

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

LIMITADO

CCE/SC.5/GRIE/VI/DI.1

Mayo de 1979

COMITE DE COOPERACION ECONOMICA
DEL ISTMO CENTROAMERICANO
SUBCOMITE CENTROAMERICANO DE
ELECTRIFICACION Y RECURSOS HIDRAULICOS

Grupo Regional de Interconexión Eléctrica (GRIE)
Sexta reunión
(San José, Costa Rica, 31 de mayo y 1 de junio de 1979)

Estudio sobre Interconexión Eléctrica
del Istmo Centroamericano

MODELO DE FLUJOS LINEALES (FLULIN) PARA
ESTUDIOS DE FLUJOS DE POTENCIA

INDICE

	<u>Página</u>
1. Introducción	1
2. Características del modelo	2
3. Restricciones del modelo	2
4. Descripción de las variables	2
5. Preparación de los datos	4
6. Resultados	4
Anexo 1: Ecuaciones de flujos lineales	5
Anexo 2: Error debido a la aproximación del seno por el ángulo en radianes	9
Anexo 3: Listado	11
Anexo 4: Datos y resultados	15

1. Introducción

Dentro del proceso de planeación utilizado en el Proyecto Regional de Interconexión Eléctrica del Istmo Centroamericano (PRICA) la capacidad instalada de cada proyecto hidroeléctrico, así como su costo, son variables que quedan definidas en un proceso de optimización mediante el modelo MGI.^{1/} El costo total del proyecto incluye el correspondiente a la línea de transmisión que hace posible llevar su energía hasta un nodo principal o hasta una línea troncal. Sin embargo, en el caso de proyectos de gran capacidad podrían requerirse, además, refuerzos o modificaciones en el sistema troncal mismo, cuyo costo es atribuible también al nuevo proyecto.

En una etapa preliminar en el estudio de la expansión de los equipos de generación, la verificación de eventuales inversiones adicionales en el sistema de transmisión puede realizarse mediante métodos simplificados, como son los estudios de flujos lineales o linealizados.

En esta nota se describe el modelo FLULIN, utilizado para realizar las verificaciones preliminares de sistemas de transmisión utilizado por la Comisión Federal de Electricidad de México, entidad que lo facilitó a la CEPAL para ser utilizado en el PRICA. La versión original en lenguaje BASIC fue cambiada a FORTRAN y adaptada al computador PDPII por la CEPAL.

FLULIN es un modelo simplificado para determinar los flujos de potencia en los elementos de un sistema eléctrico; utiliza una representación sencilla de la red y sustituye el sistema de ecuaciones no lineales de la formulación exacta, por uno de ecuaciones lineales (reemplazando la función seno por el ángulo) cuya solución es más sencilla. Las ecuaciones de base se indican en el anexo 1. En el anexo 2 se da una pauta de los errores incurridos al reemplazar la función seno por el ángulo.

La experiencia indica que los resultados obtenidos con el modelo se acercan bastante a la solución correcta. En el anexo 3 se acompaña el listado en FORTRAN del modelo.

^{1/} Modelo Global de Selección de Inversiones (MGI) para los sistemas eléctricos del Istmo Centroamericano (CCE/SC.5/GRIE/IV/5), febrero de 1977.

2. Características del modelo

- a) Las líneas de transmisión y los transformadores son representados únicamente por sus reactancias;
- b) La generación y la carga de cada nodo se definen con los valores de potencia real únicamente;
- c) Se supone que la red está bien compensada en cuanto a reactivos, o sea que las magnitudes de los voltajes son conocidas (voltajes nominales);
- d) No se determinan los flujos de potencia reactiva, y
- e) No se incluye el cálculo de las pérdidas de transmisión.^{2/}

3. Restricciones del modelo

Está dimensionado para un máximo de 300 nodos y 400 elementos (líneas y transformadores). Las dimensiones se pueden aumentar modificando las líneas 1 y 2 del programa. (Véase de nuevo el anexo 3.)

4. Descripción de las variables

Se detallan a continuación las variables de entrada utilizadas en el modelo.

