T
621.3192
L935

19/11/2015

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

03 SEP 2018
POR: Liliana O.

"PROGRAMA PARA DETERMINAR EL CONDUCTOR Y VANO ECONOMICO EN LINEAS DE TRANSMISION CON POSTES DE HORMIGON"

T E S I S D E G R A D O

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO

DE

I N G E N I E R O E L E C T R I C O

POR:

H U G O L U C E R O F I G U E R O A

JUNIO, 1978

GUAYAQUIL - ECUADOR

ESPOL
CIB
D-3021

"PROGRAMA PARA DETERMINAR EL CONDUCTOR Y VANO ECONOMICO EN LINEAS DE TRANSMISION CON POSTES DE HORMIGON"

DIRECTOR DE TESIS

ING. JUAN SAAVEDRA

AUTOR

HUGO LUCERO F.

DECLARACION EXPRESA :

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis son de mi exclusiva responsabilidad y que el patrimonio intelectual de la misma corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral)

D E D I C A T O R I A

A mis padres, hermanos y

a mi maestro de siempre.

A mis buenos compañeros,

amigos y profesores.

CONTENIDO

		Pág.
1.	INTRODUCCION.	1
2.	CRITERIOS GENERALES.	2
3.	CALCULOS DE PERDIDAS DE POTENCIA Y ENERGIA.	6
4.	CALCULO MECANICO DEL CONDUCTOR.	9
4.1.	INTRODUCCION	9
4.2.	EL PROBLEMA	9
4.3.	PLANTEAMIENTOS Y DESARROLLO DE LA SOLUCION	11
4.4.	SOLUCION DE LA ECUACION DE ESTADO	13
5.	DISEÑO DE SOPORTES	15
6.	CIMENTACIONES	20
6.1.	GENERALIDADES	20
6.2.	SUELO DE MAYOR RESISTENCIA EN SU CAPA SUPERIOR	22
6.3.	FUNDACION TIPO ZAPATA INVERTIDA	23
6.4.	FUNDACION PRISMATICA	36
7.	COSTOS DE CONSTRUCCION.	40
7.1.	GENERALIDADES	40
7.2.	COSTOS DIRECTOS DE JORNALES	40

8.	METODO DE EVALUACION ECONOMICA	49
8.1.	GENERALIDADES	49
8.2.	TASA DE ACTUALIZACION Y TASA DE INTERES	50
8.3.	TIPOS DE INSTALACIONES	52
9.	PROGRAMA DE COMPUTACION	53
9.1.	GENERALIDADES	53
9.2.	DESCRIPCION DEL PROGRAMA	53
9.3.	LIMITACIONES DEL PROGRAMA	57
9.4.	VARIABLES DE ENTRADA	57
10.	EJEMPLO DE APLICACION	83
10.1.	INTRODUCCION	83
10.2.	DATOS DE ENTRADA	83
10.3.	RESULTADOS OBTENIDOS	83
11.	CONCLUSIONES	85
	ANEXO 1	
	SUBRUTINAS EMPLEADAS EN EL PROGRAMA	87
	ANEXO 2	
	GRAFICOS	107

ANEXO 3

DIAGRAMAS DE FLUJO 120

ANEXO 4

LISTADO Y RESULTADOS DE COMPUTACION 149

BIBLIOGRAFIA

2. CRITERIOS GENERALES

En la planificación de grandes Sistemas Eléctricos es necesario analizar diferentes alternativas de líneas de transmisión de grandes longitudes y altos niveles de tensión.

En esta primera etapa se precisan costos aproximados de las alternativas con el fin de orientar los estudios.

Sin embargo, en la práctica, la obtención de un conjunto de costos de alternativas resulta un problema complejo y de solución retardada, a cauda del gran número de parámetros que incurren simultáneamente en la consideración de las alternativas.

Para definir una línea dentro de un sistema es necesario, por lo menos, fijar los siguientes parámetros:

- Tensión nominal de transmisión
- Número de circuitos
- Seguridad de servicio
- Longitud y ubicación del trazado
- Niveles de potencia a transmitir
- Valorización de las pérdidas de transmisión
- Sobretensiones que debe resistir la aislación

1. INTRODUCCION

Una de las principales tareas de una empresa de servicio público de electricidad es mantener al día en la satisfacción de la demanda y en la incorporación de nuevas áreas al sistema. La expansión de las facilidades de generación, transmisión y distribución es un factor fundamental en el desarrollo de los sistemas eléctricos.

El diseño de líneas aéreas de transmisión es una de las tareas que mas frecuentemente se tiene que abordar en las compañías de electricidad. Esto ha sido ya reconocido en muchos países de tal forma que en la actualidad en casi todos ellos se utilizan las técnicas más modernas en el diseño y construcción, con el fin de lograr la máxima eficiencia y el mínimo costo. Desde la determinación de los puntos y potencia de transmisión, pasando por la topografía, diseño económico del conductor, ubicación, selección de estructuras, diseño mecánico del conductor y de las estructuras, hasta llegar a la operación y al cálculo eléctrico; el diseño de líneas de transmisión se ha visto invadido por el uso de la computación digital. Y así tiene que ser, ya que esta área de la Ingeniería Eléctrica no puede sustraerse del uso de una herramienta tan útil, no sólo para aliviar pesados y tediosos cálculos repetitivos, sino también en la selección de criterios y en la toma de decisiones.

- Costos unitarios de los materiales y mano de obra.

Partiendo de los parámetros indicados se puede confeccionar un anteproyecto de la línea y finalmente determinar un costo aproximado.

Para ello es necesario aplicar criterios técnico-económicos que permitan definir los siguientes "parámetros básicos":

- Material de los conductores
- Tamaño y número de conductores por fase
- Número de estructuras (luz media)

La complejidad del problema reside en que cada uno de estos parámetros es función de los demás.

En el esquema de la fig. 2.1 se muestran las relaciones de dependencia de los parámetros principales que determinan el costo de la línea.

Este esquema muestra que los tres parámetros indicados son dependientes y que cada uno de ellos incide en todos los item importantes dentro del costo de la línea.

Por lo tanto, no es posible calcular separadamente

los parámetros básicos, los que podrían determinarse encontrando un conjunto de valores que disminuya al mínimo el costo total de la línea.

Para lograrlo, deberá calcularse el costo para todas las combinaciones posibles entre ellos.

El presente trabajo tiene por objeto principal exponer un método sistematizado para realizar este tipo de estudios.

Concretamente los objetivos que se pretende alcanzar son:

a) Obtener presupuestos sobre iguales bases y con igual precisión, de distintas alternativas de líneas para el estudio de un sistema de transmisión.

b) Obtener un diseño preliminar como un punto de partida al iniciar el proyecto de una línea.

En la fig. 2.2 se muestra un diagrama típico de las diversas etapas del proyecto de un sistema eléctrico, en este diagrama puede observarse la ubicación de las etapas de estudio de alternativas de sistemas y de diseño preliminar de la línea dentro del proyecto y construcción del

sistema.

Estas etapas son, como se ha dicho, el punto de partida para el proyecto y por consiguiente se encuentran en el camino crítico de todo programa. El tiempo que toman es considerable y puede alcanzar entre el 10% y el 20% del total.

Debe destacarse que la evidente complejidad del estudio obligará a emplear un programa de cálculo en un computador digital, y por otra parte, deberá forzosamente emplearse en algunos casos, criterios prácticos o empíricos que si bien no tienen un fundamento analítico riguroso, son respaldados por una larga y satisfactoria experiencia.

3. CALCULOS DE PERDIDAS DE POTENCIA Y ENERGIA

En éste estudio y en la subrutina que tenemos dentro del programa, calculamos los costos de potencia y energía en forma variable hasta que termina la proyección de la demanda.

Al año en que empieza el estudio se lo denomina año inicial y al año donde suponemos que la demanda se satura lo llamamos año final. Asumimos también que la demanda se satura en un límite máximo del tiempo de vida del conductor. Lógicamente las pérdidas van a ser variables, ya que año a año la potencia y la energía cambiarían según como la demanda aumente (generalmente) o disminuya.

El cálculo de las pérdidas vendrán dados por la fórmulas siguientes:

Calculamos un factor de pérdidas según la ecuación

$$FPER = 0.84 * (FC(I) ** 2.0) + 0.16 * FC (I)$$

donde los coeficientes 0.84 y 0.16 son coeficientes encontrados en la práctica y son para zonas no muy industrializadas, razón por la cual nosotros establecemos esta ecuación dentro del programa. FC es el factor de carga y que

también será variable año a año, dependiendo de la demanda de la zona.

Con este factor de pérdidas procedemos a calcular los costos unitarios de las pérdidas por potencia y energía según la siguiente fórmula:

$$QJ = 0.012 * CPDP * FADE + 8.76 * CPEN * FPER$$

donde el primer término del segundo miembro de la ecuación corresponde a los costos de las pérdidas de potencia por unidad; y el segundo término representa los costos de las pérdidas de energía, siendo CPDP costo de pérdidas de potencia, FADE factor de ajuste de la demanda, CPEN costo de pérdidas de energía.

Esta ecuación QJ multiplicando por las pérdidas óhmicas nos dará los costos de las pérdidas de potencia y energía.

Las pérdidas en sí serán determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$AMP = KW / KV * FPOT * 1.732$$

donde AMP será la corriente en el conductor; KW será potencia trifásica; KV será el voltaje al cual

va a trabajar dicha línea; FPOT es el factor de potencia de cada año de la demanda

```
PERC = YN * (AMP **2.0) * R/1000
```

donde YN será el número de fases y R la resistencia del - conductor en ohmios/metro.

A esto además, le agregamos los costos de la línea en si, obteniendo los costos totales de la línea y de pérdidas de potencia y energía.

4. CALCULO MECANICO DEL CONDUCTOR

4.1 INTRODUCCION

Consideramos que el diseño mecánico del conductor, esto es, la determinación de las tensiones y flechas de un conductor tendido en diferentes condiciones de carga y temperatura, es un paso importante en el diseño de líneas aéreas de transmisión. Un aspecto que favorece para que al cálculo mecánico del conductor se aplique el uso de métodos digitales, es la forma sistemática "matemática" del problema. Los criterios o decisiones son mínimos en esta etapa del diseño, pero representan un considerable esfuerzo de cálculo, generalmente de tipo repetitivo, que favorece grandemente su incorporación en un programa digital.

4.2 EL PROBLEMA

Los cálculos mecánicos del conductor cumplen tres funciones en el diseño de las líneas aéreas de transmisión:

1º Determinan la forma segura en que, bajo ciertas condiciones (definidas o no por normas), la flecha del conductor sea tal que mantenga la distancia mínima al suelo requerida.

2º Determinan la forma segura en que, bajo ciertas - condiciones (definidas o no por normas), los esfuerzos en el conductor no superen los valores permitidos por el material.

3º Determinan la forma segura en que, una vez hecho el tendido bajo ciertas condiciones específicas - de carga y temperatura, con tensiones y flechas correspondientes, las condiciones primera y segunda se cumplirán cuando la carga y temperatura varien (tablas de templado).

Planteado en esta forma, el problema se reduce a dos tipos de cálculo:

a) Determinar la relación entre tensiones, flechas, longitud de vanos, cargas y temperaturas de un conductor colgado, de tal forma que se pueda calcular un grupo de variables en función de cualquier otro grupo conocido.

b) Una vez determinadas las tensiones y flechas para un vano dado, con carga y temperatura determinadas, encontrar las nuevas tensiones y flechas para otras cargas y temperaturas.

La primera parte de los cálculos es bien conocida y está perfectamente determinada, aún cuando su generalización, que siempre es aconsejable y algunas veces necesaria en una solución digital, requiere de un enfoque sistemático de este problema, en vez de utilizar una serie de fórmulas más o menos empíricas.

La segunda parte corresponde al conocido problema de "cambios de estado", cuya solución clásica es gráfica y, por lo tanto, inadecuada para una solución digital. Se ha recurrido por ello a un enfoque estrictamente "matemático", analítico, con resultados satisfactorios.

4.3 PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE LA SOLUCION

Una de las primeras decisiones que se tomó en la solución del problema planteado, fue hacer uso de la catenaria en las ecuaciones, ya que es la representación exacta de la línea de transmisión sujetada a dos soportes.

Una vez decidido el uso de la catenaria, la primera parte del problema consistió en determinar la ecuación respectiva en una forma general, donde las relaciones entre las variables sea tal que permita el cálculo fácil de cualquier grupo de ellas en función de las otras. Para ello, se es-

tableció un sistema de coordenadas, que siempre pasan por el punto más bajo de la catenaria, dejando como incógnitas las coordenadas de los puntos de apoyo del conductor.

Existe una relación entre estos puntos dados por la longitud del vano y el nivel de apoyos (ver fig. 4 .1), de tal manera que el número de coordenadas incógnitas resulta ser dos. La otra incógnita puede ser la flecha o la tensión como dada o asumida. Una vez encontrada la ecuación de la catenaria, el resto de las condiciones se determina inmediatamente, especialmente la longitud de la catenaria entre los puntos de apoyo, que sirva para el cálculo de los "cambios de estado".

La segunda parte del problema, esto es, los cambios de estado, se enfocó analíticamente mediante la relación de tensiones y flechas antes y después de los cambios de estado, tomando como base la variación de la longitud del conductor. La variación de la longitud originada por el cambio de las condiciones de carga y temperatura, se divide en dos partes: una debido al cambio de temperatura exclusivamente, y la otra, debido al cambio del esfuerzo originado por nuevas condiciones de carga y de temperatura. El resultado quedó expresado en una ecuación cúbica en función de la tensión del conductor que se resuelve eficiente

mente por el método de Newton.

Finalmente, se contempla la inclusión de conductores constituídos por diferentes materiales, incorporando las ecuaciones de distribución de esfuerzos en los materiales de diferentes coeficientes de dilatación y módulo de elasticidad y la relación de traspaso de esfuerzos por cambio de temperatura. Se obtuvo, así, una solución general para toda clase de conductores.

4.4 SOLUCION DE LA ECUACION DE ESTADO

Para determinar el comportamiento del conductor, sometido a cambios de esfuerzos y temperaturas, es necesario determinar las longitudes de arco y tensiones reales correspondientes a un vano y flecha determinados. Para esto se emplea la ecuación de la catenaria.

De las propiedades de la catenaria se tiene:

$$a = \frac{H}{W} \quad (1) \qquad \text{FLECHA} = y - a$$

$$y = \frac{a}{2}\left(e^{\frac{x}{a}} + e^{\frac{x}{a}}\right) = a\cosh\frac{x}{a} \quad (2)$$

$$L = 2a\,\text{senh}\frac{s}{2a} \quad ; \quad L = 2a\,\text{senh}\frac{x}{a} \quad (3)$$

$$\text{FLECHA} = a \cosh \frac{x}{a} - a = a\left(e^{\frac{s}{2a}} + e^{-\frac{s}{2a}} - 1\right) \qquad (4)$$

si $x = \frac{s}{2a}$ y reemplazando en (4) se obtiene:

$$\text{FLECHA} = \frac{s}{2x}\left(e^{x} + e^{-x} - 1\right)$$

La ecuación de cambio de longitud debido a los cambios de condiciones climatológicas (cambios de estado) - viene dada por:

$$L_2 - L_1 = L_1 \alpha (\theta_2 - \theta_1) + L_1 \frac{H_2 - H_1}{AE} \qquad (5)$$

Donde el subíndice 1 indica la condición conocida y el subíndice 2 la condición que se desea encontrar (H_2).

De (5):

$$E(L_2 - L_1) = E\alpha L_1 (\theta_2 - \theta_1) + L_1 \frac{(H_2 - H_1)}{A} \qquad (6)$$

si se reemplaza (3) en (6) se obtiene:

$$\frac{H_2}{w_2} \operatorname{senh} \frac{sw_2}{2H_2} = \alpha(\theta_2 - \theta_1) + 1 + \frac{(H_2 - H_1)}{AE} \frac{H_1}{w_1} \operatorname{senh} \frac{sw_1}{2H_1}$$

que es la ecuación a resolver.

5. DISEÑO DE SOPORTES

Después de haberse realizado el cálculo de flechas, conociendo la altura mínima del conductor a tierra, y la fuerza que va a actuar además del viento sobre el soporte; podemos diseñar la estructura sobre la cual van a estar colocados los conductores.

Tal como vimos en los conductores la acción del viento sobre éstos depende de sus dimensiones, asimismo en los postes van a depender de las dimensiones que ellos tengan y siendo desconocidas se comprende que habrá necesidad de asignarles a criterio personal, un valor para iniciar el cálculo, rehaciéndolo después de efectuar la comprobación necesaria. Esto nos indica que para determinar las dimensiones de los elementos que forman la estructura de hormigón armando, es preciso realizar una serie de tanteos, previos los cuales se obtendrán los postes que procuran en la construcción de la línea la máxima economía.

El cálculo de los postes de hormigón se efectúan dentro de las normas previstas para esta clase de construcciones, considerando a la vez la resistencia de la armadura metálica que tendrá una determinada configuración y la parte de hormigón que trabaja a compresión. Se desecha la re

sistencia de hormigón sometido a esfuerzos de extensión.

Para el programa de computadora, se ha escogido una configuración octogonal, partiendo de un diámetro tal de varilla de hierro en base del cual podemos conocer el diámetro dentro del poste donde se alojarán las varillas de acero. Se ha previsto que las varillas de acero serán el doble que los lados del octógono.

En base de este criterio podemos calcular el radio de la circunferencia que sostiene las varillas con la siguiente relación:

$$R_{varillas} = \frac{\text{DIAMETRO DE VARILLAS}}{1 - \text{Cos } \emptyset/2}$$

Siendo $\emptyset$ el ángulo que sostiene una cara del polígono.

También podemos calcular entonces en base de estos criterios y asumiendo que el espesor mínimo de hormigón que va a cubrir la estructura de hierro sea un variable - para el radio en que se inscribe el octógono con la siguiente fórmula matemática:

$$R_{octo} = \frac{3/2 \text{ (DIAMETRO DE LA VARILLA)} + R_{varillas}}{\text{Cos } \emptyset/2}$$

Asimismo el área transversal vaciada va a ser calculada con una dependencia del diámetro de las variables con la siguiente fórmula:

$$R_{vaciado} = R_{varilla} \times \cos \emptyset - \frac{\text{DIAMETRO VARILLAS}}{2}$$

Luego, para encontrar la fibra neutra procedemos a dividir nuestra sección en áreas pequeñas convenientemente formadas. Sacando para ello lo que se llama áreas ficticias con la siguiente expresión:

$$S = S_h + NS_a$$

Siendo S el área equivalente pra nuestro estudio, obtenemos además el centro de gravedad de cada área ficticia esto es, para la sección que inicialmente suponemos actúa a compresión.

Luego las secciones que influyen en el lado que presumimos actúan a extensión, serán la de hierro únicamente y determinamos también secciones ficticias y sus respectivos centros de gravedad. Con estos datos, y usando la ecuación:

$$X = \frac{\text{área}}{\text{altura}} * Y - \frac{\text{centro de gravedad}}{\text{altura}} * \text{área}$$

encontramos puntos X y Y con los cuales y aplicando la subrutina de mínimos cuadrados obtenemos dos curvas, las cuales igualándolas y encontrando el valor de Y, se establece la distancia a la que se halla la fibra neutra.

Teniendo el valor de la fibra neutra, se encuentran los radios de giro y con éstos se obtienen los momentos - de inercia de las pequeñas áreas elementales que sumadas resulta el momento de inercia total.

Con estos datos y conociendo R que es el coeficiente de trabajo, podemos calcular M el momento flector de la fuerza que actúa sobre el poste, con la siguiente expresión.

$$R = \frac{M.Z}{I}$$

Siendo Z la distancia de la fibra de mayor fatiga al eje neutro e I el momento de inercia.

Para calcular R tendremos la siguiente fórmula:

$$R = 0.28 \times \text{RESISTENCIA} \left(1 + \frac{m'v'}{v}\right)$$

que es la fórmula que nos dá el límite de trabajo del hormigón armado a la compresión, en la cual el valor de la resistencia al aplastamiento del hormigón no armado, medida sobre cubos de 20 cm. de lado y después de 90 días de su fabricación, viene a estar comprendida entre 250 y 300 Kg/cm^2, V' es el volúmen de las armaduras transversales u oblícuas por cada metro de longitud del poste; V el volúmen del hormigón para igual longitud de un metro y M' un coeficiente variable que depende del grado de ligazón que existe entre las barras longitudinales. Cuando estos enlaces están constituídos, como el caso corriente para los postes, por zunchasos o anillos M' está comprendido entre 15 y 32, según la distancia entre las espiras sea igual a 2/3 ó a 1/5 de la anchura de la sección del poste.

Con estos datos podemos calcular el peso del poste y su costo, conociendo el precio unitario del hierro y hormigón.

6. CIMENTACIONES

6.1 GENERALIDADES

Para nuestro cálculo de cimentaciones usamos el método "SULZBERGER", que es un procedimiento de cálculo aplicable a fundaciones para soportes de líneas de transmisión - de energía eléctrica, que tiene en cuenta la influencia de la reacción lateral del suelo como efecto equilibrante complementario de la reacción de fondo.

El método principalmente es apropiado para el cálculo de fundaciones profundas, donde el momento estabilizante - se obtiene con la contribución aplicable del efecto del encastramiento del macizo de fundación en el terreno a través de sus paredes laterales.

Consideremos un elemento unitario de la superficie de contacto entre fundación y terreno, sea σ la presión emitida por la fundación del terreno en dicho punto. Por la acción de la carga σ el terreno es comprimido, o lo que es lo mismo el elemento de superficie sufre un desplazamiento λ en la dirección de σ. La relación entre ambas magnitudes está dada por la expresión:

$$\sigma = C\lambda \ , \qquad (1)$$

donde C se denomina coeficiente de compresibilidad del terreno en el punto considerado.

El principio fundamental que sirve de base al método establece que para pequeñas inclinaciones del macizo de fundación, no mayores que 1/100 ($tang\alpha = 0,01$) el terreno se comporta elásticamente, manteniéndose C constante en la ecuación (1).

Se admite también que en terrenos de características aproximadamente uniformes, el coeficiente de compresibilidad es nulo al nivel del suelo y aumenta proporcionalmente con la profundidad. Es decir que si C_t es el valor de dicho parámetro medido a la profundidad t de la fundación, a la profundidad x se tendrá :

$$C_x = C_t \frac{x}{t} \qquad (2)$$

En la práctica el ensayo de suelo se hace aproximadamente a la profundidad de la fundación. En caso de no coincidir, se determina C_t, partiendo del valor obtenido en el ensayo, mediante la ecuación (2).

La condición de variación lineal del coeficiente de compresibilidad es estrictamente teórica, y se admite como

hipótesis simplificativa para el cálculo del momento resistente lateral o momento de encastramiento. En las condiciones reales la variación de C con la profundidad depende de la naturaleza y composición del suelo en sus diversas capas, apartándose notablemente, en muchos casos, de la variación lineal.

La importancia de este análisis se manifiesta, particularmente, en los casos de suelos de capacidad portante relativamente alta en su capa superior y baja al nivel del fondo de la fundación. En tales casos, una fundación diseñada en la forma habitual de bloque prismático podría resultar antieconómica o impracticable si se la proyecta a partir del coeficiente de compresibilidad de fondo C_t con la adopción de la hipótesis simplificadora expresada en el párrafo precedente.

6.2 SUELO DE MAYOR RESISTENCIA EN SU CAPA SUPERIOR

En estos casos se requieren dos valores de C para proyectar la fundación: uno a la profundidad t y el otro a la profundidad t/2. El diseño conveniente es el que muestra la fig. 6.2, es decir con un ensanchamiento superior de la fundación, que podría designarse de zapata invertida.

Aún en el caso de adoptar el diseño común de fundación prismática, el valor adicional de C medido a la profundidad t/2 permite calcular con mayor aproximación el momento resistente lateral, como se verá más adelante.

6.3 FUNDACION TIPO ZAPATA INVERTIDA

La ventaja de este diseño (fig. 6.2) consiste en el mejor aprovechamiento de la mayor resistencia de la capa superior del terreno, obteniéndose mayores momentos resistentes, tanto lateral M_s como de fondo M_b.

Cuando la relación entre la altura t_1 de la zapata y su profundidad e cumple la relación.

$$\frac{t_1}{e} \geq 1,4 \qquad (3)$$

La fundación puede construirse en hormigón simple (Prescripciones para la Construcción Líneas Aéreas de Energía Eléctrica Mayores de 1 KW, VDE.0210/5.69).

El empleo de este diseño es conveniente para zapatas de altura t_1 no mayor que el tercio de la profundidad t de la fundación. No es recomendable para valores mayores t_1

1/3 t por resultar antieconómica como consecuencia del excesivo volumen de hormigón resultante. En cambio puede adoptarse la solución en hormigón armado, en cuyo caso ya no es necesario mantener la relación (3).

A continuación se describen los procedimientos de cálculo para dos casos particulares, según se trate de una base cuadrada y momento de vuelco actuando en un plano vertical que contiene a una de las diagonales, o de una base rectangular y momento de vuelco actuando en un plano vertical paralelo a uno de los lados.

6.3.1 Base cuadrada y momento de vuelco en plano diagonal.

En la parte superior de la fig. 6.3 se ha representado el diseño de una fundación tipo zapata invertida. El momento de vuelco actúa en el plano vertical que contiene al eje Ox.

Cálculo del momento resistente lateral:

Sean C_1 y C_2 los valores del coeficiente de compresibilidad del terreno al nivel t_1 de la cara inferior de la zapata y a la profundidad t de la fundación respectivamente. A partir de dichos valores, desde sus respectivos niveles,

se admitirá una variación lineal del coeficiente de compresibilidad hasta anularse al nivel del terreno.

En la fig. 6.4 se ha representado la superficie de carga total correspondiente a la reacción lateral correspondiente a la reacción lateral del terreno obtenida multiplicando en cada nivel el valor del coeficiente de compresibilidad - por el ancho de la fundación proyectada sobre el plano vertical perpendicular al plano del momento. Se tiene:

$$\overline{EF} = \sqrt{2}a_2C_2 \qquad \overline{AB} = \sqrt{2}a_1C_1 \qquad (4)$$

En la misma figura, G_1 representa al centro de gravedad del par de triángulos OAC y OBD, G_2 el c. de g. del - triángulo OEF, y G el c. de g. de la figura total OACEFDBO. Se tiene:

$$\overline{OG}_1 = \frac{2}{3}t_1 \quad , \qquad \overline{OG}_2 = \frac{2}{3}t \qquad (5)$$

Sean:

$$\frac{t_1}{t} = \tau \quad ; \qquad \frac{a_1}{a_2} = \lambda \quad , \qquad \frac{C_1}{C_2} = \gamma \qquad (6)$$

y además

$$(\lambda\gamma - \tau) = \rho \qquad (7)$$

Designando con F_1 y F_2 la superficie del par de triángulos OAC y OBD y la del triángulo OEF respectivamente, se tiene:

$$F_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} a_2 C_2 t \ , \qquad F_1 = F_2 \rho \tag{8}$$

El momento resistente lateral (momento de encastramiento) está dado por:

$$M_S = I_G \ \text{tang} \ \alpha \tag{9}$$

donde es tang $\alpha = 0{,}01$, e I_G el momento de inercia de la superficie de carga total respecto del eje baricéntrico horizontal. Dicho momento de inercia se determina mediante la expresión:

$$I_G = I_{G_1} + I_{G_2} + F_1 * \overline{G_1 G}^2 + F_2 * \overline{G_2 G}^2 \ , \tag{10}$$

siendo I_{G_1} e I_{G_2} los momentos de inercia baricéntricos del par de triángulos OAC y OBD y del triángulo OEF respectivamente, definidos por las expresiones:

$$I_{G_1} = \frac{1}{18} F_1 * t_1^2 \ , \quad I_{G_2} = \frac{1}{18} F_2 * t^2 \tag{11}$$

Además, las distancias $G_1 G$ y $G_2 G$ contenidas en la expresión (10) se calculan mediante:

$$\overline{G_1\ G} = \frac{2}{3}\ t\ \frac{1 - \tau}{1 + \rho}\ ,\quad \overline{G_2\ G} = \frac{2}{3}\ t\ \frac{1 - \tau}{1 + 1/\rho} \qquad (12)$$

Cálculo del momento resistente de fondo:

Sea G el peso total de la fundación más el peso de la estructura y demás cargas verticales permanentes y adicionales que gravitan sobre la misma (cables, aisladores, accesorios, etc.). Dicha carga estática se transmite al terreno a través de la superficie de apoyo S_1 de la zapata y de la superficie S_2 del fondo del bloque, siendo:

$$S_1 = a_1^2 - a_2^2\ ,\quad S_2 = a_2^2$$

Es evidente que del peso total G, una fracción G_1 se transmitirá al terreno a través de la superficie S_2. Si - representa el hundimiento o deformación lineal del terreno bajo las cargas G_1 y G_2, podrá escribirse:

$$G_1 = C_1 \lambda S_1\ ,\quad G_2 = C_2 \lambda S_2$$

De estas expresiones se obtiene:

$$G_1 = G\ \frac{C_1\ S_1}{C_1 S_1 + C_2 S_2} \qquad G = G\ \frac{C_2 S_2}{C_1 S_1 + C_2 S_2} \qquad (14)$$

Se admitirá que esta repartición de la carga estática

se mantiene aún cuando la estructura está sometida además a la acción de las cargas horizontales que producen el momento de vuelco que se considera en el cálculo.

Se determinarán separadamente los momentos de fondo correspondientes a las cargas G_1 y G_2. Designemos con σ'_x la presión transmitida al terreno a través del elemento de superficie sombreado situado a la distancia x del eje Oy. Análogamente sea σ''_x la presión transmitida a través del mismo elemento de rotación $\text{tang}\alpha = 0{,}01$ producida por el momento de vuelco que actúa sobre la fundación. Se observa que mientras σ'_x es constante, σ''_x varía linealmente con x:

$$\sigma'_x = \frac{G_1}{S_1} = \sigma' = \text{constante}, \quad \sigma''_x = C_1 \ \text{tang}\alpha \ x$$

Designando con b_x el ancho de la franja elemental de superficie, los productos $\sigma'_x b_x dx$ y $\sigma''_x b_x dx$ representan las fuerzas elementales de reacción del terreno sobre la base, correspondientes a la carga estática G y a la acción del momento de vuelco respectivamente.

Como se desprende de la fig.6.3, el ancho b_x varía en función de x de la siguiente manera:

$$\text{Para} \quad 0 \leq |x| \leq \frac{d}{2} : \qquad b_x = d_1 - d_2 = \text{constante}$$

Para $\frac{d_2}{2} < |x| \leq \frac{d_1}{2}$: $\quad b_x = d_1 - 2x$

En la fig. 3 se han trazado los diagramas de carga correspondientes a la carga vertical G_1 (Diagrama 1) y a la rotación provocada por el momento de vuelco (Diagrama 2).

En el diagrama 1 se tiene:

$$\overline{A'_1 B'_1} = \sigma'(d_1 - d_2)$$

Este valor se mantiene constante para $0 \leq |x| \leq \frac{d}{2}$.

Para $\frac{d_2}{2} < |x| \leq \frac{d_1}{2}$ se tiene $\sigma'_x b_x = \sigma'(d_1 - 2x)$, es decir la ordenada varía linealmente hasta anularse para $|x| = \frac{d_1}{2}$.

