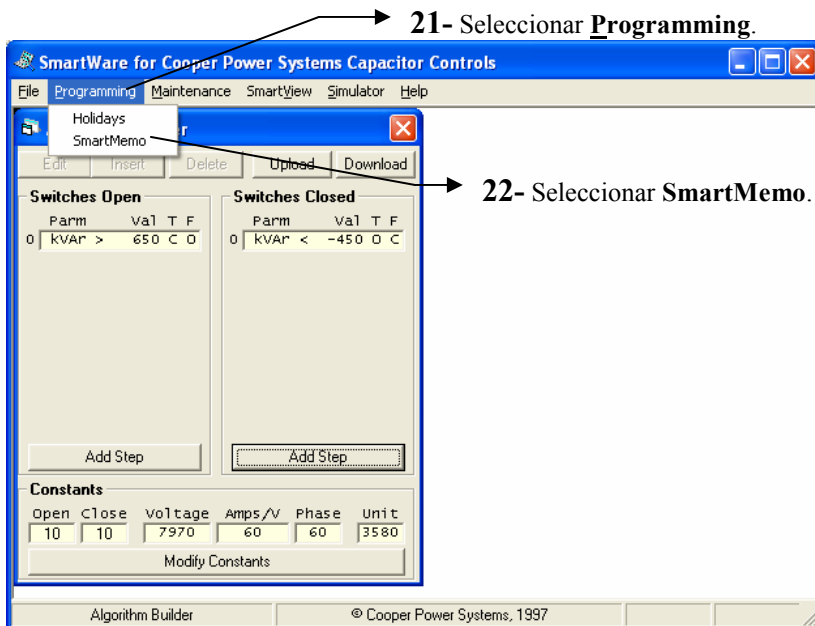
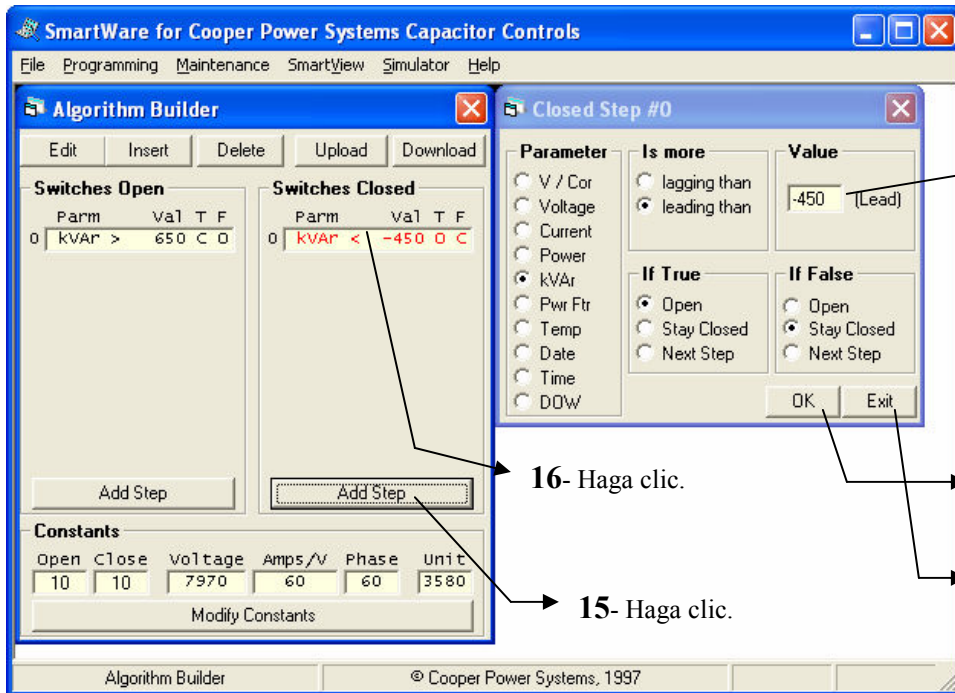
6.- Constante de fase [60].

7.- Constante del equipo: [verificar en la tapa del equipo].

8.- Pulsar OK

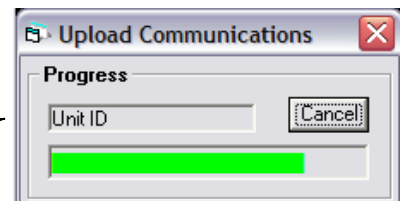






NOTA: Luego de realizar los pasos 21 y 22 debe aparecer en pantalla la Subestación y circuito de donde se está trabajando, de no ser así, repita los pasos 21 y 22 hasta que esto suceda.

23- Haga clic en el botón **Upload** del **algorithm builder**. Se cargarán el algoritmo deseado abriendo una ventana en la parte inferior izquierda como está:



Los datos se han cargado EXITOSAMENTE.

ANEXOS “C”

Constancias emitidas por

ELEVAL

Para la programación exitosa del banco de condensadores se debe seguir los siguientes pasos:

1.- Haga clic en **Modify Constants**.

2.- Retardo en seg. para apertura.

3.- Retardo en seg. para cierre.

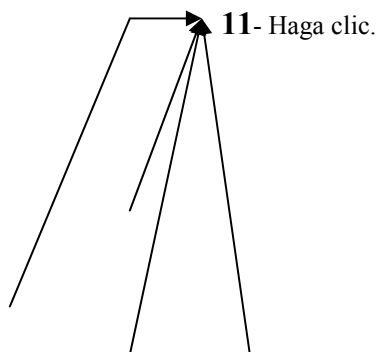
4.- Voltaje línea-neutro [7970 para líneas de 13.8kV].

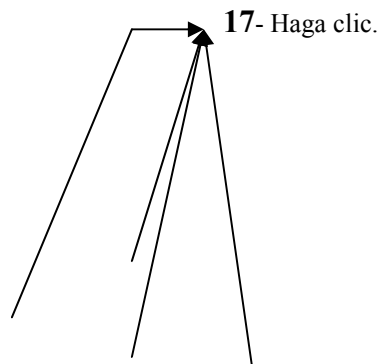
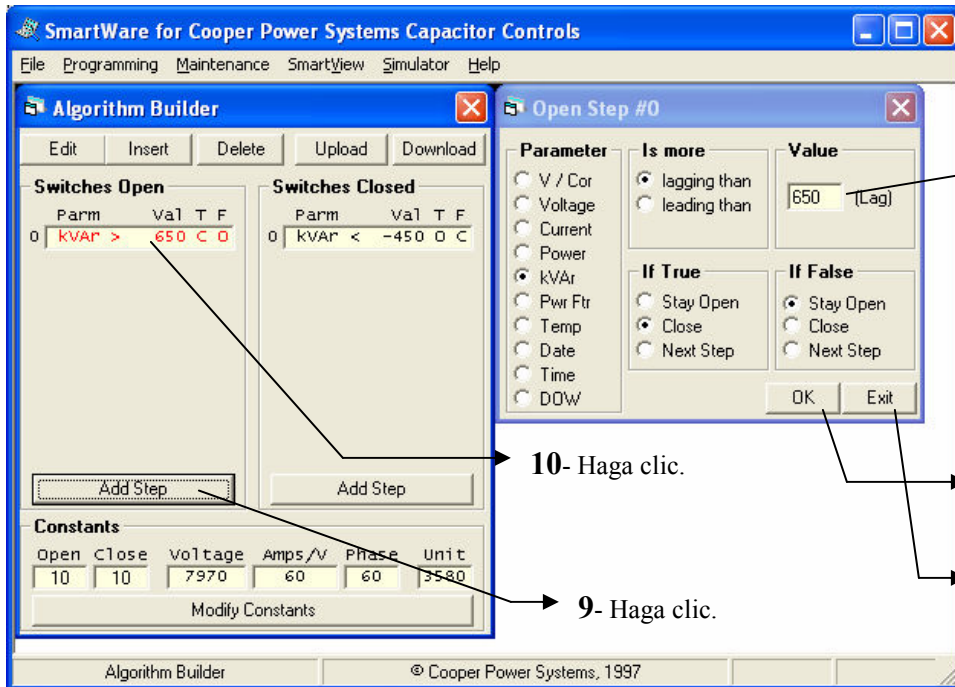
5.- Constante del conductor [60 para 4/0 ó 312.8MCM].

