

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

SIMULACION DIGITAL DE CONTINGENCIAS
POR EL METODO DE SUPERPOSICION

por

MILTON IVAN NARANJO PROAÑO

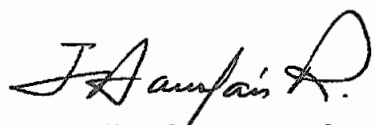
TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELEC-
TRICO EN LA ESPECIALIZACION DE POTENCIA EN LA ESCUELA PO-
LITECNICA NACIONAL

Quito, Abril de 1983



CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo ha sido realizado en su totalidad por el señor MILTON IVAN NARANJO PROAÑO.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J Barragán R.', written in a cursive style.

Ing. José Barragán R.

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Al señor ingeniero José Barragán R, mi incondicionado agradecimiento por su ayuda prestada para el desarrollo del presente trabajo.

I N D I C E

pág.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1	Generalidades	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Alcance del Programa	3

CAPITULO II

ASPECTOS TEORICOS PARA LA SIMULACION DE CONTINGENCIAS BASADOS EN EL PRINCIPIO DE SUPERPOSICION.

2.1	Introducción	6
2.2	Contingencia Simple	6
2.3	Contingencias Múltiples	15
2.4	Salida de Generación	20
2.5	Análisis de errores por efecto de representación de la carga	22
2.6	Intercambio de Generación	24
2.7	Secuencias a seguirse para cada tipo de contingencia	26
2.7.1	Secuencia general para cualquier tipo de contingencia	29

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL PROGRAMA

3.1	Introducción	31
3.2	Descripción del programa, variables del programa, diagrama de bloques y listado.	32

CAPITULO IV

APLICACIONES

4.1	Descripción de ejemplos	63
4.1.1	Ejemplo 1, Contingencia Simple	63
4.1.2	Ejemplo 2, Contingencia Simple, Contingencia Múltiple	70
4.1.3	Ejemplo 3, Contingencia Simple con intercambio de generación	76

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	86
5.2	Recomendaciones	88

APENDICE A	89
------------------	----

APENDICE B	94
------------------	----

APENDICE C	102
------------------	-----

BIBLIOGRAFIA .

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

El estudio de las contingencias en un Sistema Eléctrico de Potencia, se lo efectúa en sus fases de planeamiento, diseño y operación y consiste en analizar el comportamiento del sistema de potencia frente a fallas en el sistema de transmisión y en el sistema de generación; en base a este estudio se puede establecer las estrategias correctivas que podrían efectuarse en la red, para minimizar el efecto de la perturbación.

El tipo de contingencias que se estudiarán aquí son aquellas que después de la perturbación, como por ejemplo salida de elementos de la red (líneas) el sistema encuentra un nuevo estado estable.

En ciertos casos se requieren realizar estudios de un sistema eléctrico de potencia en lo que se refiere a una determinada área del mismo. Si el sistema es de un gran número de barras, y se utiliza la modelación de matriz Z-barras almacenando la matriz entera en la memoria del computador se requeriría un computador que disponga de una memoria relativamente grande, que en ciertos casos es un limitante.

Para no tener esta limitación se puede obtener la matriz correspondiente a aquella área de interés, esta matriz contendrá como ejes solamente los correspondientes a los nodos a los cuales inciden las líneas en las que se desean realizar el estudio (1).

Se han planteado métodos para un estudio de contingencias entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Remover automáticamente todas las líneas del sistema y en cada caso correr un flujo de potencia (3).
- Flujo de potencia linealizado e iterativo, involucrando potencia activa y reactiva (4).
- Método de Superposición utilizando la Y-barra (5)

En lo que respecta al primer método no es enteramente satisfactorio dado a que se requiere correr el flujo de potencia para cada caso, aumentando el tiempo de computación; el segundo método mencionado es uno de los más utilizados para evaluar contingencias, ya que el tiempo de ejecución que requiere es reducido, pero no maneja fácilmente el caso de retiro de generadores.

Finalmente el tercer método, tiene la ventaja de que los requerimientos de memoria son mínimos, pero, por otra parte el procedimiento no es tan simple, para reflejar la salida de un elemento ya que se requiere un proceso iterativo para obtener ecuaciones equivalentes.

El método a seguirse aquí es el método de Superposición (5), utilizando la Z-barra (matriz Z barra) con el cual se puede realizar un estudio de contingencias en un sistema eléctrico de potencia, el método requiere como datos aquellos obtenidos de un caso base de flujo de carga.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo es la implementación de un programa digital aplicando el método de Superposición y que simule en un sistema eléctrico contingencias simples como: salida de líneas o transformadores; múltiples: salida de dos o tres elementos entre líneas y o transformadores.

Otro de los objetivos es realizar el intercambio de generación, para el caso en que se tengan líneas sobrecargadas, realizándose este intercambio con el fin de seleccionar el par de generadores que deben cambiar su programa de generación en lo que respecta a la potencia activa para tratar de retirar la sobrecarga de las líneas.

1.3 ALCANCE DEL PROGRAMA

El programa presentará los resultados del flujo de potencia activa por las líneas que han sido seleccionadas luego de producirse una contingencia, indicando también la canti

dad de MW o el porcentaje de sobrecarga con relación a la máxima potencia activa establecida por la línea del sistema; en el caso de intercambio de generación se presentará dos pares de generadores entre los cuales se puede escoger para tratar de retirar la sobrecarga de cierta línea.

Con relación a los transformadores, éstos se consideran con relación de taps fuera del nominal, sin incluir cambio de taps bajo carga. (Apéndice A).

Con respecto a las diferentes modalidades de estudio previstas se tiene lo siguiente:

- Se podrá realizar contingencias simples, múltiples o de generación ya sea realizando una cualquiera de las mismas o las tres en secuencia, anotándose además que se pueden realizar varias contingencias simples, múltiples ó de generación.
- La simulación de contingencias simples se lo realiza retirando un elemento a la vez; ya sea línea de transmisión o transformador, la contingencia se lo realiza en forma selectiva, especificando los elementos a ser retirados o en forma total, un elemento a la vez.
- La simulación de contingencias múltiples se lo realiza retirando dos o tres elementos entre líneas de transmisión y/o transformadores; los elementos a retirarse son almacenados previamente.

- La simulación de contingencia de generación se lo realiza transfiriendo potencia activa de una barra de generación a otra, es decir aumentando a una la potencia activa de generación y disminuyendo a la otra barra de generación.
- En el caso de que bajo una contingencia simple o múltiple se presente sobrecarga en los elementos del sistema eléctrico de potencia, se procederá si así se lo desea a tratar de disminuir la sobrecarga mediante cambio de la magnitud de la potencia activa de los generadores considerados por pares. En este caso se aplicará criterio de selección, del par de generadores que presenten mejores resultados.

Con el fin de realizar el programa en forma general los datos de las líneas podrán entrar en cualquier orden, el programa se encargará de reordenar los datos de línea, en tanto que los datos de barra deben entrar en una secuencia ascendente.

C A P I T U L O I I

ASPECTOS TEORICOS PARA LA SIMULACION DE CONTINGENCIAS BASADOS EN EL PRINCIPIO DE SUPERPOSICION

2.1 INTRODUCCION

En este capítulo se describen las ecuaciones a ser utilizadas, las cuales permiten realizar el estudio, de contingencias por el método de Superposición.

La modificación del sistema al producirse una contingencia no se refleja en la matriz impedancia de barra, si no en el cálculo de Factores de Distribución obtenidos de los términos de la matriz Z-barra original (antes de producirse la contingencia).

En lo que respecta al intercambio de generación se analizará las posibilidades de intercambio que se pueden dar para encontrar el mejor estado del sistema; mas el alcance de este punto no incluye el cálculo del máximo intercambio de capacidad (6).

Seguidamente se pasará a desarrollar las ecuaciones a utilizarse en una contingencia simple.

2.2 CONTINGENCIA SIMPLE

Consideremos el sistema de potencia topológicamente de la

Fig. 1.

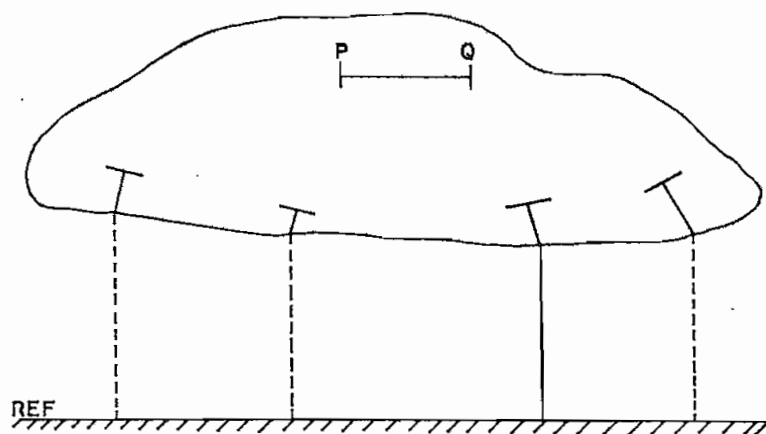


Fig 1

Los elementos pasivos del sistema eléctrico de potencia son representados por líneas sólidas, y las líneas punteadas indican generadores y cargas conectadas entre las barras del sistema y la de referencia, la línea que conecta las barras p y q es parte de la red, siendo ésta línea la que se va a desconectar de la red.

Para aplicar el método de Superposición el sistema de la Fig. 1 desconectado la línea también es equivalente a:

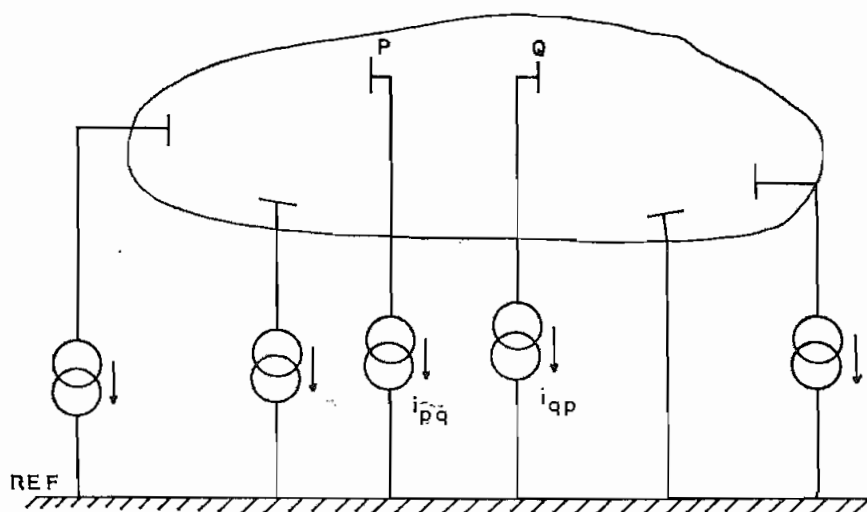


Fig 2

En la Fig. 2 todas las cargas y generadores se representan por fuentes de corriente constantes en tanto, que el efecto de la línea de transmisión se representa por dos fuentes de corriente iguales a la corriente que circula por la línea i_{pq} e i_{qp} .

Los voltajes nodales en magnitud y ángulo son iguales en las dos figuras, por tanto los dos sistemas son equivalentes. La aproximación que se hace para aplicar el método de superposición es que las fuentes de corriente de la figura 2 mantienen su valor después de la salida de la línea.

Debido a que los elementos del sistema de potencia de la Fig. 2 se los considera lineales, se puede decir que las condiciones del sistema después de la salida de la línea puede obtenerse por la superposición de los sistemas de la Fig.3.

SISTEMA ORIGINAL

SISTEMA EQUIVALENTE

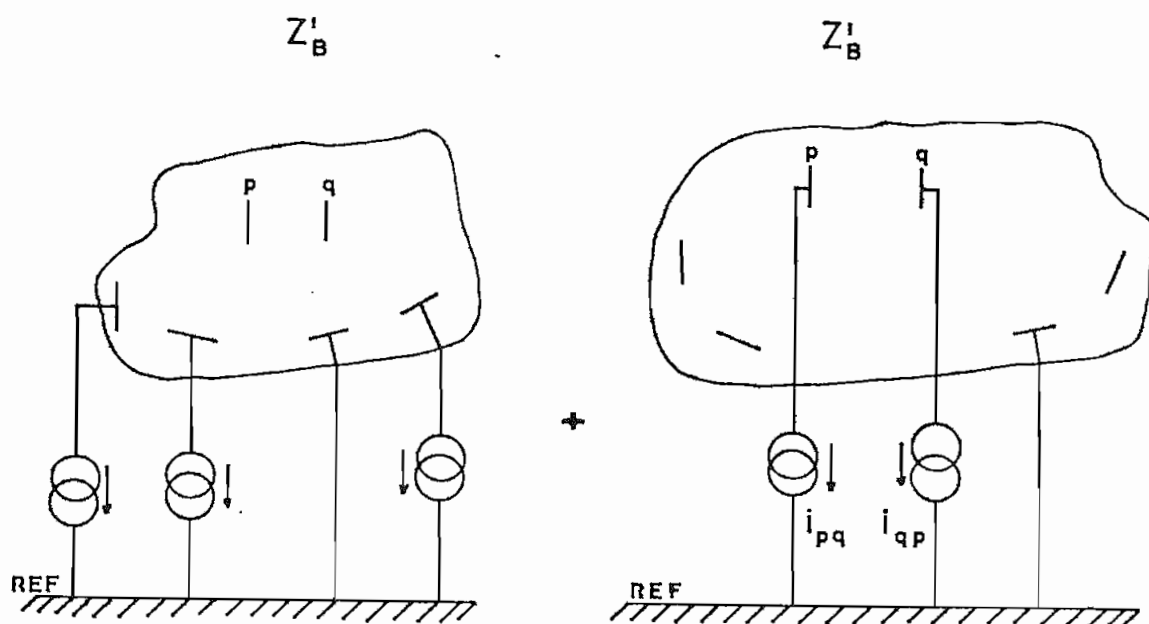
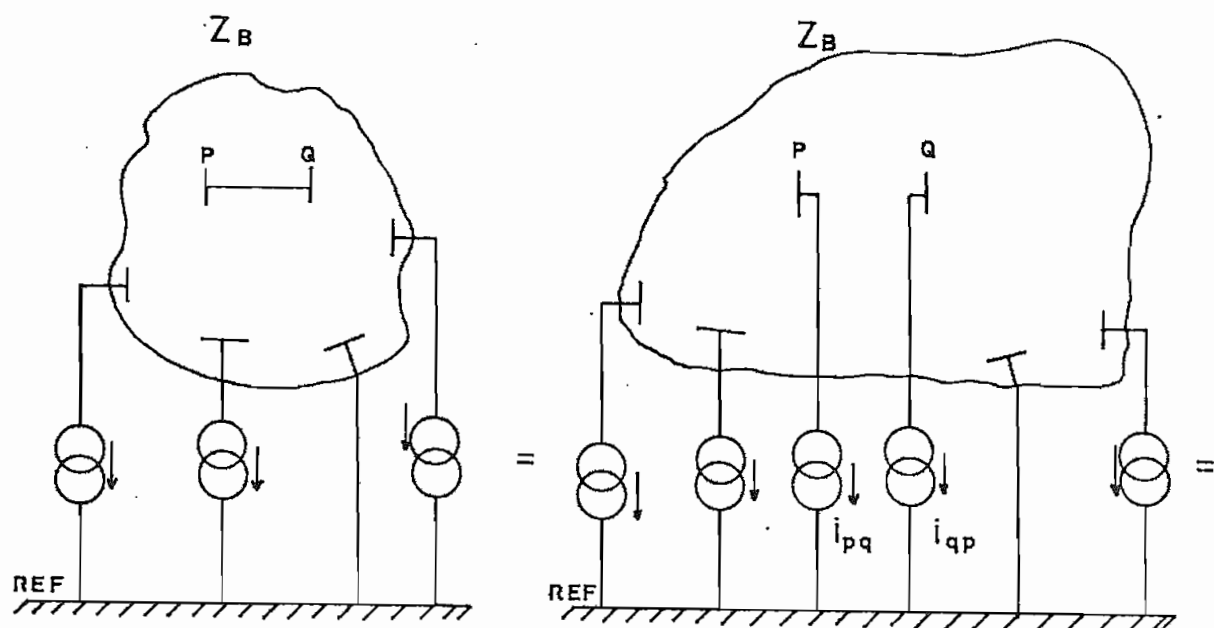


FIG 3

Lo que expresado matemáticamente mediante la ecuación de equilibrio:

$$\bar{E}_B = Z_B \cdot \bar{I}_B$$

$$Z_B \cdot \bar{I}_B = Z_B' \cdot \bar{I}_B + Z_B' \cdot \Delta \bar{I}_B \quad (2.1)$$

$$\bar{E}_B = \bar{E}_B' + \Delta \bar{E}_B$$

Donde:

\bar{E}_B es el vector de voltajes de barra medido con respecto al nodo de referencia.

\bar{E}_B' vector de voltajes de barra retirada la línea con las fuentes de corriente constante y sin las fuentes de corriente iguales en los nodos p y q.

\bar{I}_B es el vector de corriente de barra.

$\Delta \bar{I}_B$ es el vector de corrientes inyectadas a las barras p y q con valores, $-i_{pq}$ y $-i_{qp}$, siendo todos los demás valores cero.

Z_B es la matriz impedancia de barra del sistema.

Z_B' la del sistema sin la línea p-q; de 2.1 se tiene:

$$\Delta \bar{E}_B = (Z_B - Z_B') \cdot \bar{I}_B = Z_B' \cdot \Delta \bar{I}_B \quad (2.2)$$

Los cambios de voltaje en el sistema por efecto de la salida p-q, pueden calcularse como:

$$\begin{bmatrix} \Delta E_1 \\ \Delta E_2 \\ \vdots \\ \Delta E_p \\ \vdots \\ \Delta E_q \\ \vdots \\ \Delta E_r \\ \vdots \\ \Delta E_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z'_{11} & Z'_{12} & \dots & Z'_{1p} & \dots & Z'_{1q} & \dots & Z'_{1r} & \dots & Z'_{1n} \\ Z'_{21} & Z'_{22} & \dots & Z'_{2p} & \dots & Z'_{2q} & \dots & Z'_{2r} & \dots & Z'_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z'_{p1} & Z'_{p2} & \dots & Z'_{pp} & \dots & Z'_{pq} & \dots & Z'_{pr} & \dots & Z'_{pn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z'_{q1} & Z'_{q2} & \dots & Z'_{qp} & \dots & Z'_{qq} & \dots & Z'_{qr} & \dots & Z'_{qn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z'_{r1} & Z'_{r2} & \dots & Z'_{rp} & \dots & Z'_{rq} & \dots & Z'_{rr} & \dots & Z'_{rn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z'_{n1} & Z'_{n2} & \dots & Z'_{np} & \dots & Z'_{nq} & \dots & Z'_{nr} & \dots & Z'_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ -ipq \\ \vdots \\ -iqp \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

(2.3)

Donde el cambio de voltaje en cualquier barra r está dado por:

$$\Delta E_r = -Z'_{rp} ipq - Z'_{rq} iqp \quad (2.4)$$

Y si existe un elemento $r-s$, cuya impedancia es z_{rs} se tiene:

$$\Delta E_s = -Z'_{sp} ipq - Z'_{sq} iqp$$

$$\Delta i_{rs} = \frac{\Delta E_r - \Delta E_s}{z_{rs}} = \frac{-(Z'_{rp} - Z'_{sp}) ipq - (Z'_{rq} - Z'_{sq}) iqp}{z_{rs}} \quad (2.5)$$

De donde, los valores de voltaje de barra y corriente de elementos después de la salida de la línea p-q están dados por:

$$\begin{aligned}\bar{E}'_B &= \bar{E}_B - \Delta\bar{E}_B \\ i'_{rs} &= i_{rs} - \Delta i_{rs}\end{aligned}\quad (2.6)$$

Como adicionalmente $i_{pq} = -i_{qp}$ (despreciando la capacitancia de la línea)

$$\Delta E_r = (Z'_{rp} - Z'_{rq}) i_{qp} \quad (2.7)$$

$$\Delta i_{rs} = \frac{(Z'_{rp} - Z'_{sp}) - (Z'_{rq} - Z'_{sq})}{z_{rs}} i_{qp} \quad (2.8)$$

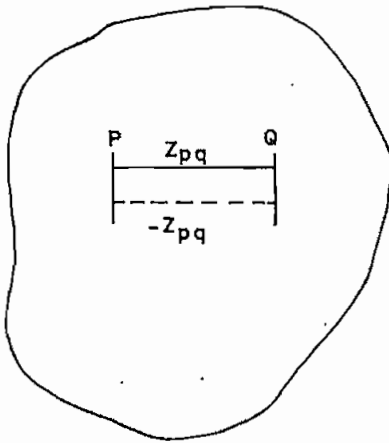
La ecuación 2.8 puede hacerse más general, calculando el factor de distribución $K_{rs,pq}$ independiente de i_{qp} .

$$K_{rs,pq} = \frac{\Delta i_{rs}}{i_{qp}} = \frac{(Z'_{rp} - Z'_{sp}) - (Z'_{rq} - Z'_{sq})}{z_{rs}} \quad (2.9)$$

El factor de distribución $K_{rs,pq}$ representa un cambio de corriente en la línea r-s debido a cada amperio de corriente en la línea p-q que será desconectada del sistema, los factores de distribución son independientes de la corriente de la línea i_{pq} y pueden utilizarse para cualquier condición operativa de la red siempre y cuando no cambie su topología.

En resumen, para análisis del sistema de potencia al salir una línea p-q de servicio se debe observar la siguiente secuencia:

1. Obtención de Z_B para el sistema antes de la salida de la línea p-q
2. Añadir un enlace p-q con una impedancia de, valor $-Z_{pq}$ con lo que obtenemos Z_B' .
3. Calcular los factores de distribución $K_{rs,pq}$ (para todos los elementos r-s).



4. Calcular Δi_{rs} y ΔE_r para todos los elementos restantes y barras del sistema.

5. Calcular el nuevo estado del sistema $E'_r = E_r + \Delta E_r$ y calcular el nuevo flujo

por los elementos en base a: $i'_{rs} = i_{rs} + \Delta i_{rs}$

6. Retornar a 2 para analizar la salida de otra línea p-q.

Adicionalmente la fórmula 2.9 para el cálculo de factores de distribución puede simplificarse y expresarse en términos de Z_B y no de Z_B' evitándose así el paso 2.

En base al algoritmo de formación de Z_B , cuando se añade un enlace p-q de impedancia ($-Z_{pq}$), los nuevos términos de

la matriz Z_B (Z_B') son: (5).

$$Z'_{rs} = Z_{rs} + \frac{(Z_{qs} - Z_{ps})(Z_{rp} - Z_{rq})}{-z_{pq} + Z_{pq} + Z_{qq} - 2Z_{pq}} \quad \begin{array}{l} r = 1, 2, \dots, n \\ s = 1, 2, \dots, n \end{array}$$

y siendo

$$K_{rs,pq} = \frac{(Z'_{rp} - Z'_{sp}) - (Z'_{rq} - Z'_{sq})}{z_{rs}}$$

Tenemos

$$K_{rs,pq} = \frac{(Z_{rp} - Z_{sp}) - (Z_{rq} - Z_{sq})}{z_{pq} - Z_{pp} - Z_{qq} + 2Z_{pq}} \frac{z_{pq}}{z_{rs}} \quad (2.10)$$

Siendo todos los valores aquellos de la matriz impedancia de barras del sistema completo.

Con lo que los cambios de corriente en los elementos $r-s$ como consecuencia de la salida del elemento $p-q$ se calculan como:

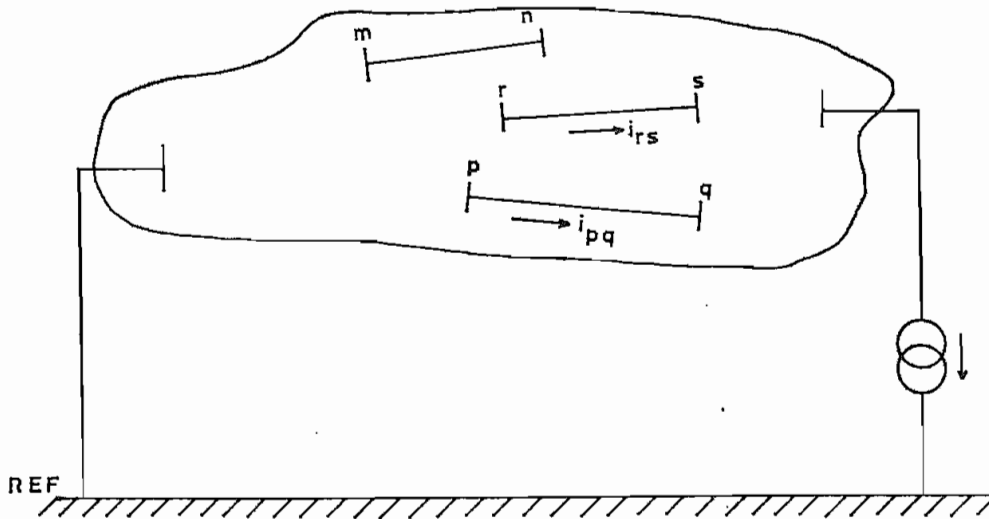
$$i'_{rs} = i_{rs} - K_{rs,pq} \cdot i_{qp} \quad (2.11)$$

$$i'_{rs} = i_{rs} + K_{rs,pq} \cdot i_{pq}$$

El modelo aquí planteado para contingencias simples sirve para desarrollar las ecuaciones para el caso de una contingencia múltiple, lo que se analiza a continuación.

2.3 CONTINGENCIAS MULTIPLES

Tomemos el caso de que se vana a abrir simultáneamente las líneas p-q y r-s



Siendo i_{pq} e i_{rs} las corrientes antes de la falla en las líneas p-q y r-s respectivamente.

El retiro de la línea p-q, produce un cambio de corriente en cualquier línea m-n y dado por (de ecuac. 2.11).

$$\Delta i_{mn} = -K_{mn,pq} \cdot i_{pq}$$

Pero también en la línea r-s

$$\Delta i_{rs} = -K_{rs,pq} \cdot i_{pq}$$

$$i'_{rs} = i_{rs} - \Delta i_{rs}$$

Se retira la línea r-s, el cambio total de corriente en el

elemento m-n, por efecto de las salidas de p-q y r-s es:

$$\Delta i_{mn} = -K_{mn,pq} \cdot i_{pq} - K'_{mn,rs} \cdot i'_{rs} \quad (2.12)$$

Si se retira la línea r-s y luego p-q, por analogía de 2.12 obtendremos, que el cambio total de corriente en el elemento m-n, por efecto de las salidas de r-s y p-q es,

$$\Delta i_{mn} = -K'_{mn,pq} \cdot i'_{pq} - K_{mn,rs} \cdot i_{rs} \quad (2.13)$$

Pero como se analiza la salida simultánea de r-s y p-q las ecuaciones 2.12 y 2.13 toman el efecto de p-q en r-s y de r-s en p-q, por tanto deben ser equivalentes y simulan la salida simultánea.

$$i'_{rs} = i_{rs} + K_{rs,pq} \cdot i_{pq} \quad (2.14)$$

$$i'_{pq} = i_{pq} + K_{pq,rs} \cdot i_{rs}$$

Reemplazando 2.14 en 2.12 y 2.13

$$\Delta i_{mn} = -K_{mn,pq} \cdot i_{pq} - K'_{mn,rs} (i_{rs} + K_{rs,pq} \cdot i_{pq}) \quad (2.15)$$

$$\Delta i_{mn} = -K'_{mn,pq} (i_{pq} + K_{pq,rs} \cdot i_{rs}) - K_{mn,rs} \cdot i_{rs} \quad (2.16)$$

Donde, agrupando los factores de i_{pq} e i_{rs}

$$\Delta i_{mn} = -(K_{mn,pq} + K'_{mn,rs} \cdot K_{rs,pq}) i_{pq} - K'_{mn,rs} \cdot i_{rs} \quad (2.17)$$

$$\Delta I_{mn} = -K'_{mn,pq} \cdot i_{pq} - (K_{mn,rs} + K'_{mn,pq} \cdot K_{pq,rs}) i_{rs} \quad (2.18)$$

Como 2.17 y 2.18 son idénticas:

$$K'_{mn,pq} = K_{mn,pq} + K'_{mn,rs} \cdot K_{rs,pq} \quad (2.19)$$

$$K'_{mn,rs} = K_{mn,rs} + K'_{mn,pq} \cdot K_{pq,rs}$$

Y por tanto, el cambio de corriente en un elemento m-n por salida simultánea de r-s y p-q es:

$$\Delta i_{mn} = -K'_{mn,pq} \cdot i_{pq} - K'_{mn,rs} \cdot i_{rs} \quad (2.20)$$

$$i'_{mn} = i_{mn} - \Delta i_{mn}$$

Los factores de distribución modificados de la ecuación 2.20 pueden obtenerse de la ecuación 2.19

$$K'_{mn,pq} - K'_{mn,rs} \cdot K_{rs,pq} = K_{mn,pq}$$

$$K'_{mn,rs} - K'_{mn,pq} \cdot K_{pq,rs} = K_{mn,rs}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -K_{rs,pq} \\ -K_{pq,rs} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K'_{mn,pq} \\ K'_{mn,rs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{mn,pq} \\ K_{mn,rs} \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

$$\begin{bmatrix} K'_{mn,pq} \\ K'_{mn,rs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -K_{rs,pq} \\ -K_{pq,rs} & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} K_{mn,pq} \\ K_{mn,rs} \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

$$K'_{mn,pq} = \frac{K_{mn,pq} + K_{mn,rs} \cdot K_{rs,pq}}{1 - K_{pq,rs} \cdot K_{rs,pq}} \quad (2.23)$$

Y análogamente

$$K'_{mn,rs} = \frac{K_{mn,rs} + K_{mn,pq} \cdot K_{pq,rs}}{1 - K_{pq,rs} \cdot K_{rs,pq}} \quad (2.24)$$

Siendo los términos de las ecuaciones 2.23 y 2.24 los factores de distribución para contingencia simple debido a r-s, o a p-q y aún se calculan en función de los términos originales de Z_B y dados por la ecuación 2.10

El procedimiento anterior puede fácilmente generalizarse para salida simultánea de cualquier número de elementos, ya que, el cambio de corriente en un elemento cualquiera m-n, después de la contingencia múltiple estaría dado por (de ecuac. 2.20)

$$\Delta I_{mn} = - \sum_{\epsilon\alpha\beta} K'_{mn,\alpha\beta} \cdot i_{\alpha\beta} = -\bar{K}'_{mn,\alpha\beta} \cdot \bar{I}_{\alpha\beta} \quad (2.25)$$

Donde $\alpha\beta$ son los elementos a desconectarse p-q, r-s, x-y, ..., etc. Ahora de la ecuación 2.22 tenemos.

$$\bar{K}'_{mn,\alpha\beta} = [K]^{-1} \bar{K}_{mn,\alpha\beta} \quad (2.26)$$

Siendo la matriz K

$$[K] = \begin{bmatrix} 1 & -K_{rs,pq} \dots -K_{\rho\sigma,pq} \dots -K_{tn,pq} \\ -K_{pq,rs} & 1 \dots -K_{\rho\sigma,rs} \dots -K_{tn,rs} \\ -K_{pq,\rho\sigma} & -K_{rs,\rho\sigma} \dots 1 \dots -K_{tn,\rho\sigma} \\ -K_{pq,tn} & -K_{rs,tn} \dots -K_{\rho\sigma,tn} & 1 \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

Siendo p-q, r-s, ..., $\rho\sigma$, ..., t-n los elementos a descontarse, la matriz [K] es una matriz no simétrica ya que $K_{pq,rs} \neq K_{rs,pq}$.