En el diagrama 2 es:

$$A''_1 B''_1 = \frac{1}{2} C_1 (d_1 - d_2) d_2 \operatorname{tang}\alpha$$

El trazado de este diagrama no ofrece dificultades. - Cabe señalar que en el intervalo $\frac{d_2}{2} < |x| \leq \frac{d_1}{2}$ la ordenada sigue una variación cuadrática, pero se ha supuesto lineal - por simplicidad y por ser despreciable el error que con ello se introduce. Finalmente mediante superposición de los dia

gramas 1 y 2 se obtiene el diagrama resultante 3. En éste se tiene:

$$\overline{A_1 B_1} = \left(\frac{1}{2} C_1 d_2 \tan\alpha + \sigma'\right)(d_1 - d_2) \qquad (15)$$

$$D_1 E_1 = \left(\frac{1}{2} C_1 d_2 \tan\alpha - \sigma'\right)(d_1 - d_2) \qquad (16)$$

Se ha obtenido así el diagrama de carga $Q_1 B_1 H_1$. Si K es el centro de gravedad del diagrama, por dicho punto pasará la reacción vertical G_1 del terreno. Es suficiente entonces conocer el valor de k para poder determinar de inmediato el momento resistente buscado.

Puede demostrarse que:

$$k = \frac{1}{3}\left(\frac{d_1 + d_2}{2} - \frac{\sigma'}{C_1 \tan\alpha}\right) \qquad (17)$$

El momento de fondo correspondiente a la carga C resulta entonces:

$$M_{b_1} = \frac{G_1}{3}\left(\frac{d_1 + d_2}{2} - \frac{\sigma'}{C_1 \tan\alpha}\right) \qquad (18)$$

Por otra parte, el momento de fondo correspondiente a la carga vertical G_2 actuando sobre la superficie S_2 se cal

cula con la fórmula conocida:

$$M_{b_2} = \frac{G_2}{2} \left(d_2 - \sqrt[3]{\frac{3G_2}{C_2 \operatorname{tang}\alpha}} \right) \qquad (19)$$

Finalmente, el momento resistente de fondo total es:

$$M_b = M_{b_1} + M_{b_2} \qquad (20)$$

6.3.2 Base rectangular y momento de vuelco en plano paralelo.

La parte superior de la fig. 6.5 representa el diseño de una fundación tipo zapata invertida, de sección rectangular. El momento de vuelco actúa en el plano vertical que contiene al eje Ox.

Cálculo del momento resistente lateral:

Valen las mismas consideraciones expuestas para el caso anterior (base cuadrada y momento de vuelco en plano diagonal). Solo difiere el dimensionado de la superficie de carga (fig. 6.6) correspondiente a la reacción lateral del terreno, que en el presente caso queda definida por:

$$\overline{EF} = b_2 C_2 \ , \qquad \overline{AB} = b_1 C_1 \qquad (21)$$

Además se tiene:

$$\overline{OG_1} = \frac{2}{3} t_1 \quad , \qquad \overline{OG_2} = \frac{2}{3} t \tag{22}$$

$$\frac{t_1}{t} = \tau \quad , \qquad \frac{b_1}{b_2} = \lambda \quad , \quad \frac{C_1}{C_2} = \gamma \tag{23}$$

$$(\lambda\gamma - \tau) = \rho \tag{24}$$

La superficie F_1 del par de triángulos OAC y OBD y la F_2 del triángulo OEF resultan:

$$F_2 = \frac{1}{2} b_2 C_2 t \quad , \qquad F_1 = F_2 \rho \tag{25}$$

El momento resistente lateral está dado por:

$$M_S = I_G \, \text{tang}\alpha \quad , \tag{26}$$

donde el momento de inercia I_G de la superficie de carga total respecto del eje baricéntrico horizontal está dado por la expresión:

$$I_G = I_{G_1} + I_{G_2} + F_1 . \overline{G_1 G^2} + F_2 . \overline{G_2 G^2} \tag{27}$$

En esta ecuación, los momentos de inercia I_{G_1} e I_{G_2} están definidos por las expresiones:

$$I_{G_1} = \frac{1}{18} F_1 t_1^2 , \qquad I_{G_2} = \frac{1}{18} F_2 t^2 \tag{28}$$

Las distancias $G_1 G$ y $G_2 G$ de la (27) se calculan mediante:

$$G_1 G = \frac{2}{3} t \frac{1 - \tau}{1 + \rho} \qquad G_2 G = \frac{2t}{3} \frac{1 - \tau}{1 + 1/\rho} \tag{29}$$

Cálculo del momento resistente de fondo:

Valen también aquí las mismas consideraciones del caso anterior (parágr. 6.3.1).

Del peso total G, una fracción G_1 se transmite al terreno a través de la superficie S_1, y la fracción restante G_2 a través de la superficie S_2, siendo:

$$S_1 = a_1 b_1 - a_2 b_2 , \qquad S_2 = a_2 b_2 \tag{30}$$

$$G_1 = G \frac{C_1 S_1}{C_1 S_1 + C_2 S_2} \qquad G_2 = G \frac{C_2 S_2}{C_1 S_1 + C_2 S_2} \tag{31}$$

Para determinar el momento de fondo M_{b_1} correspondiente

a la carga G designaremos con σ'_x y σ''_x las mismas magnitudes definidas en el caso anterior. El ancho b_x de la franja elemental varía de la manera siguiente:

$$\text{Para } 0 \leq |x| < \frac{a}{2} : \quad b_x = b_1 - b_2$$

$$\text{Para } \frac{a_2}{2} \leq |x| \leq \frac{a_1}{2} : \quad b_x = b_1$$

Además se tiene:

$$\sigma'_x = \frac{G_1}{S_1} = \sigma' = \text{constante } \sigma''_x = C_1 \ \text{tang}\alpha . \ x$$

El diagrama 1, correspondiente a la carga vertical G, queda definido por $A'_1 B'_1 = \sigma' b$ y $M'_1 N'_1 = \sigma'(b_1 - b_2)$.

En el diagrama 2 se tiene:

$$\overline{A''_1 B''_1} = C_1 \ \text{tang}\alpha . \ \frac{a_1}{2} . \ b_1 = \frac{1}{2} C_1 a_1 b_1 \ \text{tang}\alpha$$

$$\overline{D''_1 H''_1} = C_1 \ \text{tang}\alpha . \ \frac{a_2}{2} \ b_1 = \frac{1}{2} C_1 a_2 b_1 \ \text{tang}\alpha$$

$$\overline{D''_1 E''_1} = C_1 \ \text{tang}\alpha . \ \frac{a_2}{2} \ (b_1 - b_2) = \frac{1}{2} C_1 a_2 (b_1 - b_2) \text{tang}\alpha$$

De la superposición de los diagramas 1 y 2 se obtiene el diagrama resultante 3. En éste se tiene:

$$\overline{A_1 B_1} = \sigma' b_1 + \frac{1}{2} C_1 a_1 b_1 \operatorname{tang}\alpha = (\frac{1}{2} C_1 a_1 \operatorname{tang}\alpha + \sigma') b_1 \quad (32)$$

$$\overline{D_1 H_1} = \sigma' b_1 + \frac{1}{2} C_1 a_2 b_1 \operatorname{tang}\alpha = (\frac{1}{2} C_1 a_2 \operatorname{tang}\alpha + \sigma') b_1 \quad (33)$$

$$\overline{D_1 E_1} = \sigma' (b_1 - b_2) + \frac{1}{2} C_1 a_2 (b_1 - b_2) \operatorname{tang}\alpha =$$

$$(\frac{1}{2} C_1 a_2 \operatorname{tang}\alpha + \sigma') (b_1 - b_2) \quad (34)$$

Se ha obtenido así el diagrama de carga $Q_1 A_1 B_1 H_1 E_1 Q_1$. Si K es el centro de gravedad de dicho polígono, por tal punto pasará la reacción vertical G_1 del terreno.

Si se conoce k podrá entonces determinarse de inmediato el momento resistente buscado.

Designando con F'_1 la superficie del triángulo $Q_1 D_1 E_1$ y con F'_2 la del trapecio $D_1 A_1 B_1 H_1$, se tiene:

$$F'_1 = \frac{1}{2} (b_1 - b_2) \left[\sigma' (a_2 + \frac{\sigma'}{C_1 \operatorname{tang}\alpha}) + \frac{1}{4} C_1 a_2^2 \operatorname{tang}\alpha \right] \quad (35)$$

$$F'_2 = \frac{1}{8} (a_1 - a_2) b_1 \left[C_1 (a_1 + a_2) \operatorname{tang}\alpha + 4\sigma' \right] \quad (36)$$

Puede demostrarse la relación:

$$k = \frac{1}{3}\frac{F'_1}{F'_1 + F'_2}\left(a - \frac{\sigma'}{C_1 \operatorname{tang}\alpha}\right) + \frac{1}{4}\frac{F'_2}{F'_1 + F'_2}(a_1 + a_2) \quad (37)$$

El momento de fondo correspondiente a la carga G será:

$$M_{b_1} = G_1 k \quad (38)$$

El momento de fondo correspondiente a la carga G_2 actuando sobre la superficie S_2 se calcula mediante la conocida expresión:

$$M_{b_2} = G_2\left(\frac{a_2}{2} - 0{,}47\sqrt{\frac{G_2}{b_2 C_2 \operatorname{tang}\alpha}}\right) \quad (39)$$

El momento resistente de fondo total resulta entonces:

$$M_b = M_{b_1} + M_{b_2} \quad (40)$$

6.4 FUNDACION PRISMATICA

El empleo de la fundación tipo zapata invertida tiene importancia en terrenos de capacidad portante relativamente baja. En terrenos muy resistentes no tiene aplicación por cuanto la fundación prismática reducida a sus dimensiones mínimas compatibles con el recubrimiento necesario del soporte empotrado en ella alcanza y sobrepasa generalmente el momento resistente requerido.

En los casos intermedios, es decir de terrenos de resistencia media, puede resultar conveniente el empleo del tipo de fundación prismática calculada con la consideración no solo del coeficiente de compresibilidad de fondo C_2 sino también del valor medido C_1 a la profundidad media t/2.

6.4.1 Base cuadrada y momento de vuelco en plano diagonal.

Partiendo de las consideraciones y ecuaciones establecidas en 6.3.1, es fácil obtener las que corresponden a este caso, haciendo $a_1 = a_2 = a$, $t_1 = t/2$ (fig. 6.7 y 6.8).

Cálculo del momento resistente lateral:

Teniendo en cuenta que en este caso es $\tau = 1/2$ y $\lambda = 1$, se obtiene:

$$\rho = \frac{\gamma}{2} - \frac{1}{4} , \qquad (41)$$

con lo que resultan las siguiente expresiones:

$$F_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} a C_2 t, \qquad F_1 = F_2 \rho \qquad (42)$$

$$M_s = I_G \operatorname{tang}\alpha \qquad (43)$$

$$I_G = I_{G_1} + I_{G_2} + F_1 \cdot \overline{G_1 G}^2 + F_2 \cdot \overline{G_2 G}^2 \qquad (44)$$

$$I_{G_1} = \frac{1}{72} F_1 t^2 \qquad I_G = \frac{1}{18} F_2 t^2 \qquad (45)$$

$$G_1 G = \frac{1}{3} \frac{t}{1 + \rho} , \qquad G_2 G = \frac{1}{3} \frac{t}{1 + 1/\rho} \qquad (46)$$

Cálculo del momento resistente de fondo:

Se aplica la expresión conocida:

$$M_b = \frac{G}{2} \left(\sqrt{2a} - \sqrt[3]{\frac{3G}{C_2 \operatorname{tang}\alpha}} \right) \qquad (47)$$

6.4.2 Base rectangular y momento de vuelco en plano paralelo.

Las ecuaciones correspondientes a esta caso se obtienen a partir de las del parágr. 6.3.2, haciendo $a_1 = a_2 = a$, $b_1 = b_2 = b$, $t = t/2$ (fig. 6.9 y 6.10).

Cálculo del momento resistente lateral:

Siendo $\tau = 1/2$ y $\lambda = 1$, resulta:

$$\rho = \frac{\gamma}{2} - \frac{1}{4} , \qquad (48)$$

con lo que se obtienen las siguientes expresiones:

$$F_2 = \frac{1}{2}\, bC_2\, t, \qquad F_1 = F_2\, \rho \tag{49}$$

$$M_s = I_G \, \text{tang}\alpha \tag{50}$$

$$I_G = I_{G_1} + I_{G_2} + F_1 \,.\, G_1 G^2 + F_2 \,.\, G_2 G^2 \tag{51}$$

$$I_{G_1} = \frac{1}{72}\, F_1\, t^2, \qquad I_{G_2} = \frac{1}{18}\, F_2\, t^2 \tag{52}$$

$$G_1 G = \frac{1}{3}\, \frac{t}{1+\rho}, \qquad G_2 G = \frac{1}{3}\, \frac{t}{1 + 1/\rho} \tag{53}$$

Cálculo del momento resistente de fondo:

Se aplica la expresión:

$$M_b = G \left(\frac{a}{2} - 0{,}47 \sqrt{\frac{G}{bC_2 \,\text{tang}\alpha}}\right) \tag{54}$$

7. COSTOS DE CONSTRUCCION

7.1 GENERALIDADES

En el cálculo de estos costos se ha considerado los rendimientos obtenidos en faenas ejecutadas últimamente en compañías constructoras de nuestro medio.

Estos rendimientos consideran una ejecución con un grado de mecanización adecuado a obras de importancia, como lo es una línea de transmisión actualmente en el Ecuador.

Los item considerados se detallan a continuación. Los cálculos se efectúan de acuerdo a fórmulas empíricas, por lo cual solo puede considerarse como una estimación para los fines de un presupuesto total.

Además se hace notar que los cálculos pierden precisión para líneas muy cortas en cuyo caso deberá aumentarse el costo de faenas.

7.2 COSTO DIRECTO DE JORNALES

A continuación se detalla el cálculo del número de hombres-día por kilómetro de línea estimados para cada faena.

7.2.1 Tendido y templado de conductores y cable de tierra

Consiste en la faena de instalación de cables pasándolos sobre poleas instaladas en cada punto de suspensión por medio de un cable de acero, manteniendo una tensión mecánica constante por medio de equipos especiales de tracción y frenado, la distancia entre extremos es usualmente de 3 Km, en terreno normal. Además se considera la ejecución de uniones, traslados de equipos y la regulación final (templado) de los conductores.

Se presupuestan 10 HD por Km. por movimientos de equipos. A esto se agrega un rendimiento de 13,3 HD/km por tendido y templado de cada cable en función de su sección en el caso de los conductores, esta función es empírica e igual a:

$$0,6 + 0,4 \frac{S}{382} \quad (S = \text{sección en } mm^2)$$

Para el cable de tierra se supone la cantidad constante de 13,3 HD/Km.

Finalmente se obtiene la fórmula siguiente:

$$HTYT = 40(0,25 + NSC \times NCIRC \ (0,6 + 0,4 \frac{S}{383}) + \frac{TIERRA}{3}) \ (HD/Km)$$

NSC = Nº de conductores por fase

NCIRC = Nº de circuitos

TIERRA = Nº de cables de tierra

7.2.2 Preparación del tendido

Consiste en la instalación de cadenas de aisladores y poleas en cada torre, e instalación a mano de cables y cuerdas piloto para el arrastre del conductor, además incluye instalación de protecciones en cada luz en el punto en que el conductor está más bajo.

Se estima en función del número de soportes (ATOR) y de la altura total de ellas (ALTLP) en metros.

$$HPT = Nsoportes * ALTLP * (0.6+0.4(NCIRC+TIERRA)/8)$$

7.2.3 Roce y despeje de vía

Comprende roce y despeje de la faja de servidumbre, - arreglo de caminos y senderos para tránsito de equipos de tendido incluye indemnizaciones por daños a los propietarios.

Se estima un hombre - día por metro de ancho de la - faja.

HROC = FAJA (FAJA = Ancho en metros)

7.2.4 Erección y montaje de estructuras

El costo de la hincada de poste (CHP) se estima en base a la experiencia obtenida en la línea 69 Kv. Guayaquil-Daule y se calcula así:

CHP (S/. POSTE) = 1,6 PESO (Kg/POSTE)

De aquí que los hombre-día por hincada de poste es:

HERP = 1,6 * PESO * 1000/(VANO*CHD)

Siendo CHD, costo de hombre-día.

La mano de obra en montaje de estructuras se estima en 14/8 hombres-días en un poste de 14 metros. Se considera que al aumentar la altura del poste disminuye la eficiencia de la mano de obra a razón de 5% por metro.

La eficiencia (N%) en función de la altura (ALTLP) del poste es:

N% = 100 - (ALTLP - 14)*5

$$N\% = 170 - 5*ALTLP$$

$$HMEST = 1.75*10**5/(VANO*(170-ALTLP)) \text{ (HOMBRES-DIA)}$$

7.2.5 Engrampado y espaciadores

Consiste en la fijación de los conductores y cables de tierra, retiro de poleas e instalaciones de amortiguadores.

El rendimiento es de 2HD por punto de suspensión.

$$HENG = 2*(NSOPORTES*(1.1\ NCIRC + TIERRA))$$

7.2.6 Replanteo

Consiste en replantar en los terrenos, la ubicación de estructuras y ejecución de caminos de acceso.

Se ha obtenido en promedio un costo total incluyendo - uso de equipos, igual a 17 hombre-día por soporte.

$$HR = 17*NSOPORTES$$

7.2.7 Ejecución de Fundaciones

Se han obtenido los siguientes rendimientos medios de la mano de obra en faenas de empresas particulares.

Moldajes : 1 HD/m^3 de hormigón

Excavación : 1 HD/m^3 de excavación

Rellenos compactados: 0.15 HD/m^3 de relleno (RELL)

Además se consideran los materiales de fundación tales como:

Moldajes con un equivalente a 0.35 HD/m^3 de hormigón

Aquí no hemos tomado en cuenta el valor en sí de la fundación, por cuanto esto lo tenemos en un tema aparte, además asumimos que el volumen de excavación va a ser igual al volumen de hormigón.

Número total de hombres-días para ejecución de fundaciones por Km. de línea.

HFUND = 2.5*VHF

7.2.8 Número total de hombres-día

El número total de hombres-día por Km. de línea en la construcción es:

$$NHDT = HTYT + HPT + HERP + HMEST + HENE + HR + HFUND + HROC$$

7.2.9 Costo de jornales

$$CJORN = NHDT*CHD$$

CHD = Costo del hombre - día incluyendo jornal, leyes sociales, regalías, asignaciones de estímulo y de zona.

7.2.10 Costos generales y prorrateo

Se supone un plazo medio de construcción de 10 Km. por mes.

Si la línea tiene una longitud L (Km.), el plazo de ejecución será:

$$P = \frac{L}{10} \text{ (meses)}$$

El número medio de obreros ocupados será

$$Nm = \frac{NHDT * L}{P * 25} = \frac{NHDT}{2,5}$$

(se supone 25 días trabajados por mes)

Para la administración se presupuesta un técnico supervisor por cada 10 obreros, con un costo equivalente al triple del obrero, más un 20% por gastos fijos de seguridad, - acción social, bienestar y atención de la salud.

Gasto total de administración:

$$ADM = \frac{Nm}{10} * 3 * CHD * 1,2$$

$$CAD = NHDT * 3\ CHD * 1.2/25$$

$$CAD = 1.44 * CJORN$$

Costo de equipamiento de obreros y depreciación de equipos de construcción.

La experiencia recogida de las últimas faenas de empresas particulares aconseja estimar una cifra global igual al 25% del costo de los jornales:

$$CEQ = 0.25 * CJORN$$

Costo de campamentos y bodegas, se estima también en una cifra global, igual al 6% del costo de los jornales, ésta cifra es muy variable en la práctica dependiendo de la ubicación de la línea con respecto a centros poblados y condiciones de la zona:

$$CAMP = 0.06 * CJORN$$

7.2.11 Costo total de construcción

$$CFNS = CJORN + CAD + CEQ + CAMP$$

8. METODO DE EVALUACION ECONOMICA

8.1 GENERALIDADES

En esta parte se analiza, para la evaluación económica, la actualización del capital.

Se compara costos actualizados de los elementos que constituyen el proyecto, es decir lo que costaría una inversión en el presente, de las diversas alternativas que nos presenta este programa

El método de la actualización está basado en el hecho de que cierto bien económico disponible, en una fecha futura tiene menos valor que si estuviese disponible en la actualidad.

Desde el punto de vista del consumidor, una disponibilidad futura del bien, frente a una disponibilidad actual de él, significa finalmente una postergación en las satisfacciones de sus necesidades. Desde el punto de vista del productor, el disponer de un recurso económico actual le permite, mediante la actividad de producción, recuperar en el futuro y con creses, los medios empleados.

8.2 TASA DE ACTUALIZACION Y TASA DE INTERES

El concepto de "Tasa de Actualización", es de sentido totalmente económico y no implica necesariamente valores monetarios, ni menos aún, un tipo dado de economía.

La "Tasa de Interés" es una consecuencia del fenómeno económico de preferencia por el presente, pero que contiene ciertas deformaciones con respecto a la tasa de actualización, provocados por las influencias de coyunturas de corto plazo, riesgos esperados, aspectos de liquidez, etc., - en los pequeños mercados reales.

Por lo anterior, la "Mecánica Algebraica" de la técnica de actualización es similar a la mecánica de las matemáticas financieras, sin que ésto signifique analogías de conceptos.

La tasa de actualización es un instrumento de selección económica, mientras que la tasa de interés puede ser un instrumento de enriquecimiento, o como se dice vulgarmente, una tasa de interés la fija y utiliza un prestamista, mientras que una tasa de actualización la emplea un formador de decisiones. Es ésta una de las razones básicas, por lo que se ha decidido la actualización de capital para

la evaluación económica.

En el programa se actualizan los costos de construcción, cuando ellos se realizan en fechas posteriores, y el costo de materiales. Utilizamos la siguiente fórmula matemática para la actualización:

$$C = \frac{D}{(1 + TAC)^{NA}} \quad \text{donde:}$$

C = Costo o Capital Actualizado

D = Costo o Capital en una fecha posterior

TAC = Tasa de Actualización

NA = Número de años a la actualización

En las condiciones especificadas, llevarían a la conclusión de la comparación de alternativas que deberían extenderse hasta el infinito. Estas comparaciones las podemos hacer, actualizando los costos y el capital en un período sumamente grande, considerando que en ese período las diferencias económicas existentes van a ser tan pequeñas - que las consideramos para la selección de alternativas y podemos entonces decir que éstas han sido comparadas al infinito.

En cuanto a los diferentes tipos de instalaciones, se

tienen varios tipos, para una terna, o dos ternas (que es la que analiza el programa), en cuanto al escoger el uso de una o dos ternas, en la subrutina de "Cálculo de Pérdidas de Potencia y Energía" calcula si es o no necesario el uso de una segunda terna y el año en que ésta debe ser instalada, y actualiza entonces el costo más económico de esa línea con ese conductor; con estos datos va entonces a la comparación de los diversos tipos de instalaciones, para una o dos ternas.

8.3 TIPOS DE INSTALACIONES

En el programa de computación se han escogido ocho tipos de instalaciones, cuatro para cuendo son de una solo - terna y cuatro cuando son de dos ternas.

Los tipos de instalaciones se muestran en la fig. 8.1

9. PROGRAMA DE COMPUTACION

9.1 GENERALIDADES

Ideado con la finalidad de agilitar el proceso de cálculo de un diseño de líneas de transmisión construídas con soportes de hormigón armado.

Este programa calcula el conductor, vano, soporte y fundación más económica de entre varias alternativas propuestas, mediante el uso de la "actualización" del capital y por una comparación directa escoje cual de ellos es el más económico.

9.2 DESCRIPCION DEL PROGRAMA

Ha sido dividido en 6 programas principales debido a la falta de capacidad de memoria de la máquina IBM 1130 y por así facilitarnos el enlazamiento que, para efecto de los cálculos que se tienen que realizar, se deben efectuar entre programa y programa.

Dichos programas son:

a) ESPHL.- Con el que realmente iniciamos el proceso

de cálculo. Sirve para leer los datos de entrada, de las características tanto de los conductores a analizar, condiciones climatéricas, características de la zona, estructura de la línea que se va a instalar, además enlaza al siguiente programa.

b) PRP1.- Realmente se lo debería llamar "Cálculo del conductor económico", ya que es este programa el que nos calcula las pérdidas de potencia y energía, mediante el cálculo de las pérdidas por disipación en la línea, debido a la circulación de corriente solicitada por la demanda de la zona. Este programa además analiza la entrada de la segunda terna, cuando analizamos dos ternas de la manera más económica posible, ya que se calcula el costo de la línea con dos ternas durante los años de vida útil del conductor y escoge de entre ellas cual es la manera de entrar en su forma más económica.

Para evitar errores en el cálculo de comparación económica, se ha proyectado la actualización hasta un límite tan grande, que podríamos decir estamos comparando hasta el infinito. Este programa se enlaza con el siguiente:

c) PRP2.- Utiliza dos subrutinas, CMCEC y EFURP. Mediante la primera calculamos las flechas y tensiones del conductor que se está analizando, escogiendo este programa la máxima flecha ya que este dato es necesario para ir a la subrutina EFURP, donde se calcula la fuerza que actúa sobre el soporte debido a la presión del viento sobre los conductores. Después de realizar estos cálculos mediante la utilización de esas subrutinas y mediante una comparación de una constante que nos determina el tipo de configuración, determina a cual de los programas, PRP3, PRP4, debe enlazar.

d) PRP3, PRP4.- La finalidad de estos programas son calcular los costos del soporte para la línea que se analiza. Son dos tipos, el primero cuya base tiene la forma de octógono, y el segundo redondo. En esta parte en realidad nos cálcula las áreas ficticias de la configuración y con éstos datos llama a la subrutina CMF y ésta a su vez llama a otras que realiza en sí los cálculos del diseño y costo del soporte. Este programa enlaza con el último, de este proceso.

e) PRP5.- Utiliza tres subrutinas: FUNDA, CCONS y SALRE. Programa que con los datos venidos de los programas anteriores utiliza la subrutina FUNDA para calcularnos la fundación más económica que se debe emplear en la construcción de la línea, - con la subrutina CCONS que representa los costos de construcción, calcula los costos de la mano de obra necesaria en dicha obra.

Mientras va analizando las probabilidades de variación económica, escoge la probabilidad más baja y va almacenando en la memoria, una vez que se ha terminado todo el proceso de cálculo lleva a realizar una comparación de:

1.- si se ha terminado de analizar todos los vanos propuestos, de no ser así, nos enlaza con PRP2 y si ha terminado de analizar, realiza la otra comparación.

2.- si se ha terminado de analizar todos los conductores propuestos, de no ser así nos enlaza con el programa PRP1, y de haber terminado de analizar todos los conductores llama a la sub-

rutina SALRE que es la que escribe los resultados de la probabilidad más económica de diseño.

Para un mejor entendimiento ver los diagramas de flujo que se muestra en páginas siguientes.

9.3 LIMITACIONES DEL PROGRAMA

Está propuesto para que analice como máximo diez conductores, dos formas de soporte, redondo y octogonal, y ocho tipos de instalaciones de líneas, una terna con y sin hilo de guardia, dos ternas con y sin hilo de guardia en configuración simple, es decir en un sólo soporte, aún cuando el uso de dos ternas en un sólo soporte no es muy aconsejable, por cuanto el costo sube grandemente, luego tenemos una terna con y sin hilo de guardia y dos ternas con y sin hilo de guardia en tipo Pórtico, es decir en dos soportes, convenientemente dispuestos. Para un mayor entendimiento ver fig. 8.1.

9.4 VARIABLES DE ENTRADA

Las variables y su formato para la entrada de datos se lo indica en las páginas siguientes.