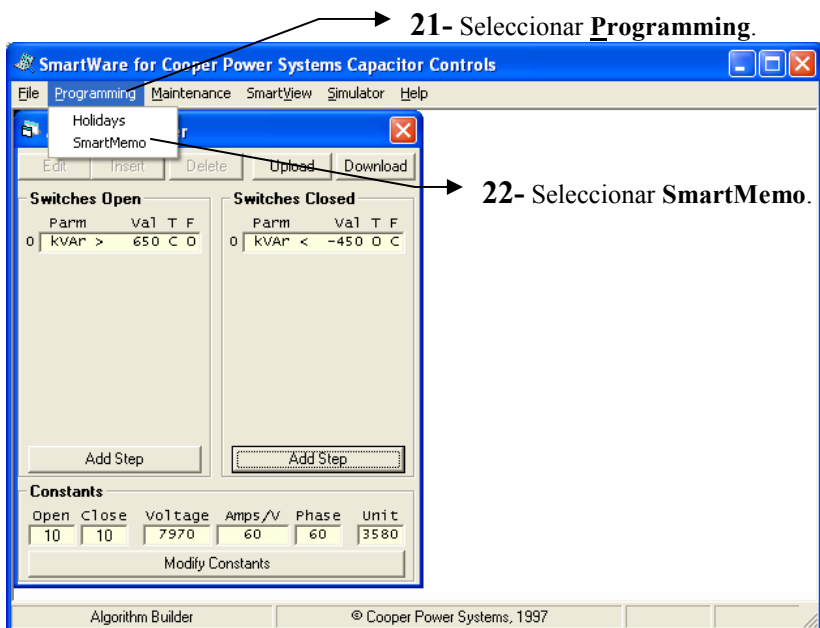
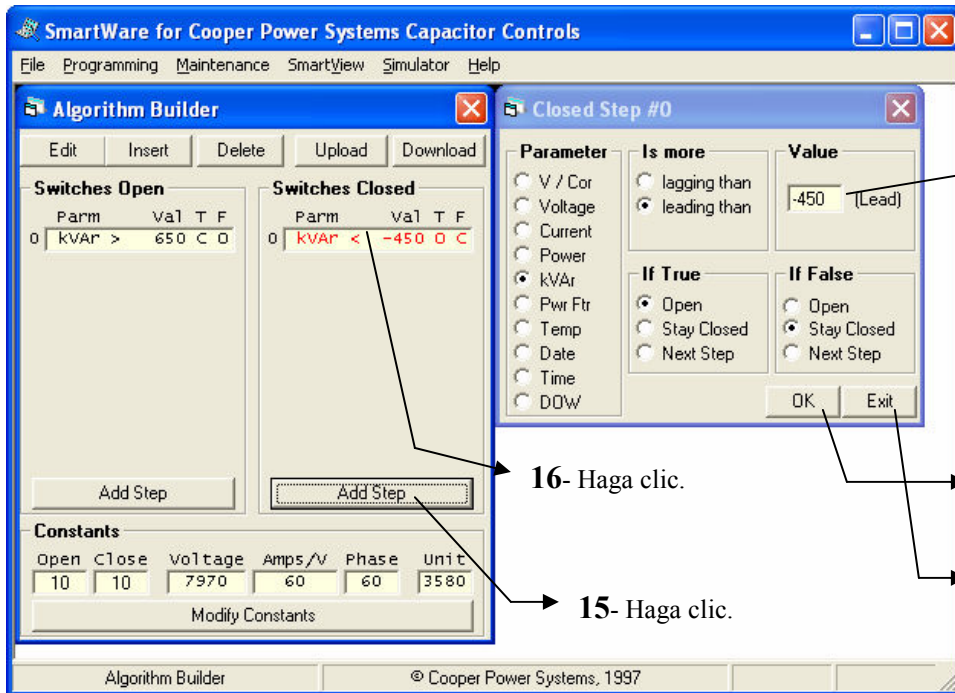
6.- Constante de fase [60].

7.- Constante del equipo: [verificar en la tapa del equipo].

8.- Pulsar OK

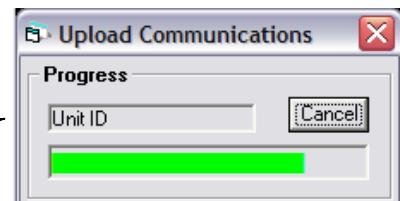






NOTA: Luego de realizar los pasos 21 y 22 debe aparecer en pantalla la Subestación y circuito de donde se está trabajando, de no ser así, repita los pasos 21 y 22 hasta que esto suceda.

23- Haga clic en el botón **Upload** del **algorithm builder**. Se cargarán el algoritmo deseado abriendo una ventana en la parte inferior izquierda como está:



Los datos se han cargado EXITOSAMENTE.

ANEXOS “C”

Código Fuente

CODIGO FUENTE DE REACTIVO UC



Option Explicit

```
Private Sub Form_load()
```

```
    Path = ""
```

```
    Archivo = ""
```

```
    Select Case OpcionActiva
```

```
        Case "Nuevo": Command1_Click 0
```

```
        Case "Abrir": Command1_Click 1
```

```
        Case "Tutorial": Command1_Click 2
```

```
    End Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click(Index As Integer)
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    Dim S As String, fs
```

```
    Path = Left(App.Path, Len(App.Path) - 4) & "\\Proyectos"
```

```
    Select Case Index
```

```
        Case 0
```

```
            S = InputBox("Escriba el nombre del Nuevo Proyecto", "Nuevo Proyecto", , _  
                Screen.Width / 2, Screen.Height / 2)
```

```

If Len(S) <> 0 Then
    Set fs = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
    fs.createfolder (Left(App.Path, Len(App.Path) - 4) & "\Proyectos\" & S)
    Path = Path & "\" & S
    Archivo = S & ".ruc"
    OpcionActiva = "Nuevo"
End If
Case 1
    With CD
        .CancelError = False
        .DialogTitle = "Abrir Proyecto de Reactivos UC..."
        .Filter = "Proyectos (*.ruc)|*.ruc|Todos los archivos (*.*)|*.*"
        .InitDir = Path
        .ShowOpen
        If Len(.FileName) <> 0 Then
            Path = Left(.FileName, Len(.FileName) - Len(.FileTitle) - 1)
            Archivo = .FileTitle
            OpcionActiva = "Abrir"
        End If
    End With
Case 2
    Shell cGetSystemDirectory & "\notepad.exe " & App.Path & "\Readme.txt", _
        vbMaximizedFocus
Case 3
    MsgBox "Abrir ejemplo"
Case 4
    End
End Select
If Len(Archivo) <> 0 Then Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    If Len(Archivo) = 0 Then End
End Sub

```

Option Explicit

```
'-----  
'          SUBPROGRAMAS PARA EL MANEJO DE LA VENTANA Y EL LIENZO DE  
TRABAJO  
'-----
```

Private Sub Form_load()

```
    Me.Left = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainLeft", 1000)  
    Me.Top = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainTop", 1000)  
    Me.Width = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainWidth", 6500)  
    Me.Height = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainHeight", 6500)  
    cmbCond.ListIndex = 0  
    tbToolBar(0).Width = 1100  
    tbToolBar(1).Width = 4000  
    tbToolBar(2).Width = 400  
    'CoolBar.Bands(1).Width = tbToolBar(0).Width '+ 180  
    'CoolBar.Bands(2).Width = tbToolBar(1).Width '+ 180  
    'CoolBar.Bands(3).Width = tbToolBar(2).Width '+ 180  
    picCanvas.Height = ALTO  
    picCanvas.Width = ANCHO  
    Select Case OpcionActiva  
        Case "Nuevo": Nuevo  
        Case "Abrir": AbrirProyecto Path & "\" & Archivo  
    End Select  
End Sub
```

Private Sub Form_Resize()

```
    On Error Resume Next  
    If Me.WindowState <> vbMinimized Then  
        With CoolBar.Bands  
            .Item(1).Width = 1100  
            .Item(3).Width = 400  
            .Item(2).Width = Me.ScaleWidth - 2000  
        End With  
        Picture1.Move 100, CoolBar.Height + 100, Me.ScaleWidth - 240, Me.ScaleHeight - _  
            CoolBar.Height - sbStatusBar.Height  
        HCanvas.Move 0, Picture1.ScaleHeight - HCanvas.Height, Picture1.ScaleWidth - _  
            VCanvas.Width, HCanvas.Height  
        VCanvas.Move HCanvas.Width, 0, VCanvas.Width, HCanvas.Top  
    End If  
End Sub
```

Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)

```

If MsgBox("¿Deseas guardar los cambios?", vbQuestion + vbYesNo) = vbYes Then
mnuFileSave_Click 'Cancel = 1
End Sub

```

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Clear
If Me.WindowState <> vbMinimized Then
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainLeft", Me.Left
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainTop", Me.Top
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainWidth", Me.Width
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainHeight", Me.Height
End If
End Sub

```