Reemplazando 2.26 en 2.25, tenemos que el cambio de corriente en un elemento m-n, después de una contingencia múltiple es:

$$\begin{aligned} \Delta i_{mn} &= - [K]^{-1} \bar{K}_{mn, \alpha\beta}^t \cdot \bar{I}_{\alpha\beta} \\ &= -(\bar{K}_{mn, \alpha\beta})^t (|K|^{-1})^t \cdot \bar{I}_{\alpha\beta} \end{aligned} \quad (2.28)$$

Y la corriente del elemento es:

$$i'_{mn} = i_{mn} - \Delta i_{mn} \quad (2.29)$$

Con lo que puede calcularse el flujo de potencia activa después de producida la contingencia múltiple.

En un Sistema Eléctrico de Potencia a más de contingencias

simples y múltiples se pueden dar las contingencias de generación en este estudio se analizará este tipo de contingencias en lo que respecta a casos en que se tenga que transferir potencia activa de una barra de generación a otra sin retirar carga.

2.4 SALIDA DE GENERACION

El análisis de contingencias para salidas de generación deben contemplar aquellos casos en que la potencia de generación que se desconecta del sistema puede ser absorbida por los demás generadores sin producir desconexión de carga ya que como se ha establecido antes, el análisis de contingencias es para casos de estado estable.

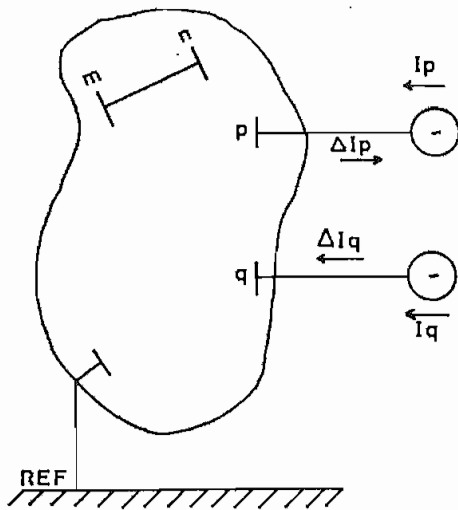
Un factor de distribución por salida de generación $G_{mn,pq}$ se define como el cambio de corriente en la línea m-n causado por cada unidad de corriente de incremento, en el generador q que proviene del generador p a desconectarse.

El cambio de estado en el sistema es:

$$Z_B (\bar{I}_B' - \bar{I}_B) = Z_B \cdot \Delta \bar{I}_B = \Delta \bar{E}_B$$

$$\Delta \bar{E}_B = Z_B \cdot \Delta \bar{I}_B$$

Donde:



$$\Delta E_m = Z_{mq} \cdot \Delta I_q + Z_{mp} \cdot \Delta I_p$$

$$\Delta E_n = Z_{nq} \cdot \Delta I_q + Z_{np} \cdot \Delta I_p$$

$$\Delta i_{mn} = \frac{\Delta \bar{E}_m - \Delta \bar{E}_n}{z_{mn}}$$

$$\Delta i_{mn} = \frac{(Z_{mq} - Z_{nq}) \Delta I_q + (Z_{mp} - Z_{np}) \Delta I_p}{z_{mn}}$$

$$\text{Como, } \Delta I_q = -\Delta I_p$$

$$G_{mn,pq} = \frac{\Delta i_{mn}}{\Delta i_q} = \frac{(Z_{mq} - Z_{nq}) - (Z_{mp} - Z_{np})}{z_{mn}} \quad (2.30)$$

Que es el factor de distribución de generación.

La corriente ΔI_p se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta I_p = \frac{\Delta P + jQ}{E_p^*} \quad (2.31)$$

Donde:

E_p es el voltaje del caso de flujo de potencia base.

ΔP es la variación de potencia que se lo realiza en determinada barra.

Siendo la nueva corriente por el elemento m-n:

$$i'_{mn} = i_{mn} + \Delta i_{mn} \quad (2.32)$$

En la formación de la matriz Z-barra se representa a las cargas como fuentes de corriente constante conectada entre las respectivas barras de carga y tierra, al simular de esta manera a las cargas se introduce un pequeño error el mismo que será analizado a continuación.

2.5 ANALISIS DE ERRORES POR EFECTO DE REPRESENTACION DE LA CARGA.

La potencia en una barra k está dada por:

$$S_k = E_k \cdot I_k^*$$

Si la representación de la carga es a corriente constante el error en la potencia de barra producido por el método de Superposición es:

$$\Delta S_k^{(i)} = \Delta E_k^{(i)} \cdot I_k^*$$

$$\Delta S_k^{(i)} = \Delta E_k^{(i)} \frac{S_k}{E_k} \quad (2.33)$$

Donde el índice (i) se utiliza para indicar que la corriente de carga se mantiene constante en la barra k, el error $\Delta S_k^{(i)}$ está comparado con aquel valor que se obtendría en un flujo de potencia.

La representación a impedancia constante de la carga es:

$$S_k = \frac{|E_k|^2}{Z_{k_0}^*}$$

El error en la potencia de barra bajo estas condiciones es:

$$\begin{aligned} \Delta S_k^{(FD)} &= \frac{|E_k + \Delta E_k^{(FD)}|^2 - |E_k|^2}{Z_{k_0}^*} \\ &= \frac{|E_k|^2}{Z_{k_0}^*} \left| 1 + \frac{\Delta E_k^{(FD)}}{E_k} \right|^2 - 1 \\ &= S_k \left| 1 + \frac{\Delta E_k^{(FD)}}{E_k} \right|^2 - 1 \end{aligned}$$

Utilizando los primeros términos de la expresión binaria y estableciendo que

$$1 - 2 \frac{|\Delta E_k^{(FD)}|}{|E_k|} \leq 1 + 2 \frac{\Delta E_k^{(FD)}}{E_k} \leq 1 + 2 \frac{|\Delta E_k^{(FD)}|}{|E_k|}$$

Podemos concluir lo siguiente:

$$-2S_k \frac{|\Delta E_k^{(FD)}|}{|E_k|} \leq \Delta S_k^{(FD)} \leq 2S_k \frac{|\Delta E_k^{(FD)}|}{|E_k|}$$

ΔS_k puede tomar cualquier valor dentro del rango anotado. Como ΔE_k puede ser paralelo o antiparalelo a E_k y además porque el ángulo de ΔE_k con respecto a E_k puede ser diferente en diferentes barras, tendríamos que en promedio:

$$\Delta S_k^{(FD)} = S_k \frac{|\Delta E_k^{(FD)}|}{|E_k|} \quad (2.34)$$

Las ecuaciones 2.33 y 2.34 tienen la misma forma y por tan to se espera que $\Delta S_k^{(i)}$ y $\Delta S_k^{(FD)}$ sean del mismo orden.

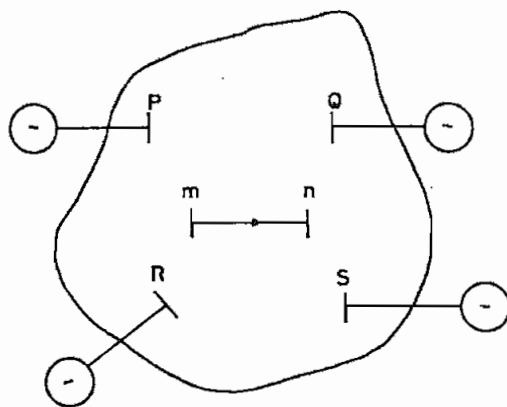
En un Sistema Eléctrico de Potencia se pueden tener ele mentos sobrecargados, las contingencias anotadas anteriorme nte pueden ser una de las cuasas para que suceda esto.

Para tratar de retirar la sobrecarga de los elementos que presenten esta dificultad se pueden realizar varias maniobr as entre las cuales está el intercambio de generación, que consiste en buscar un par de generadores que puedan inter cambiar potencia activa, este caso es el que se analiza a continuación.

2.6 INTERCAMBIO DE GENERACION

Esto puede ser deseable para determinar el par de generado res que tienen que intercambiar potencia para tratar de retirar la sobrecarga de una línea; éste intercambio de pote ncia se lo realiza entre dos generadores, de los cuales el uno debe estar lo más cerca eléctricamente del elemento sobrecargado para tener una influencia favorable.

El sistema es sujetado a m inyecciones de corriente según se tengan m barras que puedan cambiar su programa de generaci ón. Las ecuaciones a utilizarse son las mismas que se utilizan en una contingencia de generación, por lo tanto no serán repetidas.



Por ejemplo en la Fig. anterior la línea m-n está, sobrecargada y tratamos de que se modifique la generación de potencia activa de P y Q ó, P y R ó, P y S ó, Q y R ó, Q y S ó R y S. De los resultados que se pueden dar se imprimirá una tabla en la que se indique para cada línea sobrecargada dos opciones de entre las cuales se escogerá una, la cual convenga para tratar de retirar la sobrecarga de la línea.

De las tablas mencionadas anteriormente se presentarán varias, cada una de las cuales corresponderán a una determinada potencia activa, a intercambiar, de todas las respuestas se puede visualizar el mayor cambio que puede producirse en la línea m-n debido a la modificación de la generación.

Cada barra de generación tiene varias posibilidades, las cuales tienen que ser analizadas, y que son:

Que se pueda transferir potencia activa de, una de



barras a otra; que se pueda incrementar la potencia activa de generación o que ninguna de las dos posibilidades se pueda realizar.

2.7 SECUENCIAS A SEGUIRSE PARA CADA TIPO DE CONTINGENCIA.

1. Contingencia Simple

- a) Se lee la línea a ser retirada y la cantidad de líneas de estudio.
- b) Se calcula la corriente de la línea retirada antes de producida la contingencia.
- c) Leer las líneas de estudio
- d) Calcular factor de distribución $K_{rs,pq}$ en donde $r-s$ son las líneas de estudio, y $p-q$ es la línea retirada.
- e) Calcular el cambio de corriente DIRS y el cambio de potencia DSRS producidos en las líneas $r-s$ por efecto de la salida de la línea $m-n$.
- f) Calcular el flujo final de potencia en la línea $r-s$ (SRSF).
- g) Si existe otra línea $r-s$ retornar a d)
- h) Si existe otra contingencia retornar a a)

2. Contingencia Múltiple

- a) Leer la cantidad de elementos a retirar, y la cantidad de líneas de estudio.
- b) Leer los elementos a retirarse
- c) Calcular la corriente de los elementos a retirarse antes de producida la contingencia.
- d) Encontrar la matriz K que contiene como elementos - los factores de distribución de las líneas a salir.
- e) Leer las líneas de estudio
- f) Calcular el vector que contiene como elementos a los factores de distribución $K_{mn,ab}$, en donde, m-n es la línea de estudio y a-b es la línea retirada.
- g) Obtener el cambio de corriente DIMN en los elementos m-n por efecto de la salida de los elementos a-b.
- h) Obtener la corriente final IMNF, y la potencia final SMNF por los elementos m-n.
- i) Si existe otra línea m-n retornar a f).
- j) Si existe otra contingencia retornar a a)

3. Salida de Generación.

- a) Leer las dos barras de generación que intervienen en la contingencia, la cantidad de líneas de estudio y la potencia activa.

- b) Calcular la inyección de corriente DI que se suma a la una barra de generación y se resta a la otra.
- c) Leer líneas de estudio.
- d) Calcular factor de distribución de generación:
 $G_{mn,pq}$ en donde m-n es la línea de estudio, y p, q son las barras de generación.
- e) Calcular la variación de corriente DIMN y la variación de potencia DSMN en las líneas de estudio m-n.
- f) Calcular el flujo de potencia final en las líneas m-n.
- g) Si existe otra línea m-n retornar a d)
- h) Si existe otra contingencia retornar a a)

4. Intercambio de Generación.

- a) Leer barras de generación y las posibilidades que tienen de intercambiar potencia activa.
- b) Leer máxima y mínima potencia activa a intercambiar y el incremento de potencia activa.
- c) Tomar la primera línea sobrecargada y analizar, las distintas posibilidades de intercambiar potencia activa, y encontrar el factor de distribución más adecuado, ($G_{mn,pq} > 0$, y $G_{mn,pq} < 0$)
- d) Calcular la corriente a inyectarse DIPG, en las dos barras de generación escogidas.

- e) Calcular la variación de corriente DIMN, y la variación de potencia DSMN que se producen en las líneas de estudio m-n.
- f) Calcular la potencia final por las líneas m-n.
- g) Si existe otra línea sobrecargada retornar a c)
- h) Incrementar la potencia de intercambio (activa) y pasar al siguiente punto.
- i) Si la potencia incrementada es mayor que la máxima potencia activa a intercambiar se termina el proceso de lo contrario retornar a c).

2.7.1 Secuencia general para cualquier tipo de contingencia.

- a) Llamar a subrutina leer, la que se encarga de leer los datos del sistema, a partir de un caso base de flujo de carga.
- b) Llamar a subrutina orden, que se encarga de reordenar los datos de línea para formar la Z-barra.
- c) Llamar a subrutina Zbus, la que encuentra la matriz Z-barra del sistema.
- d) Llamar a subrutina (contis, contim, contig, inter) que calcula el nuevo flujo de potencia después de producida una contingencia.
- e) Si existe otro tipo de contingencia retornar a d).

Con lo visto en los puntos 2.7 y 2.7.1 pasamos al siguiente capítulo en el que se encuentra en forma detallada el programa principal y cada subrutina.

C A P I T U L O I I I

DESCRIPCION DEL PROGRAMA

3.1 INTRODUCCION

El programa se basa en el cálculo de la matriz ZBARRA y de los factores de distribución para calcular el nuevo flujo de potencia activa por las líneas de interés después de producirse una contingencia ó un intercambio de generación.

El programa tiene sus limitaciones respecto al número de líneas y respecto al número de barras por el dimensionamiento realizado, pudiendo esta limitación ser aumentada, agrandando el dimensionamiento, según la memoria del computador en donde se corra el programa.

El programa consta del programa principal y de 9 subrutinas, de tal modo que se puedan elegir el tipo de contingencia que se desea producir.

Las subrutinas CNVERT y ESCRI no serán detalladas ya que la subrutina CNVERT se obtuvo de un trabajo realizado anteriormente (7), y es la que se encarga de obtener la inversa de una matriz compleja. Finalmente la subrutina ESCRI es la encargada de imprimir los resultados que se obtienen al producirse cualquier tipo de contingencia anotados e imprime la matriz Z-barra.

El programa elaborado se basa en las referencias (5,3); se anota también que las variables que se van describiendo - en su orden en cada subrutina no serán repetidas si estas cumplen la misma función tanto en el programa principal como en cada una de las subrutinas.

3.2 DESCRIPCION DEL PROGRAMA, VARIABLES DEL PROGRAMA, DIA GRAMA DE BLOQUES Y LISTADO.

Programa Principal.-

Realiza las llamadas en forma secuencial a las respectivas subrutinas según los requerimientos del tipo de contingencia a correrse para cualquier sistema.

Si se detecta un error en la subrutina LEER el programa principal se encarga de transferir a la sentencia STOP, para que termine el programa, imprimiendo un mensaje que describe el error cometido. La única operación que realiza el programa principal es la de convertir los voltajes de la forma polar a la forma rectangular.

Variables utilizadas

Variables no dimensionadas

AN: Convierte el ángulo de el voltaje de grados a radianes

ICONT:, Indicador del tipo de contingencia o intercambio

de generación (1, 2, 3, 4)

NC : Número de contingencias (de un mismo tipo)

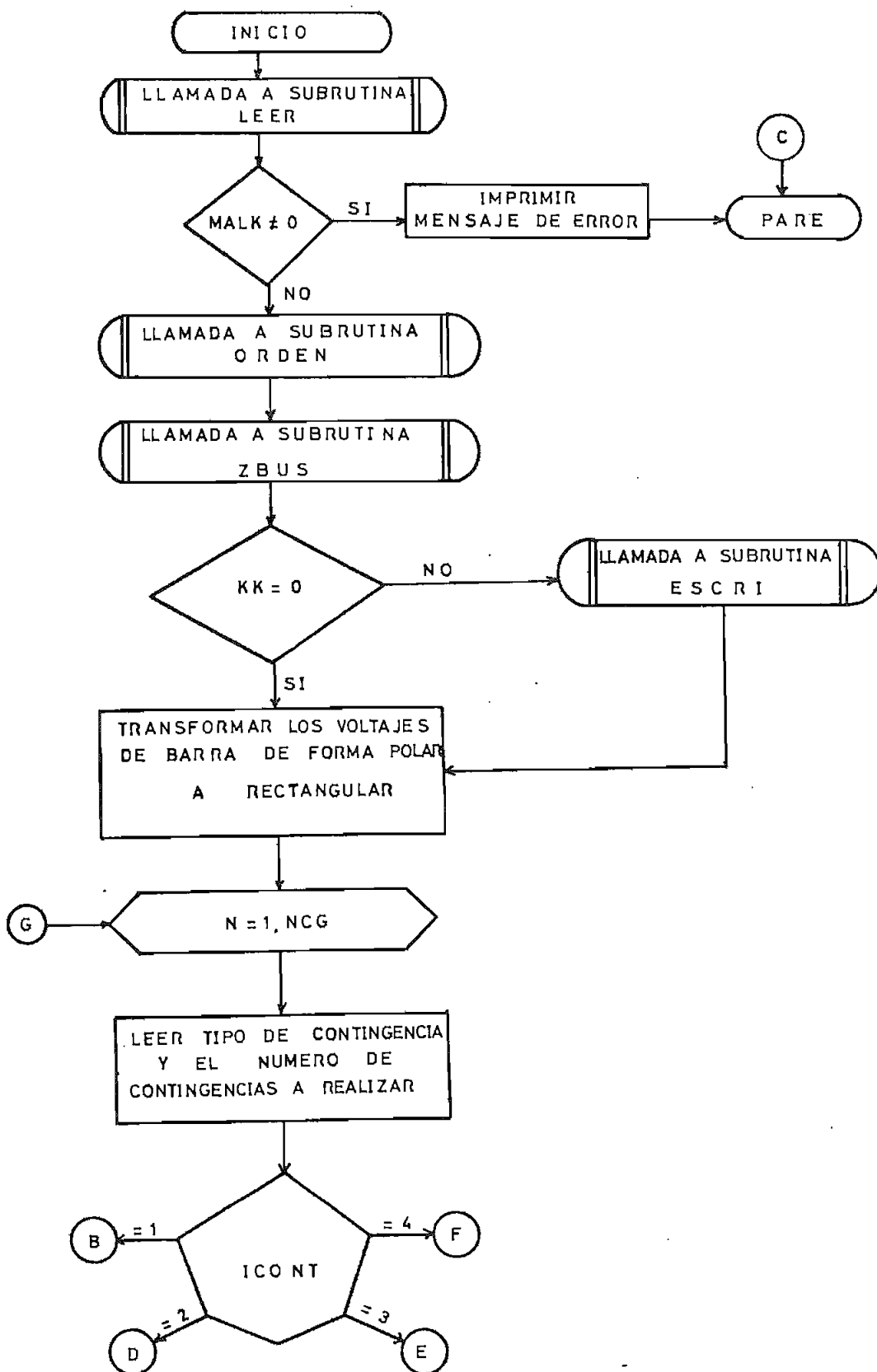
X : Obtiene la parte real del voltaje

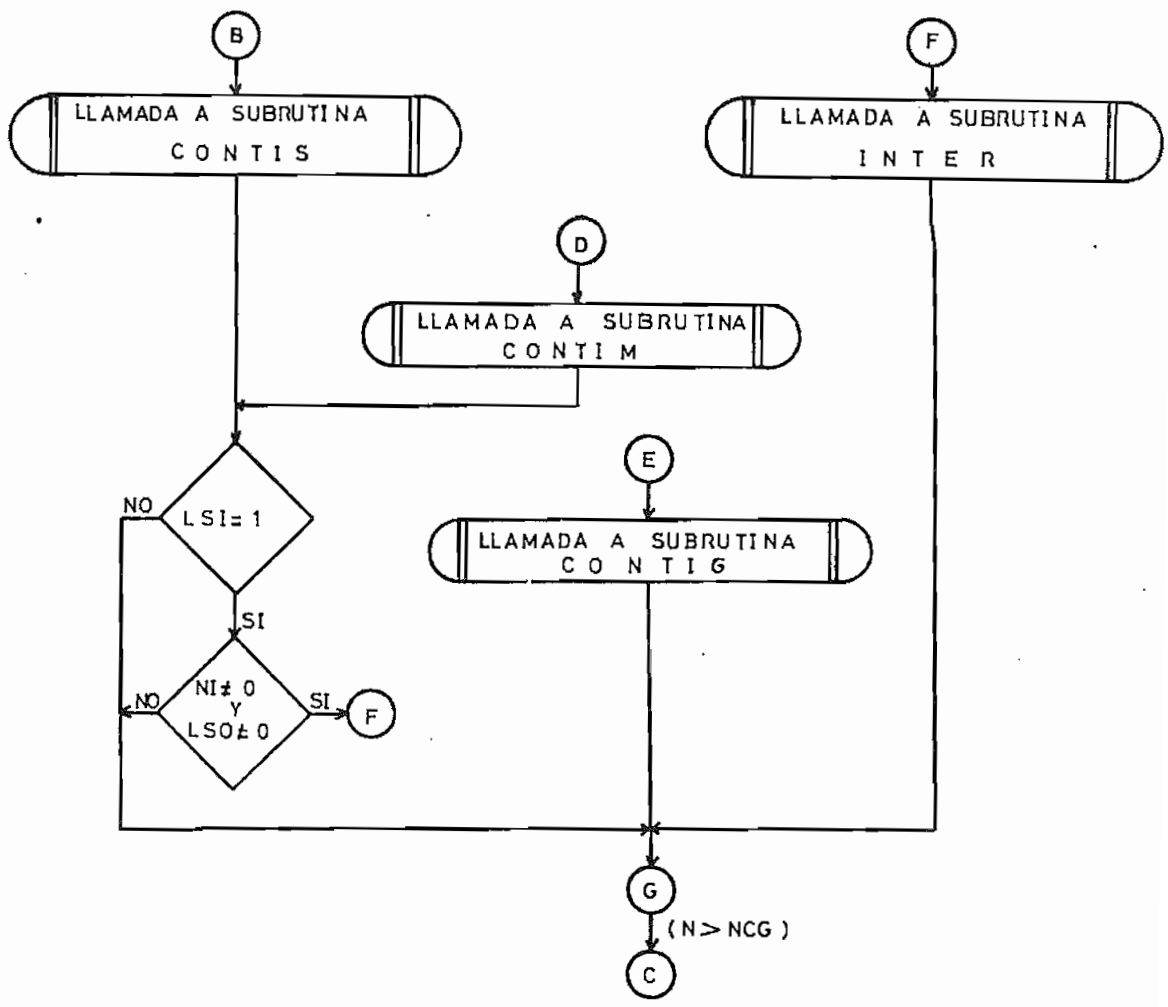
Y : Obtiene la parte imaginaria del voltaje

Variable dimensionada

ER : Almacena el voltaje del caso de flujo de carga convergido, en forma rectangular.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL





C\$OPTIONS TIME=500,PAGE=30,LINE=0

C

C *** ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 C *** FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
 C *** DEPARTAMENTO DE POTENCIA
 C *** QUITO - ECUADOR
 C *** TESIS DE GRADO

QUITO

C *** REALIZADO POR : MILTON IVAN NARANJO PROANO
 C *** DIRIGIDO POR: ING. JOSE BARRAGAN

C-----> PROGRAMA DIGITAL PARA SIMULACION DE CONTINGENCIAS
 C POR EL METODO DE SUPERPOSICION EN SISTEMAS ELEC-
 C TRICOS DE POTENCIA

C-----> PROGRAMA PRINCIPAL

```

0001 DIMENSION NUM(6,25),LOP(200),LOQ(200),LBP(150),A(3,3),ER
      *150),KMNAB(50,3),LB(150),LT(10), PG(150),IAB(3),MK(3,3),MKT
      *(3,3),VM(3),LLS(200), NELE(200),ZL(200),BC(200),T(200),NN(150),E(
      *150),ANG(150),QG(150),PC(150),QC(150), IDEN(200),SRS(200
      *),NELEO(200),LOPO(200),LOQO(200),ZLO(200),BCO(200),TO(200),ULL(
      *15),SBL(150),CL(150),Z(150,150),VAE(150)
0002 DIMENSION PMAX(200),IPGS(25),IQGR(25)
0003 DIMENSION TITULO(320)
0004 INTEGER VAE,ULL,SBL
0005 COMPLEX IPQ,SRS,ER,KRSPQ,DIRS,DSRS,SRSF,DP,Z,IAB,MK,ZLO,KMNAB,DIMN
      *.VM,MKT,DSMN,SMNF,ZL,A,T1,DI,GMNPQ,SMN,CL,ZZZ
0006 COMPLEX IMNF
0007 COMPLEX KG
0008 9998 READ(1,9999,END=131)IEJEM
0009 9999 FORMAT(I1)
0010 WRITE(3,90)
0011 90 FORMAT(//,30X,'ESCUELA POLITECNICA NACIONAL',/,30X,'FACULTAD DE IN
      *GENIERIA ELECTRICA',/,30X,'ABRIL DE 1983',/,30X,'TESIS DE GRADO',/
      *,30X,'REALIZADO POR IVAN NARANJO',/,30X,'PROGRAMA DIGITAL PARA SIM
      *ULACION DE CONTINGENCIAS EN S.E.P.',///)
0012 C-----> LEER DATOS GENERALES DEL SISTEMA
      CALL LEER(NE,NB,NREF,MALK,NME,NMB,NA,PB,NELE,LOP,LOQ,ZL,BC,T,NN,E,
      *ANG,PG,QG,PC,QC,VAE,IDEN,NCG ,SRS,MLEER,MESCR,NI,LSO,LSI,
      *PMAX,LLS,KK)
0013 IF(MALK,NE,0)GO TO 110
0014 C-----> ORDENAR ELEMENTOS PARA FORMAR Z-BARRA
      CALL ORDEN(NELE,LOP,LOQ,ZL,BC,T,NELEO,LOPO,LOQO,ZLO,BCO,TO,NB,ULL,
      *NE,SBL,NREF,IDEN)
0015 C-----> CALCULAR Z-BARRA
      CALL ZBUS(ZLO,LOPO,LOQO,NE,Z,ULL,VAE,LB,NA,I3)
0016 IF(KK,EQ,0)GO TO 60
0017 ICC=8
0018 C-----> ESCRIBIR Z-BARRA
      CALL ESCRI(K,LOP,LOQ,PRSF,MESCR,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IBP,IBQ,
      *PMN,Z,I3,LB,ICO,LSO,PMAX,LLS)
0019 C-----> TRANSFORMAR A FORMA RECTANGULAR VOLTAJES DE BARRA
      DO 40 I=1,I3
0020 LBP(LB(I))=1,
0021 40 CONTINUE

```

```

0022 DD 50-I=1,NB
0023 AN=2,*3.1416*ANG(I)/360.
0024 X=E(I)*COS(AN)
0025 Y=E(I)*SIN(AN)
0026 ER(I)=CMPLX(X,Y)
0027 DD 100 N=1, NCG
0028 READ(MLEER,140)ICONT,NC
0029 FORMAT(2I3)
0030 GO TO (10,20,30,70),ICONT
0031 C-----> CALCULAR POTENCIA ACTIVA DESPUES DE UNA CONTINGENCIA SIMPLE
10 CALL CONTIS(MLEER,NC,LOP,LOQ,LBP,SRS,ER,PB,Z,ZL,MESCR,PG,LSO,PMAX
*,LLS)
0032 IF(LSI.EQ.1)GO TO 80
0033 GO TO 100
0034 C-----> CALCULAR POTENCIA ACTIVA DESPUES DE UNA CONTINGENCIA MULTIPLE
20 CALL CONTIM(NC,LOP,LOQ,LBP,Z,ZL,MLEER,SRS,ER,PB,MESCR,PG,LSO,PMAX,
*LLS)
0035 IF(LSI.EQ.1)GO TO 80
0036 GO TO 100
0037 C-----> CALCULAR POTENCIA ACTIVA DESPUES DE UNA CONTINGENCIA DE GENERA-
CION
30 CALL CONTIG(NC,MLEER,Z,ZL,LOP,LOQ,PB,SRS,PG,ER,MESCR,LBP,LSO,PMAX)
0038 GO TO 100
0039 IF(NI.NE.0.AND.LSO.NE.0)GO TO 70
0040 GO TO 100
0041 C-----> REALIZAR INTERCAMBIO DE GENERACION
70 CALL INTER(NI,MESCR,MLEER,LSO,LOP,LOQ,LLS,LBP,Z,ZL,SRS,ER,PB)

```

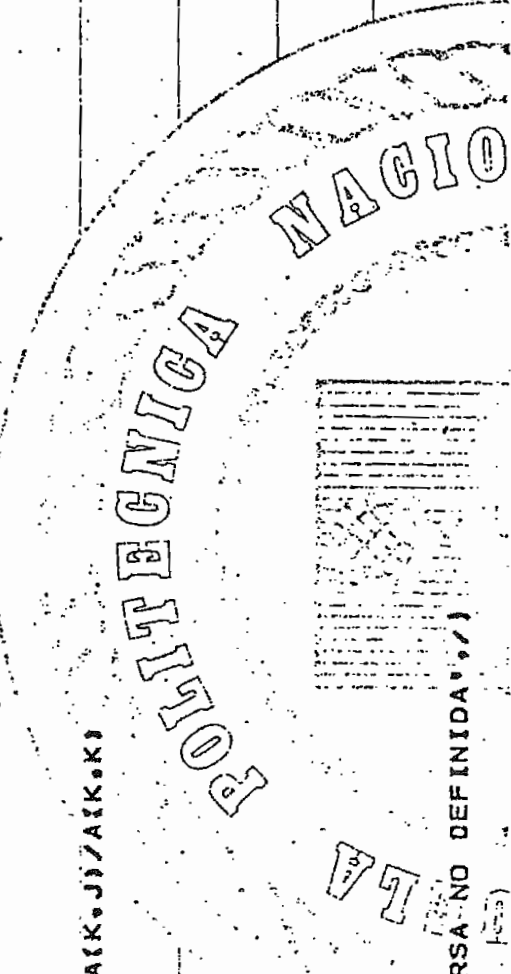
CONTINGENCIA

MALK

```

2 C-----> OBTENER LA INVERSA DE UNA MATRIZ COMPLEJA
3 0001 SUBROUTINE CNVERT (A,N)
4 0002 DIMENSION A( 3, 3),LI(10)
5 0003 COMPLEX A,PI
6 0004 L=N
7 0005 DO 2 J=1,L
8 0006 DO 10 I=1,L
9 0007 T1=(0.0,0.0)
10 0008 DO 10 M=1,L
11 0009 DO 4 LL=1,L
12 0010 IF (LI(LL).EQ.1) GO TO 4
13 0011 IF ((CABS(A(LL,LL))-CABS(T1)).LE.0.) GO TO 4
14 0012 T1=A(LL,LL)
15 0013 K=LL
16 0014 4 CONTINUE
17 0015 IF (CABS(T1).EQ.0) GO TO 14
18 0016 T1=(0.0,0.0)
19 0017 LI(K)=1
20 0018 DO 8 I=1,L
21 0019 IF (I.EQ.K) GO TO 8
22 0020 DO 6 J=1,L
23 0021 IF (J.EQ.K) GO TO 6
24 0022 A(I,J)=A(I,J)-A(L,K)*A(K,J)/A(K,K)
25 0023 6 CONTINUE
26 0024 8 CONTINUE
27 0025 A(K,K)=-1.0/A(K,K)
28 0026 DO 10 I=1,L
29 0027 IF (I.EQ.K) GO TO 10
30 0028 A(I,K)=A(I,K)*A(K,K)
31 0029 A(K,I)=A(K,I)*A(K,K)
32 0030 10 CONTINUE
33 0031 DO 12 J=1,L
34 0032 DO 12 K=1,L
35 0033 A(I,J,K)=-A(I,J,K)
36 0034 RETURN
37 0035 WRITE (3,16)
38 0036 RETURN
39 0037 FORMAT(///,56X,'INVERSA NO DEFINIDA',/)
40 0038 END