TARJETA	VARIABLE	DESCRIPCION	FORMATO	COLUMNAS
1	TITU	Título de la línea a analizar	20 A4	1 - 80
2	NC	Número de conductores a analizar "NC 10"	I6	1 - 6
	N	Número de Fases	I6	7 - 12
	NTERN	Número de Ternas	I6	13 - 18
	M	Número de hilo de guardia	I6	19 - 24
	NCLIM	Número de condiciones climáticas "NCLIM 6"	I6	25 - 30
	EI	Módulo de elasticidad inicial	F10.4	31 - 40
	EF	Módulo de elasticidad final	F10.4	41 - 50
	ALFA	Coeficiente de expansión	F10.4	51 - 60
	KCNST	Constante adicionada al peso del conductor	F10.4	61 - 70
3	SPNIN	Vano inicial (m)	F5.0	1 - 5
	SPNFN	Vano final (m)	F5.0	6 - 10
	AN1	Año inicial de la demanda	F5.0	11 - 15
	ANF	Año final de la demanda	F5.0	16 - 20
	FADE	Factor de ajuste de la demanda	F10.3	21 - 30
	CPDP	Costo de pérdida de potencia (sucres)	F10.3	31 - 40
	CPEN	Costo de pérdida de energía (sucres)	F10.3	41 - 50
	TAC	Tasa de actualización	F10.3	51 - 60
	ANE	Año de entrada de la segunda terna	F10.3	61 - 70

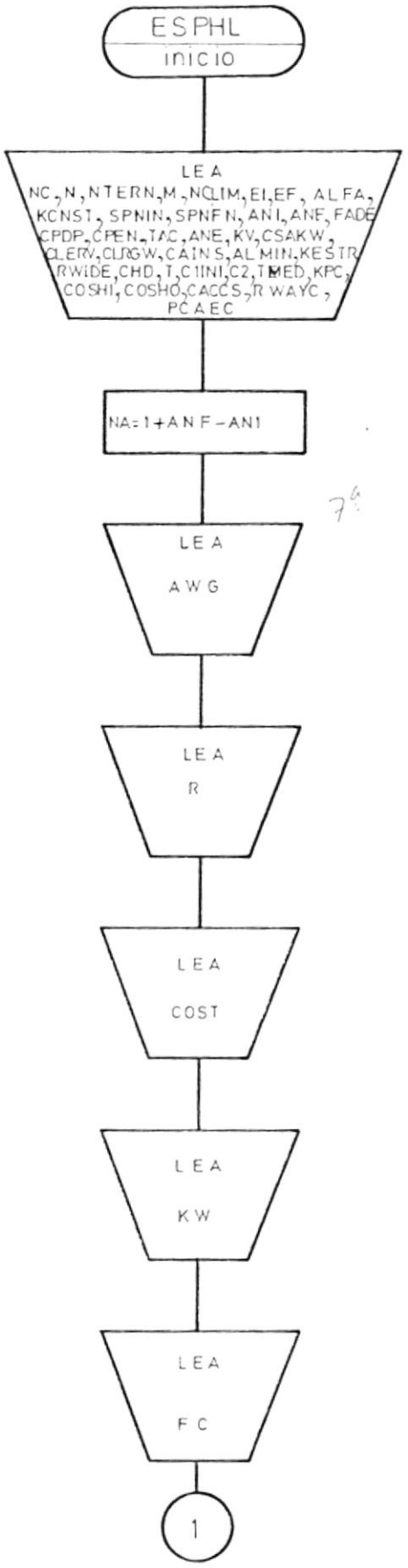
	KV	Voltaje de funcionamiento de la línea(KV)	F5.0	71 - 75
	CSAKW	Potencia de saturación del conductor(KW)	F5.0	76 - 80
4	CLERV	Distancia entre fase y fase (m)	F10.4	1 - 10
	CLRGW	Distancia entre fase e hilo de guardia (m)	F10.4	11 - 20
	CAINS	Longitud de la cadena de aisladores (m)	F10.4	21 - 30
	ALMIN	Altura mínima a la fase (m)	F10.4	31 - 40
	KESTR	Clase de estructura empleada = 0 Configuración ortogonal = 1 Configuración redonda	I1	41 - 41
5	RWIDE	Costo de derecho de ancho de via (sucres)	F10.4	1 - 10
	CHD	Costo de un hombre día (sucres)	F10.4	11 - 20
	T	Profundidad de la fundación	F10.4	21 - 30
	C1INI	Coeficiente de compresibilidad a la profundidad T (m)	F10.4	31 - 40
	C2	Coeficiente de compresibilidad T med	F10.4	41 - 50
	TMED	Profundidad a la que se mide C2 (m)	F10.4	41 - 60
	KPC		I1	61 - 61
6	COSHI	Costo del hierro (sucre/kilogramo)	F10.4	1 - 10
	COSHO	Costo del hormigón (sucre/m^3)	F10.4	11 - 20

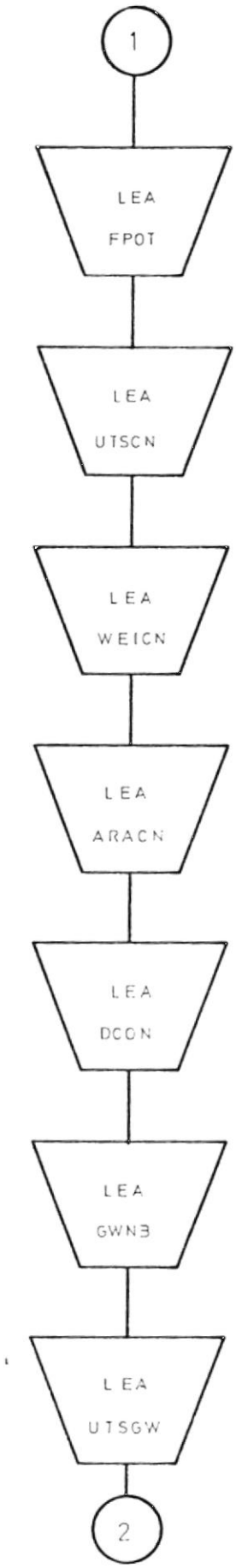
	CACCD	Costo de accesorios, aisladores y crucetas (sucres)		F10.4	21 - 30
	RWAYC	Ancho de derecho de via (m)		F10.4	31 - 40
	PCAEC	Peso de accesorios, cadena de aisladores y crucetas (kilogramos)		F10.4	41 - 50
7	AWG	Nombre del conductor (máximo 2 tarjetas)	1 2 : : NC	5A2 5A2 : : 5A2	1 - 10 11 - 20 : : :
8	R	Resistencia del conductor(Ω/KM)	1 2 : : NC	F10.4 F10.4 : : F10.4	1 - 10 11 - 20 21 - 30 : :
9	COST	Costo del conductor (sucres/m)	1 2 3 : : NC	F10.4 F10.4 F10.4 : : F10.4	1 - 10 11 - 20 21 - 30 : : :
10	KW	kilovatios de la demanda (máximo 3 tarjetas)	1 2 : : NA	F10.4 F10.4 : : F10.4	1 - 10 11 - 20 : : :
11	FC	Factor de carga (máximo 3 tarjetas)	1 2 : : NA	F10.4 F10.4 : : F10.4	1 - 10 11 - 20 : : :

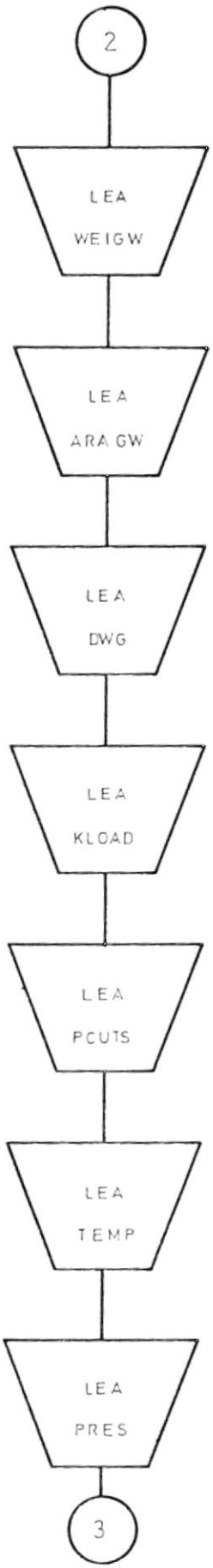
12	FPOT	Factor de potencia (máximo 3 tarjetas)	1 2 . . NA	F10.4 F10.4 . . F10.4	1 - 10 11 - 20 . . 71 - 80
13	UTSCN	UTS del conductor (Kg)	1 2 . . NC	F10.4 F10.4 . . F10.4	1 - 10 11 - 20 . . .
14	WEICN	Peso del conductor (Kg/MT)	1 2 . . NC	F10.4 F10.4 . F10.4 F10.4	1 - 10 11 - 20 . . .
15	ARACN	Area transversal del conductor (mm^2)	1 2 . . NC	F10.4 F10.4 . F10.4 F10.4	1 - 10 11 - 20 . . .
16	DCON	Diámetro del conductor (MT)	1 2 . . NC	F10.4 F10.4 . F10.4 F10.4	1 - 10 11 - 20 . . .
17	GWNB	Nombre del hilo de guardia	1 2 . . NC	F10.4 F10.4 . . F10.4	1 - 10 11 - 20 . . .
18	UTSGW	UTS del hilo de guardia (Kg)	1 2 . . NC	F10.4 F10.4 . . F10.4	1 - 10 11 - 20 . . .

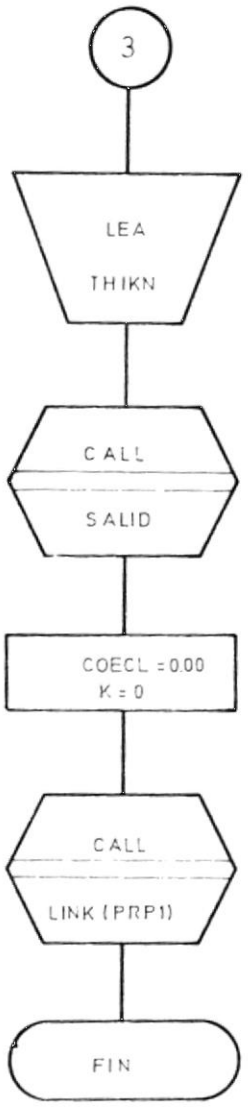
19	WEIGW	Peso del hilo de guardia (Kg/mt)	1 2 : : NC	F10.4 F10.4 : : F10.4	1 - 10 11 - 20 : : :
20	ARAGW	Area del hilo de guardia (mm^2)	1 2 : : NC	F10.4 F10.4 : : F10.4	1 - 10 11 - 20 : : :
21	DGW	Diámetro del hilo de guardia (mts)	1 2 : : NC	F10.4 F10.4 : : F10.4	1 - 10 11 - 20 : : :
22	COSTG	Costo del hilo de guardia (sucres/mt)	1 2 : : NC	F10.4 F10.4 : : F10.4	1 - 10 11 - 20 : : :
23	KLOAD	Si se consideran las cuatro condiciones climáticas será KLOAD (1) = 1, KLOAD(2) = 2,... KLOAD (4) = 4	1 2 : : : : NCLIM	I10 I10 : : : : I10	1 - 10 11 - 20 : : : : :
24	PCUTS	Porcentaje de UTS del conductor en cada condición climática	1 2 : : NCLIM	F10.2 F10.2 : : F10.2	1 - 10 11 - 20 : : :
25	TEMP	Temperatura de cada condición climática (°C)	1 2 : : NCLIM	F10.2 F10.2 : : F10.2	1 - 10 11 - 20 : : :

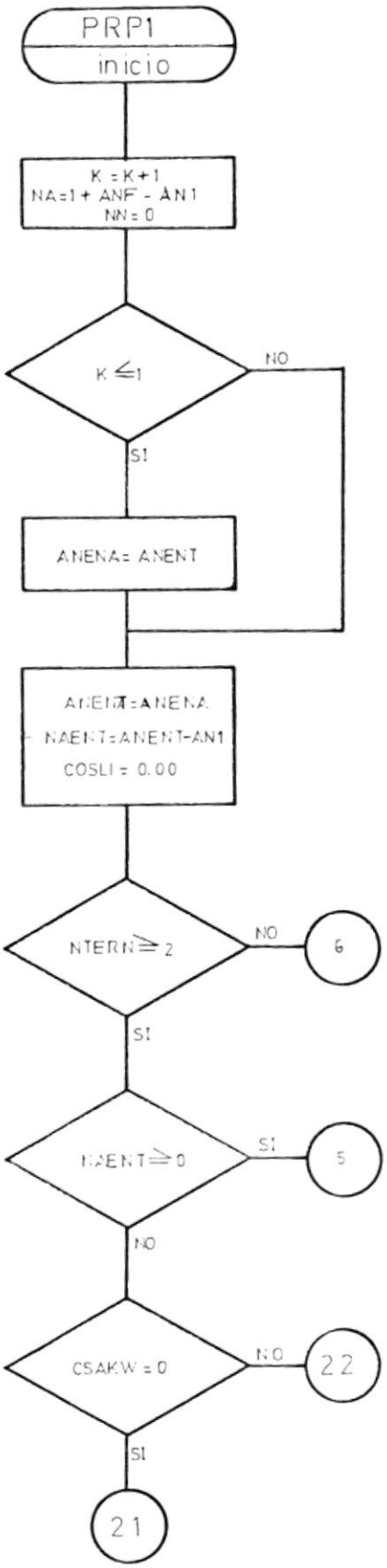
26	PRES	Presión del viento en sus diversas condiciones climáticas (Kg/seg.mt) 1 2 : NCLIM	F10.2 F10.2 : F10.2	1 - 10 11 - 20 : :
27	THIKN	Espesor del hielo en diversas condiciones climáticas (mts) 1 2 : NCLIM	F10.4 F10.4 : F10.4	1 - 10 11 - 20 : :

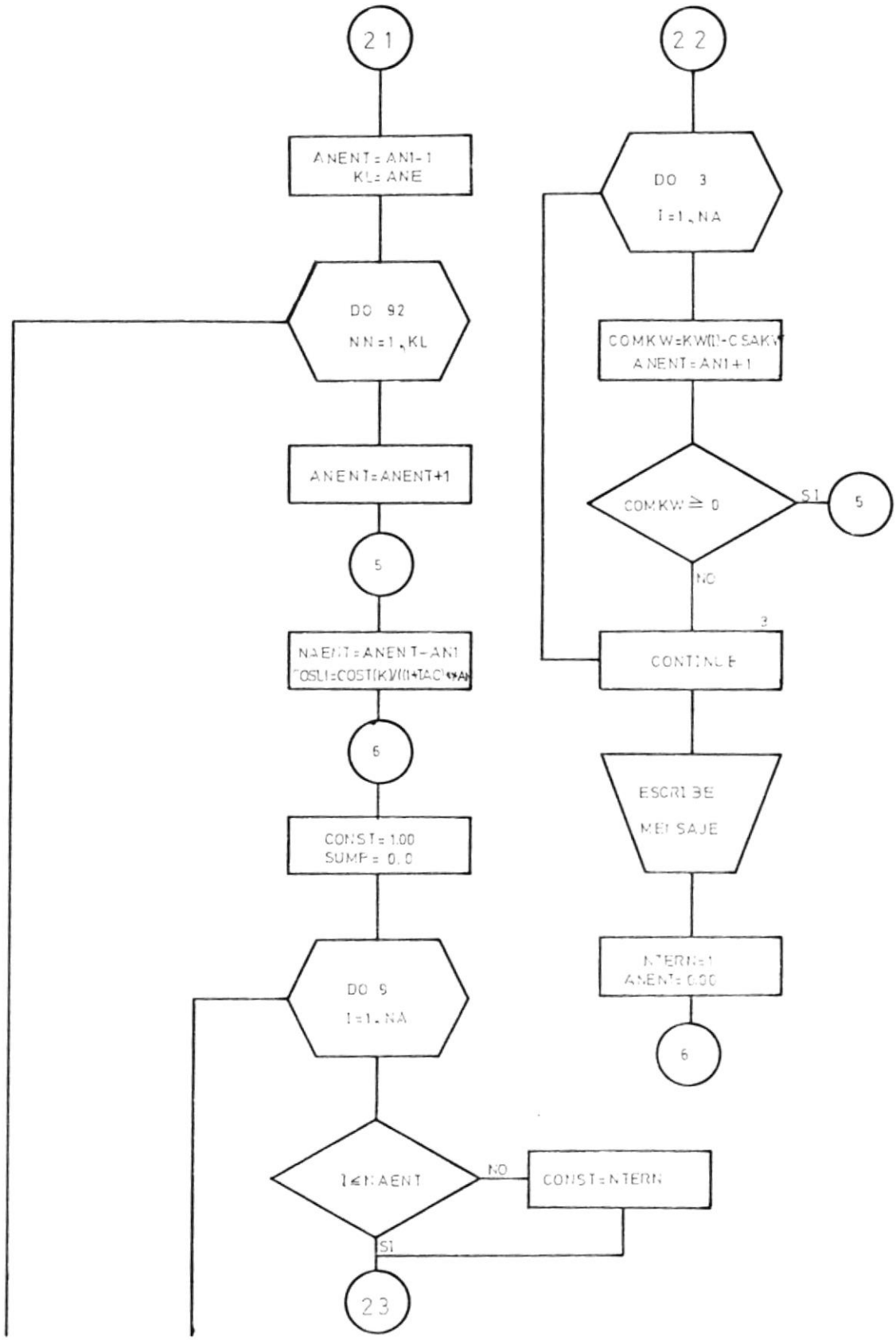

ESPHL
INICIO
LEA
NC,N,NTERN,M,NCLIM,EI,EF,ALFA,
KCNST,SPNIN,SPNFN,ANI,ANF,FADE
CPDP,CPEN,TAC,ANE,KV,CSAKW,
CLERV,CURGW,CAINS,ALMIN,KESTR
RWIDE,CHD,T,C1INI,C2,TMED,KPC,
COSHI,COSHO,CACCS,RWAYC,
PCAEC
NA=1+ANF-ANI
LEA
AWG
LEA
R
LEA
COST
LEA
KW
LEA
FC
1

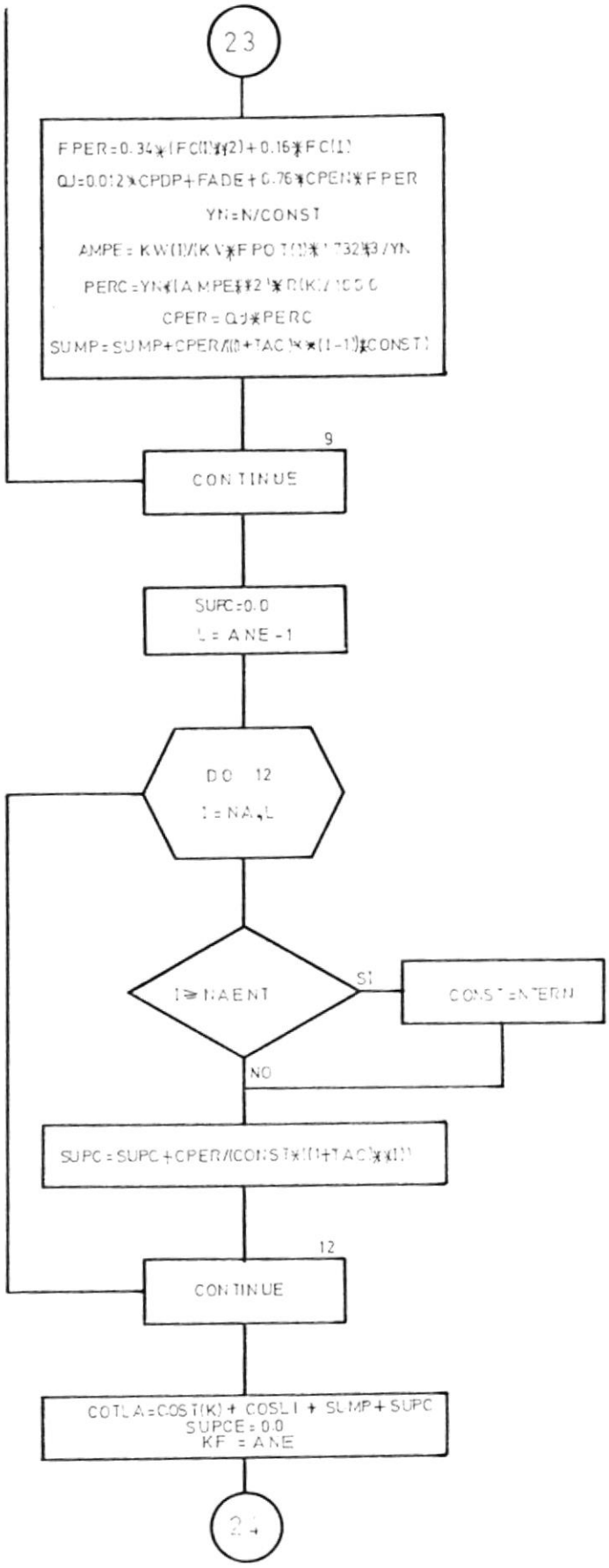

1
LEA
FPOT
LEA
UTSCN
LEA
WEICN
LEA
ARACN
LEA
DCON
LEA
GWNB
LEA
UTSGW
2

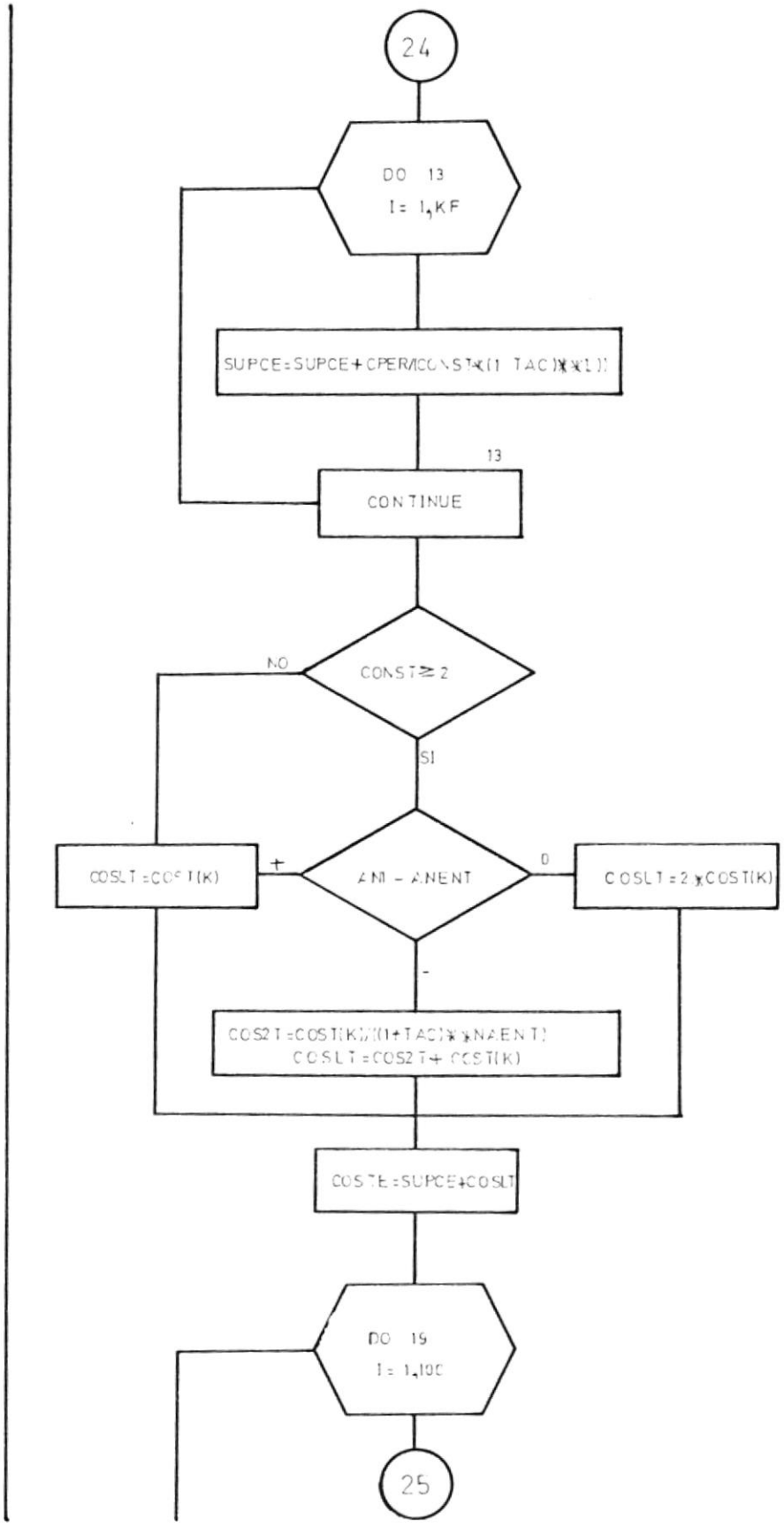

2
LEA
WEIGW
LEA
ARA GW
LEA
DWG
LEA
KLOAD
LEA
PCUTS
LEA
TEMP
LEA
PRES
3

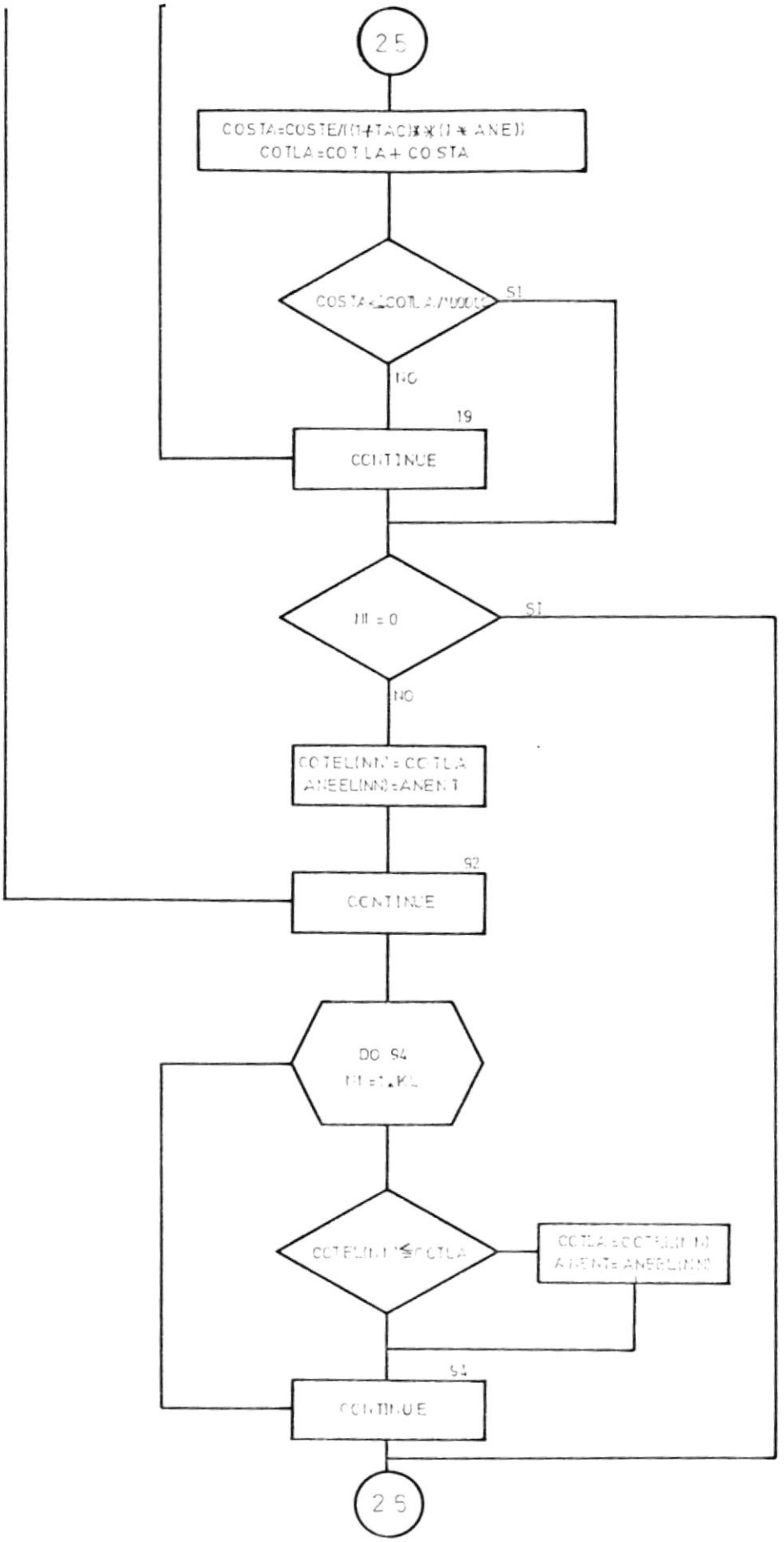

3
LEA
THIKN
CALL
SALID
COECL = 0.00
K = 0
CALL
LINK (PRP1)
FIN

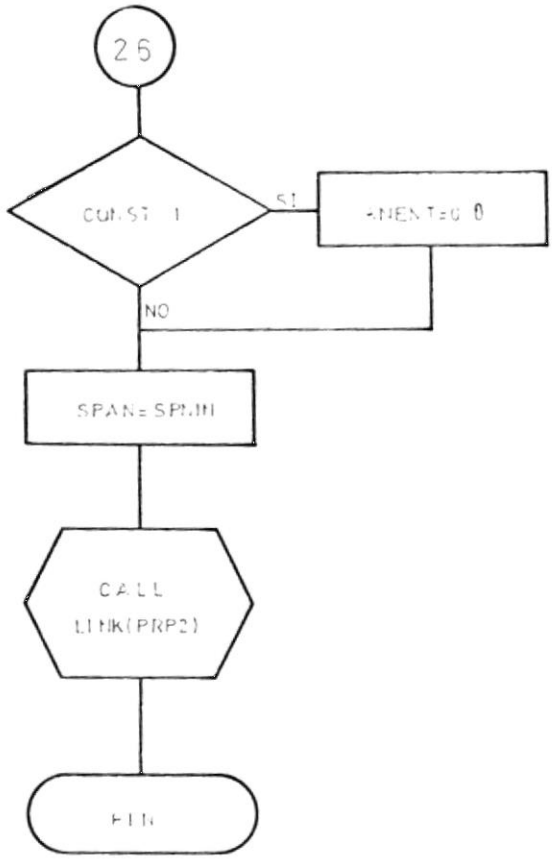

PRP1
INICIO
K = K+1
NA=1 + ANF - AN1
NN = 0
K ≤ 1
NO
SI
ANENA= ANENT
ANENT=ANENA
NAENT=ANENT-AN1
COSLI = 0.00
NTERN ≥ 2
NO
6
SI
NAENT ≥ 0
SI
5
NO
CSAKW = 0
NO
22
SI
21

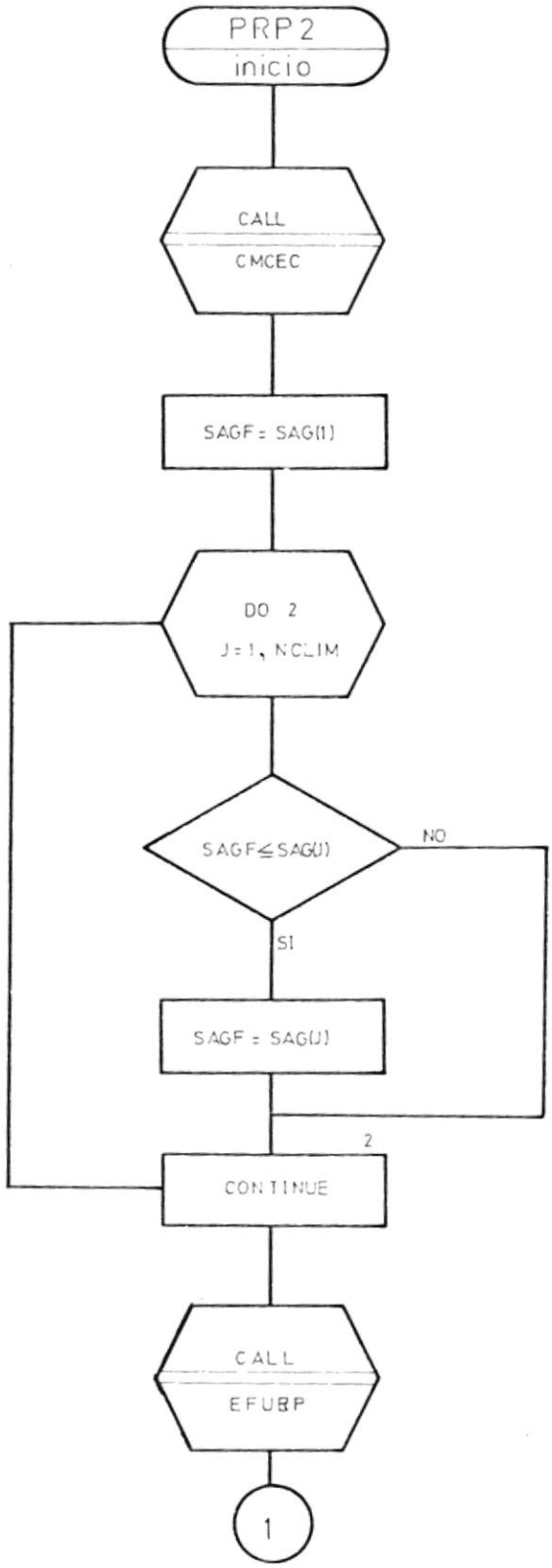

21
ANENT=AN1-1
KL=ANE
DO 92
NN=1,KL
ANENT=ANENT+1
5
NAENT=ANENT-AN1
COSLI=COST(K)/((1+TAC)**AN
6
CONST=1.00
SUMP=0.0
DO 9
I=1,NA
I≤NAENT
NO
CONST=NTERN
SI
23
22
DO 3
I=1,NA
COMKW=KW(I)-CSAK
ANENT=AN1+1
COMKW≧0
SI
5
NO
3
CONTINUE
ESCRIBE
MENSAJE
NTERN=1
ANENT=0.00
6