```

Private Sub picCanvas_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 27 Then CancelaOpcion
End Sub

```

```

Private Sub picCanvas_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Dim PTsc As Single, PTcc As Single
X = posicion(X)
Y = posicion(Y)
Set NodoActual = buscarNodo(X, Y)
Select Case Button
Case vbLeftButton
Select Case OpcionActiva
Case "Nodo"
'Si hay un Nodo en el punto donde se presiono, y ese Nodo esta habilitado
'para aceptar un nuevo tramo, se prepara el sistema para crear un nuevo Nodo
If NodoActual.Enabled Then
With Line1(0)
.X1 = NodoActual.X
.Y1 = NodoActual.Y
.X2 = X
.Y2 = Y
.Visible = True
End With
End If
Case "Compensar"
If NodoActual.Capacidad = 0 Then
NodoActual.Capacidad = cmbCond.Text
Else

```

```

        NodoActual.Capacidad = 0
    End If
    PerdidasTotales PTsc, PTcc
    sbStatusBar.Panels(2).Text = "PTsc = " & PTsc & " - PTcc = " & PTcc

    Case "Editar Nodo"
        If NodoActual.N > 1 Then Form2.Show 1
        'CancelaOpcion

    Case "Calculos"
        If NodoActual.nT And NodoActual.N <> -1 Then
            Ramal
        Else
            MsgBox "Para graficar Perfiles de potencia elija un Nodo Terminal", _
                vbInformation Or vbSystemModal, "Alerta"
            CancelaOpcion
        End If
    Case "Nodo Terminal"
        NodoActual.Enabled = Not NodoActual.Enabled
    End Select 'De las opciones
    Case vbRightButton
        'Otras funciones
    End Select 'De los Buttons del Mouse
End Sub

Private Sub picCanvas_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Select Case Button
    Case vbLeftButton
        Select Case OpcionActiva
        Case "Nodo"
            If Line1(0).Visible Then
                Line1(0).X2 = X
                Line1(0).Y2 = Y
            End If
        End Select 'De las opciones
    Case vbRightButton
        'Otras funciones
    End Select 'De los Buttons
End Sub

Private Sub picCanvas_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Dim nAux As cNodo

```

```

X = posicion(X)
Y = posicion(Y)
Set nAux = buscarNodo(X, Y)
Select Case Button
Case vbLeftButton
    Select Case OpcionActiva
    Case "Nodo"
        If nAux.N = -1 Then
            If NodoActual.Enabled Then
                X1 = X
                Y1 = Y
                Form2.Show 1
            End If
        Else
            MsgBox "Ya hay un nodo en este punto", vbCritical, "Error"
        End If
        Line1(0).Visible = False
    End Select 'De las opciones
Case vbRightButton
    'TareasPendientes: Mostrar los menús emergentes
End Select 'De los Button
End Sub

Private Sub picCanvas_Resize()
    With HCanvas
        .Max = Picture1.Width - (picCanvas.Width + 1000) - VCanvas.Width
        .LargeChange = Abs(0.1 * .Max)
        .SmallChange = .LargeChange / 5
        .Value = .Max / 2
        If picCanvas.Width + 500 < Picture1.Width Then
            .Enabled = False
        Else
            .Enabled = True
        End If
    End With
End With
With VCanvas
    .Max = Picture1.Height - (picCanvas.Height + 1000) - HCanvas.Height
    .LargeChange = Abs(0.1 * .Max)
    .SmallChange = .LargeChange / 5
    .Value = .Max / 2
    If picCanvas.Height + 500 < Picture1.Height Then
        .Enabled = False
    Else

```

```

        .Enabled = True
    End If
End With
End Sub

```

```

Private Sub HCanvas_Change()
    picCanvas.Left = HCanvas.Value + 500
End Sub

```

```

Private Sub VCanvas_Change()
    picCanvas.Top = VCanvas.Value + 500
End Sub

```

```

'-----
'           SUBPROGRAMAS DE LOS MENUS Y BARRA DE HERRAMIENTAS
'-----

```

```

Private Sub tbToolBar_ButtonClick(Index As Integer, ByVal Button As MSComctlLib.Button)
    CancelaOpcion
    cmbCond.Enabled = False
    Select Case Button.Key
        Case "Nuevo":    mnuFileNew_Click
        Case "Abrir":    mnuFileOpen_Click
        Case "Guardar":  mnuFileSave_Click
        Case "Nodo":     mnuNodo_Click
        Case "Editar Nodo": mnuEditNodo_Click
        Case "Compensar": mnuCompensar_Click
        Case "Calculos": mnuCalculos_Click
        Case "Calculadora": Shell cGetSystemDirectory & "\calc.exe", vbNormalFocus
        Case "Readme":    Shell cGetSystemDirectory & "\notepad.exe " & App.Path &
"\Readme.txt", _
            vbNormalFocus
    End Select
    picCanvas.SetFocus
End Sub

```

```

Private Sub AbrirProyecto(Arch As String)
    On Error Resume Next
    Dim NodoAux As cNodo, nAnt As Integer, N As Integer, X As Single, Y As Single, S As _
        Single, L As Single, nT As Boolean, Conductor As String, Capacidad As Integer
    Me.Caption = "Reactivos UC - " & Archivo
    Set NodosTerminales = New Collection
    Set NodosCollection = New Collection
    Grilla

```

```

Open Arch For Input As #1
Input #1, Smax, Fpmax, Smin, Fpmin
Do While Not EOF(1)
    Set NodoAux = New cNodo
    Input #1, N, X, Y, nAnt, nT, S, L, Conductor, Capacidad
    NodoAux.Nodo N, X, Y, nAnt, nT, S, L, Conductor, Capacidad
    NodosCollection.Add NodoAux
Loop
Close
End Sub

```

```

Private Sub mnuFileOpen_Click()
    On Error Resume Next
    Clear
    OpcionActiva = "Abrir"
    Form3.Show 1
    AbrirProyecto Path & "\" & Archivo
End Sub

```

```

Private Sub Nuevo()
    Dim nuevoNodo As cNodo
    Form1.Show 1
    Me.Caption = "Reactivos UC - " & Archivo
    Grilla
    Set NodosTerminales = New Collection
    Set NodosCollection = New Collection
    Set nuevoNodo = New cNodo
    nuevoNodo.Nodo 1, SEP * 3, SEP * 3
    NodosCollection.Add nuevoNodo
    mnuFileSave_Click
End Sub

```

```

Private Sub mnuFileNew_Click()
    On Error Resume Next
    Clear
    OpcionActiva = "Nuevo"
    Form3.Show 1
    If Len(Archivo) <> 0 Then Nuevo
End Sub

```

```

Private Sub mnuFileSave_Click()
    Dim NodoAux As cNodo
    OpcionActiva = "Guardar"

```

```

Open Path & "\" & Archivo For Output As #1
Write #1, Smax, Fpmax, Smin, Fpmin
For Each NodoAux In NodosCollection
    With NodoAux
        Write #1, .N, .X, .Y, .nAnt, .nT, .S, .LongLineaAnt, .Conductor, .Capacidad
    End With
Next
Close
End Sub

```

```

Private Sub mnuFileExit_Click()
    Unload Me
End Sub

```

```

Private Sub mnuViewToolbar_Click()
    mnuViewToolbar.Checked = Not mnuViewToolbar.Checked
    CoolBar.Visible = mnuViewToolbar.Checked
    With picCanvas
        If mnuViewToolbar.Checked Then
            .Top = 100 + CoolBar.Height
        Else
            .Top = 100
        End If
    End With
End Sub

```

```

Private Sub mnuCompensar_Click()
    mnuCompensar.Checked = Not mnuCompensar.Checked
    If mnuCompensar.Checked Then
        OpcionActiva = "Compensar"
        tbToolBar(1).Buttons.Item(5).Value = tbrPressed
        cmbCond.Enabled = True
        picCanvas.MousePointer = 99
        picCanvas.MouseIcon = imagIcons.ListImages.Item(2).ExtractIcon
    Else
        CancelaOpcion
    End If
End Sub

```

```

Private Sub mnuEditNodo_Click()
    mnuEditNodo.Checked = Not mnuEditNodo.Checked
    If mnuEditNodo.Checked Then
        OpcionActiva = "Editar Nodo"
    End If
End Sub

```

```

        tbToolBar(1).Buttons.Item(2).Value = tbrPressed
        picCanvas.MouseIcon = imagIcons.ListImages.Item(4).ExtractIcon
        picCanvas.MousePointer = 99
    Else
        CancelaOpcion
    End If
End Sub