```



000AA6	50	000A90	50	13	000A9E	50
000AFC	63	000AB4	61	10	000AE4	62
000E66	66	000B3E	64		000B50	65
000C18	70	000BB6	67		000BD2	68
000C58	73	000C2C	71	14	000C44	72

TOTAL MEMORY REQUIREMENT'S 000C60 BYTES

HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0

DOS FORTRAN IV 360N-FC-479 3-8 MAINPGM DATE 08/04/83 TIME 09.18.29 PAG:

```

C-----> IMPRIMIR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE FLUJO DE POTENCIA ACTIVA
C          CALCULADOS EN LAS SUBROUTINAS CONTIS, CONTIM, CONTIG
0001      SUBROUTINE ESCRI(K,LOP,LCQ,PRSF,MESCR,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IB
          *P,IBQ,PMN,Z,I3,LB,ICC,LSQ,PMAX,LLS)
0002      DIMENSION LLS(200),LCP(200),LOQ(200),LB(150),Z(150,150),PG(150)
0003      DIMENSION PMAX(200)
0004      COMPLEX DP,Z
0005      GO TO (18,19,20,21,22,23,24,25,29),ICO
0006      WRITE(MESCR,5)K,LOP(K),LCQ(K)
0007      5  FORMAT(44X,'RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA',/,44X,33(' '),/,44X
          *,33(' '),//,53X,'LINEA RETIRADA',/,53X,14(' '),//,45X,'N. DE ELEME
          *NTO',4X,'ENTRE BARRAS',/,45X,14(' '),4X,12(' '),//,51X,I3,12X,I3,'
          *',I3,/,14X,92(' '),/,14X,'LINEA',14X,'FLUJO ORIGINAL',14X,'FLUJO
          *FINAL',14X,'MW DE',14X,'%')/,38X,'(MW)',23X,'(MW)',15X,'SOBRECARGA
          *',/,14X,92(' '),/)
          RETURN
0008      19 IF (ABS(PRSF).GT.ABS(PMAX(N)))GO TO 6
0009      WRITE(MESCR,7)LOP(N),LOQ(N),PRSA,PRSF
0010      LSC=LSQ+1
0011      LLS(LSQ)=0
0012      7  FORMAT(13X,I3,'-',I3,15X,F8.3,19X,F8.3,14X,10(' '))
0013      RETURN
0014      6  CS=ABS(PRSF)-ABS(PMAX(N))
0015      PORC=CS*100./ABS(PMAX(N))
0016      WRITE(MESCR,8)LOP(N),LOQ(N),PRSA,PRSF,CS,PORC
0017      8  FORMAT(13X,I3,'-',I3,15X,F8.3,19X,F8.3,15X,F8.3,9X,F7.3)
0018      LSC=LSQ+1
0019      LLS(LSQ)=N
0020      RETURN
0021      25 WRITE(MESCR,10)
0022      10 FORMAT(///,42X,'LA MATRIZ DE IMPEDANCIA DE BARRA ES',/,39X,40(' *
          *'),////)
          DO 13 I=1,I3
0024      WRITE(MESCR,11)LB(I)
0025      11 FORMAT(50X,I2,/)
          DO 13 J=1,I3
0026      WRITE(MESCR,12)LB(J),Z(I,J)
0027      12 FORMAT(60X,I2,2X,F8.5,2X,F8.5)
0028      CONTINUE
0029      RETURN
0030      20 WRITE(MESCR,2)
0031      2  FORMAT(44X,'RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA',/,44X,33(' '),/,44X
          *,33(' '),//,52X,'LINEAS RETIRADAS',/,52X,16(' '),//,45X,'N. DE ELE
          *MENTO',4X,'ENTRE BARRAS',/,45X,14(' '),4X,12(' '),//)
          RETURN
0032
0033
0034

```

```

00035 21 WRITE(MESCR,4)K,LOP(K),LOQ(K)
00036 4  FORMAT(51X,13,12X,13,1,13)
00037 RETURN
00038 22 WRITE(MESCR,9)
00039 9  FORMAT(/,14X,92(1,1),/,14X,LINEA,14X,FLUJO ORIGINAL,14X,FLUJO
* FINAL,14X,MW DE,14X,(Z),/,38X,(MW),23X,15X,SOBRECA
* RGA,/,14X,92(1,1),/)
0040 RETURN
0041 23 IF (ABS(PMNF).GT.ABS(FMAX(K)))GO TO 26
0042 WRITE(MESCR,7)LOP(K),LOQ(K),PMNA,PMNF
0043 LSC=LSO+1
0044 LLS(LSO)=0
0045 RETURN
0046 26 CS=ABS(PMNF)-ABS(PMAX(K))
0047 PORC=CS*100./ABS(PMAX(K))
0048 WRITE(MESCR,8)LOP(K),LOQ(K),PMNA,PMNF,CS,PORC
0049 LSC=LSO+1
0050 LLS(LSO)=K
0051 RETURN
0052 24 WRITE(MESCR,27)
0053 27  FORMAT(44X,RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA,/,44X,33(1,1),/,44X
*,33(1,1),/,56X,CAMBIOS DE GENERACION,/,56X,20(1,1),/,43X,GENER
* ADDR,5X,ORIGINAL,2X,REVISADO,/,56X,(MW),7X,(MW),/,43X,34(
* 1,1))
0054 DP=DP*PB
0055 PG(IBP)=PG(IBP)*PB
0056 PG(IBQ)=PG(IBQ)*PB
0057 P=PG(IBP)-DP
0058 Q=PG(IBQ)+DP
0059 WRITE(MESCR,28)IBP,PG(IBP),P,IBQ,PG(IBQ),Q
0060 28  FORMAT(46X,13,7X,F8.3,/,46X,13,7X,F8.3,/,46X,F8.3,/,14X,92(1,
*,/,14X,LINEA,14X,FLUJO ORIGINAL,14X,FLUJO FINAL,14X,MW DE
*,14X,(Z),/,38X,(MW),23X,(MW),15X,SOBRECARGA,/,14X,92(1,1)
*,/)
0061 RETURN
0062 29 IF (ABS(PMN).GT.ABS(PMAX(K)))GO TO 30
0063 WRITE(MESCR,7)LOP(K),LOQ(K),PMNA,PMN
0064 LSC=LSO+1
0065 LLS(LSO)=0
0066 RETURN
0067 30 CS=ABS(PMN)-ABS(PMAX(K))
0068 PORC=CS*100./ABS(PMAX(K))
0069 WRITE(MESCR,8)LOP(K),LOQ(K),PMNA,PMN,CS,PORC
0070 RETURN
0071 END

```

MOE T E O N I C A

Subrutina LEER

Esta subrutina sirve para leer e imprimir los datos requeridos; los cuales son:

Datos de línea, datos de barra, datos del flujo de carga y los datos de las barras que están incluidas en el área de estudio. También obtiene un elemento equivalente desde el nodo de referencia a cada barra, tomándose en cuenta para esto la susceptancia de las líneas, las cargas y la modelación de los transformadores.

Ecuaciones utilizadas

$$Z1 = Z \times T$$

$$Z2 = \frac{T^2 \times Z}{1-T}$$

$$Z3 = \frac{T \times Z}{T - 1}$$

$$Zc = \frac{|E|^2}{P-jQ}$$

Variables utilizadas.Variables no dimensionadas:

IFIN: Indicador de final de datos de línea con el valor 1

KK : Indicador para imprimir la Z-barra con el valor 1

LSI : Indicador para realizar el intercambio después de una contingencia simple o múltiple con el valor 1.

LSO : Número de líneas sobrecargadas

MALK: Indicador de error (o).

NA : Número de barras que están dentro de él área de estudio.

NB : Número de barras del sistema.

NE : Número de elementos.

NI : Número de intercambios de generación

NMB : Número máximo de barras (150)

NME : Número máximo de elementos (200)

NREF: Barra de referencia (Tierra)

PB : Potencia base (MVA)

Variables dimensionadas

ANG : Angulo de voltaje (grados)

BC : Susceptancia de la línea (pu)

CL : Almacena los equivalentes de cada barra a la referencia.

E : Módulo del voltaje obtenido de los resultados de un flujo de carga convergido (pu)

IDEN : Indicador; si vale 1 está dentro de las líneas de interés.

LOP : Nodo P de la línea.

LOQ : Nodo Q de la línea.

NELE : Número de elemento

NN : Número de barra

PMAX : Potencia activa máxima que puede circular por la línea. (MW)

PC : Potencia activa de carga (pu)

PG : Potencia activa de generación (pu)

QC : Potencia reactiva de carga (pu)

QG : Potencia reactiva de generación (pu)

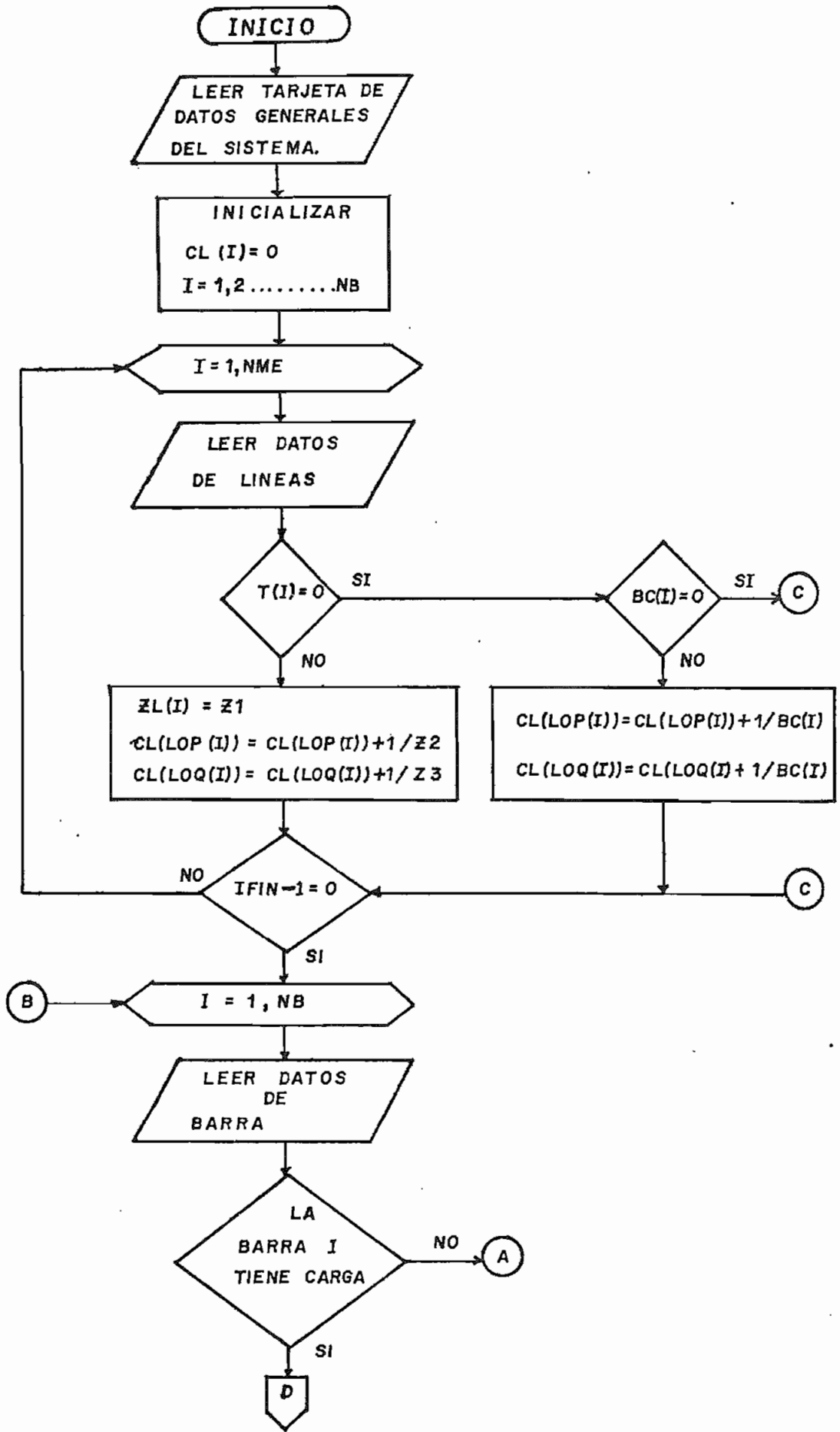
SRS : Flujo de potencia de P a Q (pu)

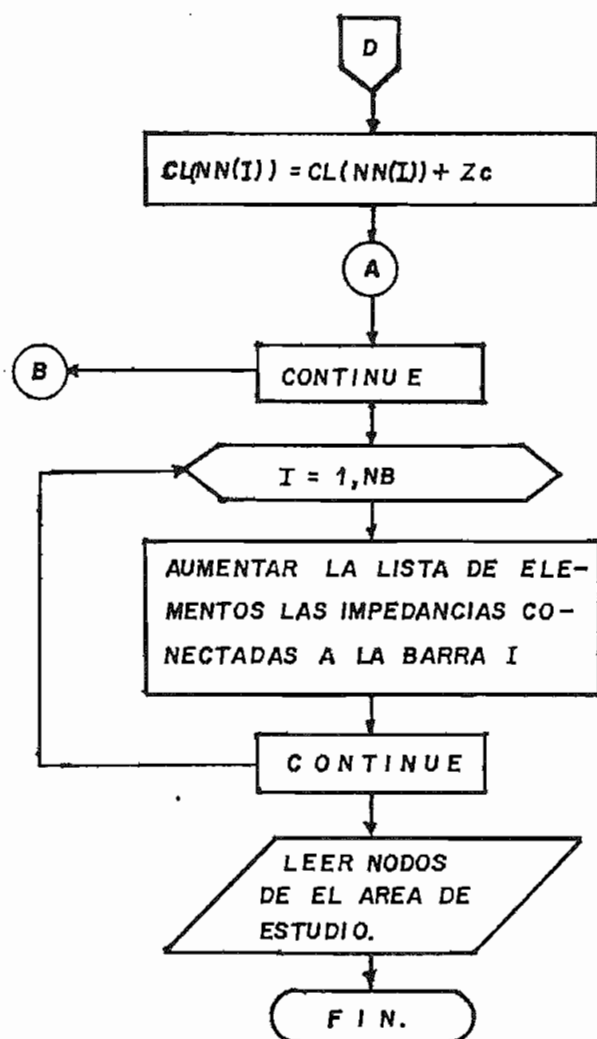
T : Tap de los transformadores (pu)

VAE : Almacena las barras que están dentro del área de estudio.

ZL : Impedancia de la línea (pu)

DIAGRAMA DE FLUJO DE SUBROUTINA LEER

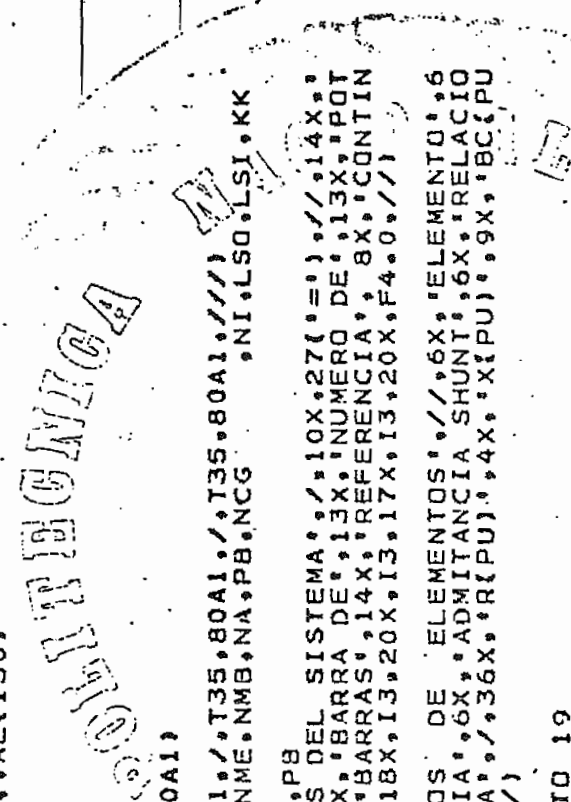




```

2 C-----> LEER DATOS GENERALES DEL SISTEMA
3 0001 SUBROUTINE LEER(NB,NB,NREF,MALK,NME,NMB,NA,PB,NELE,LOP,LOQ,ZL,BC,T
4 *NN,E,ANG,PG,QG,PC,QC,VAE,IDEN,NCG
5 *O,LSI,PMAX,LLS,KK)
6 NE = # DE ELEMENTOS , NB = # DE BARRAS , NREF = BARRA DE REFE --
7 RENCIA , MALK = CONTADOR DE ERRORES , NME = NUMERO MAXIMO DE --
8 ELEMENTOS , NMB = # MAXIMO DE BARRAS , NA = # DE NODOS DE EL --
9 AREA DE ESTUDIO , PB = POTENCIA BASE , ICONT = INDICADOR DEL --
10 TIPO DE CONTINGENCIA , NC = # DE CONTINGENCIAS , NI = # DE IN --
11 TERCAMBIOS DE GENERACION , LSO = # DE LINEAS SOBRECARGADAS , --
12 NELE = # DEL ELEMENTO , LCP = BARRA P DE LA LINEA , LOQ = BARRA --
13 Q DE LA LINEA , ZL = IMPEDANCIA DE LA LINEA , SRS = FLUJO DE --
14 POTENCIA POR LA LINEA DEL NODO P AL Q , PMAX = POTENCIA ACTIVA --
15 MAXIMA QUE PUEDE CIRCULAR POR LA LINEA , BC = SUSCEPTANCIA DE LA --
16 LINEA , T = TAPS DE LOS TRANSFORMADORES , NN = # DE LA BARRA --
17 E = VOLTAJE DE BARRA EN PU , ANG = ANGULO DEL VOLTAJE EN GRADOS --
18 PG = POTENCIA ACTIVA DE CARGA , QC = POTENCIA REACTIVA DE CARGA --
19 PC = POTENCIA ACTIVA DE GENERACION , QG = POTENCIA REACTIVA DE --
20 GENERACION
21 VAE = VECTOR QUE ALMACENA LOS NODOS DEL AREA DE ESTUDIO
22 DIMENSION NELE(200),LOP(200),LOQ(200),ZL(200),T(200),NN(15
23 *O),E(150),ANG(150),PG(150),QG(150),PC(150),QC(150),IDEN(20
24 *O),SRS(200),CL(150),PMAX(200),VAE(150)
25 DIMENSION TITULO(320),LLS(50)
26 INTEGER VAE
27 COMPLEX ZL,CL,ZZZ,SRS
28 MLEER=1
29 MLECR=3
30 READ 27,TITULO
31 FORMAT(80A1,/,80A1,/,80A1,/,80A1)
32 PRINT 28,TITULO
33 FORMAT(1H1,I35,80A1,/,T35,80A1,/,T35,80A1,///)
34 READ(MLEER,4)NE,NB,NREF,MALK,NME,NMB,NA,PB,NCG
35 *NI,LSO,LSI,KK
36 WRITE(7)IS,F5,0,5IS)
37 FORMAT(//,10X, DATOS GENERALES DEL SISTEMA,/,10X,27(=),/,14X,
38 *NUMERO DE,13X,NUMERO DE,13X, BARRA DE,13X,NUMERO DE,13X,POT
39 *GENCIA,/,14X,ELEMENTOS,15X,BARRAS,14X,REFERENCIA,8X,CONTIN
40 *GENCIAS,15X,BASE,/,17X,I3,18X,I3,20X,I3,17X,I3,20X,F4,0,///)
41 WRITE(MLECR,14)
42 FORMAT(6X,107(=),/,52X,DATOS DE ELEMENTOS,/,6X,ELEMENTO,6
43 *X,ENTRE BARRAS,6X,IMPEDANCIA,6X,ADMITANCIA SHUNT,6X,RELACIO
44 *N DE TAP,6X,CAPACIDAD MAXIMA,/,36X,R(PU),4X,X(PU),9X,BC(PU
45 *),38X,(MW),/,6X,107(=),///)
46 > VERIFICAR DATOS
47 IF(NB,GT,MM),OR,NE,GT,NME)GO TO 19
48 IF(NREF,NE,GT,GO TO 23
49 > OBTENER LOS EQUIVALENTES DE LOS ELEMENTOS CONECTADOS A LA BA
50 *RRA DE REFERENCIA
51 DO 21 I=1,NB

```



```

0021 21 CL(I)=(0.,0.)
0022 DO 8 I=1,NME
0023 READ(MLEER,5)NELE(I),LOP(I),LOQ(I),ZL(I),BC(I),T(I),SRS(I),PMAI(I)
*.IDEN(I),IFIN
0024 5 FORMAT(3I3,7F9.5,2I2)
0025 IF(T(I).EQ.0..OR.T(I).EQ.1.)GO TO 6
0026 ZL(I)=I(I)*ZL(I)
C-----> CONSIDERAR TAPS DE LOS TRANSFORMADORES
0027 CL(LOP(I))=CL(LOP(I))+1./(((T(I)**2)*ZL(I))/(1.-T(I)))
0028 CL(LOQ(I))=CL(LOQ(I))+1./((T(I)*ZL(I))/(T(I)-1.))
0029 GO TO 18
0030 6 IF(BC(I).EQ.0.)GO TO 18
0031 ZZ=-2./BC(I)
0032 ZZZ=CMPLX(0.,ZZ)
0033 CL(LOP(I))=CL(LOP(I))+1./ZZZ
0034 CL(LOQ(I))=CL(LOQ(I))+1./ZZZ
0035 18 IF(IFIN-1)7,9,7
0036 7 WRITE(MESCR,15)NELE(I),LOP(I),LOQ(I),ZL(I),BC(I),T(I),PMAI(I)
0037 8 CONTINUE
0038 WRITE(MESCR,13)NME
0039 13 FORMAT(10X,2('**'),'N. DE LINEAS MAYOR QUE N. TOTAL DE ELEMENTOS',I
*.3)
0040 MALK=1+MALK
0041 GO TO 31
0042 9 WRITE(MESCR,15)NELE(I),LOP(I),LOQ(I),ZL(I),BC(I),T(I),PMAI(I)
0043 15 FORMAT(9X,13,11X,13,'-',13,5X,F8.5,1X,F9.5,5X,F8.5,14X,F8.5,13X,F8
*.4)
0044 31 WRITE(MESCR,16)
0045 16 FORMAT(8X,104['-'],7,53X,'DATOS DE BARRA',7,8X,'N. DE BARRA',8X
*,'VMOD(PU)',8X,'ANG(GRAD)',8X,'POTENCIA DE GENERACION',8X,'POTENCI

```

DOS FORTRAN IV 360N-F0-479 3-8 LEER DATE 08/04/83 TIME 09.14.02 PAGE 01

```

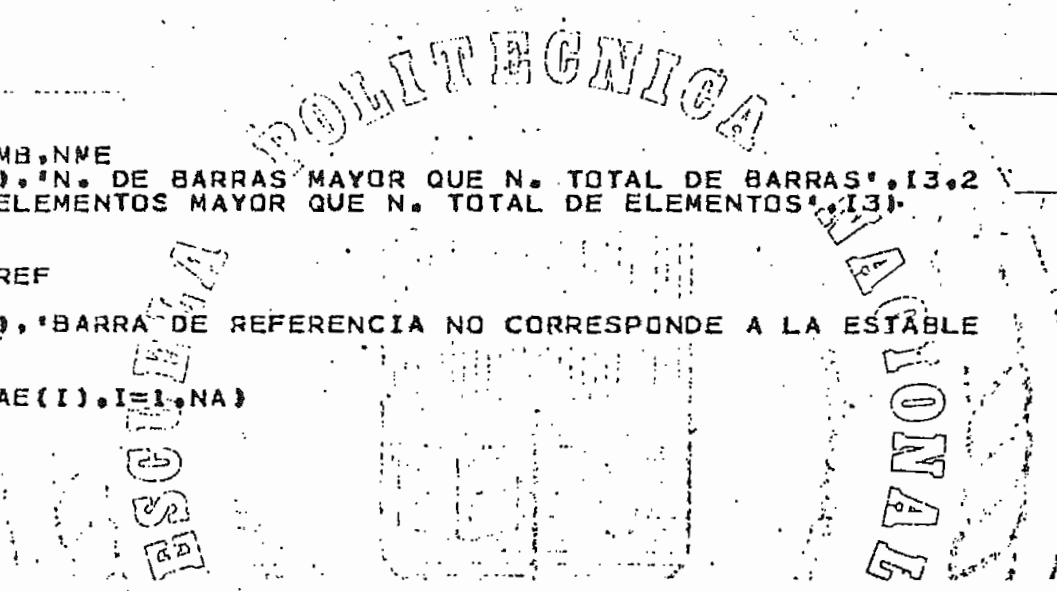
0046 *.A DE CARGA',7,61X,'P(PU)',10X,'Q(PU)',10X,'P(PU)',5X,'Q(PU)',7,8X,
0047 *104['-'])
0048 DO 11 I=1,NB
0049 10 READ(MLEER,10)NN(I),E(I),ANG(I),PG(I),QG(I),PC(I),QC(I)
0050 FORMAT(13,6F8.4)
0051 WRITE(MESCR,17)NN(I),E(I),ANG(I),PG(I),QG(I),PC(I),QC(I)
0052 IF(1.NE.NN(I))GO TO 25
0053 17 FORMAT(12X,13,12X,F8.5,8X,F9.5,7X,F8.4,6X,F8.4,7X,F8.4,2X,F8.4)
0054 IF(PC(I).EQ.0..AND.QC(I).EQ.0.)GO TO 11
C-----> TRANSFORMAR LAS CARGAS A IMPEDANCIAS FIJAS CONECTADAS A TIERRA
0055 CL(NN(I))=CL(NN(I))+CMPLX(PC(I),-QC(I))/E(I)**2
0056 GO TO 11
0057 25 WRITE(MESCR,26)
0058 26 FORMAT(10X,2('**'),'NUMERACION DE BARRAS NO ES SECUENCIAL')
0059 MALK=1+MALK
0060 11 CONTINUE

```

```

0059      DO 22 I=1,NB
0060      IF (CABS(CL(I)).EQ.0.)GO TO 22
0061      NE=NE+1
0062      NELE(NE)=NE
0063      IDEN(NE)=0
0064      LOP(NE)=0
0065      LOG(NE)=1
0066      BC(NE)=0.
0067      T(NE)=0.
0068      ZL(NE)=1./CL(I)
0069      22      CONTINUE
0070      GO TO 33
0071      19      WRITE(MESCR,20)NMB,NME
0072      20      FORMAT(10X,2('**'),'N. DE BARRAS MAYOR QUE N. TOTAL DE BARRAS',I3,2
*X,'0',2X,'N. DE ELEMENTOS MAYOR QUE N. TOTAL DE ELEMENTOS',I3)
0073      MALK=1+MALK
0074      GO TO 29
0075      23      WRITE(MESCR,24)NREF
0076      MALK=1+MALK
0077      24      FORMAT(10X,2('**'),'BARRA DE REFERENCIA NO CORRESPONDE A LA ESTABLE
*CIDA',I3)
0078      GO TO 30
0079      33      READ(MLEER,12)(VAE(I),I=1,NA)
0080      12      FORMAT(25I3)
0081      RETURN
0082      END

```



Subrutina ORDEN

Se encarga de ordenar los elementos (líneas) en una secuencia tal que se pueda formar la matriz ZB. Para esto el primer elemento a almacenarse en la lista ordenada es un elemento que tenga como nodo P la referencia (Tierra). En esta subrutina no se utiliza ninguna ecuación.

Variables utilizadas

Variables no dimensionadas

I1 : Contador del número de elementos ordenados.

I2 : Contador del número de barras.

Variables dimensionadas

BCO : Susceptancia de la línea en forma ordenada (pu)

IDEN : Identifica a las líneas que están dentro de el área de estudio con el valor 1.

LOPO : Nodo P en forma ordenada.

LOQO : Nodo Q en forma ordenada

NELEO : Almacena el número de las líneas en forma ordenada.

