

52
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

"Desarrollo de una aplicación con lenguaje
Visual Basic 3.0 para el diseño eléctrico de
líneas de transmisión aéreas en régimen
permanente equilibrado"

T E S I S

Que para obtener el título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a n

LUIS RAUL GUZMAN DE LA VEGA

JUAN OLIVER THERAN NIÑO

ASESOR: ING. ALFONSO RODRIGUEZ CONTRERAS

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2606 89



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

AT'N: Q. María del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S.-C

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: trabajo de Tesis.

"Desarrollo de una aplicación con lenguaje Visual Basic 3.0 para el diseño eléctrico de líneas de transmisión aéreas en régimen permanente ecuilibrado".

que presenta el pasante: Luis Raúl Guzmán de la Vega,
con número de cuenta: 8931140-6 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 13 de Marzo de 199 8

PRESIDENTE	<u>Ing. Alfonso Rodríguez Contreras</u>	
VOCAL	<u>Ing. Aníbal Reyes Flores</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Esteban Corona Escamilla</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. María de la Jaz González Quijano</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Oscar Cervantes Torres</u>	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN
P R E S E N T E

AT'N: Ing. Jaime de Anda Montañez
Jefe del Departamento de Exámenes.
Profesionales de la F.E.S.-C

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Desarrollo de una aplicación con lenguaje Visual Basic 3.0 para el diseño -
eléctrico de líneas de transmisión aéreas en régimen permanente equilibrado".

que presenta el pasante: Therán Niño Juan Oliver
con número de cuenta: 8903167-6 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 18 de Marzo

de 1998

PRESIDENTE	<u>Ing. Alfonso Rodríguez Contreras</u>	
VOCAL	<u>Ing. Aquiles Reyes Flores</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Esteban Corona Escamilla</u>	<u>Elorosa E</u>
RIMER SUPLENTE	<u>Ing. María de la Luz González Quijano</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Oscar Cervantes Torres</u>	<u>Oscar Cervantes</u>

DEDICATORIAS

A nuestros padres que siempre nos apoyan en todo momento.

A nuestras familias que siempre estuvieron pendientes de nuestros logros.

A la memoria de nuestros familiares que ya no están con nosotros pero que viven en nuestras mentes y corazones.

A la Universidad Nacional Autónoma de México que nos dio la oportunidad de formarnos dentro de ella y en especial a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

A nuestros amigos que nos han brindado ayuda y consejo.

A esas personas especiales que le han dado un nuevo rumbo a nuestras vidas.

Luis Raúl y Juan Oliver

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. ECUACIONES, TABLAS Y RANGOS EMPLEADOS POR LA APLICACIÓN	3
1.1. Introducción	3
1.2. Clasificación de la línea	3
1.3. Cálculo de resistencia eléctrica	4
1.4. Cálculo de inductancia y reactancia inductiva	6
1.5. Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva	12
1.6. Cálculo de los extremos y análisis de la línea	16
2. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	25
2.1. Introducción	25
2.2. ¿Por qué Windows y por qué Visual Basic?	26
2.3. Como desarrollar una aplicación de Visual Basic	26
2.4. Características de Visual Basic 3	28
2.5. Bloques constitutivos de la aplicación, sus funciones y relaciones	28
2.6. Construcción de la aplicación	31
2.6.1. Creación de las interfases	31
2.6.2. Ajuste de propiedades	33
2.6.3. Código	38
2.6.3.1. Diagramas de flujo y códigos para la obtención de la Clasificación de la línea	40
2.6.3.2. Diagramas de flujo y códigos para el cálculo de parámetros eléctricos	48
2.6.3.3. Diagrama de flujo y código para el cálculo de los extremos de la línea	68
2.6.3.4. Depuración de la aplicación	88
2.6.3.5. Proceso de creación del disco maestro de distribución de la aplicación	89
3. GUÍA DEL USUARIO DE LA APLICACIÓN DELTA	90
3.1. Introducción	90
3.2. Instalación de la aplicación	90
3.3. Procedimientos para ejecutar la aplicación	91
3.4. Como manejar la aplicación	92
3.4.1. Menú de la aplicación Delta	93
3.4.2. Cálculo de resistencia eléctrica	94
3.4.3. Cálculo de inductancia y reactancia inductiva	100
3.4.4. Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva	107

3.4.5. Cálculo del extremo generador y análisis de la línea	116
3.4.6. Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea	121
3.4.7. Empleo de la aplicación en ejercicios completos	128
3.5. Ayuda de Delta	131
CONCLUSIONES	141
BIBLIOGRAFÍA	143

INTRODUCCIÓN

El diseño eléctrico básico completo de una línea de transmisión aérea en el régimen permanente equilibrado, se lleva a cabo realizando una serie de cálculos los cuales son expuestos en la asignatura Sistemas Eléctricos de Potencia I, que forma parte del plan de estudios de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista en su área Eléctrica Electrónica.

Si bien estos no presentan dificultades para su comprensión, el realizarlos consume una gran cantidad de tiempo debido a la extensión de los mismos y a las constantes revisiones que se está obligado a hacerles, ya que el más mínimo error en alguno de ellos es acarreado en los siguientes obteniéndose al final resultados engañosos ó fuera de la realidad.

Lo anterior trae como consecuencia que durante el curso no se puedan realizar varios ejemplos con distintas tipos de líneas en los cuales se pueda variar la longitud, el número de circuitos trifásicos, el número de conductores por fase, el conductor, la frecuencia, la distancia entre fases, la altura de soporte, la flecha, etcétera y, por lo tanto, no se pueda profundizar en el análisis de los resultados.

Ya que el problema es en esencia un procesamiento de información, la computadora se convierte en el medio indicado para hacerlo, pero al no disponerse del software necesario, éste tiene que desarrollarse, contemplándose aspectos tales como facilidad de programación, de implementación y de uso.

Esto último constituye el problema a abordar por la presente Tesis, la cual presenta a la aplicación denominada Delta, que tiene como objetivo el convertirse en la herramienta destinada a profesores y estudiantes de la asignatura antes mencionada, capaz de realizar los siguientes cálculos:

- Resistencia eléctrica
- Inductancia y reactancia inductiva
- Capacitancia y reactancia capacitiva
- Extremo generador y análisis de la línea
- Extremo receptor y análisis de la línea

En cada uno de ellos, se ofrece al usuario una serie de opciones, las cuales hacen que la aplicación cubra una amplia gama de situaciones.

Con lo que respecta a la información referente al desarrollo de la aplicación, la cual esta contenida en la presente Tesis, busca ser lo más concreta y representativa posible y se halla dispuesta en tres capítulos de los cuales, a continuación, se incluye una breve descripción.

El capítulo uno presenta las ecuaciones, tablas, rangos y clasificaciones para el diseño de líneas de transmisión aérea en régimen permanente equilibrado para efectos de seguimiento.

El capítulo dos proporciona información del lenguaje de programación empleado así como de la construcción de la aplicación (interfases, ajuste de propiedades y código).

El capítulo tres contiene la información necesaria para la instalación de la aplicación así como una serie de ejemplos para guiar al usuario en la operación de la misma.

CAPÍTULO 1

ECUACIONES, TABLAS Y RANGOS EMPLEADOS POR LA APLICACIÓN

1.1. Introducción

El diseño eléctrico básico de líneas de transmisión aéreas en el régimen permanente equilibrado, requiere la realización de los cálculos de resistencia eléctrica, inductancia y reactancia inductiva, capacitancia y reactancia capacitiva, extremo generador ó receptor.

Cada uno de estos implica el conocimiento de las situaciones y condiciones necesarias para la aplicación de las ecuaciones, tablas y rangos respectivos.

Ya que en el diseño de la aplicación se hace uso de catálogos de conductores y se contemplan los casos más típicos de disposición de fases, las ecuaciones, tablas y rangos mostrados en el presente capítulo han sido adecuados a estas condiciones llevando un orden similar al que impera en la aplicación, sin abordar aspectos tales como definiciones, demostraciones ó la forma en que se realizan las operaciones dejándose esto al lector y usuario.

En la sección correspondiente al cálculo de los extremos de la línea, se supondrá conocidos el voltaje al neutro y la corriente de uno de los extremos.

1. 2. Clasificación de la línea

Esta se basa en la longitud de la misma y mediante ella se determinan las ecuaciones, tablas y rangos a emplear según el cálculo de que se trate. A continuación se muestra una tabla con los rangos de longitud y su respectiva clasificación.

Tabla 1.1. Clasificación de las líneas	
Longitud en kilómetros	Clasificación de la línea
No más de 60	Corta
Entre 60 y 250	Mediana
Más de 250	Larga

Una condición dada por la clasificación de la línea son los cables a emplear. En líneas cortas se emplean los de cobre temple duro, de aluminio tipo AAC y algunas veces los de aluminio tipo ACSR. En líneas medianas ó largas únicamente se emplean los de aluminio tipo ACSR.

1. 3. Cálculo de resistencia eléctrica

El cálculo de resistencia eléctrica al paso de la corriente directa puede realizarse aplicando o no una corrección por temperatura a los valores de resistencia proporcionados por el fabricante para los cables de cobre temple duro, de aluminio tipo AAC y ACSR.

Cálculo de resistencia eléctrica aplicando corrección por temperatura.

Si el conductor es de cobre temple duro o de aluminio tipo AAC, los valores de resistencia tomando en cuenta la temperatura se obtienen de las siguientes ecuaciones:

$$r_2 = r_1 [1 + \alpha (t - 20)] \quad \text{ohms/kilómetro de conductor}$$
$$r = r_2 / n \quad \text{ohms/kilómetro de fase}$$
$$R = r \times \text{Long} \quad \text{ohms/fase}$$

donde:

r_2 = resistencia del conductor seleccionado a la temperatura t .

r_1 = resistencia del conductor seleccionado a la temperatura de 20 grados centígrados.

α = coeficiente de corrección por temperatura cuyo valor para el cobre duro estirado en frío es (1/261.5) y para el aluminio duro estirado es (1/248.1).

t = temperatura a la que se corrige el valor de resistencia del conductor seleccionado en grados centígrados.

n = número de conductores por fase.

Long = longitud de la línea en kilómetros.

Si el conductor es de aluminio tipo ACSR, se sigue el siguiente procedimiento:

Ya que no se dispone de los valores de resistencia de los alambres de aluminio y de acero del conductor, estos deben calcularse.

Resistencia eléctrica de la parte de aluminio

$$r_{AL1} = \rho_{AL} (\text{Long} \times 1000 \times 1.03 / A_{AL}) \quad \text{ohms/kilómetro}$$

$$r_{AL2} = r_{AL1} [1 + \alpha (t - 20)] \quad \text{ohms/kilómetro}$$

donde:

r_{AL1} = resistencia de la parte de aluminio del conductor seleccionado a la temperatura de 20°C.

ρ_{AL} = resistividad volumétrica del aluminio duro, estirado, a 20 grados centígrados cuyo valor es 0.02828 ohms/metro/milímetro cuadrado.

A_{AL} = área de la sección de aluminio en milímetros cuadrados.

r_{AL2} = resistencia de la parte de aluminio del conductor seleccionado a la temperatura t .

α = coeficiente de corrección por temperatura para el aluminio duro estirado cuyo valor es 1/248.1.

Nota. En la primera ecuación, para tomar en cuenta el aumento de la longitud de los hilos por el trenzado en conductores huecos (como es el caso de la parte de aluminio), se aumenta al valor de resistencia calculado de tres a cinco por ciento. En la aplicación, se toma en cuenta un tres por ciento por lo que se multiplica por 1.03.

Resistencia eléctrica de la parte de acero.

$$r_{AC1} = \rho_{AC} (\text{Long} \times 1000 \times 1.02 / A_{AC}) \quad \text{ohms/kilómetro}$$

$$r_{AC2} = r_1 [1 + \alpha (t - 20)] \quad \text{ohms/kilómetro}$$

donde:

r_{AC1} = resistencia de la parte de acero del conductor seleccionado a la temperatura de 20°C.

ρ_{AC} = resistividad volumétrica del acero a 20 grados centígrados cuyo valor es 0.15 ohms/metro/milímetro cuadrado.

A_{AC} = área de la sección de acero en milímetros cuadrados.

r_{AC2} = resistencia de la parte de acero del conductor seleccionado a la temperatura t .

α = coeficiente de corrección por temperatura para cables de acero cuyo valor es 1/228.5.

Nota. En la primera ecuación, para tomar en cuenta el aumento de la longitud de los hilos por el trenzado en conductores cilíndricos (como es el caso de la parte de acero), se aumenta al valor de resistencia eléctrica calculado dos por ciento, es decir, se multiplica por 1.02.

Finalmente, para obtener los resultados deseados, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$r_2 = (r_{AL2} \times r_{AC2}) / (r_{AL2} + r_{AC2}) \quad \text{ohms/kilómetro de conductor}$$
$$r = r_2 / n \quad \text{ohms/kilómetro de fase}$$
$$R = r \times \text{Long} \quad \text{ohms/fase}$$

Cálculo de resistencia eléctrica sin aplicar corrección por temperatura

Se emplean las siguientes ecuaciones no importando el tipo de conductor seleccionado:

$$r_1 = \text{valor de resistencia del conductor seleccionado} \quad \text{ohms/kilómetro de conductor}$$
$$r = r_1 / n \quad \text{ohms/kilómetro de fase}$$
$$R = r \times \text{Long} \quad \text{ohms/fase}$$

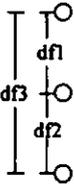
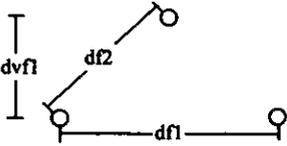
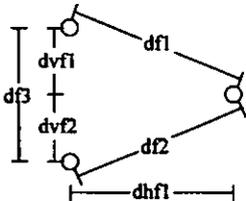
En este caso, la resistencia eléctrica al paso de la corriente directa por kilómetro de conductor es tomada directamente del catálogo, por lo que únicamente se calcula la resistencia por kilómetro de fase y por fase de la misma manera que en el caso anterior.

1. 4. Cálculo de inductancia y reactancia inductiva

Para llevarlo a cabo, se deben de realizar los siguientes cálculos.

Distancia media geométrica (DMG)

La ecuación ó ecuaciones a emplear dependen del número de circuitos trifásicos, de la disposición de fases y de las distancias proporcionadas tal y como se aprecia en las tablas.

Tabla 1.2. Distancia media geométrica de distintos circuitos trifásicos	
Disposición de fases	Ecuaciones (unidades: metros)
 <p>Horizontal</p>	$DMG = 2^{1/3} \times df1$ <i>Nota. Se considera a las fases equidistantes</i>
 <p>Vertical</p>	$df3 = df1 + df2$ $DMG = (df1 \times df2 \times df3)^{1/3}$
 <p>Triangular 1</p>	$df2 = ((df1 / 2)^2 + dvf1^2)^{1/2}$ $DMG = (df1 \times df2^2)^{1/3}$
 <p>Triangular 2</p>	$df1 = (dhf1^2 + dvf1^2)^{1/2}$ $df2 = (dhf1^2 + dvf2^2)^{1/2}$ $df3 = dvf1 + dvf2$ $DMG = (df1 \times df2 \times df3)^{1/3}$
Para cualquier circuito trifásico.	$DMG = (dab \times dbc \times dac)^{1/3}$

donde:

df1, df2, df3 = distancia entre fases 1, 2, 3, en metros.

dvf1, dvf2 = distancia vertical entre fases 1, 2, en metros.

dhf1 = distancia horizontal entre fases 1 en metros.

dab, dbc, dac = distancia entre fases a y b, b y c, a y c, en metros.

Tabla 1.3. Distancia media geométrica de distintos circuitos trifásicos en paralelo	
Disposición de fases	Ecuaciones (unidades: metros)
<p style="text-align: center;">Rectangular</p>	
<p style="text-align: center;">Trapezoidal</p>	$DMG_{ab} = (dab \times dab' \times da'b \times da'b')^{1/4}$ $DMG_{bc} = (dbc \times dbc' \times db'c \times db'c')^{1/4}$ $DMG_{ac} = (dac \times dac' \times da'c \times da'c')^{1/4}$ $DMG = (DMG_{ab} \times DMG_{bc} \times DMG_{ac})^{1/3}$
<p style="text-align: center;">Hexagonal</p>	
Para cualquier par de circuitos trifásicos	

donde:

$dab, dab', da'b, da'b'$ = distancia entre fases a y b, a y b', a' y b, a' y b', en metros.

$dbc, dbc', db'c, db'c'$ = distancia entre fases b y c, b y c', b' y c, b' y c', en metros.

$dac, dac', da'c, da'c'$ = distancia entre fases a y c, a y c', a' y c, a' y c', en metros.

$DMG_{ab}, DMG_{bc}, DMG_{ac}$ = distancia media geométrica entre fases a y b, b y c, a y c.

Nota. Los lugares que ocupan las fases en los circuitos de la tabla 1.3 solo son ilustrativas. Debido a la gran cantidad de ecuaciones utilizadas para calcular las distancias entre fases en cada una de las disposiciones mostradas, únicamente se muestran las necesarias para el cálculo de la distancia media geométrica.

Radio medio geométrico (RMG)

Primeramente se calcula el radio del conductor seleccionado (r_{COND}).

$$r_{COND} = D_{COND} / 2 \quad \text{milímetros}$$

donde:

D_{COND} = diámetro del conductor en milímetros.

Luego, se calcula el radio medio geométrico del conductor (rmg) con la siguiente tabla:

Tabla 1.4. Radio medio geométrico de diversos conductores	
Cable de un solo material	Ecuación (unidades: milímetros)
7 hilos	$rmg = 0.726 \times r_{COND}$
19 hilos	$rmg = 0.758 \times r_{COND}$
37 hilos	$rmg = 0.768 \times r_{COND}$
61 hilos	$rmg = 0.772 \times r_{COND}$
Cable de aluminio con alma de acero (ACSR)	Ecuación (unidades: milímetros)
1 capa	$rmg = 0.550 \times r_{COND}$
26 hilos (2 capas)	$rmg = 0.809 \times r_{COND}$
30 hilos (2 capas)	$rmg = 0.826 \times r_{COND}$
54 hilos (3 capas)	$rmg = 0.810 \times r_{COND}$

Nota. La presente tabla únicamente muestra los valores utilizados en la aplicación.

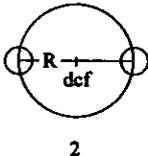
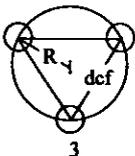
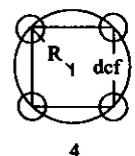
Ya que el RMG será dado en metros, al rmg se le debe aplicar una conversión de la siguiente manera:

$$r_{mgm} = r_{mg} / 1000 \text{ metros}$$

donde:

r_{mgm} = radio medio geométrico del conductor en metros.

En la práctica, los conductores se agrupan en la misma forma en cada fase, disponiéndose en forma simétrica sobre un círculo de radio R de manera que las distancias entre los conductores son iguales. En la tabla se muestran la ecuación para obtener R (que de aquí en adelante llamaremos radio del conductor equivalente) según el número de conductores por fase.

Número de conductores por fase (n)	Ecuación (unidades: metros)
	<p>-----</p>
	$R = dcf / 2$
	$R = dcf / 3^{1/2}$
	$R = dcf / 2^{1/2}$

donde:

dcf = distancia entre conductores de fase en metros.

La ecuación ó ecuaciones para calcular el radio medio geométrico del arreglo dependen del número de circuitos trifásicos quedando de la siguiente manera:

Tabla 1.6. Radio medio geométrico para uno o dos circuitos trifásicos	
Número de circuitos trifásicos	Ecuaciones (unidades: metros)
1	$RMG = (n \times rmgm \times R^{n-1})^{1/n}$
2	$Rmgcondeq = (n \times rmgm \times R^{n-1})^{1/n}$ $RMGa = (Rmgcondeq \times daap)^{1/2}$ $RMGb = (Rmgcondeq \times dbbp)^{1/2}$ $RMGc = (Rmgcondeq \times dccp)^{1/2}$ $RMG = (RMGa \times RMGb \times RMGc)^{1/3}$

donde:

$Rmgcondeq$ = Radio medio geométrico del conductor equivalente.

$RMGa$, $RMGb$, $RMGc$ = Radio medio geométrico de la fase a, b y c.

daa' , dbb' , dcc' = distancia entre fases "a" y "a prima", "b" y "b prima", "c" y "c prima", en metros.

Finalmente, la reactancia inductiva por kilómetro de fase, la inductancia por kilómetro de fase y las reactancias por fase y por conductor se obtienen de las siguientes ecuaciones:

$$jx_L = 0.00289 \times f \times \log_{10} (DMG/RMG) \quad \text{ohms/kilómetro de fase}$$

$$L = x_L / (2\pi f) \quad \text{henrys/kilómetro de fase}$$

$$jX_L = jx_L \times \text{Long} \quad \text{ohms/fase}$$

$$jX_L / \text{conductor} = n \times X_L \quad \text{ohms/conductor}$$

donde:

f = frecuencia del sistema en ciclos por segundo.

$$\pi = 3.141592654$$

En el caso de dos circuitos trifásicos, la reactancia inductiva por conductor se obtiene así:

$$jX_L / \text{conductor} = 2 \times n \times X_L \quad \text{ohms/conductor}$$

1. 5. Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva

Para llevarlo a cabo, se deben de realizar los siguientes cálculos.

Distancia media geométrica (DMG)

Se calcula de la misma manera que para la inductancia y la reactancia inductiva.

Radio medio geométrico (RMG_C)

Primeramente se calcula el radio del conductor (r_{COND}).

$$r_{COND} = D_{COND} / 2000 \text{ metros}$$

donde:

D_{COND} = diámetro del conductor en milímetros.

El radio del conductor equivalente se calcula de la misma manera que para la inductancia y la reactancia inductiva.

La ecuación ó ecuaciones para calcular el radio medio geométrico del arreglo dependen del número de circuitos trifásicos quedando de la siguiente manera:

Tabla 1.7. Radio medio geométrico capacitivo para uno o dos circuitos trifásicos	
Número de circuitos trifásicos	Ecuaciones (unidades: metros)
1	$RMG_C = (n \times r_{COND} \times R^{n-1})^{1/n}$
2	$R_{condeq} = (n \times r_{COND} \times R^{n-1})^{1/n}$ $RMG_{aC} = (R_{condeq} \times daap)^{1/2}$ $RMG_{bC} = (R_{condeq} \times dbbp)^{1/2}$ $RMG_{cC} = (R_{condeq} \times dccp)^{1/2}$ $RMG_C = (RMG_{aC} \times RMG_{bC} \times RMG_{cC})^{1/3}$

donde:

Rcondeq = Radio medio geométrico capacitivo del conductor equivalente.

RMGa_c, RMGb_c, RMGc_c = Radio medio geométrico capacitivo de la fase "a", "b" y "c".

daa', dbb', dcc' = distancia entre fases "a" y "a prima", "b" y "b prima", "c" y "c prima", en metros.

En líneas de transmisión cortas y de tensiones relativamente bajas, la capacitancia y, por consiguiente, la reactancia capacitiva se consideran despreciables no así en líneas de transmisión medianas y largas de tensiones altas.

Considerar únicamente la capacitancia entre conductores, sin tomar en cuenta la capacitancia entre estos y tierra, da resultados suficientemente aproximados cuando la distancia entre conductores es bastante menor que la distancia entre estos y tierra, lo que ocurre en líneas de transmisión de voltaje del orden de 220 kilovolts ó menos.

Finalmente, para calcular las reactancias capacitivas y la capacitancia al neutro sin tomar en cuenta el efecto de la tierra, se emplean las siguientes ecuaciones:

$-jx_c = (6.596/f) \log_{10}(DMG/RMG_c)$	megaohms kilómetro/fase
$C_n = 1 / (2\pi f x_c)$	milifarads/kilómetro de fase
$-jX_c = -jx_c / \text{Long}$	ohms/fase
$X_c / \text{conductor} = n \times X_c$	ohms/conductor

En el caso de dos circuitos trifásicos, la reactancia capacitiva por conductor se obtiene de la siguiente ecuación:

$$jX_c / \text{conductor} = 2 \times n \times X_c \quad \text{ohms/conductor}$$

En líneas de voltajes muy altos (345 kilovolts en adelante) la distancia entre fases es ya del mismo orden que la distancia a tierra de los conductores más bajos y, por lo tanto, no puede despreciarse el efecto de la tierra sobre la capacitancia y la reactancia capacitiva.

Para calcular la magnitud del efecto de la tierra sobre la capacitancia al neutro y la reactancia capacitiva de la línea, se debe calcular además altura media geométrica del arreglo.

Altura media geométrica (HMG)

La ecuación ó ecuaciones para calcularla dependen del tipo de arreglo de que se trate así como del número de conductores por fase que tenga quedando de la siguiente manera:

Tabla 1.8. Altura media geométrica de distintos circuitos trifásicos		
Disposición de fases	Conductores por fase	Ecuaciones (unidades: metros)
Horizontal	1 ó 2	$HMG = h_s - 0.7 \times F$
	3	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $HMG = (h_1 \times h_2)^{1/2}$
	4	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dcf$ $HMG = (h_1 \times h_2)^{1/2}$
Vertical	1 ó 2	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + df2$ $h_3 = h_2 + df1$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3)^{1/3}$
	3	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_3 = h_2 + df2 - dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_4 = h_3 + dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_5 = h_4 + df1 - dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_6 = h_5 + dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3 \times h_4 \times h_5 \times h_6)^{1/6}$
	4	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dcf$ $h_3 = h_2 + df2 - dcf$ $h_4 = h_3 + dcf$ $h_5 = h_4 + df1 - dcf$ $h_6 = h_5 + dcf$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3 \times h_4 \times h_5 \times h_6)^{1/6}$

Tabla 1.8. Altura media geométrica de distintos circuitos trifásicos (continuación)		
Disposición de fases	Conductores por fase	Ecuaciones (unidades: metros)
Triangular 1	1 ó 2	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dvf1$ $HMG = (h_1 \times h_2)^{1/2}$
	3	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_3 = h_2 + dvf1 - dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_4 = h_3 + dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3 \times h_4)^{1/4}$
	4	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dcf$ $h_3 = h_2 + dvf1 - dcf$ $h_4 = h_3 + dcf$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3 \times h_4)^{1/4}$
Triangular 2	1 ó 2	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dvf2$ $h_3 = h_2 + dvf1$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3)^{1/3}$
	3	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_3 = h_2 + dvf2 - dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_4 = h_3 + dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_5 = h_4 + dvf1 - dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $h_6 = h_5 + dcf \times \text{sen } 60^\circ$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3 \times h_4 \times h_5 \times h_6)^{1/6}$
	4	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dcf$ $h_3 = h_2 + dvf2 - dcf$ $h_4 = h_3 + dcf$ $h_5 = h_4 + dvf1 - dcf$ $h_6 = h_5 + dcf$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3 \times h_4 \times h_5 \times h_6)^{1/6}$

Tabla 1.9. Altura media geométrica de distintos circuitos trifásicos en paralelo		
Disposición de fases	Conductores por fase	Ecuaciones
Rectangular	1 ó 2	$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + df3$ $h_3 = h_2 + df2$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3)^{1/3}$
Trapezoidal y Hexagonal		$h_1 = h_s - 0.7 \times F$ $h_2 = h_1 + dvf2$ $h_3 = h_2 + dvf1$ $HMG = (h_1 \times h_2 \times h_3)^{1/3}$

donde:

$h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6$ = alturas medias geométricas en las que se encuentran los conductores, de la 1a a la 6.

h_s = altura de soporte en metros.

F = flecha de los conductores en metros.

Finalmente, la reactancia capacitiva en megaohms kilómetro de fase se obtiene con la siguiente ecuación:

$$-jx_c = (6.596 / f) \times \log_{10}((DMG / RMG_c) \times ((2 HMG)/(4 \times HMG^2 + DMG^2)^{1/2}))$$

La capacitancia y las reactancias capacitivas por fase y por conductor se calculan como en el caso anterior.

1.6. Cálculo de los extremos y análisis de la línea

El cálculo del extremo generador ó receptor inicia con la obtención de las impedancias correspondientes según el tipo de línea de que se trate, por lo cual a continuación se presentan las ecuaciones necesarias.

Resistencia eléctrica	$R = r \times \text{Long}$	ohms/fase
Reactancia inductiva	$jX_L = jx_L \times \text{Long}$	ohms/fase
Impedancia serie	$Z = R + jX_L$	ohms/fase
Reactancia capacitiva	$-jX_C = -jx_C / \text{Long}$	ohms/fase
Admitancia en paralelo	$Y = 1 / -jX_C$	mhos/kilómetro de fase
Admitancia en paralelo	$jY = 1 / -jX_C$	mhos/fase

donde:

r = resistencia eléctrica en ohms/kilómetro de fase

jx_L = reactancia inductiva en ohms/kilómetro de fase.

$-jx_C$ = reactancia capacitiva en ohms kilómetro/fase.

Long = longitud de la línea en kilómetros.

Líneas cortas

En líneas cortas (de voltajes no mayores de 40 kilovolts, aproximadamente) la capacitancia de la línea puede generalmente despreciarse y entonces cada fase de la línea puede representarse por una impedancia en serie. El circuito monofásico equivalente de una línea corta se muestra en la figura 1.1.

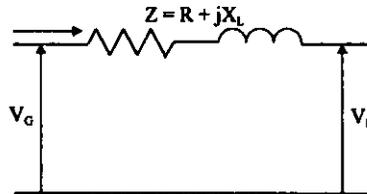


Figura 1.1. Circuito monofásico equivalente de una línea corta.

Conocidos el voltaje al neutro en el extremo receptor V_R y la corriente I , puede calcularse el voltaje al neutro V_G en el extremo generador mediante el circuito de la línea corta de la siguiente forma:

$$V_G = V_R + I Z \quad \text{volts}$$

Conocidos el voltaje al neutro en el extremo generador V_G y la corriente I , puede calcularse el voltaje al neutro V_R en el extremo receptor mediante el circuito de la línea corta de la siguiente forma:

$$V_R = V_G - I Z \quad \text{volts}$$

Debe recordarse que en líneas cortas la corriente del extremo generador es igual a la del extremo receptor, por lo que la regulación de voltaje se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Reg. } V = ((V_G - V_R) / V_R) \times 100 \quad \text{Por ciento}$$

Líneas medianas

En líneas medianas (con voltajes comprendidos entre 40 y 220 kilovolts, aproximadamente) no se puede, en general, despreciar la capacitancia al neutro de los conductores sin cometer un error excesivo, pero se tiene una buena aproximación si se representa la línea mediante un circuito equivalente monofásico, en el que la capacitancia al neutro de una fase se considere concentrada en uno o dos puntos.

Circuito equivalente Π

Si se considera la mitad de la capacitancia concentrada en cada extremo de la línea, el circuito equivalente queda como se indica en la figura 1.2. Este circuito se llama circuito equivalente Π .

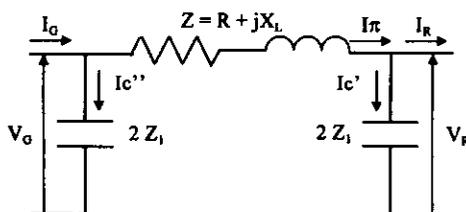


Figura 1.2. Circuito equivalente Π de una línea de transmisión mediana.

La impedancia capacitiva se obtiene con la siguiente ecuación:

$$2Z_1 = -j2X_c \quad \text{ohms/fase}$$

Conocidos el voltaje al neutro V_R y la corriente I_R en el extremo receptor, pueden calcularse el voltaje al neutro V_G y la corriente I_G en el extremo generador mediante el circuito equivalente Π en la siguiente forma:

Corriente en el condensador del extremo receptor	$I'_c = V_R / 2Z_1$	amperes
Corriente que circula por la impedancia serie	$I_\pi = I_R + I'_c$	amperes
Caída de voltaje en la impedancia serie	$V_Z = I_\pi \times Z$	volts
Voltaje en el extremo generador	$V_G = V_R + V_Z$	volts
Corriente en el condensador del extremo generador	$I''_c = V_G / 2Z_1$	amperes
Corriente en el extremo generador	$I_G = I_\pi + I''_c$	amperes

Conocidos el voltaje al neutro V_G y la corriente I_G en el extremo generador, pueden calcularse el voltaje al neutro V_R y la corriente I_R en el extremo receptor mediante el circuito equivalente II en la siguiente forma:

Corriente en el condensador del extremo generador	$I''c = V_G / 2Z_1$	amperes
Corriente que circula por la impedancia serie	$I\pi = I_G - I''c$	amperes
Caída de voltaje en la impedancia serie	$Vz = I\pi \times Z$	volts
Voltaje en el extremo receptor	$V_R = V_G - Vz$	volts
Corriente en el condensador del extremo receptor	$I'c = V_R / 2Z_1$	amperes
Corriente en el extremo receptor	$I_R = I\pi - I'c$	amperes

La regulación de tensión se obtiene de la siguiente manera:

Corriente en vacío	$I_0 = V_G / (Z + 2Z_1)$	amperes
Voltaje en vacío	$V_{0R} = I_0 \times 2Z_1$	volts
Regulación de voltaje	$\text{Reg. } V = ((V_{0R} - V_R) / V_R) \times 100$	por ciento

Circuito equivalente T

Si se considera toda la capacitancia al neutro concentrada en el centro de la línea, el circuito queda como se indica en la figura 1.3 y se llama circuito equivalente T.