Private Sub mnuNodo_Click()
    mnuNodo.Checked = Not mnuNodo.Checked
    If mnuNodo.Checked Then
        OpcionActiva = "Nodo"
        tbToolBar(1).Buttons.Item(1).Value = tbrPressed
        picCanvas.MousePointer = 99
        picCanvas.MouseIcon = imagIcons.ListImages.Item(1).ExtractIcon
    Else
        CancelaOpcion
    End If
End Sub

Private Sub mnuCalculos_Click()
    mnuCalculos.Checked = Not mnuCalculos.Checked
    If mnuCalculos.Checked Then
        OpcionActiva = "Calculos"
        tbToolBar(1).Buttons.Item(7).Value = tbrPressed
        picCanvas.MousePointer = 99
        picCanvas.MouseIcon = imagIcons.ListImages.Item(3).ExtractIcon
    Else
        CancelaOpcion
    End If
End Sub

Private Sub mnuViewStatusBar_Click()
    mnuViewStatusBar.Checked = Not mnuViewStatusBar.Checked
    sbStatusBar.Visible = mnuViewStatusBar.Checked
End Sub

Private Sub mnuViewRefresh_Click()
    'TareasPendientes: Agregar código 'mnuViewRefresh_Click'.
    MsgBox "Agregar código 'mnuViewRefresh_Click'."
End Sub

```

SUBPROGRAMAS DE UTILERIA

```
Private Sub mnuPrint_Click()  
    MsgBox "Imprimir"  
End Sub
```

```
Private Sub Clear()  
    Dim obj As Object  
    On Error Resume Next  
    CancelaOpcion  
    Set NodosCollection = Nothing  
    Set RamalSeleccionado = Nothing  
    Set NodosTerminales = Nothing  
    CoolBar.Bands(2).Visible = False  
    picCanvas.Visible = False  
    picCanvas.Enabled = False  
    picCanvas.BackColor = vbActiveBorder  
    For Each obj In Me.Controls  
        Unload obj  
    Next  
End Sub
```

Option Explicit

```
Private Sub txtS_GotFocus(Index As Integer)
    txtS(Index).SelStart = 0
    txtS(Index).SelLength = Len(txtS(Index))
End Sub
```

```
Private Sub txts_KeyDown(Index As Integer, KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    If KeyCode = 38 Or KeyCode = 40 Then txtFp(Index).SetFocus
    If KeyCode = 37 Or KeyCode = 39 Then
        If Index = 0 Then txtS(1).SetFocus Else txtS(0).SetFocus
    End If
End Sub
```

```
Private Sub txtS_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 46: KeyAscii = 44
        Case 8, 43, 45, 44, 48 To 57: KeyAscii = KeyAscii
        Case 13
            KeyAscii = 0
            txtFp(Index).SetFocus
        Case Else
            KeyAscii = 0
            txtS(Index).SelStart = 0
            txtS(Index).SelLength = Len(txtS(Index))
    End Select
End Sub
```

```
Private Sub txtS_LostFocus(Index As Integer)
    If Not IsNumeric(txtS(Index)) Or Val(txtS(Index)) < 0 Then
        MsgBox "El valor de la Potencia S debe ser un valor mayor que cero", vbCritical Or _
```

```

        vbSystemModal, "Error en entrada de datos"
    txtS(Index).SetFocus
End If
End Sub

Private Sub txtFp_GotFocus(Index As Integer)
    UpDown1(Index).Value = 0
    txtFp(Index).SelStart = 0
    txtFp(Index).SelLength = Len(txtFp(Index))
End Sub

Private Sub txtFp_KeyDown(Index As Integer, KeyCode As Integer, Shift As _
Integer)
    If KeyCode = 38 Or KeyCode = 40 Then txtS(Index).SetFocus
    If KeyCode = 37 Or KeyCode = 39 Then
        If Index = 0 Then txtFp(1).SetFocus Else txtFp(0).SetFocus
    End If
End Sub

Private Sub txtFp_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 46: KeyAscii = 44
        Case 8, 43, 45, 44, 48 To 57
            KeyAscii = KeyAscii
        Case 13
            KeyAscii = 0
            If Index = 0 Then
                txtS(1).SetFocus
            Else
                cmbAceptar.Enabled = True
                cmbAceptar.SetFocus
            End If
        Case Else
            KeyAscii = 0
            txtFp(Index).SelStart = 0
            txtFp(Index).SelLength = Len(txtFp(Index))
    End Select
End Sub

Private Sub txtFp_LostFocus(Index As Integer)
    If Not IsNumeric(txtFp(Index)) Or CSng(txtFp(Index)) < 0 Or CSng(txtFp(Index)) > 1 Then
        MsgBox "El valor del Factor de Potencia debe ser un valor entre 0 y 1", vbCritical Or
vbSystemModal, "Error en entrada de datos"
    End If
End Sub

```

```
        txtFp(Index).SetFocus
    End If
End Sub
```

```
Private Sub UpDown1_Change(Index As Integer)
    With UpDown1(Index)
        txtFp(Index) = .Value / 10
        If .Value = 0 Or .Value = 10 Then txtFp(Index) = txtFp(Index) & ",0"
        txtFp(Index).SelStart = Len(txtFp(Index))
    End With
End Sub
```

```
Private Sub cmbAceptar_Click()
    Smax = txtS(0)
    Smin = txtS(1)
    Fpmax = txtFp(0)
    Fpmin = txtFp(1)
    Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub cmbAceptar_LostFocus()
    cmbAceptar.Enabled = False
End Sub
```

Configurar nuevo Nodo 2

Potencia (KVA)	500	Tipo de Nodo ☒ Intermedio ☐ Terminal
Distancia al Nodo anterior (m)	100	
Calibre del conductor	2 1/0 2/0 3/0 4/0	Aceptar Cancelar

Option Explicit

```
Private Sub txtPotencia_GotFocus()
    txtPotencia.SelStart = 0
    txtPotencia.SelLength = Len(txtPotencia)
End Sub
```

```
Private Sub txtDistancia_GotFocus()
    txtDistancia.SelStart = 0
    txtDistancia.SelLength = Len(txtDistancia)
End Sub
```

```
Private Sub txtPotencia_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 46
            KeyAscii = 44
        Case 8, 43, 45, 44, 48 To 57
            KeyAscii = KeyAscii
        Case 13
            KeyAscii = 0
            txtDistancia.SetFocus
        Case 27
            Unload Me
        Case Else
            KeyAscii = 0
            txtPotencia_GotFocus
    End Select
End Sub
```

```
Private Sub txtDistancia_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 46
```

```

        KeyAscii = 44
    Case 8, 43, 45, 44, 48 To 57
        KeyAscii = KeyAscii
    Case 13
        KeyAscii = 0
        lstCalibre.SetFocus
    Case 27
        Unload Me
    Case Else
        KeyAscii = 0
        txtDistancia_GotFocus
    End Select
End Sub
Private Sub lstCalibre_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
    End If
End Sub
Private Sub optTipo_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 13 Then
        KeyAscii = 0
        cmdAceptar.SetFocus
    End If
End Sub
Private Sub cmdAceptar_Click()
    Dim nuevoNodo As cNodo
    If IsNumeric(txtPotencia) And IsNumeric(txtDistancia) And Val(txtPotencia) _
        >= 0 And Val(txtDistancia) >= 0 Then
        If OpcionActiva = "Nodo" Then
            Set nuevoNodo = New cNodo
            nuevoNodo.Nodo = NodosCollection.Count + 1, X1, Y1, NodoActual.N, _
                optTipo(1), Val(txtPotencia), Val(txtDistancia) / 1000, lstCalibre.Text
            NodosCollection.Add nuevoNodo
            Loked_Ramales nuevoNodo.nT
            nuevoNodo.Enabled = Not nuevoNodo.nT
        Else
            With NodoActual
                .S = txtPotencia
                .LongLineaAnt = Val(txtDistancia) / 1000
                .Conductor = lstCalibre.Text
                Loked_Ramales Not .nT
                .nT = optTipo(1)
                If Not .nT Then RemoveNT NodoActual.N
            End With
        End If
    End If
End Sub

```

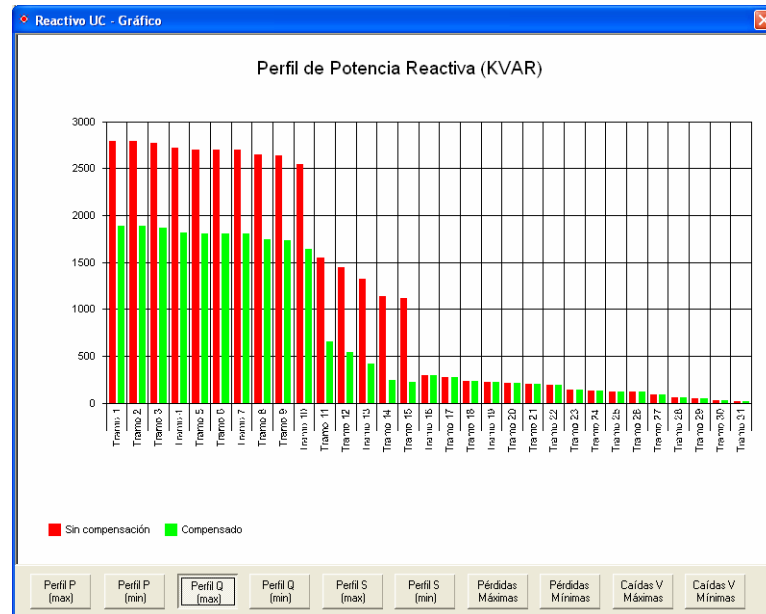
```