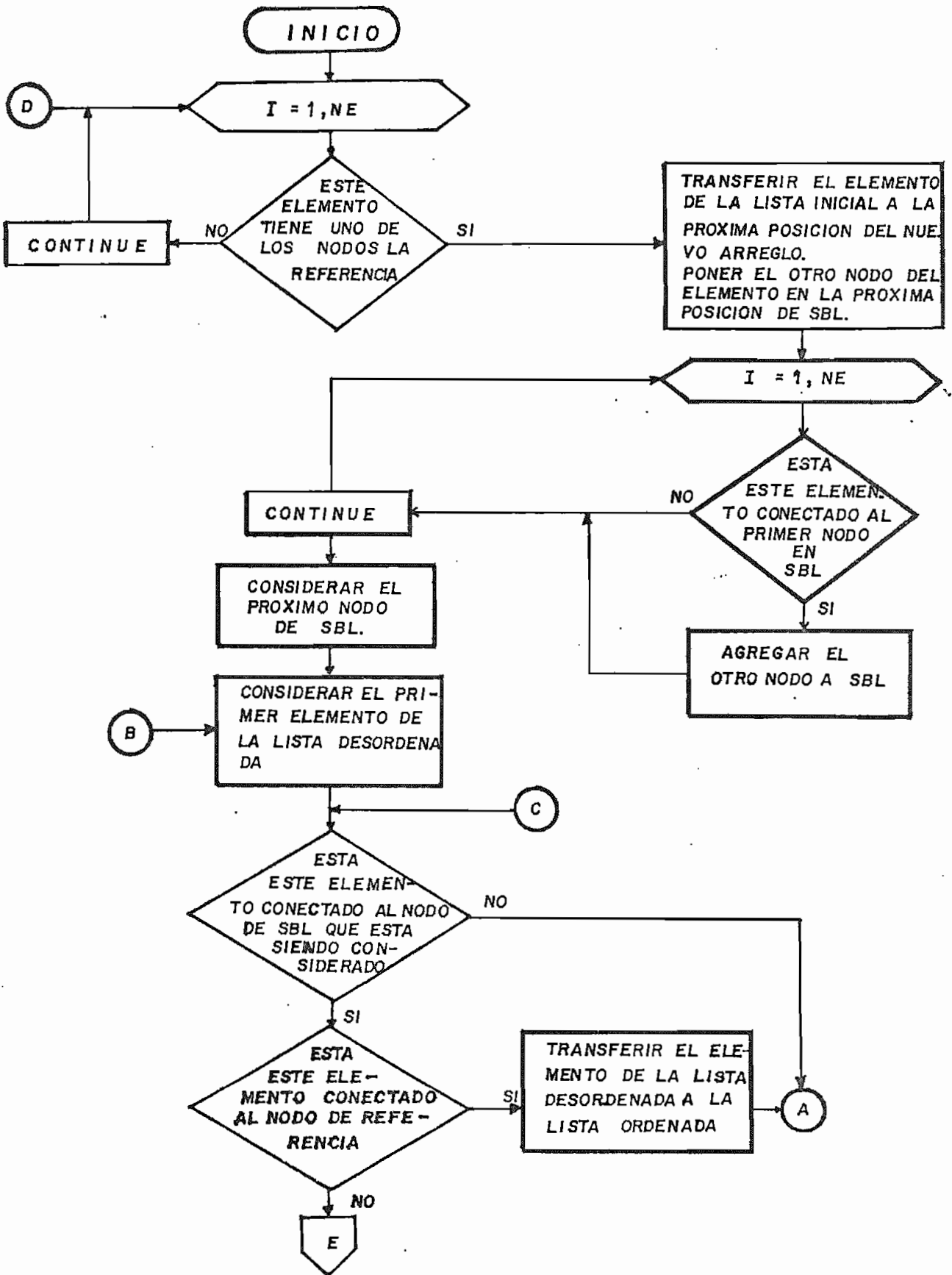
SBL : Arreglo que posee los nodos en el orden en que se agregarán al formar la Z-barra

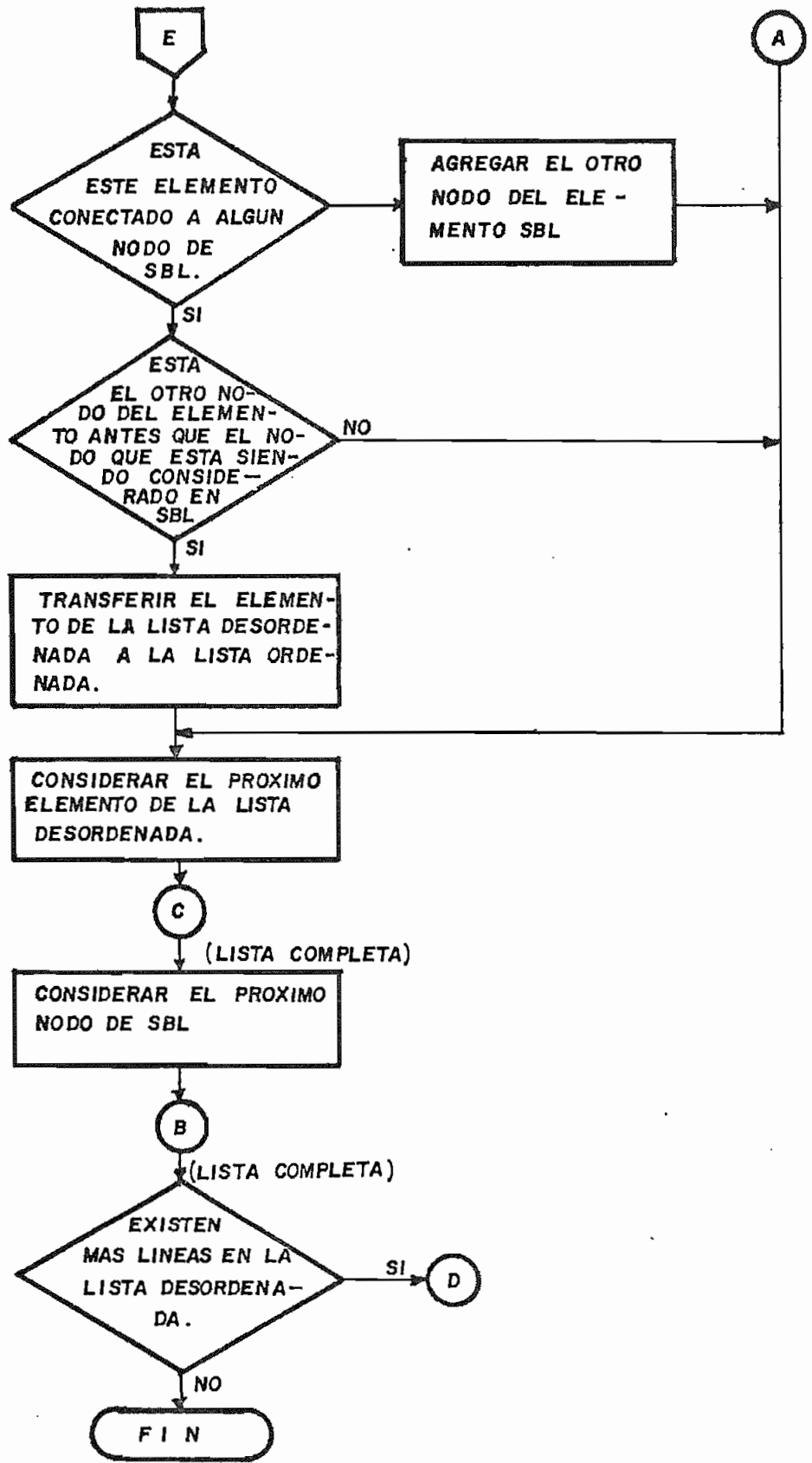
TO : Tap de los transformadores en forma ordenada (pu)

ULL : Almacena el número de líneas que están conec
tadas a cada barra del sistema.

ZLO : Impedancia de la línea en forma ordenada (pu)

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA ORDEN





14	001C5C	71	19	001C84	73	001C94	74
15	001C9A	75	23	001C88	76	001CC8	78
20	001CCE	79	33	001D20	81		

21 TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 001D28 BYTES
 22 HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0
 23
 24

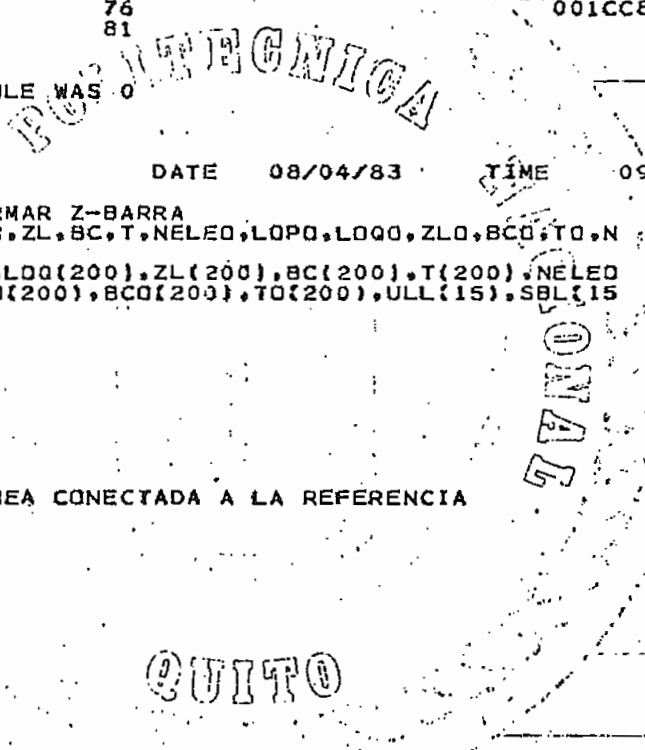
DOS FORTRAN IV 360N-FQ-479 3-8 MAINPGM DATE 08/04/83 TIME 09.14.38 PAGE 0001

```

C-----> ORDENAR ELEMENTOS PARA FORMAR Z-BARRA
0001 SUBROUTINE ORDEN(NELE,LOP,LOG,ZL,BC,T,NELEO,LOPO,LOQO,ZLO,BCO,TO,N
      *B,ULL,NE,SBL,NREF, IDEN)
0002 DIMENSION NELE(200),LOP(200),LOQ(200),ZL(200),BC(200),T(200),NELEO
      *(200),LOPO(200),LOQO(200),ZLO(200),BCO(200),TO(200),ULL(15),SBL(15
      *0),IDEN(200)
0003 INTEGER ULL,SBL
0004 COMPLEX ZL,ZLO
0005 DO 2 I=1,NB
0006 ULL(I)=0
0007 CONTINUE
0008 I1=1
0009 I2=1
0010 I4=1

C-----> IDENTIFICAR LA PRIMERA LINEA CONECTADA A LA REFERENCIA
0011 DO 4 I=1,NE
0012 IF(IDEN(I).NE.0)GO TO 4
0013 IF(LUP(I).EQ.NREF)GO TO 5
0014 CONTINUE
0015 NELEJ(I1)=NELE(I)
0016 LOPO(I1)=LOP(I)
0017 LOQO(I1)=LOQ(I)
0018 ZLO(I1)=ZL(I)
0019 BCO(I1)=BC(I)
0020 TO(I1)=T(I)
0021 IDEN(I)=2
0022 SBL(I2)=LOQ(I)
0023 ULL(LOQ(I))=ULL(LOQ(I))+1

C-----> AGREGAR NODOS CONECTADOS DIRECTAMENTE AL PRIMER NODO EN LA LIS-
      TA DE NODOS DEL SISTEMA
0024 DO 8 I=1,NE
0025 IF(IDEN(I).NE.0)GO TO 8
0026 IF(LOP(I).EQ.SBL(I4))GO TO 6
0027 IF(LOQ(I).EQ.SBL(I4))GO TO 7
0028 GO TO 8
0029 DO 31 J=1,I2
0030 IF(SBL(J).EQ.LOQ(I))GO TO 8
0031 CONTINUE
0032 I2=I2+1
0033 SBL(I2)=LOQ(I)
0034 GO TO 9
0035 IF(LUP(I).EQ.0) GO TO 34
0036 DO 32 J=1,I2
0037 IF(SBL(J).EQ.LOP(I))GO TO 8
0038 CONTINUE
0039 I2=I2+1
0040 SBL(I2)=LOP(I)
0041 GO TO 9
0042 I1=I1+1
0043 NELEO(I1)=NELE(I)
  
```



```

0044      LOPQ(I1)=LOP(I)
0045      LOQB(I1)=LOQ(I)
0046      ZLC(I1)=ZL(I)
0047      BCC(I1)=BC(I)
0048      TQ(I1)=T(I)
0049      IDEN(I)=2
0050      ULL(LOQ(I))=ULL(LOQ(I))+1
0051      8      CONTINUE
C-----> TOMAR EL PROXIMO NODO DE LA LISTA EXISTENTE ARMADA
0052      24      DO 20 I=1,NE
0053              IF(IDEN(I).NE.0)GO TO 20
0054              IF(LOP(I).EQ.SBL(1+I4))GO TO 9
0055              IF(LOQ(I).EQ.SBL(1+I4))GO TO 16
0056              GO TO 20
0057      9      IF(LOQ(I).EQ.0)GO TO 14
0058              DO 10 J=1,I2
0059              IF(LOQ(I).EQ.SBL(J))GO TO 11
0060      10      CONTINUE
0061              I2=I2+1
0062              SBL(I2)=LOQ(I)
0063              GO TO 20
0064      11      DO 12 K=1,I4
0065              IF(LOQ(I).EQ.SBL(K))GO TO 13
0066      12      CONTINUE
0067              GO TO 20
0068      13      IF(LOP(I).EQ.0) GO TO 29
0069              ULL(LOP(I))=ULL(LOP(I))+1
0070      29      ULL(LOQ(I))=ULL(LOQ(I))+1
0071              GU TO 22
0072      14      ULL(LOP(I))=LOP(I)+1

```

DOS FORTRAN IV 360N-FD-479 3-8

GRDEN

DATE 08/04/83

TIME 09.14.38

PA

```

0073      . 22      I1=I1+1
0074      NELEQ(I1)=NELE(I)
0075      LOPU(I1)=LOP(I)
0076      LOQU(I1)=LOQ(I)
0077      ZLC(I1)=ZL(I)
0078      BCC(I1)=BC(I)
0079      TQ(I1)=T(I)
0080      IDEN(I)=2
0081      GO TO 20
0082      16      IF(LOP(I).EQ.0)GO TO 23

```



```

34 0083      DO 17 J=1,12
35 0084      IF(LOP(I).EQ.SBL(J))GO TO 18
17 0085      CONTINUE
36 0086      I2=I2+1
37 0087      SBL(I2)=LOP(I)
38 0088      GO TO 20
39 0089      18 DO 19 K=1,14
40 0090      IF(LOP(I).EQ.SBL(K))GO TO 21
41 0091      19 CONTINUE
42 0092      GO TO 20
43 0093      21 ULL(LOP(I))=ULL(LOP(I))+1
44 0094      ULL(LOQ(I))=ULL(LOQ(I))+1
45 0095      GO TO 22
46 0096      23 ULL(LOQ(I))=ULL(LOQ(I))+1
47 0097      GO TO 22
48 0098      20 CONTINUE
49 0099      C-----> EXAMINAR EL RESTO DE LINEAS Y REPETIR EL PROCESO
50 0100      I4=I4+1
51 0101      IF(I4.EQ.NB)GO TO 25
52 0102      IF(I4.EQ.I2)GO TO 35
53 0103      GO TO 24
54 0104      35 I2=I2+1
55 0105      I1=I1+1
56 0106      GO TO 36
57 0107      25 DO 26 I=1,NE
58 0108      IF(IDEN(I).EQ.1)GO TO 27
59 0109      GO TO 26
60 0110      27 I1=I1+1
61 0111      NELE(I1)=NELE(I)
62 0112      LOF(I1)=LOP(I)
63 0113      LOG(I1)=LOQ(I)
64 0114      ZLC(I1)=ZL(I)
65 0115      BCC(I1)=BC(I)
66 0116      TO(I1)=T(I)
67 0117      26 CONTINUE
68 0118      RETURN
69      END

```

QUITO

71

Subrutina ZBUS

Esta subrutina encuentra la matriz Z-barra del sistema tomando a tierra como referencia según el algoritmo indicado en (8)

Para la formación de esta matriz se toman en cuenta las susceptancias de las líneas, así como también la modelación de los transformadores con relación de taps.

Las cargas son consideradas como fuentes de corriente a tierra y finalmente se consideran capacitores y reactores que se encuentren conectados a cierta barra del sistema, solamente aumentando en los datos de línea los datos concernientes a los capacitores y reactores.

La matriz Z-barra se forma solamente reteniendo los ejes correspondientes a los finales de las líneas que se encuentran en el área de estudio, descartando los demás ejes.

Ecuaciones utilizadas

$$Z_{i\ell} = Z_{iQ} \quad i=1 \text{ a } K$$

$$Z_{\ell\ell} = Z_{QQ} + Z_{\text{línea}}$$

$$Z_{iK} = 0 \quad i=1 \text{ a } K-1$$

$$Z_{KK} = Z_{\text{línea } 0-Q}$$

$$Z_{i\ell} = Z_{ip} - Z_{iQ} \quad i=1 \text{ a } K$$

$$Z_{\ell\ell} = Z_{pp} + Z_{QQ} - 2Z_{pQ} + Z_{\text{línea } p-Q}$$

$$Z_{ij} = Z_{ij} - \frac{Z_{i\ell} \times Z_{\ell j}}{Z_{\ell\ell}} \quad \begin{array}{l} i=1 \text{ a } K \\ j=1 \text{ a } K \end{array}$$

$$Z_{pi} = Z_{qi}$$

$$Z_{KK} = Z_{qq} + Z_{\text{línea } p-Q}$$

VARIABLES UTILIZADASVARIABLES NO DIMENSIONADAS

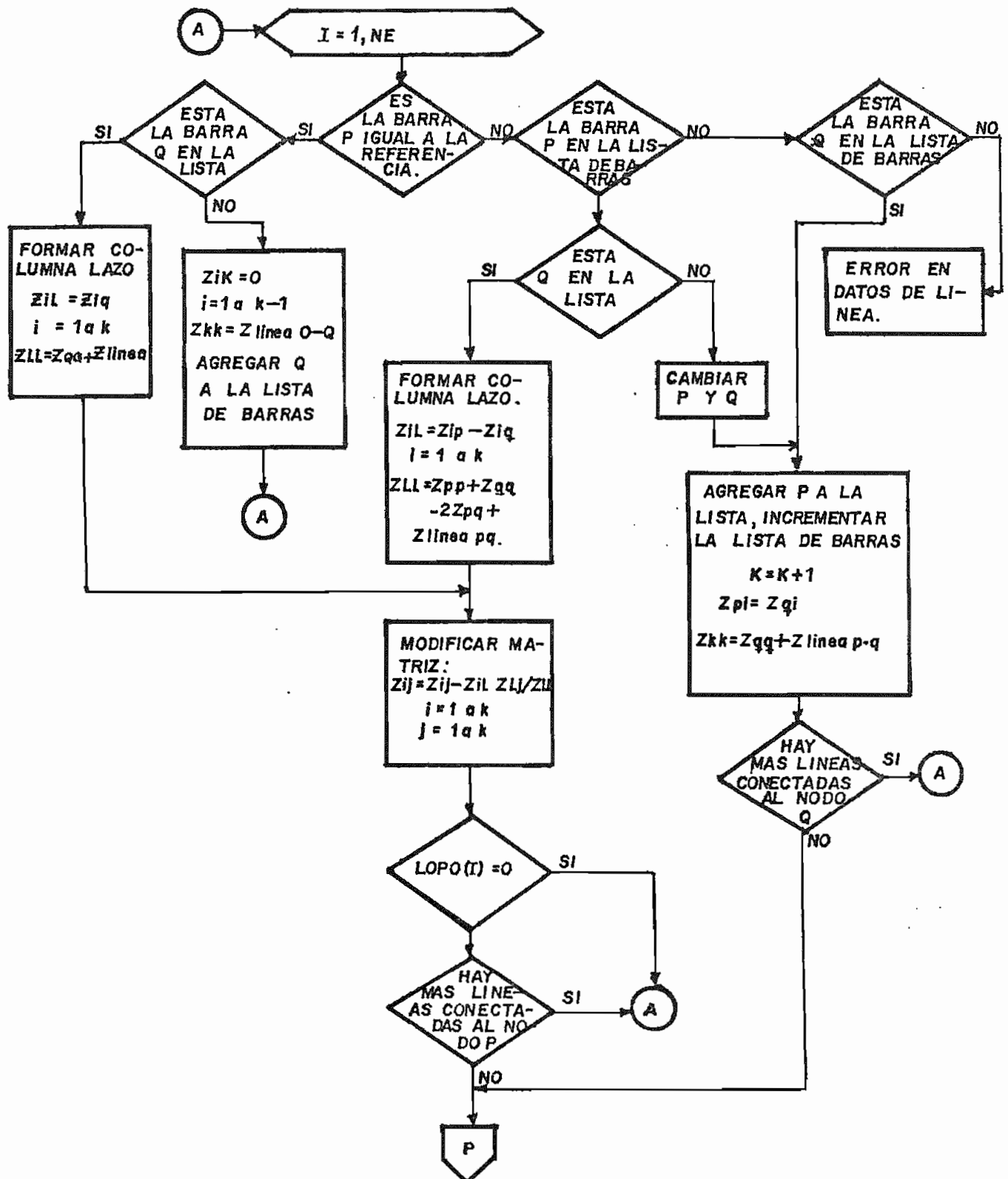
I3 : Contador de la dimensión de la matriz Z-barra formada.

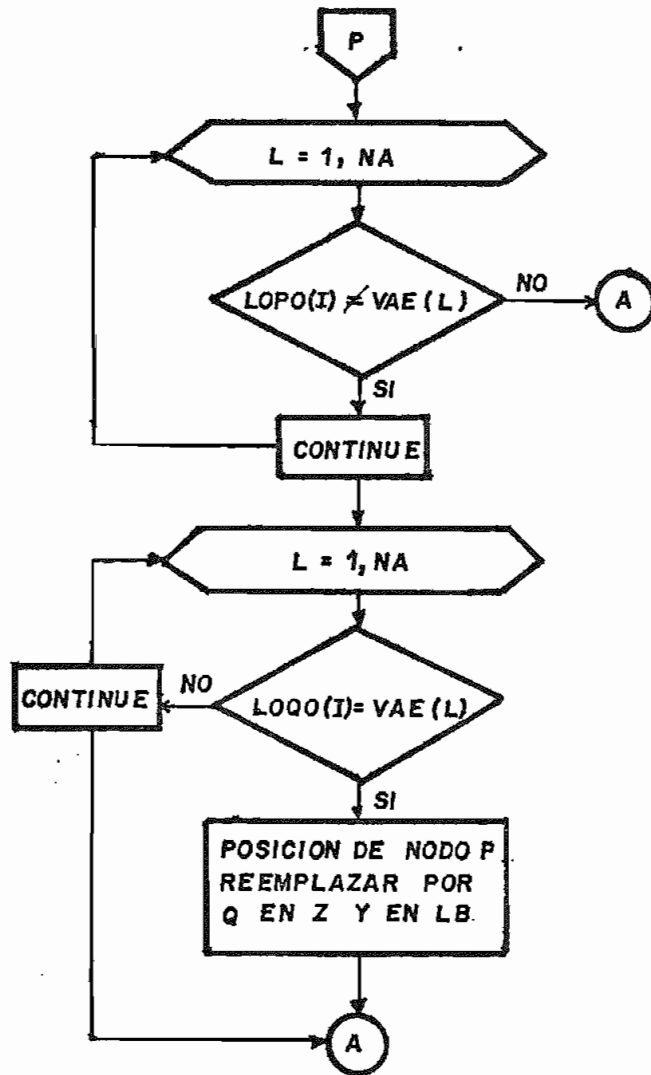
VARIABLES DIMENSIONADAS

LB : Vector que almacena los nodos que se van agregando al formar la Z-barra.

Z : Matriz Z-barra

DIAGRAMA DE FLUJO DE SUBROUTINA Z BUS

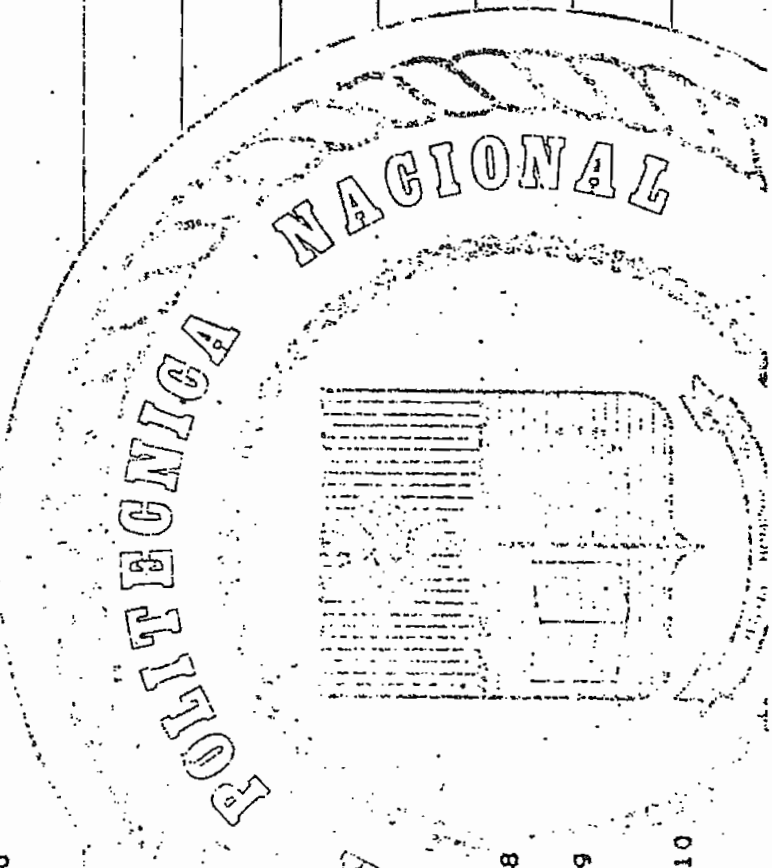





```

1 0001 > CALCULAR Z-BARRA
2 0002 SUBROUTINE ZEUS(ZLO,LOPO,LOQO,NE,Z,ULL,VAE,LB,NA,I3)
3 0003 DIMENSION ZLO(200),LOPO(200),LOQO(200),Z(150,150),ULL(15),VAE(150)
4 0004 * ,LB(150)
5 0005 INTEGER ULL,VAE
6 0006 COMPLEX ZLO,Z
7 0007 Z(1,1)=ZLO(1)
8 0008 I3=1
9 0009 LB(I3)=LOQO(1)
10 0010 ULL(LOQO(1))=ULL(LOQO(1))-1
11 0011 > INICIAR FORMACION DE Z-BARRA
12 0012 DO 20 I=2,NE
13 0013 K3=0
14 0014 IF(LOPO(I).EQ.0)GO TO 15
15 0015 DO 4 JI=1,I3
16 0016 IF(LOPO(JI).EQ.LB(JI))GO TO 23
17 0017 CONTINUE
18 0018 DO 5 J=1,I3
19 0019 IF(LOQO(JI).EQ.LB(JI))GO TO 30
20 0020 CONTINUE
21 0021 J2=J
22 0022 ICCN=0
23 0023 I3=I3+1
24 0024 LB(I3)=LOPO(I)
25 0025 LL=I3-1
26 0026 DO 7 K=1,LL
27 0027 IF(K.GE.J2)GO TO 32
28 0028 Z(K,I3)=Z(K,J2)
29 0029 GO TO 7
30 0030 CONTINUE
31 0031 Z(I3,I3)=Z(J2,J2)+ZLO(I)
32 0032 ULL(LOPO(I))=ULL(LOPO(I))-1
33 0033 ULL(LOQO(I))=ULL(LOQO(I))-1
34 0034 IF(ICON.EQ.0)GO TO 40
35 0035 IC=LOPO(I)
36 0036 LOPO(I)=LOQO(I)
37 0037 LOQO(I)=IC
38 0038 NE=1
39 0039 IF(ULL(LOPO(I)).EQ.0)GO TO 8
40 0040 GO TO 20
41 0041 DO 9 L=1,NA
42 0042 IF(LOPO(L).NE.VAE(L))GO TO 9
43 0043 GO TO 20
44 0044 CONTINUE
45 0045 DO 29 L=1,NA
46 0046 IF(LOQO(L).EQ.VAE(L))GO TO 10
47 0047 CONTINUE
48 0048 GO TO 20
49 0049 IC=LUPJ(I)
50 0050

```



```

40 0048      N=1
41 0049      LOPQ(I)=LOQQ(I)
42 0050      LOCO(I)=IC
43 0051      J1=J2
44 0052      GO TO 22
45 0053      10  I3=I3-1
46 0054      LB(J1)=LOQQ(I)
47 0055      IF(J1.EQ.1.AND.M.EQ.0)GO TO 12
48 0056      IF(J1.EQ.1.AND.M.EQ.1)GO TO 37
49 0057      IF(M.EQ.0)GO TO 13
50 0058      J5=J1-1
51 0059      DO 11 K=1,J5
52 0060      11  Z(K,J1)=Z(K,I3+1)
53 0061      37  Z(J1,J1) = Z(I3+1,I3+1)
54 0062      IF(J1.EQ.I3)GO TO 20
55 0063      J4=J1+1
56 0064      DO 36 K=J4,I3
57 0065      36  Z(J1,K)=Z(K,I3+1)
58 0066      GO TO 20
59 0067      13  J5=J1-1
60 0068      DO 14 K=1,J5
61 0069      14  Z(K,J1)=Z(K,J2)
62 0070      12  Z(J1,J1)=Z(I3,I3)
63 0071      IF(J1.EQ.(J2-1))GO TO 20
64 0072      J4=J1+1
65 0073      J5=J2-1
66 0074      DO 35 K=J4,J5
67 0075      35  Z(J1,K)=Z(K,J2)
68 0076      GO TO 20
69 0077      15  DO 16 J=1,I3
70
71
72
73

```

QUITO

DDDS FORTRAN IV 360N-FC-479 3-8 ZBUS DATE 08/04/83 TIME 09.15.13

```

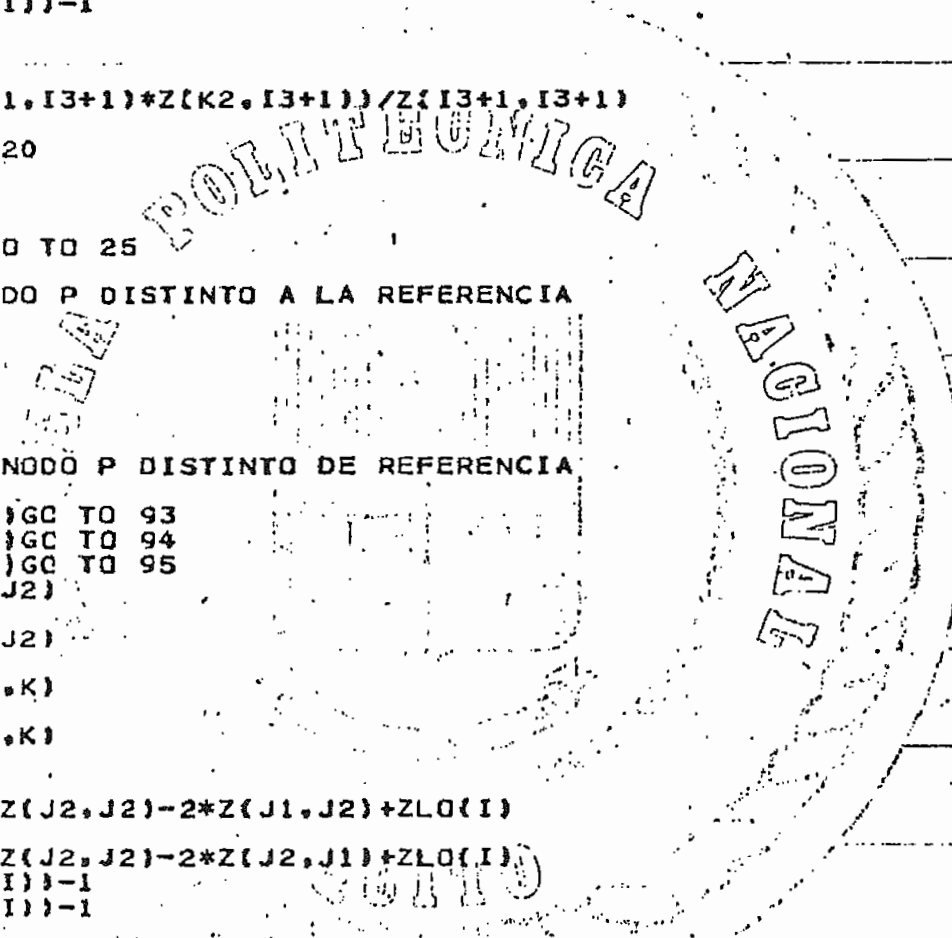
2 0078      IF(LOQQ(I).EQ.LB(J))GO TO 18
3 0079      16  CONTINUE
4 C-----> AGREGAR ENLACE CON NODO P A LA REFERENCIA
5 0080      I3=I3+1
6 0081      LB(I3)=LOQQ(I)
7 0082      I5=I3-1
8 0083      DO 17 K=1,I5
9 0084      Z(K,I3)=(0.,0.)
10 0085      17  Z(I3,I3)=ZLO(I)
11 0086      ULL(LOQQ(I))=ULL(LOQQ(I))-1

```

```

10 0087      GO TO 20
11 C----->  AGREGAR RAMA CON NODO P A LA REFERENCIA
12 0088      18  DO 19 K=1,I3
13 0089      IF (K.GE.J)GO TO 34
14 0090      Z(K,I3+1)=Z(K,J)
15 0091      GO TO 19
16 0092      34  Z(K,I3+1)=Z(J,K)
17 0093      19  CONTINUE
18 0094      Z(I3+1,I3+1)=Z(J,J)+ZLO(I)
19 0095      ULL(LOQC(I))=ULL(LOQC(I))-1
20 0096      27  DO 21 K1=1,I3
21 0097      K3=K3+1
22 0098      DO 21 K2=K3,I3
23 0099      Z(K1,K2)=Z(K1,K2)-(Z(K1,I3+1)*Z(K2,I3+1))/Z(I3+1,I3+1)
24 0100      21  CONTINUE
25 0101      IF (LOPO(I).EQ.0)GO TO 20
26 0102      M=C
27 0103      GO TO 22
28 0104      23  DO 24 J2=1,I3
29 0105      IF (LOQC(I).EQ.LB(J2))GO TO 25
30 0106      24  CONTINUE
31 C----->  AGREGAR RAMA CON NODO P DISTINTO A LA REFERENCIA
32 0107      IC=LOPO(I)
33 0108      LOPO(I)=LOQC(I)
34 0109      LOQC(I)=IC
35 0110      J2=J1
36 0111      ICCN=1
37 0112      GO TO 6
38 C----->  AGREGAR ENLACE CON NODO P DISTINTO DE REFERENCIA
39 0113      25  DO 26 K=1,I3
40 0114      IF (J1.LT.K.AND.J2.GE.K)GO TO 93
41 0115      IF (J2.LT.K.AND.J1.GE.K)GO TO 94
42 0116      IF (K.GE.J1.AND.K.GE.J2)GO TO 95
43 0117      Z(K,I3+1)=Z(K,J1)-Z(K,J2)
44 0118      GO TO 26
45 0119      93  Z(K,I3+1)=Z(J1,K)-Z(K,J2)
46 0120      GO TO 26
47 0121      94  Z(K,I3+1)=Z(K,J1)-Z(J2,K)
48 0122      GO TO 26
49 0123      95  Z(K,I3+1)=Z(J1,K)-Z(J2,K)
50 0124      26  CONTINUE
51 0125      IF (J1.GT.J2)GO TO 96
52 0126      Z(I3+1,I3+1)=Z(J1,J1)+Z(J2,J2)-2*Z(J1,J2)+ZLO(I)
53 0127      GO TO 97
54 0128      96  Z(I3+1,I3+1)=Z(J1,J1)+Z(J2,J2)-2*Z(J2,J1)+ZLO(I)
55 0129      97  ULL(LOQC(I))=ULL(LOQC(I))-1
56 0130      ULL(LOPO(I))=ULL(LOPO(I))-1
57 0131      GO TO 27

```



40 0132
41 0133
42 0134
43 0135
44 0136
45 0137
46 0138
47 0139
48 0140

20 CONTINUE

K=1
N=13-1
DO 31 J=1,N
K=K+1
DO 31 I=K,I3
Z(I,J)=Z(J,I)
RETURN
END

31

49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63

Subrutina CONTIS

Obtiene el nuevo flujo de potencia activa por las líneas después de producirse una contingencia simple.