TIT (20)	Variable alfanumérica de identificación del proceso
ICOR	Tipo de corrida ICOR=1 flujos de potencia ICOR=2 flujos de energía
NMOD	Número de nodos (máximo 400)
NRAH	Número de ramas (máximo 300)

^{2/} Puesto que no se incluyen las pérdidas, la suma de las generaciones " $\sum G(B)$ " debe ser igual a la suma de las demandas " $\sum C(B)$ ". En caso de que no se cumpla la condición anterior, el programa hace una corrección de las demandas utilizando la ecuación siguiente:

$$C(I) \text{ calculada} = \sum G(B) \times F(I) \quad \left\{ \begin{array}{l} B = 1 \rightarrow n \\ I = 1 \rightarrow n \end{array} \right.$$

Donde $F(I)$ es un factor de distribución de demanda definido a partir de los datos:

$$F(I) = \frac{C(I)}{\sum C(B)} \quad \left\{ \begin{array}{l} B = 1 \rightarrow n \\ I = 1 \rightarrow n \end{array} \right.$$

por lo tanto, los datos para $c(B)$ pueden ser los valores correctos de demanda o valores útiles solamente para definir la distribución de la carga en la red.

PERI Potencia de base a que están referidas las cargas y las generaciones

E(I) Número del nodo de un extremo de cada rama

F(I) Numero del nodo del otro extremo de cada rama

Z(I) Reactancia de la línea en p.m. por circuito con base en 100 MVA

N(I) Número de circuitos en paralelo

J(I) Número del nodo

G(I) Generación en el nodo referida a la potencia de base

C(I) Carga en el nodo referida a la potencia de base

15 Número mínimo de iteraciones a efectuar

INCRE Incremento en el número de iteraciones si no se ha alcanzado convergencia

IMAX Número máximo de iteraciones aceptado en el proceso de convergencia

TOL Tolerancia de convergencia para el proceso iterativo (MCO)
(Es la comparación con el balance de potencias entrando y saliendo de cada bus.)

NUPRO Variable alfanumérica. NUPRO = **** indica que sigue otro proceso

5. Preparación de los datos

Tarjetas		Columnas	Variables	Formato
Tipo	Número			
1	1	1-30	TIT	A
2	1	1-5	ICOR	I
		6-10	NNOD	I
		11-20	NRAM	I
		21-25	PERI	F
3	NRAM	1-5	E	I
		6-10	F	I
		11-20	Z	F
		21-25	NCIR	I
4	NNOD	1-5	J	I
		6-15	G	F
		16-25	C	F
5	1	1-5	15	I
		6-10	INCRE	I
		11-15	IMAX	I
		16-25	TOL	F
6	1	1-4	NUPRO	A

6. Resultados

Los resultados del modelo incluyen:

- a) Descripción de las líneas (nodo inicial, nodo final, reactancia y número de circuitos);
- b) Descripción de los nodos (número, generación en el nodo, demandado y demanda compensada en el nodo);
- c) Resultado de cada iteración con indicación del nodo menos compensado;
- d) Resultados de flujos indicando para cada rama la magnitud y la dirección del flujo y la diferencia angular entre voltajes en los extremos de la rama.

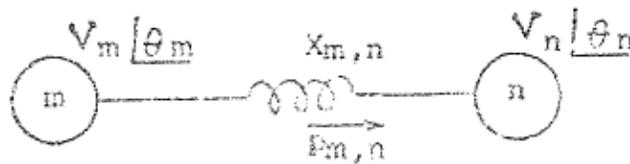
En el anexo 4 se presenta un caso de ejemplo detallando los datos de entrada y el listado de salida.

Anexo 1

ECUACIONES DE FLUJOS LINEALES

1. FLUJO DE POTENCIA EN LOS ELEMENTOS DE LA RED

Utilizando una representación simplificada para una línea de transmisión o transformador cuyos extremos son los nodos "m" y "n",



la potencia transmitida de "m" a "n" ($P_{m,n}$) se puede determinar de:

$$P_{m,n} = \frac{V_m V_n}{X_{m,n}} \text{ sen } (\theta_m - \theta_n)$$

donde:

V_m = Magnitud del voltaje del nodo m

V_n = Magnitud del voltaje del nodo n

θ_m = Angulo del voltaje del nodo m

θ_n = Angulo del voltaje del nodo n

$X_{m,n}$ = Reactancia entre los nodos m y n

Si la diferencia $\theta_m - \theta_n$ es muy pequeña:

$$\text{Sen } (\theta_m - \theta_n) \approx \theta_m - \theta_n \text{ (radianos)}$$

y si la red está bien compensada, $V_m = V_n = 1,0$ p.u.