        End With
    End If
    Unload Me
Else
    MsgBox _
        "La Potencia y la distanjcia deben ser valores numéricos mayores " & _
        "a cero", vbCritical, "Error"
    txtPotencia.SetFocus
End If
End Sub

Private Sub cmdCancelar_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Form_load()
    Dim i As Integer
    For i = 1 To vConductores(0).Resistencia
        lstCalibre.AddItem vConductores(i).Nombre
    Next i
    i = 1
    Select Case OpcionActiva
    Case "Nodo"
        optTipo(0) = True
        lstCalibre.Text = "4/0"
        Me.Caption = "Configurar nuevo Nodo " & NodosCollection.Count + 1
    Case "Editar Nodo"
        With NodoActual
            Me.Caption = "Editar Nodo " & .N
            optTipo(0) = Not .nT
            optTipo(1) = .nT
            Frame1.Enabled = .nT
            txtPotencia = .S
            txtDistancia = .LongLineaAnt * 1000
            Do While i < vConductores(0).Resistencia
                lstCalibre.ListIndex = i
                If lstCalibre.Text = .Conductor Then Exit Do Else i = i + 1
            Loop
        End With
    End Select
End Sub

```



Option Explicit
Dim Grafico As String

```
Private Sub Form_load()
    ConcentradorCarga NodoActual.N
    sGen = S_Total(1)
    'Para máxima carga
    PerfilesPotencia Smax, Fpmax, Perfil_Pmax, Perfil_Qmax, Perfil_Smax
    PerdidasTecnicas VLINEA, Perfil_Smax, PerdidasMax
    CaídaTension VLINEA, Fpmax, Perfil_Qmax(1, 2), Perfil_Smax, Caída_Vmax
    'Para minima carga
    PerfilesPotencia Smin, Fpmin, Perfil_Pmin, Perfil_Qmin, Perfil_Smin
    PerdidasTecnicas VLINEA, Perfil_Smin, PerdidasMin
    CaídaTension VLINEA, Fpmin, Perfil_Qmin(1, 2), Perfil_Smin, Caída_Vmin
    'PrintResult
    'DesmarcaRamal
    'Unload Me

    Option1(0).Value = True
    mnuLeyenda.Checked = True
    MSChart1.ShowLegend = True
    MSChart1.Legend.Location.LocationType = VtChLocationTypeBottomLeft
End Sub
```

```

Private Sub MSChart1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    If Button = vbRightButton Then Me.PopupMenu mnuOpciones
End Sub

Private Sub MSChart1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 27 Then Unload Me
End Sub

Private Sub Option1_Click(Index As Integer)
    Dim i As Integer
    On Error Resume Next
    With MSChart1
        If Index < 8 Then .chartType = VtChChartType2dBar Else .chartType = VtChChartType2dLine
        Select Case Index
            Case 0 To 1:
                .Title = "Perfil de Potencia Activa (KW)"
                .Row = 1
                If Index = 0 Then
                    Grafico = "Pmax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
                    .ChartData = Perfil_Pmax
                    .RowLabel = "P (max)"
                Else
                    Grafico = "Pmin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
                    .ChartData = Perfil_Pmin
                    .RowLabel = "P (min)"
                End If
                .Stacking = True
                .Plot.DataSeriesInRow = True
            Case 2 To 3:
                .Title = "Perfil de Potencia Reactiva (KVAR)"
                If Index = 2 Then
                    Grafico = "Qmax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
                    .ChartData = Perfil_Qmax
                Else
                    Grafico = "Qmin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
                    .ChartData = Perfil_Qmin
                End If
            Case 4 To 5:
                .Title = "Perfil de Potencia Aparente (KVA)"
                If Index = 4 Then

```

```

        Grafico = "Smax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = Perfil_Smax
    Else
        Grafico = "Smin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = Perfil_Smin
    End If
Case 6 To 7:
    .Title = "Perfil de Pérdidas (Watts)"
    If Index = 6 Then
        Grafico = "Perdmax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = PerdidasMax
    Else
        Grafico = "Perdmin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = PerdidasMin
    End If
Case 8 To 9:
    .Title = "Caída de Tensión (%)"
    If Index = 8 Then
        Grafico = "Caidamax_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = Caída_Vmax
    Else
        Grafico = "Caidamin_Nodo" & NodoActual.N & ".wmf"
        .ChartData = Caída_Vmin
    End If
End Select
If Index > 1 Then
    .Stacking = False
    .Plot.DataSeriesInRow = False
    .Column = 1
    .ColumnLabel = "Sin compensación"
    .Column = 2
    .ColumnLabel = "Compensado"
End If
For i = 1 To RamalSeleccionado.Count - 1
    If Index < 2 Then
        .Column = i
        .ColumnLabel = "Tramo " & i
    Else
        .Row = i
        .RowLabel = "Tramo " & i
    End If
Next i
End With

```

End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()

Printer.Orientation = cdlLandscape

MSChart1.EditCopy

Printer.Font = "Arial"

If Clipboard.GetFormat(vbCFMetafile) Then

Set Picture1.Picture = Clipboard.GetData(vbCFMetafile)

Printer.PaintPicture Picture1, 1000, 1000, Printer.Width - 2000, Printer.Height - 2000

End If

Clipboard.Clear

Printer.EndDoc

End Sub

Private Sub mnuSaveGrafico_Click()

MSChart1.EditCopy

If Clipboard.GetFormat(vbCFMetafile) Then

Set Picture1.Picture = Clipboard.GetData(vbCFMetafile)

SavePicture Picture1.Picture, Path & "\" & Grafico

End If

Clipboard.Clear

End Sub

Private Sub mnuCopiar_Click()

MSChart1.EditCopy

End Sub

Private Sub mnuLeyenda_Click()

mnuLeyenda.Checked = Not mnuLeyenda.Checked

MSChart1.ShowLegend = mnuLeyenda.Checked

MSChart1.Legend.Location.LocationType = VtChLocationTypeBottomLeft

End Sub

‘Codigo del Modulo1

Option Explicit

Public Declare Function GetSystemDirectory Lib "kernel32.dll" Alias "GetSystemDirectoryA" _
 (ByVal lpBuffer As String, ByVal nSize As Long) As Long

Public Const SEP = 500

Public Const VLINEA = 13.8

Public Const ANCHO = 15840

Public Const ALTO = 12240

Private Const ARCHIVOCONDUCTORES = "ConductoresARV.DLL"

Type TipoConductor

 Nombre As String

 Resistencia As Single

 Reactancia As Single

End Type

Public vConductores() As TipoConductor

Public fMainForm As frmMain

Public Archivo As String

Public Path As String

Public OpcionActiva As String

Public Smax As Single

Public Fpmax As Single

Public Smin As Single

Public Fpmin As Single

Public X1 As Single

Public Y1 As Single

Public NodosCollection As Collection 'Almacena toda la información de cada uno de los
Nodos

Public NodosTerminales As Collection 'Guarda los indices de los nodos terminales

Public RamalSeleccionado As Collection 'Guarda los indices de los nodos del ramal
seleccionado

Public NodoActual As cNodo

'-----

' Variables para los resultados del análisis de la red

'-----

Public sGen As Single

Public Perfil_Pmax() As Single

Public Perfil_Pmin() As Single

Public Perfil_Qmax() As Single

Public Perfil_Qmin() As Single

```

Public Perfil_Smax() As Single
Public Perfil_Smin() As Single
Public PerdidasMax() As Single
Public PerdidasMin() As Single
Public Caida_Vmax() As Single
Public Caida_Vmin() As Single
Public PerdidasTot() As Single
Dim Matriz_S() As Single