En esta subrutina se lee los datos concernientes a la línea que sale y los de las líneas en las cuales se van a calcular el nuevo flujo de potencia.

Ecuaciones utilizadas

$$I_{pq} = \left(\frac{S_{rs}}{E_p} \right) *$$

$$K_{rs,pq} = \frac{(Z_{rp}-Z_{sp}) - (Z_{rq}-Z_{sq})}{z_{pq}-Z_{pp}-Z_{qq}-2Z_{pq}} \frac{z_{pq}}{z_{rs}}$$

$$DIRS = K_{rs,pq} \times I_{pq}$$

$$DSRS = E_r \times (DIRS) *$$

$$SRSF = SRS_{rs} + DSRS$$

Variables utilizadasVariables no dimensionadas

DIRS : Cambio de corriente (pu)

DSRS : Cambio de potencia (pu)

IPQ : Flujo de corriente por la línea p-q antes de la contingencia (pu)

LE : Número de líneas de estudio

PRSA : Flujo de potencia activa inicial (pu)

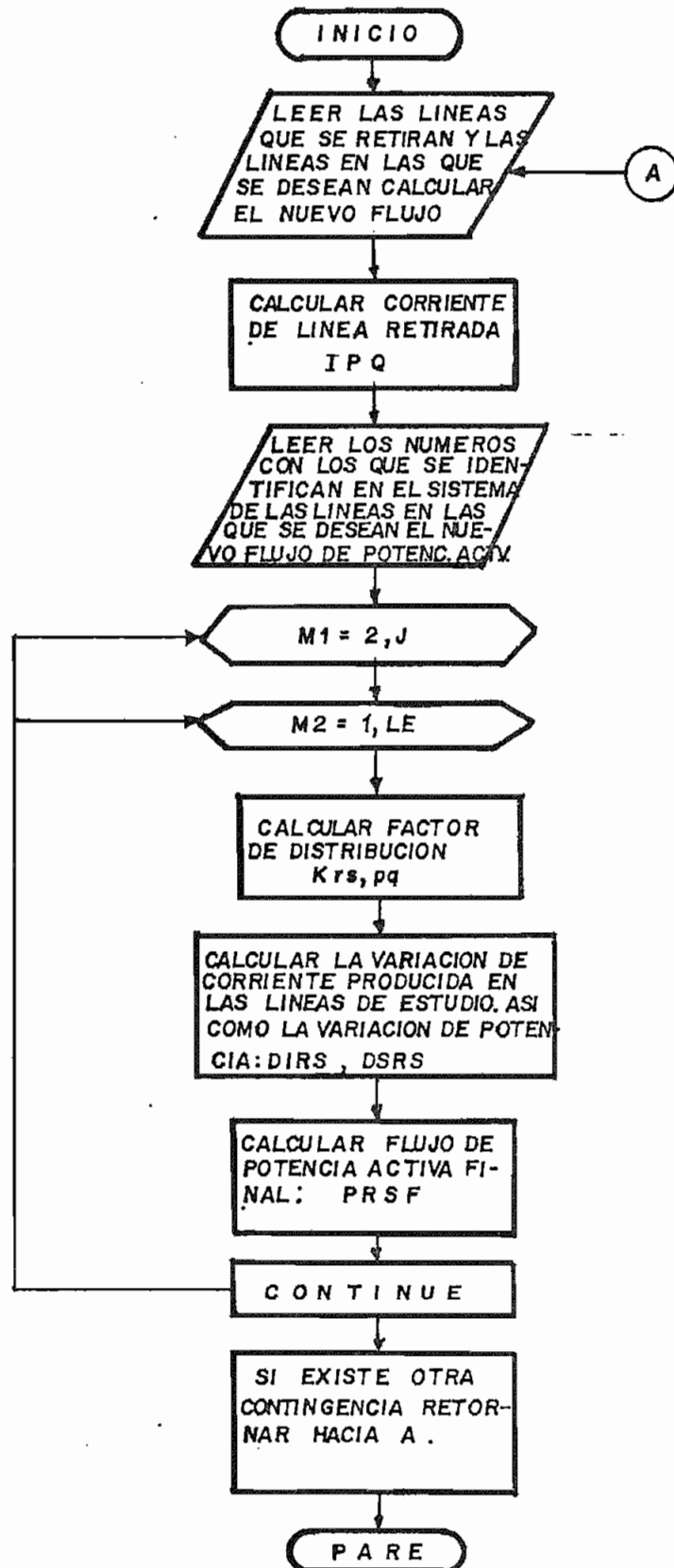
PRSF : Flujo de potencia activa final (pu)

SRSF : Flujo de potencia final (pu)

Variables dimensionadas

NUM : Matriz que almacena los números de las líneas de estudio y de la línea que sale.

DIAGRAMA DE FLUJO DE SUBROUTINA CONTIS



0003BC	21		0003CA	22	000462	23	6
00047A	24	8	000496	25	0004F0	26	
000508	27		000516	28	00058E	29	
0005F6	30	10	000626	31	000636	32	
000640	33	12	000684	34	00068C	35	14
0006A4	36						

TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 0006AC BYTES

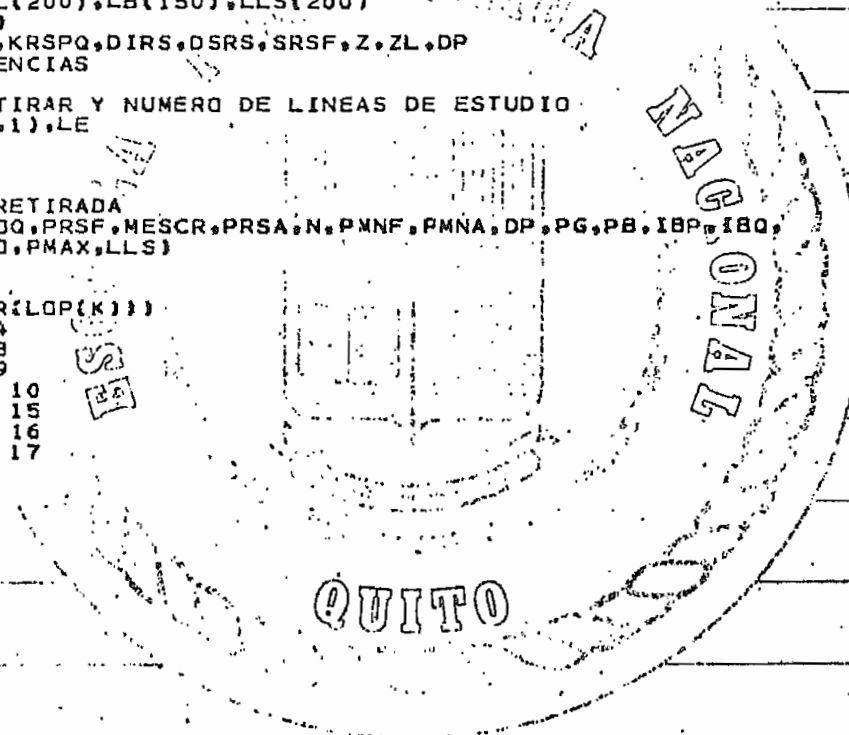
HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8 MAINPGM DATE 08/04/83 TIME 09.16.24 PAGE 000

```

16 C----> CALCULAR POTENCIA ACTIVA DESPUES DE UNA CONTINGENCIA SIMPLE
16 0001 SUBROUTINE CONTIS(MLEER,NC,LOP,LOQ,LBP,SRS,ER,PB,Z,ZL,MESCR,PG,LSO
20 * ,PMAX,LLS)
20 0002 DIMENSION NUM(6,25),LOP(200),LOQ(200),LBP(150),SRS(200),ER(150),PG
21 *(150),Z(150,150),ZL(200),LB(150),LLS(200)
22 0003 DIMENSION PMAX(200)
23 0004 COMPLEX IPQ,SRS,ER,KRSPQ,DIRS,DSRS,SRSF,Z,ZL,DP
24 C----> INICIAR CONTINGENCIAS
25 0005 DO 14 I=1,NC
26 C----> LEER LINEA A RETIRAR Y NUMERO DE LINEAS DE ESTUDIO
27 0006 READ(MLEER,5)NUM(I,1),LE
28 0007 FORMAT(2I3)
29 0008 K=NUM(I,1)
30 0009 ICC=1
31 C----> ESCRIBIR LINEA RETIRADA
32 0010 CALL ESCRI(K,LOP,LOQ,PRSF,MESCR,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IBP,IBQ,
33 * PMN,Z,I3,LB,ICG,LSO,PMAX,LLS)
34 0011 KP=LBP(LOP(K))
35 0012 KQ=LBP(LOQ(K))
36 0013 IPC=CONJG(SRS(K)/ER(LOP(K)))
37 0014 IF(LE.LT.26)GO TO 4
38 0015 IF(LE.LT.51)GO TO 8
39 0016 IF(LE.LT.76)GO TO 9
40 0017 IF(LE.LT.101)GO TO 10
41 0018 IF(LE.LT.126)GO TO 15
42 0019 IF(LE.LT.151)GO TO 16
43 0020 IF(LE.LT.176)GO TO 17
44 0021 J=5
45 0022 GO TO 11
46 0023 15 J=6
47 0024 GO TO 11
48 0025 16 J=7
49 0026 GO TO 11
50 0027 17 J=8
51 0028 GU TO 11
52 0029 4 J=2
53 0030 GU TO 11
54 0031 8 J=3
55 0032 GU TO 11
56 0033 9 J=4
57 0034 GU TO 11
58 0035 10 J=5
59 0036 11 DO 6 M1=2,J
60 0037 6 READ(MLEER,12){NUM(M1,M2),M2=1,25)
61 C----> IDENTIFICAR LINEAS DE ESTUDIO
62 0038 12 FORMAT(25I3)
63 0039 DO 13 M1=2,J
64 0040 DO 13 M2=1,LC

```




```

54 0041      N=NUM(M1,M2)
55 0042      NR=LBP(LOP(N))
56 0043      NS=LBP(LOQ(N))
57 0044      KRSPQ=(((Z(NR,KP)-Z(NS,KP))-Z(NR,KQ)-Z(NS,KQ))*ZL(K))/((ZL(K)-Z(
58 0045      *KP,KP)-Z(KQ,KQ)+2*Z(KP,KQ))*ZL(N))
59 0046      DIRS=KRSPQ*IPQ
60 0047      DSRS=ER(LOP(N))*CONJG(DIRS)
61 0048      SRSF=SRS(N)+DSRS
62 0049      PRSF=REAL(SRSF)*PB
63 0050      PRSA=REAL(SRS(N))*PB
64 0051      ICC=2
65 0051      C----->  ESCRIBIR RESULTADOS DEL NUEVO FLUJO DE POTENCIA
66 0051      CALL ESCRI(K,LOP,LOQ,PRSF,MESCR,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IBP,IBQ,
67 0052      *PMN,Z,I3,LB,ICO,LSO,PMAX,LLS)
68 0052      13  CONTINUE
69 0053      14  CONTINUE
70 0054      RETURN
71 0055      END

```

Subrutina CONTIM

Se encarga de encontrar el nuevo flujo de potencia activa por la red al producirse la salida de dos o tres líneas y o transformadores.

En esta subrutina se lee el número de líneas a retirar (2 o 3) y la cantidad de líneas de estudio, así como también se lee, qué líneas se van a retirar y las líneas de estudio; se pueden realizar varias contingencias múltiples. En esta subrutina se utiliza la subrutina CONVERT que sirve para invertir una matriz compleja.

Ecuaciones utilizadas:

$$I_{AB} = \left(\frac{S_{rs}}{E_A} \right)^*$$

$$K = \begin{bmatrix} 1 & K_{pq, \alpha\beta} \\ K_{\alpha\beta, pq} & 1 \end{bmatrix}$$

$$K_{MN, AB} = \frac{(Z_{MA} - Z_{NA}) - (Z_{MB} - Z_{NB})}{z_{AB} - z_{AA} - z_{BB} + 2z_{AB}} \frac{z_{AB}}{z_{MN}}$$

$$DIM = -|\bar{K}_{MNAB}|^T \times |-K^{-1}|^T \times |\bar{I}_{AB}|$$

$$IMNF = \left(\frac{S_{rs}}{E_r} \right)^* - DIMN$$

Variables utilizadasVariables no dimensionadas

DIMN : Cambio de corriente por la línea

IMNF : Corriente final por la línea después de la contingencia.

LS : Cantidad de líneas salidas (2 ó 3)

PMNA : Flujo de potencia activa antes de la contingencia.

PMNF : Flujo de potencia activa después de la contingencia.

SMNF : Flujo de potencia por la línea después de la contingencia.

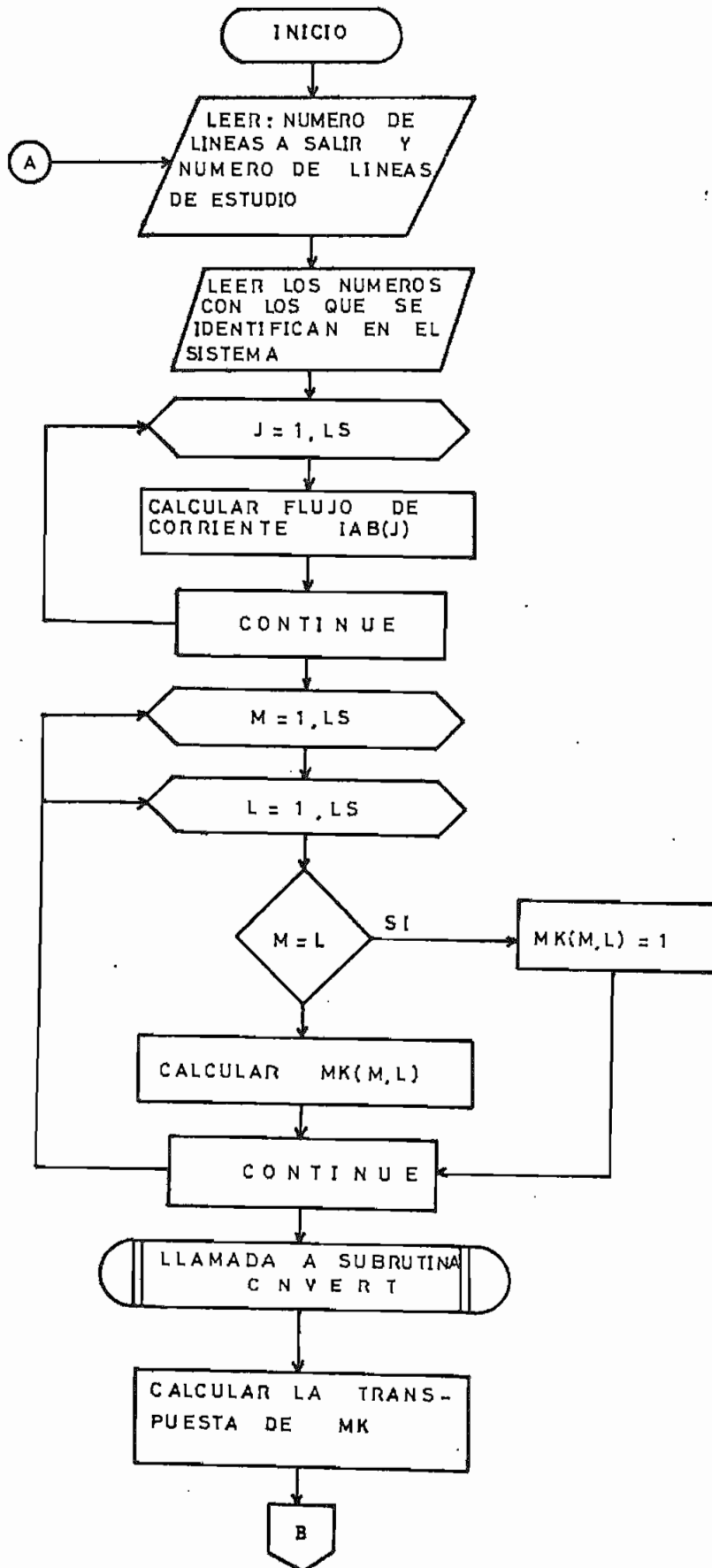
Variables dimensionadas

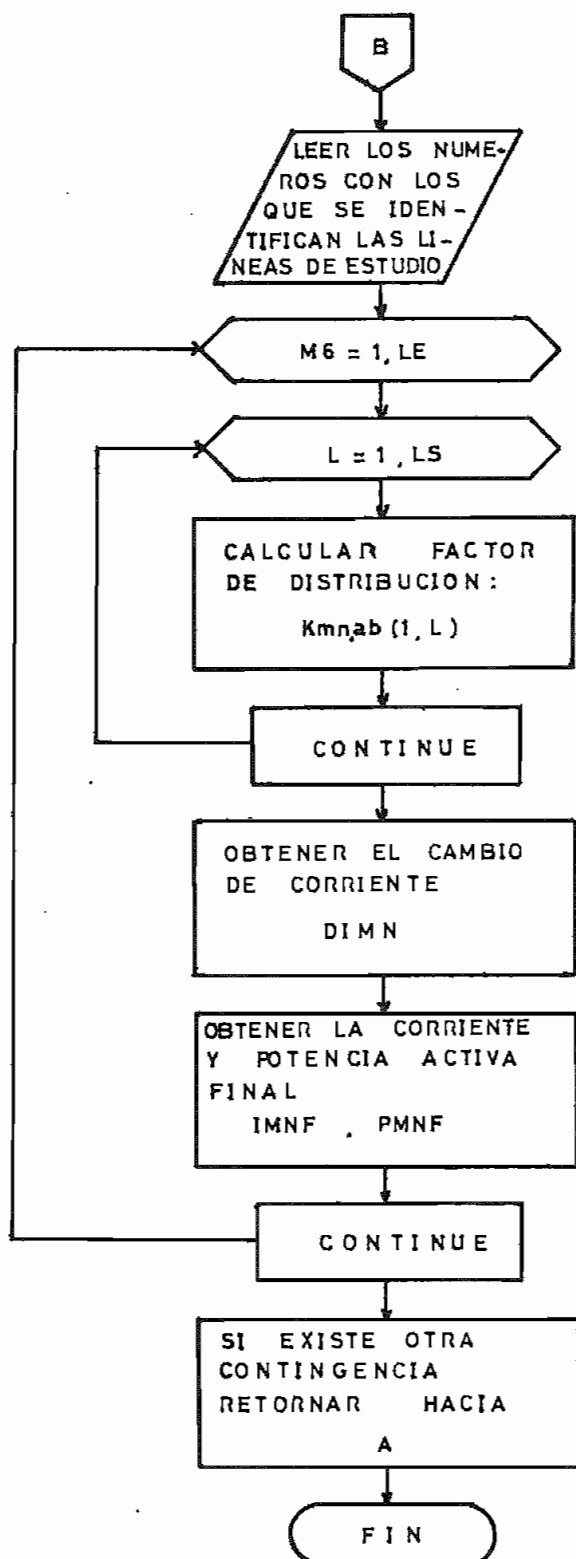
IAB : Vector que contiene el flujo de corriente inicial de las líneas a salir.

KMNAB : Matriz que almacena los factores de distribución

MKT : Almacena los valores de la transpuesta de la matriz K.

DIAGRAMA DE FLUJO DE SUBROUTINA CONTIM

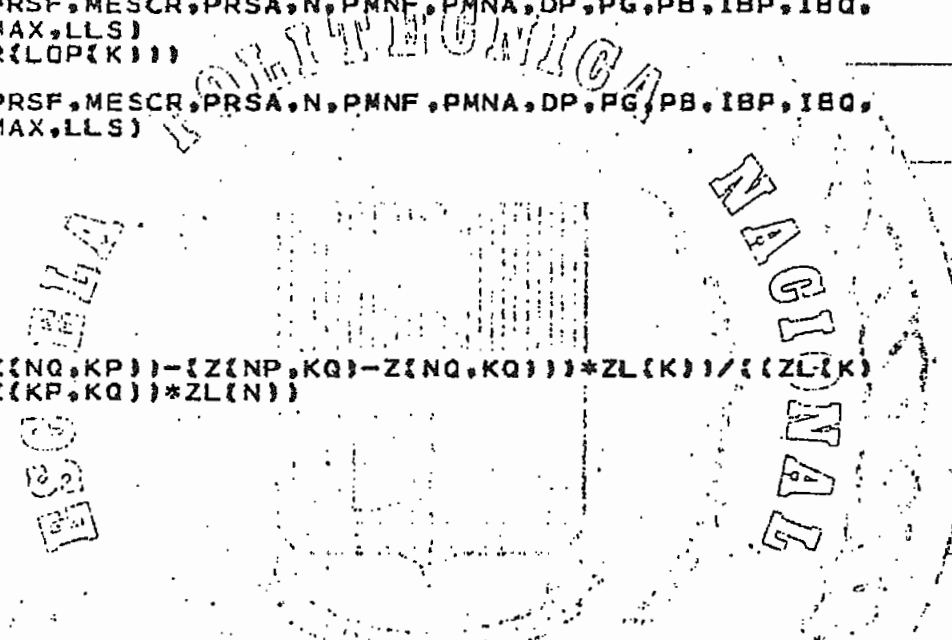




```

C-----> CALCULAR POTENCIA ACTIVA DESPUES DE UNA CONTINGENCIA MULTIPLE
0001 SUBROUTINE CONTIM(NC,LOP,LOQ,LBP,Z,ZL,MLEER,SRS,ER,PB,MESCR,PG,LSO
      *,PMAX,LLS)
0002 DIMENSION NUM(6,25 ),LOP(200),LOQ(200),LBP(150), ZL (200),
      *SRS(200),ER(150),IAB(3),MK(3,3),MKT(3,3),VM(3),KMNAB(50,3),PG(150)
0003 DIMENSION PMAX(200),Z(150,150),LB(150),A(3,3),LLS(200)
0004 COMPLEX IAB,SRS,ER,MK,Z,ZL ,KMNAB,DIMN,VM,MKT,DSMN,SMNF,DP,A,T1
0005 COMPLEX IMNF
C-----> INICIAR CONTINGENCIAS
0006 DO 13 I=1,NC
0007   ICG =3
0008   CALL ESCRI(K,LOP,LOQ,PRSF,MESCR,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IBP,IBQ,
      *PMN,Z,I3,LB,ICG,LSO,PMAX,LLS)
C-----> LEER NUMERO DE LINEAS RETIRADAS Y NUMERO DE LINEAS DE ESTUDIO
0009   READ(MLEER,2)LS,LE
0010   FORMAT(2I3)
C-----> IDENTIFICAR LINEAS A RETIRARSE
0011   READ(MLEER,4)(NUM(1,J),J=1,LS)
0012   FORMAT(3I3)
0013   DO 5 J=1,LS
0014     K=NUM(1,J)
0015     ICC =4
C-----> ESCRIBIR LINEAS RETIRADAS
0016   CALL ESCRI(K,LOP,LOQ,PRSF,MESCR,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IBP,IBQ,
      *PMN,Z,I3,LB,ICG,LSO,PMAX,LLS)
0017   IAB(J)=CONJG(SRS(K)/ER(LOP(K)))
0018   ICG=5
0019   CALL ESCRI(K,LOP,LOQ,PRSF,MESCR,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IBP,IBQ,
      *PMN,Z,I3,LB,ICG,LSO,PMAX,LLS)
0020   DO 7 M=1,LS
0021     K=NUM(1,M)
0022     KP=LBP(LOP(K))
0023     KQ=LBP(LOQ(K))
0024     DO 7 L=1,LS
0025       N=NUM(1,L)
0026       NP=LBP(LOP(N))
0027       NQ=LBP(LOQ(N))
0028       IF(M.EQ.L)GO TO 6
0029       MK(M,L)=-((Z(NP,KP)-Z(NQ,KP))-Z(NP,KQ)-Z(NQ,KQ))*ZL(K)/((ZL(K)
      *-Z(KP,KP)-Z(KQ,KQ)+2*Z(KP,KQ))*ZL(N))
      GO TO 7
0030     MK(M,L)=(1.,0.)
0031   CONTINUE
0032   CALL CNVERT(MK,LS)
0033   DO 8 II=1,LS
0034     DO 8 JJ=1,LS
0035       MKT(JJ,II)=MK(II,JJ)
0036   IF(LE.LT.26)GO TO 14
0037   IF(LE.LT.51)GO TO 15
0038   IF(LE.LT.76)GO TO 16
0039

```



QUITO

```

40 0040 IF(LE.LI.101)GO TO 17
41 0041 IF(LE.LI.126)GO TO 23
42 0042 IF(LE.LI.151)GO TO 24
43 0043 IF(LE.LI.176)GO TO 25
44 0044 J=9
45 0045 GO TO 18
46 0046 J=6
47 0047 GO TO 18
48 0048 J=7
49 0049 GO TO 18
50 0050 J=8
51 0051 GO TO 18
52 0052 J=2
53 0053 GO TO 18
54 0054 J=3
55 0055 GO TO 18
56 0056 J=4
57 0057 GO TO 18
58 0058 J=5
59 0059 DO 9 MI=4,J
60 0060 > IDENTIFICAR LINEAS DE ESTUDIO
61 0061 READ(MLEER,20)(NUM(M1,M2),M2=1,25)
62 0062 FORMAT(25I3)
63 0063 DO 19 MI=4,J
64 0064 DO 19 M6=1,LE
65 0065 K1=NUM(M1,M6)
66 0066 K=K1
67 0067 KM=LBP(L0P(K1))
68 0068 KN=LBP(L0Q(K1))
69 0069 DO 22 L=1,LS

```

23
24
25
14
15
16
17
18
9
20

DDOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8 CONTIM DATE 08/04/83 TIME 09.16.51

```

2 0069 K2=NUM( 1,L)
3 0070 KA=LBP(L0P(K2))
4 0071 KB=LBP(L0Q(K2))
5 0072 *L(K2)-Z(KA,KA)-Z(KN,KA))-Z(KM,KB))-Z(KN,KB)))+ZL(K2))/((Z
6 0073 DI=MN=(0,0)
7 0074 DJ 11 M2=1,LS
8 0075 VM(M2)=(0,0)
9 0076 DJ 10 M3=1,LS
10 0077 VM(M2)=VM(M2)+KMNAB (1,M3)*MKI(M3,M2)

```

```

10 0078
11 0079 DIMN=DIMN+VM(M2)*IAB(M2)
12 0080 IMNF=CONJG(SRS(K1))/ER(LOP(K1)))+DIMN
13 0081 SMNF=ER(LOP(K1))*CONJG(IMNF)
14 0082 PMNF=REAL(SMNF)*PB
15 0083 PMNA=REAL(SRS(K1))*PB
16 0084 ICC=6
17 0085
18 0086
19 0087
20 0088

```

```

C-----> ESCRIBIR RESULTADOS DEL NUEVO FLUJO DE POTENCIA
CALL ESCRI(K,LOP,LOQ,PRSF,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IBP,IBQ,
*PMN,Z,I3,LB,ICD,LSO,PMAX,LLS)
CONTINUE
CONTINUE
RETURN
END

```

0.1797 14 6.177

Subrutina CONTIG

Esta subrutina permite calcular el nuevo flujo de potencia activa después de producirse una contingencia de generación. Lee las barras que van a ser involucradas en la contingencia, la cantidad de potencia que se retira a la una barra y se aumenta a la otra y la cantidad de líneas de estudio.

Finalmente lee para que líneas se va a calcular el nuevo flujo.

Variables utilizadasVariables no dimensionadas

DI : Flujo de corriente que se inyecta a las barras de generación IBP, IBQ.