entonces es válido calcular la potencia transmitida mediante la siguiente aproximación:

$$P_{m,n} \approx$$

$$P_{m,n} = \frac{1}{X_{m,n}} (\theta_m - \theta_n)$$

$$\text{o } P_{m,n} = Y_{m,n} (\theta_m - \theta_n)$$

Ecuación que tiene semejanza con la de la corriente en función de los voltajes de los extremos:

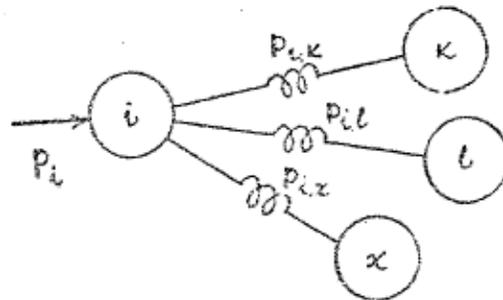
$$\bar{I}_{m,n} = \frac{1}{\bar{X}_{m,n}} (\bar{V}_m - \bar{V}_n)$$

$$\bar{I}_{m,n} = \bar{Y}_{m,n} (\bar{V}_m - \bar{V}_n)$$

donde: $\bar{I}_{m,n}$, $\bar{X}_{m,n}$, $\bar{Y}_{m,n}$, \bar{V}_m y \bar{V}_n son vectores

2. PLANTEAMIENTO DE LAS ECUACIONES DE LA RED

En el planteamiento de las ecuaciones de la red se busca cumplir la ley de Kirchhoff para nodos utilizando potencias



para el nodo "i"

$$P_i - \sum P_{ij} = 0 \quad \text{para } j = 1 \text{ a } n$$

P_i potencia neta alimentada al nodo i

$$P_i - \sum \frac{1}{X_{i,j}} (\theta_i - \theta_j) = 0$$

$$P_i - \theta_i \sum \frac{1}{X_{i,j}} + \sum \frac{1}{X_{i,j}} \theta_j = 0$$

$$P_i = \theta_i$$

$$p_i = \theta_i \sum_{j=1}^n \frac{1}{X_{ij}} - \sum_{j=1}^n \frac{1}{X_{ij}} \theta_j$$

Las ecuaciones que definen los ángulos de los voltajes de todos los nodos de la red son:

$$p_i = y_{i,i} \theta_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n y_{i,j} \theta_j \quad \text{para: } \begin{matrix} j = 1 \text{ a } n \\ i = 1 \text{ a } n \end{matrix}$$

Donde: $y_{i,i} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{X_{i,j}}$ (admitancia propia del nodo i)

$$y_{i,j} = - \frac{1}{X_{i,j}} \quad \text{(admitancia mutua entre los nodos i, j)}$$

En forma matricial: $P = Y \theta$

La ecuación tiene semejanza con:

$$\bar{I}_i = \bar{y}_{i,i} \bar{V}_i - \sum_{j=1}^n \bar{y}_{i,j} \bar{V}_j$$

$$I = YV$$

3. SOLUCION DE LAS ECUACIONES USANDO EL METODO DE GAUSS-SEIDEL

Despejando θ_i de: $p_i = y_{i,i} \theta_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n y_{i,j} \theta_j$

Se obtiene: $\theta_i = \frac{p_i}{y_{i,i}} - \sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{y_{i,j}}{y_{i,i}} \theta_j$

La ecuación anterior es apropiada para utilizar el método iterativo. Los ángulos de una iteración anterior (k-1) son sustituidos en el lado derecho de la ecuación para obtener los voltajes de la nueva iteración (k)

$$\theta_i^{(k)} = \frac{p_i}{y_{i,i}} - \sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{y_{i,j}}{y_{i,i}} \theta_j^{(k-1)}$$

Los errores de potencia debidos a la inexactitud de los ángulos pueden obtenerse de:

$$E_i^{(k)} = p_i - y_{i,i} \theta_i^{(k)} - \sum_{j=1, j \neq i}^n y_{i,j} \theta_j^{(k)}$$