Public Function cGetSystemDirectory() As String
    Dim Success&, WinSysDir$
    WinSysDir = Space(144)
    Success = GetSystemDirectory(WinSysDir, 144)
    WinSysDir = Left(Trim(WinSysDir), Len(Trim(WinSysDir)) - 1)
    cGetSystemDirectory = WinSysDir
End Function

Sub Main()
    Form3.Show 1
    CaracteristicasConductores
    Set fMainForm = New frmMain
    fMainForm.Show
End Sub

'Crea un vector con las características de los conductores
Private Sub CaracteristicasConductores()
    Dim cont As Integer
    On Error GoTo CaracteristicasConductores_Error
    Open App.Path & "\" & ARCHIVOCONDUCTORES For Input As #1
    ReDim vConductores(0)
    Do While Not EOF(1)
        cont = cont + 1
        ReDim Preserve vConductores(cont)
        With vConductores(cont)
            Input #1, .Nombre, .Resistencia, .Reactancia
        End With
    Loop
    vConductores(0).Resistencia = cont
    Close
    On Error GoTo 0
    Exit Sub
CaracteristicasConductores_Error:

```

```

        MsgBox "No se encuentra la la biblioteca " & ARCHIVOCONDUCTORES & " en la ruta " &
        "especificada " & App.Path & " , por favor reinstale el programna", vbCritical
    End
End Sub

Public Function posicion(N As Single) As Single
    If (N Mod SEP) > SEP / 2 Then N = ((N \ SEP) + 1) Else N = (N \ SEP)
    posicion = N * SEP
End Function

Public Function buscarNodo(X As Single, Y As Single) As cNodo
    Dim NodoAux As cNodo
    For Each NodoAux In NodosCollection
        If NodoAux.X = X And NodoAux.Y = Y Then
            Set buscarNodo = NodoAux
            Exit For
        End If
    Next
    If buscarNodo Is Nothing Then
        Set buscarNodo = New cNodo
        buscarNodo.Nodo -1, X, Y, , True
    End If
End Function

'Obtiene los indices de los Nodos presentes en el Ramal seleccionado
Public Function NodosRamal(Nodo As cNodo) As Collection
    Dim N As Integer, Ramal_tmp As Collection
    If Nodo.nT Then
        Set Ramal_tmp = New Collection
        N = Nodo.N
        Ramal_tmp.Add N
        Do While N <> 1
            N = NodosCollection.Item(N).nAnt
            Ramal_tmp.Add N
        Loop
        Set NodosRamal = Ramal_tmp
    Else
        MsgBox "Para graficar Perfiles de potencia elija un Nodo Terminal", vbInformation Or _
            vbSystemModal, "Alerta"
    End If
End Function

```

```

Private Function PerteneceAlRamalSeleccionado(X As Integer) As Boolean
    Dim NRS
    PerteneceAlRamalSeleccionado = False
    For Each NRS In RamalSeleccionado
        If NRS = X Then
            PerteneceAlRamalSeleccionado = True
            Exit For
        End If
    Next
End Function

```

```

Public Sub Loked_Ramales(b_enabled As Boolean)
    Dim Nodo As cNodo
    For Each Nodo In NodosCollection
        If Not Nodo.nT Then Nodo.Enabled = b_enabled
    Next
End Sub

```

```

Public Sub RemoveNT(nT As Integer)
    Dim Nodo, i As Integer
    On Error Resume Next
    For Each Nodo In NodosTerminales
        i = i + 1
        If Nodo = nT Then Exit For
    Next
    NodosTerminales.Remove i
End Sub

```

```

Public Sub ConcentradorCarga(NT_Seleccionado As Integer)
    Dim Nodo As cNodo, nT, N_RamalAux, Ramal_Aux As Collection
    ReDim Matriz_S(1 To NodosCollection.Count, 1 To 2)
    For Each Nodo In NodosCollection
        Matriz_S(Nodo.N, 1) = Nodo.S
        Matriz_S(Nodo.N, 2) = Nodo.nAnt
    Next
    'Hace el recorrido para todos los nodos terminales
    For Each nT In NodosTerminales
        'Si es el Nodo terminal sleccionado no se hace nada
        If nT <> NT_Seleccionado Then
            'Se obtiene los nodos que pertececen a otro ramal
            Set Ramal_Aux = NodosRamal(NodosCollection.Item(nT))
            For Each N_RamalAux In Ramal_Aux ' = nT To 1 Step -1
                Matriz_S(Matriz_S(N_RamalAux, 2), 1) = Matriz_S(Matriz_S(N_RamalAux, 2), _

```

```

        1) + Matriz_S(N_RamalAux, 1)
    Matriz_S(N_RamalAux, 1) = 0
    If PerteneceAlRamalSeleccionado(CInt(Matriz_S(N_RamalAux, 2))) Then
        Exit For
    End If
Next
End If
Next
End Sub

```

```

Public Function S_Total(NodoActual As Integer) As Single
    Dim cont, St As Single
    For Each cont In RamalSeleccionado
        If cont >= NodoActual Then
            St = St + Matriz_S(cont, 1)
        End If
    Next
    S_Total = St
End Function

```

```

'-----
' Obtiene el Perfil de carga del Ramal seleccionado y lo guarda en el vector PerfilQ
'-----

```

```

Public Sub PerfilesPotencia(S_real As Single, fp As Single, VectorOUT_P As Variant, _
    VectorOUT_Q As Variant, VectorOUT_S As Variant)
    Dim cont1, cont2, cont3 As Integer, Sfrac As Single, Ang As Single, bComp As Boolean
    Dim P As Single, Q As Single, S As Single, Qcomp As Single, Scomp As Single

    ReDim VectorOUT_P(1 To RamalSeleccionado.Count - 1)
    ReDim VectorOUT_Q(1 To RamalSeleccionado.Count - 1, 1 To 2)
    ReDim VectorOUT_S(1 To RamalSeleccionado.Count - 1, 1 To 2)
    Ang = Atn(-CStr(fp) / Sqr(-CStr(fp) * CStr(fp) + 1)) + 2 * Atn(1)
    For Each cont1 In RamalSeleccionado
        If cont1 > 1 Then
            cont3 = cont3 + 1
            Sfrac = S_Total(CInt(cont1)) * S_real / sGen
            P = Sfrac * Cos(Ang)
            Q = Sfrac * Sin(Ang)
            Qcomp = Q
            If NodosCollection.Item(cont1).Capacidad > 0 Or bComp Then
                bComp = True
                For Each cont2 In RamalSeleccionado
                    Qcomp = Qcomp - NodosCollection.Item(cont2).Capacidad

```

```

        If cont2 = cont1 And cont2 > 1 Then Exit For
    'End If
    Next cont2
End If
S = Sqr(P * P + Q * Q)
Scomp = Sqr(P * P + Qcomp * Qcomp)
VectorCreciente cont3, P, -1, VectorOUT_P
VectorCreciente cont3, Q, Qcomp, VectorOUT_Q
VectorCreciente cont3, S, Scomp, VectorOUT_S
End If
Next cont1
End Sub

Public Sub PerdidasTecnicas(V_linea As Single, VectorIN_S As Variant, VectorOUT_PT)
    Dim cont1, cont2 As Integer, i As Single, Icomp As Single, PT As Single, PTcomp As Single
    ReDim VectorOUT_PT(1 To RamalSeleccionado.Count - 1, 1 To 2)
    For Each cont1 In RamalSeleccionado
        If cont1 > 1 Then
            cont2 = cont2 + 1
            i = VectorIN_S(RamalSeleccionado.Count - cont2, 1) / (Sqr(3) * V_linea)
            Icomp = VectorIN_S(RamalSeleccionado.Count - cont2, 2) / (Sqr(3) * V_linea)
            With NodosCollection.Item(cont1)
                PT = 3 * i * i * .LongLineaAnt * .Rc
                PTcomp = 3 * Icomp * Icomp * .LongLineaAnt * .Rc
            End With
            VectorCreciente cont2, PT, PTcomp, VectorOUT_PT
        End If
    Next
End Sub

Public Sub CaidaTension(V_linea As Single, fp As Single, Q_Nodo1Compensado As Single, _
    VectorIN_S As Variant, VectorOUT_CV As Variant)
    Dim cont1, cont2 As Integer, Ang_sc As Single, Ang_cc As Single, Kc_sc As Single, _
        Kc_cc As Single, KVAL_sc As Single, KVAL_cc As Single, CV_sc As Single, CV_cc As _
        Single