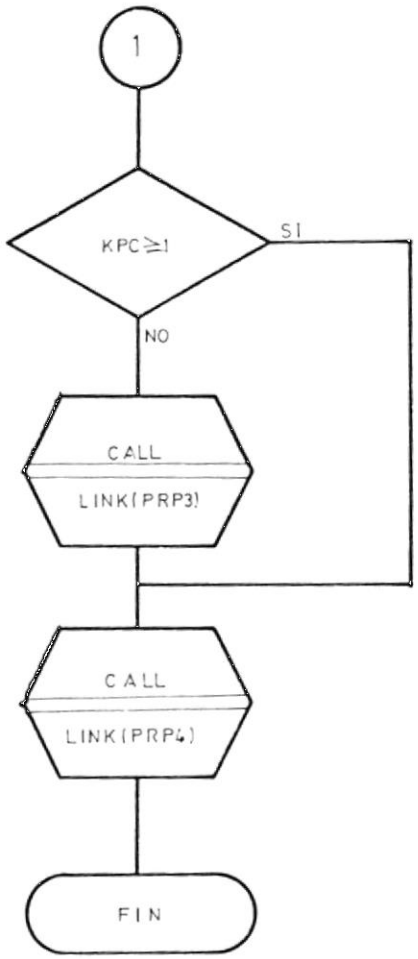

23
FPER=0.34*(FC(I)**2)+0.16*FC(I)
QJ=0.012*CPDP+FADE+0.76*CPEN*FPER
YN=N/CONST
AMPE=KW(I)/(KV*FPOT(I)*1.732*3./YN
PERC=YN*(AMPE**2)*R(K)/1000.
CPER=QJ*PERC
SUMP=SUMP+CPER/((1+TAC)**(I-1))*CONST)
9
CONTINUE
SUPC=0.0
L=ANE-1
DO 12
I=NA,L
I≥NAENT
SI
CONST=NTERN
NO
SUPC=SUPC+CPER/(CONST*((1+TAC)**I))
12
CONTINUE
COTLA=COST(K)+COSLI+SUMP+SUPC
SUPCE=0.0
KF=ANE
24

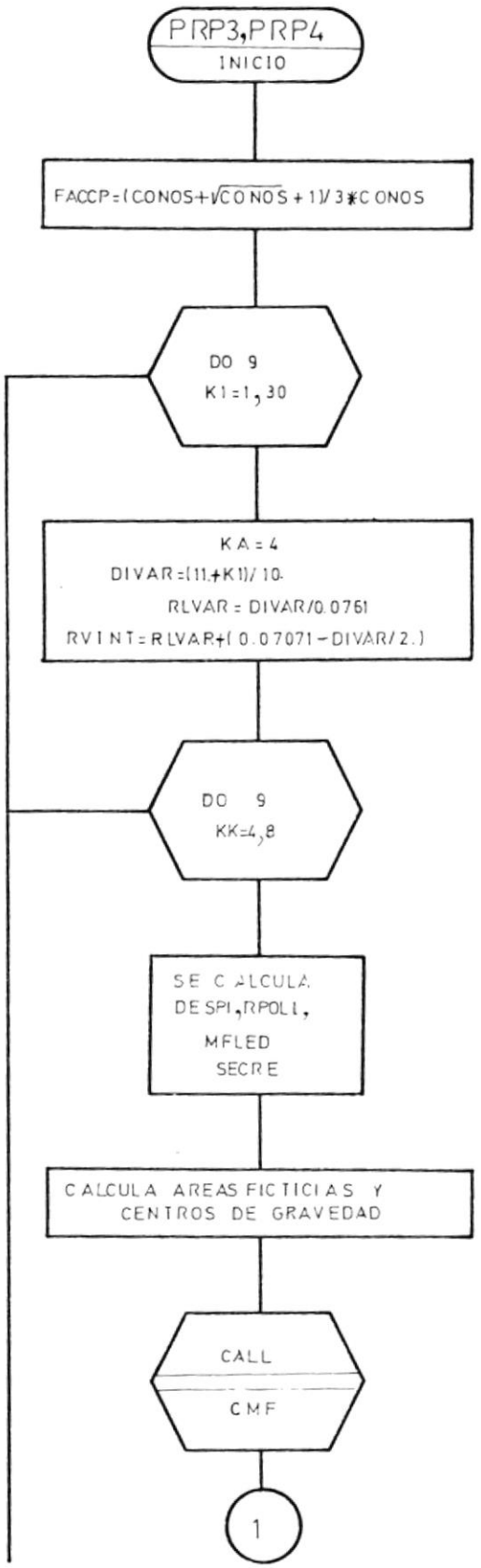

24
DO 13
I = 1,KF
SUPCE=SUPCE+CPER/CONST*((1+TAC)**L))
13
CONTINUE
NO
CONST≥2
SI
COSLT=COST(K)
+
ANI - ANENT
0
COSLT=2*COST(K)
-
COS2T=COST(K)/((1+TAC)**NAENT)
COSLT=COS2T+COST(K)
COSTE=SUPCE+COSLT
DO 19
I = 1,100
25

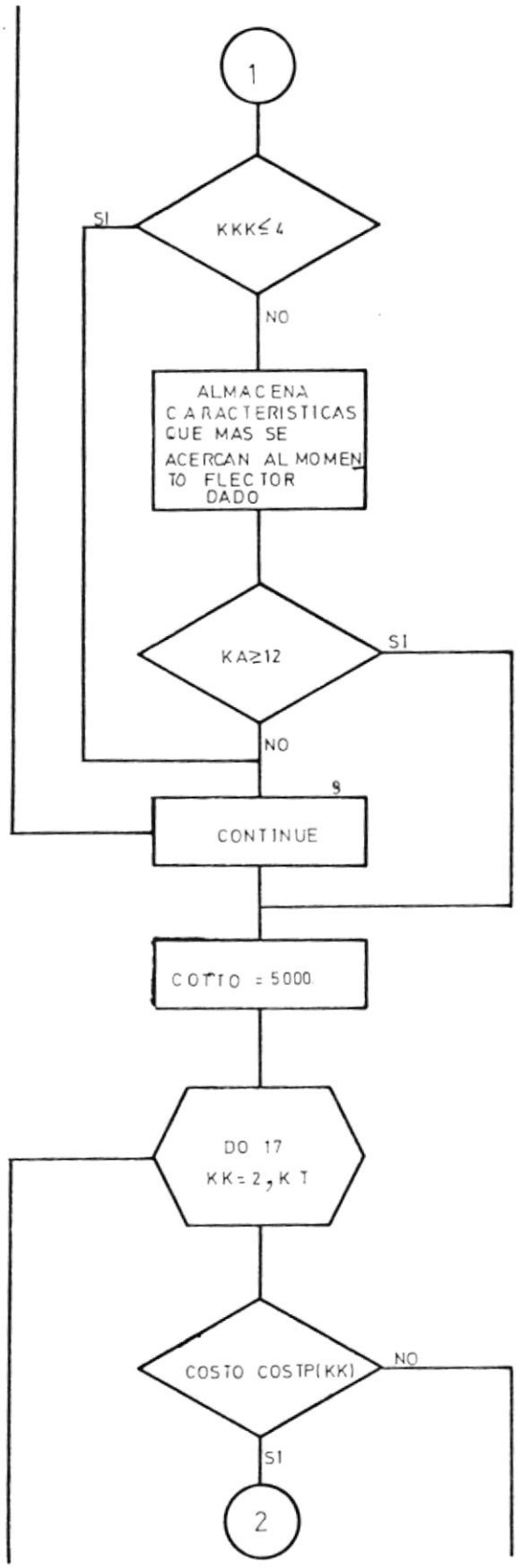

25
COSTA=COSTE/((1+TAC)*(1+ANE))
COTLA=COTLA+COSTA
SI
NO
19
CONTINUE
III = 0
SI
NO
COTEL(NN)=COTLA
ANEEL(NN)=ANENT
92
CONTINUE
DO 94
94
CONTINUE
25

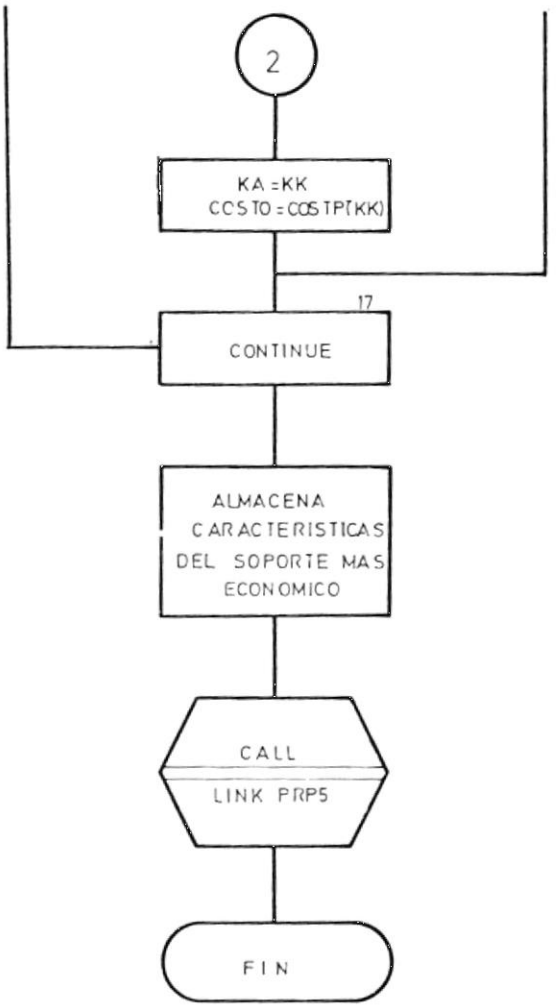

26
CON.ST 1
SI
=NEXT=0 0
NO
SPAN=SPAN1
CALL
LINK(PRP2)
FIN

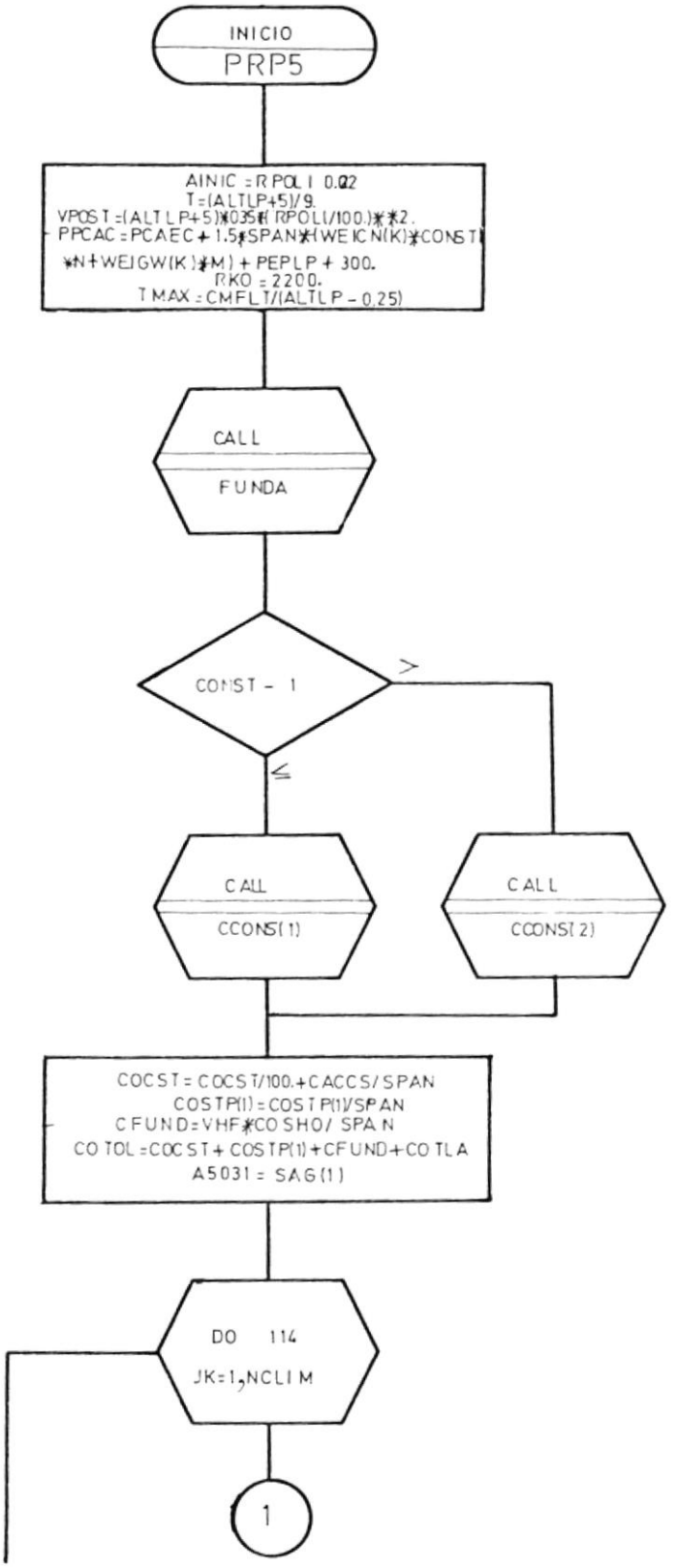

PRP2
inicio
CALL
CMCEC
SAGF = SAG(1)
DO 2
J=1, NCLIM
SAGF≤SAG(J)
NO
SI
SAGF = SAG(J)
2
CONTINUE
CALL
EFUBP
1

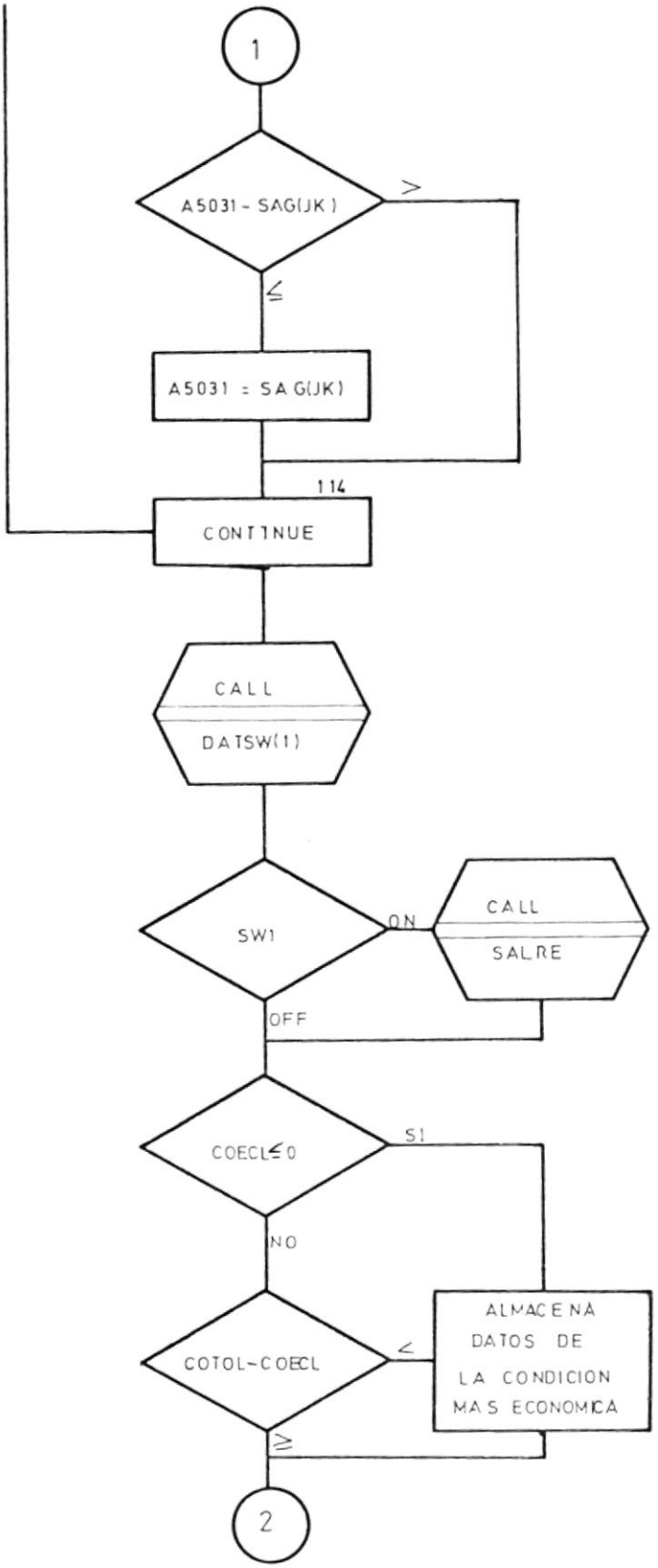

1
KPC≥1
SI
NO
CALL
LINK(PRP3)
CALL
LINK(PRP4)
FIN

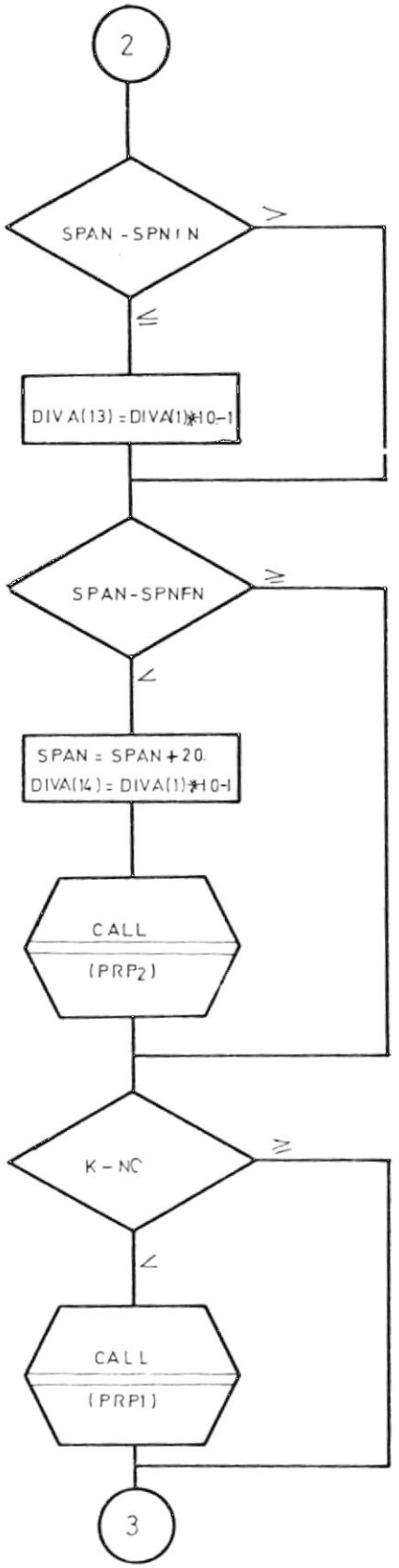

PRP3,PRP4
INICIO
FACCP=(CONOS+√CONOS+1)/3*CONOS
DO 9
K1=1,30
KA=4
DIVAR=(11.+K1)/10.
RLVAR=DIVAR/0.0761
RVINT=RLVAR+(0.7071-DIVAR/2.)
DO 9
KK=4,8
SE CALCULA
DESPL,RPOLL,
MFLED
SECRE
CALCULA AREAS FICTICIAS Y
CENTROS DE GRAVEDAD
CALL
CMF
1

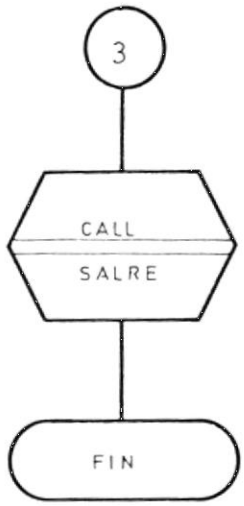

1
KKK≤4
SI
NO
ALMACENA CARACTERISTICAS QUE MAS SE ACERCAN AL MOMENTO FLECTOR DADO
KA≥12
SI
NO
9
CONTINUE
COSTO = 5000
DO 17
KK=2,KT
COSTO COSTP(KK)
NO
SI
2


2
KA=KK
COSTO=COSTP(KK)
17
CONTINUE
ALMACENA
CARACTERISTICAS
DEL SOPORTE MAS
ECONOMICO
CALL
LINK PRPS
FIN


INICIO
PRP5
AINIC = RPOLI 0.02
T=(ALTLP+5)/9.
VPOST=(ALTLP+5)*0.35*(RPOLI/100.)**2.
PPCAC = PCAEC + 1.5*SPAN*(WEICN(K)*CONST
*N+WEIGW(K)*M) + PEPLP + 300.
RKO = 2200.
TMAX = CMFLT/(ALTLP - 0.25)
CALL
FUNDA
CONST - 1
>
≤
CALL
CCONS(1)
CALL
CCONS(2)
COCST = COCST/100.+CACCS/SPAN
COSTP(1) = COSTP(1)/SPAN
CFUND=VHF*COSHO/ SPAN
COTOL=COCST+COSTP(1)+CFUND+COTLA
A5031 = SAG(1)
DO 114
JK=1,NCLIM
1


1
A5031 - SAG(JK)
>
≤
A5031 = SAG(JK)
114
CONTINUE
CALL
DATSW(1)
SW1
ON
CALL
SALRE
OFF
COECL≤0
SI
NO
COTOL-COECL
<
ALMACENA
DATOS DE
LA CONDICION
MAS ECONOMICA
≥
2


2
SPAN - SPNTN
>
≤
DIVA(13) = DIVA(1)*10-1
SPAN-SPNFN
≥
<
SPAN = SPAN + 20.
DIVA(14) = DIVA(1)*10-1
CALL
(PRP2)
K - NC
≥
<
CALL
(PRP1)
3


3
CALL
SALRE
FIN

10. EJEMPLO DE APLICACION

10.1 INTRODUCCION

El ejemplo escogido para usarlo como prueba en éste programa, es el de una zona de Manabí tomada como característica de nuestro consumo regional.

En este ejemplo usamos casi todas las características posibles que nos da el programa, tales como: características del terreno, factor de carga, factor de potencia, etc.

10.2 DATOS DE ENTRADA

En la hoja de salida del programa, que según el formato de entrada que se presentó en el capítulo anterior, se muestran los datos que se han introducido al programa para que realice los cálculos que necesitamos para efectos de solución del problema del cálculo del conductor y vano económico.

10.3 RESULTADOS OBTENIDOS

Se puede obtener resultados parciales, o un resultado

único que es el escogido del más económico. Si se necesita resultados parciales, se debe alzar el switch 1 en la consola de la computadora, entonces escribe los cálculos parciales que el programa realiza, escogiendo finalmente de entre todos los cálculos efectuados, el proyecto más económico. Si no se alza el switch, entonces el programa escribe el resultado del escogitamiento económico realizado y escribe solamente el proyecto más económico.

Los resultados obtenidos de este proyecto están en la hoja de salida del programa, donde especifica todas las características del proyecto.

11. CONCLUSIONES

Del estudio realizado, podemos concluir que es posible diseñar un programa de computación para efectuar un estudio preliminar de una línea de transmisión, conocer sus principales características y costos aproximados de la obra.

Este programa es útil para la selección de:

a) Conductor.- Analizando con relación al costo de pérdidas de potencia y energía, además de su operación económica en una o dos ternas.

b) Vano Económico.- Analizando en función del costo que da el reforzar una estructura cuando la distancia que separa dos estructuras aumenta.

c) Soporte que va a ser utilizado en dicho diseño.

d) Fundaciones Económicas.- Para una determinada estructura dependiendo de un momento de volque debido a una tensión existente en la punta del soporte.

Además de proporcionar las bases para efectuar del proyecto definitivo.

Se facilita también el evaluar con rápidez alternativas de transmisión e incidencia de parámetros de proyecto.

A N E X O 1

Subrutinas Empleadas en el Programa

SUBRUTINA CMEEC

El programa empieza asumiendo las condiciones de carga crítica y calculando la flecha del conductor, para el vano que se determinó al comienzo del programa; esto se denomina condición inicial.

Datos necesarios: Condiciones climatológicas

- Presión del viento
- Temperatura
- Cantidad de hielo en el conductor

WICE = peso del hielo a lo largo de un vano

WCNIC = peso del conductor más peso del hielo

WIND(K) = presión del viento en el conductor

(K) = 1,2,... NCLIM

$$WEIGH = \frac{(\sqrt{(WCNIC)^2 + WIND(K)^2} + KCNST*SPAN)* 100}{SPAN}$$

Para la condición climatológica inicial que se supone será la que producirá la mayor tensión mecánica, se determinará la máxima tensión de trabajo admisible.

TENCN(1) = FUTS * UTSCN

Y se calcula la flecha que se producirá en estas condiciones iniciales:

$$X1 = SPAN * WEIGH(1)/(2 * TENCN(1))$$

$$SAG(1) = SPAN * (e^{X1} + e^{-X1} - 1)/(2 * X1)$$

Una vez que estas condiciones iniciales han sido determinadas, normalmente para las peores condiciones de carga, se procede al cálculo de la flecha para determinar las dimensiones del soporte. Esto generalmente sucederá, en condiciones de máxima temperatura sin viento, o temperatura relativamente alta y viento.

Si se define:

$$YNN = SPAN/(2 * X1 * ARACN * E)$$

$$YMM = (e^{X1} - e^{-X1})/2$$

$$A(2) = (ALFA*(TEMP(K) - TEMP(K-1)) - WEIGT(1)* YNN + 1)* YMM/X1$$

$$A(3) = WEIGT(K) * YNN * YMM$$

ALFA.- Coeficiente de dilatación lineal

E.- Módulo de elasticidad

Para el último estado básico el valor de E(i) cambiará a E(f). Así como todos los valores determinados, evaluando el valor de X2 de la ecuación siguiente se puede encontrar después el valor de la flecha.

$$e^{X2} - e^{-X2} - 2A(2)X2 - 2A(3) = 0$$

$$X2 = SPAN * WEIGT(K)/(2*TENCN(K))$$

Para la evaluación de X2 se usa el método de NEWTON RAPHON.

SUBRUTINA CFNEU

La subrutina cálculo de la fibra neutra, como su nombre lo indica, determina la distancia desde el centro del poste al lugar donde se encuentra la fibra que no está sometida a compresión ni a extensión.

En esta parte se necesita de la subrutina CCEFN en dos ocasiones, con el fin de determinar las ecuaciones de los polígonos funiculares relativos uno a las franjas comprimidas y otro a las barras de acero, que como se ha dicho, soportan ellas solas el trabajo de extensión de la parte sometida a este esfuerzo.

Los vértices de los polígonos funiculares se forman - por la intersección de las líneas paralelas a sus respectivos radios polares; con las horizontales que pasan por el centro de gravedad de cada una de las secciones de las franjas correspondientes.

Esta subrutina entonces determina esas matrices, mediante la formación de ecuaciones de las líneas paralelas a sus respectivos radios polares, y conociendo como dato su centro de gravedad de esa área fícticia, determina dichos

vértices que no serán otra cosa que pares de datos que sirven para mediante la subrutina CCEFN, determinar las ecuaciones de las curvas que se interceptan en un punto.

Después de que la subrutina CCEFN determina los coeficientes de las ecuaciones de los polígonos funiculares, la subrutina CFNEU determina por medio de un proceso iterativo de convergencia el lugar de encuentro de las dos curvas y que será el lugar de la fibra neutra.

Para una mejor comprensión ver la fig. A1.2, donde se ha dibujado un poste de base ortogonal y la manera de encontrar gráficamente la fibra neutra.

SUBRUTINA CMF

Esta subrutina esencialmente calcula el momento flector para una variación de diseño y compara con un momento flector dado, escogiendo el que esté dentro de un rango determinado cercano al que se ha dado como dato.

Calcula además el radio de giro de cada una de las áreas ficticias, momento de inercia total de la sección de la estructura, volumen del hierro de las espiras, volumen total del hierro por metro en el poste, volumen de hormigón por metro.

Calcula el valor del límite de trabajo del hormigón a la compresión y por último, el momento flector.

Dentro de esta subrutina, existe una variación de la distancia entre las espiras desde 4 cm. hasta 12 cm. y además la comparación entre el momento flector calculado y el momento flector dado.

SUBRUTINA NEWT

En esta subrutina se utiliza el método de Newton-Raphon. Este método es muy útil para mejorar una primera aproximación a una raíz de una ecuación de la forma f(x)=0, que pudo haber sido obtenida por tanteos, por una gráfica aproximada de la función, o por algún otro método.

Considérese la gráfica de f(x) en función de x, que se muestra en la fig. (A1.1) y supóngase que x_i es una primera aproximación a una raíz. Si dibujamos una recta tangente a la curva en $x = x_n$, interceptará al eje x en un valor $x_{(i+1)}$, que constituye una aproximación mejorada a la raíz. Se puede observar (fig. A1.1) que la pendiente de la tangente es:

$$f'(xi) = \frac{f(xi)}{x_i - x_{(i+1)}} \qquad (1)$$

por lo tanto

$$x_{(i+1)} = x_i - \frac{f(xi)}{f'(xi)} \qquad (2)$$

El valor de la función y el valor de la derivada de la función se conocen para x = xi, y la nueva aproximación

a la raíz, $x_{(i+1)}$, se obtiene utilizando la ec. 2. Se repite el procedimiento con esta nueva aproximación, para obtener una mejor aproximación a la raíz. Esto continúa hasta que dos valores consecutivos de la raíz aproximada definirán en una cantidad menor que cierto valor ε (epsilón) - prescrito, que controla el error permisible en la raíz.

En nuestro caso la función es:

$$f(xi) = e^{X_2} - e^{-X_2} - 2A_2 x_2 - 2A_3$$

y su derivada será:

$$f'(xi) = e^{X_2} + e^{-X_2} - 2A_2$$

Donde los valores de A_2 y A_3 vienen de la subrutina - CMCEC como también el valor de ε (epsilón) y el valor con- que empieza la evaluación de x

SUBRUTINA CCEFN

Se da esta denominación, por cuanto se puede rápidamente identificar como "Cálculo de los Coeficientes de la Fibra Neutra".

Esta subrutina no es otra cosa que un programa que determina los coeficientes de una ecuación, usando la teoría de los Mínimos Cuadrados.

Para considerar problemas presentados en Ingeniería, donde frecuentemente se dan una serie de puntos como datos y se desea sistematizar una forma para determinar una función acorde a los datos que se tiene, una aproximación posible es asumir que un Polinomio de grado M representa adecuadamente los datos en la forma

$$Ym(x) = A1 + A2x + A3x^2 + A4x^3 \ldots + A(m-1)x^m$$

tal que la suma de los cuadrados de la distancia entre los valores calculados de Ym (xi) y los valores observados de F (xi) donde (i = 1,2,3,.....m) sea mínima.

El polinomio Ym(x), es el polinomio de mínimos cuadrados de grado M que representa la función F(x).

Matemáticamente Ym(x) es el polinomio de grado M tal que

$$\sum_{j=1}^{n} (F(x_j) - Ym(x_j))^2$$

es un mínimo, donde $\sum_{j=1}^{n}$ indica que la suma es tomada sobre todos los puntos por la función $F(x_j)$ y los cálculos $Ym(x_j)$

Un algoritmo es desarrollado tal que pueda determinar:

a) La representación del polinomio de mínimos cuadrados de grado M para un grado fijo dado Y.

b) El grado del polinomio de mínimos cuadrados que represente adecuadamente la serie de datos propuestos

Teoría de los Mínimos Cuadrados

Dado una serie de datos, se puede asumir que un polinomio de la forma lineal inicialmente Y (x) = A1 + A2x representa los datos.

El primer paso es determinar A1 y A2 tal que:

$$\sum_{i=1}^{n} e_1 i^2 = \sum_{i=1}^{n} (f(xi) - Y_1(xi))^2 = \sum_{i=1}^{n} (f(xi) - A_1 + A_2(xi))^2 \qquad (1)$$

Sea un mínimo, esto es obtenido en base a derivadas parciales de $\sum_{i=1}^{n} e_1 i^2$ con respecto a A_1 y A_2 e igualando cada ecuación parcial a cero.