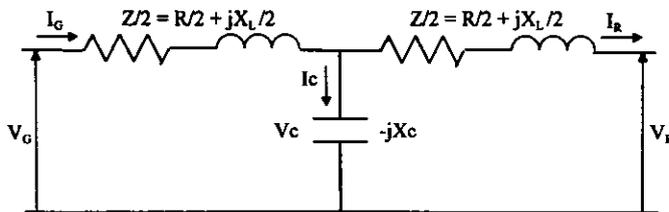


Figura 1.3. Circuito equivalente T de una línea de transmisión mediana.

La mitad de la impedancia serie se calcula con la siguiente ecuación:

$$(Z/2) = (R/2) + j(X_l/2) \quad \text{ohms/fase}$$

Conocidos el voltaje al neutro V_R y la corriente I_R en el extremo receptor, pueden calcularse el voltaje al neutro V_G y la corriente I_G en el extremo generador mediante el circuito equivalente T en la siguiente forma:

Caída de voltaje en la impedancia del extremo receptor	$V_{ZR} = I_R \times (Z/2)$	volts
Voltaje en el condensador	$V_C = V_R + V_{ZR}$	volts
Corriente que toma el condensador	$I_C = V_C / (-jX_C)$	amperes
Corriente en el extremo generador	$I_G = I_R + I_C$	amperes
Caída de voltaje en la impedancia del extremo generador	$V_{ZG} = I_G \times (Z/2)$	volts
Voltaje en el extremo generador	$V_G = V_C + V_{ZG}$	volts

Conocidos el voltaje al neutro V_G y la corriente I_G en el extremo generador, pueden calcularse el voltaje al neutro V_R y la corriente I_R en el extremo receptor mediante el circuito equivalente Π en la siguiente forma:

Caída de voltaje en la impedancia del extremo generador	$V_{ZG} = I_G \times (Z/2)$	volts
Voltaje en el condensador	$V_C = V_G - V_{ZG}$	volts
Corriente que toma el condensador	$I_C = V_C / (-jX_C)$	amperes
Corriente en el extremo receptor	$I_R = I_G - I_C$	amperes
Caída de voltaje en la impedancia del extremo receptor	$V_{ZR} = I_R \times (Z/2)$	volts
Voltaje en el extremo receptor	$V_R = V_C - V_{ZR}$	volts

La regulación de voltaje se obtiene de la siguiente manera:

Corriente en vacío	$I_0 = V_G / ((Z/2) - jX_C)$	amperes
Voltaje en vacío	$V_{O_R} = I_0 \times X_C$	volts
Regulación de voltaje	$\text{Reg. } V = ((V_{O_R} - V_R) / V_R) \times 100$	por ciento

Líneas largas

Las líneas largas (de voltajes de más de 220 kilovolts) pueden ser calculadas considerando sus parámetros distribuidos ó concentrados.

Líneas largas considerando sus parámetros distribuidos

La siguiente figura describe esquemáticamente a la línea en este tipo de parámetros.

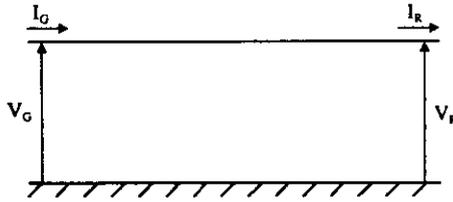


Figura 1.4. Representación de líneas largas considerando sus parámetros distribuidos.

La impedancia característica de la línea y la constante de propagación de la onda se calculan con las siguientes ecuaciones:

Impedancia característica de la línea	$Z_c = (z / y)^{1/2}$	Ohms
Constante de propagación de la onda	$\gamma = (z y)^{1/2}$	
Constante generalizada A	$A = \cos h (\gamma \text{ Long})$	adimensional
Constante generalizada B	$B = Z_c \text{ sen } h (\gamma \text{ Long})$	ohms/fase
Constante generalizada C	$C = (\text{sen } h (\gamma \text{ Long})) / Z_c$	mhos/fase
Constante generalizada D	$D = \cos h (\gamma \text{ Long})$	adimensional

Nota. La parte real de γ se llama constante de amortiguación α y se mide en neper por unidad de longitud. El coeficiente de la parte compleja de γ se llama constante de fase β y se mide en radianes por unidad de longitud.

Conocidos el voltaje al neutro V_R y la corriente I_R en el extremo receptor, pueden calcularse el voltaje al neutro V_G y la corriente I_G en el extremo generador de la siguiente forma:

$$V_G = V_R A + I_R B \quad \text{volts}$$

$$I_G = V_R C + I_R D \quad \text{amperes}$$

Las funciones hiperbólicas que se involucran en estas ecuaciones encuentran solución a través de las siguientes equivalencias:

$$\cos h (\gamma \text{ Long}) = \cos h (\alpha \text{ Long} + j\beta \text{ Long}) = \cos h (\alpha \text{ Long}) \cos (\beta \text{ Long}) + j \text{ sen } h (\alpha \text{ Long}) \text{ sen } (\beta \text{ Long})$$

$$\text{sen } h (\gamma \text{ Long}) = \text{sen } h (\alpha \text{ Long} + j\beta \text{ Long}) = \text{sen } h (\alpha \text{ Long}) \cos (\beta \text{ Long}) + j \cos h (\alpha \text{ Long}) \text{ sen } (\beta \text{ Long})$$

donde:

$$\cos h (\alpha \text{ Long}) = (\text{Exp} (\alpha \text{ Long}) + \text{Exp} (-\alpha \text{ Long})) / 2$$

$$\text{sen h} (\alpha \text{ Long}) = (\text{Exp} (\alpha \text{ Long}) - \text{Exp} (-\alpha \text{ Long})) / 2$$

Conocidos el voltaje al neutro V_G y la corriente I_G en el extremo receptor, pueden calcularse el voltaje al neutro V_R y la corriente I_R en el extremo generador de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} V_R &= V_G A - I_G B && \text{volts} \\ I_R &= -V_G C + I_G D && \text{amperes} \end{aligned}$$

La regulación de voltaje se obtiene de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Voltaje en vacío} & \quad V_{0R} = V_G / A && \text{volts} \\ \text{Regulación de voltaje} & \quad \text{Reg. V} = ((V_{0R} - V_R) / V_R) \times 100 && \text{porcentaje} \end{aligned}$$

Cálculo de líneas largas considerando sus parámetros concentrados

El siguiente circuito eléctrico representa al equivalente π mostrando dos admitancias equivalentes en paralelo:

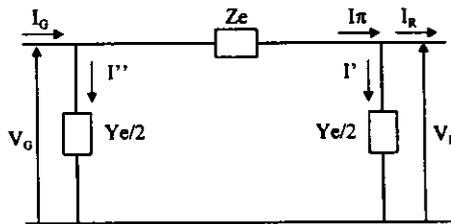


Figura 1.6. Circuito equivalente π de una línea larga considerando los parámetros concentrados.

El cálculo de la impedancia equivalente y de la admitancia equivalente en paralelo para la línea larga se hace con las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Impedancia serie equivalente} & \quad Z_e = Z \times (1 + (ZY/6)) && \text{ohms/fase} \\ \text{Admitancia equivalente} & \quad (Y_e/2) = (Y/2) \times (1 - (ZY/12)) && \text{mhos/fase} \end{aligned}$$

Conocidos el voltaje al neutro V_R y la corriente I_R en el extremo receptor, pueden calcularse el voltaje al neutro V_G y la corriente I_G en el extremo generador de la siguiente forma:

Corriente en la admitancia equivalente del extremo receptor	$I' = V_R \times (Ye/2)$	amperes
Corriente que circula por la impedancia equivalente serie	$I\pi = I_R + I'$	amperes
Caída de voltaje en la impedancia equivalente serie	$Vze = I\pi \times Ze$	volts
Voltaje en el extremo generador	$V_G = V_R + Vze$	volts
Corriente en la admitancia equivalente del extremo generador	$I'' = V_G / 2Z_1$	amperes
Corriente en el extremo generador	$I_G = I\pi + I''$	amperes

Conocidos el voltaje al neutro V_G y la corriente I_G en el extremo generador, pueden calcularse el voltaje al neutro V_R y la corriente I_R en el extremo receptor mediante el circuito equivalente II en la siguiente forma:

Corriente en la admitancia equivalente del extremo generador	$I'' = V_G \times (Ye/2)$	amperes
Corriente que circula por la impedancia serie	$I\pi = I_G - I''$	amperes
Caída de voltaje en la impedancia equivalente serie	$Vze = I\pi \times Ze$	volts
Voltaje en el extremo receptor	$V_R = V_G - Vze$	volts
Corriente en la admitancia equivalente del extremo receptor	$I' = V_R \times (Ye/2)$	amperes
Corriente en el extremo receptor	$I_R = I\pi - I''$	amperes

La regulación de voltaje se obtiene de la siguiente manera:

Corriente en vacío	$I_0 = V_G / (Ze + (2/Ye))$	amperes
Voltaje en vacío	$V_{0R} = I_0 \times (2/Ye)$	volts
Regulación de voltaje	$Reg. V = ((V_{0R} - V_R) / V_R) \times 100$	por ciento

Cálculo de las potencias trifásicas aparente, real, reactiva y factor de potencia

Una vez calculados los valores V_G e I_G ó de V_R e I_R es posible determinar las magnitudes de las potencias trifásicas aparente, real y reactiva aplicando las siguientes ecuaciones según sea el caso:

Para el extremo generador.

Potencia trifásica aparente del extremo generador $S_{3\phi G} = 3 \times V_G \times I_G^*$ voltamperes

La parte real de $S_{3\phi G}$ es la potencia trifásica real $P_{3\phi G}$ la cual se mide en watts y el coeficiente de la parte imaginaria es la potencia trifásica reactiva $Q_{3\phi G}$ que se mide en voltamperes reactivos. El coseno de la magnitud del ángulo de $S_{3\phi G}$ es el factor de potencia del extremo generador fp_G .

Para el extremo receptor.

Potencia trifásica aparente del extremo receptor $S_{3\phi R} = 3 \times V_R \times I_R^*$ voltamperes

La parte real de $S_{3\phi R}$ es la potencia trifásica real $P_{3\phi R}$ la cual se mide en watts y el coeficiente de la parte imaginaria es la potencia trifásica reactiva $Q_{3\phi R}$ que se mide en voltamperes reactivos. El coseno de la magnitud del ángulo de $S_{3\phi R}$ es el factor de potencia del extremo generador fp_G .

Nota. El asterisco () indica que el ángulo de la corriente es el conjugado. El signo de la potencia trifásica reactiva indica si el factor de potencia es atrasado (+) ó adelantado (-).*

Análisis de la línea

Para realizarlo, se requiere de las siguientes ecuaciones:

Pérdida de potencia real trifásica	$p_{3\phi} = P_{3\phi G} - P_{3\phi R}$	watts
Pérdida de potencia reactiva trifásica	$q_{3\phi} = Q_{3\phi G} - Q_{3\phi R}$	voltamperes reactivos
Eficiencia	$\eta = P_{3\phi R} / P_{3\phi G}$	adimensional

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

2.1. Introducción

En el caso del desarrollo de una aplicación para computadora, la selección del lenguaje es sumamente importante ya que este debe ser el óptimo, por lo que se debe tomar en cuenta aspectos tales como que tanto de los recursos del lenguaje serán utilizados, la facilidad para programar en el mismo, la calidad de presentación del producto final, con que equipo y software cuenta el usuario al que será destinado y que tan fácil le resulte a este operarlo.

Ya que la aplicación es desarrollada en el ambiente de diseño Visual Basic 3.0, cuya selección y características son también tratadas en el presente capítulo, es necesario familiarizarse con su terminología (proyecto, forma, control, módulo, etc.), herramientas y con la manera como trabaja debido al singular enfoque de programación orientado a los eventos de su software para programar aplicaciones.

Visual Basic utiliza la metáfora del “evento” para describir su paradigma de programación. Siempre se utilizará este enfoque orientado a los eventos cuando se cree una aplicación. Orientado a eventos significa que todos los controles que se dibuje en una forma especifican como se comportará la interfaz. En otras palabras, los controles de Visual Basic esperan que sucedan eventos particulares antes de que respondan. Se escribe el código para cada control a fin de que algo suceda cuando los usuarios interactúan con la forma.

Sin embargo, se necesita comprender que el código no está almacenado en un lugar único donde se puede abrirlo, observarlo, cambiarlo o imprimirlo. La utilización de Visual Basic es diferente del enfoque lineal de escribir, correr y depurar un programa, en el cual el proceso comienza en la parte inicial, pasa el control de un procedimiento a otro y, continúa hasta que termina.

Lo anterior es tratado con más detalle en secciones posteriores.

Debido a la gran cantidad de controles programados y a lo extenso de su código, en el presente capítulo únicamente se incluyen y detallan los diagramas de flujo y el código correspondiente a los controles TextoLong (cuadro de texto) y BotónCalcular (botón de comando). La selección de estos obedece a que en el primero se determina la clasificación de la línea y en el segundo se realizan los cálculos correspondientes.

2.2. ¿Por qué Windows y por qué Visual Basic?

Las interfases gráficas de usuario, o GUI (Graphical User Interface) han revolucionado la industria de las microcomputadoras. Han demostrado que el proverbio “vale más una imagen que mil palabras” no ha perdido su validez. En lugar del crítico carácter de aviso de órdenes C:> que los usuarios del DOS utilizan (y muchas veces han temido), encuentran un escritorio poblado de íconos. Todo esto da una imagen de lo que puede ofrecer la computadora.

Quizá más importante a largo plazo que el aspecto de las aplicaciones para Windows es la sensación que proporcionan. Las aplicaciones para Windows tienen generalmente una interfaz de usuario consistente. Esto significa que los usuarios disponen de más tiempo para dominar la aplicación sin tener que preocuparse de qué teclas deben pulsarse, dentro de los menús y cuadros de diálogo.

Todo esto tiene un precio; antes de la existencia de Visual Basic, el desarrollo de aplicaciones para Windows era mucho más complicado que desarrollar aplicaciones para DOS. Los programadores tenían que preocuparse más de lo que estaba haciendo el ratón, de donde estaba el usuario dentro de un menú y de si estaba realizando un clic o un doble clic en un punto determinado. Desarrollar una aplicación para Windows requería expertos programadores en C, e incluso éstos tenían problemas.

Visual Basic ha cambiado esta situación. Se pueden desarrollar aplicaciones para Windows en una fracción del tiempo que se necesitaba anteriormente. Los errores de programación (gazapos, bugs) no se generan tan frecuentemente, y si lo hacen son mucho más sencillos de detectar y solventar. Programar para Windows se ha convertido en algo divertido (por lo menos la mayor parte del tiempo).

Las aplicaciones desarrolladas en Visual Basic se ejecutan rápidamente.

2.3. Como desarrollar una aplicación de Visual Basic

El primer paso para desarrollar una aplicación en Visual Basic es planear lo que ve el usuario; en otras palabras, diseñar las pantallas. ¿Qué menú se desean? ¿Cómo ve la ventana en la que se ejecuta la aplicación? ¿Cuántas ventanas debe haber? ¿Debe poder modificar el usuario el tamaño de las ventanas? ¿Dónde se colocarán los botones de órdenes, los botones sobre los que el usuario hará “clic” para activar las aplicaciones? ¿Tendrá la aplicación sitios para introducir texto (cuadros de texto)? En Visual Basic los objetos que sitúa el diseñador de un programa en una ventana se denominan controles.

Lo que hace que Visual Basic sea diferente de cualquier otra herramienta de programación es la facilidad con la que se puede diseñar una pantalla. Se puede dibujar literalmente la interfaz de usuario, parecido a la forma de utilizar un programa de dibujo. Además, una vez se ha terminado de dibujar la interfaz, los botones de órdenes, cajas de texto y otros controles que se han colocado en una ventana en blanco reconocerán automáticamente acciones del usuario, tales como el movimiento del ratón y los clic de los botones. Visual Basic 3 incluye una característica de diseño de menús que hace que la creación de menús desplegables o normales sea instantánea.

Tan solo después de diseñar la interfaz de usuario es cuando se empieza a hacer algo que se parezca a programar. Los objetos en Visual Basic reconocerán eventos como los clics del ratón; la forma en que los objetos responderán dependerá del código que se escriba. Se necesita escribir código para que los controles respondan a los eventos. Todo esto hace que Visual Basic sea diferente de la programación convencional.

Los programas en los lenguajes de programación convencionales se ejecutan de arriba a abajo. En los antiguos lenguajes de programación la ejecución comienza en la primera línea y se desplaza con el flujo del programa a las distintas partes según se necesite. Un programa en Visual Basic es un conjunto de diferentes partes de código que son activadas por, y que solamente responden a, los eventos que se les ha indicado que reconozcan. Esto es un avance fundamental. Ahora, en lugar de diseñar un programa que haga lo que el programador piense que debe hacer, el usuario tiene el control.

La mayor parte del código de programación en Visual Basic indica al programa el modo de responder a determinados procesos, como el clic del ratón, en lo que en Visual Basic se denominan procedimientos de evento. Esencialmente, cualquier cosa ejecutable en Visual Basic es, o bien un procedimiento de evento, o es utilizado por un procedimiento de evento para ayudar al procedimiento a realizar su trabajo. De hecho, para enfatizar que Visual Basic es diferente de los lenguajes normales de programación, la documentación utiliza el término proyecto, en lugar de programa, para referirse a la combinación de código de programación e interfaz de usuario que hacen que sea posible una aplicación Visual Basic.

En resumen, los pasos a seguir para diseñar una aplicación en Visual Basic son: crear las interfases, ajustar las propiedades de formas y controles, escribir los procedimientos de evento para éstos.

Normalmente un evento debe ocurrir para que Visual Basic haga algo. Los programas controlados por eventos son más reactivos que activos, lo que hace que sean amigables con el usuario.

2.4. Características de Visual Basic 3

Visual Basic permite añadir a las ventanas en blanco menús, cajas de texto, botones de órdenes, botones de opción (para realizar elecciones exclusivas), cajas de listados, barras de desplazamiento y cajas de archivos y directorios. Se pueden utilizar mallas para manejar datos de tablas, comunicar con otras aplicaciones Windows y acceder a bases de datos.

Se pueden utilizar ventanas múltiples en una pantalla. Estas ventanas tienen acceso directo al portapapeles y a la información de otras aplicaciones Windows que se ejecuten simultáneamente.

El lenguaje de programación de Visual Basic (una extensión del disponible en Qbasic ó QuickBASIC) tiene sentencias gráficas de fácil uso, potentes funciones matemáticas incorporadas, funciones de manipulación de cadenas y sofisticadas posibilidades de gestión de archivos.

Más aún, Visual Basic hace sencilla la creación de grandes programas mediante las modernas técnicas modulares de programación. Esto significa que se puede dividir un programa en módulos, más sencillos de manejar y, por tanto, menos sensibles a los errores (un módulo es una parte relativamente pequeña y manejable de código de programación). Idealmente, los módulos realizan una sola tarea y tienen una interfaz bien definida con el resto del programa, por lo que puede ser codificado y verificado independientemente. De este modo, es posible concentrar la atención en el modo en que cada módulo realiza su labor, y en la forma en que las piezas del programa se comunican con las demás dentro de la aplicación.

Visual Basic también proporciona una sofisticada gestión de errores para evitar que los nuevos usuarios dinamiten una aplicación. (Dinamitar una aplicación es jerga de informática para finalizar un programa abrupta y anormalmente. Gazapos, bugs es también jerga informática que define los errores de programación que normalmente provocan el dinamitado.) Visual Basic dispone de un editor intérprete inteligente que normalmente detecta, e incluso sugiere a veces cambios necesarios para corregir los errores tipográficos y de programación que son frecuentes cuando se empieza a crear una aplicación. También tiene un extenso sistema de ayuda en línea para referencia rápida cuando se desarrolla una aplicación.

2.5. Bloques constitutivos de la aplicación, sus funciones y relaciones

La aplicación, vista de la manera más elemental, se compone de una serie de bloques los cuales pueden ser apreciados en el siguiente diagrama.

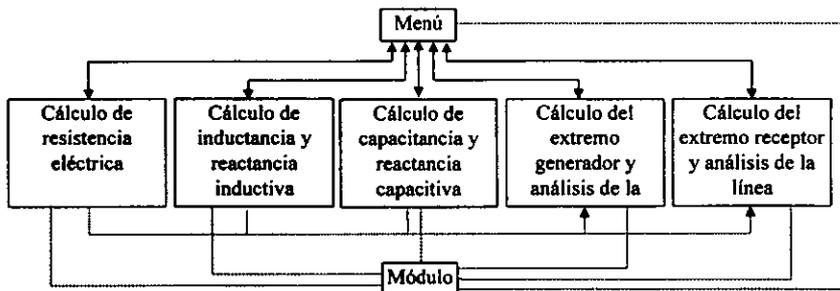


Figura 2.1. Diagrama de bloques de la aplicación.

A continuación, se mencionan las funciones de cada uno de estos:

Menú. Proporciona acceso directo ó indirecto a las distintas opciones de cálculo de la aplicación.

Cálculo de resistencia eléctrica. Proporciona los valores de esta en ohms por kilómetro de conductor, en ohms por kilómetro de fase y en ohms por fase, los cuales pueden ser corregidos por temperatura.

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva. Proporciona el valor de la inductancia en henrys por kilómetro, los de reactancia en ohms por kilómetro de fase, en ohms por fase y en ohms por conductor además de proporcionar los de distancia media geométrica en metros, del radio medio geométrico del conductor en milímetros y del radio medio geométrico del arreglo en metros.

Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva. Proporciona el valor de la capacitancia en farads por kilómetro, los de reactancia en ohms kilómetro de fase, en ohms por fase y en ohms por conductor, además de los de distancia media geométrica en metros, el radio medio geométrico del arreglo en metros, los cuales pueden ser corregidos por efecto de tierra y por lo tanto también apareciendo el valor de la altura media geométrica del arreglo en metros.

Cálculo del extremo generador y análisis de la línea. Proporciona los valores de voltaje al neutro y entre fase, la corriente, el factor de potencia, las potencias trifásicas aparente, real y reactiva, las pérdidas de potencia trifásica real y reactiva, la eficiencia y la regulación de voltaje.

Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea. Proporciona los mismos valores que el Cálculo del extremo generador y análisis de la línea.

Módulo. En el se encuentran concentrados códigos y procedimientos los cuales se encuentra a disposición de cualquier parte de la aplicación que los requiera.

Del diagrama anterior se desprende que existen tres tipos de flujo ó relaciones entre los distintos bloques: de operación, de resultados, de procedimientos y valores.

Flujo de operación

Este primer tipo de flujo en sí es la forma en que el usuario puede desplazarse en la aplicación. Puede apreciarse en el diagrama que el menú juega un papel muy importante ya que es por medio de él que el usuario puede acceder de manera directa ó indirecta a cualquier opción de cálculo de la aplicación. De lo anterior podemos decir que todos los bloques que realizan cualquier tipo de cálculo son totalmente independientes, es decir, que si se iniciara un cálculo de resistencia eléctrica no implica que se tenga que realizar el de inductancia y reactancia inductiva, el de capacitancia y reactancia capacitiva ni el de alguno de los extremos de la línea. De la misma manera la aplicación no pone ninguna restricción si el usuario pasa directamente al cálculo de alguno de los extremos de la línea sin antes haber obtenido sus parámetros.

El orden en que están dispuestos las opciones de cálculo en el menú solamente es una sugerencia y ésta se apega a la forma en que son enseñadas en la asignatura.

Flujo de resultados

Este puede dividirse en dos tipos:

Flujo de resultados interno. Ya que cada uno de los bloques que realizan cálculos son independientes, los resultados obtenidos en estos son también independientes. Por ejemplo, los resultados obtenidos en el cálculo de inductancia y reactancia inductiva (en específico, los de distancia media geométrica) no podrán ser ocupados para el cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva. La cantidad de interfases en que se presenten los resultados depende del cálculo realizado. Por ejemplo, los resultados del cálculo de resistencia eléctrica se presentan en la misma interfase en donde fueron introducidos, no así los de inductancia y capacitancia los cuales presentan sus resultados en otra interfase. En el caso del cálculo de cualquier extremo de la línea, los resultados son presentados en dos interfases, una de resultados parciales (opcional) y otra de resultados finales.

Flujo de resultados externo. Este es opcional y únicamente está disponible para trasladar un sólo resultado de resistencia eléctrica, de reactancia inductiva y de reactancia capacitiva, hacia la interfase para el cálculo del extremo generador o la del extremo receptor o en ambas pero solamente se puede dar en ese sentido. Como existe una total independencia de resultados, cualquiera de estos puede ser direccionado a las interfases de cálculo de extremo, es decir, no es necesario calcular todos los parámetros para ser mandados.

Flujo de procedimientos y valores

Este tipo de flujo se da del menú y cualquiera de las opciones de cálculo hacia el módulo el cual contiene una serie de valores (constantes y matrices de valores) así como procedimientos que son utilizados por la mayoría de interfaces de la aplicación. Esta relación es más fuerte con las interfases de cálculo de resistencia eléctrica, cálculo de inductancia y reactancia inductiva y de capacitancia y reactancia capacitiva ya que estas necesitan de matrices de valores con las cuales se realizan las operaciones de los conductores.

2.6. Construcción de la aplicación

2.6.1. Creación de las interfases

La primera parte del proceso de creación de una aplicación Visual Basic comprende los siguientes pasos.

- Crear un nuevo proyecto para organizar las partes de la aplicación.
- Añadir una forma por cada ventana de la aplicación.

La aplicación consta de 45 formas, las cuales llevan a cabo funciones específicas, repartiéndose tal y como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Funciones y número de formas	
Función	Número de formas
Presentación	1
Menú de la aplicación	1
Cálculo de resistencia eléctrica	1
Cálculo de inductancia y reactancia inductiva	11

Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva	11
Cálculo del extremo generador y análisis de la línea	2
Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea	2
Ayuda de la aplicación	3
Resultados parciales en circuitos equivalentes	5
Cuadros de diálogo	8

De lo anterior se hacen las siguientes observaciones.

En el caso del Cálculo de inductancia y reactancia capacitiva y del Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva, las interfases desarrollan las siguientes actividades: una cumple el cometido de selección del tipo de circuito a resolver, nueve son para la introducción de los datos según el circuito seleccionado y una es para la exhibición de resultados.

En el caso del Cálculo del extremo generador y análisis de línea y del Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea, una de las formas es la encargada de recibir los datos y la otra de hacer la exhibición de resultados. Cualquiera de los cálculos antes mencionados tiene la opción de proporcionar resultados parciales según el tipo de la línea.

Finalmente, dentro de la categoría de cuadros de dialogo se agrupan todas aquellas formas empleadas en interfases pertenecientes a un tipo de cálculo ó que se relacionen con más de una opción de cálculo. Ejemplo de la primera es el cuadro de diálogo encargado de la selección de alturas medias geométricas el cual únicamente se presenta en interfases de arreglo libre en la opción de cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva. Ejemplo de la segunda es el cuadro de diálogo para la selección del catálogo de conductores a utilizar, la cual se emplea en la opción de cálculo de resistencia eléctrica y en la opción de Cálculo de inductancia y reactancia inductiva.

- Trasladar los controles para cada forma desde la caja de herramientas

Los controles utilizados en la aplicación son etiquetas, cuadros de texto, botones de opción, paneles, cuadros combinados, botones de comando, líneas y figuras.

- Crear una barra de menú para cada forma usando la ventana Diseño de menú.

Las barras de menú de las formas de la aplicación pueden tener alguno ó algunos de los siguientes títulos: Archivo, Catálogo, Conductores, Corrección, Fases, Parámetros, Potencia, Regresar, Ayuda. Los comandos contenidos en cada título de menú varían según la función de la forma.

Nota. En el presente capítulo no se presenta ninguna de las formas en su etapa de diseño por la cantidad de las mismas, pudiendo apreciarse en su etapa de ejecución ya sea en el siguiente capítulo ó directamente ejecutando la aplicación.

2.6.2. Ajuste de propiedades

El ajuste de las propiedades de formas y controles se realiza en la ventana Propiedades. La ventana Propiedades lista todas las propiedades y sus ajustes para la forma o control seleccionados. En los ajustes se especifican los valores para características tales como tamaño, nombre, posición, etcétera.

No obstante a que las interfases de la aplicación desarrollan funciones diferentes, la gran mayoría de ellas (en particular, aquellas que realizan cálculos) comparten características tales como el tamaño de la forma, los títulos del menú y los controles que contienen. Esto es así debido a que para facilitar su diseño se fueron copiando los controles (lo que implica que también sus propiedades) modificándose solo unos cuantos y en la mayoría de los casos, el cambio más grande sólo fue en su posición.

Debido a la gran cantidad de las formas y controles de la aplicación, las tablas que a continuación se muestran con los ajustes efectuados a las propiedades de estos, son sólo ilustrativas del proceso, siendo necesario para su comprensión, la consulta de los libros marcados en la bibliografía referentes al lenguaje de programación utilizado.

En la gran mayoría de las formas y controles, las propiedades comúnmente ajustadas son su título (Caption) y su nombre (Name) ya que estas nos permiten identificarlos tanto visualmente como en código.

Ajuste de propiedades de formas

Los ajustes de propiedades realizados a las formas pueden dividirse en generales y particulares. Dentro de los generales encontramos la eliminación de la caja de control (que permite restaurar el tamaño de la ventana, maximizarla, minimizarla, cerrarla, etcétera), el botón de maximizado y el de minimizado, por medio del ajuste de las propiedades ControlBox, MaxButton y MinButton al valor 0 'False.

Tabla 2.2. Ajustes generales a propiedades de formas	
Propiedad	Ajuste
ControlBox	0 'False
MaxButton	0 'False
MinButton	0 'False

Los particulares corresponde al Título (Caption) y Nombre (Name) de las mismas y para ejemplificarlo se presentan las propiedades Caption y Name de las formas para el cálculo de resistencia, inductancia, capacitancia, extremo generador y receptor.

Tabla 2.3. Ajuste de propiedades Caption y Name de la forma para el cálculo de resistencia	
Propiedad	Ajuste
Caption	"Delta - Cálculo de resistencia eléctrica (datos)"
Name	FormaR

Tabla 2.4. Ajuste de propiedades Caption y Name de formas para el cálculo de inductancia	
Propiedad	Ajuste
Caption	"Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (Opciones)"
Name	FormaLyXIOpciones
Caption	"Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (datos)"
Name	FormaLyXIH FormaLyXIV FormaLyXIITri1 FormaLyXIITri2 FormaLyXIRect FormaLyXITra FormaLyXIIHex FormaLyXILibre1 FormaLyXILibre2
Caption	"Delta - Inductancia y reactancia inductiva (resultados)"
Name	FormaLyXIResultados

Tabla 2.5. Ajuste de propiedades Caption y Name de formas para el cálculo de capacitancia	
Propiedad	Ajuste
Caption Name	"Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (Opciones)" FormaLyXIpciones
Caption Name	"Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (datos)" FormaCyXcH FormaCyXcV FormaCyXcTri1 FormaCyXcTri2 FormaCyXcRect FormaCyXcTra FormaCyXcHex FormaCyXcLibre1 FormaCyXcLibre2
Caption Name	"Delta - Capacitancia y reactancia capacitiva (resultados)" FormaCyXcResultados

Tabla 2.6. Ajuste de propiedades Caption y Name de formas para el cálculo del extremo generador	
Propiedad	Ajuste
Caption Name	"Cálculo del extremo generador y análisis de la línea (datos)" FormaCálculoextremogenerador
Caption Name	"Extremo generador y análisis de la línea (resultados finales)" FormaExtremogenerador

Tabla 2.7. Ajuste de propiedades Caption y Name de formas para el cálculo del extremo receptor	
Propiedad	Ajuste
Caption Name	"Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea (datos)" FormaCálculoextremoreceptor
Caption Name	"Extremo receptor y análisis de la línea (resultados finales)" FormaExtremoreceptor

Tabla 2.8. Ajuste de propiedades Caption y Name de formas de circuitos equivalentes monofásicos de las líneas	
Propiedad	Ajuste
Caption	“Circuito equivalente monofásico de la línea (resultados parciales)”
Name	FormaCircuitoLineacorta FormaCircuitoPilineamedia FormaCircuitoTilineamedia FormaCircuitoconcentradoslinealarga FormaCircuitodistribuidoslinealarga

Ajuste de propiedades de etiquetas

El ajuste de propiedades de este control depende de la función del mismo. En el caso de las pantallas de introducción de datos, la propiedad Autosize (Tamaño automático) fué ajustada al valor True para que el control pueda exhibir texto en una línea. En el caso de las etiquetas contenidas en las ayudas, las principales propiedades ajustadas fueron el tamaño de la fuente por medio de la propiedad Fontsize (Tamaño de fuente) y el tono de la misma por medio de la propiedad FontBold cuyo valor se cambio a False.

Ajuste de propiedades de cuadros de texto

En la inmensa mayoría de estos controles, el principal ajuste realizado fue en el máximo de caracteres a introducir por medio de la propiedad MaxLength ajustada al valor 11, y en algunos casos la aparición de estos por medio de la propiedad Visible cuyo valor fue cambiado a False. Se presentan algunos ejemplos.

Tabla 2.9. Ejemplo de ajuste de propiedades de cuadros de texto	
Propiedad	Ajuste
MaxLength	11
Name	TextoLong
MaxLength	11
Name	TextoT
Visible	0 'False
MaxLength	11
Name	Textof

Ajuste de propiedades de botones de opción

Las principales propiedades ajustadas en estos son su Caption, su Name y en algunos casos su valor (Value) para iniciar la aplicación con algunas opciones seleccionadas. En la siguiente tabla se ven algunos ejemplos.