DP : Potencia activa ΔP , a transferir. (pu)

DIMN : Variación de corriente

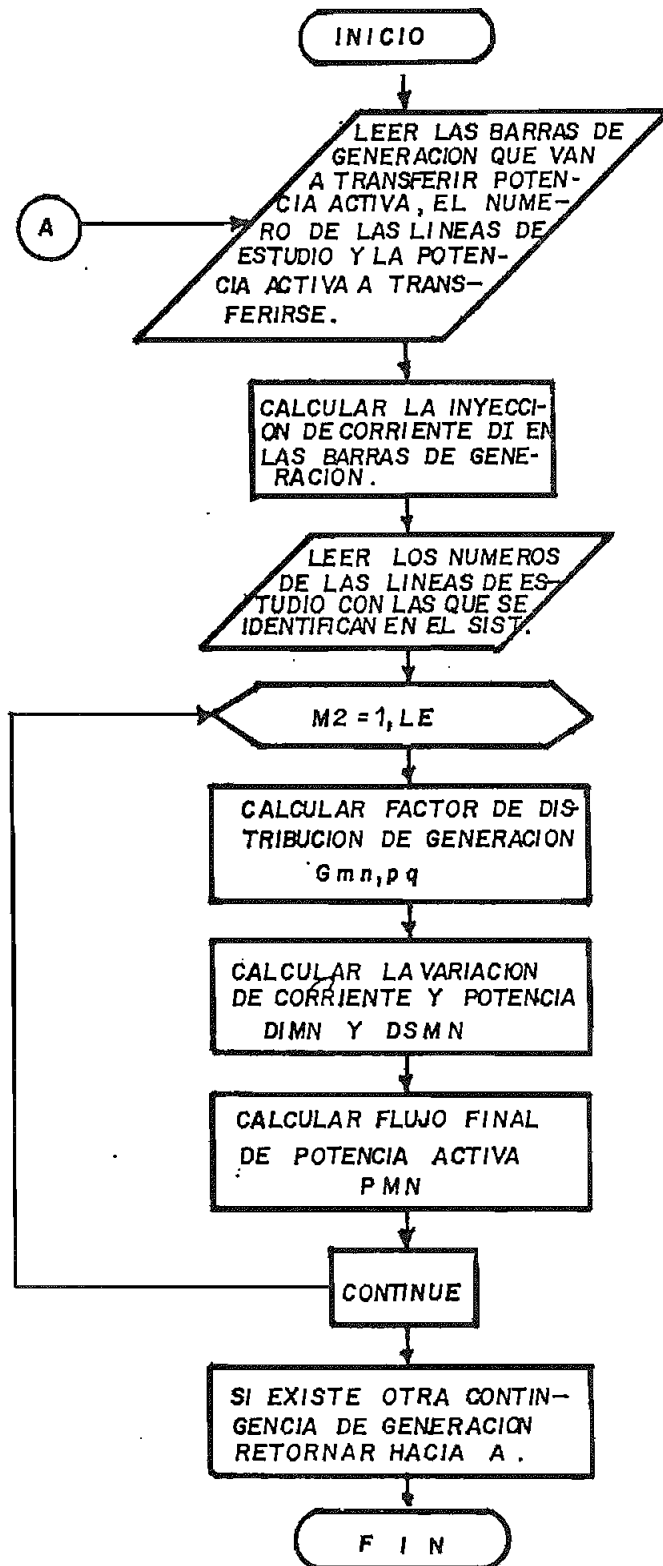
DSMN : Variación de potencia

IBP : Barra de generación la cual disminuye su potencia activa de generación en una cantidad ΔP .

IBQ : Barra de generación que aumenta su potencia activa de generación en una cantidad ΔP .

- H : Flujo de potencia activa antes de la contingencia. (pu)
- PMN : Flujo de potencia activa después de la contingencia de generación.
- PMNA : Flujo de potencia activa antes de la contingencia. (MW)
- SMN : Flujo de potencia activa después de la contingencia de generación. (MW)

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA CONTIG



26 HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0

27
28
29
30
31
32
33 DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8 MAINPGM DATE 08/04/83 TIME 09.17.34 PAGE

34
35 0001 C-----> CONTINGENCIA DE GENERACION
SUBROUTINE CONTIG(NC,MLEER,Z,ZL ,LOP,LOQ,PB,SRS,PG,ER,MESCR,LBP,LS
36 *Q,PMAX)
37 0002 DIMENSION Z(150,150),ZL(200),LOP(200),LOQ(200),SRS(200),PG(150),ER
*(150),NUM(6,25),LB(150),LBP(150)
38 0003 DIMENSION PMAX(200),LLS(200)
39 0004 COMPLEX Z,ZL ,SRS,DP,ER,DI,GMNPQ,DIMN,DSMN,SMN
40 C-----> INICIAR CONTINGENCIAS
41 0005 DO 2 I=1,NC
42 C-----> LEER BARRAS DE GENERACION INVOLUCRADAS EN LA CONTINGENCIA,LI
43 C NEAS DE ESTUDIO Y CANTIDAD DE POTENCIA
44 0006 READ(MLEER,4)IBP,IBQ,LE,DP
45 0007 4 FORMAT(3I3,2F8.5)
46 0008 ICD=7
C-----> ESCRIBIR ESPECIFICACIONES DE LAS BARRAS DE GENERACION INVOLU--
47 C CRADAS EN LA CONTINGENCIA
CALL ESCRIK,LOP,LOQ,PRSF,MESCR,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IBP,IBQ,
48 *PMN,Z,I3,LB,ICD,LSO,PMAX,LLS!
49 0010 DP=-DP/PB
50 0011 DI=CONJG(DP/ER(1BP))
51 0012 IF(LE.LT.26)GO TO 5
52 0013 IF(LE.LT.51)GO TO 6
53 0014 IF(LE.LT.76)GO TO 7
54 0015 IF(LE.LT.101)GO TO 8
55 0016 IF(LE.LT.126)GO TO 13
56 0017 IF(LE.LT.151)GO TO 14
57 0018 IF(LE.LT.176)GO TO 15
58 0019 J=8
59 0020 GO TO 9
60 0021 13 J=5
61 0022 GO TO 9
62 0023 14 J=6
63 0024 GO TO 9
64 0025 15 J=7
65 0026 GO TO 9
66 0027 5 J=1
67 0028 GO TO 9
68 0029 6 J=2
69 0030 GO TO 9
70 0031 7 J=3
71 0032 GO TO 9
72 0033 8 J=4
73 0034 9 DO 10 M1=1,J
C-----> IDENTIFICAR LINEAS DE ESTUDIO
1 0035 10 READ(MLEER,11)(NUM(M1,M2),M2=1,25)
2 0036 11 FORMAT(25I3)
3 0037 DO 12 M1=1,J
4 0038 DO 12 M2=1,LE
5 0039 K=NUM(M1,M2)
6 0040 KP=LBP(LOP(K))

QUITO

AGIOMA

```

6 0041      KQ=LBP{LOQ(K)}
7 0042      IP=LBP{IBP}
8 0043      IQ=LBP{IBQ}
9 0044      GMNPJ={Z(KP,IQ)-Z(KQ,IQ)}-(Z(KP,IP)-Z(KQ,IP))/ZL(K)
10 0045      DIMN=GMNPO*DI
11 0046      DSMN=ER{LOP(K)}*CONJG(DIMN)
12 0047      SMN=SR5(K)-DSMN
13 0048      PMN=REAL(SMN)*PB
14 0049      H=REAL{SR5(K)}
15 0050      PMNA=H*PB
16 0051      ICC=>
17 0052      C----->  ESCRIBIR RESULTADOS DEL NUEVO FLUJO DE POTENCIA
18 0053      CALL ESCRIB{K,LOP,LOQ,PRSF,MESCR,PRSA,N,PMNF,PMNA,DP,PG,PB,IBP,IBQ,
19 0054      *PMN,Z,I3,LB,ICO,LSO,PMAX,LLS}
20 0055      CONTINUE
21 0056      RETURN
      END

```

ATTENTION

Subrutina INTER

Subrutina encargada de realizar el intercambio de generación para encontrar el mejor estado satisfactorio de flujo de potencia por la línea que se encuentre sobrecargada.

Esta subrutina lee los pares de generadores que pueden intercambiar potencia y que cantidad, así como también imprime los resultados, del nuevo flujo de potencia activa - producto del intercambio.

Variables utilizadasVariables no dimensionadas

DIMN : Variación de corriente

DIPG : Flujo de corriente a intercambiar

DSMN : Variación de potencia

GMNPQ : Factor de distribución de generación

IMN : Corriente de la línea sobrecargada antes del intercambio.

PINC : Incremento de potencia activa para realizar el intercambio de generación. (pu)

PI : Parte imaginaria de la potencia inicial del caso base.

PAIM : Máxima potencia activa de intercambio (pu)

PAI : Potencia activa con la que se inicia para realizar el intercambio de generación.

PMNF : Flujo de potencia activa después de el intercambio.

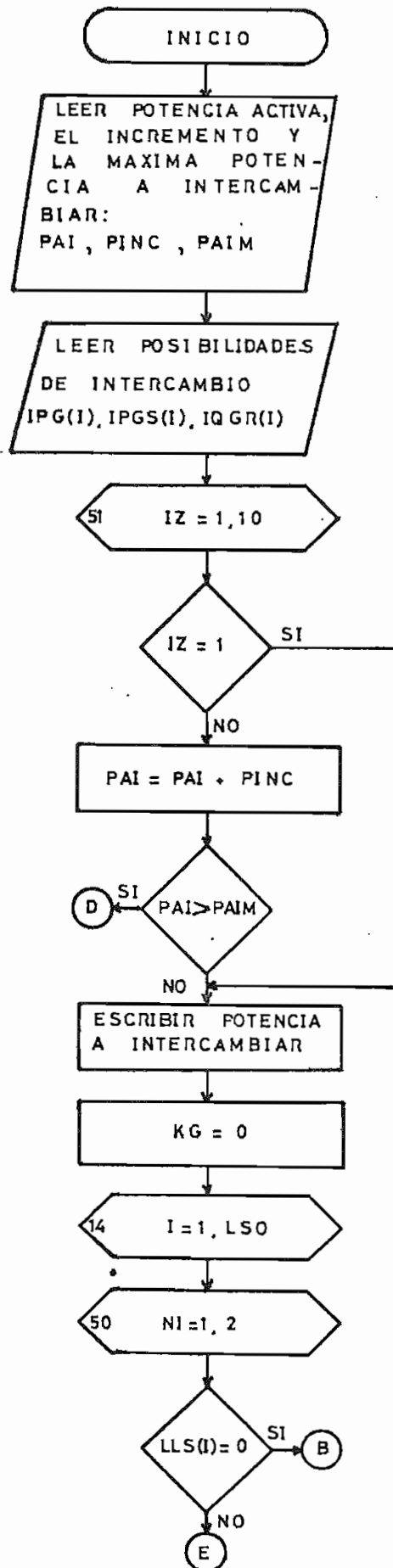
(MW)

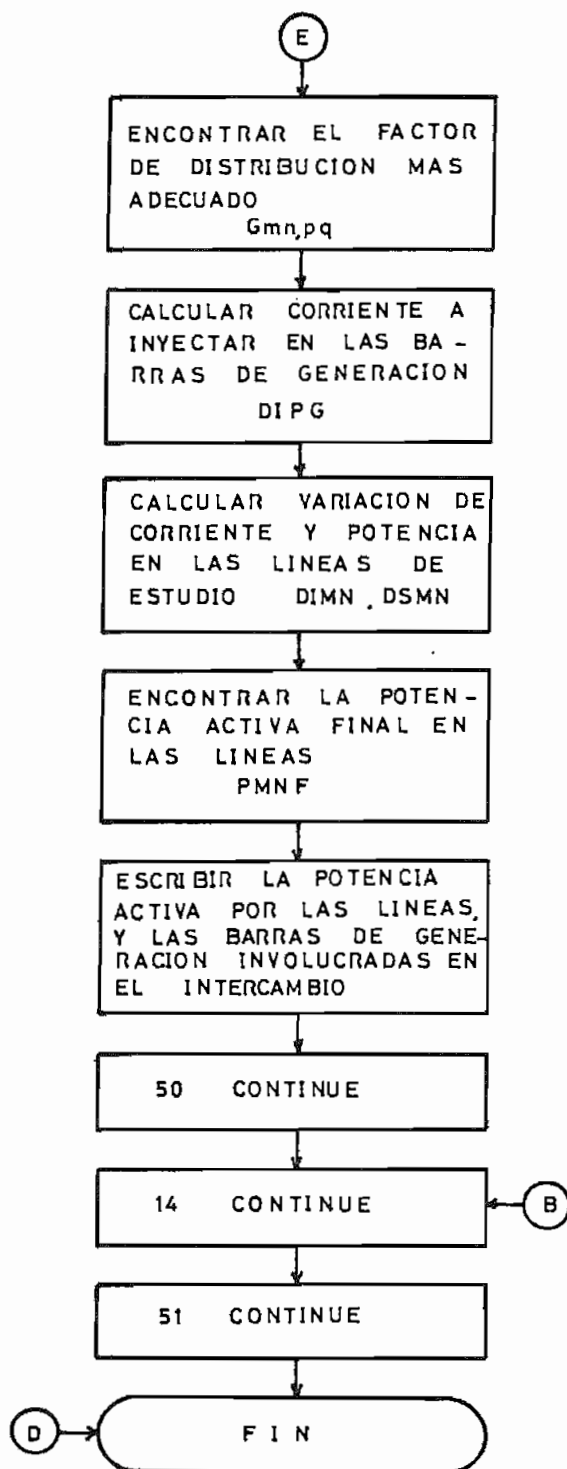
Variables Dimensionadas

IPG : Barra que disminuye su generación en una cantidad ΔP (ΔP , potencia activa)

IQG : Barra que aumenta su generación en una cantidad ΔP

DIAGRAMA DE FLUJO DE SUBROUTINA INTER





16 TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 001120 BYTES

17 HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0

FORNIA

18 DOS FORTRAN IV 360N-FQ-479 3-8 MAINPGM DATE 08/04/83 TIME 09.18.01 PAGE

27 0001 C-----> REALIZAR INTERCAMBIO DE GENERACION
SUBROUTINE INTERNI,MESCR,MLEER,LSO,LDP,L00,LLS,LBP,Z,ZL,SRS,ER,PB

28 *
DIMENSION LOP(200),LCQ(200),LLS(200),LBP(150),IPG(25)

29 DIMENSION IPGS(25),IOGR(25)
COMPLEX ZL(200),SRS(200),ER(150),GMNPQ,DIPG,DIMN,DSMN

30 COMPLEX KG,Z(150,150)
WRITE(MESCR,2)

31 FORMAT(/,46X,INTERCAMBIO DE GENERACION',/,46X,27('=','),/)

32 > LEER POTENCIA ACTIVA A INTERCAMBIAR
READ(MLEER,16)PAI,PINC,PAIM

33 FORMAT(3F10.5)
DO 4 I=1,NI

34 > LEER POSIBILIDADES DE INTERCAMBIO
READ(MLEER,5)IPG(I),IPGS(I),IOGR(I)

35 FORMAT(3I3)
DO 5 IZ=1,10

36 IF(IZ.EQ.1)GO TO 52
PAI=PAI+PINC

37 IF(PAI.GT.PAIM)GO TO 53
WRITE(MESCR,6)PAI

38 FORMAT(/,47X,POTENCIA ACTIVA A INTERCAMBIAR =,F8.5,PU',/,13X
,LINEA',13X,BARRA QUE DISMINUYE SU',13X,BARRA QUE AUMENTA SU',1

39 *3X,POTENCIA',/,34X,POTENCIA ACTIVA',20X,POTENCIA ACTIVA',17X,/
*MW),/,/)

40 KG=(0.,0.)
DO 14 I=1,LSO

41 DO 50 NI=1,2
IF(ALL(I).EQ.0)GO TO 14

42 K=LLS(I)
N=LBP(LOP(K))

43 M=LBP(LOP(K))
DO 10 JE=1,NI

44 DO 10 LE=1,NI
IF(J.EQ.L)GO TO 10

45 M=1
IF(IPGS(J).EQ.-1.AND.IOGR(L).EQ.1)GO TO 8

46 M=2
IF(IPGS(J).EQ.1.AND.IOGR(L).EQ.-1)GO TO 9

47 GO TO 10
IP=LBP(IPG(J))

48 IQ=LBP(IPG(L))
IH=1

49 GMNPQ=((Z(N,IQ)-Z(M,IO))-Z(N,IP)-Z(M,IP))/ZL(K)

50 IF(MI.EQ.1)GO TO 17
IF(J.NE.1.AND.L.NE.1)GO TO 18

51 KG=GMNPQ
GO TO 11

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

```

00 0042      18   IF(CABS(GMNPQ).GT.CABS(KG).AND.REAL(GMNPQ).LT.0.)GO TO 11
01 0043      18   IF(M.EQ.1)GO TO 15
02 0044      18   GO TO 10
03 0045      17   IF(CABS(GMNPQ).GT.CABS(KG).AND.REAL(GMNPQ).GT.0.)GO TO 11
04 0046      17   IF(M.EQ.1)GO TO 15
05 0047      17   GO TO 10
06 0048      11   KG=GMNPQ
07 0049      11   IF(IH.EQ.0)GO TO 13
08 0050      11   ID1=IPG(J)
09 0051      11   ID2=IPG(L)
10 0052      11   IF(M.EQ.1)GO TO 15
11 0053      11   GO TO 10
12 0054      9    IP=LBP(IPG(L))
13 0055      9    IQ=LBP(IPG(J))
14 0056      9    IH=0
15 0057      9    GO TO 12
16 0058      13   ID1=IPG(L)
17 0059      13   ID2=IPG(J)
18 0060      10   IF(M.EQ.1)GO TO 15
19 0061      10   CONTINUE
20 0062      10   PI=AIMAG(SRS(K))
21 0063      10   DIPG=CMPLX(PI,PI)/ER(ID1)
22 0064      10   DIPG=CONJG(DIPG)
23 0065      10   DIMN=KG*DIPG
24 0066      10   DSMN=CONJG(DIMN)*ER(LOP(K))
25 0067      10   PMNF=(REAL(SRS(K))-REAL(DSMN))*PB
26 C----->  ESCRIBIR LA POTENCIA ACTIVA POR LA LINEA DESPUES DEL INTERCAMBIO
27 0068      7    WRITE(MESCR,7)LOP(K),LOQ(K),ID1,ID2,PMNF
28 0069      7    FORMAT(12X,I3,'-',I3,22X,I3,30X,I3,23X,F7.3)
29 0070      50   CONTINUE
30 0071      14   CONTINUE
31 0072      51   CONTINUE

```

00S FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8

INTER

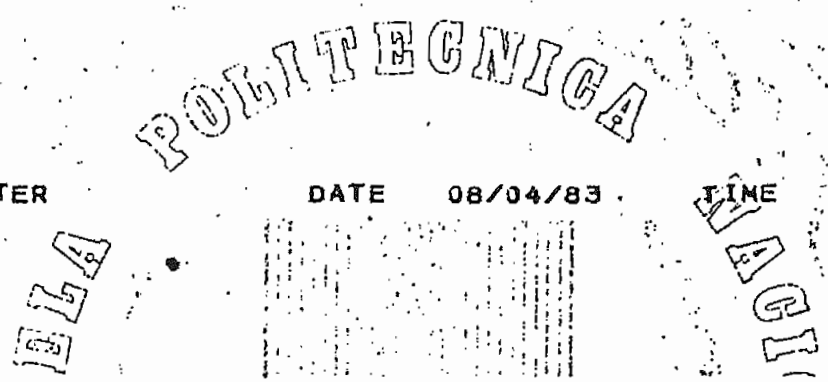
DATE 08/04/83

TIME 09.18.01

```

0073      53   RETURN
0074      53   END

```



C A P I T U L O I V

APLICACIONES

4.1 DESCRIPCION DE EJEMPLOS

A continuación se analizarán todas las posibilidades, para esto se han tomado tres ejemplos distintos.

4.1.1 Ejemplo 1, Contingencia Simple.

El primer ejemplo de aplicación, se analizará el sistema descrito en la referencia (11), el mismo que se indica en la Fig. 4.1

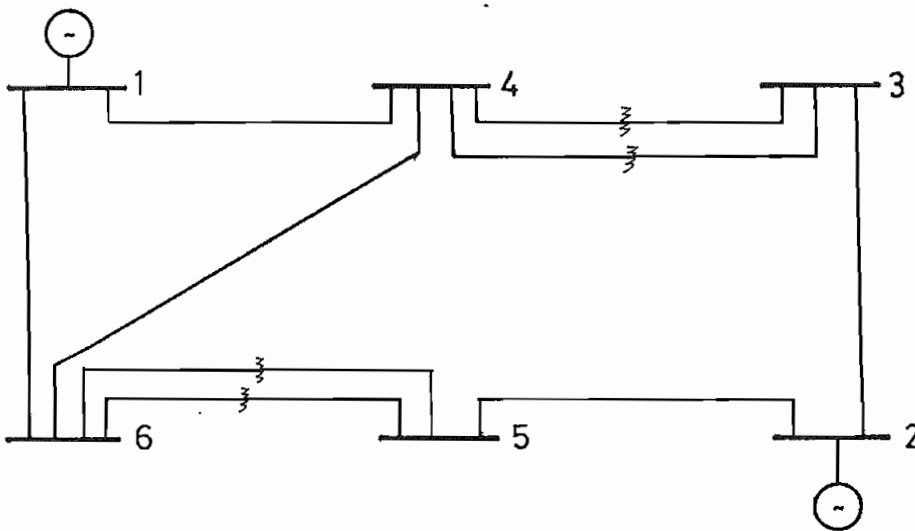


Fig. 4.1

DATOS DE LINEA

LINEA	R(Pu)	X(pu)	BC(pu)
1-4	0.080	0.370	0.00028
1-6	0.123	0.518	0.00042
2-3	0.723	1.050	0.0
2-5	0.282	0.640	0.0
4-6	0.097	0.407	0.00030
4-3	0.0	0.266	0.0
4-3	0.0	0.266	0.0
6-5	0.0	0.428	0.0
6-5	0.0	1.00	0.0

TRANSF.	TAP.
T ₁ 4-3	1.025
T ₂ 4-3	1.025
T ₃ 6-5	1.10
T ₄ 6-5	1.1

DATOS DE BARRA

BARRA	GENERACION		CARGA		VOLTAJE	
	(MW)	(MVAR)	(MW)	(MVAR)	(Pu)	(GRADOS)
1	96.5	36.7	0.0	0.0	1.05	0.0
2	75.0	36.4	25.0	0.0	1.1	-5.72
3	0.0	0.0	55.0	13.0	0.91	-13.48
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.95	- 9.96
5	0.0	0.0	30.0	18.0	0.86	-13.16
6	0.0	0.0	50.0	5.0	0.94	-12.56

En la figura 4.2 se indica el flujo de carga base, corrido en INECEL.

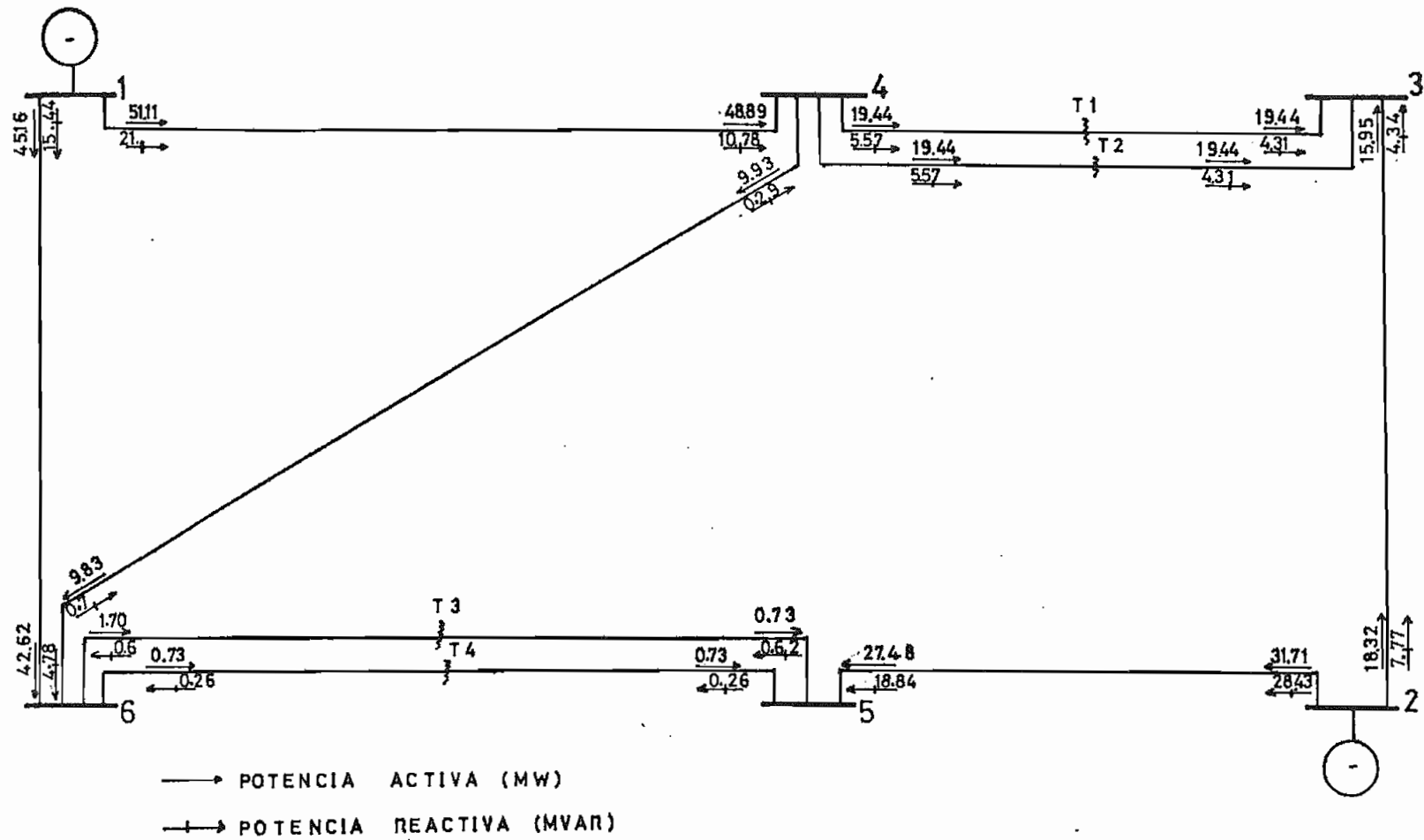


FIG 4.2

Calcular los nuevos flujos de potencia activa por los transformadores 6-5 y 3-4, cuando se desconecta uno de los transformadores 3-4. La contingencia a producirse se indica en la Fig. 4.3

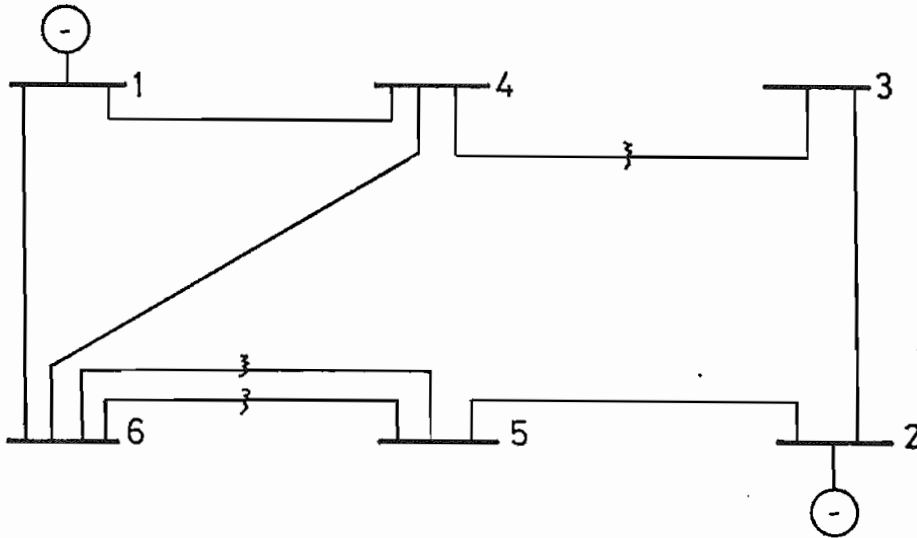


Fig. 4.3

Según lo indicado anteriormente el estudio abarca a las barras 3,4,5 y 6; según lo cual podemos indicar a continuación los siguientes datos generales:

N. Total de barras	= 6
N. Total de elementos	= 9
Potencia base	= 100.(MVA)
Línea retirada	: 4-3 (T_1)
Líneas de estudio	: (4-3) (T_2), (6-5) (T_3 y T_4)

La entrada de datos se detalla en la hoja de codificación

La solución del problema se presenta en una tabla (A), en la que se pueden comparar valores; la tabla contiene resultados obtenidos haciendo uso del programa para flujos de carga corrido en INECEL: así como los obtenidos a través del programa digital realizado.

TABLA A

ELEMENTO	FLUJO INICIAL		FLUJO FINAL *		FLUJO FINAL **
	P_{p-q} (MW)	Q_{p-q} (MVAR)	P_{p-q} (MW)	Q_{p-q} (MVAR)	P_{p-q} (MW)
4-3 (T_2)	19.44	5.57	37.06	13.49	36.364
6-5 (T_3)	1.70	-0.60	3.25	-1.36	3.669
6-5 (T_4)	0.73	-0.26	1.39	-0.58	1.540

* Flujo de Carga obtenido mediante el programa existente en INECEL

** Flujo de Carga mediante programa digital realizado.

A continuación se presenta los resultados obtenidos en el computador mediante el programa digital realizado; se puede observar en estos resultados que se hace imprimir la matriz Z-barra en la que se puede observar que los ejes 1 y 2 han sido descartados.