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_1 i^2}{\partial A_1} = -2 \sum_{i=1}^{n} (f(xi) - A_1 - A_2 xi) = 0 \qquad (2)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} e\, i}{\partial A_2} = -2 \sum_{i=1}^{n} (f(xi) - A_1 - A_2 xi)(xi) = 0 \qquad (3)$$

Las ecuaciones 2 y 3 pueden escribirse como :

$$A_1 + A_2 \sum_{i=1}^{n} xi = \sum_{i=1}^{n} f(xi)$$

$$A_1 \sum_{i=1}^{n} xi + A_2 \sum_{i=1}^{n} xi^2 = \sum_{i=1}^{n} xi.f(xi)$$

Obteniendo un sistema de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas, A1 y A2 este sistema es comunmente llamado ecuaciones normales.

Utilizando la técnica de eliminación de Gauss, se desarrollan las ecuaciones normales y entonces los coeficientes A_1 y A_2 serán determinados tal que $\sum_{i=1}^{n} a_1 i^2$ sea un mínimo.

Entonces $Y_j(x) = a_1 + a_2 x$ será la representación lineal de mínimos cuadrados de los datos.

Para determinar si $Y_1(x)$ es la representación adecuada se determina un polinomio de segundo grado y se comprueba su aproximación:

$$Y_2 = b_1 + b_2 x + b_3 x^2$$

debe calcularse, para ver si:

$$\sum_{j=1}^{n} (f(xj) - Y_2(xj))^2$$

es sustancialmente menor que

$$\sum_{j=1}^{n} (f(xj) - Y_2(xj))^2$$

Para obtener la aproximación de mínimos cuadrados de segundo grado, los valores de b_1, b_2 y b_3 deben determinarse, de tal forma que:

$$\sum_{i=1}^{n} e_{2i}^2 = \sum_{j=1}^{n} (f(xj) - b_1 - b_2 xj - b_3 xj^2)^2$$

Desarrollando nuevamente este sistema de ecuaciones por el método de eliminación de Gauss se obtienen los coeficientes b_1, b_2 y b_3 tal que: $\sum_{i=1}^{n} e^2$ sea mínimo.

La representación adecuada de los datos será calculada:

$$E_1 = \sum_{i=1}^{n} f(xj) - a_1 - a_2 (xj)^2 / (n-2)$$

$$E_2 = \sum_{i=1}^{n} f(xj) - b_1 - b_2 xj - b_3 xj^2 / (n-3)$$

si $E_1 - E_2 < \varepsilon$ donde ε es una cantidad positiva, pequeña, arbitraria pudiendo ser entre 10^{-6} a 10^{-2}, entonces se concluye que el polinomio de primer grado representa adecuadamente los datos. De otra forma se continúan los cálculos para probar con uno de grado mayor como sigue:

$$E_K = \sum_{i=1}^{n} (f(xj) - Y_K (xj)^2 / (n-k-1)$$

Para todo grado k = 3,4,5,..... hasta el último grado $E_k - E_k + 1$ para algún valor de k.

En esta forma se concluye, que E_k representa favorablemente los datos.

SUBRUTINA MONT

En realidad ésta es propiamente la subrutina que calcula la fundación, ya que con las dimensiones dadas y los pesos del soporte y accesorios, calcula los momentos de inercia baricéntricos, momentos resistentes laterales, la repartición de pesos en las áreas de acentamiento de las fundaciones.

Además calcula los momentos de fondo, resistente total, el centro de gravedad actuando sobre dicha fundación y el momento de vuelco.

Esta subrutina calcula para cualquiera de los cuatro tipos de fundaciones para lo que ha sido diseñado este programa.

SUBRUTINA FUNDA

Analiza los cuatro tipos de fundaciones que se tiene, esta subrutina únicamente ordena cual de los tipos analiza la subrutina MONT.

Empieza analizando el tipo prismático de base cuadrada y momento de vuelco diagonal; luego sigue con otra configuración que es la de base rectangular con momento de vuelco en eje paralelo, luego analiza el de zapata invertida y momento de vuelco diagonal con base cuadrada, y por último de base rectangular y momento de vuelco en eje paralelo.

Esta subrutina empieza a analizar una fundación desde un valor mínimo, cuál es el diámetro del soporte y luego por un proceso iterativo llega a calcular la fundación necesaria.

Finalmente escoge entre los cuatro tipos, cuál es la fundación más económica y envia esos datos al programa principal.

SUBRUTINA EFURT

Determina específicamente la fuerza, debida a la acción del viento sobre los conductores, que actúa en el soporte. Igual que la subrutina CCONS, determina según las características que se analizan, es decir para una o dos ternas y según sea la configuración de la instalación, es decir, tipo sencillo a pórtico.

SUBRUTINA CCONS

Empleando las fórmulas explicadas en "costos de construcción", determina el valor de la mano de obra empleada en construir una determinada línea.

Analiza según sea, para una o dos ternas y para los diferentes tipos de configuración.

En definitiva en esta subrutina se encuentran las fórmulas necesarias para determinar los costos de construcción, abarcando entonces el capítulo 7 explicado anteriormente en detalle.

SUBRUTINA SALID

Esta subrutina tiene la finalidad de escribir datos que entran al programa general para realizar los cálculos del conductor y vano económico.

Escribe el título de la línea que se va a analizar, número de conductores, tiempo de vida de los conductores, características de los mismos y en general los datos más importantes de este programa.

SUBRUTINA SALRE

Esta subrutina escribe en cambio los resultados del conductor y el vano más económico, con las características más importantes del cálculo del programa tales como el diseño de los soportes y fundaciones, así como también los costos parciales y total de dicho análisis.

A N E X O 2

GRAFICOS

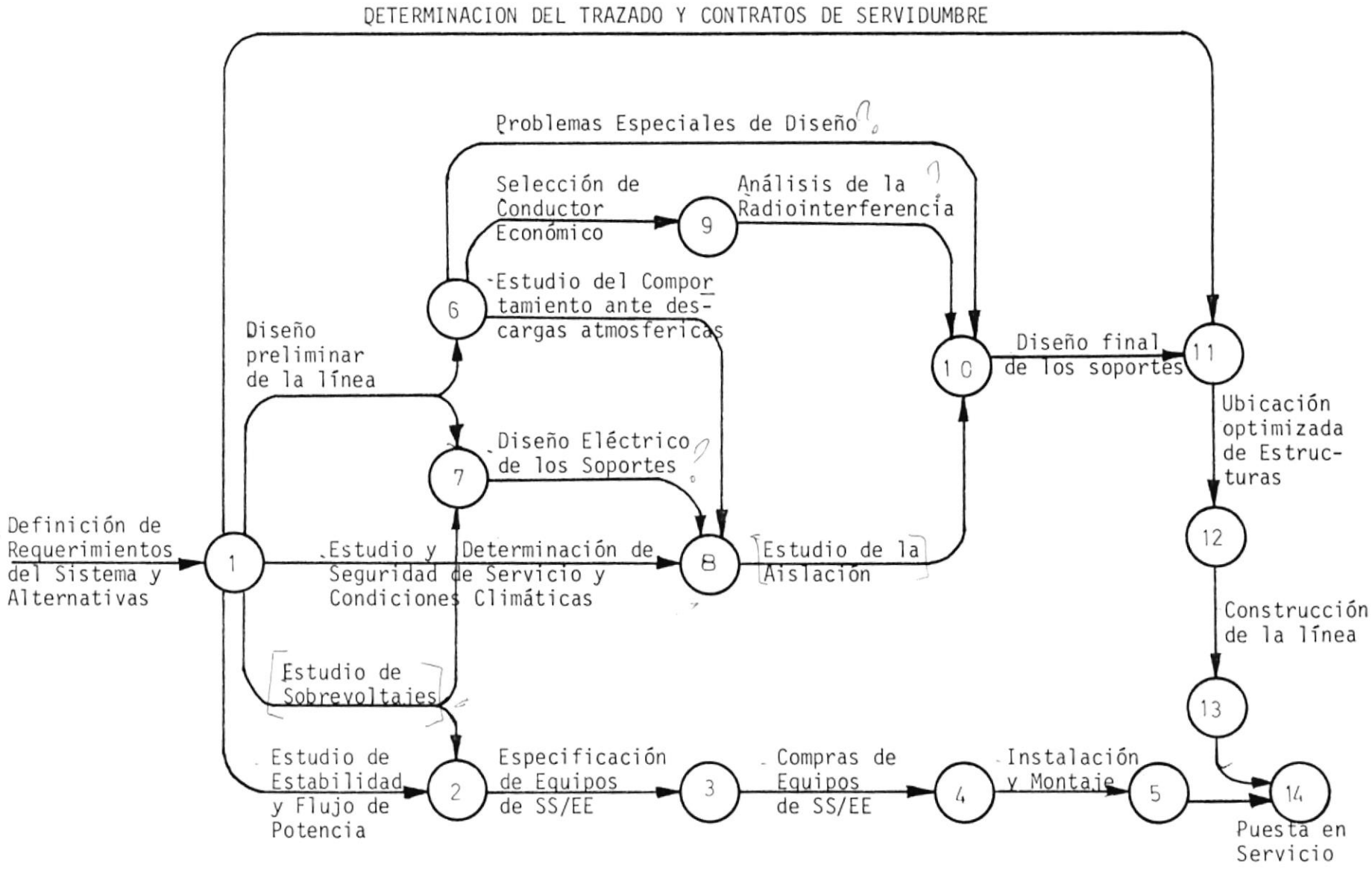

DETERMINACION DEL TRAZADO Y CONTRATOS DE SERVIDUMBRE
Problemas Especiales de Diseño
Selección de Conductor Económico
9
Análisis de la Radiointerferencia
6
Estudio del Comportamiento ante descargas atmosfericas
Diseño preliminar de la línea
10
Diseño final de los soportes
11
Ubicación optimizada de Estructuras
7
Diseño Eléctrico de los Soportes
Definición de Requerimientos del Sistema y Alternativas
1
Estudio y Determinación de Seguridad de Servicio y Condiciones Climáticas
8
Estudio de la Aislación
12
Construcción de la línea
Estudio de Sobrevoltajes
13
Estudio de Estabilidad y Flujo de Potencia
2
Especificación de Equipos de SS/EE
3
Compras de Equipos de SS/EE
4
Instalación y Montaje
5
14
Puesta en Servicio

FIG: 2J

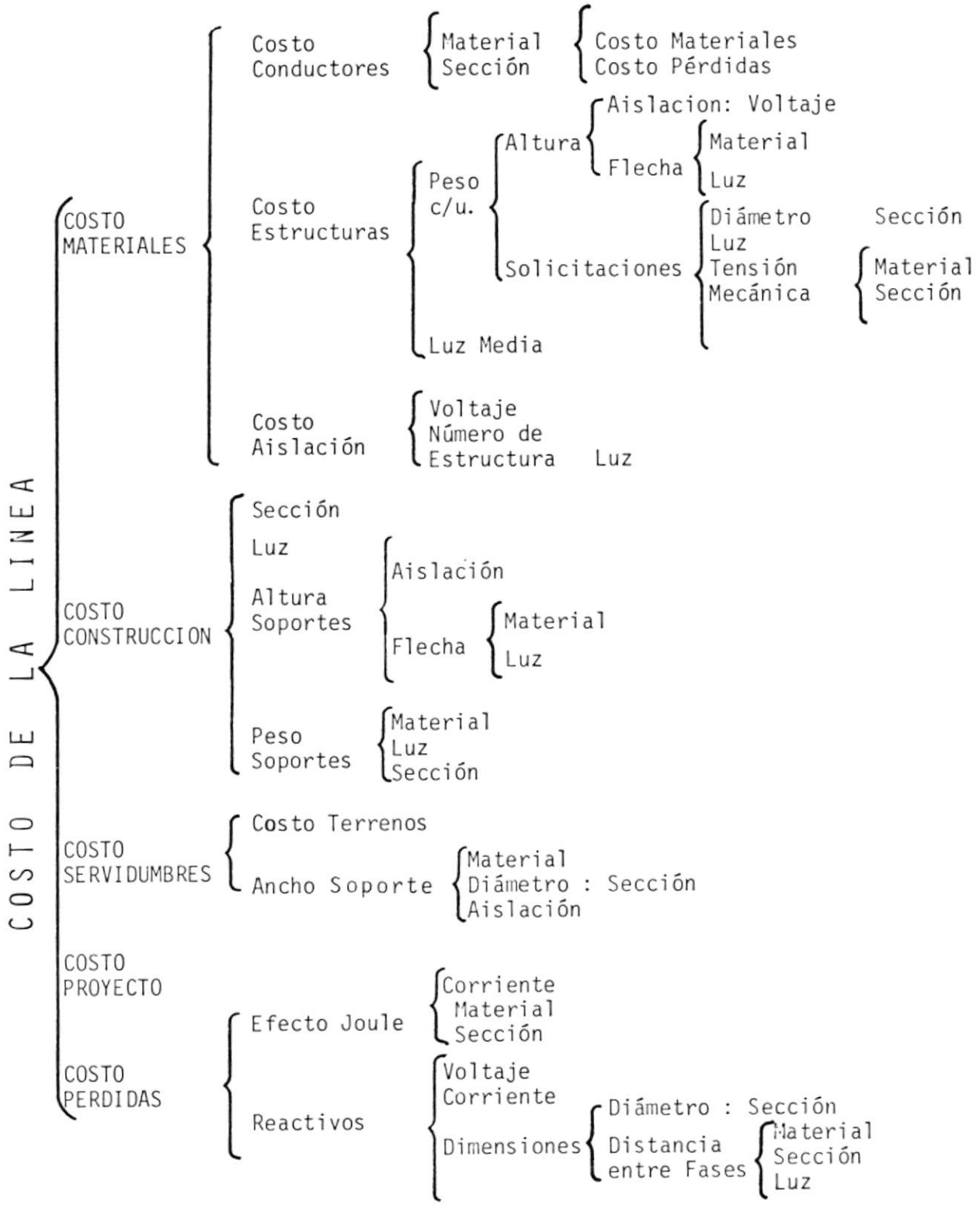

COSTO DE LA LINEA
COSTO MATERIALES
Costo Conductores
Material
Sección
Costo Materiales
Costo Pérdidas
Costo Estructuras
Peso c/u.
Altura
Aislacion: Voltaje
Flecha
Material
Luz
Solicitaciones
Diámetro
Sección
Luz
Tensión
Mecánica
Material
Sección
Luz Media
Costo Aislación
Voltaje
Número de Estructura
Luz
COSTO CONSTRUCCION
Sección
Luz
Altura Soportes
Aislación
Flecha
Material
Luz
Peso Soportes
Material
Luz
Sección
COSTO SERVIDUMBRES
Costo Terrenos
Ancho Soporte
Material
Diámetro : Sección
Aislación
COSTO PROYECTO
COSTO PERDIDAS
Efecto Joule
Corriente
Material
Sección
Reactivos
Voltaje
Corriente
Dimensiones
Diámetro : Sección
Distancia entre Fases
Material
Sección
Luz

FIG 2.1

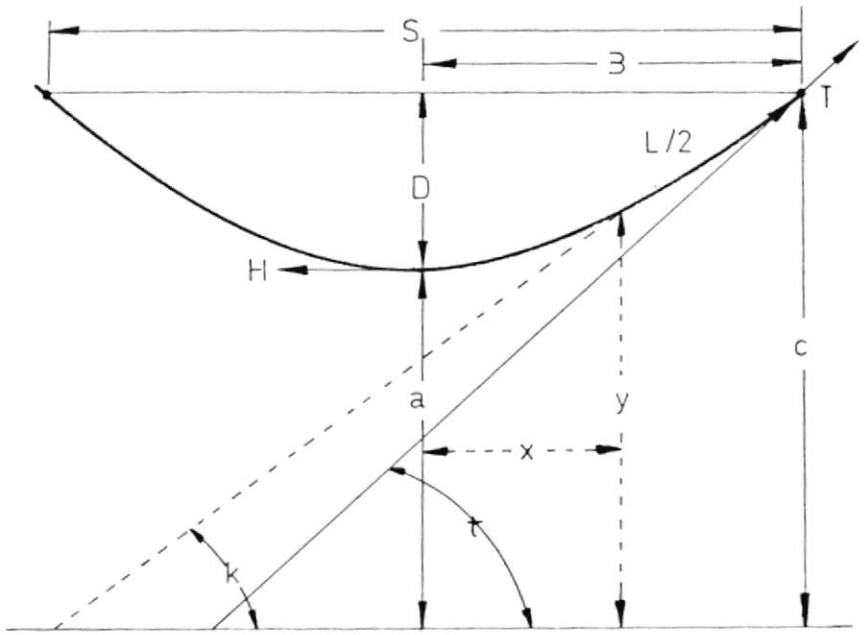


FIG. 4.1

S.- Longitud del vano
B.- Longitud del medio vano (S/2)
D.- Flecha
H.- Tensión en el cable en el Centro del vano
T.- Tensión en el cable en los soportes
L/2.- Longitud del arco en medio vano
a.- Distancia de la directriz de la Catenaria al origen
C.- Distancia de la directriz de la Catenaria al soporte
t.- Angulo de la tangente en el soporte con la directriz
k.- Angulo de la tangente en el punto x, y
w.- Peso del conductor (Kg/mt.)
α.- Coeficiente de dilatación lineal
θ.- Temperatura
A.- Area transversal del conductor
E.- Módulo de elasticidad

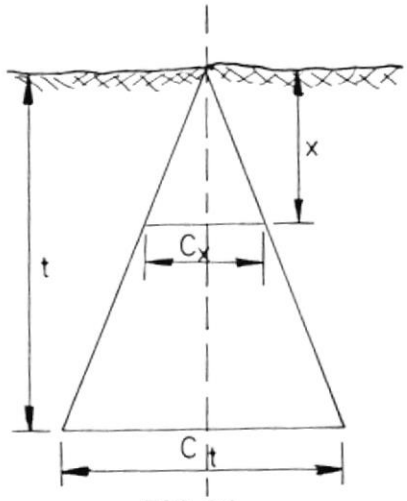


FIG. 6.1

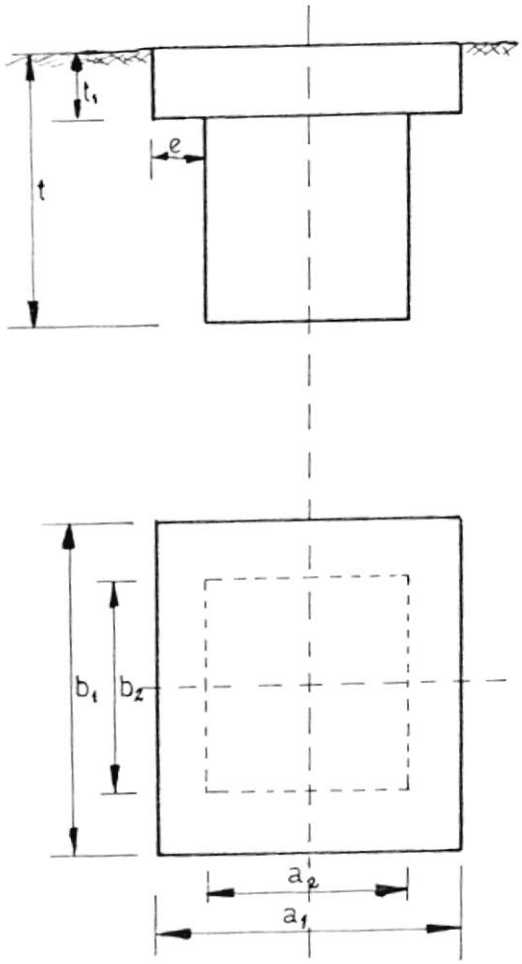


FIG. 6.2

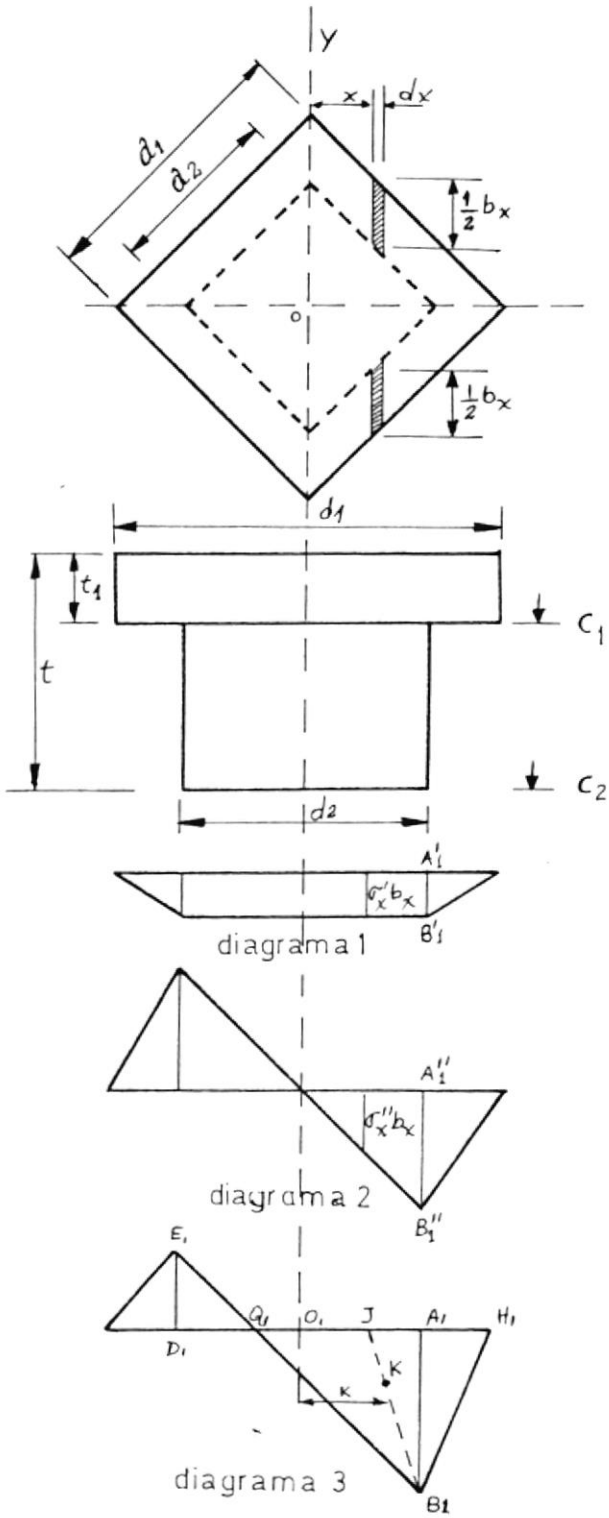

y
x
dx
d1
d2
½ bx
½ bx
o
d1
t1
t
C1
C2
d2
A'1
σ'x bx
B'1
diagrama 1
A''1
σ''x bx
B''1
diagrama 2
E1
D1
Q1
O1
J
A1
H1
K
K
B1
diagrama 3

FIG. 6.3

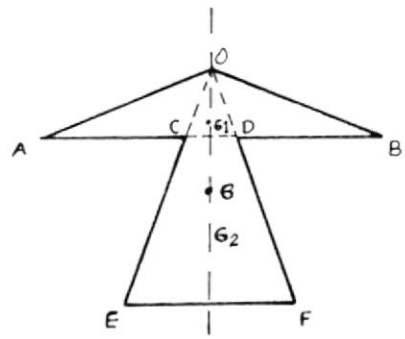

O
A
C
G1
D
B
G
G2
E
F

FIG. 6.4

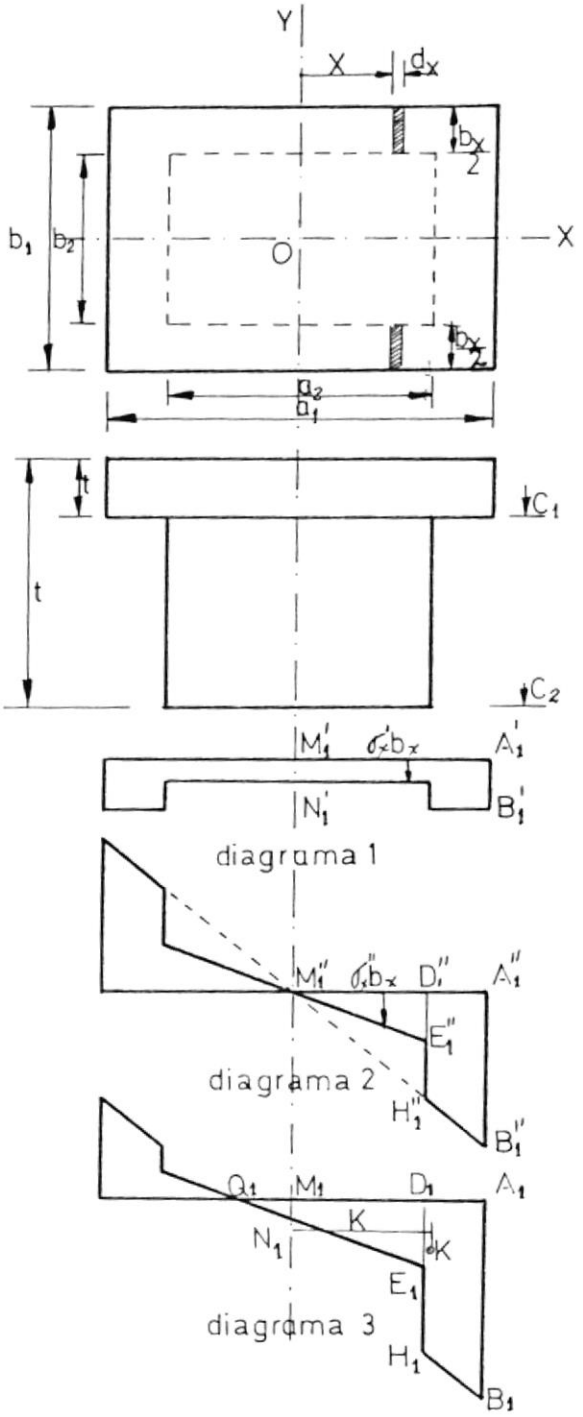

Y
X
dx
bx/2
b1
b2
O
X
a2
a1
t
t
C1
C2
M1'
σ'bx
A1'
N1'
B1'
diagrama 1
M1''
σ''bx
D1''
A1''
E1''
diagrama 2
H1''
B1''
Q1
M1
D1
A1
K
N1
K
E1
diagrama 3
H1
B1

FIG. 6.5

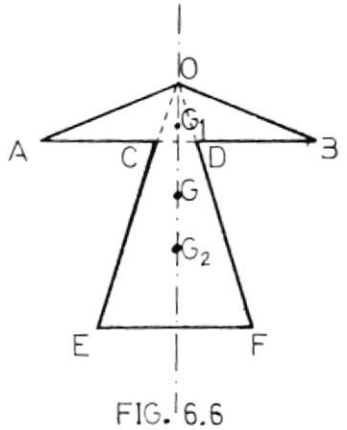

O
G1
A
C
D
B
G
G2
E
F

FIG. 6.6

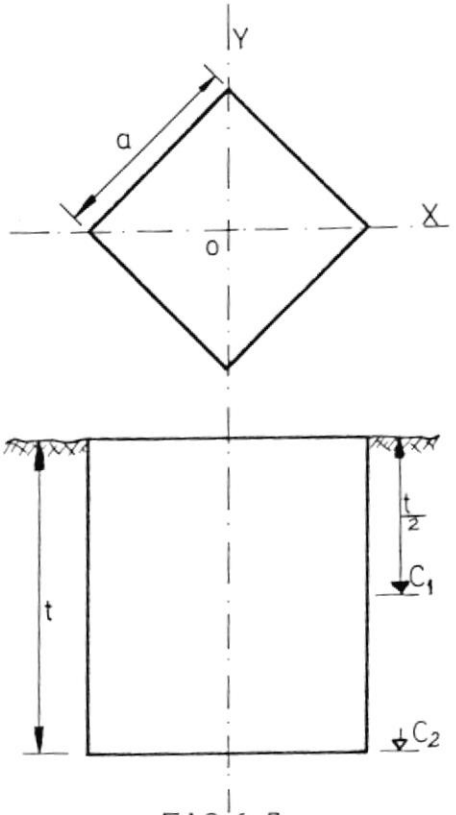


FIG. 6.7

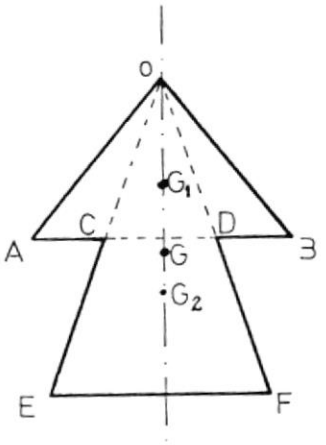


FIG. 6.8

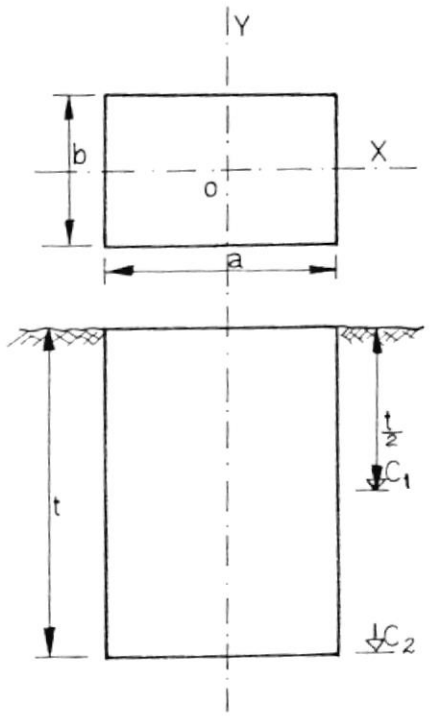


FIG. 6.9

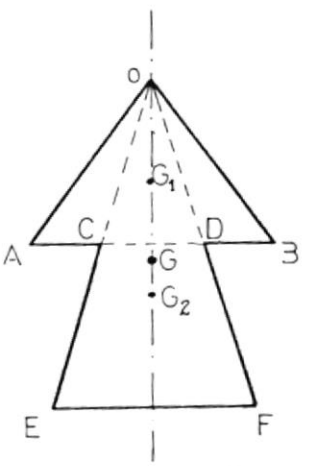
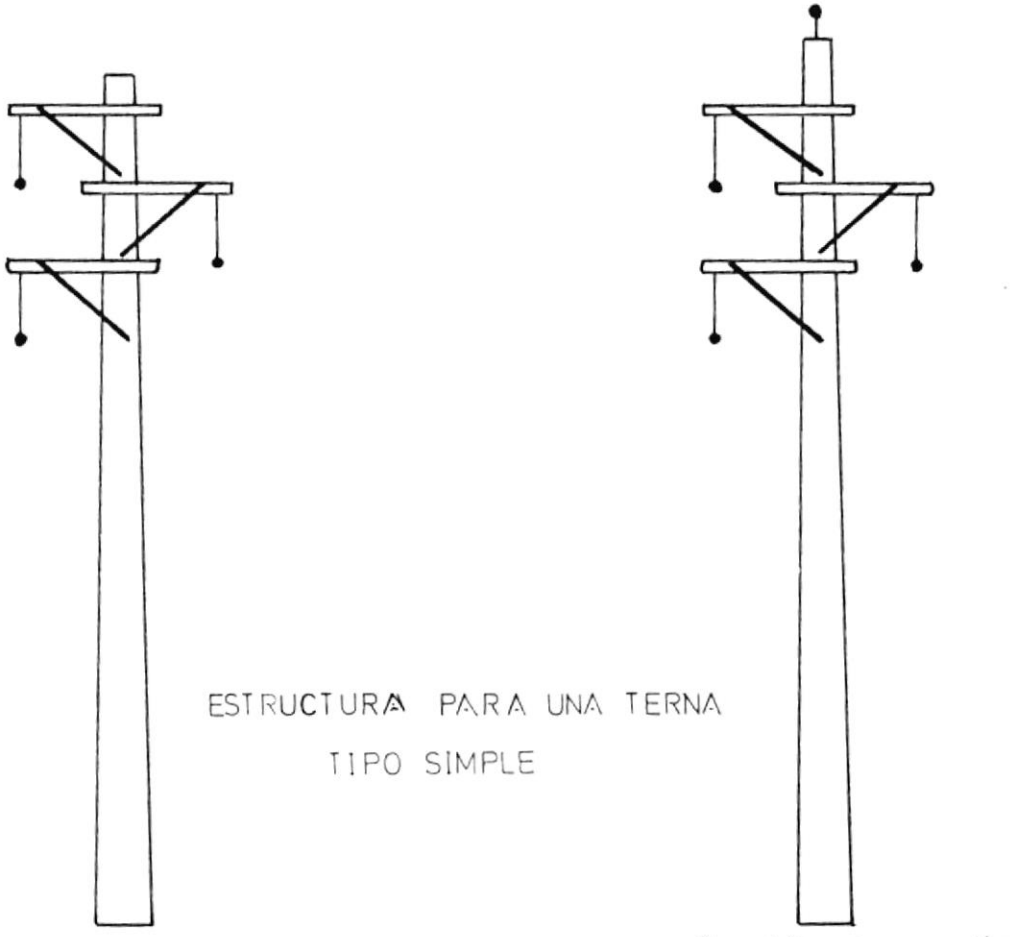