Tabla 2.10. Ejemplo de ajuste de propiedades de botones de opción	
Propiedad	Ajuste
Caption	"1"
Name	Opción1cto
Value	1 'True
Caption	"2"
Name	Opción2cto
Caption	"1"
Name	Opción1cond
Value	1 'True
Caption	"2"
Name	Opción2cond

Ajuste de propiedades a botones de comando

Las principales propiedades ajustadas en los botones de comando son su título (Caption) y su nombre (Name). En el caso del botón de comando que realiza los cálculos se ajustó además su propiedad Habilitar (Enabled). A continuación se presentan algunos ejemplos en la siguiente tabla:

Tabla 2.11. Ejemplos de ajuste de propiedades de botones de comando	
Propiedad	Ajuste
Caption	"Calcular"
Enabled	0 'False
Name	BotónCalcular
Caption	"Aceptar"
Name	BotónAceptar
Caption	"Cancelar"
Name	BotónCancelar

Ajuste de propiedades de paneles

Las principales propiedades ajustadas en estos controles fueron la alineación del título (Alignment) para que este apareciera en la parte superior central de los mismos, la supresión de los bordes, el color y en algunos casos el que sea visible (en aquellos que contienen los catálogos).

Ajuste de propiedades a cuadros combinados

El principal ajuste en estos fué en la propiedad Estilo (Style) de la lista, siendo seleccionada la Dropdown List para que el usuario sólo pueda seleccionar un valor de la lista existente la cual puede ser desplegable.

Ajuste de propiedades de líneas

A algunos de estos controles se ajustó su propiedad Name y su propiedad Visible al valor False.

Ajuste de propiedades de figuras

La principal propiedad manipulada fue la de figura (Shape), la cual se ajustó a Circle (Círculo). A algunos de estos controles además, se ajustó su propiedad Visible al valor Falso (False).

Nota. Los ajustes presentados en las propiedades Enabled (Habilitación), Value (Valor) y Visible son iniciales, pudiendo ser cambiados en tiempo de ejecución. Los correspondientes al alto y ancho de controles no serán presentados.

2.6.3. Código

Recordando de secciones anteriores, Visual Basic es un sistema de programación usado para desarrollar aplicaciones que apelen a recursos visuales que simplifiquen su operación pero conducidas por eventos.

Para que una aplicación responda a las acciones de los usuarios, debe escribirse código en cada una de sus formas y controles. Estos reconocen un conjunto predefinido de eventos. Por ejemplo, un cuadro de texto entre los eventos que reconoce están el Cambio (Change) de los caracteres introducidos, la presión de una tecla seleccionada (KeyPress) o el mantener presionada una tecla seleccionada (KeyDown). En un botón de comando, entre los eventos que reconoce está el que se haga clic (Click) en él con el ratón o desde el teclado.

Cuando un evento ocurre en la aplicación, automáticamente se reconoce y se ejecuta el código escrito para él. Este código es llamado por un procedimiento de evento.

Un procedimiento de evento combina el nombre del control, una línea de subrayado (_) y el nombre del evento. Así, uno de los nombres de procedimiento de evento para el control cuadro de texto `TextoLong` es `TextoLong_KeyDown`. Para el control botón de comando `BotónCalcular`, el nombre del procedimiento de evento es `BotónCalcular_Click`. En él puede haber una o más declaraciones. Las declaraciones es el código que se requiere correr cuando el evento ocurre.

Un procedimiento de evento es ejecutado únicamente cuando el evento previamente seleccionado ocurre, y Visual Basic permanece inactivo hasta cuando aquel aparece.

Se necesita escribir código únicamente para los eventos a los que se quiere que responda una aplicación.

Para determinar para qué eventos escribir código, se necesita pensar acerca de que es lo que necesita el usuario hacer y como se quiere que la aplicación responda.

Por ejemplo, para obtener la clasificación de la línea, el usuario debe presionar la tecla Entrar una vez introducida la longitud. Para iniciar los cálculos, el usuario debe hacer un clic en el botón de comando ya sea con el ratón o la tecla Entrar.

Cada forma y control puede tener tantos códigos como eventos pueda reconocer.

Por lo tanto, no es posible encontrar todo el código de una aplicación en un solo lugar sino en la ventanas de código correspondientes a cada uno de los eventos de las formas y controles. De igual manera, los diagramas de flujo únicamente pueden proporcionar la información correspondientes a una sola ventana de código.

Los códigos en una aplicación desarrollan diversas funciones. En el caso particular de la aplicación Delta, estos realizan funciones de manipulación, clasificación y cálculos.

Los códigos de manipulación son todos aquellos que nos permiten aparecer o desaparecer formas y controles tales como paneles, figuras, líneas y etiquetas.

Los códigos de clasificación nos permiten determinar los controles que el usuario podrá usar durante un cálculo.

Finalmente los códigos de cálculos son aquellos que se ejecutan cuando se hace un clic en el botón Calcular y que dependen del tipo de cálculo de que se trate.

Ya que el objetivo de la aplicación es la elaboración de cálculos, situaremos la atención en los últimos dos tipos de códigos.

Los ejemplos de diagramas de flujo y códigos presentados corresponden a las siguientes funciones de la aplicación:

Clasificación de las línea, Cálculo de resistencia eléctrica, Cálculo de inductancia y reactancia inductiva, Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva, Cálculo de los extremos y análisis de la línea.

2.6.3.1. Diagramas de flujo y códigos para la obtención de la Clasificación de la línea

La obtención de la clasificación de la línea en la aplicación es sumamente importante ya que mediante esta se definen las opciones de que dispondrá el usuario en las pantallas.

Dicha clasificación se basa en la longitud de la línea sufriendo, para efectos de la aplicación, modificaciones según el cálculo de que se trate. Como ejemplo de ello se muestra a continuación la figura 2.2 con el diagrama de flujo para la obtención de la clasificación de la línea para los cálculos de resistencia eléctrica, inductancia y reactancia inductiva, extremo generador y receptor.

De este diagrama se pueden hacer las siguientes observaciones:

En el caso del cálculo de resistencia eléctrica y de inductancia.

- Primeramente se lee la longitud de la línea introducida por el usuario en el cuadro de texto correspondiente.
- Para iniciar en forma la obtención de la clasificación de la línea se debe presionar la tecla Entrar, que en código ASCII tiene el número 13.
- Si la longitud introducida por el usuario es menor a la longitud mínima contemplada por la aplicación (12 kilómetros), se llama al procedimiento longitud invalida el cual contiene las siguientes declaraciones:

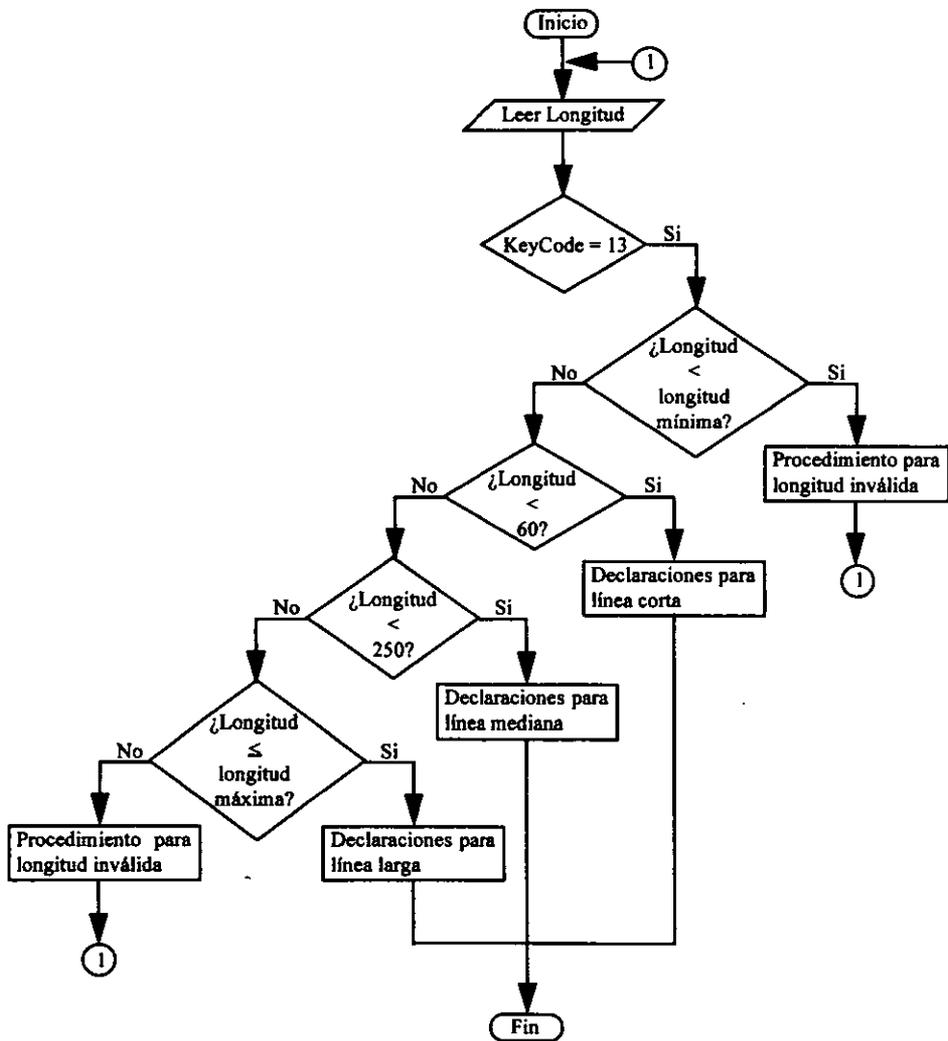


Figura 2.2. Diagrama de flujo para la obtención de la Clasificación de la línea en cálculos de resistencia, inductancia y extremos de la línea.

Se presenta en la pantalla un cuadro de mensaje aclarando el rango manejado por la aplicación (de 12 a 1000 kilómetros), la etiqueta de clasificación (la cual no es visible para el usuario) no presenta ningún título de Clasificación de la línea, no son habilitados los comandos de impresión y catálogo así como el control botón de comando Calcular (por lo que no se puede desarrollar ningún cálculo).

Por lo tanto, para realizar una nueva comparación se debe introducir un nuevo valor de longitud de la línea y oprimir la tecla Entrar.

Nota. El valor de la longitud mínima fue determinado a partir de la revisión de problemas presentados en obras del género abordado, pero no implica que no puedan diseñarse líneas de menor longitud.

- Si la longitud introducida por el usuario es menor a 60 kilómetros se llevan a cabo las siguientes declaraciones:

La etiqueta de clasificación presenta como título Corta, el catalogo de conductores de cobre se hace visible, los catálogos de cables de aluminio y ACSR se hacen invisibles, se habilitan el título de menú Catálogo y el botón de comando Calcular.

- Si la longitud introducida por el usuario es menor de 250 kilómetros, las declaraciones que se llevan a cabo son las siguientes:

La etiqueta de clasificación presenta como título Mediana, desaparecen los catálogos de cables de cobre y de aluminio, aparece el de cables ACSR, se habilitan el título de menú Catálogo y el botón de comando Calcular.

- Si la longitud introducida es menor que la longitud máxima contemplada por la aplicación (1000 kilómetros) se llevan a cabo las siguientes declaraciones:

La etiqueta de clasificación presenta como título Larga, desaparecen los catálogos de cables de cobre y de aluminio y aparece el de cables ACSR, se habilitan el título de menú Catálogo y el botón de comando Calcular. De no se así, se llama al procedimiento para longitud inválida.

Nota. El valor de la longitud máxima fue determinado a partir de la revisión bibliográfica.

En el caso del cálculo del extremos generador o receptor de la línea.

- Si la longitud introducida por el usuario es menor a la longitud mínima contemplada por la aplicación (12 kilómetros) se llama al procedimiento longitud invalida el cual contiene las siguientes declaraciones:

Se presenta en la pantalla un cuadro de mensaje aclarando el rango manejado por la aplicación (de 12 a 1000 kilómetros), ninguna de las etiquetas de clasificación de la línea se hace visible, no son habilitados los comandos de impresión y Parámetros así como el control botón de comando (por lo que no se puede desarrollar ningún cálculo).

Por lo tanto, para realizar una nueva comparación se debe introducir un nuevo valor de longitud de la línea y oprimir la tecla Entrar.

- Si la longitud introducida por el usuario es menor a 60 kilómetros se llevan a cabo las siguientes declaraciones:

La etiqueta Corta se hace visible no siendo visibles las etiquetas Mediana y Larga, las etiquetas correspondientes a las unidades de las potencias con prefijo kilo se hacen visibles y desaparecen aquellas con prefijo mega, se habilitan el título de menú Parámetros y el botón de comando Calcular.

- Si la longitud introducida por el usuario es menor de 250 kilómetros, las declaraciones que se llevan a cabo son las siguientes:

La etiqueta Mediana se hace visible y desaparecen las etiquetas Corta y Larga, las etiquetas correspondientes a las unidades de las potencias con prefijo kilo desaparecen y se hacen visibles aquellas con prefijo mega, se habilitan el título de menú Parámetros y el botón de comando Calcular.

- Si la longitud introducida es menor que la longitud máxima contemplada por la aplicación (1000 kilómetros) se llevan a cabo las siguientes declaraciones:

La etiqueta Larga se hace visible y desaparecen las etiquetas Corta y Mediana, las etiquetas correspondientes a las unidades de las potencias con prefijo kilo desaparecen y se hacen visibles aquellas con prefijo mega, se habilitan el título de menú Parámetros y el botón de comando Calcular.

De no se así, se presenta en la pantalla un cuadro de mensaje aclarando el rango manejado por la aplicación (de 12 a 1000 kilómetros), ninguna de las etiquetas de clasificación de la línea se hace visible, no son habilitados los comandos de impresión y Parámetros así como el control botón de comando (por lo que no se puede desarrollar ningún cálculo).

Por lo tanto, para realizar una nueva comparación se debe introducir un nuevo valor de longitud de la línea y oprimir la tecla Entrar.

Para ejemplificar lo anterior, se presenta el código para la Clasificación de la línea utilizado en el Cálculo de resistencia eléctrica. En todos los casos este se encuentra contenido en la ventana de evento KeyDown (tecla abajo) del cuadro de texto de nombre TextoLong.

```
Sub TextoLong_KeyDown (KeyCode As Integer, Shift As Integer)
```

```
Longitud = Val(TextoLong.Text)
```

```
    If KeyCode = 13 Then
```

```
        If Longitud < LONG_MIN Then
```

```
            Call Código_long_inválida
```

```
        ElseIf Longitud < 60 Then
```

```
            mnuCatálogo.Enabled = True
```

```
            EtiquetaClasificación.Caption = "Corta"
```

```
            PanelCableCu.Visible = True
```

```
            PanelCableAl.Visible = False
```

```
            PanelACSR.Visible = False
```

```
            BotónCalcular.Enabled = True
```

```
        ElseIf Longitud < 250 Then
```

```
            EtiquetaClasificación.Caption = "Mediana"
```

```
            Call Código_long_media_ó_larga
```

```
        ElseIf Longitud <= LONG_MAX Then
```

```
            EtiquetaClasificación.Caption = "Larga"
```

```
            Call Código_long_media_ó_larga
```

```
        Else Call Código_long_inválida
```

```
    End If
```

```
End If
```

```
End Sub
```

De este código se hacen las siguientes observaciones.

- LONG_MIN y LONG_MAX son constantes manejadas por la aplicación para la longitud mínima y máxima, cuyos valores se encuentra en el módulo llamado Delta.

El procedimiento Código_long_inválida presentan las siguientes declaraciones:

```
Sub Código_long_inválida ()  
    MsgBox "12 a 1000 kilómetros.", 64, "Rango de longitud"  
    mnuArchivoImprimir.Enabled = False  
    mnuArchivoTrasladar.Enabled = False  
    mnuCatálogo.Enabled = False  
    EtiquetaClasificación.Caption = " "  
    BotónCalcular.Enabled = False  
End Sub
```

El procedimiento Código_long_media_ó_larga (que es exclusivo del Cálculo de resistencia eléctrica) contiene las siguientes declaraciones:

```
Sub Código_long_media_ó_larga ()  
    mnuCatálogo.Enabled = True  
    PanelCableCu.Visible = False  
    PanelCableAl.Visible = False  
    PanelACSR.Visible = True  
    BotónCalcular.Enabled = True  
End Sub
```

En el caso de la obtención de la Clasificación de la línea para el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva, se suprime la primera comparación y el bloque de procedimientos para línea corta debido a que en líneas cortas la capacitancia se considera despreciable. Por lo tanto su diagrama de flujo queda como el de la figura 2.3.

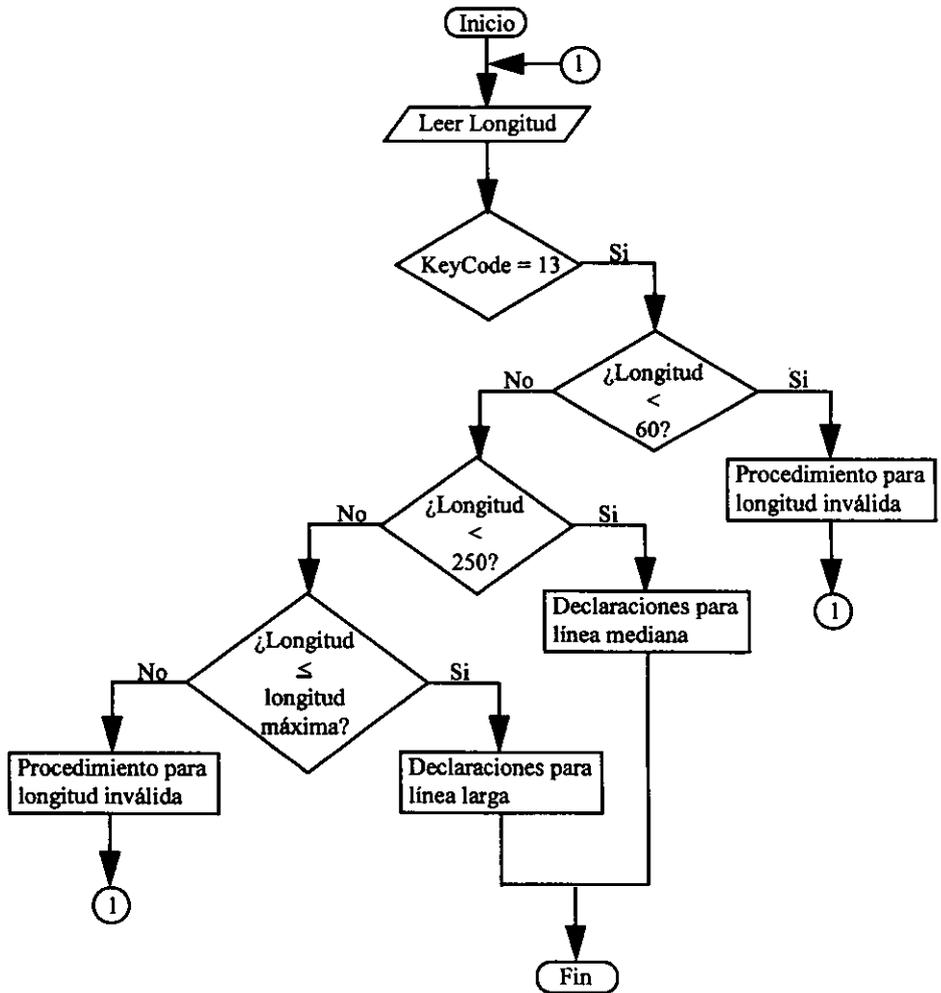


Figura 2.3. Diagrama de flujo para la obtención de la Clasificación de la línea en el Cálculo de capacitancia ⁷ y reactancia capacitiva.

De este diagrama se pueden hacer las siguientes observaciones.

- Si la longitud introducida por el usuario es menor a 60 kilómetros se llama al procedimiento longitud invalida el cual contiene las siguientes declaraciones:

Se presenta en la pantalla un cuadro de mensaje aclarando el rango manejado por la aplicación para este cálculo (de 60 a 1000 kilómetros), la etiqueta de clasificación no presenta ningun título, no son habilitados los comandos de impresión ni el botón de comando Calcular por lo que no se puede desarrollar ningun cálculo.

Por lo tanto, para realizar una nueva comparación se debe introducir un nuevo valor de longitud de la línea y oprimir la tecla Entrar.

- Si la longitud introducida es menor de 250 kilómetros, las declaraciones que se llevan a cabo son:

La etiqueta de clasificación presenta como título Mediana, se habilita el botón de comando Calcular.

- Si la longitud introducida es menor que la longitud máxima contemplada por la aplicación (1000 kilómetros) se llevan a cabo las siguientes declaraciones:

La etiqueta de clasificación presenta como título Larga y se habilita el botón de comando Calcular.

De no ser así, se llama al procedimiento para longitud inválida.

Para ejemplificar lo anterior, se muestra el código para la Clasificación de la línea en el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva.

```
Sub TextoLong_KeyDown (KeyCode As Integer, Shift As Integer)
```

```
Longitud = Val(TextoLong.Text)
```

```
    If KeyCode = 13 Then
```

```
        If Longitud < 60 Then
```

```
            Call Código_long_inválida
```

```
        ElseIf Longitud < 250 Then
```

```
            EtiquetaClasificación.Caption = "Mediana"
```

```
            BotónCalcular.Enabled = True
```

```

Elseif Longitud <= LONG_MAX Then
    EtiquetaClasificación.Caption = "Larga"
    BotónCalcular.Enabled = True
Else Call Código_long_inválida
End If
End If
End Sub

```

El procedimiento `Código_long_inválida` es similar al antes citado.

2.6.3.2. Diagramas de flujo y códigos para el cálculo de parámetros eléctricos

El desarrollo de los códigos necesarios para calcular los parámetros eléctricos de una línea, inició visualizando su estructura, las funciones de sus bloques de procesamiento así como el orden en que actúan estos, resultando el diagrama de flujo general de la figura 2.4.

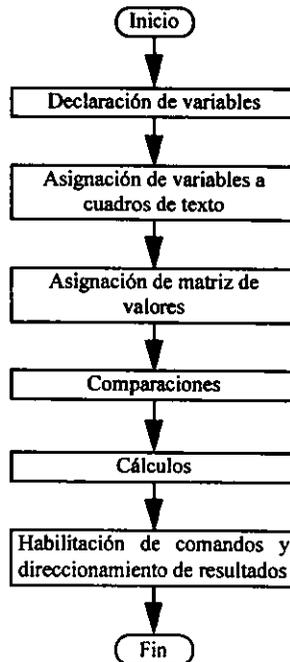


Figura 2.4. Diagrama de flujo general para el cálculo de parámetros eléctricos.

El control y evento que inicializan los bloques no aparecen en el diagrama por estar bien definidos.

Cada uno de estos realiza una función específica la cual se presenta a continuación:

Declaración de variables. Indica de forma explícita que variables y de que tipo se utilizan en la interfase. En su mayoría, las variables son del tipo Integer y Double.

Asignación de variables a cuadros de texto. A las entradas de valores en cuadros de texto se les asigna una variable la cual facilita su uso durante los cálculos.

Asignación de matriz de valores. Ya que los valores que el usuario ve en los catálogos de conductores simplemente son caracteres sin valor, Para asignarles un valor y poder realizar los cálculos correspondientes, se crea una matriz de valores.

La asignación de la matriz de valores a emplear depende de qué panel que contenga un catálogo de conductores esté visible en la pantalla.

Para entender lo anterior recurriremos a un ejemplo.

Sea el catálogo de conductores de aluminio tipo AAC visible en la pantalla de Cálculo de resistencia eléctrica, se selecciona el siguiente cable:

" ROSE	4	7	21.15	1.3633	138"
--------	---	---	-------	--------	------

Los datos de izquierda a derecha son: código ó designación, calibre AWG ó kCM, número de alambres, área de la sección transversal nominal del cable, resistencia eléctrica y capacidad de conducción de corriente.

Toda esta línea de caracteres forma parte de la lista de caracteres para el control cuadro combinado (lista) para el catálogo de cables de aluminio tipo AAC. Ya que esta es la primera línea de la lista tiene por omisión el índice cero.

La matriz de valores para el catálogo de cables de aluminio tipo AAC, tiene como elementos de índice cero a Alambres(0) = 7, A(0) = 21.15, R(0) = 1.3633 y D(0) = 5.89 que corresponden al número de alambres, al área de la sección transversal del cable, la resistencia y el diámetro.

De lo anterior se desprende que son creadas dos listas: una manejada por el control cuadro combinado (mejor conocido como lista) y la otra es la matriz de valores.

Cada una de las líneas de caracteres añadidos a la lista, tiene un índice por omisión el cual inicia en el número cero. De igual manera, cada uno de los valores añadidos a la matriz de valores también tiene un índice el cual debe asignarse. Por lo tanto, al seleccionar un conductor de la lista, se selecciona una serie de valores que es con lo que se realizan los cálculos.

Comparación. Revisa que los valores introducidos por el usuario en los cuadros de texto y que han sido asignados a variables, estén dentro de los rangos contemplados por la aplicación para estos. De no ser así, se generan los cuadros de mensaje correspondientes para su corrección. Los valores de longitud son los únicos que no son comparados en este código.

Cálculos. En él se realizan los cálculos según la interfase de que se trate, tomando para ello los valores de la matriz de valores antes asignada y de las variables comparadas.

Direccionamiento de resultados. Una vez obtenidos los resultados se trasladan a los controles asignados para exhibirlos.

Diagrama de flujo y código para el Cálculo de resistencia eléctrica

Del diagrama se pueden hacer las siguientes observaciones.

- La pantalla para el cálculo de resistencia eléctrica presenta dos tipos de botones de opción: los primeros son para indicar el número de circuitos trifásicos del arreglo, y el segundo indica el número de conductores por fase.

Si la opción de un circuito es seleccionada, entonces cada una de las fases podrá tener de uno a cuatro conductores, si no, se asume que se ha seleccionado un arreglo con dos circuitos trifásicos, los cuales pueden tener uno ó dos conductores por fase de cada circuito trifásico (es decir 2 ó 4 conductores por fase tomando en cuenta los dos circuitos trifásicos).

Nota. Por omisión, la aplicación siempre presenta al ingresar a esta pantalla, las opciones de un sólo circuito trifásico y un conductor por fase seleccionadas.

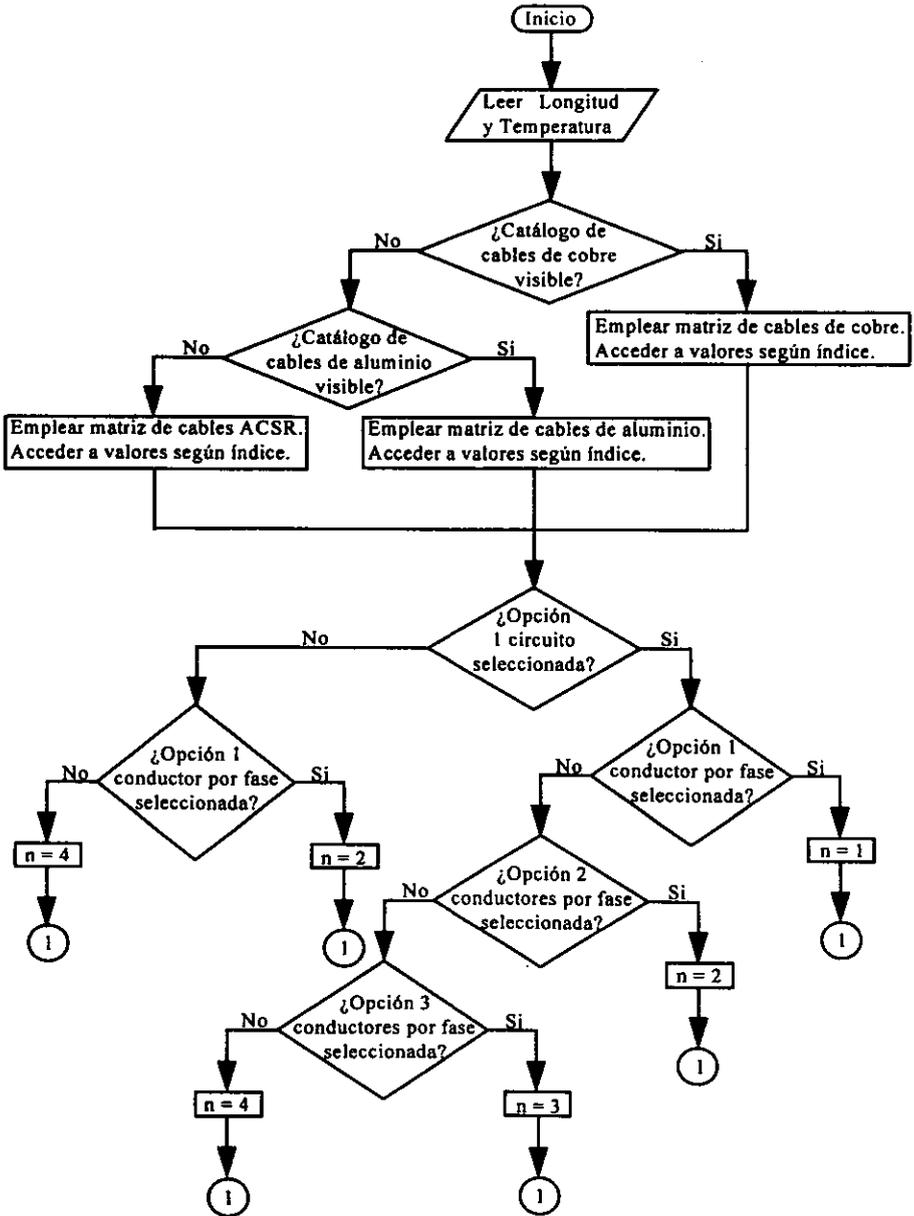


Figura 2.5. Diagrama de flujo para el Cálculo de resistencia eléctrica (1 de 2).

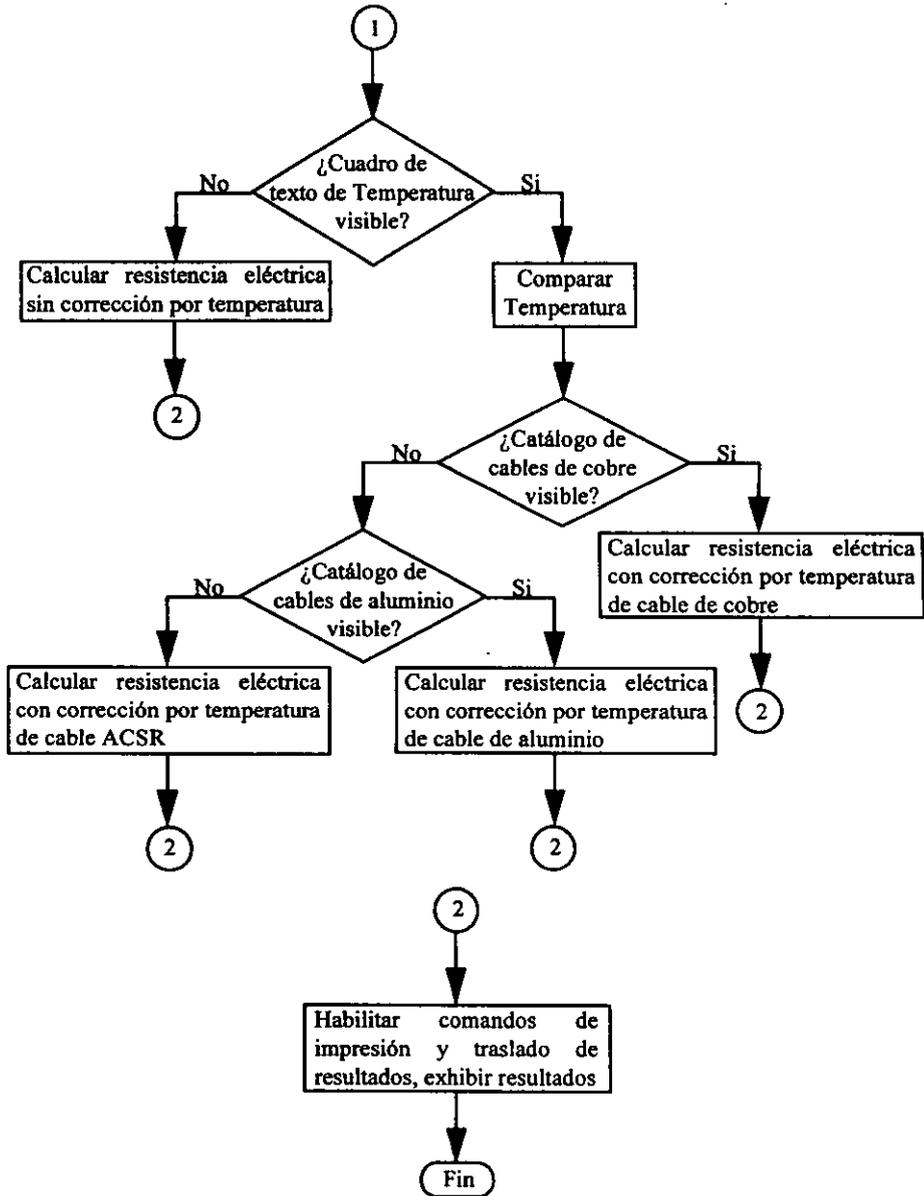


Figura 2.6. Diagrama de flujo para el Cálculo de resistencia eléctrica (2 de 2).

Visual Basic no solamente permite la toma de decisiones por medio de cantidades sino también por medio de los valores que tomen las propiedades de controles las cuales pueden ser cambiadas en tiempo de ejecución. Esto se logra al referirse a un control y sus propiedades en código usando la notación objeto.propiedad.

- Si el cuadro de texto de temperatura es visible, entonces ocurre lo siguiente:
- Se compara la temperatura introducida por el usuario con el rango contemplado por la aplicación que es de 1 a 50 grados centígrados, exceptuando los 20 grados centígrados, por ser a ese valor al que está calculada la resistencia eléctrica a la corriente directa de los conductores de los catálogos.