    ReDim VectorOUT_CV(1 To RamalSeleccionado.Count - 1, 1 To 2)
    Ang_sc = Atn(-CStr(fp) / Sqr(-CStr(fp) * CStr(fp) + 1)) + 2 * Atn(1)
    Ang_cc = Atn(Q_Nodo1Compensado / Sqr(VectorIN_S(1, 2) * VectorIN_S(1, 2) - _
        Q_Nodo1Compensado * Q_Nodo1Compensado))
    cont2 = RamalSeleccionado.Count - 1
    For Each cont1 In RamalSeleccionado
        If cont1 > 1 Then

```

```

    With NodosCollection.Item(cont1)
        KVAL_sc = KVAL_sc + VectorIN_S(cont2, 1) * .LongLineaAnt
        KVAL_cc = KVAL_cc + VectorIN_S(cont2, 2) * .LongLineaAnt
        cont2 = cont2 - 1
    End With
End If
Next
cont2 = 0
For Each cont1 In RamalSeleccionado
    If cont1 > 1 Then
        With NodosCollection
            Kc_sc = (.Item(cont1).Rc * Cos(Ang_sc) + .Item(cont1).Xc * Sin(Ang_sc))
            Kc_cc = (.Item(cont1).Rc * Cos(Ang_cc) + .Item(cont1).Xc * Sin(Ang_cc))
            Kc_sc = Kc_sc / (10 * V_linea * V_linea)
            Kc_cc = Kc_cc / (10 * V_linea * V_linea)
            If cont2 > 0 Then
                KVAL_sc = KVAL_sc - .Item(RamalSeleccionado.Item(cont2)).LongLineaAnt _
                    * VectorIN_S(RamalSeleccionado.Count - cont2, 1)
                KVAL_cc = KVAL_cc - .Item(RamalSeleccionado.Item(cont2)).LongLineaAnt _
                    * VectorIN_S(RamalSeleccionado.Count - cont2, 2)
            End If
        End With
        cont2 = cont2 + 1
        CV_sc = KVAL_sc * Kc_sc
        CV_cc = KVAL_cc * Kc_cc
        VectorCreciente cont2, CV_sc, CV_cc, VectorOUT_CV
    End If
Next
End Sub

Public Sub PerdidasTotales(ByRef PTsc As Single, ByRef PTcc As Single)
    Dim nT, cont1 As Integer, cont2
    ReDim PerdidasTot(1 To NodosCollection.Count, 1 To 2)
    For Each nT In NodosTerminales
        Set RamalSeleccionado = NodosRamal(NodosCollection.Item(nT))
        ConcentradorCarga CInt(nT)
        sGen = S_Total(1)
        PerfilesPotencia Smax, Fpmax, Perfil_Pmax, Perfil_Qmax, Perfil_Smax
        PerdidasTecnicas VLINEA, Perfil_Smax, PerdidasMax
        cont1 = 0
        For Each cont2 In RamalSeleccionado
            If cont2 > 1 Then
                cont1 = cont1 + 1
            End If
        Next
    Next
End Sub

```

```

        PerdidasTot(cont2, 1) = PerdidasMax(RamalSeleccionado.Count - cont1, 1)
        PerdidasTot(cont2, 2) = PerdidasMax(RamalSeleccionado.Count - cont1, 2)
    End If
Next
Next
For cont1 = 1 To NodosCollection.Count
    PTsc = PTsc + PerdidasTot(cont1, 1)
    PTcc = PTcc + PerdidasTot(cont1, 2)
Next cont1
End Sub

'Ordena en forma creciente los Pp por Tramos
Private Sub VectorCreciente(Item As Integer, DatoIN_1 As Single, DatoIN_2, ByRef Vector As Variant)
    Dim cont As Integer
    On Error Resume Next
    For cont = Item To 2 Step -1
        If DatoIN_2 = -1 Then
            Vector(cont) = Vector(cont - 1)
        Else
            Vector(cont, 1) = Vector(cont - 1, 1)
            Vector(cont, 2) = Vector(cont - 1, 2)
        End If
    Next cont
    If DatoIN_2 = -1 Then
        Vector(1) = DatoIN_1
    Else
        Vector(1, 1) = DatoIN_1
        Vector(1, 2) = DatoIN_2
    End If
End Sub

Public Sub AutoSize(X As Single, Y As Single)
    Static AutoS As Boolean
    With fMainForm.picCanvas
        If (.Width - X) < SEP Or (.Height - Y) < SEP Then
            If Not AutoS Then
                AutoS = True
                .Width = .Width + ANCHO
                .Height = .Height + ALTO
            Grilla
            End If
        End If
    End Sub

```

```
End With
End Sub
```

```
Public Sub Grilla()
    Dim i As Integer, j As Integer
    fMainForm.CoolBar.Bands(2).Visible = True
    With fMainForm.picCanvas
        .Visible = True
        .Enabled = True
        .BackColor = vbWhite
        fMainForm.HCanvas.Value = 0
        fMainForm.VCanvas.Value = 0
        Do While i < .ScaleWidth
            i = i + SEP
            j = 0
            Do While j < .ScaleHeight
                j = j + SEP
                fMainForm.picCanvas.PSet (i, j)
            Loop
        Loop
        .Refresh
    End With
End Sub
```

```
Public Sub Ramal()
    Dim j
    With fMainForm
        DesmarcaRamal
        'Obtiene los indices de los Nodos presentes en el Ramal seleccionado
        Set RamalSeleccionado = NodosRamal(NodoActual)
        'Marcado del tramo seleccionado
        For Each j In RamalSeleccionado
            If j > 1 Then
                .Line1(j).BorderColor = vbRed
                .Line1(j).BorderWidth = 5
            End If
        Next
    End With
    frmGrafico.Show 1
    DesmarcaRamal
    CancelaOpcion
End Sub
```

```
Public Sub DesmarcaRamal()
```

```
    Dim i As Integer
```

```
    With fMainForm
```

```
        For i = 2 To .Line1.UBound
```

```
            .Line1(i).BorderColor = vbBlack
```

```
            .Line1(i).BorderWidth = 1
```

```
        Next i
```

```
    End With
```

```
End Sub
```

```
Public Sub CancelaOpcion()
```

```
    OpcionActiva = ""
```

```
    With fMainForm
```

```
        .cmbCond.Enabled = False
```

```
        .picCanvas.MousePointer = ccArrow
```

```
        .tbToolBar(1).Buttons.Item(1).Value = tbrUnpressed
```

```
        .tbToolBar(1).Buttons.Item(2).Value = tbrUnpressed
```

```
        .tbToolBar(1).Buttons.Item(5).Value = tbrUnpressed
```

```
        .tbToolBar(1).Buttons.Item(7).Value = tbrUnpressed
```

```
        .mnuCalculos.Checked = False
```

```
        .mnuCompensar.Checked = False
```

```
        .mnuEditNodo.Checked = False
```

```
        .mnuNodo.Checked = False
```

```
    End With
```

```
End Sub
```

```
Public Function VectorString(Vector As Variant) As String
```

```
    Dim i As Integer, S As String
```

```
    For i = 1 To RamalSeleccionado.Count - 1
```

```
        S = S & Vector(i) & Space(10)
```

```
    Next i
```

```
    VectorString = S
```

```
End Function
```

```
Public Sub PrintResult()
```

```
    Dim i As Integer, j As Integer, S As String, SepCol As Integer
```

```
    SepCol = 5
```

```
    For j = 1 To 2
```

```
        If j = 1 Then S = "_sc" Else S = "_cc"
```

```
        Open Left(Archivo, Len(Archivo) - 4) & S & ".ruc" For Output As #1
```

```
        Print #1,
```

```
        Print #1,
```

```
        S = "Tramo" & Space(SepCol)
```

```

S = S & "Pmac" & Space(SepCol)
S = S & "Qmax" & Space(SepCol)
S = S & "Smax" & Space(SepCol)
S = S & "PTmax" & Space(SepCol)
S = S & "CVmax" & Space(SepCol)
S = S & "Qmin" & Space(SepCol)
S = S & "Smin" & Space(SepCol)
S = S & "PTmin" & Space(SepCol)
S = S & "CVmin" & Space(SepCol)
Print #1, S
Print #1, String$(80, "=")
S = ""
For i = 1 To RamalSeleccionado.Count - 1
    S = i & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Pmax(i)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Qmax(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Smax(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(PerdidasMax(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Caida_Vmax(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Pmin(i)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Qmin(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Perfil_Smin(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(PerdidasMin(i, 2)) & Space(SepCol)
    S = S & FormatNumber(Caida_Vmin(i, 2)) & Space(SepCol)
    Print #1, S
Next i
Close #1
Next j
End Sub

```

Option Explicit