FIG. 6.10



ESTRUCTURA PARA UNA TERNA
TIPO SIMPLE

Sin hilo de guardia

Con hilo de guardia

FIG. 8.1

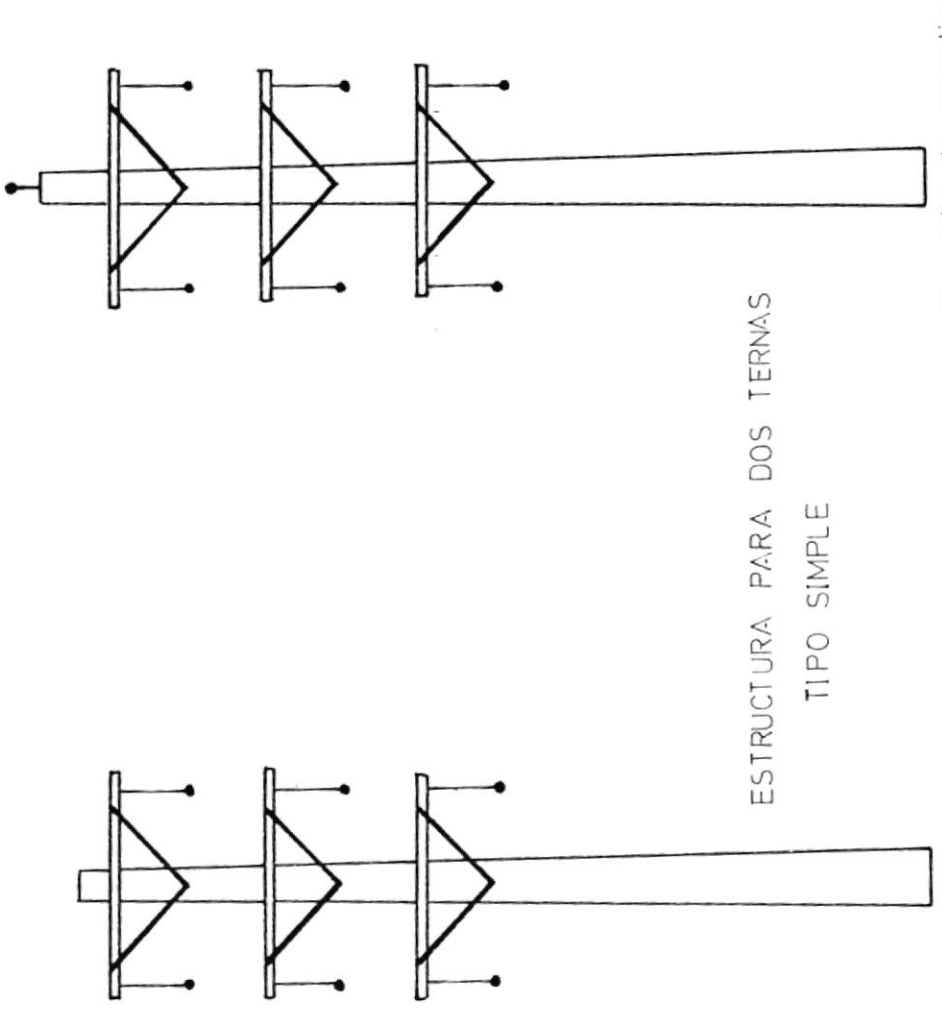
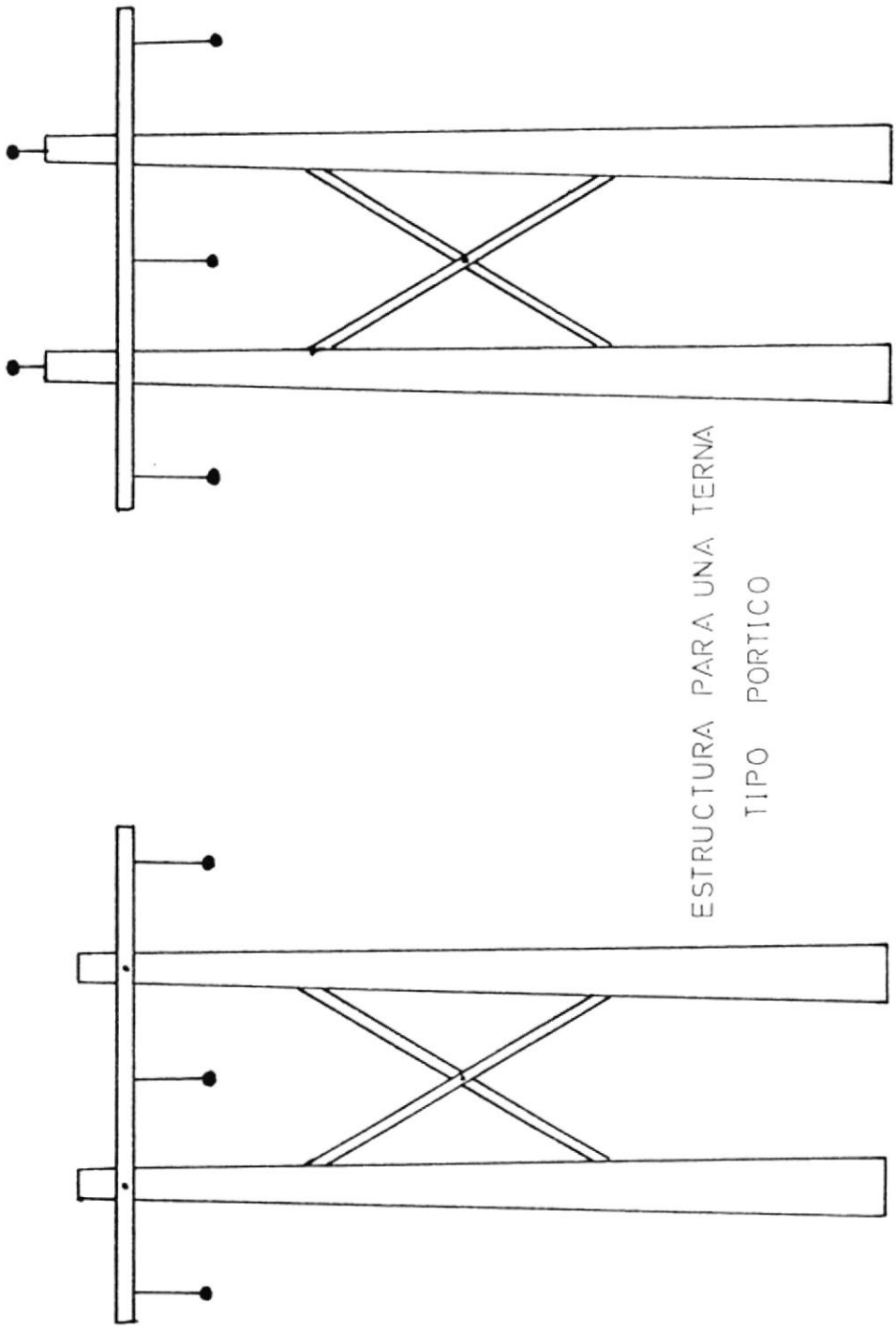

Con hilo de guardia
ESTRUCTURA PARA DOS TERNAS
TIPO SIMPLE
Sin hilo de guardia

FIG. B.1



ESTRUCTURA PARA UNA TERNA
TIPO PORTICO

FIG 8.1

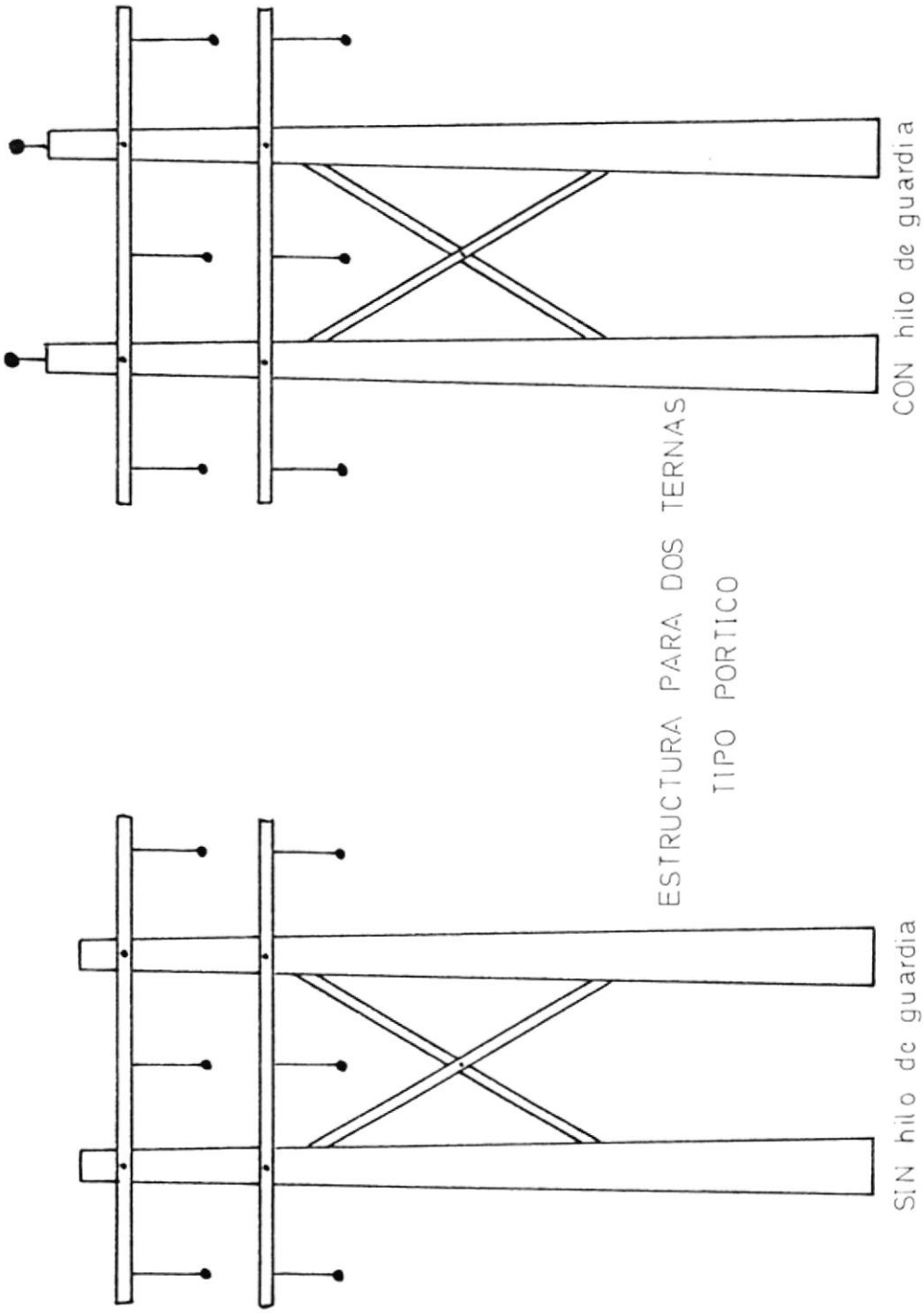

ESTRUCTURA PARA DOS TERNAS
TIPO PORTICO
CON hilo de guardia
SIN hilo de guardia

FIG. 8.1

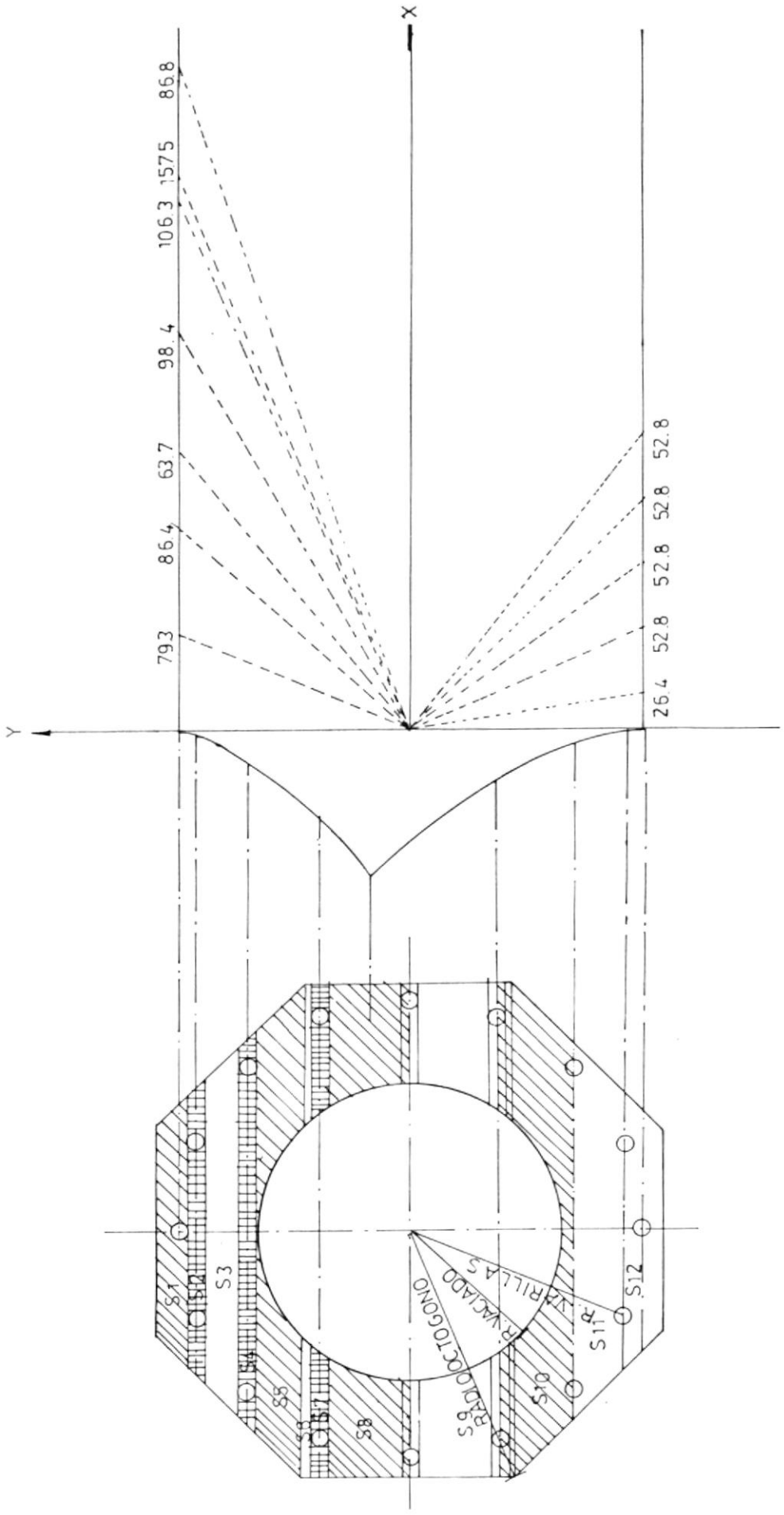

X
Y
86.8
106.3
157.5
98.4
63.7
86.4
79.3
52.8
52.8
52.8
52.8
26.4
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
S10
S11
S12
RADIO OCTOGONO
RVACIADO
TARRILLA S

FIG. A.1.2

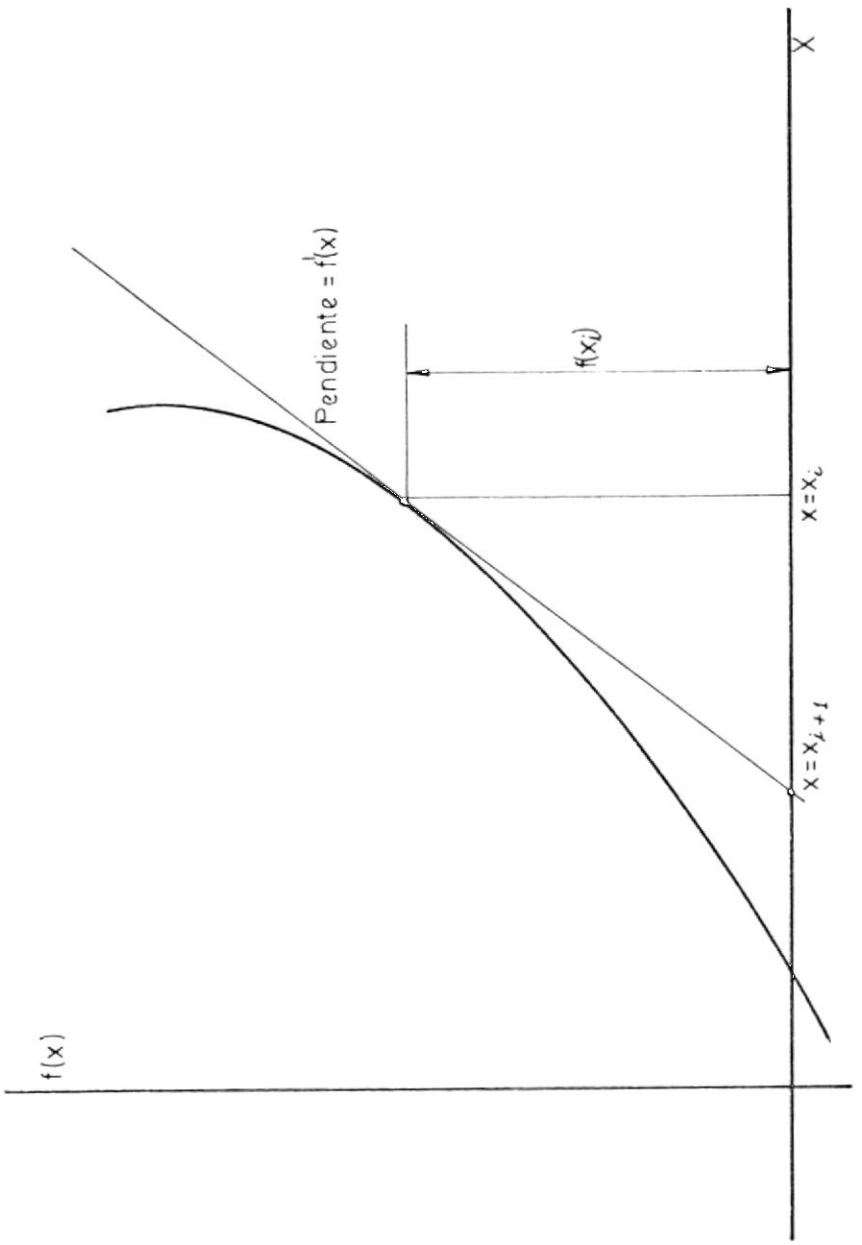
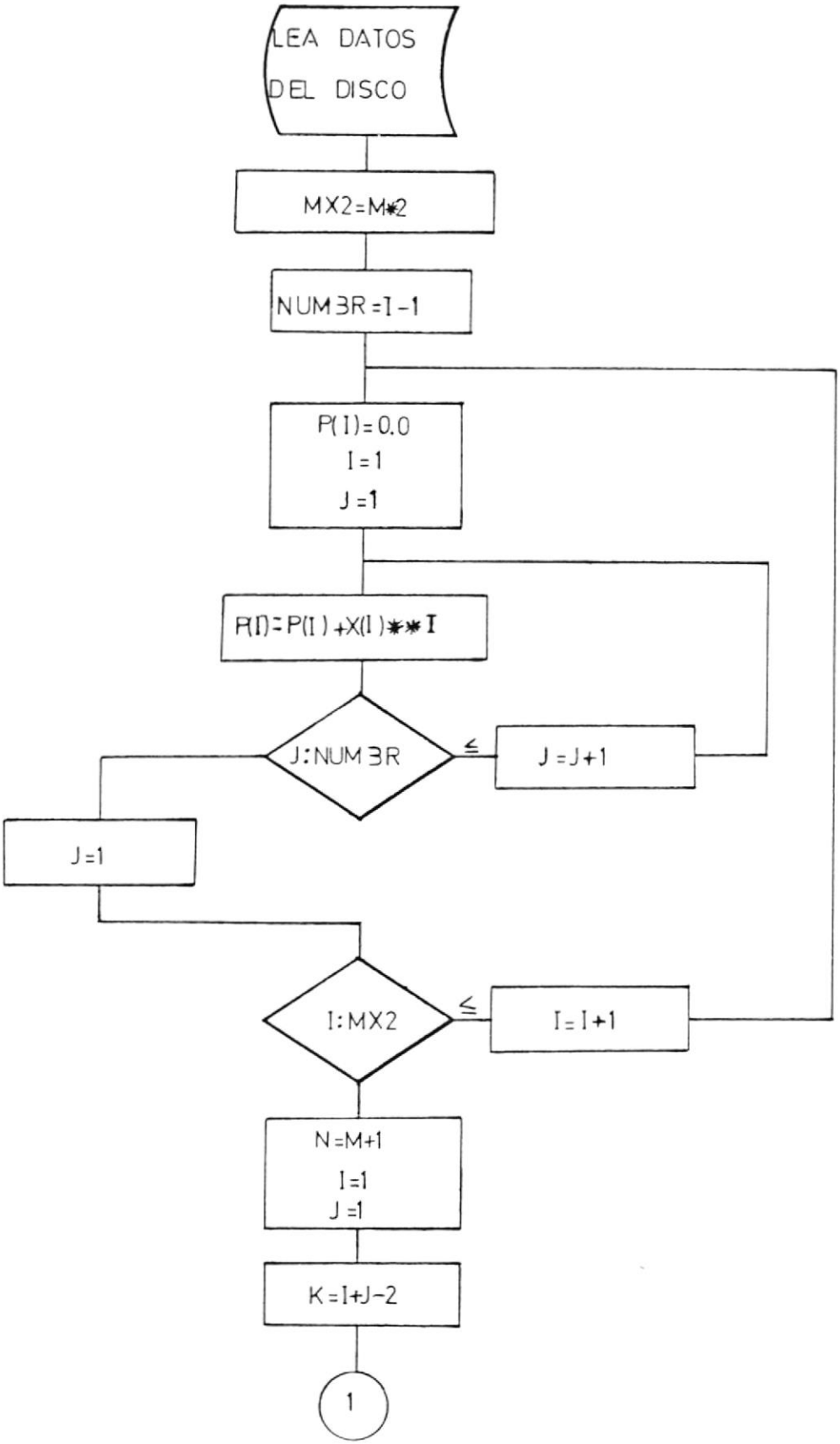
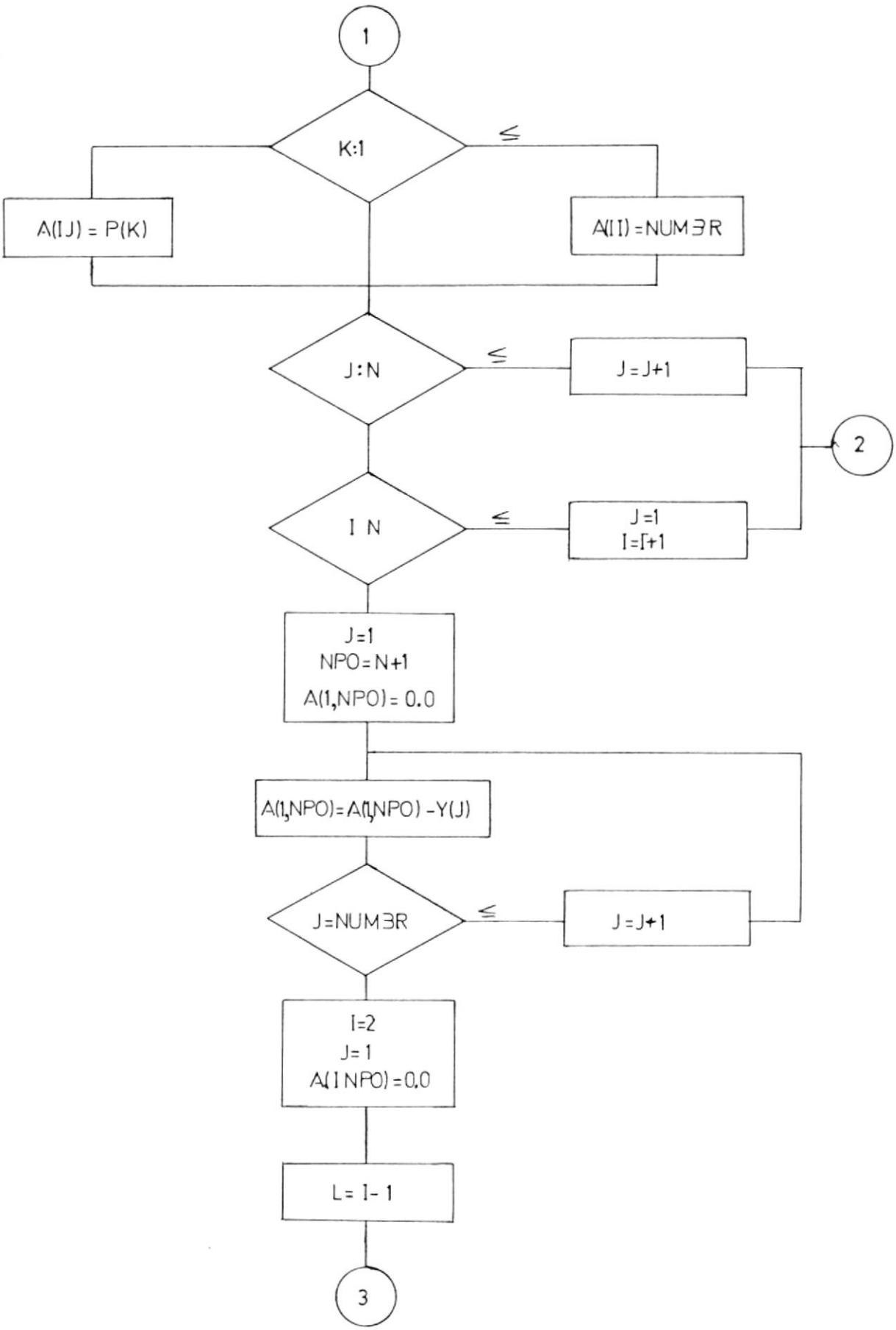