Si alguna de las comparaciones no es satisfactoria, se genera un cuadro de mensaje indicando el error cometido y sacando al usuario del procedimiento sin finalizar la aplicación. Por lo tanto, para volver al procedimiento se debe corregir el valor introducido de temperatura y hacer un clic en el botón de comando Calcular.

- Finalmente los resultados se exhiben en tres etiquetas por medio de su propiedad Caption (Título).

Para ejemplificar lo anterior, se proporciona el código para el Cálculo de resistencia eléctrica.

```
Sub BotónCalcular_Click ()
Dim n As Integer
Dim Longitud, T, rc_cond, rc, Rc_fase As Double
Dim RcdAl20, RcAl As Double
Dim RcdAc20 As Double
Dim RcAc As Double
Dim req As Double
Longitud = Val(TextoLong.Text)
T = Val(TextoT.Text)
If PanelCableCu.Visible = True Then
    Call CableCu
    Indice = CombinadoCableCu.ListIndex
Elseif PanelCableAl.Visible = True Then
    Call CableAl
    Indice = CombinadoCableAl.ListIndex
```

```

Else Call ACSR
    Indice = CombinadoACSR.ListIndex
End If
If Opción1cto.Value = True Then
    If Opción1cond.Value = True Then
        n = 1
    ElseIf Opción2cond.Value = True Then
        n = 2
    ElseIf Opción3cond.Value = True Then
        n = 3
    Else n = 4
    End If
Else
    If Opción1cond.Value = True Then
        n = 2
    Else n = 4
    End If
End If
If TextoT.Visible = True Then
    If T < 1 Then
        MsgBox "1 grado centígrado.", 64, "Temperatura mínima"
        TextoT.SetFocus
        Exit Sub
    ElseIf T = 20 Then
        MsgBox "20 grados centígrados (ver catálogo).", 64, "Temperatura no válida"
        TextoT.SetFocus
        Exit Sub
    ElseIf T > 50 Then
        MsgBox "50 grados centígrados.", 64, "Temperatura máxima"
        TextoT.SetFocus
        Exit Sub
    End If
    If PanelCableCu.Visible = True Then
        rc_cond = R(Indice) * (1 + ALFA_CU * (20 - T))

```

```

Etiquetar_cond.Caption = rc_cond
rc = rc_cond / n
Etiquetar.Caption = rc
Rc_fase = rc * Longitud
EtiquetaR_fase.Caption = Rc_fase
Elseif PanelCableAI.Visible = True Then
    rc_cond = R(Indice) * (1 + ALFA_AL * (20 - T))
    Etiquetar_cond.Caption = rc_cond
    rc = rc_cond / n
    Etiquetar.Caption = rc
    Rc_fase = rc * Longitud
    EtiquetaR_fase.Caption = Rc_fase
Else RcdAl20 = (RESISTIVIDAD_AL * 1000 * 1.03) / AAL(Indice)
    RcAl = RcdAl20 * (1 + ALFA_AL * (20 - T))
    RcdAc20 = (RESISTIVIDAD_AC * 1000 * 1.02) / AAC(Indice)
    RcAc = RcdAc20 * (1 + ALFA_AC * (20 - T))
    req = (RcAl * RcAc) / (RcAl + RcAc)
    Etiquetar_cond.Caption = req
    rc = req / n
    Etiquetar.Caption = rc
    Rc_fase = rc * Longitud
    EtiquetaR_fase.Caption = Rc_fase
End If
Else Etiquetar_cond.Caption = R(Indice)
    Etiquetar.Caption = R(Indice) / n
    EtiquetaR_fase.Caption = (R(Indice) / n) * Longitud
End If
mnuArchivoImprimir.Enabled = True
mnuArchivoTrasladar.Enabled = True
Etiquetar_cond.Visible = True
Etiquetar.Visible = True
EtiquetaR_fase.Visible = True
TextoLong.SetFocus
End Sub

```

De este código se hacen las siguientes observaciones.

- Los valores de las constantes ALFA_CU, ALFA_AL, ALFA_AC, RESISTIVIDAD_AL y RESISTIVIDAD_AC (coeficientes de corrección por temperatura para cables de cobre, aluminio y acero los tres primeros y resistividad del aluminio y acero los dos restantes) se encuentran en el módulo Delta. Las variables R(Indice), AAL(Indice) y AAC(Indice) (resistencia eléctrica a la corriente directa, área de aluminio y área de acero) son elementos de la matriz de valores asignada y los valores que toman dependen del índice del conductor seleccionado.

Diagramas de flujo y códigos para el Cálculo de inductancia y reactancia inductiva

La aplicación, para este cálculo, presenta las siguientes opciones:

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva para arreglos predeterminados de un circuito trifásico.

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva para arreglos predeterminados de dos circuitos trifásicos.

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva para arreglos libres de un circuito trifásico.

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva para arreglos libres de dos circuitos trifásicos.

Nota. El término predeterminados es empleado para hacer referencia a casos establecidos.

Debido a la gran similitud entre los diagramas de flujo y, por consiguiente, en los códigos, únicamente presentaremos los correspondientes a una de estas opciones.

Diagrama de flujo y código para el Cálculo de inductancia y reactancia inductiva de arreglos predeterminados de un circuito trifásico.

De este diagrama se hacen las siguientes observaciones.

- Para la aplicación, los arreglos predeterminados de un circuito trifásico son aquellos con disposición de fases horizontal, vertical, triangular 1 y 2 (cuyas figuras pueden ser apreciadas en el Capítulo 1 ó en el Capítulo 3).

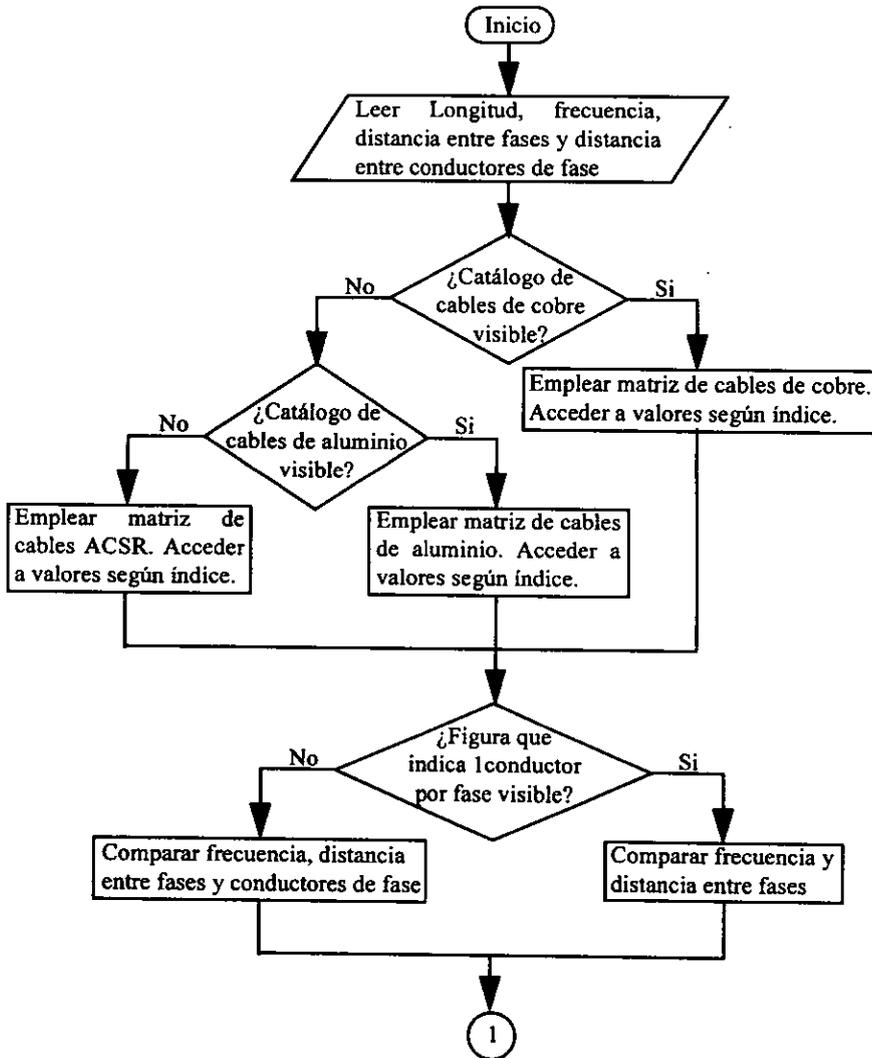


Figura 2.7. Diagrama de flujo para el Cálculo de inductancia y reactancia inductiva para arreglos predeterminados de un circuito trifásico (1 de 2).

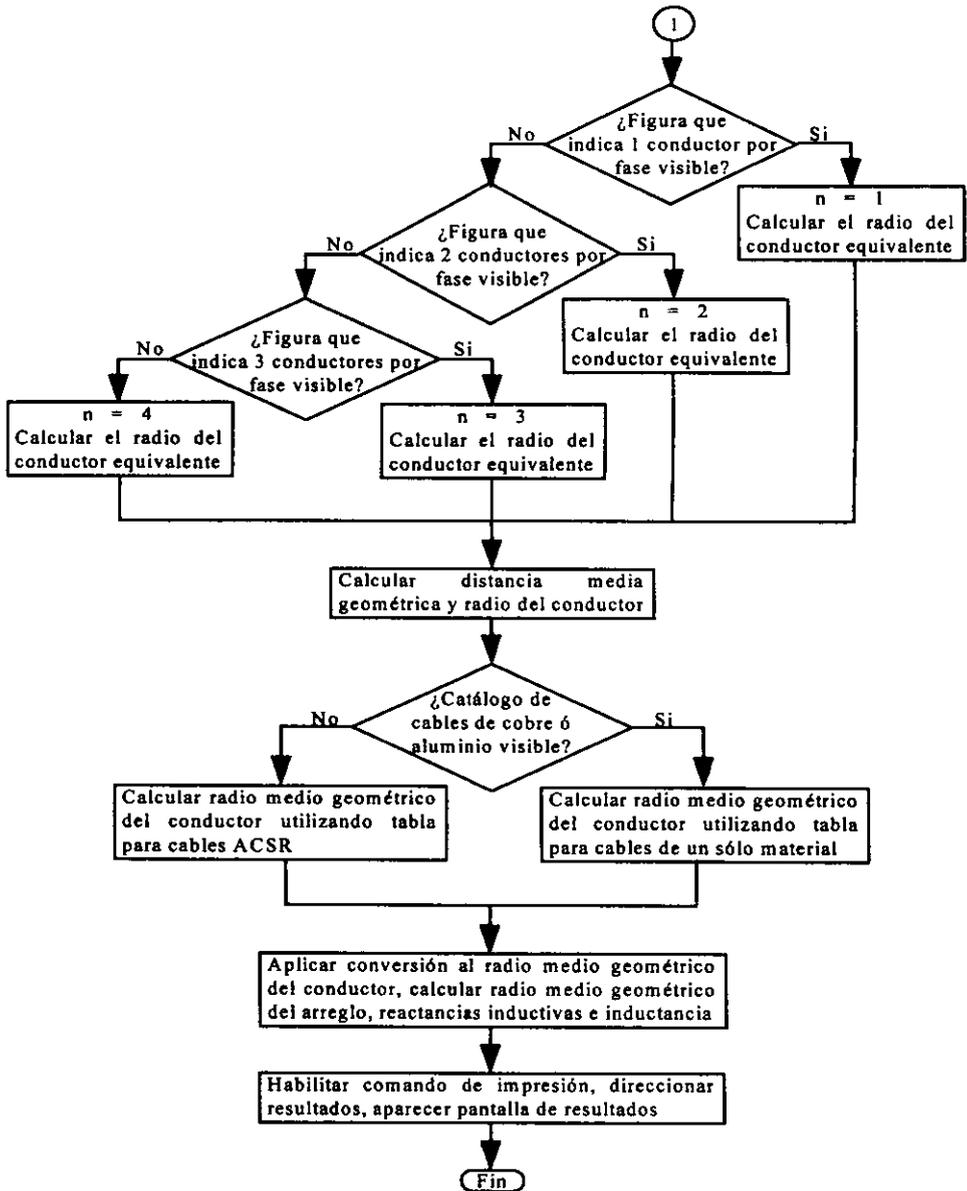


Figura 2.8. Diagrama de flujo para el Cálculo de inductancia y reactancia inductiva para arreglos predeterminados de un circuito trifásico (2 de 2).

Si la figura que indica un conductor por fase es visible (lo que implica que su propiedad visible se ajuste al valor True), se comparan los valores de frecuencia y distancia entre fases, de no ser así, se asume que el arreglo tiene dos, tres ó cuatro conductores por fase, por lo que además se compara el valor de la distancia entre conductores de fase.

- Si alguno de los valores no se encuentra dentro de los rangos contemplados por la aplicación, se genera un cuadro de mensaje indicando donde se ha cometido el error y el rango válido. Acto seguido, se saca al usuario del procedimiento de cálculo sin detener la ejecución de la aplicación.
- El rango contemplado por la aplicación para la frecuencia del sistema es de 15 a 60 ciclos por segundo y el de la distancia entre conductores de fase es de 0.35 a 0.4 metros. Los rangos contemplados para la distancia entre fases varían dependiendo del arreglo de que se trate y del número de conductores por fase que tenga. Por ejemplo, para la disposición de fases horizontal, el rango de la distancia entre fases con un conductor por fase es de 0.6 a 14 metros y para la misma disposición de fases pero con dos, tres ó cuatro conductores por fase, el rango de la distancia entre fases es de 5 a 14 metros.

Esto tiene la siguiente explicación: en líneas cortas (que son de distribución) comúnmente se emplea un conductor por fase y las distancias entre fases son pequeñas. En líneas medianas y largas se emplean uno ó dos conductores por fase y las distancias entre fases son mayores. Por lo tanto, cuando se selecciona un conductor por fase el rango de distancia entre fases es más amplio que cuando se seleccionan dos ó más.

- La determinación del número de conductores por fase se hace por medio del control figura que se encuentren visible (lo que implica que su propiedad Visible tenga el valor True). El número de conductores por fase a seleccionar son de uno hasta cuatro. Por omisión, siempre que se ingrese a estas interfases, se encontrara la figura de un conductor por fase visible. La manera en que se obtiene la distancia media geométrica depende del tipo de arreglo a calcular, pudiendose consultar la ecuación o ecuaciones necesarias en el Capítulo 1.
- El cálculo del radio medio geométrico del conductor seleccionado se hace por medio de tablas las cuales han sido introducidas en la aplicación y tomando únicamente en cuenta, en cualquier caso, la cantidad de alambres.
- Finalmente, se direccionan los resultados a la ventana y etiquetas correspondientes.

Para ejemplificar lo anterior, se muestra a continuación el código para el Cálculo de inductancia y reactancia inductiva de un arreglo predeterminado de un circuito trifásico con disposición de fases horizontal.

```

Sub BotónCalcular_Click ()
Dim n As Integer
Dim Longitud, f, dfl, dcf, DMG, rcond, rmgcond, rmgcondm As Double
Dim Rcondeq, RMG, xl, L, Xl_fase, Xl_cond As Double
Longitud = Val(TextoLong.Text)
f = Val(Textof.Text)
dfl = Val(Textodfl.Text)
dcf = Val(Textodcf.Text)

If PanelCableCu.Visible = True Then
    Call CableCu
    Indice = CombinadoCableCu.ListIndex
Elseif PanelCableAl.Visible = True Then
    Call CableAl
    Indice = CombinadoCableAl.ListIndex
Else Call ACSR
    Indice = CombinadoACSR.ListIndex
End If

If FiguraCírculo4.Visible = True Then
    If f < FREC_MIN Or f > FREC_MAX Then
        MsgBox "15 a 60 ciclos por segundo.", 64, "Rango de frecuencia"
        Textof.SetFocus
        Exit Sub
    Elseif dfl < .6 Or dfl > 14 Then
        MsgBox "0.6 a 14 metros.", 64, "Rango de dfl"
        Textodfl.SetFocus
        Exit Sub
    End If
Else
    If f < FREC_MIN Or f > FREC_MAX Then
        MsgBox "15 a 60 ciclos por segundo.", 64, "Rango de frecuencia"
        Textof.SetFocus
        Exit Sub
    Elseif dfl < 5 Or dfl > 14 Then
        MsgBox "5 a 14 metros.", 64, "Rango de dfl"
    End If
End If

```

```

Textodfl.SetFocus
Exit Sub
Elseif dcf < .35 Or dcf > .45 Then
MsgBox "0.35 a 0.45 metros.", 64, "Rango de dcf"
Textodcf.SetFocus
Exit Sub
End If
End If
If FiguraCírculo4.Visible = True Then
n = 1
Rcondeq = 1
Elseif FiguraCírculo5.Visible = True Then
n = 2
Rcondeq = dcf / 2
Elseif FiguraCírculo7.Visible = True Then
n = 3
Rcondeq = dcf / Sqr(3)
Else n = 4
Rcondeq = dcf / Sqr(2)
End If
DMG = (2 ^ (1 / 3)) * dfl
rcond = D(Indice) / 2
If PanelCableCu.Visible = True Or PanelCableAl.Visible = True Then
If Alambres(Indice) = 7 Then
rngcond = .726 * rcond
Elseif Alambres(Indice) = 19 Then
rngcond = .758 * rcond
Elseif Alambres(Indice) = 37 Then
rngcond = .768 * rcond
Elseif Alambres(Indice) = 61 Then
rngcond = .772 * rcond
End If
Else
If Alambres(Indice) = 6 Then

```

```

    rmgcond = .55 * rcond
Elseif Alambres(Indice) = 18 Or Alambres(Indice) = 24 Or Alambres(Indice) = 26 Then
    rmgcond = .809 * rcond
Elseif Alambres(Indice) = 30 Then
    rmgcond = .826 * rcond
Elseif Alambres(Indice) = 45 Or Alambres(Indice) = 54 Then
    rmgcond = .81 * rcond
End If
End If
rmgcondm = rmgcond / 1000
RMG = (n * rmgcondm * Rcondeq ^ (n - 1)) ^ (1 / n)
xl = (.00289 * f * (Log(DMG / RMG) / Log(10)))
L = xl / (2 * PI * f)
Xl_fase = xl * Longitud
Xl_cond = n * Xl_fase
mnuArchivoImprimir.Enabled = True
FormLyXIResultados.EtiquetaDMG.Caption = DMG
FormLyXIResultados.Etiquetarmgcond.Caption = rmgcond
FormLyXIResultados.EtiquetaRMG.Caption = RMG
FormLyXIResultados.EtiquetaL.Caption = L
FormLyXIResultados.Etiquetaxl.Caption = xl
FormLyXIResultados.EtiquetaXl_fase.Caption = Xl_fase
FormLyXIResultados.EtiquetaXl_cond.Caption = Xl_cond
FormLyXIResultados.Show
End Sub

```

Del código se hacen las siguientes observaciones.

- La tabla para la obtención del radio medio geométrico de conductores ACSR únicamente toma como referencia el número de alambres y no el número de capas. Para modificarla, fue necesaria una investigación en catálogos y tablas la cual arrojó lo siguiente: por ejemplo, un conductor con 6 hilos los tienen distribuidos en una capa. Un conductor con 45 hilos los tiene distribuidos en tres capas.

Diagramas de flujo y códigos para el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva

La aplicación, para este cálculo, presenta las siguientes opciones:

Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva para arreglos predeterminados de un circuito trifásico.

Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva para arreglos predeterminados de dos circuitos trifásicos.

Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva para arreglos libres de un sólo circuito trifásico.

Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva para arreglos libres de dos circuitos trifásicos.

De igual manera que en el caso anterior, debido a la gran similitud entre los diagramas de flujo y, por consiguiente, en los códigos, únicamente presentaremos los correspondientes a una de estas opciones.

Diagrama de flujo y código para el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva para arreglos predeterminados de un circuito trifásico.

De este diagrama se pueden hacer las siguientes observaciones.

- A diferencia de los cálculos de resistencia eléctrica e inductancia donde la asignación de la matriz de valores dependía del catálogo visible en la pantalla, en el caso del Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva solo se tiene un catálogo de conductores, el de ACSR, debido a que en líneas medianas y largas únicamente se emplean conductores de este tipo.
- La comparación de los valores introducidos por el usuario de la frecuencia del sistema y de la distancia entre conductores de fase se realiza de la misma manera que en el caso anterior pero ahora la distancia entre fases se compara con un único rango no importando el número de conductores por fase. Si en el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva se considera el efecto de tierra, también se comparan los valores de altura de soporte y flecha. Por omisión, siempre que se ingrese a estas interfaces, los cuadros de texto de altura de soporte y flecha no serán visibles.
- Si el cuadro de texto de altura de soporte es visible, entonces primeramente se calcula la altura media geométrica del arreglo (cuya ecuación o ecuaciones a emplear depende del número de conductores por fase seleccionados) y posteriormente se emplea la ecuación para el cálculo de la reactancia inductiva tomando en cuenta el efecto de tierra.

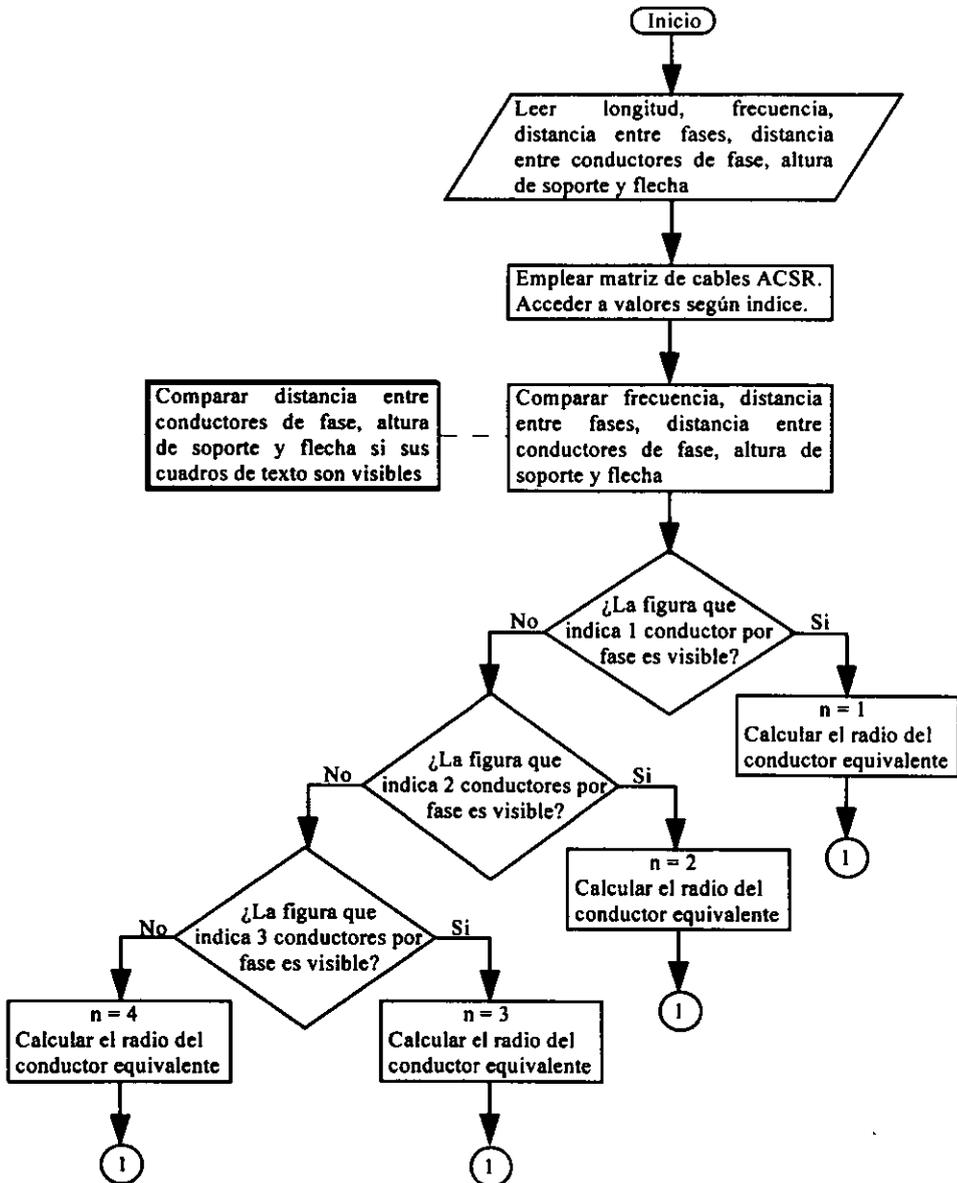


Figura 2.9. Diagrama de flujo para el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva para arreglos predeterminados de un circuito trifásico (1 de 2).

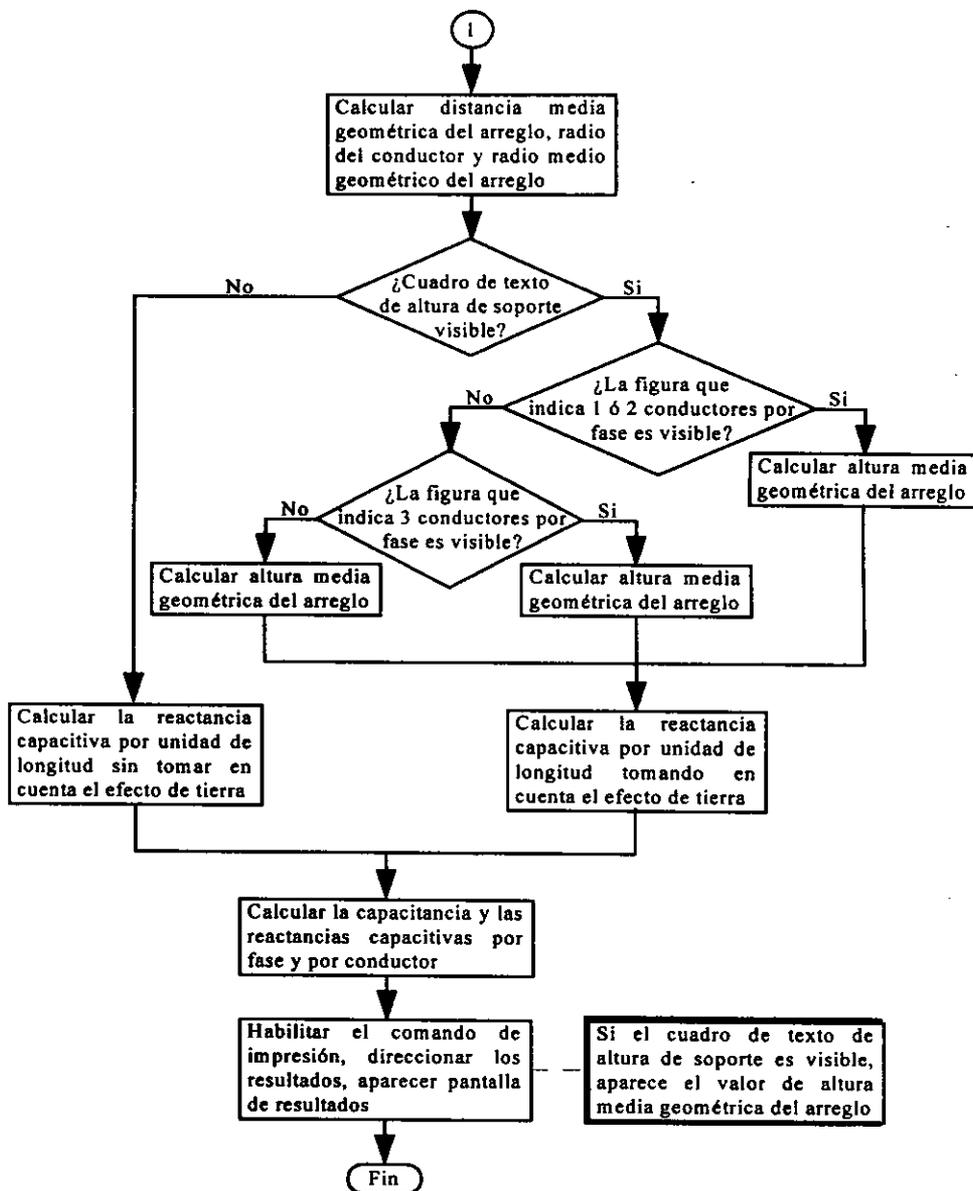


Figura 2.10. Diagrama de flujo para el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva para arreglos predeterminados de un circuito trifásico (2 de 2).

- Si el cuadro de texto de altura de soporte no es visible, directamente se procede al cálculo de reactancia capacitiva por unidad de longitud sin tomar en cuenta el efecto de tierra.
- Finalmente, se direccionan los resultados a la ventana y etiquetas correspondientes (manipulando de estas últimas su propiedad Caption). La exhibición de las etiquetas de la altura media geométrica del arreglo depende del valor de la propiedad Visible del cuadro de texto de altura de soporte.

Para ejemplificar lo anterior, se muestra el código para el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva para un arreglo predeterminado de un circuito trifásico con disposición de fases horizontal.

```

Sub BotónCalcular_Click ()
Dim n As Integer
Dim Longitud, f, dfl, dcf, DMG, rcondm, Rcondeq, RMGcap, xc, C As Double
Dim Xc_fase, Xc_cond, hs, Flecha, h1, h2, HMG As Double
Longitud = Val(TextoLong.Text)
f = Val(Textof.Text)
dfl = Val(Textodfl.Text)
dcf = Val(Textodcf.Text)
hs = Val(Textohs.Text)
Flecha = Val(TextoFlecha.Text)
Call ACSR
Indice = CombinadoACSR.ListIndex
If f < FREC_MIN Or f > FREC_MAX Then
MsgBox "15 a 60 ciclos por segundo.", 64, "Rango de frecuencia"
Textof.SetFocus
Exit Sub
Elseif dfl < 5 Or dfl > 14 Then
MsgBox "5 a 14 metros.", 64, "Rango de dfl"
Textodfl.SetFocus
Exit Sub
Elseif Textodcf.Visible = True And dcf < .35 Or dcf > .45 Then
MsgBox "0.35 a 0.45 metros.", 64, "Rango de dcf"
Textodcf.SetFocus
Exit Sub

```

```

Elseif Textohs.Visible = True And hs < 12 Or hs > 28 Then
    MsgBox "12 a 28 metros.", 64, "Rango de hs"
    Textohs.SetFocus
    Exit Sub
Elseif TextoFlecha.Visible = True And Flecha < 12 Or Flecha > 16 Then
    MsgBox "12 a 16 metros.", 64, "Rango de Flecha"
    TextoFlecha.SetFocus
    Exit Sub
End If
If FiguraCirculo4.Visible = True Then
    n = 1
    Rcondeq = 1
Elseif FiguraCirculo5.Visible = True Then
    n = 2
    Rcondeq = dcf / 2
Elseif FiguraCirculo7.Visible = True Then
    n = 3
    Rcondeq = dcf / Sqr(3)
Else n = 4
    Rcondeq = dcf / Sqr(2)
End If
DMG = (2 ^ (1 / 3)) * df1
recondm = D(Indice) / 2000
RMGcap = (n * recondm * Rcondeq ^ (n - 1)) ^ (1 / n)
If Textohs.Visible = True Then
    If FiguraCirculo4.Visible = True Or FiguraCirculo5.Visible = True Then
        HMG = hs - (.7 * Flecha)
    Elseif FiguraCirculo7.Visible = True Then
        h1 = hs - (.7 * Flecha)
        h2 = h1 + (dcf * Sin(PI / 3))
        HMG = Sqr(h1 * h2)
    Else h1 = hs - (.7 * Flecha)
        h2 = h1 + dcf
        HMG = Sqr(h1 * h2)
    End If
End If

```

```

End If
xc = ((6.596 / f) * (Log((DMG / RMGcap) * ((2 * HMG) / Sqr((4 * HMG ^ 2) + DMG ^ 2))) / Log(10)))
* 1000000
Else xc = ((6.596 / f) * (Log(DMG / RMGcap) / Log(10))) * 1000000
End If
C = 1 / (2 * PI * f * xc)
Xc_fase = xc / Longitud
Xc_cond = n * Xc_fase
mnuArchivo.Imprimir.Enabled = True
FormaCyXcResultados.EtiquetaDMG.Caption = DMG
FormaCyXcResultados.EtiquetaRMGcap.Caption = RMGcap
If Textohs.Visible = True Then
    FormaCyXcResultados.EtiquetaTituloHMG.Visible = True
    FormaCyXcResultados.EtiquetaHMG.Caption = HMG
    FormaCyXcResultados.EtiquetamHMG.Visible = True
Else FormaCyXcResultados.EtiquetaTituloHMG.Visible = False
    FormaCyXcResultados.EtiquetaHMG.Caption = " "
    FormaCyXcResultados.EtiquetamHMG.Visible = False
End If
FormaCyXcResultados.EtiquetaC.Caption = C
FormaCyXcResultados.Etiquetaxc.Caption = xc
FormaCyXcResultados.EtiquetaXc_fase.Caption = Xc_fase
FormaCyXcResultados.EtiquetaXc_cond.Caption = Xc_cond
FormaCyXcResultados.Show
End Sub

```

2.6.3.3. Diagrama de flujo y código para el cálculo de los extremos de la línea

El diagrama de flujo general correspondiente al cálculo de extremos y análisis de la línea es muy semejante al del cálculo de parámetros eléctricos y por lo tanto sus funciones son semejantes. Esto puede ser apreciado en la figura.

La diferencia en la secuencia del diagrama es que no se hace uso de una matriz de valores como en la fase de cálculo de los parámetros eléctricos de la línea.