*** SISTEMA DE PRUEBA N.º 1 ***

DATOS GENERALES DEL SISTEMA

NUMERO DE ELEMENTOS	NUMERO DE BARRAS	BARRA DE REFERENCIA	NUMERO DE CONTINGENCIAS	POTENCIA BASE 100%
9	6	0	1	

ELEMENTO	ENTRE BARRAS	IMPEDANCIA		ADMITANCIA SHUNT BC(PU)	RELACION DE TAP	CAPACIDAD MAXIMA (MW)
		R(PU)	X(PU)			
1 2 3 4 5 6 7 8 9	1-4	0.08000	0.37000	0.00030	0.0	52.1100
	1-6	0.12300	0.51800	0.00340	0.0	46.1600
	2-3	0.72300	1.05000	0.0	0.0	19.3200
	2-5	0.28200	0.64000	0.0	0.0	32.7100
	4-6	0.09700	0.40700	0.00030	0.0	10.9300
	4-3	0.0	0.27265	0.0	1.02500	20.4400
	4-5	0.0	0.27265	0.0	1.02500	20.4400
	6-5	0.0	0.47080	0.0	1.10000	2.7000
	6-5	0.0	1.10000	0.0	1.10000	1.7300

N.º DE BARRA	VMD(PU)	ANG(GRAD)	POTENCIA DE GENERACION		POTENCIA DE CARGA	
			P(PU)	Q(PU)	P(PU)	Q(PU)
1	1.05000	0.0	0.9630	0.3640	0.0	0.0
2	1.10000	-5.60000	0.7500	0.3620	0.2500	0.0
3	0.91400	-13.40000	0.0	0.0	0.5500	0.1300
4	0.95100	-9.90000	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.86100	-13.10000	0.0	0.0	0.3000	0.1800
6	0.94300	-12.50000	0.0	0.0	0.5000	0.0500

LA MATRIZ DE IMPEDANCIA DE BARRA ES *****

6	0.57954	0.22784
4	0.54417	0.12702
5	0.51311	0.11312
3	0.52578	0.07347
6	0.54417	0.12702
4	0.58481	0.26139
5	0.47555	0.05861
3	0.57503	0.18545
6	0.51311	0.11312
4	0.47555	0.05861
5	0.48686	0.27189
3	0.45275	0.02788
6	0.52578	0.07347
4	0.57503	0.18545
5	0.45275	0.02788
3	0.57190	0.23822

RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA

LINEA RETIRADA

LINEA	FLUJO ORIGINAL (MW)	FLUJO FINAL (MW)	MW DE SOBRECARGA	(%)
4-3	19.440	36.258	15.818	77.389
6-3	1.700	3.567	0.867	32.096
6-3	0.730	1.529		

80FLE
PANTERA

4.1.2 Ejemplo 2. Contingencia Simple, Contingencia Múltiple.

El segundo ejemplo a analizar es tomado de la referencia (12). Los datos del sistema que se indican en la Fig.4.4. están indicados en las tablas A₁ y B.

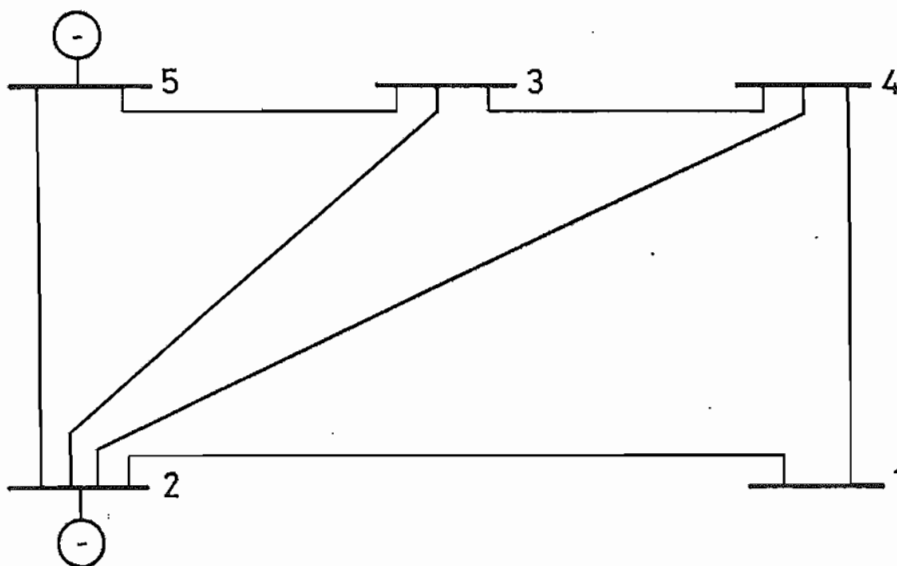


Fig. 4.4

TABLA A₁

LINEA	IMPEDANCIA SERIE		ADMITANCIA SH.
	R(Pu)	X(Pu)	B(Pu)
1-2	0.04	0.12	0.030
1-4	0.08	0.24	0.050
2-3	0.06	0.18	0.04
2-4	0.06	0.18	0.04
2-5	0.02	0.06	0.06
3-4	0.01	0.03	0.02
3-5	0.08	0.24	0.025

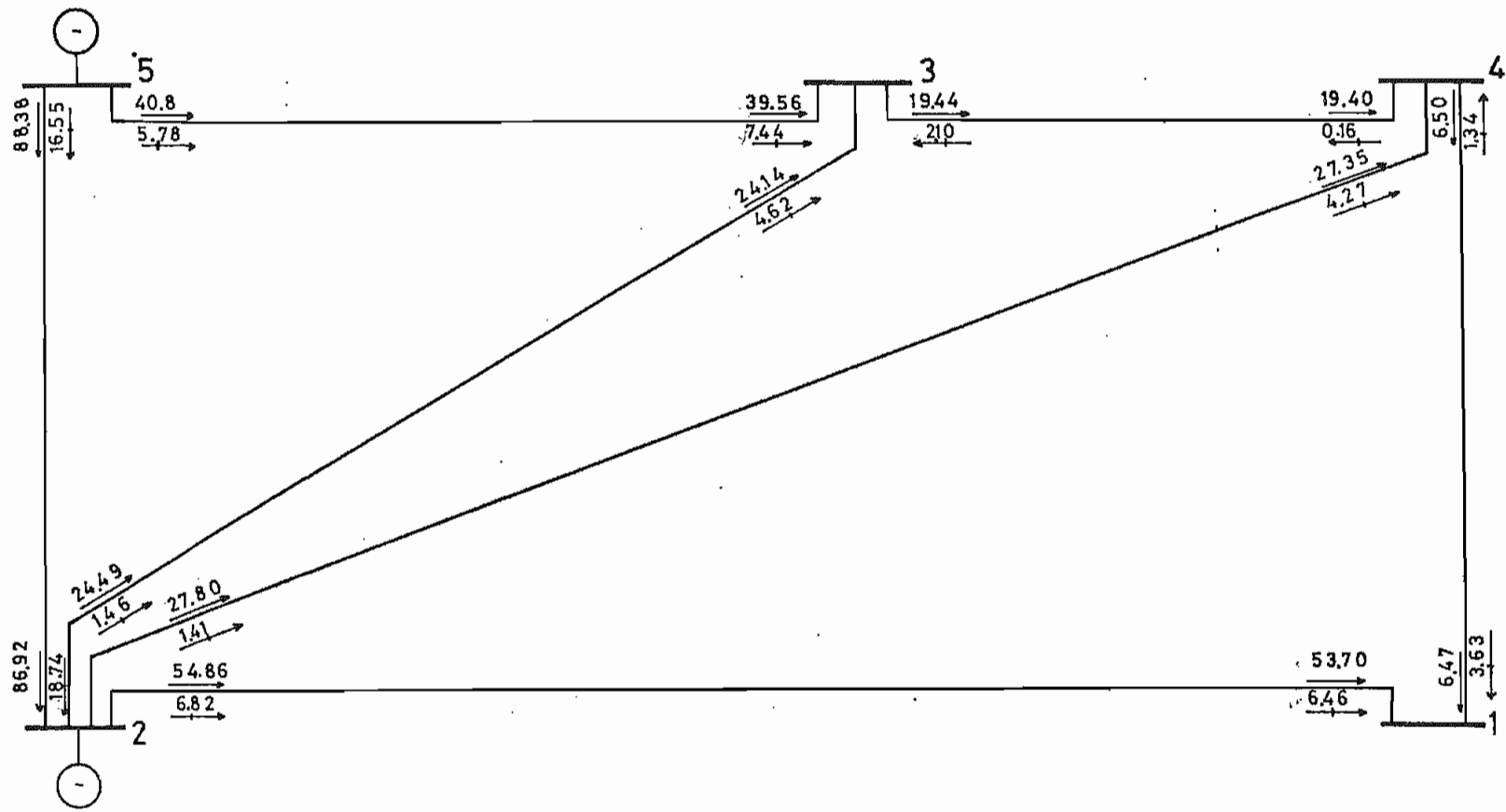
TABLA B

BARRA	VOLTAJE (Pu)	ANG. (GRAD.)	POTENCIA DE GENERACION		POTENCIA DE CARGA	
			(MW)	(MVAR)	(MW)	(MVAR)
1	1.06	0.0	0.	0.	60.	10.
2	1.03308	-2.5669	40.	30.	20.	10.
3	1.01339	-4.8619	0	0	45.	15.
4	1.0118	-5.1939	0	0	40.	5.
5	1.0038	-6.02019	129.1822	22.3443	0.	0.

Los datos de flujo de potencia por las líneas están indicados en la Fig. 4.5, los que fueron obtenidos mediante el método de Gauss-Seidel existente en la E.P.N.

Se calculará los nuevos flujos de potencia activa, primeramente al retirar las líneas 5-3 y 3-4; para luego encontrar la solución, si del caso base se transfieren 5MW del generador 5 al generador 2.

La solución al problema planteado está indicado en las tablas C y D; la entrada de datos se detalla en la hoja de codificación, el nuevo flujo de potencia activa se encuentra en todo el sistema, por lo tanto no existe el descarte de ejes en este problema.



———→ POTENCIA ACTIVA (MW)
 - - - - -→ POTENCIA REACTIVA (MVAR)

FIG 4.5

Los siguientes resultados de flujo de potencia activa se obtuvieron al producirse la contingencia múltiple.

TABLA C

ELEMENTO	FLUJO INICIAL POTENCIA		FLUJO FINAL *		FLUJO FINAL **
	(MW)	(MVAR)	(MW)	(MVAR)	(MW)
1-2	-53.709	-6.469	-60.053	-6.269	-60.677
1-4	-6.474	-3.634	- 0.1504	-3.3777	- 0.125
2-3	24.492	1.468	46.525	15.385	43.666
2-4	27.8007	1.4183	40.933	2.838	41.361
2-5	-86.9208	-18.746	-128.351	-37.280	-127.122
3-4	19.4459	-2.100	0.0	0.0	0.0
3-5	-39.562	-7.449	0.0	0.0	0.0

* Flujo de potencia obtenido a través del método de Gauss-Seidel existente en la E.P.N.

** Flujo de potencia activa obtenido por medio del método desarrollado.

A continuación se presenta una tabla comparativa de los 2 métodos anotados anteriormente (*,**), para el caso de la transferencia de los 5MW. del generador 5 al generador 2.

TABLA D

ELEMENTO	FLUJO INICIAL POTENCIA		FLUJO FINAL *		FLUJO FINAL **
	(MW)	(MVAR)	(MW)	(MVAR)	(MW)
1-2	-53.709	-6.469	-53.8508	-6.4569	-53.842
1-4	-6.474	-3.634	-6.3328	-3.6407	-6.341
2-3	24.492	1.468	24.8577	1.4742	24.836
2-4	27.8007	1.4183	28.0917	1.4205	28.075
2-5	-86.9208	-18.746	-82.7224	-18.79105	-82.810
3-4	19.4459	-2.100	19.0023	-2.1167	19.038
3-5	-39.562	-7.449	-38.4992	-7.4781	-38.809

Finalmente se presenta los resultados tal como presenta el computador mediante el programa desarrollado.

HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0

09.19.37 TOTAL COMPILATION TIME 03.05.29
 // EXEC LNKLOT
 // EXEC

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
 ABRIL DE 1982
 TESIS DE GRADO
 REALIZADO POR IVAN NARANJO
 PROGRAMA DIGITAL PARA SIMULACION DE CONTINGENCIAS EN S.E.P.

*** SISTEMA DE PRUEBA 2 ***

DATOS GENERALES DEL SISTEMA

NUMERO DE ELEMENTOS	NUMERO DE BARRAS	BARRA DE REFERENCIA	NUMERO DE CONTINGENCIAS	POTENCIA BASE
7	5	0	2	100.

DATOS DE ELEMENTOS

ELEMENTO	ENTRE BARRAS	IMPEDANCIA R(PU)	IMPEDANCIA X(PU)	ADMITANCIA SHUNT BC(PU)	RELACION DE TAP	CAPACIDAD MAXIMA (Mw)
1	1- 2	0.04000	0.12000	0.03000	0.0	-54.7370
2	1- 4	0.08000	0.24000	0.05000	0.0	-7.3110
3	2- 3	0.06000	0.18000	0.04000	0.0	25.7130
4	2- 4	0.06000	0.18000	0.04000	0.0	28.9590
5	3- 5	0.02000	0.06000	0.06000	0.0	-28.4400
6	3- 4	0.01000	0.03000	0.02000	0.0	19.8960
7	3- 5	0.08000	0.24000	0.05000	0.0	-40.5340

DATOS DE BARRA

N. DE BARRA	VMOD(PU)	ANG(GRAD)	POTENCIA DE GENERACION P(PU)	POTENCIA DE CARGA G(PU)	POTENCIA DE CARGA P(PU)	POTENCIA DE CARGA G(PU)
1	1.00000	-6.02010	0.0	0.0	0.6000	0.1000
2	1.03300	-2.56690	0.4000	0.3000	0.2000	0.1000
3	1.01330	-4.86150	0.0	0.0	0.4500	0.1500
4	1.01180	-5.19390	0.0	0.0	0.4000	0.0500
5	1.06000	0.0	1.2918	0.2234	0.0	0.0

RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA

LINEAS RETIRADAS

N. DE ELEMENTO ENTRE BARRAS

7 3- 5
6 3- 4

LINEA	FLUJO ORIGINAL (Mw)	FLUJO FINAL (Mw)	MW DE SOBRECARGA	(%)
1- 2	-53.705	-60.677	5.940	10.851
2- 3	24.492	43.665	17.952	69.817
2- 4	27.800	41.361	12.402	42.825
2- 5	-86.920	-127.122	38.682	43.738
3- 4	-6.474	-0.124		

RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA

CAMBIOS DE GENERACION

GENERADOR	ORIGINAL (Mw)	REVISADO (Mw)
5	129.180	124.100
2	40.000	45.000

LINEA	FLUJO ORIGINAL (Mw)	FLUJO FINAL (Mw)	MW DE SOBRECARGA	(%)
1- 2	-53.705	-53.842		
1- 4	-6.474	-6.341		
2- 3	24.492	24.836		
2- 4	27.800	28.075		
2- 5	-86.920	-82.810		
3- 4	-6.445	-19.038		
3- 5	-39.562	-38.809		

TIEMPO DE EJECUCION DE LA FASE SU PRIGR-> 5.37 Seg

4.1.3 Ejemplo 3. Contingencia Simple con Intercambio de Generación.

El tercer ejemplo a analizar es el sistema descrito en la referencia (12), y que se indica a continuación en la Fig 4.6

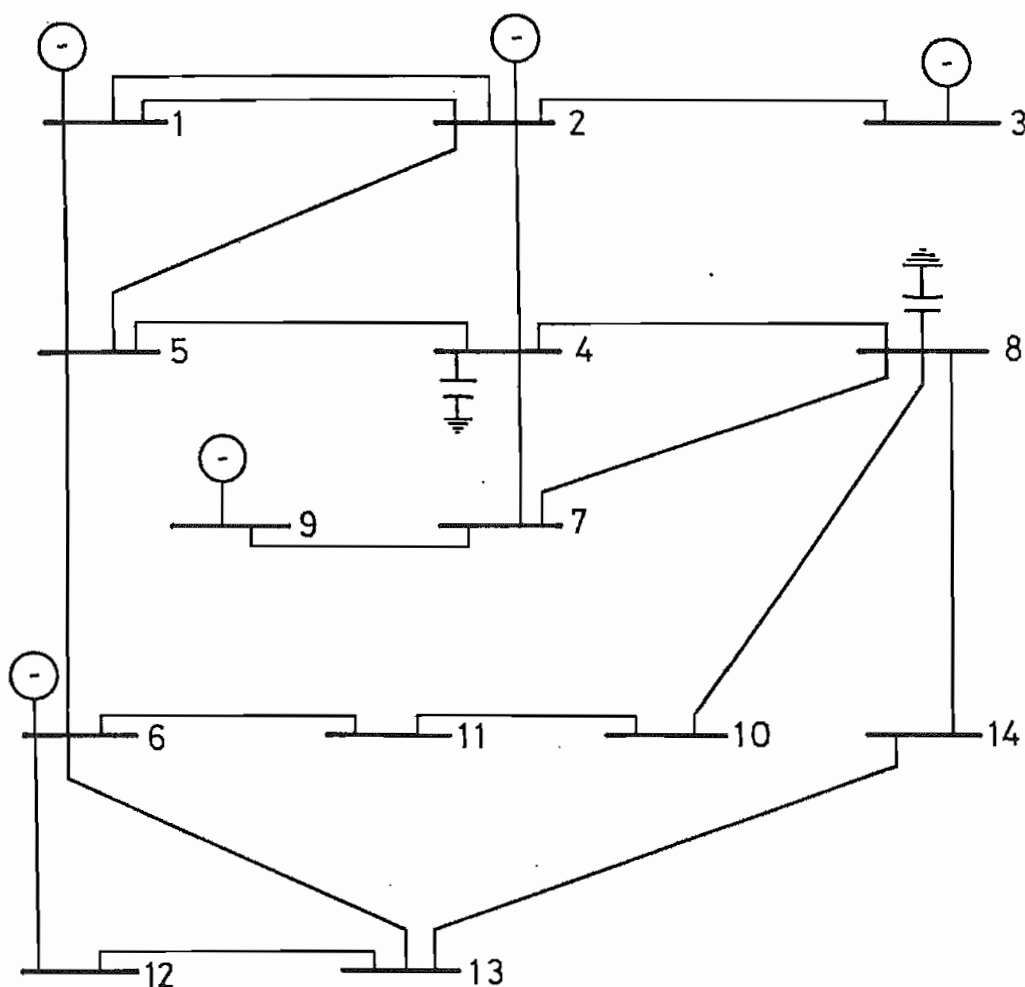


Fig. 4.6

DATOS DE LINEA

LINEA	R(Pu)	X(Pu)	BC(Pu)
1-2	0.0194	0.0592	0.0264
1-2	0.0194	0.0592	0.0264
1-5	0.054	0.2230	0.0246
2-3	0.047	0.1980	0.0219
2-4	0.0581	0.1763	0.01870
2-5	0.0569	0.1739	0.0170
3-4	0.067	0.1710	0.0173
4-5	0.0133	0.0421	0.0064
6-11	0.095	0.1989	0.0
6-12	0.1229	0.2558	0.0
6-13	0.0661	0.1303	0.0
8-10	0.0318	0.0846	0.0
8-14	0.1271	0.2704	0.0
10-11	0.0820	0.1921	0.0
12-13	0.2209	0.1999	0.0
13-14	0.1709	0.3480	0.0
4-7	0.0	0.2091	0.0
4-8	0.0	0.5562	0.0
5-6	0.0	0.2520	0.0
7-8	0.0	0.11	0.0
7-9	0.0	0.1761	0.0

DATOS DE BARRA

BARRA	GENERACION		CARGA		VOLTAJE	
	(MW)	(WVARS)	(MW)	(MVAR)	(Pu)	(GRADOS)
1	230.8	-12.5			1.040	11.9
2	40.0	34.8	21.7	12.7	1.030	9.2
3		45.4	94.2	19.0	1.01	0.7
4			47.8		0.998	3.2
5			7.6	1.6	0.999	4.7
6		10.6	11.2	7.5	1.04	-1.0
7					1.027	0.0
8			29.5	16.6	1.023	-1.7
9		7.7			1.04	0.0
10			9.0	5.8	1.019	-1.9
11			3.5	1.8	1.026	-1.6
12			6.1	1.6	1.025	-1.9
13			13.5	5.8	1.019	-2.0
14			14.9	5.0	1.003	-2.9

DATOS DE CAPACITORES

BARRA	MVAR
4	3.9
8	19.9

En la siguiente Fig. 4.6 se indica el flujo de carga base, corrido en INECEL.

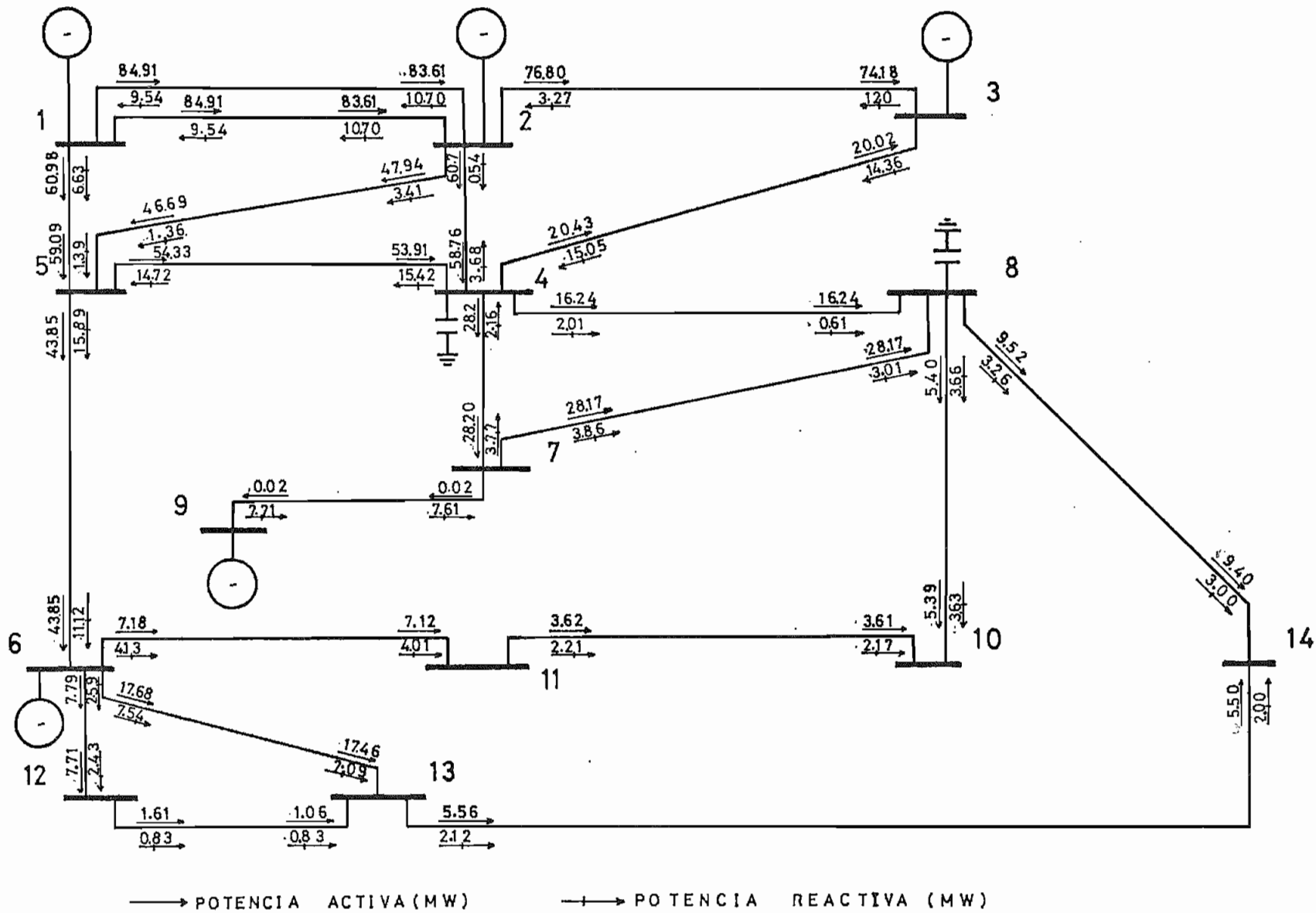


FIG 4.6

Calcular los nuevos flujos de potencia activa por los elementos del sistema, cuando se desconecta la línea 4-8. Si existen líneas sobrecargadas, después de producirse esta contingencia realizar el intercambio de generación, las hojas de codificación se encuentran luego de las tablas E, F.

Después de realizar el flujo de potencia se encontró los siguientes resultados; tabla E, y tabla F.

TABLA E

ELEMENTO	FLUJO INICIAL POTENCIA		FLUJO FINAL*		FLUJO FINAL **
	ACTIVA (MW)	REACTIVA (MVAR)	ACTIVA (MW)	REACTIVA (MVAR)	ACTIVA (MW)
1-2	84.91	-9.54	84.72	-9.49	84.745
1-2	84.91	-9.54	84.72	-9.49	84.745
1-5	60.98	6.63	61.37	6.82	61.340
2-3	76.8	-3.27	76.48	-3.24	76.581
2-4	60.79	0.54	60.15	0.58	60.096
2-5	47.94	3.41	48.51	3.57	48.470
3-4	-20.02	14.36	-20.31	14.39	-20.351
4-5	-53.91	15.42	-49.01	15.42	-48.929
6-11	7.18	4.13	10.76	3.76	10.779
6-12	7.79	2.59	8.24	2.48	8.216
6-13	17.68	7.54	19.53	7.40	19.436
8-10	5.40	3.66	1.90	4.17	1.637
8-14	9.52	3.26	7.28	3.61	7.073
10-11	-3.61	-2.17	-7.10	-1.65	-7.175
12-13	1.61	0.83	2.06	0.70	2.056
13-14	5.56	2.12	7.81	1.77	7.815
4-7	28.2	-2.16	38.65	0.02	38.393
4-8	16.24	2.01	0.0	0.0	0.0
5-6	43.85	15.89	49.72	16.27	49.516
7-8	28.17	3.86	38.67	6.29	38.677
7-9	0.02	-7.61	-0.03	-9.25	0.02

TABLA F

POTENCIA ACTIVA A INTERCAMBIAR = 0.01 pu			
LINEA	BARRA QUE DISMINUYE SU POTENCIA ACTIVA	BARRA QUE AUMENTA SU POTENCIA ACTIVA	POTENCIA (MW)
6-11	9	6	6.177
6-11	1	9	7.705
6-13	9	6	15.522
6-13	1	9	18.913
10-11	1	9	-3.562
10.11	1	9	-3.610
13-14	9	6	5.176
13-14	1	9	5.744
4-7	9	3	27.645
4-7	2	9	28.592
5-6	9	1	44.936
5-6	1	9	44.026
7-8	1	9	27.299
7-8	1	9	27.299

De la tabla F se puede concluir que para la línea sobrecargada 6-11 se tiene dos opciones de las cuales se escoge la primera ya que el flujo inicial de 7.18 MW (tabla E) se baja a 6.177 MW, de todas maneras en este caso no se logra quitar la sobrecarga ya que existe 2,599 MW de sobrecarga (10.779MW-8.18MW) que se sumarán a los 6.177MW al re

tirar la línea 4-8, lo que daría un flujo final de potencia activa por la línea 6-11 de 8.776 MW, todo esto tomando en cuenta que la máxima potencia activa que puede circular por la línea 6-11 es de 8.18 MW.

A continuación se presenta el listado de los resultados obtenidos mediante el programa desarrollado.

17-07-23 TOTAL COMPILATION TIME, 00.07.23
 // EXEC LANE01
 // EXEC

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
 ABRIL DE 1983
 TESIS DE GRADO
 REALIZADO POR IVAN NAHANJI
 PROGRAMA DIGITAL PARA SIMULACION DE CONTINGENCIAS EN S.E.P.

*** SISTEMA DE PRUEBA DE 14 BARRAS, IEEE ***

DATOS GENERALES DEL SISTEMA

NUMERO DE ELEMENTOS	NUMERO DE BARRAS	BARRA DE REFERENCIA	NUMERO DE CONTINGENCIAS	POTENCIA BASE
23	14	0	1	100.

DATOS DE ELEMENTOS

ELEMENTO	ENTRE BARRAS	IMPEDANCIA R(PU) X(PU)	ADMITANCIA SHUNT BC(PU)	RELACION DE TAP	CAPACIDAD MAXIMA (MVA)
1	1- 2	0.01940 0.35920	0.02640	0.0	85.9100
2	1- 2	0.01940 0.05920	0.02640	0.0	85.9100
3	1- 5	0.05400 0.22300	0.02460	0.0	61.9800
4	2- 3	0.04700 0.13800	0.02190	0.0	77.8000
5	2- 4	0.05310 0.17630	0.01870	0.0	61.7900
6	2- 5	0.05890 0.17330	0.01700	0.0	48.9400
7	3- 4	0.00700 0.17130	0.01730	0.0	-21.0200
8	4- 5	0.01330 0.04210	0.00640	0.0	-54.9100
9	6- 11	0.09500 0.19830	0.0	0.0	8.1800
10	6- 12	0.01290 0.25530	0.0	0.0	8.7900
11	6- 13	0.00610 0.13330	0.0	0.0	18.6800
12	8- 10	0.03180 0.09460	0.0	0.0	6.4000
13	8- 14	0.01270 0.27040	0.0	0.0	10.5200
14	10- 11	0.00200 0.19210	0.0	0.0	-4.6100
15	12- 13	0.02390 0.19590	0.0	0.0	2.6100
16	13- 14	0.01700 0.34830	0.0	0.0	6.5600
17	4- 7	0.0 0.20450	0.0	0.97800	29.2000
18	4- 8	0.0 0.53396	0.0	0.96930	17.2400
19	5- 6	0.0 0.23430	0.0	0.93290	44.8500
20	7- 8	0.0 0.11000	0.0	1.00000	29.1700
21	7- 9	0.0 0.17610	0.0	1.00000	1.0200
22	0- 8	0.0 -5.25310	0.0	0.0	0.0
23	0- 4	0.0 -25.64057	0.0	0.0	0.0

DATOS DE BARRA

N. DE BARRA	VMD0(PU)	ANG(GRAO)	POTENCIA DE GENERACION P(PU)	POTENCIA DE CARGA P(PU)	POTENCIA DE CARGA Q(PU)
1	1.04000	11.90000	2.3080	-0.1250	0.0
2	1.03000	9.20000	0.4000	0.3430	0.2170
3	1.03000	0.70000	0.0	0.4540	0.1900
4	0.99800	3.20000	0.0	0.4780	0.0
5	0.99900	4.70000	0.0	0.0	0.0160
6	1.04000	-1.00000	0.0	0.1060	0.0750
7	1.02700	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1.02300	-1.70000	3.0	0.0	0.2950
9	1.04000	0.0	0.0	0.0770	0.0
10	1.01900	-1.90000	0.0	0.0	0.0930
11	1.02600	-1.60000	0.0	0.0	0.0350
12	1.02500	-1.90000	0.0	0.0	0.0610
13	1.01900	-2.00000	0.0	0.0	0.1350
14	1.00300	-2.90000	0.0	0.0	0.1490

RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA

LÍNEA RETIRADA

N. DE ELEMENTO	ENTRE BARRAS	FLUJO ORIGINAL (MW)	FLUJO FINAL (MW)	MW DE SOBRECARGA
18	4- 8	84.910	84.746	
1- 2		84.910	84.746	
1- 5		60.980	61.340	
2- 3		70.800	76.581	
2- 4		60.790	60.096	
2- 5		47.780	48.470	
3- 4		-20.020	-20.351	
4- 5		-54.910	-48.924	
6- 11		7.180	10.779	2.599
6- 12		7.790	8.216	
6- 13		17.680	19.436	0.756
8- 10		5.400	1.637	
8- 14		9.520	7.073	
10- 11		-3.610	-7.175	
12- 13		1.610	2.056	2.565
13- 14		5.560	7.815	
4- 7		28.200	38.343	
5- 6		43.850	49.510	
7- 8		28.170	38.677	
7- 9		0.020	0.020	

INTERCAMBIO DE GENERACION

POTENCIA ACTIVA A INTERCAMBIAR = 0.01000 PU

LINEA	BARRA QUE DISMINUYE SU POTENCIA ACTIVA	BARRA QUE AUMENTA SU POTENCIA ACTIVA	POTENCIA (MW)
6-11	9	6	6.177
6-11	1	9	7.705
6-13	9	6	15.522
6-13	1	9	18.313
10-11	1	9	-3.562
10-11	9	6	-3.610
13-14	1	9	5.176
13-14	9	6	5.744
4-7	9	3	27.645
4-7	2	9	28.592
5-6	9	1	44.936
5-6	1	9	44.026
7-8	1	9	27.299
7-8	1	9	27.299

POTENCIA ACTIVA A INTERCAMBIAR = 0.02000 PU

LINEA	BARRA QUE DISMINUYE SU POTENCIA ACTIVA	BARRA QUE AUMENTA SU POTENCIA ACTIVA	POTENCIA (MW)
6-11	9	6	5.562
6-11	1	9	7.922
6-13	9	6	14.597
6-13	1	9	19.236
10-11	1	9	-3.246
10-11	9	6	-3.610
13-14	1	9	4.898
13-14	9	6	5.843
4-7	9	3	27.264
4-7	2	9	28.971
5-6	9	1	44.584
5-6	1	9	44.409
7-8	1	9	26.844
7-8	1	9	26.844

POTENCIA ACTIVA A INTERCAMBIAR = 0.03000 PU

LINEA	BARRA QUE DISMINUYE SU POTENCIA ACTIVA	BARRA QUE AUMENTA SU POTENCIA ACTIVA	POTENCIA (MW)
6-11	9	6	4.947
6-11	1	9	8.138
6-13	9	6	13.672
6-13	1	9	19.560
10-11	1	9	-2.931
10-11	9	6	-3.610
13-14	1	9	4.620
13-14	9	6	5.642
4-7	9	3	26.883
4-7	2	9	29.351
5-6	9	1	44.192
5-6	1	9	44.792
7-8	1	9	26.390
7-8	1	9	26.390

POTENCIA ACTIVA A INTERCAMBIAR = 0.04000 PU

LINEA	BARRA QUE DISMINUYE SU POTENCIA ACTIVA	BARRA QUE AUMENTA SU POTENCIA ACTIVA	POTENCIA (MW)
6-11	9	6	4.331
6-11	1	9	8.355
6-13	9	6	12.748
6-13	1	9	19.884
10-11	1	9	-2.615
10-11	9	6	-3.610
13-14	1	9	4.342
13-14	9	6	6.041
4-7	9	3	26.502
4-7	2	9	29.720
5-6	9	1	43.819
5-6	1	9	45.176
7-8	1	9	25.935
7-8	1	9	25.935

POTENCIA ACTIVA A INTERCAMBIAR = 0.05000 PU

LINEA	BARRA QUE DISMINUYE SU POTENCIA ACTIVA	BARRA QUE AUMENTA SU POTENCIA ACTIVA	POTENCIA (MW)
6-11	9	6	3.716
6-11	1	9	8.571
6-13	9	6	11.823
6-13	1	9	20.208
10-11	1	9	-2.300
10-11	9	6	-3.610
13-14	1	9	4.064
13-14	9	6	6.141
4-7	9	3	26.121
4-7	2	9	30.110
5-6	9	1	43.517
5-6	1	9	45.559
7-8	1	9	25.430
7-8	1	9	25.400

EQJ SBFLA
EQJ PANTERA

DATE 04/04/83,CLOCK 17/14/53,DURATION 00/

TIEMPO DE EJECUCION DE LA FASE SU PROGR-> 20.99 S/M

C A P I T U L O V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se pueden mencionar las siguientes conclusiones:

El método de "Superposición" utilizando Z-barra permite la simulación de contingencias simples, múltiples y salida de generación.