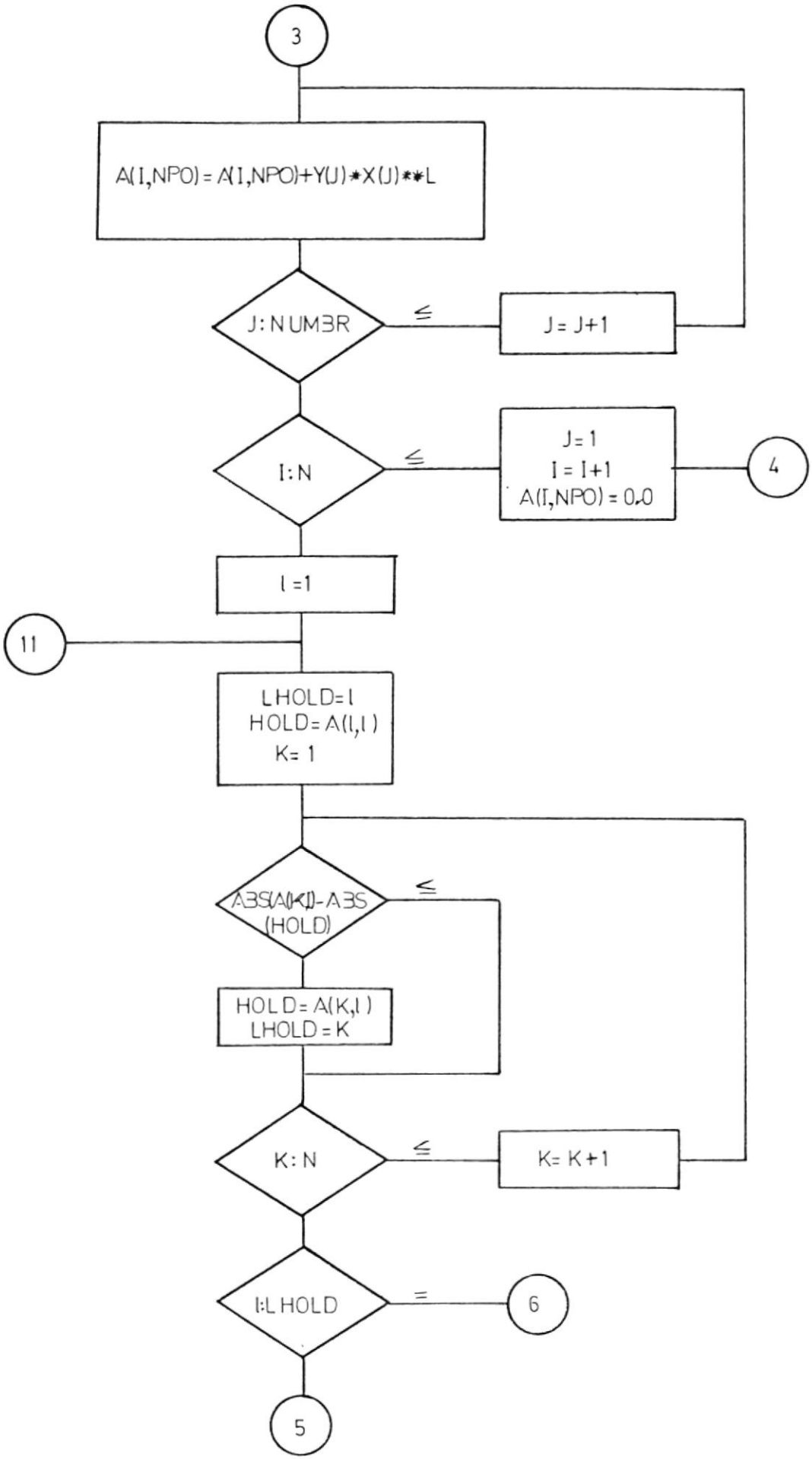
FIG. A1.1

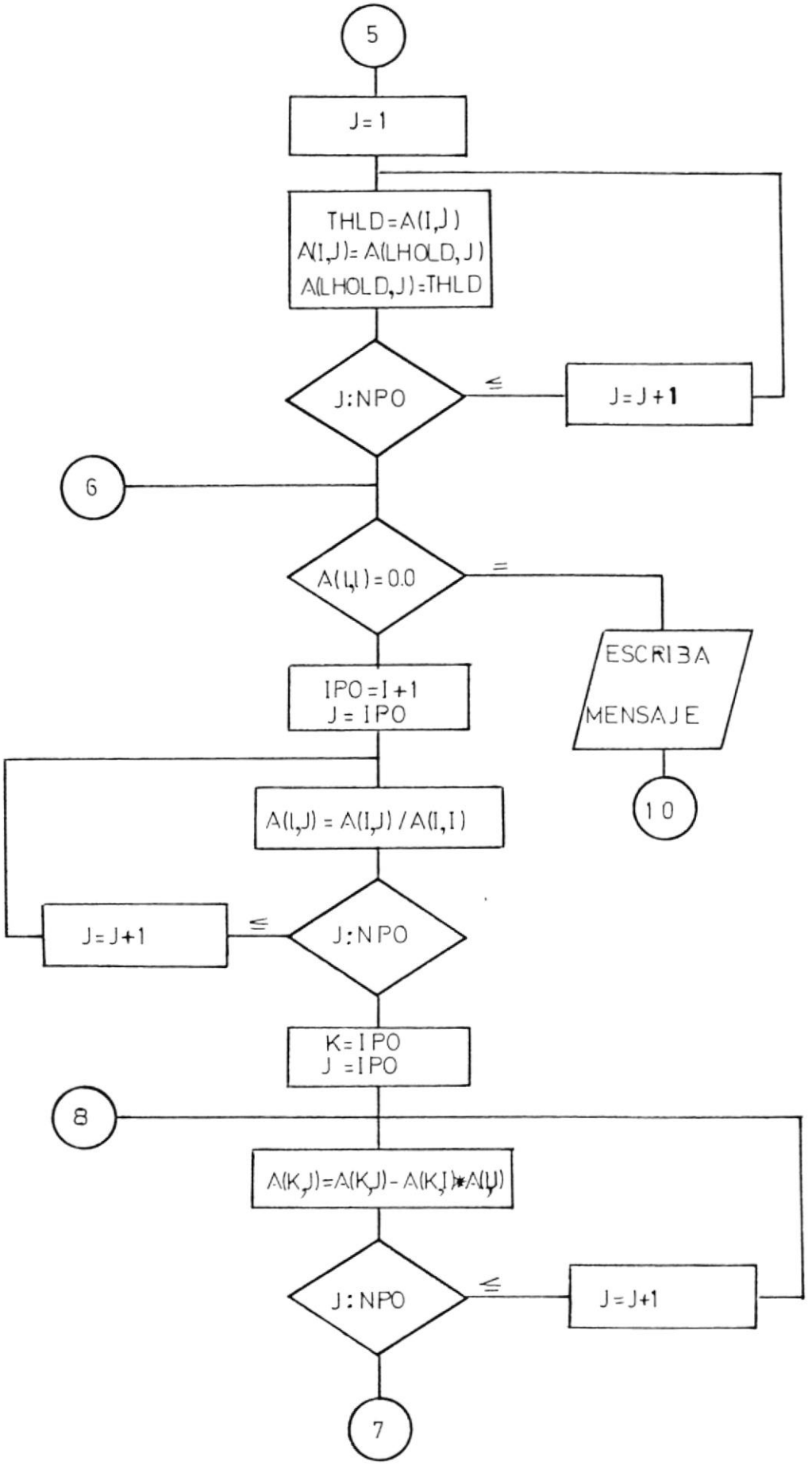
ANEXO 3

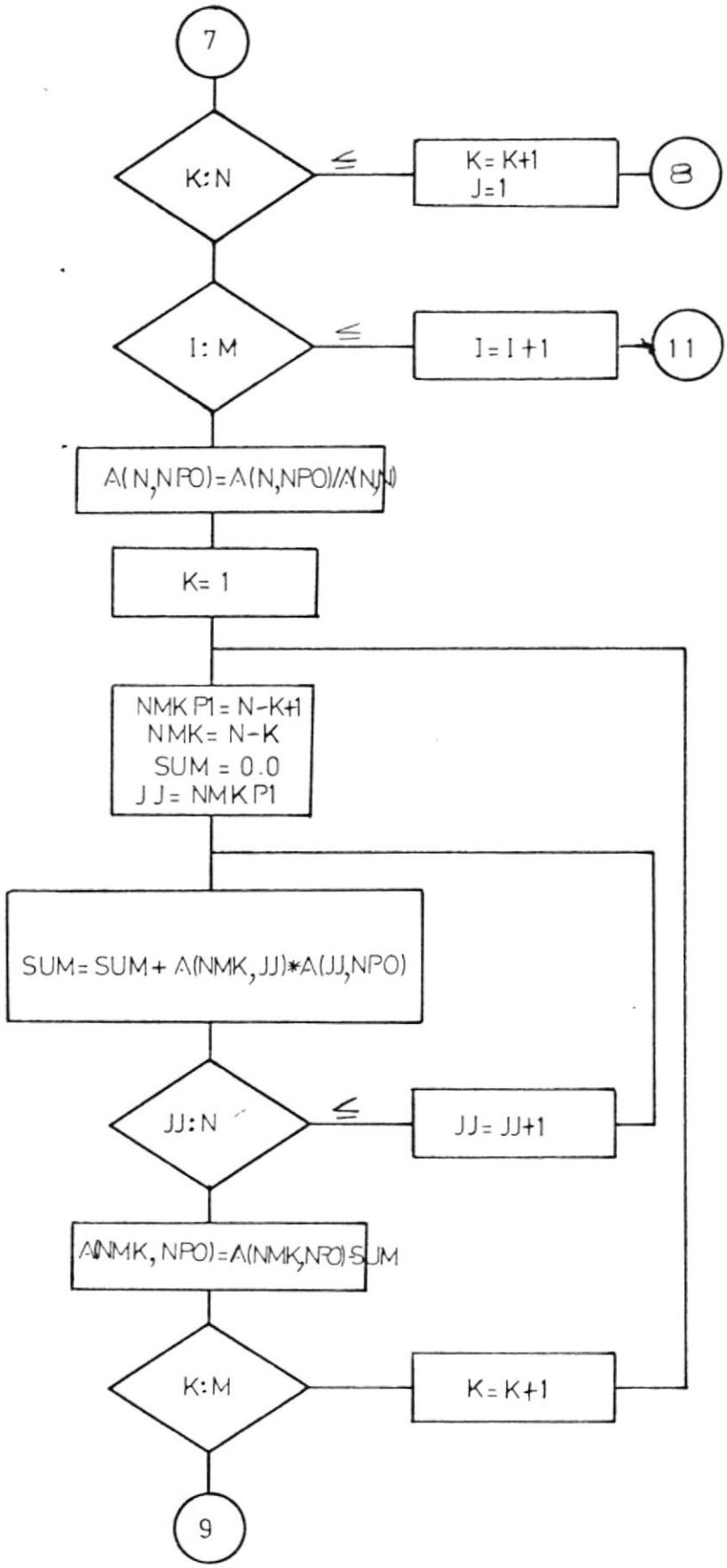
DIAGRAMAS DE FLUJO

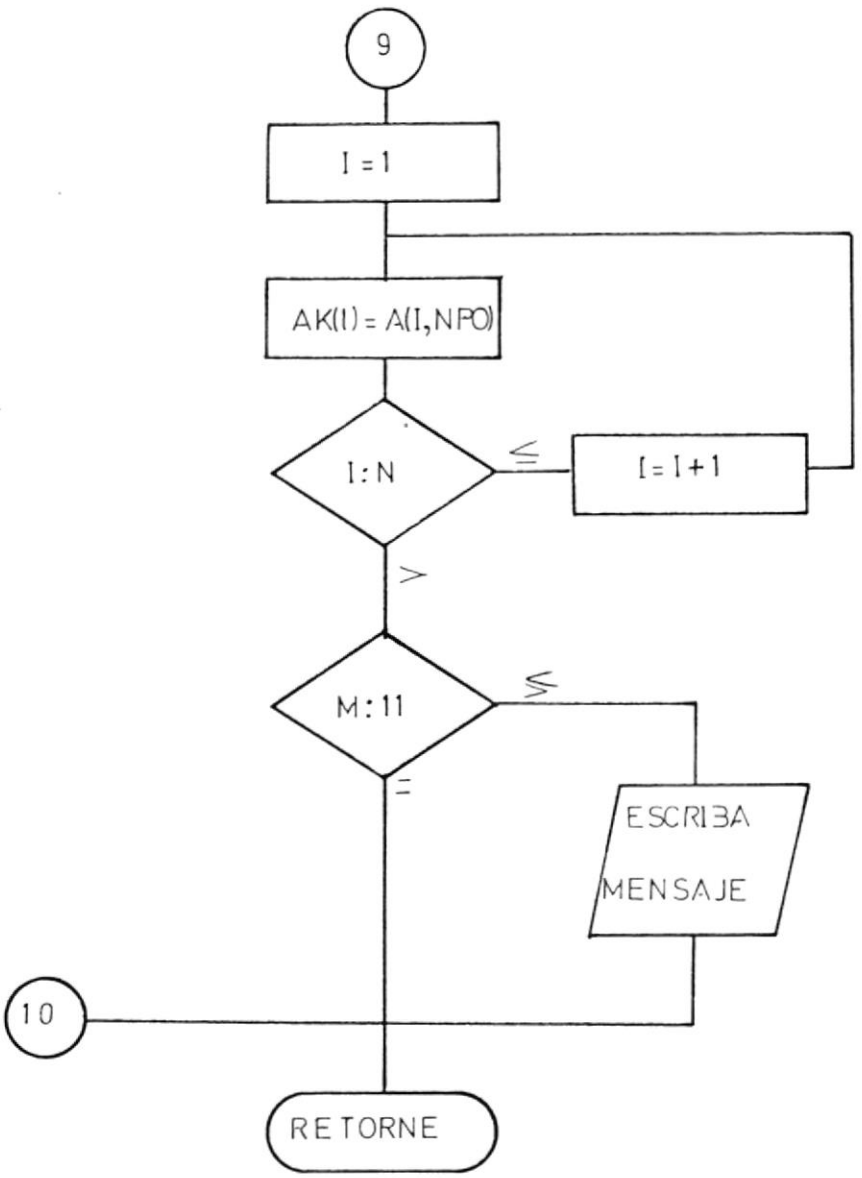

LEA DATOS
DEL DISCO
MX2=M*2
NUMBR=I-1
P(I)=0.0
I=1
J=1
P(I)=P(I)+X(I)**I
J:NUMBR
≤
J=J+1
J=1
I:MX2
≤
I=I+1
N=M+1
I=1
J=1
K=I+J-2
1

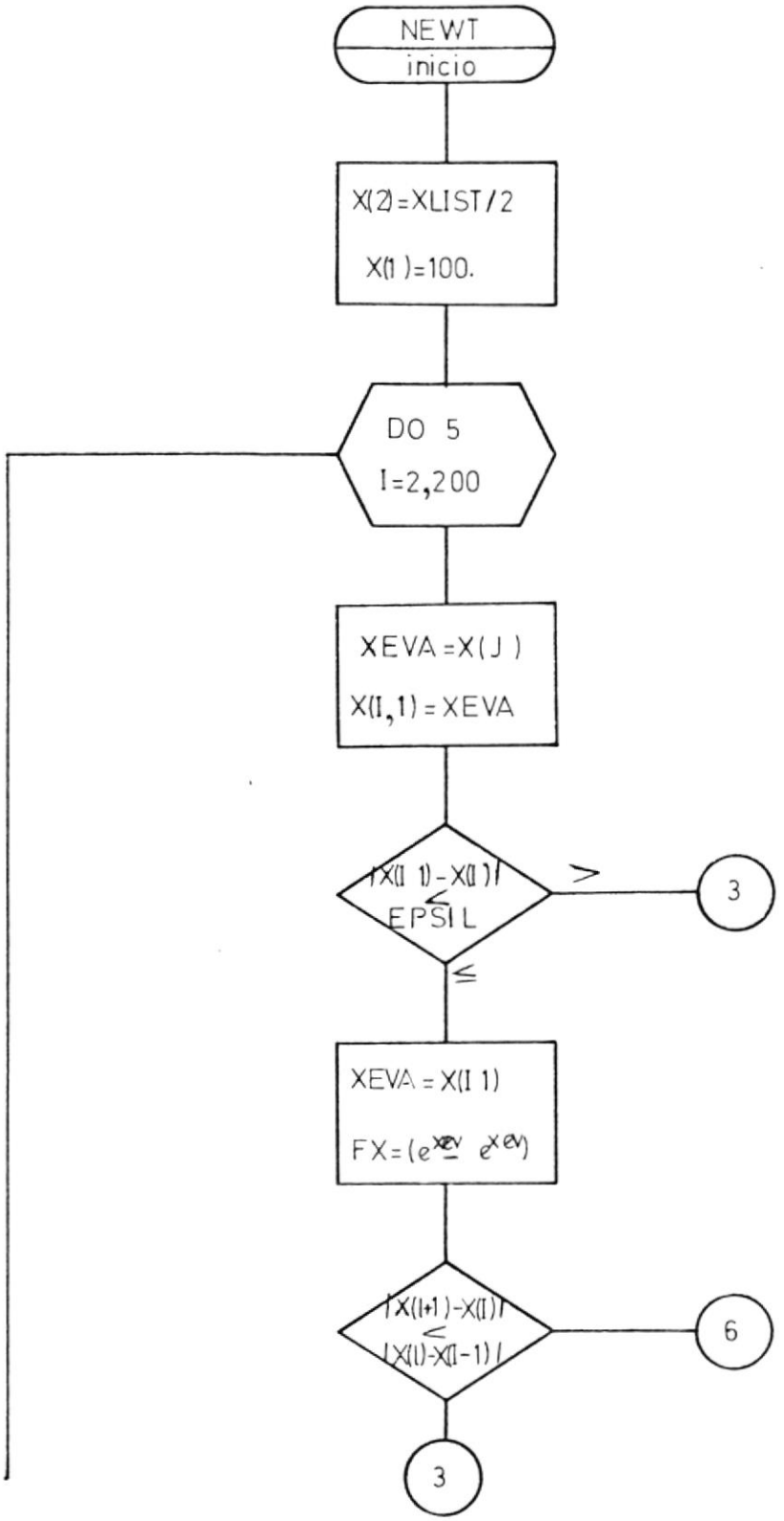

1
K:1
≤
A(IJ) = P(K)
A(II) = NUMBR
J:N
≤
J = J+1
2
I N
≤
J=1
I=I+1
J=1
NPO=N+1
A(1,NPO) = 0.0
A(1,NPO)=A(1,NPO) -Y(J)
J=NUMBR
≤
J=J+1
I=2
J=1
A(I,NPO)=0.0
L= I- 1
3

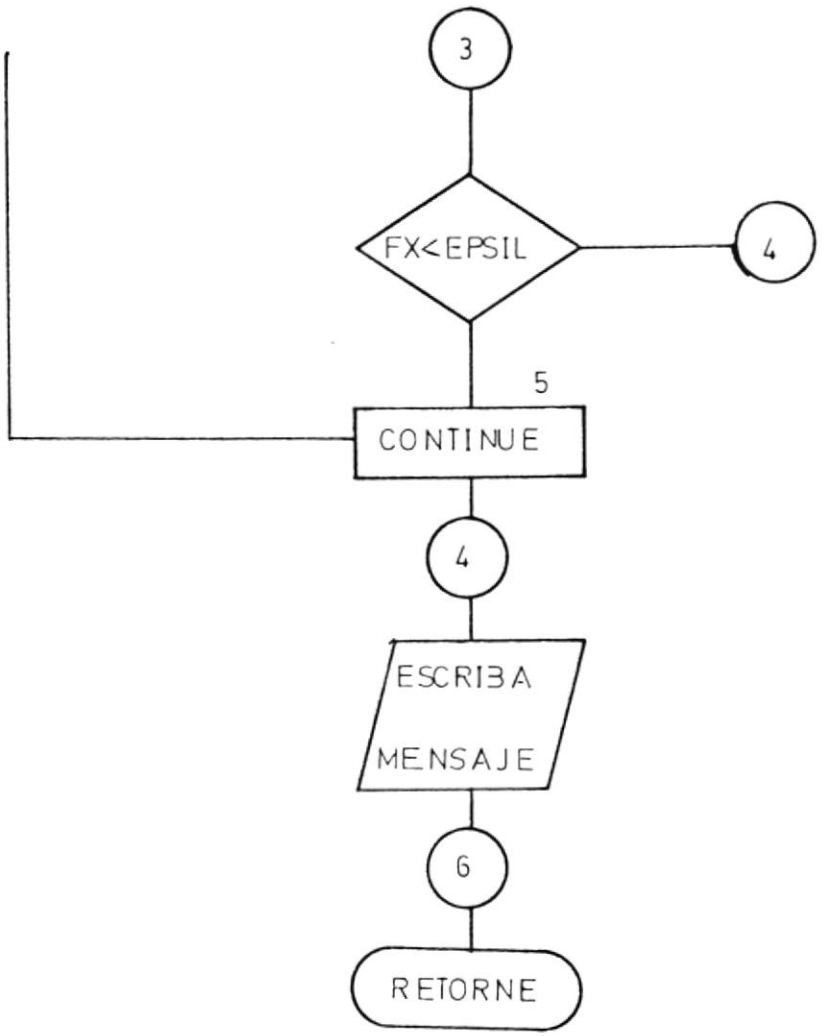

3
A(I,NPO) = A(I,NPO)+Y(J)*X(J)**L
J: NUMBR
≤
J = J+1
I: N
≤
J = 1
I = I+1
A(I,NPO) = 0.0
4
I = 1
11
LHOLD= I
HOLD= A(I,I)
K= 1
ABS(A(K,I))- ABS (HOLD)
≤
HOLD = A(K,I)
LHOLD = K
K: N
≤
K= K+1
I:L HOLD
=
6
5

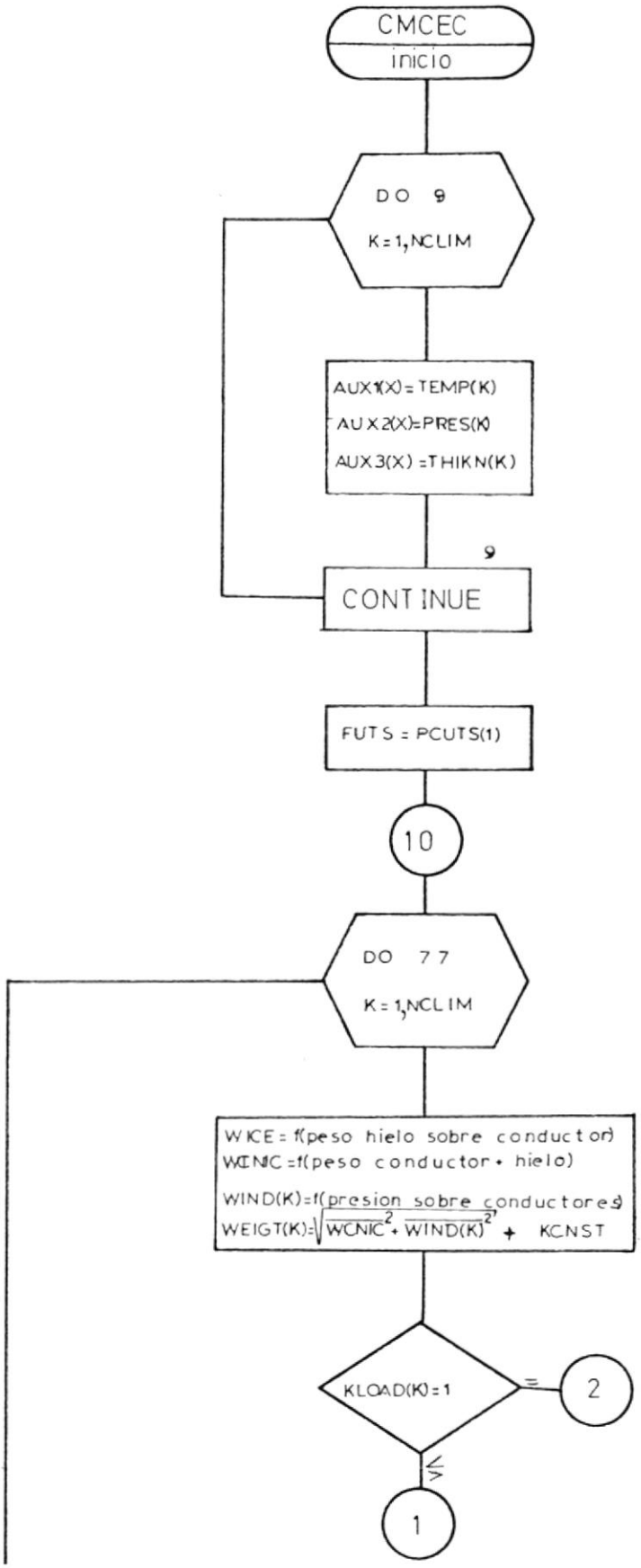

5
J=1
THLD=A(I,J)
A(I,J)=A(LHOLD,J)
A(LHOLD,J)=THLD
J:NPO
≤
J=J+1
6
A(I,I)=0.0
=
ESCRIBA
MENSAJE
10
IPO=I+1
J=IPO
A(I,J)=A(I,J)/A(I,I)
J=J+1
≤
J:NPO
K=IPO
J=IPO
8
A(K,J)=A(K,J)-A(K,I)*A(I,J)
J:NPO
≤
J=J+1
7

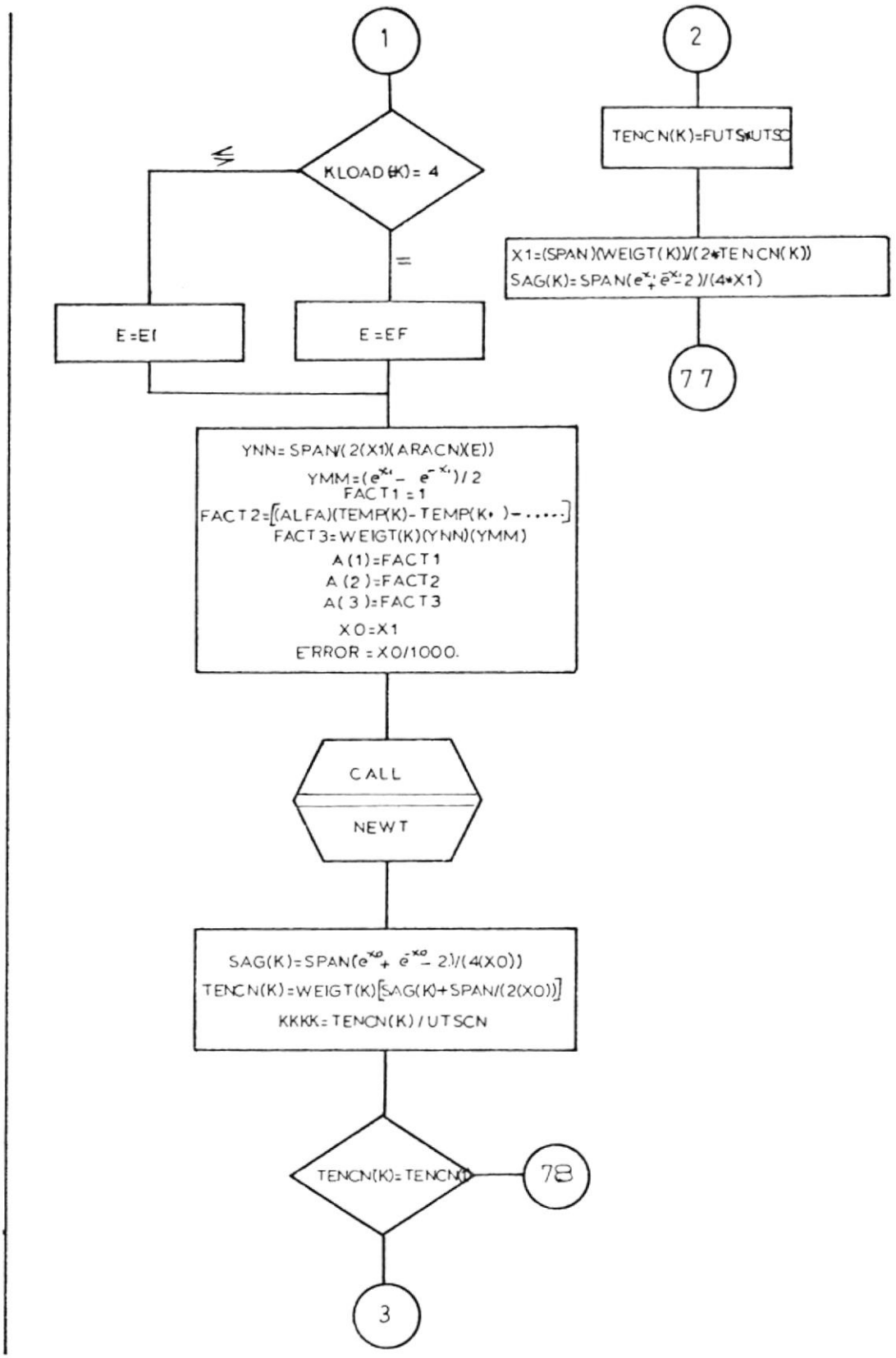

7
K:N
≤
K=K+1
J=1
8
I:M
≤
I=I+1
11
A(N,NPO)=A(N,NPO)/A(N,N)
K=1
NMKP1=N-K+1
NMK=N-K
SUM=0.0
JJ=NMKP1
SUM=SUM+A(NMK,JJ)*A(JJ,NPO)
JJ:N
≤
JJ=JJ+1
A(NMK,NPO)=A(NMK,NPO)-SUM
K:M
K=K+1
9

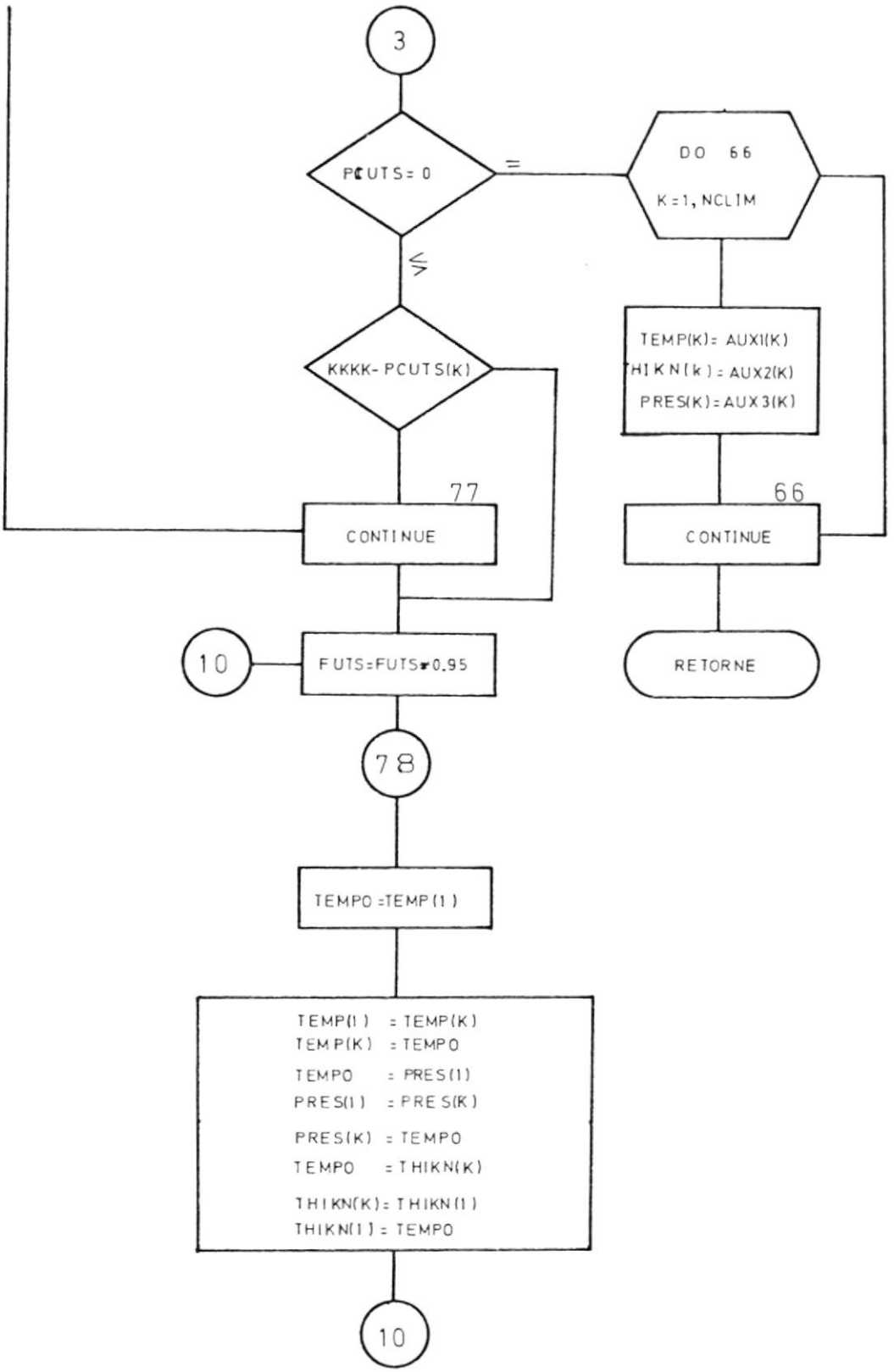

9
I = 1
AK(I) = A(I,NPO)
I : N
<
I = I + 1
>
M : 11
=
ESCRIBA
MENSAJE
10
RETORNE

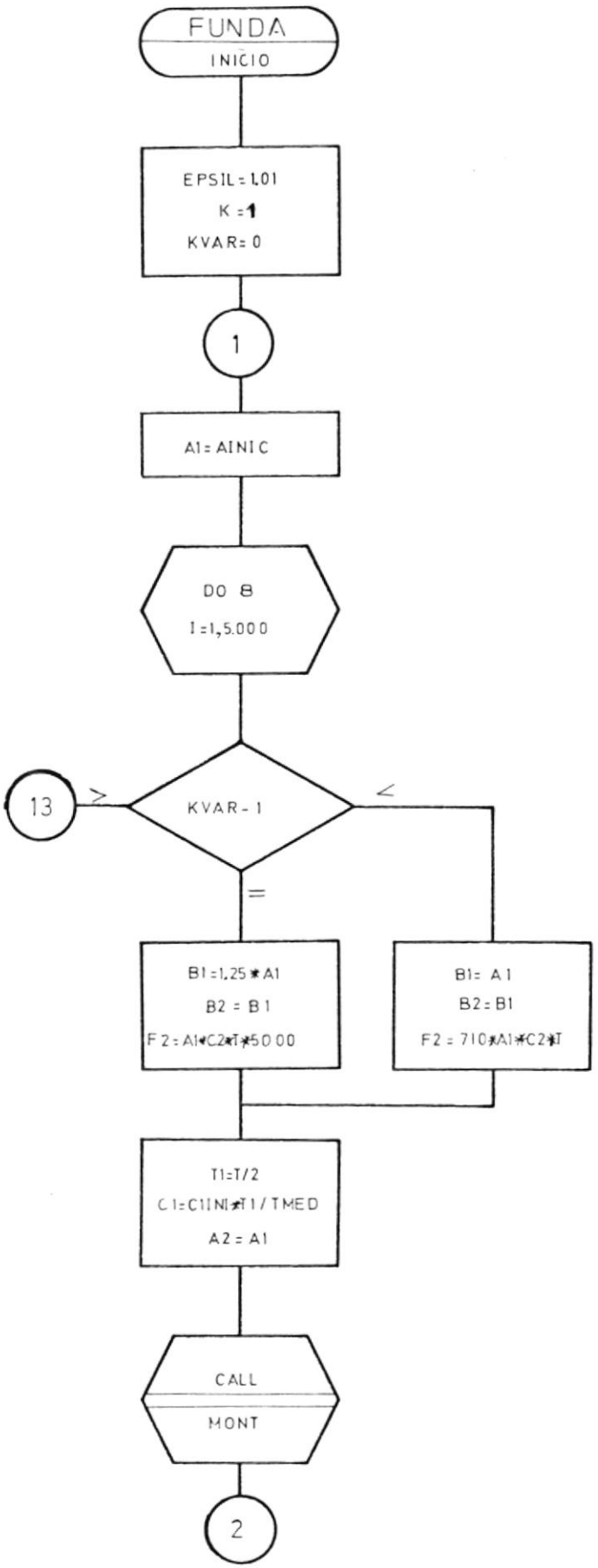

NEWT
inicio
X(2)=XLIST/2
X(1)=100.
DO 5
I=2,200
XEVA=X(J)
X(I,1)=XEVA
|X(I 1)-X(I)|
EPSI L
>
3
≤
XEVA=X(I 1)
FX=(e^XEV e^XEV)
|X(I+1)-X(I)|
<
|X(I)-X(I-1)|
6
3