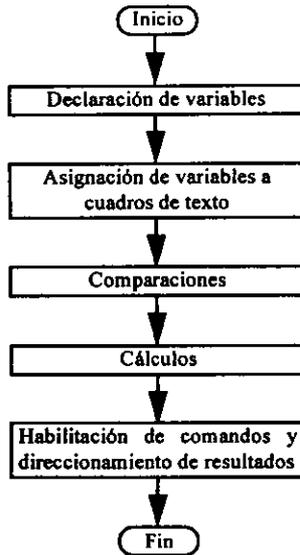


Figura 2.11. Diagrama de flujo general para el cálculo de extremos de la línea.

De igual manera que en el caso anterior, el control que contiene los códigos correspondientes a estas opciones de cálculo, son los botones de comando “Calcular” en su evento Click.

Diagrama de flujo y código para el cálculo de extremos de la línea.

Los diagramas de flujo aquí mostrados son para ambos extremos de la línea de transmisión, y los ejemplos de código pertenecen a la etapa de “Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea”. Estas fracciones de código se encuentran contenidas en un botón de comando llamado BotónCalcular en el evento clic, y que en ambas interfaces de cálculo recibe el mismo nombre. Previo a mostrar lo anterior, debemos hacer los siguientes comentarios:

- Las interfaces para el cálculo de los extremos de la línea emplean procedimientos semejantes para la presentación y control de lo que el usuario observa. En forma concreta, las formas que se emplearon para crear los cuadros de diálogo solo contienen botones de opción y en estos solo existe código que en su mayoría emplea la propiedad Visible para realizar el control de etiquetas. En la barra de menú, el código esta formado en parte por ordenes para descargar formas de la memoria, así como también para mostrarlas. Un ejemplo de esto es el comando “Al menú” que se encuentra contenido en el título de la barra de menú llamado “Al Regresar”. Una

vez que se pulsa en él, se le ordena a la computadora que descargue la forma o formas en donde se encuentra el usuario y que muestre la ventana del menú de la aplicación Delta.

El hecho de que se tenga que descargar formas obedece a la necesidad de limpiar la memoria y no tener tantas ventanas activas en la pantalla, aunque estas no sean visibles. Además, este método permite inicializar las propiedades Value, Visible y Enabled de los controles y etiquetas mostrados en pantallas a sus valores preestablecidos por el programa.

Otro ejemplo es el comando "A la pantalla de resultados parciales", el cual en su código indica que se muestre la forma que contenga al circuito monofásico equivalente de la línea que se este calculando, pero sin descargar alguna otra forma.

- Cuando se esta calculando una línea de longitud corta, por diseño de la interface, se hace invisible el cuadro de texto en donde se introduce el valor de la reactancia capacitiva.
- Cada vez que se modifique el valor de la longitud en la caja de texto, se regresaran las opciones del cuadro de diálogo "Calcular por parámetros ..." a su estado inicial. Si por ejemplo se estaba calculando una línea de longitud media por parámetros T y luego se cambia la longitud de la caja de texto con un valor para una línea corta, el evento Change de la caja de texto TextoLong cambia a través de su código la opción marcada en el cuadro de diálogo de parámetros T nuevamente a parámetros Pi, que es la opción por omisión.
- Sea cual fuere el extremo a calcular, existirá siempre la indicación con etiquetas del tipo de factor de potencia ó de potencia reactiva que se este empleando. En el caso de un factor de potencia unitario o de una potencia puramente resistiva, no se tiene una indicación visual. Pero independientemente de ello, el código reconoce dichos valores.

Para el diagrama de flujo de la figura 2.12 se pueden hacer las siguientes observaciones.

Si alguno de los valores introducidos no corresponde con el rango establecido, se presentara en la pantalla un cuadro de mensaje aclarando el rango manejado por la aplicación. Una vez oprimido el botón "Aceptar", se utiliza la instrucción llamada SetFocus para ubicar el cursor en la parte en donde se genero el error y se termina la subrutina con la instrucción Exit Sub. Esto corta con la secuencia del diagrama de flujo y permite regresar a la pantalla e iniciar nuevamente sin tener que anidar un ciclo.

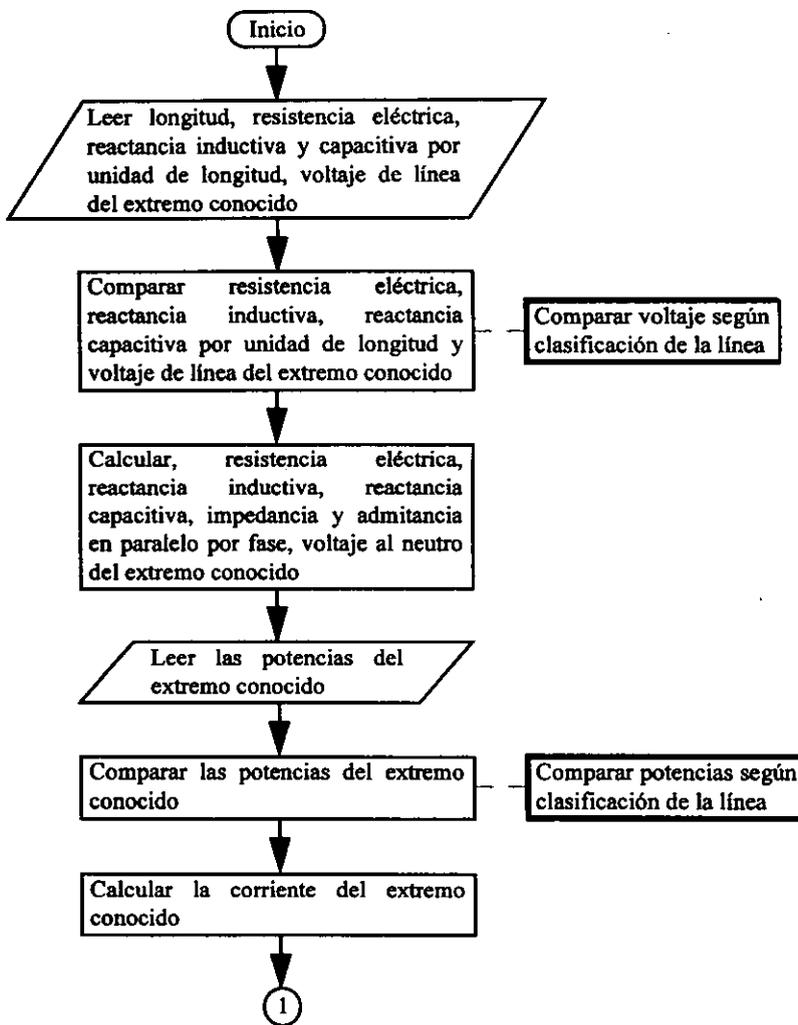


Figura 2.12. Diagrama de flujo para definir los valores que serán utilizados para el cálculo de los extremos de la línea.

El código no solo realiza una comparación a nivel de la magnitud expresada en la caja de texto con los rangos de la aplicación, también lo hace en base al ángulo generado entre la potencia real y la reactiva, puesto que no debe ser tal que produzca un factor de potencia extremadamente bajo e impráctico. De ser así, se termina con la secuencia del código de la subrutina. La condición es que no sea mayor la potencia reactiva a la potencia real, o bien que el factor de potencia introducido en la caja de texto sea menor al coseno del ángulo de 45 grados.

Antes de utilizar los valores de voltaje y potencias, se les hace una corrección por magnitud. Al voltaje como esta expresado siempre en kilo, se le multiplica por un factor de 1000. Para la potencia se emplea una sentencia que involucra a una variable llamada KM. Esta variable es el factor por el cual se multiplicará la potencia para corregir su magnitud y poder emplearla en los cálculos. Por ejemplo, si la potencia real es de 30 megawatts, el valor numérico regresado serían 30000000 watts. Tanto en la entrada de datos como a la salida se emplea este factor.

- Para que la aplicación pueda determinar que algoritmo debe utilizar para calcular el valor de la corriente y su ángulo, primero debe identificar en que forma se le suministra el dato de la potencia conocida: si como parte real y reactiva ó como potencia aparente y factor de potencia. La referencia que utiliza el código es en base a las unidades presentes en la pantalla. Por ejemplo, si las unidades mostradas son kilowatts o megawatts, la aplicación reconoce que la potencia se encuentra en coordenadas rectangulares. Por otro lado, si la unidad que se visualiza es kilovoltampere ó megavoltampere, entonces la potencia introducida se encuentra en forma de módulo y coseno del ángulo.

- Cuando se calcula la corriente del extremo conocido, el ángulo se determina en base a lo siguiente:

Si es el extremo generador el que va a calcularse, la corriente siempre será atrasada. Entonces el ángulo de la potencia aparente que se obtenga se cambiara de signo, de positivo a negativo y este será el que le corresponda a la corriente.

Si es el extremo receptor el que va a calcularse, el código determina a partir de las etiquetas presentes en la pantalla si es adelantada o atrasada. Por ejemplo, si la potencia se encuentra dividida en forma real y reactiva, el código aplica una sentencia en la cual si la etiqueta llamada EtiquetaInductiva es visible (la indicación en pantalla es de potencia reactiva inductiva), la potencia reactiva se deja con signo positivo. Por el contrario, si la etiqueta presentada es EtiquetaCapacitiva (la indicación en pantalla es de potencia reactiva capacitiva), el

signo de la potencia reactiva es cambiado a negativo. Una vez que se determina el ángulo de la potencia aparente, se le hace un cambio de signo y este será el que le corresponda a la corriente.

Nota. En el caso de factor de potencia unitario o potencia reactiva igual a cero, el código devuelve el ángulo de la potencia aparente a un valor de cero también.

- Como medida auxiliar para la comprensión de los códigos, se incluyen intercalados entre las líneas del mismo los comentarios que se usaron para separar las etapas de cálculo.

Para ejemplificar lo anterior, se muestra parte del código para el “Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea” correspondiente:

```
Const agrad = 180 / PI
Const arad = PI / 180
Longitud = Val(TextoLong.Text)
VL = Val(TextoV.Text)
rk = Val(Textor.Text)
jxi = Val(Textoxl.Text)
jXo = Val(Textoxc.Text)
'Se calcula la impedancia Z, la admitancia Y y el voltaje Vr
If rk < .006 Or rk > 3.7 Then
    MsgBox "0.006 a 3.7 ohms/kilómetro fase.", 64, "Rango de resistencia eléctrica"
    Textor.SetFocus
    Exit Sub
Elseif jxi < .02 Or jxi > .8 Then
    MsgBox "0.02 a 0.8 ohms/kilómetro fase.", 64, "Rango de reactancia inductiva"
    Textoxl.SetFocus
    Exit Sub
Elseif Textoxc.Visible = True And jXo < 85000 Or jXo > 1800000 Then
    MsgBox "85000 a 1800000 ohms kilómetro/fase.", 64, "Rango de reactancia capacitiva"
    Textoxc.SetFocus
    Exit Sub
End If
If EtiquetaCorta.Visible = True Then
```

```

If (VL < 6 Or VL > 40) Then
    MsgBox "6 a 40 kilovolts.", 64, "Rango de voltaje"
    TextoV.SetFocus
    Exit Sub
End If
Elseif EtiquetaMediana.Visible = True Then
    If (VL <= 40 Or VL > 220) Then
        MsgBox "Mayor de 40 hasta 220 kilovolts.", 64, "Rango de voltaje"
        TextoV.SetFocus
        Exit Sub
    End If
Elseif EtiquetaLarga.Visible = True Then
    If (VL <= 220 Or VL > 400) Then
        MsgBox "Mayor de 220 hasta 400 Kilovolts.", 64, "Rango de voltaje"
        TextoV.SetFocus
        Exit Sub
    End If
End If
Rc = rk * Longitud
jXL = jxi * Longitud
jXc = jXo / Longitud
Vr = VL * 1000 / Sqr(3)
Zmod = Sqr((Rc ^ 2) + (jXL ^ 2))
Zcis = Atn(jXL / Rc) * agrad
'Si Rc y jXL son iguales Zcis igual a 45 grados
If Rc = jXL Then
    Zcis = 45
End If
If Longitud > 60 Then
    Ymod = 1 / jXc
    Ycis = 90
End If
If (Longitud < 60) Then
    KM = 1000

```

Else KM = 1000000

End If

'Se llama a la rutina para la determinacion de la corriente y de la potencia

'en ambos sistemas de coordenadas.

If (EtiquetaKW.Visible = True) Or (EtiquetaMW.Visible = True) Then

'Calculo de la corriente dado P y Q

Pg = Val(TextoComodinPoS) * KM

'Se introduce sentencia confirmatoria del tipo de potencia reactiva a usar

If (EtiquetaInductiva.Visible = True) Then

Qg = Val(TextoComodinQoFp) * KM

ElseIf (EtiquetaCapacitiva.Visible = True) Then

Qg = Val(TextoComodinQoFp) * KM * -1

End If

If EtiquetaCorta.Visible = True Then

'Intervalo de Pg

If Pg < 1580000 Or Pg >= 12000000 Then

MsgBox "De 1580 hasta antes de 12000 kilowatts.", 64, "Rango de potencia real"

TextoComodinPoS.SetFocus

Exit Sub

End If

ElseIf EtiquetaMediana.Visible = True Then

'Intervalo de Pg

If Pg < 12000000 Or Pg > 69000000 Then

MsgBox "12 a 69 megawatts", 64, "Rango de potencia real"

TextoComodinPoS.SetFocus

Exit Sub

End If

ElseIf EtiquetaLarga.Visible = True Then

'Intervalo de Pg

If Pg <= 69000000 Or Pg > 543000000 Then

MsgBox "Mayor de 69 a 543 Megawatts", 64, "Rango de potencia real"

TextoComodinPoS.SetFocus

Exit Sub

End If

```

End If
'Se filtra Qg
If Qg > Pg Then
    MsgBox "La potencia reactiva no puede ser mayor que la real.", 64, "Rango de potencia reactiva"
    TextoComodinQoFp.SetFocus
    Exit Sub
End If
'Se cácula la potencia aparente
Sgmod = Sqr((Pg ^ 2) + (Qg ^ 2))
Sgcis = Atn(Qg / Pg) * agrad
'Se calcula Ig
Igmmod = Sgmod / (Sqr(3) * VL * 1000)
Igcis = Sgcis * (-1)
Ig = Igmmod * (Cos(Igcis * arad))
jlg = Igmmod * (Sin(Igcis * arad))
ElseIf (EtiquetaKVA.Visible = True) Or (EtiquetaMVA.Visible = True) Then
    'Calculo de la corriente dado S y Fp
    Sgmod = Val(TextoComodinPoS) * KM
    Fpg = Val(TextoComodinQoFp)
    If EtiquetaCorta.Visible = True Then
        If Sgmod < 1580000 Or Sgmod > 17000000 Then
            MsgBox "1580 a 17000 kilovoltamperes.", 64, "Rango de potencia aparente"
            TextoComodinPoS.SetFocus
            Exit Sub
        End If
    ElseIf EtiquetaMediana.Visible = True Then
        If Sgmod <= 17000000 Or Sgmod > 98000000 Then
            MsgBox "Mayor a 17 hasta 98 megavoltamperes.", 64, "Rango de potencia aparente"
            TextoComodinPoS.SetFocus
            Exit Sub
        End If
    ElseIf EtiquetaLarga.Visible = True Then
        If Sgmod <= 98000000 Or Sgmod > 768000000 Then
            MsgBox "Mayor a 98 hasta 768 megavoltamperes.", 64, "Rango de potencia aparente"

```

```

        TextoComodinPoS.SetFocus
    Exit Sub
End If
End If
If Fpg = 1 Then
    Sgcis = 0
Elseif (Fpg < .707106781) Or (Fpg > 1) Then
    MsgBox "0.707106781 a 1", 64, "Rango de factor de potencia"
    Exit Sub
Elseif (Fpg < 1) Then
    Sgcis = (Atn(-Fpg / Sqr(-Fpg * Fpg + 1)) + 1.5708) * agrad
End If
Pg = Sgmod * (Cos(Sgcis * arad))
Igmod = Sgmod / (Sqr(3)) * VL * 1000
If (EtiquetaAtrasado.Visible = True) Then
    Igcis = Sgcis * (-1)
    Qg = Sgmod * (Sin(Sgcis * arad))
Elseif (EtiquetaAdelantado.Visible = True) Then
    Igcis = Sgcis
    Qg = Sgmod * (Sin(Sgcis * arad)) * -1
End If
Ig = Igmod * (Cos(Igcis * arad))
jIg = Igmod * (Sin(Igcis * arad))
End If

```

De este código se pueden hacer los siguientes comentarios.

Cuando hacemos uso de las ecuaciones para el cálculo de líneas de transmisión, utilizamos indistintamente transformaciones en números complejos. Estas transformaciones implican pasar de un sistema de coordenadas a otro en la medida de nuestras necesidades en las operaciones. La creación de un código de programación para Visual Basic que interpretara números complejos hubo que basarlo en este tipo de transformaciones de coordenadas rectangulares a polares o de polares a rectangulares.

Una vez hecha la transformaciones necesarias, se aplican pasos simples de la matemática de números complejos.

Nota. Pasos que no se cubrirán aquí puesto que pueden consultarse en la bibliografía correspondiente.

- Todas las operaciones con ángulos hubo que expresarlas en radianes para la computadora. La conversión se realizo a partir de dos constantes llamadas Const agrad y Const arad cuyo valor PI (3.141592654) se encuentra en el módulo de la aplicación llamado Delta: al multiplicar por la constante agrad, el valor numérico se transforma a grados, pero por otro lado, si se emplea la constante arad, el valor numérico se transforma a radianes.

El diagrama de flujo que a continuación se presenta (figura 2.13), muestra la etapa de cálculo del voltaje y corriente del extremo desconocido.

De este diagrama podemos hacer el siguiente comentario:

- Para que se ejecute un determinado algoritmo de cálculo, la aplicación primero verifica que etiqueta esta visible en la Clasificación de la línea (Corta, Mediana o Larga).

Una vez identificada la etiqueta que esta visible, el siguiente paso es ejecutar las declaraciones del código. En líneas cortas esto es inmediato ya que solo posee un circuito equivalente monofásico, pero para líneas medianas y largas existen dos opciones por cada una de ellas.

El programa debe verificar de la ventana "Calculo por parámetros ..." que opción es la que esta seleccionada. En líneas de longitud mediana el botón de opción seleccionado por omisión es "Circuito equivalente Pi", y en líneas largas es "Concentrados con circuito equivalente Pi".

Ya reconocida la opción correspondiente, la aplicación ejecuta las declaraciones del código que consisten en la obtención del voltaje de fase y la corriente en el extremo desconocido así como el porcentaje de regulación de voltaje en la línea.

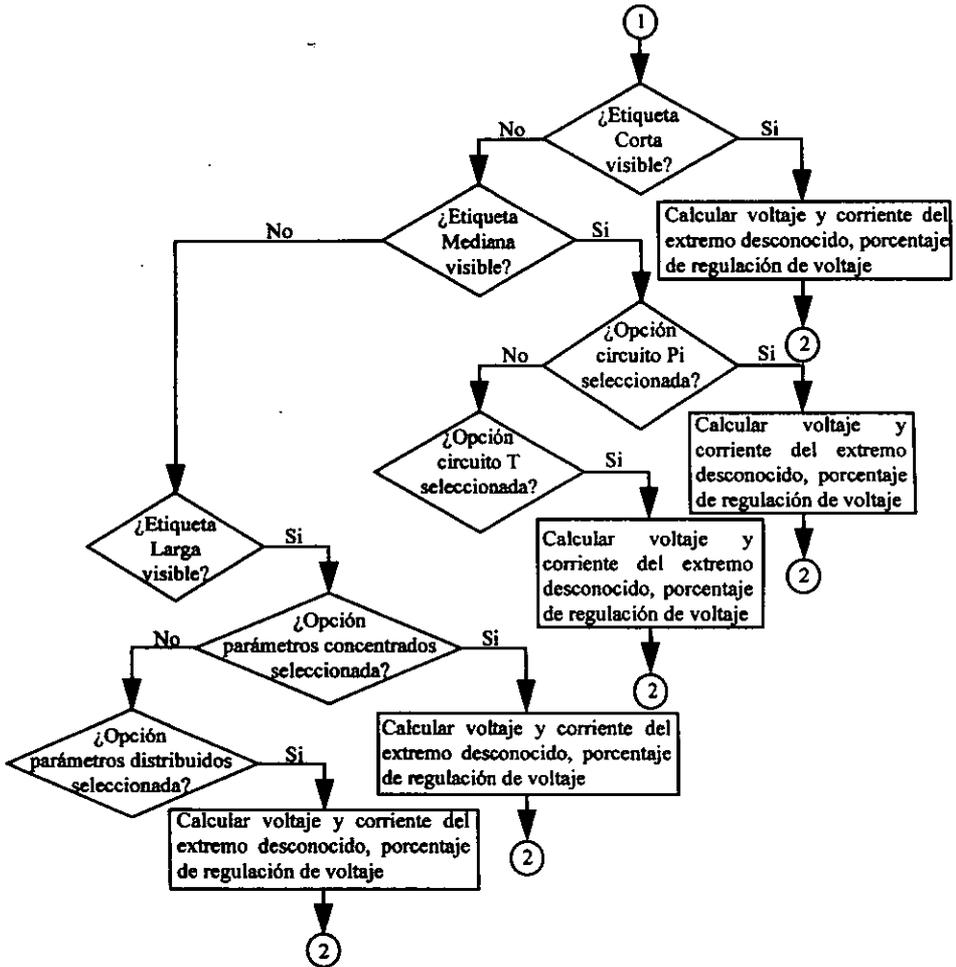


Figura 2.13. Diagrama de flujo para el cálculo de voltajes y corrientes del extremo de la línea.

Para ejemplificar lo anterior, se muestra parte del código para el “Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea” correspondiente para líneas cortas, medianas por circuito Pi y para líneas largas considerando sus parámetros distribuidos.

‘Código para líneas cortas

```

If (EtiquetaCorta.Visible = True) Then
    CVmod = (Igmod * Zmod)
    CVcis = (Igcis + Zcis)
    CV = CVmod * (Cos(CVcis * arad))
    jCV = CVmod * (Sin(CVcis * arad))
    Vr = Vg - CV
    jVr = 0 - jCV
    Vrmod = Sqr((Vr ^ 2) + (jVr ^ 2))
    If (Vr > 0 And jVr > 0) Or (Vr > 0 And jVr < 0) Then
        Vrcis = Atn(jVr / Vr) * agrad
    Elseif Vr < 0 And jVr > 0 Then
        Vrcis = 180 + (Atn(jVr / Vr) * agrad)
    Elseif Vr < 0 And jVr < 0 Then
        Vrcis = (180 - (Atn(jVr / Vr) * agrad)) * -1
    End If
    Irmod = Igmod
    Ircis = Igcis
    'Calculo de la regulacion de voltaje
    Reg = (Vg - Vrmod) / (Vrmod * .01)

```

‘Código para líneas medianas: circuito Pi

```

Elseif (EtiquetaMediana.Visible = True) Then
    If (FormaConcentradosPiT.OpciónPi.Value = True) Then
        jXc2 = jXc * 2
        jlcg = Vg / jXc2
        Icgmod = jlcg
        Icgcis = 90
        Ipi = Ig - 0
        jlpi = jlI - jlcg
    
```

```

Ipimod = Sqr((Ipi ^ 2) + (jIpi ^ 2))
If (Ipi > 0 And jIpi > 0) Or (Ipi > 0 And jIpi < 0) Then
    Ipicis = Atn(jIpi / Ipi) * agrad
Elseif Ipi < 0 And jIpi > 0 Then
    Ipicis = 180 + (Atn(jIpi / Ipi) * agrad)
Elseif Ipi < 0 And jIpi < 0 Then
    Ipicis = (180 - (Atn(jIpi / Ipi) * agrad)) * -1
End If
CVmod = (Ipimod * Zmod)
CVcis = (Ipicis + Zcis)
CV = CVmod * (Cos(CVcis * arad))
jCV = CVmod * (Sin(CVcis * arad))
Vr = Vg - CV
jVr = 0 - jCV
Vrmod = Sqr((Vr ^ 2) + (jVr ^ 2))
If (Vr > 0 And jVr > 0) Or (Vr > 0 And jVr < 0) Then
    Vrcis = Atn(jVr / Vr) * agrad
Elseif Vr < 0 And jVr > 0 Then
    Vrcis = 180 + (Atn(jVr / Vr) * agrad)
Elseif Vr < 0 And jVr < 0 Then
    Vrcis = (180 - (Atn(jVr / Vr) * agrad)) * -1
End If
Icrmod = Vrmod / (jXc * 2)
Ircis = Vrcis + 90
Icr = Icrmod * (Cos(Ircis * arad))
jIcr = Icrmod * (Sin(Ircis * arad))
Ir = Ipi - Icr
jIr = jIpi - jIcr
Irmod = Sqr((Ir ^ 2) + (jIr ^ 2))
If (Ir > 0 And jIr > 0) Or (Ir > 0 And jIr < 0) Then
    Ircis = Atn(jIr / Ir) * agrad
Elseif Ir < 0 And jIr > 0 Then
    Ircis = 180 + (Atn(jIr / Ir) * agrad)
Elseif Ir < 0 And jIr < 0 Then

```

```

Ircis = (180 - (Atn(jlr / Ir) * agrad)) * -1
End If
'Se calcula el voltaje en vacio
Z1 = Rc
jZ1 = jXL - (jXc * 2)
Z1mod = Sqr((Z1 ^ 2) + (jZ1 ^ 2))
If (Z1 > 0 And jZ1 > 0) Or (Z1 > 0 And jZ1 < 0) Then
    Z1cis = Atn(jZ1 / Z1) * agrad
Elseif Z1 < 0 And jZ1 > 0 Then
    Z1cis = 180 + (Atn(jZ1 / Z1) * agrad)
Elseif Z1 < 0 And jZ1 < 0 Then
    Z1cis = (180 - (Atn(jZ1 / Z1) * agrad)) * -1
End If
Iomod = Vg / Z1mod
Iocis = 0 - Z1cis
Vormod = Iomod * (jXc * 2)
Vorcis = Iocis - 90
'Calculando la regulacion de voltaje
Reg = (Vormod - Vormod) / (Vormod * .01)

```

'Código para líneas largas considerando sus parámetros distribuidos.

```

Elseif (FormaConcentradosDistribuidos.OpciónDistribuidos.Value = True) Then
    Cplmod = Sqr(Zmod * Ymod)
    Cplcis = (Zcis + Ycis) / 2
    Alfal = Cplmod * (Cos(Cplcis * arad))
    jBetal = Cplmod * (Sin(Cplcis * arad))
    Zcmod = Sqr(Zmod / Ymod)
    Zccis = (Zcis - Ycis) / 2
    Zc = Zcmod * (Cos(Zccis * arad))
    jZc = Zcmod * (Sin(Zccis * arad))
    SenohAlfal = (Exp(Alfal) - Exp(-Alfal)) / 2
    CosenohAlfal = (Exp(Alfal) + Exp(-Alfal)) / 2
    SenohCpl = SenohAlfal * Cos(jBetal)
    jSenohCpl = CosenohAlfal * Sin(jBetal)

```

```

SenohCplmod = Sqr((SenohCpl ^ 2) + (jSenohCpl ^ 2))
If (SenohCpl > 0 And jSenohCpl > 0) Or (SenohCpl > 0 And jSenohCpl < 0) Then
    SenohCplcis = Atn(jSenohCpl / SenohCpl) * agrad
ElseIf SenohCpl < 0 And jSenohCpl > 0 Then
    SenohCplcis = 180 + (Atn(jSenohCpl / SenohCpl) * agrad)
ElseIf SenohCpl < 0 And jSenohCpl < 0 Then
    SenohCplcis = (180 - (Atn(jSenohCpl / SenohCpl) * agrad)) * -1
End If

CosenohCpl = CosenohAlfal * Cos(jBetal)
jCosenohCpl = SenohAlfal * Sin(jBetal)
CosenohCplmod = Sqr((CosenohCpl ^ 2) + (jCosenohCpl ^ 2))
If (CosenohCpl > 0 And jCosenohCpl > 0) Or (CosenohCpl > 0 And jCosenohCpl < 0) Then
    CosenohCplcis = Atn(jCosenohCpl / CosenohCpl) * agrad
ElseIf CosenohCpl < 0 And jCosenohCpl > 0 Then
    CosenohCplcis = 180 + (Atn(jCosenohCpl / CosenohCpl) * agrad)
ElseIf CosenohCpl < 0 And jCosenohCpl < 0 Then
    CosenohCplcis = (180 - (Atn(jCosenohCpl / CosenohCpl) * agrad)) * -1
End If

Amod = CosenohCplmod
Acis = CosenohCplcis
Bmod = Zcmod * SenohCplmod
Bcis = Zccis + SenohCplcis
Cmod = SenohCplmod / Zcmod
Ccis = SenohCplcis - Zccis
Dmod = Amod
Dcis = Acis

'Solucion de la linea larga
AVgmod = Amod * Vg
AVgcis = Acis + 0
AVg = AVgmod * Cos(AVgcis * arad)
jAVg = AVgmod * Sin(AVgcis * arad)
Blgmod = Bmod * Igmod
Blgcis = Bcis + Igcis
Blg = Blgmod * Cos(Blgcis * arad)

```

```

jBIg = BIgmod * Sin(BIgcis * arad)
Vr = AVg - BIg
jVr = jAVg - jBIg
Vrmod = Sqr((Vr ^ 2) + (jVr ^ 2))
If (Vr > 0 And jVr > 0) Or (Vr > 0 And jVr < 0) Then
    Vrcis = Atn(jVr / Vr) * agrad
Elseif Vr < 0 And jVr > 0 Then
    Vrcis = 180 + (Atn(jVr / Vr) * agrad)
Elseif Vr < 0 And jVr < 0 Then
    Vrcis = (180 - (Atn(jVr / Vr) * agrad)) * -1
End If
CVgmod = Cmod * Vg
CVgcis = Ccis + 0
CVg = CVgmod * Cos(CVgcis * arad)
jCVg = CVgmod * Sin(CVgcis * arad)
DIgmod = Dmod * Igmod
DIgcis = Dcis + Igcis
DIg = DIgmod * Cos(DIgcis * arad)
jDIg = DIgmod * Sin(DIgcis * arad)
Ir = DIg - CVg
jIr = jDIg - jCVg
Irmmod = Sqr((Ir ^ 2) + (jIr ^ 2))
If (Ir > 0 And jIr > 0) Or (Ir > 0 And jIr < 0) Then
    Ircis = Atn(jIr / Ir) * agrad
Elseif Ir < 0 And jIr > 0 Then
    Ircis = 180 + (Atn(jIr / Ir) * agrad)
Elseif Ir < 0 And jIr < 0 Then
    Ircis = (180 - (Atn(jIr / Ir) * agrad)) * -1
End If
'Se calcula el voltaje en vacio
Vormod = Vrmod / Amod
'Se calcula la regulacion de voltaje
Reg = (Vormod - Vrmod) / (Vrmod * .01)
End If

```

De los tres códigos anteriores se pueden hacer los siguientes comentarios.

- Las variables en coordenadas polares se identifican por la terminación mod y cis. Las variables en coordenadas rectangulares no incluyen terminación ni anteposición alguna de letra o frase en su parte real y en la parte compleja se les reconoce por la anteposición de la letra "j".
- Los ángulos obtenidos a partir del arco tangente no tienen por si solos una definición del cuadrante que realmente les corresponde ocupar. El algoritmo que se diseñó para corregir este problema se basa en lo siguiente:

Si la parte real del número complejo es positiva, no importando el signo de la parte imaginaria, entonces el ángulo obtenido del arco tangente es el correcto. El ángulo está situado en el primer o cuarto cuadrante.

Si la parte real del número complejo es negativa, siendo positiva la parte imaginaria, entonces el ángulo obtenido del arco tangente debe sumársele 180 grados, puesto que le corresponde estar en el segundo cuadrante.

Si la parte real del número complejo es negativa, siendo también negativa la parte imaginaria, entonces el ángulo del arco tangente debe restársele 180 grados y multiplicársele por menos uno, puesto que le corresponde estar en el tercer cuadrante.

No se incluyen los demás casos dado que no son necesarios para la aplicación.

- No se creó un procedimiento en el módulo Delta del cálculo de la regulación de voltaje puesto que las consideraciones para obtener el voltaje en vacío cambian significativamente de un tipo de línea a otro.
- En algunas partes del código en donde se realizan sumas de ángulos, se dejó expresado una cantidad igual a cero como punto de referencia para la variable que carece de ángulo.
- Como ejemplo ilustrativo, el algoritmo del código para parámetros distribuidos en líneas largas en forma simple es el siguiente:

Se calcula la constante de propagación por unidad de longitud (C_{plmod} y C_{plcis}), la impedancia característica (Z_{cmod} y Z_{ccis}), y las relaciones para obtener las funciones del Coshyℓ ($CosenohC_{plmod}$ y $CosenohC_{plcis}$) y $Senohyℓ$ ($SenohC_{plmod}$ y $SenohC_{plcis}$).

A partir de los resultados de los cálculos anteriores, se obtienen las constantes de la red de cuatro puertos A (Amod y Acis), B (Bmod y Bcis), C (Cmod y Ccis) y D (Dmod y Dcis).

Se sustituyen las constantes, los valores de voltaje y de corriente del extremo conocido en las fórmulas correspondientes del extremo a calcular.

Se obtienen los valores de corriente (I_g ó I_r) y voltaje (V_g ó V_r) del extremo que se está determinando, se calcula el voltaje en vacío (V_{romod} ó V_{gomod}) y se calcula la regulación de voltaje (Reg).