- 1 -

Anexo 2

ERROR DEBIDO A LA APROXIMACION DEL SENO
POR EL ANGULO EN RADIANES

(CM-DM) GRADOS	SEN(CM-DM)	(CM DM) RADIANES	ERROR	ERROR %
0	0.0000	0.000	0.00	0.0
3	0.0523	0.052	0.00	0.0
6	0.1045	0.105	0.00	0.2
9	0.1564	0.157	0.00	0.4
12	0.2079	0.209	0.00	0.7
15	0.2588	0.262	0.00	1.2
18	0.3090	0.314	0.01	1.7
21	0.3584	0.367	0.01	2.5
24	0.4067	0.419	0.01	3.0
27	0.4540	0.471	0.02	3.8
30	0.5000	0.524	0.02	4.7
33	0.5446	0.576	0.03	5.8
36	0.5878	0.628	0.04	6.9
39	0.6293	0.681	0.05	8.2
42	0.6691	0.733	0.06	9.6
45	0.7071	0.785	0.08	11.1
48	0.7431	0.838	0.09	12.7
51	0.7771	0.890	0.11	14.5
54	0.8090	0.942	0.13	16.5
57	0.8387	0.995	0.16	18.6
60	0.8660	1.047	0.18	20.9
63	0.8910	1.100	0.21	23.4
66	0.9135	1.152	0.24	26.1
69	0.9336	1.204	0.27	29.0
72	0.9511	1.257	0.31	32.1
75	0.9659	1.309	0.34	35.5
78	0.9781	1.361	0.38	39.2
81	0.9877	1.414	0.43	43.1
84	0.9945	1.466	0.47	47.4
87	0.9986	1.518	0.52	52.0
90	1.0000	1.571	0.57	57.1

/Anexo 3

Anexo 3

LISTADO

FORTRAN IV

V02.04

```

C
C ***** MODELO DE FLUJOS LINEALES
C
0001 DIMENSION TIT(20),Z(60),N(60),G(50),C(50)
0002 DIMENSION V1(50),Y1(50),Y2(120)
0003 INTEGER E(60),F(60),T(120),T1
0004 DATA ENER/'GWH, '/',POTE/'MW, '/',ASTE/'***'/

C
C LECTURA E IMPRESION DE DATOS GENERALES
C Y CARACTERISTICAS DE LAS RAMAS
C
0005 1 READ(5, 100)(TIT(L),L=1,20)
0006 READ(5, 101)ICOR,NNOD,NRAM,PERI
0007 UNI=POTE
0008 IF(ICOR.EQ.2) UNI=ENER
0010 WRITE(6,500)(TIT(L),L=1,20)
0011 DO 5 I=1,NRAM
0012 READ(5, 102)E(I),F(I),Z(I),NCIR
0013 AN=NCIR
0014 WRITE(6,501)E(I),F(I),Z(I),NCIR
0015 Z(I)=Z(I)/AN
0016 5 CONTINUE

C
C FORMA LA MATRIZ DE ADMITANCIAS
C
0017 IC1=0
0018 DO 30 I=1,NNOD
0019 Y1(I)=0.
0020 DO 20 J=1,NRAM
0021 IF(I.NE.E(J)) GO TO 11
0023 T1=F(J)
0024 GO TO 12
0025 11 IF(I.NE.F(J)) GO TO 20
0027 T1=E(J)
0028 12 IC1=IC1+1
0029 T(IC1)=T1
0030 Y2(IC1)=-1./Z(J)
0031 Y1(I)=Y1(I)+(1./Z(J))
0032 20 CONTINUE
0033 N(I)=IC1
0034 30 CONTINUE

C
C LEE GENERACION Y CARGA POR NODO
C
0035 G6=0.
0036 C6=0.
0037 C7=0.
0038 DO 35 I=1,NNOD
0039 G(I)=0.
0040 C(I)=0.
0041 V1(I)=0.
0042 35 CONTINUE
0043 B5=100.
0044 IF(ICOR.EQ.2) B5=PERI
```

```
FORTRAN IV      U02.04

0046      DO 40 I=1,NNOD
0047      READ(5, 103)J,G(J),C(J)
0048      IF(Y1(J).NE.0.) GO TO 36
0050      G(J)=0.
0051      C(J)=0.
0052      36 G6=G6+G(J)
0053      C6=C6+C(J)
0054      40 CONTINUE
0055      WRITE(6,514)(TIT(L),L=1,20)
0056      WRITE(6,502)UNI,UNI,UNI
0057      DO 44 I=1, NNOD
0058      C0=C(I)
0059      C(I)=C(I)*(G6/C6)
0060      C7=C7+C(I)
0061      IF(Y1(I).NE.0.) GO TO 42
0063      WRITE(6,503)I
0064      GO TO 44
0065      42 WRITE(6,504)I,G(I),C(I),C0
0066      44 CONTINUE
0067      WRITE(6,505)G6,C7,C6
0068      DO 45 I=1,NNOD
0069      G(I)=(G(I)-C(I))/B5
0070      45 CONTINUE

      C
      C      PROCESO ITERATIVO GAUSS-SEIDEL
      C

0071      I1=1
0072      READ(5, 101)I5,INCRE,IMAX,TOL
0073      TOL=TOL/B5
0074      WRITE(6,506)
0075      DO 46 I=1,NNOD
0076      IF(Y1(I).EQ.0.) GO TO 46
0078      V1(I)=G(I)/Y1(I)
0079      46 CONTINUE
0080      47 L0=1
0081      DO 50 I=1,NNOD
0082      IF(Y1(I).EQ.0.) GO TO 50
0084      V1(I)=G(I)/Y1(I)
0085      LF=N(I)
0086      DO 48 J=L0,LF
0087      IJ=Y(J)
0088      V1(I)=V1(I)-(Y2(J)/Y1(I))*V1(IJ)
0089      48 CONTINUE
0090      L0=LF+1
0091      50 CONTINUE

      C
      C      CALCULA EL ERROR POR NODO
      C

0092      L0=1
0093      E0=0.
0094      DO 55 I=1,NNOD
0095      IF(Y1(I).EQ.0.) GO TO 55
0097      EE=G(I)-V1(I)*Y1(I)
0098      LF=N(I)
```