El método aplicado es simple y en esencia se reduce a modicar el flujo inicial de potencia activa por los elementos del sistema mediante la aplicación de factores, los cuales son obtenidos en función de la variación que introduce la contingencia en la estructura del sistema eléctrico. Tal variación es cuantificable al procesar la matriz Z-barra acondicionada para tal contingencia.

La modificación del flujo inicial de potencia activa, se obtiene agregando al flujo inicial la variación de potencia activa introducida por efecto de la contingencia, tal variación depende de la modificación hecha en el sistema topológicamente, reflejada por los factores de distribución; de tal manera que si tenemos almacenados todos los factores de distribución de un sistema determinado, se podría correr distintos flujos de carga (para carga máxima,

mínima, etc) y mediante los factores de distribución almacenados calcular la variación de potencia para finalmente obtener el flujo final de potencia activa por efecto de una contingencia.

De acuerdo a lo indicado en las dos últimas conclusiones anteriores el proceso de análisis de contingencias es rápido y directo.

El método descrito no es un sustituto de un flujo de carga, sino, más bien permite obtener una guía para indicar situaciones en las cuales se requieren estudios más amplios.

El algoritmo implementado puede ser usado en sistemas de un gran número de barras debido a la utilización del proceso del descarte de ejes lo que reduce el dimensionamiento requerido.

El método utilizado en lo que respecta a contingencias múltiples no es tan preciso como lo es para contingencias simples y salida de generación.

El modelo aquí planteado, da buenos resultados en lo que se refiere a distribución de potencia activa por la red, pero en cambio por las aproximaciones efectuadas, generalmente no da buenos resultados para la distribución de potencia reactiva, razón por lo que no se presenta en los resultados.

Para sistemas radiales el método funciona.

El método planteado permite retirar líneas, las mismas que dividen a un sistema cualquiera en dos subsistemas.

5.2 RECOMENDACIONES

Existen varios puntos que serían interesantes abordarlos como complemento del trabajo realizado:

Acoplar al programa desarrollado el cálculo del flujo de carga antes de producirse cualquier tipo de contingencia.

Tomando como base la conformación de la matriz Z-bus, utilizando la técnica del descarte; sería interesante desarrollar el método planteado en la referencia (11), el cual es una versión ligeramente diferente al desarrollo efectuado.

Según la referencia (6), se realiza un estudio de intercambio de capacidad, por medio de factores de distribución para obtener el máximo intercambio de capacidad que se puede realizar entre dos centrales eléctricas, por lo tanto tomando como base el método desarrollado se podría realizar este estudio.

A P E N D I C E A

MODELACION DE UN TRANSFORMADOR CON INTERCAMBIADOR DE TAPS

Taps Fijos puestos en los Transformadores.- En el caso de tener transformadores en el sistema, se procede a reemplazar los mismos por la representación equivalente indicada, en la figura A-1 (9)

Como se indica un transformador con relación de taps puede ser representado por impedancias, conectadas en serie con un autotransformador ideal.

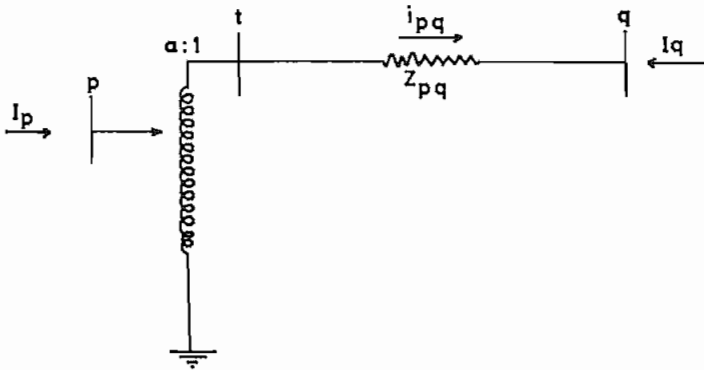


Fig. A-1

Un circuito equivalente puede obtenerse de esta representación para un estudio de flujo de carga, los elementos del circuito equivalente, entonces, pueden ser tomados de cualquier manera como elementos.

Los parámetros del circuito equivalente π , indicados en

la Fig. A-2 pueden ser obtenidos por igualación de las corrientes terminales del transformador con las correspondientes corrientes del circuito equivalente π . En la barra p la corriente terminal I_p del transformador, indicada en la Fig. A-1 es:

$$I_p = \frac{itq}{a}$$

Donde a es la relación de taps de el autotransformador ideal e itq , la corriente que fluye de t a q , es:

$$itq = \frac{E_t - E_q}{Z_{pq}}$$

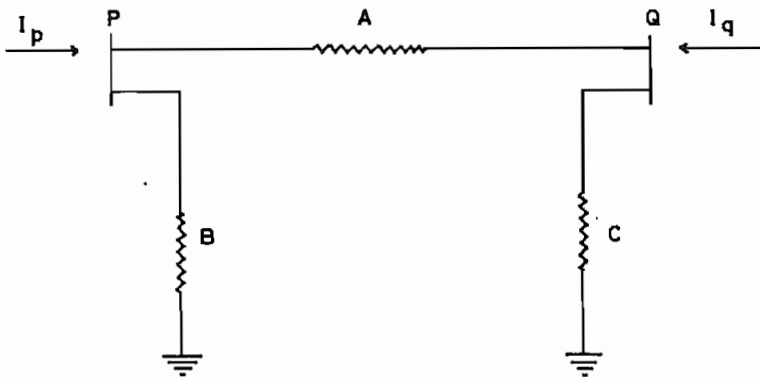


Fig. A-2

Por lo tanto,

$$I_p = \frac{E_t - E_q}{a z_{pq}} \quad (a-1)$$

Puesto que,

$$E_t = \frac{E_p}{a}$$

Y reemplazando en la ecuación a-1

$$I_p = \frac{E_p - aE_q}{a^2 Z_{pq}} \quad (a-2)$$

Similarmente, los términos de la corriente I_q en la barra q es,

$$I_q = \frac{E_q - E_t}{Z_{pq}} \quad (a-3)$$

Substituyendo E_t , en la ecuación a-3 se tiene:

$$I_q = \frac{a E_q - E_p}{a Z_{pq}} \quad (a-4)$$

Las corrientes correspondientes para el circuito equivalente indicado en la Fig. A-2 son:

$$I_p = \frac{E_p - E_q}{A} + \frac{E_p}{B} \quad (a-5)$$

$$I_q = \frac{E_q - E_p}{A} + \frac{E_q}{C} \quad (a-6)$$

Asiendo $E_p=0$ y $E_q=1$ en la ecuación a-2

$$I_p = \frac{1}{Z_{pq} \cdot a}$$

Asiendo $E_p=0$ y $E_q=1$ en la ecuación a-5

$$I_p = \frac{-1}{A}$$

Puesto que la corriente terminal para el transformador y la del circuito equivalente π tienen que ser iguales

$$A = a Z_{pq} \quad (a.7)$$

Similarmente, substituyendo $E_p=0$ y $E_q=1$ en ambas ecuaciones a-4 y a-6.

$$I_q = \frac{1}{Z_{pq}} \quad \text{y} \quad I_q = \frac{1}{A} + \frac{1}{C}$$

Otra vez, ya que la corriente terminal para el transformador y el equivalente son iguales.

$$\frac{1}{Z_{pq}} = \frac{1}{A} + \frac{1}{C}$$

Substituyendo por A de la ecuación a-7 y resolviendo para C.

$$C = \frac{a Z_{pq}}{a-1}$$

Iguando las ecuaciones de corriente a-2 y a-5 y substituyendo el valor de A de la ecuación a-7

$$\frac{E_p - a E_q}{a^2 Z_{pq}} = \frac{E_p - E_q}{A} + \frac{E_p}{B}$$

$$\frac{E_p - a E_q}{a^2 Z_{pq}} = \frac{E_p - E_q}{a \cdot Z_{pq}} + \frac{E_p}{B}$$

Resolviendo para B

$$B = \frac{a^2 Z_{pq}}{1 - a}$$

El circuito equivalente con los parámetros expresados en términos de la relación de taps a , y las impedancias del transformador están en la Fig. A-3

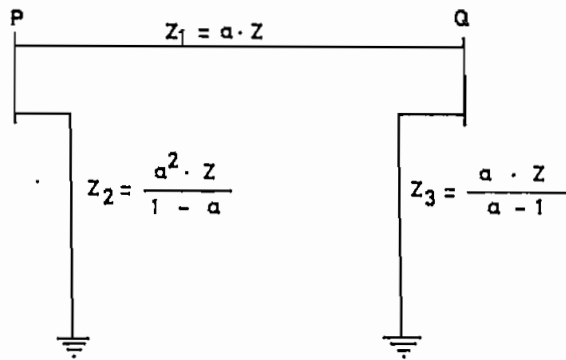


Fig. A-3

A P E N D I C E B

DETALLE DE LA TECNICA DE REORDENAMIENTO DE LINEAS

1. Los Datos de línea se examinan, y la primera línea que es establecida está conectada a la referencia, la misma que es transferida a la lista de líneas reordenadas, el otro nodo en el final de esta línea determina el primer nodo en el sistema que se está armando de los datos de línea.
2. Los datos de línea se examinan y los nodos conectados directamente al primer nodo son agregados a la lista de nodos del sistema que se esta ensamblando.
3. Tomamos el próximo nodo de la lista existente armada.
 - a. Líneas conectadas entre este nodo y el nodo de referencia son agregadas a la lista de líneas reordenadas.
 - b. Líneas conectadas entre éste y nodos que preceden en esta lista existente armada son agregados a la lista de líneas reordenadas.
 - c. Líneas entre éste y nodos que suceden en esta lista son almacenados en la lista reordenada mas tarde.
 - d. Se agregan nodos a la lista por las líneas entre el nodo existente precedido y nodos que no están ya sucediendo en este tiempo.

4. Después todas las líneas son examinadas retornando a la prueba 3 y repitiendo el proceso.

Descripción de la matriz Z-barra.

El sistema se ensambla comensando por un sistema de una simple línea de transmisión, agregando una línea en cada paso, modificando la matriz para cada adición de línea (9)

Los datos son preparados por la descripción de cada elemento del sistema por las dos barras, en los finales de la línea y ésta impedancia en una base común en pu. La primera línea en la lista tiene que ser, una de la referencia a alguna barra del sistema.

Cada línea seleccionada de la lista puede estar dentro de una de las 3 categorías:

1. Una línea de la referencia a una nueva barra.
2. Una línea radial de una barra existente a una nueva barra.
3. Una línea entre dos barras ya incluidas en el sistema (una línea cerrando un lazo)

Ejemplo de el descarte de líneas.

El algoritmo a presentarse sirve para un sistema grande, pero reteniendo la matriz Z-barra de una porción solamen-

te, del sistema que esta siendo estudiado. Primeramente se reordena las líneas: tomando el ejemplo de la referencia (9) se tiene; el área de estudio incluye a las barras: 6, 7, 8.

Lista de líneas después del reordenamiento

Línea	X
0 - 3	0.005
3 - 5	0.037
0 - 2	0.015
3 - 2	0.122
5 - 8	0.037
2 - 4	0.084
0 - 1	0.010
2 - 1	0.084
4 - 7	0.084
1 - 6	0.126
8 - 7	0.140
7 - 6	0.168

Procesando la primera línea del sistema, la matriz es:

$3 \begin{bmatrix} 3 \\ .005 \end{bmatrix}$ y la lista de barras retenidas tiene a la barra 3.

Después agregamos la próxima línea, la matriz que se forma es triangular superior

$$\begin{array}{c} 3 \\ 5 \end{array} \begin{bmatrix} & 3 & 5 \\ .005 & & .005 \\ & & .042 \end{bmatrix}$$

La lista de barras contiene: 3,5

Agregando la tercera línea del sistema se produce la siguiente matriz

$$\begin{array}{c} 3 \\ 5 \\ 2 \end{array} \begin{bmatrix} & 3 & 5 & 2 \\ .005 & & .005 & 0 \\ & & .042 & 0 \\ & & & .015 \end{bmatrix}$$

La lista de barras: 3,5,2

Agregamos la próxima línea del sistema y se completa las líneas a la barra 3, la cual no está en el área de estudio y por lo tanto los elementos correspondientes de la matriz no necesitan ser salvados.

Después de que la matriz ha sido modificada para reflejar la adición de ésta línea, la primera fila y columna son reemplazados por la última fila y columna. La barra 3 es retirada de la lista de barras y la siguiente matriz queda:

$$\begin{array}{cc}
 & \begin{array}{cc} 2 & 5 \end{array} \\
 \begin{array}{c} 2 \\ 5 \end{array} & \left[\begin{array}{cc} .0134159 & .00052817 \\ & .04182394 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Lista de barras: 2,5

Agregamos la línea 5-8 y completamos las líneas a la barra 5 la cual no está en el área de estudio. Los elementos de la matriz son modificados. Los elementos de la matriz correspondientes a la barra 8 reemplazan a los de la barra 5, la barra 5 es retirada de la lista de barras. La matriz que queda es:

$$\begin{array}{cc}
 & \begin{array}{cc} 2 & 8 \end{array} \\
 \begin{array}{c} 2 \\ 8 \end{array} & \left[\begin{array}{cc} 0.1341529 & 0.00052817 \\ & 0.07882394 \end{array} \right]
 \end{array}
 \quad \text{Lista de barras: 2,8}$$

Agregando la línea radial 2-4 se produce la siguiente matriz:

$$\begin{array}{ccc}
 & \begin{array}{ccc} 2 & 8 & 4 \end{array} \\
 \begin{array}{c} 2 \\ 8 \\ 4 \end{array} & \left[\begin{array}{ccc} 0.0134159 & 0.00052817 & 0.0134159 \\ & 0.07882394 & 0.0052817 \\ & & 0.0974159 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Lista de barras: 2,8,4

Agregamos la línea 0-1, una línea de la referencia a una nueva barra, la matriz es:

$$\begin{array}{c}
 2 \\
 8 \\
 4 \\
 1
 \end{array}
 \left[\begin{array}{cccc}
 & 2 & 8 & 4 & 1 \\
 .0134159 & & 0.00052817 & 0.0134159 & 0 \\
 & & 0.07882394 & 0.0052817 & 0 \\
 & & & 0.0974159 & 0 \\
 & & & & .010
 \end{array} \right]$$

Lista de barras: 2,8,4,1

Agregamos el enlace 1-2 y se completa las líneas a la barra 2. Después la matriz es modificada los elementos de la matriz de la barra 1 reemplazan a los de la barra 2. La barra 2 es retirada de la lista de barras. La matriz que queda es:

$$\begin{array}{c}
 1 \\
 8 \\
 4
 \end{array}
 \left[\begin{array}{ccc}
 & 1 & 8 & 4 \\
 .00906904 & .00004917 & .00124893 \\
 & .07882134 & .00046220 \\
 & & .0974159
 \end{array} \right]$$

La lista de barras: 1,8,4

A continuación agregamos la línea 4-7 y completamos las líneas a la barra 4. La matriz es modificada y entonces los elementos de la matriz de la barra 7 reemplazan a los de la barra 4. La barra 4 es retirada de la lista de barras. La matriz es:

$$\begin{array}{c}
 1 \quad \quad \quad 8 \quad \quad \quad 7 \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 .0090604 & .00004917 & .00124893 \\
 & .07882134 & .0046220 \\
 & & .17973998
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \\
 \text{Lista de barras 1,8,7} \\
 \\
 \end{array}$$

La adición de la línea radial 1-6 completa las líneas a la barra 1. Los elementos de la matriz de la barra 6 reemplazan a las de la barra 1. Y la barra 1 es retirada de la lista de barras. La matriz es:

$$\begin{array}{c}
 6 \quad \quad \quad 8 \quad \quad \quad 7 \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 .13506903 & .00004917 & .00124893 \\
 & .07882134 & .00046220 \\
 & & .17973998
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \\
 \text{Lista de barras:6,8,7} \\
 \\
 \end{array}$$

Las dos líneas restantes están en el área de estudio y son agregadas seguidamente aplicando el algoritmo indicado anteriormente, la matriz final es:

$$\begin{array}{c}
 6 \quad \quad \quad 8 \quad \quad \quad 7 \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 .08999879 & .01219496 & .03364765 \\
 & .06023255 & .02708638 \\
 & & .07483526
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \\
 \text{Lista de barras:6.8,} \\
 \text{7 que es el área de} \\
 \text{estudio.} \\
 \\
 \end{array}$$

Resumen: Una matriz antes de retirar la fila y columna 3 es:

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} & X_{15} \\ & X_{22} & X_{23} & X_{24} & X_{25} \\ & & X_{33} & X_{34} & X_{35} \\ & & & X_{44} & X_{45} \\ & & & & X_{55} \end{bmatrix}$$

Y la matriz después de retirar la fila y columna 3 es:

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{15} & X_{14} & 0 \\ & X_{22} & X_{25} & X_{24} & 0 \\ & & X_{55} & X_{54} & 0 \\ & & & X_{44} & 0 \\ & & & & 0 \end{bmatrix}$$

Nota: $X_{45} = X_{54}$

A P E N D I C E C

MANUAL DE USO DEL PROGRAMA

1. OBJETIVO.

Calcular el nuevo flujo de potencia activa por el sistema luego de producida una contingencia ya sea ésta: contingencia simple, contingencia múltiple o contingencia de generación; además otro de los objetivos es el de realizar un intercambio de generación para obtener el mejor estado del sistema, realizándose este caso para cuando se tiene líneas sobrecargadas.

2. METODO DE SOLUCION.

Se realiza utilizando el método de SUPERPOSICION (5), utilizando la matriz Z-barra, y calculando factores de distribución.

3. DESCRIPCION DEL PROGRAMA.

El programa consta del programa principal y de nueve subrutinas, pudiéndose elegir el tipo de contingencia que se desea producir.

El programa está conformado también para realizar un tipo de contingencia (sea ésta simple o múltiple) seguido por un intercambio de generación, si existen líneas sobrecar

gadas al producirse la contingencia.

En el caso de cometer errores en la entrada de datos, el programa saca mensajes del tipo de error cometido y el número de estos, parándolo a continuación el programa. Finalmente el programa está diseñado para correr varios ejemplos al mismo tiempo.

4. NOMENCLATURA

Variables del Programa de Entrada y Salida y forma de proporcionar los datos.

- ANG : Angulo del voltaje de barra en (pu)
- BC : Susceptancia de la línea (pu)
- DP : Cantidad de potencia activa ΔP en una contingencia de generación. (pu)
- E : Módulo del voltaje de barra (pu)
- ICONT : Indicador para el tipo de contingencia o intercambio; de generación:
- Contingencia simple: 1
 - Contingencia múltiple: 2
 - Contingencia de generación: 3
 - Intercambio de generación: 4
- IFIN : Indicador de final de datos de línea; poner un 1 en la última tarjeta de datos de línea.
- IDEN : Indicador de las líneas en las cuales se desean conocer el nuevo flujo; colocar un 1 en estas líneas, para estudios de una determinada área.

- IPG : Barra de generación, en el intercambio de generación.
- IPGS : Indicador de la factibilidad de que la barra de generación pueda entregar más potencia ΔP en el caso de intercambio de generación. Si es afirmativo colocar un 1.
- IQGR : Indicador de la factibilidad de que la barra de generación pueda disminuir su generación activa en una cantidad ΔP ; en el caso de intercambio de generación.
Si es afirmativo colocar un -1
- IBP : Barra de generación la cual disminuye su potencia de generación en una cantidad ΔP .
- IBQ : Barra de generación la cual aumenta su potencia de generación en una cantidad ΔP .
- kk : Indicador para imprimir la Z-barra. Con 1 imprime, \neq de 1 no imprime.
- LSI : Indicador para realizar el intercambio de generación después de una contingencia simple o múltiple.
Colocar 1 para que realice lo anterior.
- LSO : Número de líneas sobrecargadas.
- LOP : Nodo P de la línea.
- LOQ : Nodo Q de la línea.
- LE : Cantidad de líneas de estudio en las cuales se de

sean calcular el nuevo flujo de potencia activa para cualquier tipo de contingencia.

LS : Cantidad de líneas a sacar en una contingencia múltiple: 2 o 3

MALK: Indicador de error; colocar el 0 (cero)

NA : Número de barras que están dentro del área de estudio.

NB : Número de barras del sistema.

NC : Número de contingencias, ya sean: simples, múltiples, generación e intercambio.

NCG : Número de casos de contingencia.

NE : Número de elementos

NI : Número de intercambios de generación = número de barras de generación.

NMB : Número máximo de barras poner 150

NME : Número máximo de elementos poner 200

NREF: Barra de referencia; colocar el cero.

NUM : Número de las líneas con el que se identifican en el sistema.

PINC: Incremento de potencia activa para realizar el intercambio de generación (pu)

PB : Potencia base (MVA)

PAI : Potencia activa con la que se inicia el intercambio de generación (pu)

PAIM: Máxima potencia activa de intercambio (pu)

- P : Potencia activa de generación (de la barra que disminuye su generación), después de la contingencia.
- PMN : Igual que PRSF
- Q : Potencia activa de generación (de la barra que aumenta su generación), después de la contingencia.
- Z : Matriz Z-barra.

5. FORMA DE PROPORCIONAR LOS DATOS.

A continuación se indica en la hoja de codificación, la entrada de datos con sus respectivos formatos.

6. FORMA DE UTILIZAR EL PROGRAMA GRABADO EN CINTA Y EN DISCO.

Las tarjetas de control que se requieren para utilizar el programa son:

- a. En caso de que se desee utilizar el programa que se encuentra grabado en el disco, se requiere de una sola tarjeta de control. La secuencia de ubicación de tarjetas se muestra en la hoja de codificación que se indica a continuación.
- b. Si se desea utilizar el programa directamente desde la cinta, las tarjetas de control necesarias se especifican en la misma hoja de codificación.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA Y COMPUTACION

NOMBRE DEL PROGRAMA _____ No. _____
 Programador _____ Fecha: _____ Hoja No. _____ de _____

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
TARJETA EN BLANCO: UNA																																																																															
NOMBRE DEL SISTEMA: CUATRO TARJETAS																																																																															
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA: UNA TARJETA																																																																															
NE	NB	NREF	MALK	NME	NMB	NA	PB	NCG	NI	LSO	LSI	KK																																																																			
DATOS DE ELEMENTOS: LINEAS, TRANSFORMADORES, REACTORES, CAPACITORES: UNA TARJETA																																																																															
NELE	LO	PL	Q	R	X	BC	T	P	Q	PMAX	IDENTIFIN																																																																				
DATOS DE BARRA: UNA TARJETA POR BARRA																																																																															
NN	E	ANG	PG	QG	PC	QC																																																																									
NUMERO DE LAS BARRAS DE INTERES: 25 BARRAS POR TARJETA																																																																															
DATOS DEL TIPO DE CONTINGENCIA Y NUMERO DE CONTINGENCIAS A REALIZARSE																																																																															
CONT	NC																																																																														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA Y COMPUTACION

NOMBRE DEL PROGRAMA _____ No. _____
 Programador _____ Fecha: _____ Hoja No. _____ de _____

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
																																			CASO 1																																												
																																			CONTINGENCIA SIMPLE																																												
LINEA A RETIRAR Y CANTIDAD DE LINEAS DE ESTUDIO: UNA TARJETA																																																																															
NUMERO																																																																															
										IDENTIFICACION DE LINEAS DE ESTUDIO: 25 LINEAS POR TARJETA																																																																					
																																			CASO 2																																												
																																			CONTINGENCIA MULTIPLE																																												
LINEAS A RETIRAR Y CANTIDAD DE LINEAS DE ESTUDIO: UNA TARJETA																																																																															
ISLE																																																																															
										IDENTIFICACION DE LINEAS A RETIRARSE: UNA TARJETA																																																																					
										IDENTIFICACION DE LINEAS DE ESTUDIO: 25 LINEAS POR TARJETA																																																																					
																																			CASO 3																																												
																																			CONTINGENCIA DE GENERACION																																												
BARRAS DE GENERACION Y CANTIDAD DE POTENCIA: UNA TARJETA																																																																															
D.P.																																																																															
T.P.I.B.O. LE PARTE REAL PARTE IMAGINARIA																																																																															
0.0																																																																															
										IDENTIFICACION DE LINEAS DE ESTUDIO: 25 LINEAS POR TARJETA																																																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
INSTITUTO DE INFORMATICA Y COMPUTACION

NOMBRE DEL PROGRAMA _____

No. _____

Programador _____

Fecha: _____

Hoja No. _____

de _____

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
TARJETAS DE CONTROL PARA UTILIZAR EL PROGRAMA CON EL DISCO																																																																															
CODIGO DE CUENTA																																																																															
// EXEC ELECCT																																																																															
DATOS																																																																															
/.																																																																															
/&																																																																															
. \$\$\$ EOJ																																																																															
TARJETAS DE CONTROL PARA UTILIZAR EL PROGRAMA CON LA CINTA																																																																															
CODIGO DE CUENTA																																																																															
. OPERADOR CARGUE LA CINTA DE ELELECTRICA																																																																															
. EN LA UNIDAD 280. GRACIAS.																																																																															
// PAUSE																																																																															
MTC FSF X 280 23																																																																															
// ASSGN SYS IPT X 280																																																																															
// OPTION LINK NOLISIT																																																																															
ACTION CANCEL NOMAP																																																																															
// EXEC FFORTAN																																																																															
// EXEC LINKEDT																																																																															
// ASSGN SYS IPT X 000																																																																															
// EXEC																																																																															
DATOS																																																																															
/.																																																																															
/&																																																																															
MTC REW X 280																																																																															
. \$\$\$ EOJ																																																																															

7. RESTRICCIONES

1. El programa fue diseñado para:

150 barras

200 elementos (líneas transformadores, reactores, y ca
pacitores)

2. La barra de referencia tiene que ser la tierra.

3. Si existen capacitores y/o reactores entre la barra de referencia y cualquiera de las barras del sistema que se este analizando, se debe colocar como nodo p a la barra de referencia y como nodo q a la barra del sistema.

B I B L I O G R A F I A

1. H.E Brown and C.E Person, "Short circuit studies of large system by the impedance method" 1967 PICA Conf. Rec. (Pittsburgh. Pa), pp. 335-342.
2. H.E. Brown and C.E. Person, "Electric power flow calculations using a matrix method", 1960 PICA Conf. Rec. (St. Lous. Mo.).
3. A. H. El-Abidad and G.W. Stagg, "Automatic evaluation of power system performance-effects of line and transformer outages," AIEE Trans. (Power Apparatus and Systems), Vol. 81, pp 712-716. (February 1963).
4. Tesis de Garzón Patricio, "Programa Digital para Simulación de Contingencias en Sistemas Eléctricos de Potencia", Escuela Politécnica Nacional. 1981.
5. Notas del Curso: "Técnicas de Computación para Supervisión y Control de S.E.P., "Escuela Politécnica Nacional. Enero 10-14 de 1983.
6. G.L. Landgren, H.L. Terhune, R.K. Angel, "Transmission Interchange Capability - Analysis by Computer". IEEE. Summer Meeting 1971.
7. Tesis de Yáñez Rueda Hugo Marcelo, "Programa Digital

para formación de Z-barra Trifásica y cálculo de Cortocircuitos en Sistemas Eléctricos de Potencia Desbalanceados, "Quito, 1978, Escuela Politécnica Nacional.

8. Brown H.E. "Solution of large networks by matrix methods", Itajubá, Minas Gerais, Brasil, September/1974
9. Glenn W. Stagg, Ahmed H. El-Abiad, "Computer Methods in Power System Analysis, 1968.
10. H.E. Brown, "Interchange Capability and Contingency Evaluation by Z-Matrix Method, "Paper TP-72-073-0, IEEE Winter Meeting, February 1972.
11. Brown H.E. "Contingencies evaluated by a Z-matrix method", IEEE. Trans. PA & S, vol. 88, April/1969 Pág. 409.
12. M. A. PAI "Computer Techniques in Power System Analysis," Mc Graw - Hill, 1979.