La etapa final del cálculo se puede observar en la figura 2.14.

De este último diagrama de flujo podemos hacer los siguientes comentarios.

- La asignación de etiquetas de identificación de resultados se realiza para:

Mostrar en la pantalla de resultados finales las etiquetas que definan el prefijo correcto de las unidades de las variables calculadas, si deben estar expresadas en kilo o mega.

Definir la etiqueta que mostrara el tipo de factor de potencia que le corresponde a el extremo de la línea calculado (atrasado o adelantado).

Hacer visibles en las pantallas de resultados parciales las etiquetas correctas para identificar a que extremo de la línea corresponde la magnitud observada. Tal es el caso del voltaje al neutro y de la corriente.

- Para direccionar un valor se debe indicar en el código primero el nombre de la forma hacia donde se dirige el resultado, luego el nombre de la etiqueta en donde será exhibido, luego la propiedad de exhibición y finalmente se iguala toda la declaración con la variable que contiene el valor.

- La preparación del análisis de la línea se basa en la comparación de los resultados obtenidos para el ángulo de estabilidad, factor de potencia, eficiencia y regulación de voltaje, con una serie de rangos que permitan hacer un estudio cualitativo de los mismos. Esto es, por ejemplo, si la eficiencia de la línea cae dentro de un rango que este comprendido entre 90 y 100 %, se dice que tiene un nivel "alto". Por el contrario, un valor de factor de potencia que este por debajo de 0.8 se dice que es "malo".

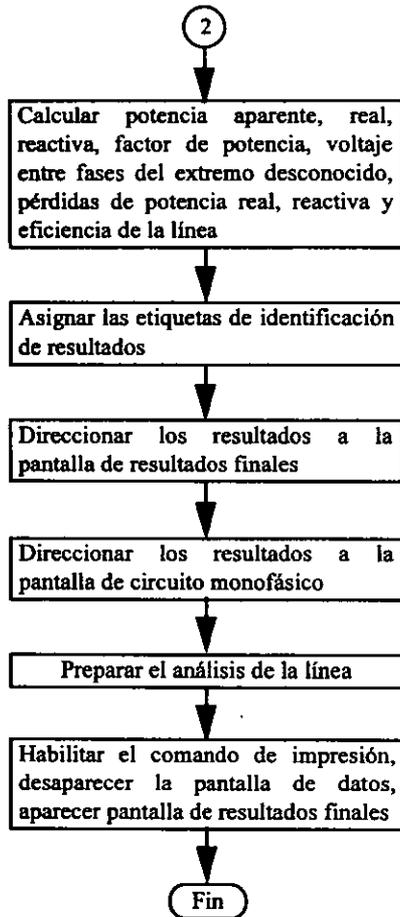


Figura 2.14. Diagrama de flujo para la etapa final de cálculo (presentación de resultados).

La manera de presentar este análisis en pantalla se logra intercalando entre oraciones fijas, palabras como “bueno”, “regular”, “malo”, “alto”, “medio”, “bajo” exhibiéndolas a través de etiquetas. Esto origina un párrafo completo y una idea de los resultados obtenidos.

A continuación mostramos parte del código correspondiente, con estas últimas observaciones:

```
'Se calcula Pr y Qr
VLr = Sqr(3) * Vrmod / 1000
Srmod = 3 * Irmmod * Vrmod / Ajuste
Srcis = (-Ircis) + Vrcis
Fpr = Abs(Cos(Srcis * arad))
Pr = (Srmod * Cos(Srcis * arad)) * KM
Qr = (Srmod * Sin(Srcis * arad)) * KM
'Se valuan las perdidas reales y reactivas de la línea
Pw = (Pg - Pr) / KM
Qvar = (Qg - Qr) / KM
'Se evalua el ángulo de defasamiento entre voltajes de línea
VABcis = Vrcis + 30
VBCCcis = Vrcis - 90
VCAcis = Vrcis + 150
'Se evalua la eficiencia
n = Pr / Pg
```

- Para mostrar los resultados de acuerdo a los prefijos exhibidos por las etiquetas, se vuelve a multiplicar o dividir por el factor KM.
- Para obtener el ángulo de la potencia aparente del lado receptor, se suman los ángulos del voltaje y la corriente cambiandosele a este ultimo de signo.

2.6.3.4. Depuración de la aplicación

Durante el desarrollo de la aplicación, se presentaron los siguientes errores al escribir código.

- **Errores de compilación.** Son errores causados por una incorrecta construcción del código que viola las reglas del lenguaje. Estos incluyen errores de sintaxis. Cuando se ingresa código en la ventana Código, Visual Basic revisa la sintaxis cuando se finaliza una línea. Si se ha cometido un error, se exhibe un mensaje de error.
- **Errores en ejecución.** Errores que Visual Basic puede detectar mientras la aplicación está en ejecución. Si Visual Basic detecta un error en el código, detiene su ejecución. El cursor aparece en la línea de código que contiene el error y un mensaje de error es exhibido.
- **Errores en lógica.** Son errores que causan un resultado incorrecto o que impiden a la aplicación ejecutarse de la manera que se esperaba, pudiendo ser desde una variable no declarada hasta una declaración cuya sintaxis es correcta pero cuyo resultado no es el esperado.

Para asegurar que la aplicación este libre de errores, se realizaron las siguientes acciones:

- Usar valores numericos grandes y pequeños para obtener los límites de la aplicación.
- Pedir a otras personas trabajar con la aplicación, para que estas encuentren problemas en el diseño ó descubrir errores en la programación que no se habían anticipado.
- Revisar que la aplicación maneje correctamente los datos que recibe.
- Probar como la aplicación responde a errores de manejo.

2.6.3.5. Proceso de creación del disco maestro de distribución de la aplicación

Para crear el disco maestro de distribución de la aplicación Delta, se empleó el Setup Wizard, que es una herramienta de Visual Basic para la creación de discos maestros de distribución de aplicaciones y que se aplica en seis pasos. En ella el programador puede indicar que otros archivos requiere la aplicación así como el tipo de discos en los cuales estará contenida.

CAPÍTULO 3

GUÍA DEL USUARIO DE LA APLICACIÓN DELTA

3.1. Introducción

La presente guía del usuario se encuentra dividida en tres partes:

1. Instalación de la aplicación.
2. Manejo de cada una de sus opciones, explicadas detalladamente con ejemplos resueltos:

Cálculo de resistencia eléctrica, Cálculo de inductancia y reactancia inductiva, Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva, Cálculo del extremo generador y análisis de la línea, Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea.

3. Ayuda de Delta.

No es propósito de esta guía incluir explicaciones exhaustivas sobre el uso del sistema operativo, del administrador de programas Windows, del ratón y del teclado, puesto que son cuestiones que el usuario debe conocer.

Se sugiere leer esta guía de manera continua si es la primera vez que se tiene contacto con la aplicación. Cuando este más familiarizado con ella, podrá hacer revisiones de secciones particulares.

3.2. Instalación de la aplicación

Para realizar este procedimiento, se requiere que la computadora personal cubra los siguientes requisitos: Windows versión 3.1 ó superior y disponibilidad de 2 megabytes como mínimo en memoria de disco duro.

Los procedimientos aquí utilizados, no solo en la instalación, sino también en la forma de operación de la aplicación, son compatibles con cualquiera de las versiones de Windows requeridas. Pero independientemente de todo lo anterior, solo nos centraremos en la versión 3.1.

Para comenzar la instalación, deberá tener en ejecución al ambiente Windows. No podrá dar de alta (Setup) a la aplicación desde el sistema operativo. Utilice los siguientes pasos:

1. A partir del “Administrador de programas”, abra la ventana de “Principal” y entre en el “Administrador de archivos”.
2. Introduzca el disco que contiene la aplicación en el drive “A” de su computadora. Una vez hecho lo anterior, cambie de unidad activa (que actualmente debe ser C:\) a A:\.
3. Con el ratón o el teclado, localice el archivo SETUP.EXE. De un doble clic en este archivo, o bien pulse la tecla “Enter” una vez situado el foco en él. Por un instante aparecerá una pequeña ventana indicando el inicio de la instalación.
4. Pasados algunos segundos, se abrirá una nueva ventana llamada Delta Setup. En esta parte se le preguntará si desea cambiar el direccionamiento del subdirectorio cuyo nombre será DELTA, y que se creará para ubicar la aplicación. También tiene la opción de cancelar la instalación. Por omisión, se hará la instalación en el directorio raíz: C:\ DELTA.

Si no piensa realizar algún cambio, oprima el botón Continuar, haciendo un clic en el ratón ó presionando la tecla ‘Enter’. En este instante Delta Setup creará el subdirectorio DELTA y cargará en él todos los archivos de su disco de instalación. Una vez finalizado lo anterior, Delta Setup le enviará un mensaje confirmando que se ha completado la instalación. Oprima el botón “Aceptar”. Esta última acción le regresará nuevamente al Administrador de archivos.

5. Ahora cierre el Administrador de archivos así como la ventana de Principal, y encontrará en el Administrador de programas el ícono asignado por Windows a la aplicación y que aparece con el título DELTA. En este momento ya se encuentra disponible la aplicación.

3.3. Procedimientos para ejecutar la aplicación

Existen 3 formas básicas: desde el sistema operativo, desde el Administrador de programas o desde el Administrador de archivos.

Nosotros nos concretaremos por hacerlo desde el Administrador de programas por lo que se deben seguir los siguientes pasos:

1. Haga doble clic sobre el ícono asignado a la aplicación para abrir la ventana que recibe el nombre DELTA.
2. Una vez abierta dicha ventana, haga nuevamente un doble clic sobre el ícono en forma de torre. Esto hará que se ejecute la aplicación.

3.4. Como manejar la aplicación

Cuando se ejecuta la aplicación, primeramente se ingresa a la presentación de la misma. Para pasar al menú, simplemente espere un momento.

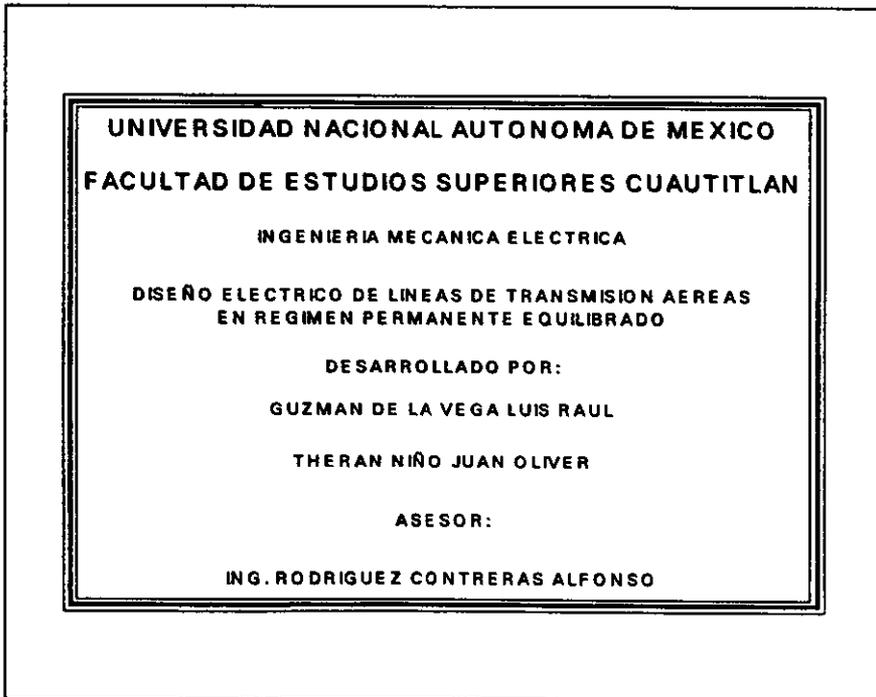


Figura 3.1. Presentación de la aplicación Delta.

3.4.1. Menú de la aplicación Delta

Contiene cinco opciones de cálculo de las cuales se puede hacer uso, una a la vez. Para iniciar un cálculo solo deberá oprimir el botón adjunto a la opción a la cual se desee ingresar, y si se quiere salir de la aplicación, solo oprima el botón correspondiente. Todo ejercicio que se quiera resolver ó comprobar a través de esta aplicación, deberá estar expresado en el Sistema Internacional de Unidades.

A continuación se muestra la forma de operación de cada una de las opciones de este menú.

Menú de la aplicación Delta

Seleccione un cálculo

<input type="checkbox"/>	Cálculo de resistencia eléctrica	<input type="checkbox"/>	Cálculo del extremo generador y análisis de la línea
<input type="checkbox"/>	Cálculo de inductancia y reactancia inductiva	<input type="checkbox"/>	Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea
<input type="checkbox"/>	Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva		

Salir de Delta

Figura 3.2. Menú de la aplicación Delta.

Nota. De aquí en adelante, siempre se hará alusión al empleo del ratón para cualquier acción. Salvo en algunos casos, el uso de teclas se resume de la forma siguiente: para seleccionar un título de la barra de menú, presione la tecla "ALT" más la letra subrayada del nombre del título; para moverse dentro de una ventana activa o de un cuadro de diálogo, utilice la tecla del tabulador; para elegir un botón de opción, utilice las teclas marcadas con flechas.

2. Deberá iniciar introduciendo siempre como primer dato la Longitud de la línea en el cuadro de texto correspondiente, pulsando luego la tecla "Enter". Esta acción es necesaria para que la aplicación determine la Clasificación de la línea que se está utilizando y así habilitar los controles necesarios. A lo largo de la aplicación se tendrá que tener muy presente esta operación, pues se aplica también a las otras opciones del menú de la aplicación.

Introduzca en el cuadro de texto los 20 kilómetros del ejemplo y oprima la tecla "Enter". A continuación a la derecha obtendremos la Clasificación de la línea, que es corta.

3. El siguiente paso corresponde a indicar el número de circuitos trifásicos y el número de conductores por fase. Por omisión, siempre estará seleccionado un circuito trifásico con un conductor por fase. Tiene opción a elegir para un circuito trifásico hasta cuatro conductores por fase y hasta dos conductores por fase para dos circuitos trifásicos en paralelos. Seleccione dos circuitos trifásicos y dos conductores por fase.

4. A continuación se presenta el catálogo de "Cable conductor de cobre, temple duro". Por omisión, siempre será este el catálogo con el que inicie la ventana de Cálculo de resistencia eléctrica. Delta ofrece tres tipos de catálogos para líneas cortas, y uno para líneas medianas y largas.

Para realizar el cambio de catálogo, debemos acudir a la barra de menú y utilizar el título "Catálogo". Pulse en él y aparecerá el comando "Material y tipo de conductores...". Haga también clic en este último y se abrirá el siguiente cuadro de diálogo:

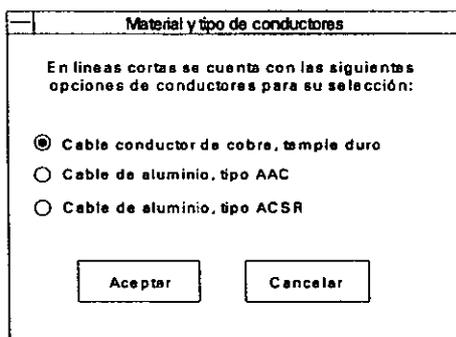


Figura 3.4. Cuadro de diálogo "Material y tipo de conductores..." para líneas cortas.

Aquí debe hacer la indicación del catálogo que necesitamos.

5. Seleccione la opción “Cable de aluminio, tipo AAC”.

6. Pulse el botón “Aceptar” y automáticamente se hará el cambio.

Nota. El botón “Cancelar” solo cerrará la ventana activa sin modificación alguna de los parámetros que se encuentren seleccionados.

En el caso de que la línea fuese mediana ó larga, el cuadro de diálogo mostrado debe ser el siguiente:

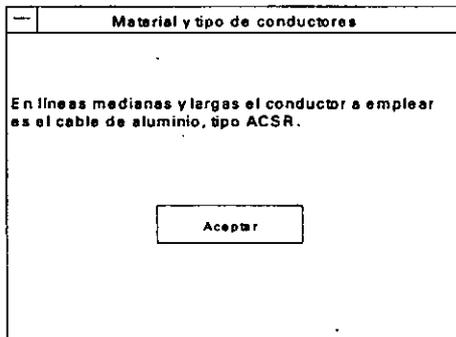


Figura 3.5. Cuadro de diálogo “Material y tipo de conductores...” para líneas medianas y largas.

7. Cambiado el catálogo, debemos designar ahora el conductor. Del cuadro de selección llamado “Cable conductor de aluminio, tipo AAC” escoja el conductor Rose. Note que el valor de resistencia eléctrica que presenta el catálogo para este conductor se obtuvo a la temperatura de 20 grados centígrados.

8. Oprima el botón “Aceptar”.

El aspecto final de la ventana deberá ser el de la figura 3.6. La aplicación ha obtenido un valor de resistencia eléctrica de 0.01485 ohms/kilómetro de fase, a una temperatura de 20 grados centígrados.

Delta-Cálculo de resistencia eléctrica(datos y resultados)						
Archivo	Catálogo	Corrección	Regresar	Ayuda		
Cálculo de resistencia eléctrica (datos y resultados)						
Longitud de la línea: <input type="text" value="20"/> Kilómetros			Clasificación de la línea: Corta			
Circuitos trifásicos: <input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2						
Conductores por fase: <input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2						
Cable conductor de aluminio, tipo AAC						
Código o designación	Calibre AWG ó KCM	Número de alambres	Área de la sección transversal nominal del cable Milímetros cuadrados	Resistencia eléctrica c.d. a 20° C Ohms/kilómetro	Capacidad de conducción de corriente Amperes	
ROSE	4	7	21.15	1.3633	138	
<input type="button" value="Calcular"/>						
Resistencia eléctrica:			.0594	Ohms/kilómetro de conductor		
Resistencia eléctrica:			.01485	Ohms/kilómetro de fase		
Resistencia eléctrica:			.297	Ohms/fase		

Figura 3.6. Ventana con datos y resultados del ejemplo 1.

Ejemplo 2

Se tiene una línea de transmisión de 20 kilómetros de longitud consistente en dos circuitos trifásicos. Cada fase de cada circuito está constituida por dos cables cables de aluminio, tipo AAC designación Magnolia, con una temperatura de operación a todo lo largo de la línea de 25 grados centígrados. Se requiere evaluar la resistencia eléctrica en ohms/kilómetro de fase.

Para obtener el valor indicado siga los siguientes pasos:

1. Ya que la longitud de la línea, el número de circuitos trifásicos, de conductores por fase y el catálogo son los mismos, seleccione de este último el cable con designación Magnolia.

2. Pulse de la barra de menú el título “Corrección”, esto desplegara dos comandos llamados “Ninguna” y “Por temperatura”. De un clic en este último y se presentara un nuevo cuadro de texto situado por debajo del catálogo de conductores de aluminio, tipo AAC.

Nota. Si en su caso no deseara hacer “Ninguna corrección”, entonces solo oprima este comando y desaparecerá el cuadro de texto.

3. Introduzca el valor de la temperatura a la cual se tendrá que corregir la resistencia eléctrica: 25 grados centigrados. Pulse nuevamente el botón “Calcular” (ver figura 3.7).

Esta fue la fase final del cálculo y se determino el valor de resistencia buscado, que es de 1.4551E-02 ohms/kilómetro de fase (redondeado).

Delta-Cálculo de resistencia eléctrica(datos y resultados)					
Archivo	Catálogo	Corrección	Regresar	Ayuda	
Cálculo de resistencia eléctrica (datos y resultados)					
Longitud de la línea:		<input type="text" value="20"/>	Kilómetros		Clasificación de la línea: Corta
Circuitos trifásicos:		<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2		
Conductores por fase:		<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2		
Cable conductor de aluminio, tipo AAC					
Código o designación	Calibre AWG ó KCM	Número de alambres	Area de la sección transversal nominal del cable Milímetros cuadrados	Resistencia eléctrica c.d. a 20° C Ohms/kilómetro	Capacidad de conducción de corriente Amperes
Magnolia	954.0	37	483.4	0.0594	982
Temperatura a la que se calculará la resistencia eléctrica:		<input type="text" value="25"/>	grados centigrados		
<input type="button" value="Calcular"/>					
Resistencia eléctrica:		5.82029020556227E-02		Ohms/kilómetro de conductor	
Resistencia eléctrica:		1.45507255139067E-02		Ohms/kilómetro de fase	
Resistencia eléctrica:		.291014510278114		Ohms/fase	

Figura 3.7. Ventana con datos y resultados del ejemplo 2.

Podemos regresar al menú o bien cerrar la aplicación, pero nos ocuparemos de dos comandos muy importantes que se encuentran contenidos en el título “Archivo” de la barra de menú llamados “Trasladar resultado” e “Imprimir”.

El comando “Trasladar resultado” tiene esa finalidad al transportar el resultado a las opciones de cálculo del extremo generador o extremo receptor para un problema más completo. No estará disponible hasta haber realizado un cálculo. Haga clic en ‘Archivo’ y luego pulse sobre el comando ‘Trasladar resultado’. Esto abrirá el cuadro de diálogo de la figura 3.8.

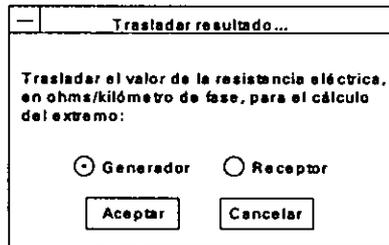


Figura 3.8. Cuadro de diálogo Trasladar resultado.

Para efectos del ejemplo considere que se desea trasladar el resultado a la opción de “Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea”. Entonces deberá hacer clic en el botón de opción “Receptor”. Una vez hecho el cambio, oprima el botón ‘Aceptar’ y automáticamente el resultado será trasladado.

Nota. Sin embargo, usted no lo visualizará hasta que ingrese a la opción hacia donde trasladó el resultado. En el caso de la resistencia y reactancia inductiva, las unidades del valor trasladado estarán en ohms/kilómetro de fase. En la reactancia capacitiva se hará en ohms kilómetro/fase.

El comando “Imprimir” permitirá esta posibilidad solo si se ha realizado un cálculo, de otra manera estará desactivado. Si tiene una impresora en línea, imprima el ejemplo desarrollado anteriormente. Esto lo puede hacer simplemente pulsando con el ratón en dicho comando.

Nota. El comando de impresión solo imprimirá aquello que se muestra en pantalla.

Para regresar al menú de la aplicación, pulse sobre el título “Regresar” y luego en el comando “Al Menú”.

Para salir de la aplicación, utilice el comando “Salir de Delta” que se encuentra en el título “Archivo”.

3.4.3. Cálculo de inductancia y reactancia inductiva

En esta opción de cálculo, los datos y resultados se encuentran en ventanas diferentes. Para explicar esta sección, recurriremos al siguiente ejemplo:

Ejemplo 3

Se tiene una línea de transmisión de un circuito trifásico con dos conductores por fase, como se indica en la figura 3.9 cuyas acotaciones se encuentran en metros. Los seis conductores son de aluminio tipo ACSR designación Ostrich. La longitud de la línea es de 120 kilómetros y la frecuencia del sistema 60 ciclos por segundo. Calcular la inductancia y la reactancia inductiva en ohms/kilómetro de fase.

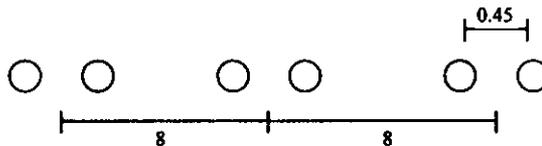


Figura 3.9. Disposición de los conductores de la línea del ejemplo 3.

Para obtener el valor de la inductancia y la reactancia inductiva buscados, debemos introducir los datos de la siguiente forma:

1. Oprima el botón adjunto a la opción “Cálculo de inductancia y reactancia inductiva”, y espere un momento. Esto abrirá una ventana previa al cálculo llamada “Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (Opciones)” (figura 3.10). Por omisión, esta mostrará siempre en un inicio seleccionados “Tipo de arreglo: Predeterminados”, “Número de circuitos trifásicos: 1” y “Selección de disposición de circuito(s) trifásico(s) Horizontal”.

Cuando se seleccionan “2” circuitos trifásicos, los esquemas de selección presentes cambian a dos circuitos en paralelo, tal como se muestra en la figura 3.11. La opción para los arreglos “Libres” la estudiaremos más adelante.

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (Opciones)

Tipo de arreglo: Predeterminado Libre

Número de circuitos trifásicos: 1 2

Selección de disposición de circuito(s) trifásico(s)

Predeterminados

Horizontal Vertical Triangular 1 Triangular 2

Figura 3.10. Ventana “Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (Opciones)” mostrando arreglos predeterminados de un circuito trifásico.

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (Opciones)

Tipo de arreglo: Predeterminado Libre

Número de circuitos trifásicos: 1 2

Selección de disposición de circuito(s) trifásico(s)

Predeterminados

Rectangular Trapezoidal Hexagonal

Figura 3.11. Ventana “Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (Opciones)” mostrando arreglos predeterminados de dos circuitos trifásicos.

2. Dado que la ventana de la figura 3.10 contiene ya indicadas las opciones que necesitamos, pulse con el ratón en el botón "Aceptar". A continuación se abrirá la ventana de la figura 3.12 correspondiente al Cálculo de la inductancia y reactancia inductiva.

Delta-Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (datos)

Archivo Catálogo Conductores Regresar Ayuda

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (datos)

Longitud de la línea: Kilómetros Clasificación de la línea:

Frecuencia del sistema: ciclos por segundo

Cable conductor de cobre, temple duro

Calibre AWG ó KCM	Número de alambres	Diámetro nominal del cable Milímetros	Capacidad de conducción de corriente Amperes
1/0	7	9.35	310

Distancia entre fases 1 (d11): metros

Figura 3.12. Ventana para el Cálculo de inductancia y reactancia inductiva de un circuito trifásico con disposición horizontal.

De la ventana de la figura 3.12 el catálogo por omisión siempre es el de "Cable conductor de cobre, temple duro" y el esquema mostrado corresponde a la disposición de los conductores que se especificó en la ventana de "Opciones".

3. Teclee en el cuadro de texto la Longitud de la línea (120 kilómetros), y después oprima la tecla 'Enter'. Debe haber notado que el catálogo de "Cable conductor de cobre, temple duro" fue substituido automáticamente por el de "Cable conductor de aluminio, tipo ACSR" después que oprimió la tecla 'Enter'

4. Ahora continúe introduciendo la frecuencia del sistema (60 ciclos por segundo).

5. Seleccione del catálogo el conductor Ostrich.

Nota. El cambio de catálogo se hace de igual forma que en la ventana de Cálculo de resistencia eléctrica.

6. El siguiente paso consiste en especificar la cantidad de conductores por fase. En la barra de menú (vea figura 3.12) existe un título que dice 'Conductores'. Haga clic en él y se desplegarán varios comandos que indican la cantidad a considerar. Nosotros solo necesitamos 'Dos por fase', puesto que así lo requiere el ejemplo. De un clic en este comando.

Ahora continúe introduciendo las longitudes de la figura 3.9 en los correspondientes cuadros de texto: a $df1$ le corresponden 8 metros y a dcf los 0.45 metros. El aspecto final de la ventana deberá ser igual al de la figura 3.13.

Delta-Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (datos)

Archivo Catálogo Conductores Regresar Ayuda

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (datos)

Longitud de la línea: Kilómetros Clasificación de la línea: Mediana

Frecuencia del sistema: ciclos por segundo

Cable conductor de aluminio, tipo ACSR

Código o designación	Calibre AWG ó KCM	Número de alambres		Diámetro nominal del cable Milímetros	Capacidad de conducción de corriente Amperes
		Aluminio	Acero		
OSTRICH	300	26	7	17.27	492

Distancia entre fases 1($df1$): metros

Distancia entre conductores de fase (dcf): metros

Figura 3.13. Ventana con datos del ejemplo 3.

7. Oprima el botón "Calcular" y los resultados se exhibirán como se observa en la ventana de la figura 3.14.

Delta - Inductancia y reactancia inductiva (resultados)		
Archivo	Regresar	Ayuda
Inductancia y reactancia inductiva (resultados)		
Distancia media geométrica:	10.079368399159	metros
Radio medio geométrico del conductor:	6.985715	milímetros
Radio medio geométrico:	5.60875641525472E-02	metros
Inductancia:	1.03707678790638E-03	henrys/kilómetro de fase
Reactancia inductiva:	.390968730682643	ohms/kilómetro de fase
Reactancia inductiva:	48.9162476819172	ohms/fase
Reactancia inductiva:	93.8324953638344	ohms/conductor

Figura 3.14. Ventana con resultados del ejemplo 3.

Una vez resuelto el ejemplo anterior, se tienen varias alternativas: regresar al menú principal ó ir a la pantalla de datos para imprimirla ó reiniciar otro cálculo, abrir nuevamente la ventana de "Opciones" para modificar las características del cálculo, imprimir los resultados o bien trasladar el valor de la reactancia inductiva.

Le recomiendo consultar el título 'Ayuda' localizado en la barra de menú para complementar la información acerca de todas estas opciones ó también puede hacerlo en esta Guía en el apartado correspondiente. Nosotros abriremos nuevamente la ventana de opciones, puesto que realizaremos un ejemplo para un tipo de arreglo libre con el ejemplo anterior:

1. Haga clic en el título "Regresar" y luego en "A Opciones". Esto desplegará nuevamente la ventana de la figura 3.10.
2. Elija de ella "Tipo de arreglo: Libre" y el aspecto nuevo presentado será el de la figura 3.15.

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (Opciones)

Tipo de arreglo: Predeterminado Libre

Número de circuitos trifásicos: 1 2

Selección de disposición de circuito(s) trifásico(s)

En la opción "Tipo de arreglo: Libre" no existe Selección de disposición de circuito(s) trifásico(s). Si está seguro de su elección presione el botón Aceptar.

Figura 3.15. Ventana "Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (Opciones)" mostrando mensaje de arreglos libres de un circuito trifásico.

La característica principal de realizar un cálculo por arreglos libres es la posibilidad de disponer los conductores de la línea de acuerdo a nuestras necesidades. Es por ello que no existen esquemas para seleccionar en este tipo de arreglo.

3. A continuación debemos especificar la cantidad de circuitos trifásicos, que en nuestro caso es solo uno.

4. Después de hacerlo, oprima el botón "Aceptar" y esto abrirá la ventana para el Cálculo de inductancia y reactancia inductiva pero para arreglos libres de un circuito trifásico (figura 3.16).

Observe que sus características son semejantes a las de la ventana de la figura 3.12, solo que con unas cuantas modificaciones y sin figura. Introduzca en ella los datos de la línea que venimos utilizando: 120 kilómetros (no olvide oprimir la tecla "Enter" después de esto) a una frecuencia de 60 ciclos por segundo. Cuando indique que quiere dos conductores por fase, aparecerá una nueva cuadro de texto en donde tendrá que insertar la distancia entre conductores de una misma fase (da1a2).

Delta-Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (datos)			
Archivo	Catálogo	Bregresar	Ayuda
Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (datos)			
Longitud de la línea:	<input type="text"/>	Kilómetros	Clasificación de la línea:
Frecuencia del sistema:	<input type="text"/>	ciclos por segundo	
Conductores por fase:	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4		
Cable conductor de cobre, temple duro			
Calibre AWG 6 KCM	Número de alambres	Diámetro nominal del cable Milímetros	Capacidad de conducción de corriente Amperes
<input type="text" value="1/0"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="9.35"/>	<input type="text" value="310"/>
Disposición del circuito trifásico			
Distancia entre fases a y b (dab):	<input type="text"/>	metros	
Distancia entre fases b y c (dbc):	<input type="text"/>	metros	
Distancia entre fases a y c (dac):	<input type="text"/>	metros	
<input type="button" value="Calcular"/>			

Figura 3.16. Ventana de Cálculo de inductancia y reactancia inductiva para arreglos libres de un circuito trifásico.

Elija del catálogo de cable conductor de aluminio, tipo ACSR, el de designación Ostrich. La distancia entre fases “a” y “b” (dab) es 8 metros, entre “b” y “c” (dbc) es de 8 metros, entre “a” y “c” (dac) es de 16 metros y entre conductores de la fase “a” (da1a2) es de 0.45 metros. Las distancias entre fases se calcularon suponiendo la fase “a” en el extremo derecho del circuito de la figura 3.9. La ventana deberá verse como en la figura 3.17.

5. Oprima el botón “Calcular” y los resultados serán exactamente iguales a los exhibidos en la ventana de la figura 3.14.

Nota. En el cálculo por arreglos libres, las distancias entre fases deberán ser evaluadas por el usuario previamente.

Delta-Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (datos)

Archivo Catálogo Regresar Ayuda

Cálculo de inductancia y reactancia inductiva (datos)

Longitud de la línea: Kilómetros Clasificación de la línea: Mediana

Frecuencia del sistema: ciclos por segundo

Conductores por fase: 1 2 3 4

Cable conductor de aluminio, tipo ACSR

Código o designación	Calibre AWG ó KCM	Número de alambres		Diámetro nominal del cable Milímetros	Capacidad de conducción de corriente Amperes	
		Aluminio	Acero			
OSTRICH	300	26	7	17.27	492	

Disposición del circuito trifásico

Distancia entre fases a y b [dab]: metros

Distancia entre fases b y c [dbc]: metros

Distancia entre fases a y c [dac]: metros

Distancia entre conductores de fase [da1a2]: metros

Figura 3.17. Ventana con datos del ejemplo 3 usando la opción de arreglo libre de un circuito trifásico.

Ahora terminada esta fase de cálculo, puede considerar cualquiera de las tres alternativas anteriormente mencionadas. Nosotros elegimos la primera para regresar al menú de la aplicación.