FORTRAN IV V02.04

```

0099      DO 52 J=L0,LF
0100      IJ=T(J)
0101      EE=EE-Y2(J)*V1(IJ)
0102      52 CONTINUE
0103      IF (ABS(EE),LE,EO) GO TO 53
0105      E0=ABS(EE)
0106      IB6=I
0107      53 LO=LF+1
0108      55 CONTINUE
0109      IF (EO,LE,TOL) GO TO 75
0111      E1=E0*B5
0112      WRITE(6,507) I1,E1,IB6
0113      IF (I1,GE,IS) GO TO 60
0115      56 I1=I1+1
0116      I2=I1/45
0117      I2=I2*45-I1
0118      IF (I2,EQ,0) WRITE(6,506)
0120      GO TO 47
0121      60 IF (I1,GE,IMAX) GO TO 74
0123      IS=IS+INCRE
0124      GO TO 55
0125      74 WRITE(6, 508) IMAX
0126      75 E1=E0*B5
0127      WRITE(6,509) I1,E1,IB6
0128      WRITE(6,510) (TIT(L),L=1,20)
0129      WRITE(6,511) UNI
0130      DO 80 J=1,NRAM
0131      JE=E(J)
0132      JF=F(J)
0133      FLUJO=(V1(JE)-V1(JF))*(B5/Z(J))
0134      DIFE=57.29578*(V1(JE)-V1(JF))
0135      WRITE(6,512) E(J),F(J),FLUJO,DIFE
0136      80 CONTINUE
0137      READ(5, 100) NUPRO
0138      IF (NUPRO,EQ,ASTE) GO TO 1
0140      WRITE(6,513) NUPRO

```

```

C
C *****
C          *****  FORMATOS  *****
C *****
C

```

```

0141      100 FORMAT(20A4)
0142      101 FORMAT(3I5,F10.0)
0143      102 FORMAT(2I5,F10.0,I5)
0144      103 FORMAT(I5,2F10.0)
0145      500 FORMAT(1H1,/,/,26X,'MODELO DE
      B FLUJOS LINEALES',/,/,26X,28(' - '),/,/,
      11X,20A4,/,/,5X,'NODO',5X,'A NODO'
      A,5X,'REACTANCIA',5X,'NO. DE ',
      2'CIRC.',/,/)
0146      501 FORMAT(5X,I3,8X,I3,9X,F6.4,13X,I2)
0147      502 FORMAT(/,/,5X,'NODO',5X,'GENERACION
      B',6X,'DEMANDA',6X,'DEMANDA',/,/,
      130X,'CALCULADA',7X,'DATO',/,/,18X,A4,10X,A4,10X,A4,/)