```
Private m_N As Integer      'Número del Nodo
Private m_X As Single       'Posición X en el Canvas
Private m_Y As Single       'Posición Y en el Canvas
Private m_nAnt As Integer   'Indica cual es el Nodo anterior
Private m_nT As Boolean     'Indica si es nodo terminal
Private m_S As Single       'Potencia en KVA
Private m_LongLineaAnt As Single 'Longitud de la línea que lo uno al Nodo anterior
Private m_Conductor As String 'Tipo de conductor
Private m_Rc As Single      'Resistencia del conductor
Private m_Xc As Single      'Reactancia del conductor
Private m_Capacidad As Single 'Capacidad del Banco de Condensadores
Private m_frm As Form       'Referencia al Form de trabajo
Private m_Visible As Boolean 'Permite ocultar el Nodo y la línea que lo alimenta
Private m_Enabled As Boolean
```

```
'-----
'Colores asignados al Nodo según sus propiedades: Enabled y nT
'-----
Private Const Nodo_Habilitado = vbGreen
Private Const Nodo_Inhabilitado = vbBlack
Private Const Nodo_Terminal = vbRed
```

```
'-----
'                               PROPIEDADES DEL NODO
'-----
```

```
Public Property Get N() As Integer
    N = m_N
End Property
```

```
Public Property Let N(ByVal new_N As Integer)
    m_N = new_N
End Property
```

```
Public Property Get X() As Single
    X = m_X
End Property
```

```
Public Property Let X(ByVal new_X As Single)
    m_X = new_X
End Property
```

```

Public Property Get Y() As Single
    Y = m_Y
End Property

Public Property Let Y(ByVal new_Y As Single)
    m_Y = new_Y
End Property

Public Property Get nAnt() As Integer
    nAnt = m_nAnt
End Property

Public Property Let nAnt(ByVal new_nAnt As Integer)
    m_nAnt = new_nAnt
End Property

Public Property Get nT() As Boolean
    nT = m_nT
End Property

Public Property Let nT(ByVal new_nT As Boolean)
    On Error Resume Next
    m_nT = new_nT
    With m_frm.shpNodo(N)
        If new_nT Then
            .FillColor = Nodo_Terminal
            If N > 1 Then NodosTerminales.Add N
        Else
            .FillColor = Nodo_Habilitado
        End If
    End With
    Enabled = Not new_nT
End Property

Public Property Get Enabled() As Boolean
    Enabled = m_Enabled
End Property

Public Property Let Enabled(ByVal new_Enabled As Boolean)
    On Error Resume Next
    m_Enabled = new_Enabled
    With m_frm.shpNodo(N)
        If new_Enabled Then

```

```

        .FillColor = Nodo_Habilitado
    Else
        If Not nT Then .FillColor = Nodo_Inhabilitado
    End If
End With
End Property

```

```

Public Property Get S() As Single
    S = m_S
End Property

```

```

Public Property Let S(ByVal new_S As Single)
    On Error Resume Next
    m_S = new_S
    If new_S = 0 Then
        Unload m_frm.Line1S(N)
        Unload m_frm.Line2S(N)
        Unload m_frm.Line3S(N)
        Unload m_frm.lblS(N)
    Else
        Load m_frm.Line1S(N)
        Load m_frm.Line2S(N)
        Load m_frm.Line3S(N)
        Load m_frm.lblS(N)
        With m_frm.Line1S(N)
            .X1 = X
            .Y1 = Y
            .X2 = X + 495
            .Y2 = Y - 495
            .Visible = True
        End With
        With m_frm.Line2S(N)
            .X1 = X + 495
            .Y1 = Y - 495
            .X2 = X + 250
            .Y2 = Y - 380
            .Visible = True
        End With
        With m_frm.Line3S(N)
            .X1 = X + 495
            .Y1 = Y - 495
            .X2 = X + 380
            .Y2 = Y - 250
        End With
    End If
End Property

```

```

        .Visible = True
    End With
    With m_frm.lblS(N)
        .Left = X + 295
        .Top = Y - 495 - .Height / 2 - 100
        .Caption = " " & new_S & " KVA "
        .Visible = True
    End With
End If
End Property

Public Property Get Capacidad() As Single
    Capacidad = m_Capacidad
End Property

Public Property Let Capacidad(ByVal new_Capacidad As Single)
    On Error Resume Next
    m_Capacidad = new_Capacidad
    If new_Capacidad = 0 Then
        Unload m_frm.shpCond(N)
        Unload m_frm.lblCond(N)
    Else
        Load m_frm.shpCond(N)
        Load m_frm.lblCond(N)

        With m_frm.shpCond(N)
            .Left = X - .Width / 2
            .Top = Y - .Height / 2
            .Visible = True
            .ZOrder vbSendToBack
        End With
        With m_frm.lblCond(N)
            .Left = m_frm.shpCond(N).Left
            .Top = Y + m_frm.shpCond(N).Height / 2
            .Caption = " " & new_Capacidad & " KVAR "
            .Visible = True
        End With
    End If
End Property

Public Property Get LongLineaAnt() As Single
    LongLineaAnt = m_LongLineaAnt
End Property

```

```
Public Property Let LongLineaAnt(ByVal new_LongLineaAnt As Single)
    m_LongLineaAnt = new_LongLineaAnt
End Property
```

```
Public Property Get Conductor() As String
    Conductor = m_Conductor
End Property
```

```
Public Property Let Conductor(ByVal new_Conductor As String)
    m_Conductor = new_Conductor
    If new_Conductor <> "" Then Let_RyC (new_Conductor)
End Property
```

```
Private Sub Let_RyC(Nombre As String)
    Dim i As Integer
    i = 0
    Do While i <= vConductores(0).Resistencia
        If vConductores(i).Nombre = Nombre Then Exit Do Else i = i + 1
    Loop
    m_Rc = vConductores(i).Resistencia
    m_Xc = vConductores(i).Reactancia
End Sub
```

```
'Public Property Let Rc(ByVal new_Rc As Single)
'    m_Rc = new_Rc
'End Property
```

```
Public Property Get Rc() As Single
    Rc = m_Rc
End Property
```

```
'Public Property Let Xc(ByVal new_Xc As Single)
'    m_Xc = new_Xc
'End Property
```

```
Public Property Get Xc() As Single
    Xc = m_Xc
End Property
```

```
'Public Property Get Visible() As Boolean
'    Visible = m_Visible
'End Property
```

```

Public Property Let Visible(ByVal new_Visible As Boolean)
    'm_Visible = new_Visible
    m_frm.shpNodo(N).Visible = new_Visible
    m_frm.lblNodo(N).Visible = new_Visible
    m_frm.Line1(N).Visible = new_Visible
End Property

Private Sub Class_Initialize()
    Set m_frm = Forms.Item(0)
End Sub

'SeudoConstructor del Nodo
Public Sub Nodo(Numero_Nodo As Integer, new_X As Single, new_Y As Single, Optional
Nodo_Anterior As _
    Integer, Optional Nodo_Terminal As Boolean, Optional new_S As Single, Optional
Longitud_Linea _
    As Single, Optional new_Conductor As String, Optional new_Capacidad As Integer)
    N = Numero_Nodo
    X = new_X
    Y = new_Y
    AutoSize X, Y
    nAnt = Nodo_Anterior
    LongLineaAnt = Longitud_Linea
    Conductor = new_Conductor
    Capacidad = new_Capacidad
    ObjGraf
    nT = Nodo_Terminal 'Por defecto todos los nuevos Nodos no son Nodo Terminales y estan
habilitados
    S = new_S
End Sub

'Carga los elementos gráficos del Nodo(Shape, Line, Label,...)
Private Sub ObjGraf()
    Dim NodoAnterior As cNodo
    On Error Resume Next
    If N > 0 Then
        Load m_frm.lblNodo(N)
        Load m_frm.shpNodo(N)
        If N > 1 Then Load m_frm.Line1(N) 'Impide que al Nodo 1 se le asocie una línea de
Tramo
        With m_frm.lblNodo(N)
            .Left = X

```

```

        .Top = Y - .Height / 2 - .Height - 100
        .Caption = N
        .Visible = True
    End With
    With m_frm.shpNodo(N)
        .Left = X - .Width / 2
        .Top = Y - .Height / 2
        .Visible = True
        .ZOrder vbBringToFront
    End With
End If
If N <> 1 Then
    Set NodoAnterior = NodosCollection.Item(nAnt)
    With m_frm.Line1(N)
        .X1 = NodoAnterior.X
        .Y1 = NodoAnterior.Y
        .X2 = X
        .Y2 = Y
        .Visible = True
    End With
End If
End Sub

```