3.4.4. Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva

Ejemplo 4

Se tiene una línea de 250 kilómetros de longitud con dos circuitos trifásicos en paralelo con dos conductores por fase, como se indica en la figura adjunta cuyas acotaciones se encuentran en metros.

Los conductores son de aluminio, tipo ACSR designación Ostrich. La frecuencia del sistema es de 60 ciclos por segundo, la altura de soporte de 21.5 metros y la flecha de los conductores estimada a 20 grados centígrados puede considerarse de 12.04 metros.

Calcular la capacitancia y la reactancia capacitiva con corrección por efecto de tierra en ohms kilómetro/fase.

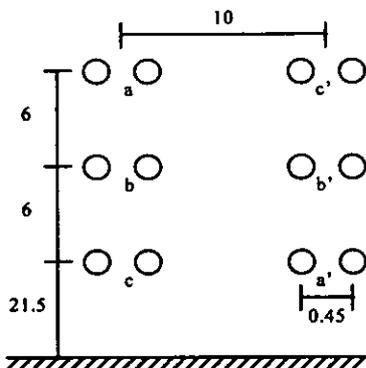


Figura 3.18. Disposición de los conductores para la línea del ejemplo 4.

Para obtener los valor solicitados, realice los siguientes pasos:

1. Oprima el botón adjunto a la opción "Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva", y espere un momento. Ante usted se volverá a abrir la ventana de figura 3.10 , solo que ahora se llama "Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (Opciones)". La forma de operación de este tipo de ventana fue descrita en la sección de "Cálculo de inductancia y reactancia inductiva".
2. Seleccione en tipo de arreglo "Predeterminado".
3. Seleccione en número de circuitos trifásicos "2".
4. Después elija en "Selección de disposición de circuito(s) trifásico(s)" la opción "Rectangular".
5. Oprima el botón "Aceptar". Aparece la ventana para el "Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (datos)" (figura 3.19).
6. Introduzca en el cuadro de texto la Longitud de la línea (250 kilómetros) y después oprima la tecla 'Enter'.
7. Ahora continúe con la frecuencia del sistema (60 ciclos por segundo).

8. Del catálogo de conductores mostrado escoja el conductor Ostrich.

Delta-Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (datos)

Archivo Conductores Corrección Eses Regresar Ayuda

Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (datos)

Longitud de la línea: Kilómetros Clasificación de la línea:

Frecuencia del sistema: ciclos por segundo

Cable conductor de aluminio, tipo ACSR

Código o designación	Calibre AWG ó KCM	Número de alambres		Diámetro nominal del cable Milímetros	Capacidad de conducción de corriente Amperes
		Aluminio	Acero		
WREN	8	6	1	3.90	70

Distancia entre fases 1 (df1): metros

Distancia entre fases 2 (df2): metros

Distancia entre fases 3 (df3): metros

df2

df3

Posición de fases 1

Figura 3.19. Ventana para el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva de dos circuitos trifásicos con disposición rectangular.

9. Para indicar la cantidad de conductores por fase busque en la barra de menú (ver figura 3.19) el título "Conductores". Al dar un clic en este título, se desplegarán varios comandos que describen la cantidad a considerar. Nosotros necesitamos 'Dos por fase', así que de otro clic en este.

10. Introduzca ahora las longitudes de la figura 3.18 en los cuadros de texto df1 (10 metros), df2 (6 metros), df3 (6 metros) y dcf (0.45 metros).

11. Ya que el ejemplo pide realizar una corrección de la capacitancia por efecto de tierra, debemos recurrir al título "Corrección" que se encuentra en la barra de menú. Con el ratón de un clic en él. De los dos comandos visibles escoja "Por efecto de tierra". "Ninguna" cancelará la orden.

Después de haber hecho el paso anterior, aparecerán dos nuevos cuadros de texto. En uno de ellos introduzca la altura del soporte ó el nivel del primer conductor con respecto a tierra (21.5 metros) y en el otro la flecha (12.04 metros).

12. Pero aún falta indicarle a la aplicación cual es la posición que ocupan las fases. Por omisión, la aplicación utiliza la posición de fases que se observa en la ventana de la figura 3.19. Pero esta no es la que necesitamos, dado que debemos emplear la que se observa en la figura 3.18. Para hacer el cambio, debemos acudir al título de la barra de menú “Fases” y que contiene al comando “Cambio de posición”. Haga clic en él y aparecerá el cuadro de diálogo llamado “Cambio de posición” (figura 3.20).

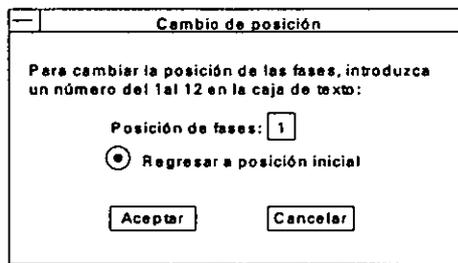


Figura 3.20. Cuadro de diálogo para el cambio de posición de fases.

El cuadro de diálogo “Cambio de posición” tiene por omisión siempre la posición número uno y que es la que observa en la figura 3.19. Para elegir el número correspondiente a la posición de fases que utilizaremos, consulte al final de esta sección el anexo con los 12 esquemas representativos de las posiciones para que los identifique.

Para efectos de este ejemplo, anote en el cuadro de texto la posición número 6. Si deseara volver a la posición inicial, debe dar un clic con el ratón en el botón de selección que dice “Regresar a posición inicial”, y esto ordenara volver a la posición número 1.

Después de haber señalado la posición correcta, oprima el botón “Aceptar”.

Nota. La sección para el cálculo de inductancia y reactancia inductiva también ofrece esta operación de cambio de posición de fases en circuitos trifásicos en paralelo. Los pasos a seguir son los aquí señalados.

13. Su ventana debe verse igual que la de la figura 3.21. De ser así, entonces oprima el botón “Calcular”.

Delta-Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (datos)

Archivo Conductores Corrección Esas Regresar Ayuda

Cálculo de la capacitancia y reactancia capacitiva (datos)

Longitud de la línea: Kilómetros Clasificación de la línea: Larga

Frecuencia del sistema: ciclos por segundo

Cable conductor de aluminio, tipo ACSR

Código o designación	Calibre AWG ó KCM	Número de alambres		Diámetro nominal del cable Milímetros	Capacidad de conducción de corriente Amperes
		Aluminio	Acero		
OSTRICH	300.0	26	7	17.27	492

Distancia entre fases 1 (df1): metros
 Distancia entre fases 2 (df2): metros
 Distancia entre fases 3 (df3): metros
 Distancia entre conductores de fase (dcf): metros
 Altura del soporte: metros
 Flecha: metros

df1

df2

df3

hs

Posición de fases 6

Figura 3.21. Ventana con datos del ejemplo 4.

Los resultados obtenidos serán los mostrados en la ventana de la figura 3.22.

Delta - Capacitancia y reactancia capacitiva (resultados)		
Archivo	Regresar	Ayuda
Capacitancia y reactancia capacitiva (resultados)		
Distancia media geométrica:	9.15174215998826	metros
Radio medio geométrico capacitivo:	.916080597612261	metros
Altura media geométrica:	18.4208253703864	metros
Capacitancia al neutro:	2.4457524947834E-08	Farads/kilómetro de fase
Reactancia capacitiva:	108456.697485796	ohms kilómetro/ fase
Reactancia capacitiva:	433.826789943185	ohms/fase
Reactancia capacitiva:	1735.30715977274	ohms/conductor

Figura 3.22. Ventana con resultados del ejemplo 4.

Una vez resuelto el ejemplo anterior, se tienen varias alternativas: regresar al menú principal, ir a la pantalla de datos para imprimirla o reiniciar otro cálculo, abrir nuevamente la ventana “Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (Opciones)” para modificar las características del cálculo, imprimir los resultados o bien trasladar el valor de la reactancia inductiva.

Le recomiendo consultar el título “Ayuda” localizado en la barra de menú para complementar la información acerca de todas estas opciones ó también puede hacerlo en esta guía en el apartado correspondiente. Nosotros abriremos nuevamente la ventana de opciones, puesto que realizaremos un ejemplo de Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva para un arreglo libre con el ejemplo anterior:

1. Haga clic en “Regresar” y luego en “A Opciones”. Esto desplegará nuevamente el cuadro de diálogo “Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (Opciones)”.

2. Seleccione en tipo de arreglo: "Libre" y en número de circuitos trifásicos: "2".
3. Oprima el botón Aceptar. Se abrirá la ventana para el "Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (datos)", pero para arreglos libres de dos circuitos trifásicos .
4. Introduzca la longitud de la línea, los 250 kilómetros, no olvidando oprimir la tecla Enter después de esto.
5. Introduzca la frecuencia del sistema que es 60 ciclos por segundo.
6. Cuando indique que quiere dos conductores por fase, aparecerá una nueva caja de texto en donde tendrá que introducir la distancia entre conductores de una misma fase (da1a2).
7. Elija del catálogo de "Cable conductor de aluminio, tipo ACSR" el conductor Ostrich. A continuación deberá introducir las distancias que existen entre las fases (dab, dab' ... dcc'). Usted debera calcular estas distancias a partir del esquema que represente el arreglo de conductores que esta utilizando, puesto que la aplicación no lo hara. Las distancias entre fases que corresponden al arreglo del ejemplo ya determinadas previamente son las que se observan en la figura 3.24.
8. Para hacer la corrección por efecto de tierra, pulse con el ratón en el título "Corrección", que desplegara nuevamente los comandos "Ninguna" y "Por efecto de tierra". Haga clic en este último y aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 3.23.

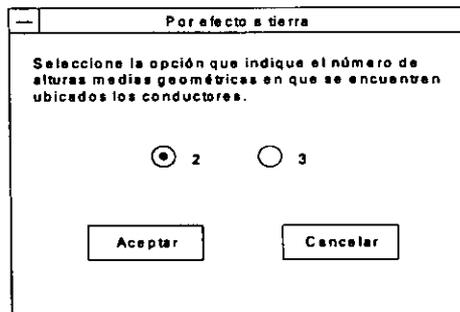


Figura 3.23. Cuadro de diálogo para la corrección por efecto de tierra.

Dada la forma en que se encuentra el arreglo de los conductores, este tiene tres alturas geométricas. La cantidad de alturas geométricas depende de la disposición del ó los circuitos trifásicos y de los conductores

por fase que tengan. También le corresponde evaluar estas alturas por su cuenta (consulte la bibliografía). Nosotros determinamos que para h1 la altura es de 13.072 metros, para h2 es de 19.072 metros y para h3 es de 25.072 metros.

Nota. En el cálculo por arreglos predeterminados, estas alturas geométricas son evaluadas internamente a partir de los datos introducidos cuando se realiza una corrección por efecto de tierra.

Seleccione la cantidad de tres alturas geométricas y oprima el botón "Aceptar". Aparecerán tres cuadros de texto en donde tendrá que vaciar los valores de dichas alturas. Hecho todo lo anterior, la ventana deberá verse igual a la de la figura 3.24.

Delta-Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (datos)					
Archivo	Corrección	Regresar	Ayuda		
Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva (datos)					
Longitud de la línea:	<input type="text" value="250"/>	Kilómetros	Clasificación de la línea: Larga		
Frecuencia del sistema:	<input type="text" value="60"/>	ciclos por segundo			
Conductores por fase:	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2			
Cable conductor de aluminio, tipo ACSR					
Código o designación	Calibre AWG ó KCM	Número de alambres Aluminio Acero	Diámetro nominal del cable Milímetros	Capacidad de conducción de corriente Amperes	
OSTRICH	300.0	26 7	17.27	492	
Disposición de los circuitos trifásicos					
dab	<input type="text" value="6"/>	metros	dbc	<input type="text" value="6"/>	metros
dab'	<input type="text" value="11.662"/>	metros	dbc'	<input type="text" value="11.662"/>	metros
da'b	<input type="text" value="11.662"/>	metros	db'c	<input type="text" value="11.662"/>	metros
da'b'	<input type="text" value="6"/>	metros	db'c'	<input type="text" value="6"/>	metros
daa'	<input type="text" value="15.62"/>	metros	dbb'	<input type="text" value="10"/>	metros
h1:	<input type="text" value="13.072"/>	metros	h2:	<input type="text" value="19.072"/>	metros
			h3:	<input type="text" value="25.072"/>	metros
			da1a2	<input type="text" value="45"/>	metros
<input type="button" value="Calcular"/>					

Figura 3.24. Ventana con datos del ejemplo 4 usando la opción de arreglo libre de dos circuitos trifásicos.

10. Oprima el botón "Calcular" y los resultados se exhibirán en la ventana de la figura 3.25.

Delta - Capacitancia y reactancia capacitiva (resultados)		
Archivo	Regresar	Ayuda
Capacitancia y reactancia capacitiva (resultados)		
Distancia media geométrica:	9.15176732710618	metros
Radio medio geométrico capacitivo:	.916070835837645	metros
Altura media geométrica:	18.4208253703864	metros
Capacitancia al neutro:	2.44573823347109E -08	Farads/kilómetro de fase
Reactancia capacitiva:	108457.329906231	ohms kilómetro/fase
Reactancia capacitiva:	433.829319624924	ohms/fase
Reactancia capacitiva:	1735.3172784997	ohms/conductor

Figura 3.25. Ventana con resultados del ejemplo 4 usando la opción de arreglo libre de dos circuitos trifásicos.

Terminado el ejemplo y para pasar a la siguiente sección, regrese al "Menú de la aplicación Delta".

Cuadro de selección para la disposición de fases en circuitos trifásicos en paralelo					
<input type="radio"/> a <input type="radio"/> b <input type="radio"/> c Posición 1	<input type="radio"/> a' <input type="radio"/> b' <input type="radio"/> c' Posición 2	<input type="radio"/> a <input type="radio"/> b <input type="radio"/> c Posición 3	<input type="radio"/> b' <input type="radio"/> a' <input type="radio"/> c' Posición 4	<input type="radio"/> a <input type="radio"/> b <input type="radio"/> c Posición 5	<input type="radio"/> c' <input type="radio"/> a' <input type="radio"/> b' Posición 6
<input type="radio"/> a <input type="radio"/> c <input type="radio"/> b Posición 7	<input type="radio"/> a' <input type="radio"/> c' <input type="radio"/> b' Posición 8	<input type="radio"/> a <input type="radio"/> c <input type="radio"/> b Posición 9	<input type="radio"/> b' <input type="radio"/> a' <input type="radio"/> c' Posición 10	<input type="radio"/> a <input type="radio"/> c <input type="radio"/> b Posición 11	<input type="radio"/> c' <input type="radio"/> a' <input type="radio"/> b' Posición 12

Figura 3.26. Cuadro de selección para la posición de fases.

3.4.5. Cálculo del extremo generador y análisis de la línea

Ejemplo 5

Se tiene una línea de transmisión de 100 kilómetros de longitud. Los parámetros eléctricos son:

Resistencia eléctrica al paso de la c. d. a 25 grados centígrados:	0.35	Ohms/Kilómetro de fase
Reactancia inductiva:	0.14	Ohms/Kilómetro de fase
Reactancia capacitiva:	107526.8817	Ohms Kilómetro/fase

Si el voltaje de línea del extremo receptor es de 220 de kilovolts y la carga conectada es de 44.44 megavoltamperes con factor de potencia de 0.9 atrasado, calcule el voltaje al neutro, entre hilos y la corriente en el extremo generador, las pérdidas trifásicas reales, reactivas y la eficiencia de la línea.

Para obtener los valores solicitados, realice los siguientes pasos:

1. En la ventana del menú de la aplicación Delta , haga un clic en el botón de “Cálculo del extremo generador y análisis de la línea” y espere un momento. Se abra la ventana “Cálculo del extremo generador y análisis de la línea (datos)”. Observe un momento la pantalla y encontrara desactivado en la barra de menú el título “Parámetros” y el botón “Calcular”, mostrándose en un tono más claro de lo normal. Este será siempre el aspecto de la ventana cada vez cuando la abra, cometa un error en el valor de la longitud ingresado en el cuadro de texto o bien, modifique lo que hay dentro de ella. En “Archivo”, el comando “Imprimir” no será operable hasta haber realizado un cálculo (ver figura 3.27).
2. Introduzca la Longitud de la línea que utilizaremos y después oprima la tecla “Enter”.

Con el tabulador o con el ratón colóquese en el siguiente cuadro de texto. Este corresponde al de resistencia eléctrica y las unidades son en ohms por kilómetro de fase. Así mismo, tenemos otros tres cuadros en donde hay que introducir los valores de las reactancias y el voltaje de línea. Estos deberán llenarse de acuerdo a la indicación de las unidades descritas a la derecha de los mismos. Introduzca los valores de la línea de transmisión del ejemplo.

Nota. Los cuadros de texto correspondientes a los parámetros eléctricos pueden llenarse con valores obtenidos previamente en la aplicación, a través del comando “Trasladar resultado”. Vea la sección 3.4.2.

Delta - Cálculo del extremo generador y análisis de la línea (datos)	
Archivo Parámetros Potencia Regresar Ayuda	
Cálculo del extremo generador y análisis de la línea (datos)	
Longitud de la línea: <input type="text"/> kilómetros	Clasificación de la línea:
Resistencia eléctrica: <input type="text"/>	ohms/kilómetro fase
Reactancia inductiva: <input type="text"/>	ohms/kilómetro fase
Reactancia capacitiva: <input type="text"/>	ohms kilómetro/ fase
Voltaje trifásico del extremo receptor: <input type="text"/>	Kilovolt
Potencia real trifásica en el extremo receptor: <input type="text"/>	Kilowatts
Potencia reactiva trifásica en el extremo receptor: <input type="text"/>	Kilovolt amperes reactivos inductivos
<input type="button" value="Calcular"/>	

Figura 3.27. Ventana para el Cálculo del extremo generador y análisis de la línea sin datos.

3. La aplicación permite introducir los valores de potencia trifásica de dos maneras. Una, es introducir la potencia trifásica real y reactiva y la otra es introducir la potencia trifásica aparente y el factor de potencia. En ambos casos existe siempre la indicación del tipo de potencia reactiva o factor de potencia a utilizar.

Nota. Los prefijos de las unidades de potencia cambian de kilo a mega cada vez que la Longitud de la línea cambia de corta a mediana o larga y viceversa. Tiene que tener muy presente esto, pues deberá ajustar sus magnitudes a la indicación de las etiquetas de cada cuadro de texto.

Para el ejemplo, los datos de potencia trifásica a introducir son la aparente y el factor de potencia. Debemos hacer un cambio en la ventana antes de introducir estos valores. Con el ratón active el título 'Potencia' que se encuentra en la barra de menú. Esto desplegará al comando "Selección de..." en el cual usted tendrá que hacer un clic. Al hacerlo, se abrirá el cuadro de diálogo de título "Selección de..."

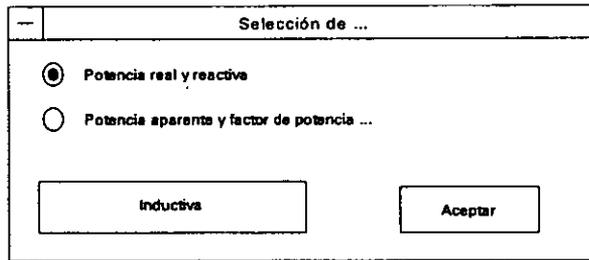


Figura 3.28. Cuadro de diálogo "Selección de ...".

En este cuadro se especifica cualquiera de los dos formatos en que se puede introducir la potencia. Para efectos del extremo a evaluar, la indicación del tipo de potencia reactiva ó factor de potencia a utilizar solo será "inductiva" ó "atrasado" respectivamente, visualizándose inmediatamente en el recuadro correspondiente cada vez que haga su selección.

Elija la opción "Potencia aparente y factor de potencia" y oprima el botón "Aceptar".

Una vez hecho el cambio, introduzca los datos de potencia de la línea de transmisión del ejemplo.

Nota. Si introduce usted un "1" en el cuadro de texto correspondiente al factor de potencia ó un cero ó no introduce dato alguno en el cuadro de texto correspondiente a la potencia trifásica reactiva, los cálculos se harán con un factor de potencia unitario. No se hará indicación alguna en la pantalla del empleo de dicho valor.

4. Todo esta listo para calcular el extremo generador de la línea de transmisión, pero falta algo más. En líneas medianas se tienen dos circuitos equivalentes en parámetros concentrados que podemos utilizar: circuito equivalente Π , circuito equivalente T.

Si usted no indica el circuito equivalente a emplear, por omisión, los cálculos se realizan siempre por circuito equivalente Π . Por razones didácticas, los haremos por circuito equivalente T.

Con el ratón active el título "Parámetros". Esto desplegará el comando "Calcular por..." en el cual usted tendrá que hacer un clic.

Al centro de la pantalla se abrirá un cuadro de diálogo con el título "Calcular por parámetros...":

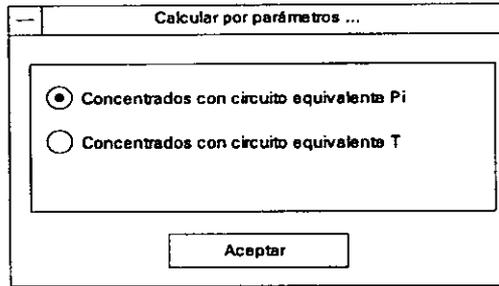


Figura 3.29. Cuadro de diálogo “Calcular por parámetros ...”.

En esta ventana elija la opción “Concentrados con circuito equivalente T” y oprima el botón “Aceptar”.

6. La ventana debe observarse igual a la figura 3.30. Si es así, oprima el botón “Calcular”. Puede verificar los resultados en la ventana de la figura 3.31.

Delta - Cálculo del extremo generador y análisis de la línea (datos)		
Archivo Parámetros Potencia Regresar Ayuda		
Cálculo del extremo generador y análisis de la línea (datos)		
Longitud de la línea:	<input type="text" value="100"/>	kilómetros
		Clasificación de la línea: Mediana
Resistencia eléctrica:	<input type="text" value="0.35"/>	ohms/kilómetro fase
Reactancia inductiva:	<input type="text" value="0.14"/>	ohms/kilómetro fase
Reactancia capacitiva:	<input type="text" value="107526.8817"/>	ohms kilómetro/ fase
Voltaje trifásico del extremo receptor:	<input type="text" value="220"/>	Kilovolts
Potencia aparente trifásica en el extremo receptor:	<input type="text" value="44.44"/>	Megavoltampere
Factor de potencia en el extremo receptor:	<input type="text" value="0.9"/>	Atrasado
<input type="button" value="Calcular"/>		

Figura 3.30. Ventana con datos del ejemplo 5.

Delta - Extremo generador y análisis de la línea (resultados finales)			
Archivo	Regresar	Ayuda	
Extremo generador y análisis de la línea			
Voltaje al neutro:	130576.127076201	<u>.787265489921354</u>	° volts
Voltaje entre fases A y B:	226.164486351551	<u>30.7872654899214</u>	° kilovolts
Voltaje entre fases B y C:	226.164486351551	<u>-89.2127345100787</u>	° kilovolts
Voltaje entre fases C y A:	226.164486351551	<u>150.787265489921</u>	° kilovolts
Corriente:	126.911990772527	<u>33.4092676873479</u>	° amperes
Potencia aparente trifásica:	49.3233003226929	<u>32.6220020974265</u>	° megavoltamperes
Factor de potencia:	.84224544203656		adelantado
Potencia real trifásica:	41.64233248812813		megawatts
Potencia reactiva trifásica:	-26.589907825541		megavoltamperes reactivos
Pérdida de potencia real trifásica:	1.54639603501219		megawatts
Pérdida de potencia reactiva trifásica:	-45.9610016440164		megavoltamperes reactivos
Eficiencia:	.962775409430468		
Regulación de voltaje:	3.46178435357886		por ciento
<p>Análisis: El ángulo de estabilidad de la línea se encuentra dentro del rango permisible. Obsérvese también que para este caso, se tiene un valor alto de eficiencia. La regulación de voltaje es buena, y se muestra un factor de potencia regular.</p>			

Figura 3.31. Ventana con resultados finales del ejemplo 5.

Resuelto el ejemplo anterior, se tienen varias alternativas: regresar al menú principal, ir a la pantalla de datos para imprimirla ó reiniciar otro cálculo, imprimir los resultados, abrir la ventana de resultados parciales.

Le recomiendo consultar el título "Ayuda" localizado en la barra de menú para complementar la información acerca de todas estas opciones ó también puede hacerlo en esta guía en el apartado correspondiente.

Nosotros elegiremos abrir la ventana de resultados parciales y a la cual tendremos acceso dando un clic con el ratón en el título "Regresar" de la barra de menú. Esto desplegará a los comandos: Al Menú, A la pantalla de datos, A la pantalla de resultados parciales.

Elija el tercero de ellos, dando un clic en él. Esto abrirá una nueva ventana llamada "Circuito monofásico de la línea (resultados parciales)" (figura 3.32). En ella se puede observar el circuito por el cual se realizó el cálculo. En nuestro caso, se muestra el circuito equivalente T con los resultados en su parte inferior de los valores obtenidos en cada parte del circuito. Esta ventana también cuenta con el comando "Imprimir".

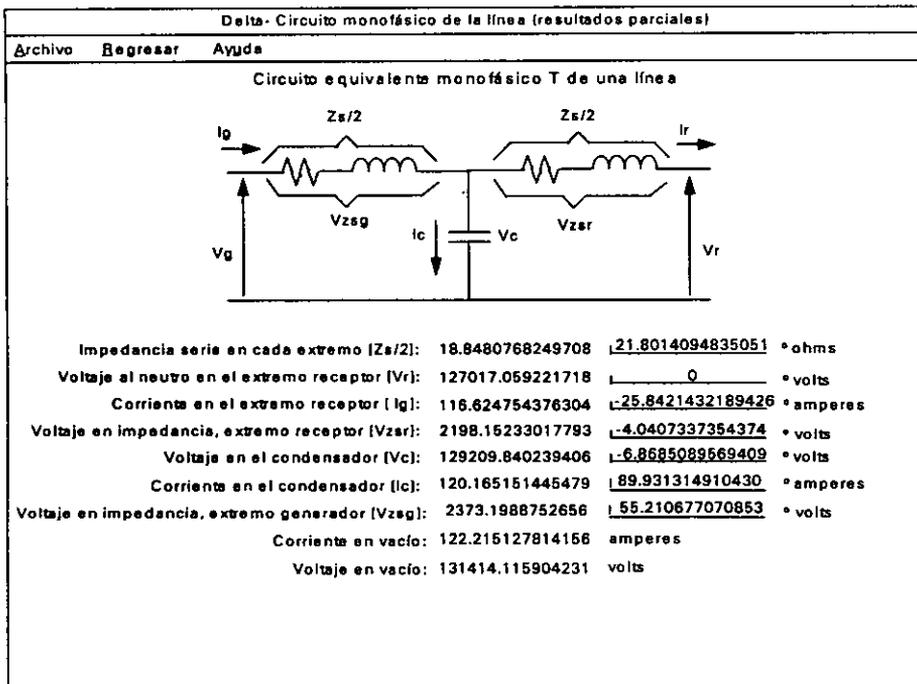


Figura 3.32. Ventana con resultados parciales del ejemplo 5.

Una vez detallada esta sección, se tiene opción desde este lugar a regresar a la ventana de datos, a la de resultados finales o bien al menú de la aplicación. Nosotros elegimos esta última alternativa.

Nota. Todo el procedimiento aquí mostrado es igualmente aplicable cuando se quiere calcular el extremo generador de una línea corta por medio de su circuito equivalente monofásico serie con parámetros concentrados o cuando se quiere calcular una línea larga considerando sus parámetros concentrados (utilizando el circuito equivalente monofásico Pi) o distribuidos.

3.4.6. Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea

Ejemplo 6

Se tiene una línea de transmisión de 320 kilómetros de longitud. Los parámetros eléctricos de la línea son los siguientes:

Resistencia eléctrica al paso de la c. d. a 25 grados centígrados:	0.0298	Ohms/Kilometro de fase
Reactancia inductiva:	0.338	Ohms/Kilometro de fase
Reactancia capacitiva:	322000	Ohms Kilometro/fase

Si el voltaje entre hilos en el extremo generador es de 390.2434 kilovolts y la potencia trifásica aparente en el extremo generador es de 307.5695 megavoltamperes con un factor de potencia de 0.9945 adelantado calcule el voltaje al neutro y entre hilos en el extremo receptor, corriente en el extremo receptor, pérdidas trifásicas reales, reactivas y la eficiencia de la línea.

Para encontrar los valores solicitados, realice los siguientes pasos:

1. En la ventana "Menú de la aplicación Delta", haga un clic en el botón de "Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea" y espere un momento. Se abrirá la ventana "Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea (datos)" (figura 3.33).

Delta - Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea (datos)

Archivo Parámetros Potencia Regresar Ayuda

Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea (datos)

Longitud de la línea: kilómetros Clasificación de la línea:

Resistencia eléctrica: ohms/kilómetro fase

Reactancia inductiva: ohms/kilómetro fase

Reactancia capacitiva: ohms kilómetro / fase

Voltaje trifásico del extremo generador: Kilovolts

Potencia real trifásica en el extremo generador: Kilowatts

Potencia reactiva trifásica en el extremo generador: Kilovolt amperes reactivos inductivos

Figura 3.33. Ventana para el Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea sin datos.

2. Observe un momento la pantalla y encontrará desactivado en la barra de menú el título “Parámetros” y el botón “Calcular”, mostrándose en un tono más claro. Este será siempre el aspecto de la ventana cada vez que la abra, cometa un error en el valor de la longitud ingresada o modifique dicho valor. En el título del menú “Archivo”, el comando “Imprimir” no será operable hasta haber realizado un cálculo.

3. Introduzca la longitud de la línea y después oprima la tecla “Enter”.

4. Con el tabulador ó con el ratón colóquese en el cuadro de texto correspondiente a la resistencia eléctrica cuyas unidades deberán ser ohms por kilómetro de fase.

5. Con el tabulador ó con el ratón colóquese en el cuadro de texto correspondiente a la reactancia inductiva cuyas unidades deberán ser ohms por kilómetro de fase.

6. Con el tabulador ó con el ratón colóquese en el cuadro de texto correspondiente a la reactancia capacitiva cuyas unidades deberán ser ohms por kilómetro de fase.

7. Con el tabulador ó con el ratón colóquese en el cuadro de texto correspondiente al voltaje trifásico del extremo generador cuyas unidades deberán ser kilovolts.

Nota. Los cuadros de texto correspondientes a los parámetros eléctricos de la línea de transmisión pueden llenarse con valores obtenidos previamente en la aplicación, a través del comando “Trasladar resultado”.

8. La aplicación permite introducir los valores de potencia trifásica de dos maneras: ya sea como potencia real y reactiva o como potencia aparente y factor de potencia. En ambos casos existe siempre la indicación del tipo de potencia reactiva o factor de potencia a utilizar.

Nota. Los prefijos de las unidades de potencia cambian de kilo a mega cada vez que la Longitud de la línea cambia de corta a mediana o larga y viceversa. Tiene que tener muy presente esto, pues deberá ajustar sus magnitudes a la indicación de las etiquetas de cada cuadro de texto.

Ya que para el ejemplo, los datos de potencia trifásica a introducir son la aparente y el factor de potencia, debemos hacer un cambio en la pantalla antes de introducir estos valores. Con el ratón active el título “Potencia” que se encuentra en la barra de menú. Esto desplegará al comando “Selección de...” en el cual usted tendrá que hacer un clic. Al hacerlo, se abrirá el cuadro de diálogo “Selección de...”.

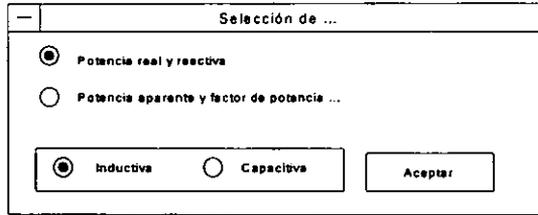


Figura 3.34. Cuadro de dialogo "Selección de ...".

En este cuadro se especifica cualquiera de los dos formatos en que se puede introducir la potencia. Para efectos del extremo a evaluar, la indicación del tipo de potencia reactiva ó factor de potencia a utilizar podra ser "inductiva" ó "capacitiva" o bien, "atrasado" ó "adelantado" respectivamente.

9. Seleccione las opciones "Potencia aparente y factor de potencia" y "Adelantado".

10. Oprima el botón de "Aceptar".

11. Una vez hecho el cambio, introduzca los datos de potencia trifásica aparente y factor de potencia del ejemplo.

Nota. Si introduce usted un "1" en el cuadro de texto correspondiente al factor de potencia ó un cero ó no introduce dato alguno en el cuadro de texto correspondiente a la potencia trifásica reactiva, los cálculos se harán con un factor de potencia unitario. No se hara indicación alguna en la pantalla del empleo de dicho valor.

12. Todo esta listo para calcular el extremo receptor de la línea de transmisión, pero falta algo más. En líneas largas se tienen dos métodos que podemos utilizar: parametros concentrados (con circuito equivalente Pi), parámetros distribuidos.

Si usted no indica el circuito equivalente a emplear, por omisión, los cálculos se realizan siempre por parámetros concentrados. Por razones didácticas, lo haremos por parámetros distribuidos.