```

FORTRAN IV

U02.04

```
0148 503 FORMAT(6X,I2,7X,'***',10X,'***',10X,'***',5X,'AISLADO')
0149 504 FORMAT(6X,I2,3(8X,F6.0))
0150 505 FORMAT(//,4X,'TOTAL',6X,F7.0,2(7X,F7.0))
0151 506 FORMAT(1H1,//,5X,'ITERACION',5X,'ERROR',5X,'EN NODO',/)
0152 507 FORMAT(7X,I4,7X,F7.1,7X,I2)
0153 508 FORMAT(5X,'EL PROCESO TERMINA DESPUES
      B DE HABER REALIZADO EL NUMERO
      1 MAXIMO DE ITERACIONES',/,5X,'*****
      2 IMAX=',I4,' *****',/)
0154 509 FORMAT(5X,'ITERACIONES
      B EFECTUADAS',I4,/,5X,'ERROR MAXIMO =',F10.3,
      14X,'EN EL NODO',I4)
0155 510 FORMAT(1H1,//,26X,'MODELO DE
      B FLUJOS LINEALES',/,26X,28('-'),//,
      11X,20A4,//,28X,'FLUJO EN LOS ENLACES',//)
0156 511 FORMAT(51X,'DIFERENCIA',/,19X,'NODO
      A',5X,'A NODO',6X,'FLUJO',7X,
      1'ANGULAR',/,41X,A4,8X,'GRADOS',/)
0157 512 FORMAT(20X,I2,8X,I2,7X,F7.1,6X,F7.2)
0158 513 FORMAT(/////,'***** ',A4,' *****')
0159 514 FORMAT(1H1,//,26X,'MODELO DE
      A FLUJOS LINEALES',/,26X,28('-'),//,
      11X,20A4,///)
0160      END
```

Anexo 4

1. Datos

DEMANDA MAXIMA 1963-64 - EL SALVADOR				PRUEBA COBK. MONENED
	19	24	100.	
1	4	0.0993	1	1 AHUACHAPAN-SONSONATE
1	2	0.1322	1	2 AHUACHAPAN-SANTA ANA
4	5	0.0475	1	3 SONSONATE-ACAJUTLA
2	3	0.0978	1	4 SANTA ANA-GUAJOYO
2	6	0.0829	1	5 SANTA ANA-OPICO
5	6	0.2338	1	6 ACAJUTLA-OPICO
4	10	0.2360	1	7 SONSONATE-CUSCATLAN
6	7	0.0487	1	8 OPICO-NEJAPA
7	9	0.0183	1	9 NEJAPA-SAN ANTONIO
9	10	0.0319	1	10 SAN ANTONIO-CUSCATLAN
7	8	0.1372	2	11 NEJAPA-CERRON GRANDE
7	11	0.0360	1	12 NEJAPA-SOYAPANGO
8	12	0.0665	1	13 CERRON GRANDE- 5 DE NOV.
12	13	0.1130	1	14 5 DE NOV-SANRAFAEL
11	14	0.0469	1	15 SOYAPANGO-SAN MARTIN
13	14	0.0781	1	16 SANRAFAEL-SAN MARTIN
13	18	0.1814	1	17 SAN RAFAEL-SAN LORENZO
14	18	0.2336	1	18 SAN MARTIN-SAN LORENZO
10	14	0.0817	1	19 CUSCATLAN-SAN MARTIN
18	19	0.0144	1	20 SAN LORENZO-EL TRIUNFO
13	15	0.1000	1	21 SAN RAFAEL-TECOLUCA
15	16	0.1360	1	22 TECOLUCA-USULATAN
16	17	0.1580	1	23 USULATAN-SAN RAFAEL
17	19	0.0633	1	24 SAN MIGUEL-EL TRIUNFO
1	94.2	15.2		AHUACHAPAN
2	00.0	22.1		SANTA ANA
3	14.8	17.9		GUAJOYO
4	0.0	0.0		SONSONATE
5	32.5	31.2		ACAJUTLA
6	0.0	0.0		OPICO
7	0.0	72.9		NEJAPA
8	83.8	0.0		CERRON GRANDE
9	0.00	74.4		SAN ANTONIO
10	0.0	57.7		CUSCATLAN
11	0.0	76.3		SOYAPANGO
12	75.9	0.0		5 DE NOV.
13	0.0	1.7		SAN RAFAEL
14	0.0	29.9		SAN MARTIN
15	0.0	12.7		TECOLUCA
16	0.0	13.8		USULATAN
17	0.0	22.7		SAN MIGUEL
18	168.	0.0		SAN LORENZO
19	0.0	6.5		EL TRIUNFO
10	10	100	0.1	

2. Resultados

MODELO DE FLUJOS LINEALES

DEMANDA MAXIMA 1983-84 - EL SALVADOR PRIMERA CORR. MONENCO

NODO	A	NODO	REACTIVANCIA	NO. DE CIRC.
1		4	0.0993	1
1		2	0.1322	1
4		5	0.0475	1
2		3	0.0978	1
2		6	0.0629	1
5		6	0.2338	1
4		10	0.2340	1
6		7	0.0687	1
7		9	0.0183	1
9		10	0.0319	1
7		8	0.1372	2
7		11	0.0360	1
8		12	0.0665	1
12		13	0.1130	1
11		14	0.0469	1
13		14	0.0781	1
13		18	0.1814	1
14		18	0.2336	1
10		14	0.0817	1
18		19	0.0164	1
13		15	0.1000	1
15		16	0.1360	1
16		17	0.1580	1
17		19	0.0653	1

MODELO DE FLUJOS LINEALES

MANDA MAXIMA 1983-84 - EL SALVADOR PRUEBA CORR. NOMENCO

NOBO	GENERACION MW.	DEMANDA CALCULADA MW.	DEMANDA DATO MW.
1	94.	16.	15.
2	0.	23.	22.
3	15.	18.	18.
4	0.	0.	0.
5	35.	32.	31.
6	0.	0.	0.
7	0.	75.	73.
8	84.	0.	0.
9	0.	77.	74.
10	0.	69.	58.
11	0.	79.	76.
12	76.	0.	0.
13	0.	2.	2.
14	0.	31.	30.
15	0.	13.	13.
16	0.	14.	14.
17	0.	23.	23.
18	168.	0.	0.
19	0.	7.	7.
TOTAL	469.	469.	455.

ITERACION	ERROR	EN NODO
1	90.9	18
2	71.5	18
3	59.0	18
4	49.7	18
5	42.7	18
6	37.0	18
7	32.4	18
8	28.5	18
9	25.1	18
10	22.2	18
11	19.7	18
12	17.5	18
13	15.6	18
14	13.9	18
15	12.4	18
16	11.1	18
17	9.9	18
18	8.9	18
19	7.9	18
20	7.1	18
21	6.3	18
22	5.7	18
23	5.1	18
24	4.6	18
25	4.1	18
26	3.7	18
27	3.3	18
28	2.9	18
29	2.6	18
30	2.4	18
31	2.1	18
32	1.9	18
33	1.7	18
34	1.5	18
35	1.4	18
36	1.2	18
37	1.1	18
38	1.0	18
39	0.9	18
40	0.8	18
41	0.7	18
42	0.6	18
43	0.6	18
44	0.5	18

ITERACION	ERROR	EN NODO
45	0.5	18
46	0.4	18
47	0.4	18
48	0.3	18
49	0.3	18
50	0.3	18
51	0.2	18
52	0.2	18
53	0.2	18
54	0.2	18
55	0.2	18
56	0.1	18
57	0.1	18
58	0.1	18
59	0.1	18

ITERACIONES EFECTUADAS 60
ERROR MAXIMO = 0.091 EN EL NODO 18

MODELO DE FLUJOS LINEALES

DEMANDA MAXIMA 1983-84 - EL SALVADOR PRUEBA CORR. MONENCO

FLUJO EN LOS ENLACES

NODO	A NODO	FLUJO MW.	DIFERENCIA ANGULAR GRADOS
1	4	36.6	2.08
1	2	42.0	3.18
4	5	11.1	0.30
2	3	3.7	0.21
2	6	15.6	0.74
5	6	11.5	1.53
4	10	25.5	3.45
6	7	27.0	1.06
7	9	67.7	0.71
9	10	-9.1	-0.17
7	8	-129.3	-5.08
7	11	13.5	0.28
8	12	-45.5	-1.73
12	13	30.4	1.97
11	14	-65.2	-1.75
13	14	75.4	3.37
13	18	-49.6	-5.15
14	18	-63.7	-8.53
10	14	-43.1	-2.02
18	19	54.6	0.51
13	15	2.9	0.16
15	16	-10.2	-0.80
16	17	-24.5	-2.22
17	19	-47.9	-1.79