Con el ratón active el título "Parámetros". Esto desplegará el comando "Calcular por..." en el cual usted tendrá que hacer un clic. Al centro de la pantalla se abrirá un cuadro de dialogo con el título de "Cálculo por parámetros...":

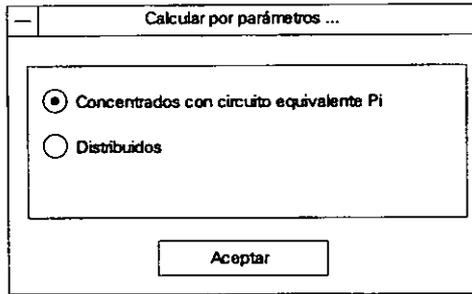


Figura 3.35. Cuadro de diálogo "Calcular por parámetros ...".

En esta ventana podrá especificar cualquiera de los dos métodos para el cálculo de la línea mencionados. Elija la opción "Distribuidos" y oprima el botón "Aceptar".

13. La ventana debe observarse igual a la figura 3.36. Si es así, oprima el botón "Calcular".

Delta - Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea (datos)	
Archivo Parámetros Potencia Regresar Ayuda	
Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea (datos)	
Longitud de la línea:	<input type="text" value="320"/> kilómetros
	Clasificación de la línea: Larga
Resistencia eléctrica:	<input type="text" value="0.0298"/> ohms/kilómetro fase
Reactancia inductiva:	<input type="text" value="0.338"/> ohms/kilómetro fase
Reactancia capacitiva:	<input type="text" value="322000"/> ohms kilómetro/ fase
Voltaje trifásico del extremo generador:	<input type="text" value="390.2434"/> Kilovolts
Potencia aparente trifásica en el extremo generador:	<input type="text" value="307.5695"/> Megavoltampere
Factor de potencia en el extremo generador:	<input type="text" value="0.9945"/> Adelantado
<input type="button" value="Calcular"/>	

Figura 3.36. Ventana con datos del ejemplo 6.

Esta es la fase final del cálculo y se pueden verificar los resultados en la ventana de la figura 3.37.

Delta - Extremo receptor y análisis de la línea (resultados finales)			
Archivo	Regresar	Ayuda	
Extremo receptor y análisis de la línea			
	Voltaje al neutro:	219404.208198089	-12.4953702673853 ° volts
	Voltaje entre fases A y B:	380.019235993511	17.5046297326147 ° kilovolts
	Voltaje entre fases B y C:	380.019235993511	-102.495370267385 ° kilovolts
	Voltaje entre fases C y A:	380.019235993511	137.50462973615 ° kilovolts
	Corriente:	462.041968786122	-21.9472834725592 ° amperes
	Potencia aparente trifásica:	304.121856947416	9.45192320517388 ° megavoltamperes
	Factor de potencia:	.98642374547847	adelantado
	Potencia real trifásica:	299.993021211938	megawatts
	Potencia reactiva trifásica:	49.9428783439492	megavoltamperes reactivos
	Pérdida de potencia real trifásica:	5.88472820819312	megawatts
	Pérdida de potencia reactiva trifásica:	-82.167776907676	megavoltamperes reactivos
	Eficiencia:	.980761176929439	
	Regulación de voltaje:	8.46702695136637	por ciento
<p>Análisis: El ángulo de estabilidad de la línea se encuentra fuera del rango permisible. Obsérvese también que para este caso, se tiene un valor alto de eficiencia. La regulación de voltaje es regular y se muestra un factor de potencia alto</p>			

Figura 3.37. Ventana con resultados finales del ejemplo 6.

Resuelto el ejemplo anterior, se tienen varias alternativas: regresar al menú principal, ir a la pantalla de datos para imprimirla o reiniciar otro cálculo, imprimir los resultados, abrir la ventana de resultados parciales.

Le recomiendo consultar el título “Ayuda” localizado en la barra de menú para complementar la información acerca de todas estas opciones o también puede hacerlo en esta guía en el apartado correspondiente.

Nosotros elegiremos abrir la ventana de resultado parciales dando un clic con el ratón en el título “Regresar” de la barra de menú. Esto desplegará los comandos: Al Menú, A la pantalla de datos, A la pantalla de resultados parciales. Elija el tercero de ellos, dando un clic en él. Esto abrirá una nueva ventana llamada “Circuito monofásico de la línea (resultados parciales)” (figura 3.38).

En ella se puede observar el diagrama descriptivo del circuito por el cual se realizó el cálculo. En nuestro caso, se muestra el esquema representativo de la línea en parámetros distribuidos con los resultados en su parte inferior de los valores calculados parcialmente. Esta ventana también cuenta con el comando "Imprimir".

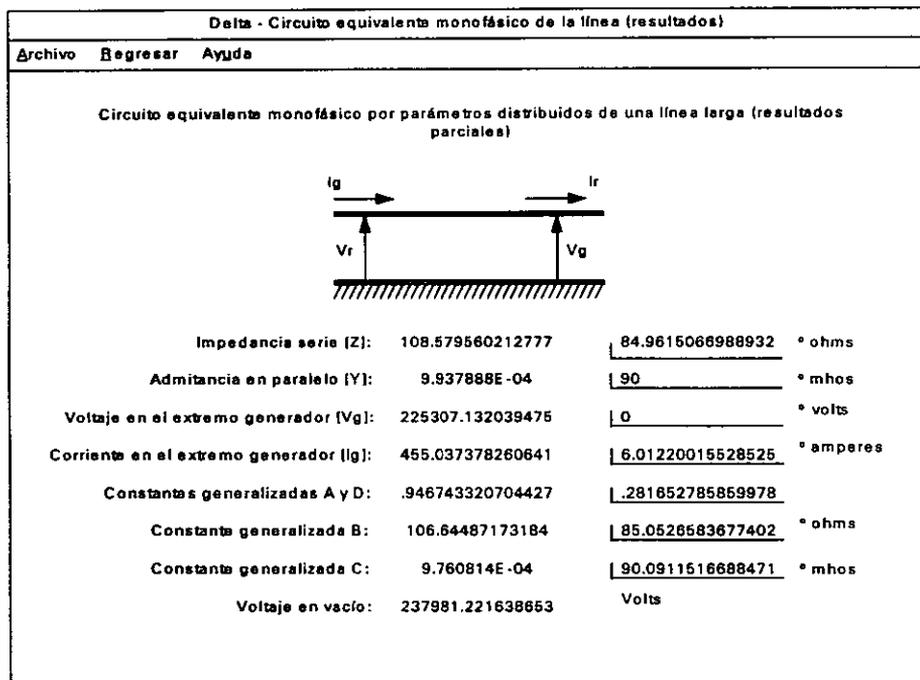


Figura 3.38. Ventana con resultados parciales del ejemplo 6.

Una vez detallada esta sección, se tiene opción desde este lugar a regresar a la ventana de datos o ir a la de resultados, o bien al menú de la aplicación. Nosotros elegimos esta última alternativa.

Nota. Todo el procedimiento aquí mostrado es igualmente aplicable cuando se quiere calcular el extremo receptor de una línea corta por medio de su circuito equivalente monofásico serie con parámetros concentrados o cuando se quiere calcular una línea mediana por medio de su circuito equivalente monofásico pi con parámetros concentrados o con su circuito equivalente monofásico T con parámetros concentrados.

3.4.7. Empleo de la aplicación en ejercicios completos

La solución de ejercicios completos por parte de la aplicación implica que se considere lo siguiente.

1. Deberá respetarse a lo largo de todo el cálculo las características bajo las cuales opera la línea de transmisión aérea:

Longitud de la línea

Número de circuitos trifásicos

Número de conductores por fase

Acotaciones del arreglo.

2. Debe conservarse siempre el mismo tipo de material del conductor y la designación con que se pretenda trabajar. Esto es, si se utilizan conductores de aluminio tipo ACSR de designación "Canary", deberán todos los parámetros eléctricos calcularse en base a este.

3. La frecuencia del sistema deberá ser siempre la misma para el cálculo de la reactancia inductiva y capacitiva.

En una secuencia lógica de cálculo para un ejercicio completo se evalúa primero la resistencia eléctrica, después la reactancia inductiva y finalmente la reactancia capacitiva. Luego se decide que extremo quiere calcularse. Puede intercambiarse la secuencia calculando antes la reactancia capacitiva y después la resistencia eléctrica o viceversa. No importa en que turno se calcule determinado parámetro eléctrico, solo debe considerar lo anteriormente mencionado.

Debe evitarse incurrir en incoherencias al declarar los datos, puesto que los resultados que se obtengan para calcular el extremo generador ó el extremo receptor no serían adecuados para ese propósito.

Ejemplo 7

Se tiene una línea de transmisión de 40 kilómetros de longitud consistente en un circuito trifásico. Cada fase del circuito está constituida por un cable conductor de aluminio, tipo AAC designación Daisy.

Los conductores están colocados como se indica en la figura 3.40 cuyas acotaciones están en metros.

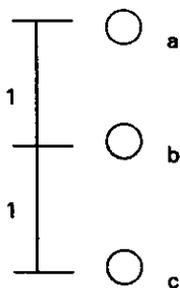


Figura 3.40. Disposición de los conductores de la línea del ejemplo 7.

La línea operara en toda su longitud a una temperatura de 30 grados centígrados con un voltaje entre hilos de 23 kilovolts y una carga trifásica de 2500 kilowatts y 100 kilovoltampere reactivos inductivos.

Calcule el voltaje al fase y entre fases en el extremo generador, corriente en el extremo generador, potencia trifásica aparente y el factor de potencia del extremo generador.

Para obtener los valores deseados, debemos hacer lo siguiente:

1. Calcule el valor de la resistencia eléctrica al paso de la corriente directa a la temperatura de 30 grados centígrados como se mostró en la sección 3.4.2 y traslade el resultado al extremo generador , el cual debe ser de 0.204702660217654 ohms/kilómetro de fase.
2. Calcule después el valor de la reactancia inductiva como se enseñó en la sección 3.4.3 y traslade este valor al extremo generador que debe ser de 0.4105822376696327 ohms/kilómetro de fase.
3. Ahora abra la ventana para el “Cálculo del extremo generador y análisis de la línea”. En ella ya se encuentran los valores que previamente se trasladaron. Introduzca el resto de los datos de acuerdo a la sección 3.4.5.
4. Oprima el botón “Calcular”

Los resultados finales se muestran en la figura 3.41 con un breve análisis de los mismos y los parciales en la figura 3.42.

Delta - Extremo generador y análisis de la línea (resultados finales)			
Archivo	Regresar	Ayuda	
Extremo generador y análisis de la línea			
Voltaje al neutro:	13870.9577338709	<u>4.17803465701924</u>	° volts
Voltaje entre fases A y B:	24.0252035447048	<u>34.1760346570192</u>	° kilovolts
Voltaje entre fases B y C:	24.0252035447048	<u>-85.8239653429808</u>	° kilovolts
Voltaje entre fases C y A:	24.0252035447048	<u>154.178034657019</u>	° kilovolts
Corriente:	62.8056483478854	<u>-2.2908100423394</u>	° amperes
Potencia aparente trifásica:	2613.52348104563	<u>6.46664469935868</u>	° megavoltamperes
Factor de potencia:	.993637589667922	atrasado	
Potencia real trifásica:	2596.89517224669	kilowatts	
Potencia reactiva trifásica:	294.347499290662	Kilovoltamperes reactivos	
Pérdida de potencia real trifásica:	96.8951722466932	kilowatts	
Pérdida de potencia reactiva trifásica:	194.347499290662	kilovoltamperes reactivos	
Eficiencia:	.96268806947534		
Regulación de voltaje:	4.45740671610794	porciento	
<p>Análisis: El ángulo de estabilidad de la línea se encuentra dentro del rango permisible. Obsérvese también que para este caso, se tiene un valor alto de eficiencia. La regulación de voltaje es buena, y se muestra un factor de potencia alto.</p>			

Figura 3.41. Ventana de resultados finales del ejemplo 7.

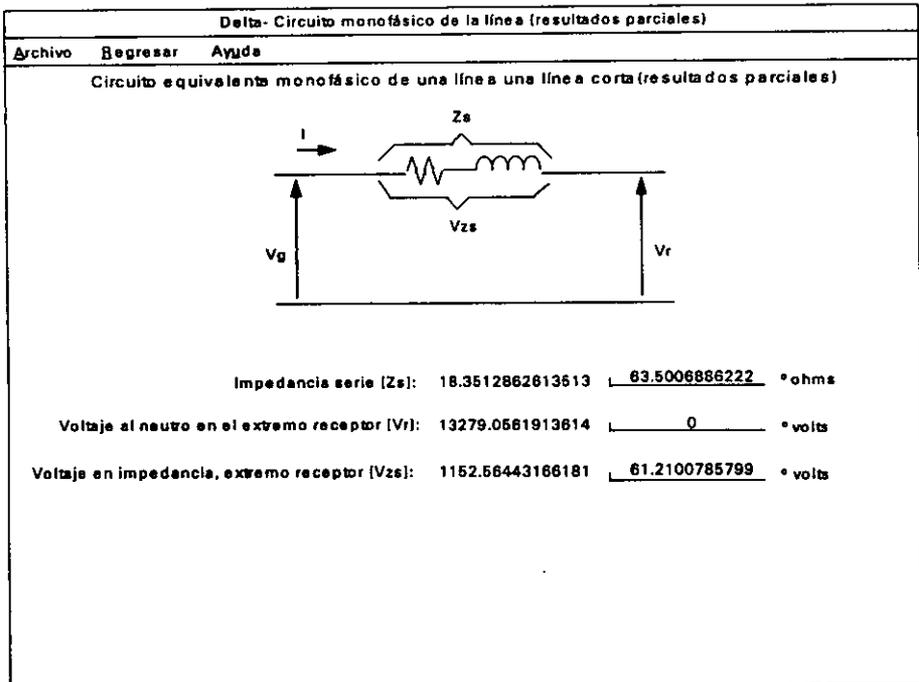


Figura 3.42. Ventana de resultados parciales del ejemplo 7.

3.5. Ayuda de Delta

A continuación se presenta la información, en orden alfabético, acerca de los controles presentes en las pantallas. Esta también se encuentra disponible en la aplicación Delta.

Botón Calcular

Realiza dos funciones: compara los valores introducidos en los cuadros de texto contenidos en la pantalla (excepto el del cuadro de texto Longitud de la línea) con los rangos contemplados en la aplicación Delta y, una vez aceptados, realiza los cálculos correspondientes. Al detectarse un valor ausente ó fuera de rango, aparecerá una caja de mensaje indicando el rango correspondiente. Este botón siempre estará deshabilitado hasta que se introduzca un valor válido en el cuadro de texto Longitud de la línea. Cualquier cambio ó la introducción de un valor no válido en el cuadro antes indicada, deshabilitará al botón.

Cuadro de texto Factor de potencia en el extremo...

El rango contemplado por la aplicación Delta para el factor de potencia es de 0.707106781 a 1. Para el cálculo del extremo generador de la línea, el Factor de potencia en el extremo receptor es siempre atrasado. Para el cálculo del extremo receptor, el Factor de potencia en el extremo generador podrá ser adelantado ó atrasado. Para trabajar con un factor de potencia unitario, solo se necesita introducir un 1 en este cuadro de texto, haciendo caso omiso del tipo de factor de potencia establecido.

Recomendación. Comisión Federal de Electricidad establece un rango para el factor de potencia de 0.9 a 1.

Cuadro de texto Frecuencia del sistema

El rango contemplado por la aplicación Delta para la Frecuencia del sistema es de 15 a 60 ciclos por segundo.

Recomendación. La Frecuencia del sistema en la República Mexicana es de 60 ciclos por segundo.

Cuadro de texto Longitud de la línea

Es la "llave" de ingreso para cualquier cálculo que se quiera realizar en la aplicación Delta. Toda introducción de datos en este cuadro, deberá finalizar presionando la Tecla Entrar. Solo hasta después de introducir un valor válido y de presionar la tecla Entrar, aparecerá la Clasificación de la línea y se habilitarán todos aquellos controles que se encontraban deshabilitados. Si el valor introducido no es válido o no se ha introducido valor alguno al presionar la tecla Entrar, no aparecerá la Clasificación de la línea, no se habilitarán todos aquellos controles que se encuentran deshabilitados y aparecerá una caja de mensaje indicando el rango de longitud, dependiendo del cálculo de que se trate. A continuación se presenta una tabla con los rangos de longitud y Clasificación de la línea:

Intervalo en kilómetros	Clasificación de la línea
De 12 hasta antes de 60	Corta
De 60 hasta antes de 250	Mediana
De 250 a 1000	Larga

Cuadro de texto Potencia aparente trifásica en el extremo...

Los rangos contemplados por la aplicación Delta para la potencia aparente trifásica se muestran en la siguiente tabla:

Clasificación de la línea	Rango de potencia reactiva trifásica
Corta	De 1580 a 1700 kilovoltamperes
Mediana	De 17 a 98 megavoltamperes
Larga	De 98 a 768 megavoltamperes

Cuadro de texto Potencia reactiva trifásica en el extremo...

Este cuadro solo tiene una restricción: la potencia reactiva trifásica debe ser menor que la potencia real trifásica ó igual a cero. De otra manera, se generaría un factor de potencia muy por debajo del rango establecido para la aplicación Delta. Para el cálculo del extremo generador de la línea, la Potencia reactiva trifásica en el extremo receptor es siempre inductiva. Para el cálculo del extremo receptor, la Potencia reactiva trifásica en el extremo generador podrá ser capacitiva ó inductiva.

Cuadro de texto Potencia real trifásica en el extremo...

Los rangos contemplados por la aplicación Delta para la potencia real trifásica se muestran en la siguiente tabla:

Clasificación de la línea	Rango de potencia real trifásica
Corta	De 1580 hasta antes de 12000 kilowatts
Media	De 12 a 69 megawatts
Largas	Mayores a 69 hasta 543 megawatts

Cuadro de texto Temperatura a la cual se calculará la resistencia eléctrica

El rango contemplado por la aplicación Delta para la Temperatura va de 1 a 50 grados centígrados, excluyendo los 20 grados centígrados, ya que la resistencia eléctrica de los conductores de los catálogos mostrados en las pantallas, ha sido calculada a este valor.

Cuadro de texto Voltaje trifásico en el extremo...

Los rangos de voltaje dependen de la Clasificación de la línea. Estos se muestran en la siguiente tabla:

Clasificación de la línea	Rango de voltaje en kilovolts
Corta	De 6 a 40
Mediana	Superiores a 40 y menores a 220
Larga	Superiores a 220 hasta 400

Recomendación. Los voltajes nominales en la República Mexicana son:

Clasificación de la línea	Voltajes en kilovolts
Corta	6, 13.2, 23, 34.5
Mediana	69, 85, 115, 138, 161
Largas	230, 400

Cuadros de listas Cable conductor de...

Presentan en pantalla el código ó designación del cable y sus propiedades físicas. En la aplicación Delta, se cuenta con tres catálogos de conductores: Cable conductor de cobre, temple duro; Cable conductor de aluminio, tipo AAC; Cable conductor de aluminio, tipo ACSR. La disponibilidad de estos dependerá del cálculo a realizar.

Cuadros de texto Altura de soporte, Flecha, h1, h2, h3

Estos cuadros se presentan sólo cuando se requiera hacer los cálculos de capacitancia y reactancia capacitiva tomando en cuenta el efecto de la tierra. A continuación se presenta una tabla donde se muestran los rangos para cada una de estas cuadros.

Cuadro de texto	Rango en metros
Altura de soporte	12 a 28
Flecha	12 a 16
h1	10 a 26
h2	Mayor a h1 hasta 26
h3	Mayor a h2 hasta 26

Cuadros de texto Distancia entre fases, Distancia horizontal entre fases, Distancia vertical entre fases; dab,..., daa', dbc, ... , dbb', ... , dac, ... , dcc'; Distancia entre conductores de fase

Los rangos contemplados por la aplicación Delta para cada una de estas cuadros, varían dependiendo del arreglo y del número de conductores por fase quedando, como se muestra en la siguiente tabla:

Cuadro de texto	Rango en metros (un conductor)	Rango en metros (dos a cuatro conductores)
Distancia entre fases	0.6 a 14	4 a 14 ó 5 a 14
Distancia horizontal entre fases	0.5 a 12	4 a 12
Distancia vertical entre fases	0.3 a 7 ó 0.5 a 12 ó 4 a 14	2.5 a 7 ó 4 a 12 ó 4 a 14
dab, ... , daa', dbc, ... , dbb', ... , dac, ... , dcc'	0.6 a 27.3	5 a 27.3
Distancia entre conductores de fase		0.35 a 0.45

Cuadros de texto Resistencia eléctrica, Reactancia Inductiva y Capacitiva.

Los rangos contemplados por la aplicación Delta para los parámetros eléctricos, se han definido conforme a un criterio propio, ya que no existe información práctica ó teórica que exponga un limite inferior o superior para estos. A continuación, se muestran en la siguiente tabla:

Parámetro eléctrico	Rango
Resistencia eléctrica	0.006 a 3.7 ohms/kilómetro de fase
Reactancia inductiva	0.02 a 0.8 ohms/kilómetro de fase
Reactancia capacitiva	85000 a 1000000 ohms kilómetro/fase

Menú Archivo

Contiene alguno ó algunos de los siguientes comandos:

Imprimir. Realiza la impresión de la pantalla. Al elegirlo aparece una caja de mensaje indicando el inicio de la impresión. Para cancelarla, seleccione el botón cancelar que aparece en el cuadro. Este comando no estará disponible en la pantalla de datos si no se ha realizado un cálculo o se ha modificado alguno de los datos.

Trasladar resultado... . Traslada un resultado para continuar con el cálculo de alguno de los extremos de la línea. Al elegirlo, aparece una ventana con un texto y dos opciones. El texto indica el resultado que podrá ser trasladado según el cálculo realizado: resistencia eléctrica, en ohms/kilómetro de fase; reactancia inductiva, en ohms/kilómetro de fase; reactancia capacitiva, en ohms kilómetro/fase; y las opciones indican el extremo que posteriormente se desea calcular: **Generador ó Receptor**.

Salir de Delta. Finaliza la ejecución de la aplicación Delta. Al elegirlo aparece una caja con un mensaje de confirmación . Para finalizar seleccione el botón **Aceptar**. Para continuar, seleccione el botón **Cancelar**.

Salir. Al elegirlo, cierra las pantallas de ayuda.

Menú Ayuda

Sólo contiene el comando **Contenido de la pantalla**. Proporciona información de los controles presentes en la pantalla en dos sencillos pasos. Al elegirlo, aparece una ventana con una ó dos listas: la primera referente a la **Barra de menú** y la segunda referente a **Cuadros de texto, Opciones, Cuadros de listas y Botón**. Al seleccionar un títulos de las listas, aparece la pantalla con la información correspondiente.

Menú Catálogo

Sólo contiene el comando **Material y tipo de conductores**. Proporciona una serie de alternativas de conductores dependiendo de la **Clasificación de la línea**. Al elegirlo, aparece una ventana que puede presentar lo siguiente:

Si la **Clasificación de la línea** es **Corta**, presentará tres opciones de conductores: **Cable de cobre, temple duro; Cable de aluminio, tipo AAC; Cable de aluminio, tipo ACSR**. Para cambiar el catálogo de conductores de la pantalla, seleccione uno de la ventana y después seleccione el botón **Aceptar**. Para no cambiarlo, seleccione el botón **Cancelar**.

Si la **Clasificación de la línea** es **Mediana ó Larga**, presentará un mensaje indicando que el conductor a emplear es de **Cable de aluminio, tipo ACSR**.

Menú Conductores

Contiene algunos de los siguientes comandos:

Uno por fase. Al elegirlo, se indica que el número de conductores por fase es de uno, la figura del circuito ó circuitos trifásicos muestra un solo conductor por fase y no se encuentra visible ó desaparece el cuadro de texto Distancia entre conductores de fase.

Dos por fase. Al elegirlo, se indica que el número de conductores por fase es de dos, la figura del circuito ó circuitos trifásicos muestra dos conductores por fase y aparece el cuadro de texto Distancia entre conductores de fase.

Tres por fase. Al elegirlo, se indica que el número de conductores por fase es de tres, la figura del circuito ó circuitos trifásicos muestra tres conductores por fase y aparece el cuadro de texto Distancia entre conductores de fase.

Cuatro por fase. Al elegirlo, se indica que el número de conductores por fase es de cuatro, la figura del circuito ó circuitos trifásicos muestra cuatro conductores por fase y aparece el cuadro de texto Distancia entre conductores de fase.

Menú Corrección

Contiene algunos de los siguientes comandos:

Ninguna. Permite realizar cálculos sin tomar en cuenta efecto alguno. Al elegirlo, desaparecen de la pantalla el cuadro ó cuadros de texto y elementos visuales alusivos al efecto en cuestión.

Por temperatura. Este efecto se puede tomar en cuenta en el Cálculo de resistencia eléctrica. Al elegirlo, aparece el cuadro de texto Temperatura a la cuál se calculará la resistencia eléctrica.

Por efecto de tierra. Este efecto se puede tomar en cuenta en el Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva. Al elegirlo, puede ocurrir lo siguiente:

En pantallas que presenten la figura del circuito ó circuitos trifásicos (arreglo predeterminado), aparecerán los cuadros de texto Altura de soporte y Flecha así como los elementos visuales alusivos al efecto.

En pantallas que no presenten figura del circuito ó circuitos trifásicos (arreglo libre), aparecerá una ventana con opciones que indiquen el número de alturas medias geométricas en donde se pueden encontrar ubicados los conductores (las opciones dependen del número de conductores por fase y circuitos trifásicos). Al seleccionar una de las opciones y después seleccionar el botón Aceptar de la ventana, aparecerá en la pantalla alguna ó algunas de las siguientes cuadros de texto: h1, h2, h3.

Menú Fases

Sólo contiene el comando Cambio de posición. Permite cambiar la posición de las fases de un arreglo predeterminado de dos circuitos trifásicos presente en la pantalla. Al elegirlo, aparece una ventana con un cuadro de texto. Para cambiar la posición de las fases, introduzca el número de la nueva posición de fases en el cuadro de texto y luego seleccione el botón Aceptar. Para obtener información acerca de los números asignados a cada posición de fases contemplada por la aplicación Delta, consulte la Guía del usuario. Para no cambiar la posición de las fases, seleccione el botón Cancelar.

Menú Parámetros

Sólo contiene el comando Calcular por... . Proporciona los métodos de cálculo de la línea según su clasificación. Al elegirlo, aparece una ventana con opciones. Para indicar el método de cálculo de la línea, seleccione la opción correspondiente y luego seleccione el botón Aceptar. Si no se selecciona una opción, el cálculo de la línea se realizará según el método predeterminado para esta. Este comando no estará disponible si no se ha introducido un valor válido en el cuadro de texto Longitud de la línea.

Menú Potencia

Sólo contiene el comando Selección de... . Permite la selección de los datos de potencia a introducir. Al elegirlo, aparece una ventana con opciones las cuales dependen del extremo de la línea a calcular. Si se trata del cálculo del extremo generador, las opciones que aparecen en la ventana son dos: Potencia real y reactiva inductiva, Potencia aparente y factor de potencia atrasado. Si se trata del cálculo del extremo receptor, las opciones que aparecen en la ventana son seis: Potencia real y reactiva, que a su vez tiene dos opciones para la

potencia reactiva: capacitiva ó inductiva; Potencia aparente y factor de potencia, que a su vez tiene dos opciones para el factor de potencia: adelantado ó atrasado.

Dependiendo de la Clasificación de la línea, las unidades de las distintas potencias se verán afectadas con los prefijos kilo (para líneas cortas) o mega (para líneas medianas ó largas).

Este comando no estará disponible si no se ha introducido un valor válido en el cuadro de texto Longitud de la línea.

Menú Regresar

Contiene alguno ó algunos de los siguientes comandos:

Al Menú. Al elegirlo, presenta la pantalla Menú de la aplicación Delta.

A Opciones. Al elegirlo, presenta la ventana Opciones correspondiente al tipo de cálculo que se esté realizando (Cálculo de inductancia y reactancia inductiva, Cálculo de capacitancia y reactancia capacitiva).

A la pantalla de datos. Al elegirlo, presenta la pantalla de datos.

A la pantalla de resultados parciales. Al elegirlo, presenta la pantalla de resultados parciales.

A la pantalla de resultados finales. Al elegirlo, presenta la pantalla de resultados finales.

Nota. En todas las pantallas de ayuda referentes a los títulos de la barra de menú, aparecen las siguientes instrucciones:

Para elegir un comando de un menú

Uso del ratón. Señale un nombre de menú y haga clic con el botón izquierdo del ratón. Señale un nombre de comando y haga clic con el botón izquierdo del ratón.

Uso del teclado. Para activar la barra de menús, presione la tecla ALT y, a continuación, presione la letra subrayada del nombre del menú. De este modo presentará un menú. Para elegir un comando, presione la letra subrayada correspondiente al nombre del comando.

Opciones de Circuitos trifásicos

Mediante estas opciones se indica que el arreglo a calcular consta de uno ó dos circuitos trifásicos.

Opciones de Conductores por fase

Mediante estas opciones, se indica el número de conductores en cada fase. El número máximo de conductores depende del número de circuitos trifásicos que tenga el arreglo a calcular. Si el arreglo tiene un sólo circuito, el número máximo de conductores es de cuatro. Si el arreglo tiene dos circuitos, el número máximo de conductores es de dos.

CONCLUSIONES

El desarrollo de una aplicación con una mediana ó gran cantidad de interfases y código, es un proceso complicado y más aún cuando se tiene como objetivo el que la maneje una gran cantidad de usuarios y no únicamente el programador ó programadores de la misma.

En el caso particular de la aplicación Delta, el reto no se encontraba en la obtención de la información necesaria a través de la investigación bibliográfica y externa (en Conductores Monterrey y Comisión Federal de Electricidad) sino en el aprendizaje del lenguaje de programación en que fue desarrollada (Visual Basic 3.0) el cual es diferente a los convencionales.

Aunque se tenía la idea básica sobre la creación de líneas de código para el lenguaje, el problema realmente se presento cuando hubo que aprender a diseñar interfaces y crear un lazo de comunicación entre ellas que las homogeneizara. Se debió elegir cada elemento que se observaba en pantalla en forma adecuada y hacer simulaciones de lo que haría el usuario en un momento dado antes de que dinamitara la aplicación.

Por ello, la etapa de depuración se convirtió en una de las más largas e importantes siendo los errores en lógica y en el tamaño de los controles de salida de resultados los más difíciles de localizar debido a que únicamente son detectables ejecutando la aplicación y observando los resultados obtenidos.

Esto obligó a la realización de una gran cantidad de ejercicios usando toda cantidad de valores, coherentes e incoherentes, lo cual implícitamente fue motivando nuestra curiosidad por los resultados obtenidos y su análisis. A este respecto, un caso que nos llamó poderosamente la atención y que nos obligó a hacer un análisis a conciencia, fué la obtención de valores de potencia trifásica real negativa en el Cálculo del extremo receptor y análisis de la línea, debido a que el ángulo de la potencia trifásica aparente se encontraba en el segundo ó tercer cuadrante.

Las constantes revisiones de la aplicación hicieron que antes de aventurarnos en el uso de la misma, tuviéramos una buena idea de los procesos de cálculo y de los factores que pueden afectar los resultados de los mismos. Como resultado de esta etapa se obtuvieron los rangos empleados por la aplicación para los diversos datos solicitados por la misma, la minimización de códigos y la economización de formas y controles.

La finalidad de la implementación de rangos esta en que la aplicación no genere resultados fuera de proporción y que estos no puedan ser presentados en los controles respectivos por su tamaño.

Otro tipo de límites impuestos a la aplicación, son precisamente la delimitación de funciones como por ejemplo el que no se puedan obtener voltajes en diversos puntos de una línea y que no se puedan introducir nuevos conductores en los catálogos ya que esto incrementaría su tiempo de desarrollo y depuración.

Como resultado de todo esto, se concilió la parte teórica con la práctica, al respetar los valores que se emplean para el diseño de una línea de transmisión y que esto va desde el empleo de un catálogo, utilizar arreglos de conductores preestablecidos, distancias entre fases, valores de voltaje, de potencia, etcétera.

Por lo tanto, de lo anterior se deduce que la aplicación es un medio continuo de ensayo, que ofrece la posibilidad de observar las consecuencias de llevar las ecuaciones hasta ciertos límites de valores, las situaciones curiosas que se pueden originar cuando se toman números al azar dentro de los rangos establecidos así como un medio tangible de lo descrito en los libros y de lo expuesto por los profesores.

Resumiendo, podemos afirmar que se logró el objetivo de crear una aplicación que respondiera a las necesidades de presentación, operación sencilla, fácil distribución y confiabilidad para que alumnos y profesores puedan hacer uso de ella como una herramienta de apoyo para los propósitos de enseñanza de la asignatura de Sistemas Eléctricos de Potencia. Pero dentro de lo que pueda realizar la aplicación, existirá siempre el problema del análisis de los resultados obtenidos y que corresponde al usuario hacer tal y como nosotros tuvimos que hacerlo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Jacinto Viqueira Landa. Redes eléctricas Primera parte
Representaciones y servicios de ingeniería**
2. **Gilberto Enriquez Harper. Líneas de transmisión y redes de distribución de energía eléctrica Volumen 1
Limusa**
3. **William D. Stevenson, Jr. Análisis de sistemas eléctricos de potencia
McGraw Hill**
4. **Luis María Checa. Líneas de transporte de energía
Marcombo Boixareu Editores**
5. **Lawrence S. Orilia. Las computadoras y la información
McGraw Hill**
6. **Conductores Monterrey. Alambres y cables desnudos de cobre y aluminio**
7. **Condumex. Alambre y cable desnudos**
8. **Matthias Franke. Manual de aprendizaje Visual Basic 4.0
Marcombo Boixareu Editores**
9. **Ross Nelson. Guía completa de Visual Basic para Windows Segunda edición Versión 3°
McGraw Hill, Microsoft Press**