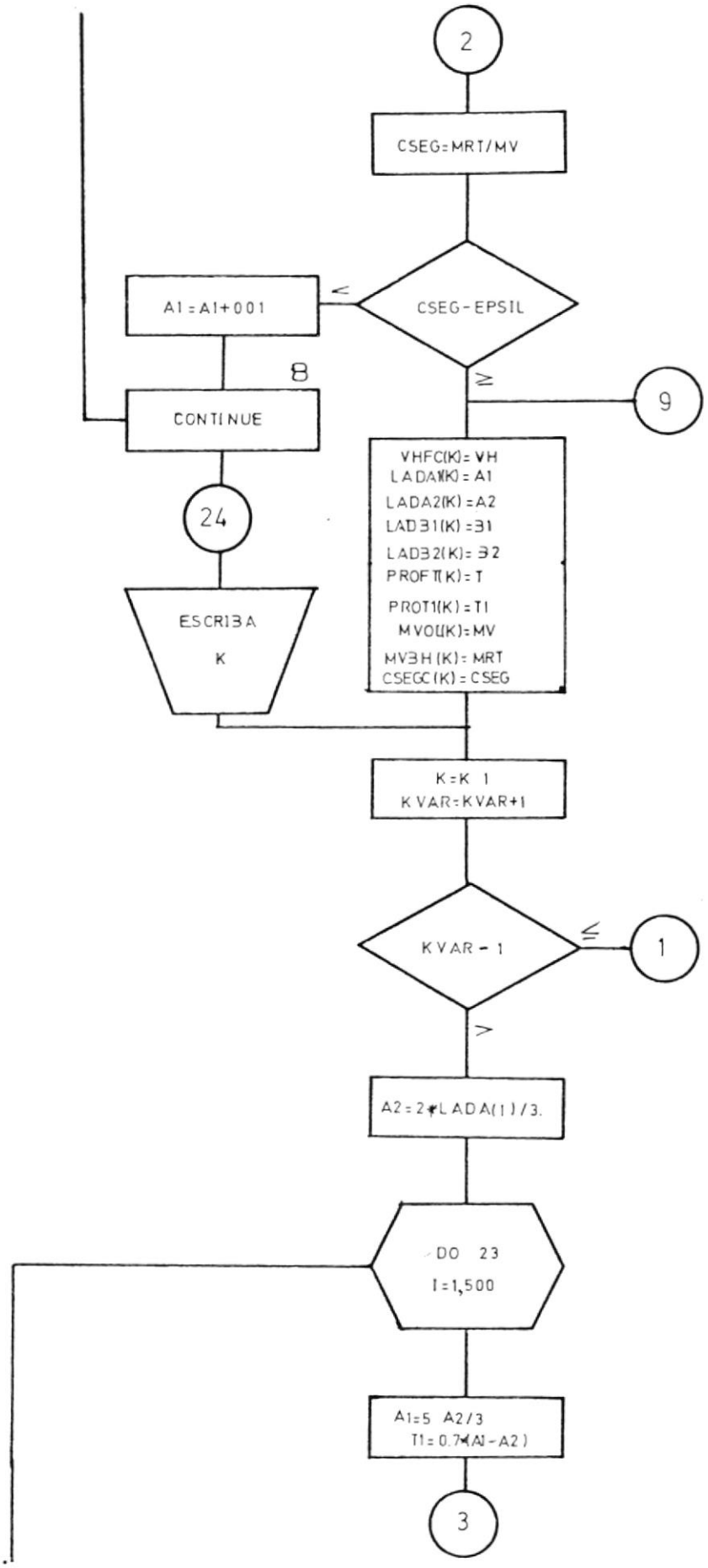

3
FX<EPSIL
4
5
CONTINUE
4
ESCRIBA
MENSAJE
6
RETORNE

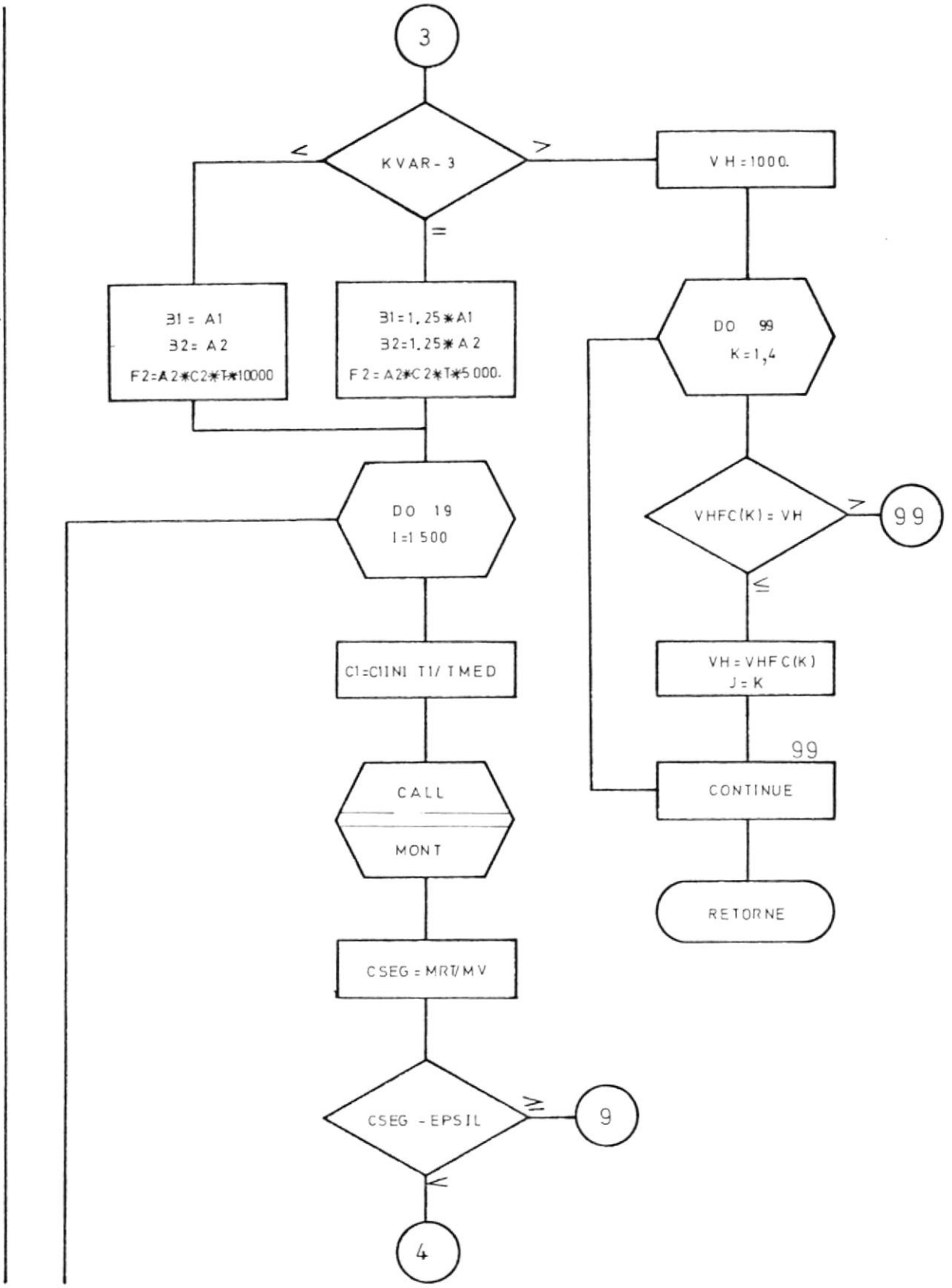

CMCEC
INICIO
DO 9
K=1,NCLIM
AUX1(X)=TEMP(K)
AUX2(X)=PRES(K)
AUX3(X)=THIKN(K)
9
CONTINUE
FUTS = PCUTS(1)
10
DO 77
K=1,NCLIM
WICE=f(peso hielo sobre conductor)
WCNIC=f(peso conductor + hielo)
WIND(K)=f(presion sobre conductores)
WEIGT(K)=√(WCNIC² + WIND(K)²) + KCNST
KLOAD(K)=1
=
2
≠
1

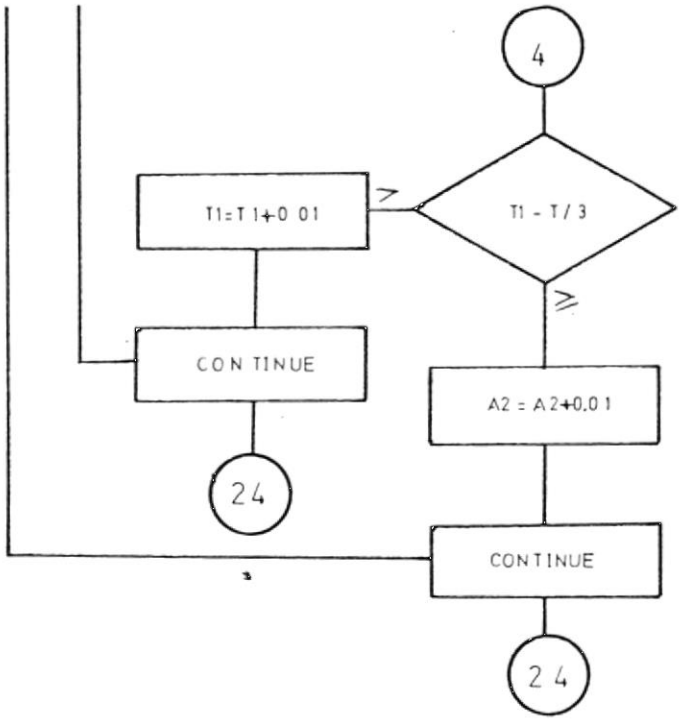

1
KLOAD(K) = 4
≤
=
E = EI
E = EF
YNN = SPAN/(2(X1)(ARACN(E))
YMM = (e^X1 − e^−X1) / 2
FACT1 = 1
FACT2 = [(ALFA)(TEMP(K) − TEMP(K+) − ....]
FACT3 = WEIGT(K)(YNN)(YMM)
A(1) = FACT1
A(2) = FACT2
A(3) = FACT3
X0 = X1
ERROR = X0/1000.
CALL
NEWT
SAG(K) = SPAN(e^X0 + e^−X0 − 2)/(4(X0))
TENCN(K) = WEIGT(K)[SAG(K) + SPAN/(2(X0))]
KKKK = TENCN(K) / UTSCN
TENCN(K) = TENCN(
78
3
2
TENCN(K) = FUTS*UTSC
X1 = (SPAN)(WEIGT(K))/(2*TENCN(K))
SAG(K) = SPAN(e^X1 + e^−X1 − 2)/(4*X1)
77

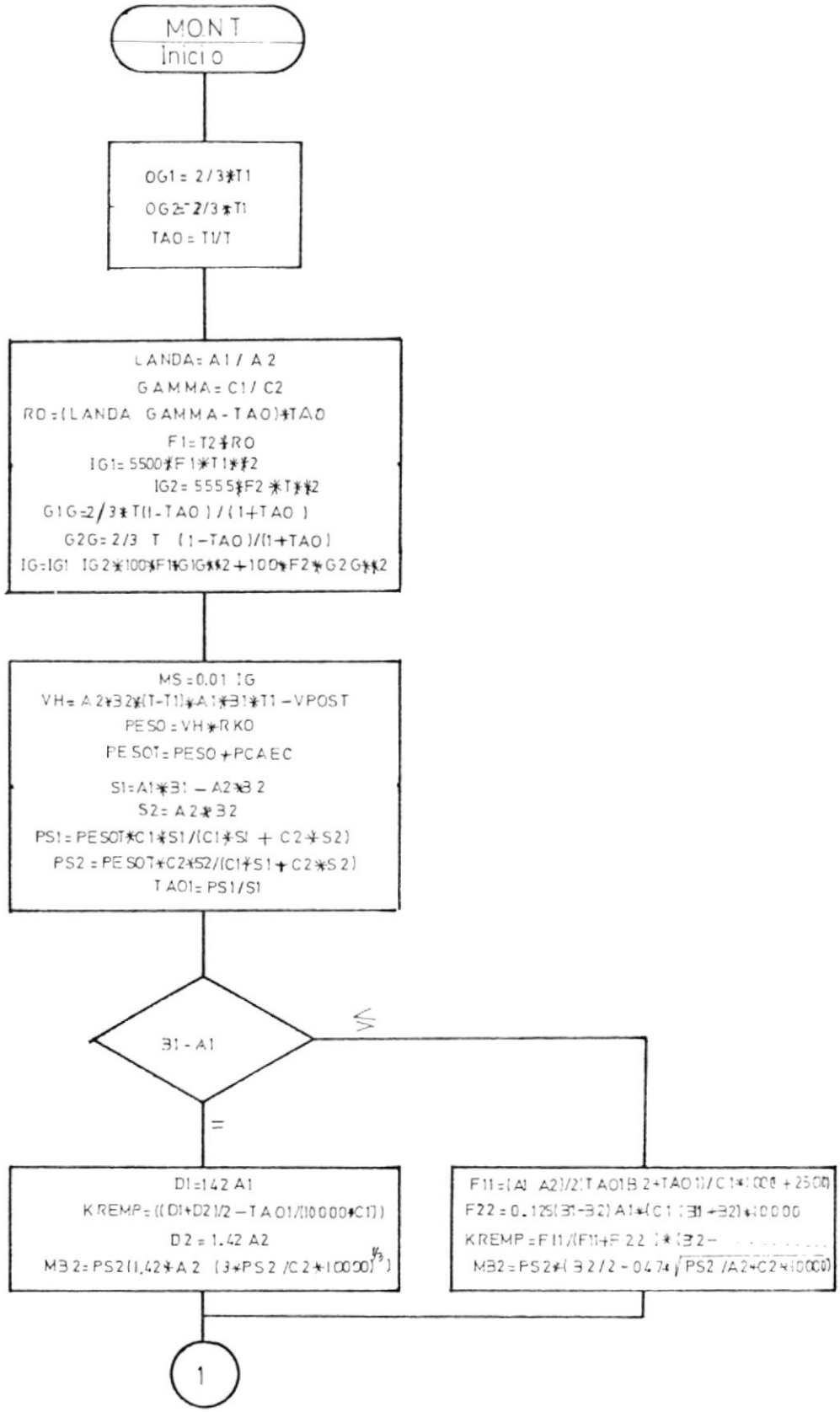

3
PCUTS= 0
=
DO 66
K=1, NCLIM
≤
KKKK- PCUTS(K)
TEMP(K)= AUX1(K)
THIKN(k) = AUX2(K)
PRES(K)=AUX3(K)
77
66
CONTINUE
CONTINUE
10
FUTS=FUTS*0.95
RETORNE
78
TEMPO =TEMP(1)
TEMP(1) = TEMP(K)
TEMP(K) = TEMPO
TEMPO = PRES(1)
PRES(1) = PRES(K)
PRES(K) = TEMPO
TEMPO = THIKN(K)
THIKN(K)= THIKN(1)
THIKN(1) = TEMPO
10

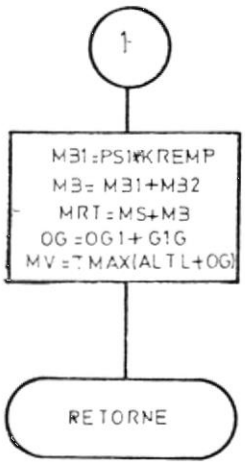

FUNDA
INICIO
EPSIL = 1.01
K = 1
KVAR = 0
1
A1 = AINIC
DO 8
I = 1,5000
13
>
KVAR - 1
<
=
B1 = 1.25 * A1
B2 = B1
F2 = A1*C2*T*5000
B1 = A1
B2 = B1
F2 = 710*A1*C2*T
T1 = T/2
C1 = C1INI*T1 / TMED
A2 = A1
CALL
MONT
2

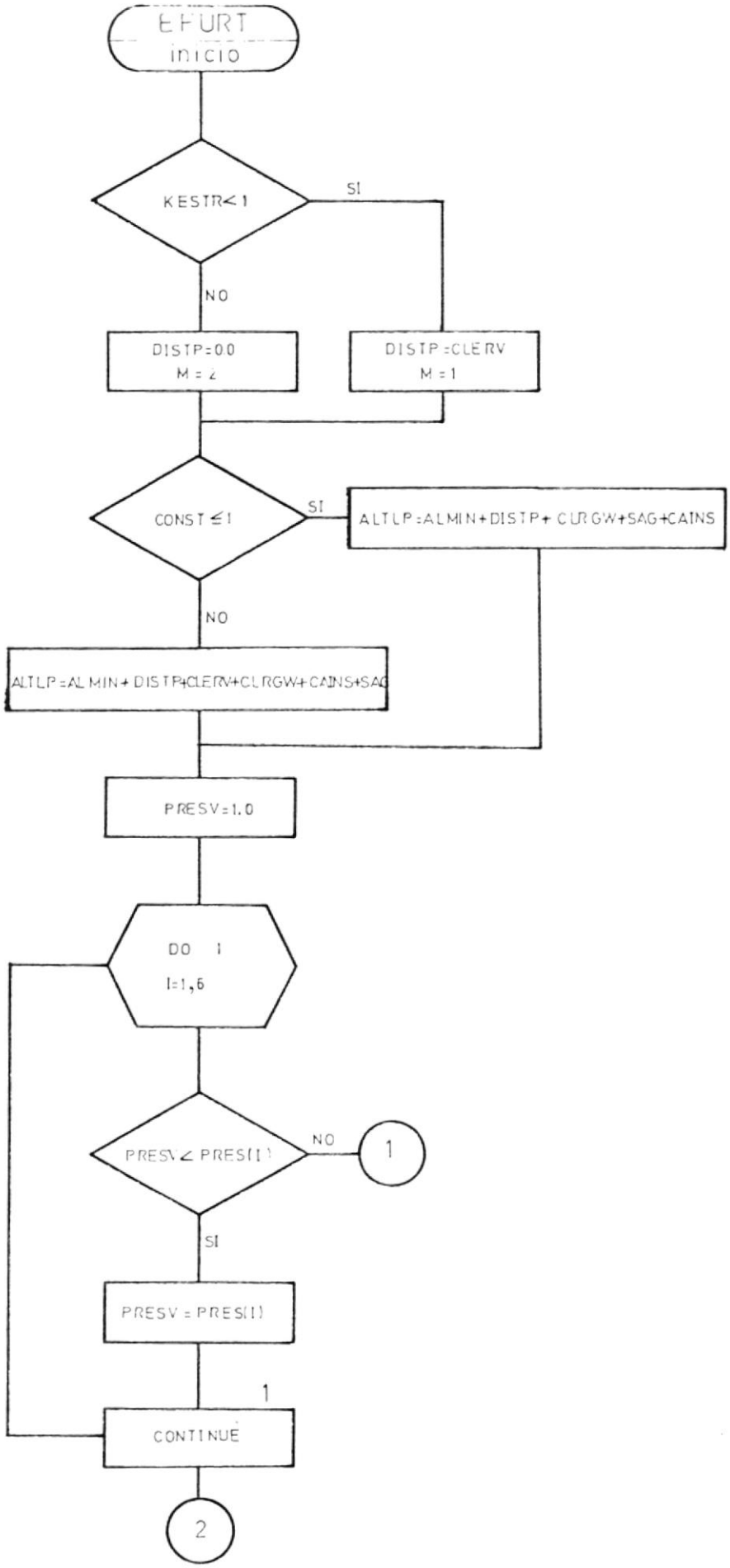

2
CSEG=MRT/MV
CSEG-EPSIL
<
A1=A1+001
8
CONTINUE
24
ESCRIBA
K
≥
9
VHFC(K)=VH
LADA1(K)=A1
LADA2(K)=A2
LADB1(K)=B1
LADB2(K)=B2
PROFT(K)=T
PROT1(K)=T1
MVOL(K)=MV
MVBH(K)=MRT
CSEGC(K)=CSEG
K=K 1
KVAR=KVAR+1
KVAR-1
≤
1
>
A2=2*LADA(1)/3.
DO 23
I=1,500
A1=5 A2/3
T1=0.7*(A1-A2)
3

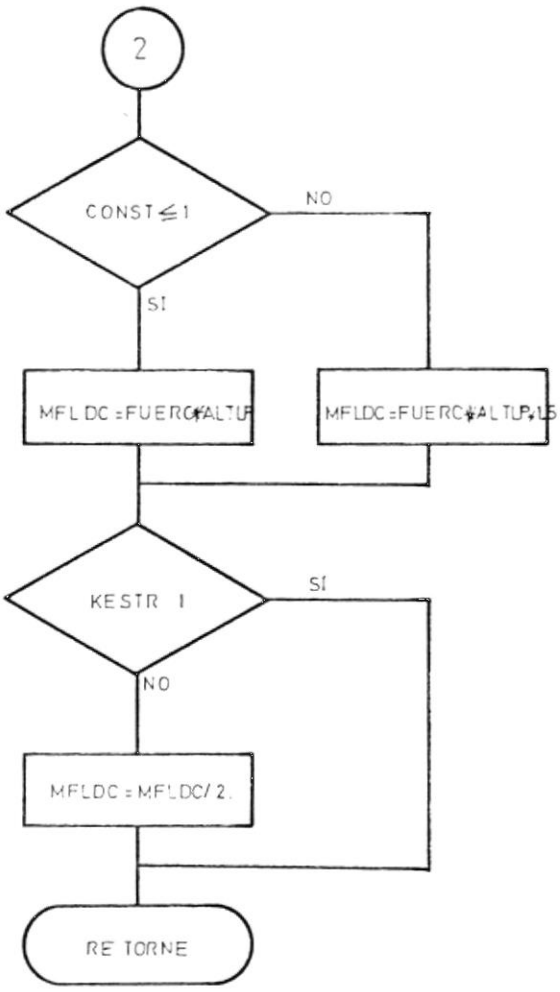

3
KVAR - 3
<
=
>
B1 = A1
B2 = A2
F2=A2*C2*T*10000
B1=1,25*A1
B2=1,25*A2
F2=A2*C2*T*5000.
VH=1000.
DO 99
K=1,4
VHFC(K) = VH
>
99
≤
VH=VHFC(K)
J=K
99
CONTINUE
RETORNE
DO 19
I=1500
C1=C11N1 T1/TMED
CALL
MONT
CSEG=MRT/MV
CSEG - EPSIL
≥
9
<
4

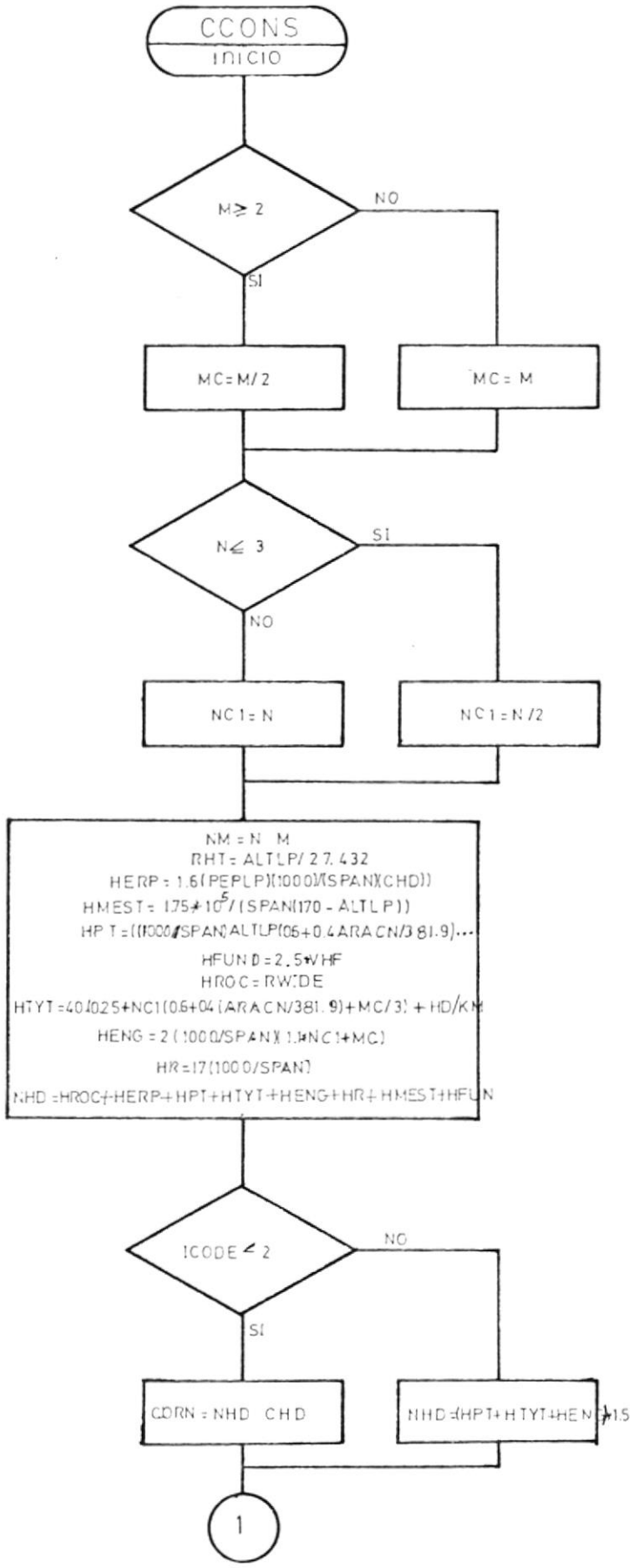

4
T1=T1+0 01
T1 - T/3
<
≥
CONTINUE
A2 = A2+0.01
24
CONTINUE
24

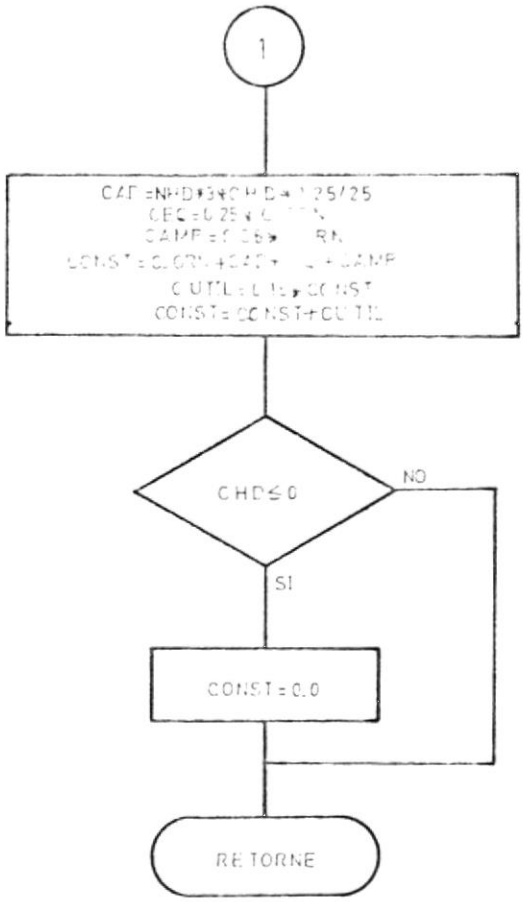

MONT
Inicio
OG1 = 2/3*T1
OG2 = 2/3*T1
TAO = T1/T
LANDA = A1 / A2
GAMMA = C1 / C2
RO = (LANDA GAMMA - TAO)*TAO
F1 = T2*RO
IG1 = 5500*F1*T1**2
IG2 = 5555*F2*T**2
G1G = 2/3*T(1 - TAO) / (1 + TAO)
G2G = 2/3 T (1 - TAO)/(1 + TAO)
IG = IG1 IG2*100*F1*G1G**2 + 100*F2*G2G**2
MS = 0.01 IG
VH = A2*B2*(T - T1)*A1*B1*T1 - VPOST
PESO = VH*RKO
PESOT = PESO + PCAEC
S1 = A1*B1 - A2*B2
S2 = A2*B2
PS1 = PESOT*C1*S1/(C1*S1 + C2*S2)
PS2 = PESOT*C2*S2/(C1*S1 + C2*S2)
TAO1 = PS1/S1
B1 - A1
=
<=
D1 = 1.42 A1
KREMP = ((D1+D2)/2 - TAO1/(10000*C1))
D2 = 1.42 A2
MB2 = PS2/(1.42*A2 (3*PS2 /C2*100000)**1/3)
F11 = (A1 A2)/2(TAO1B2+TAO1)/C1*1000 + 2500
F22 = 0.125(B1-B2) A1*(C1 (B1 +B2)*10000
KREMP = F11/(F11+F22)*(B2 -
MB2 = PS2*(B2/2 - 0.7*√(PS2 /A2*C2*10000)
1

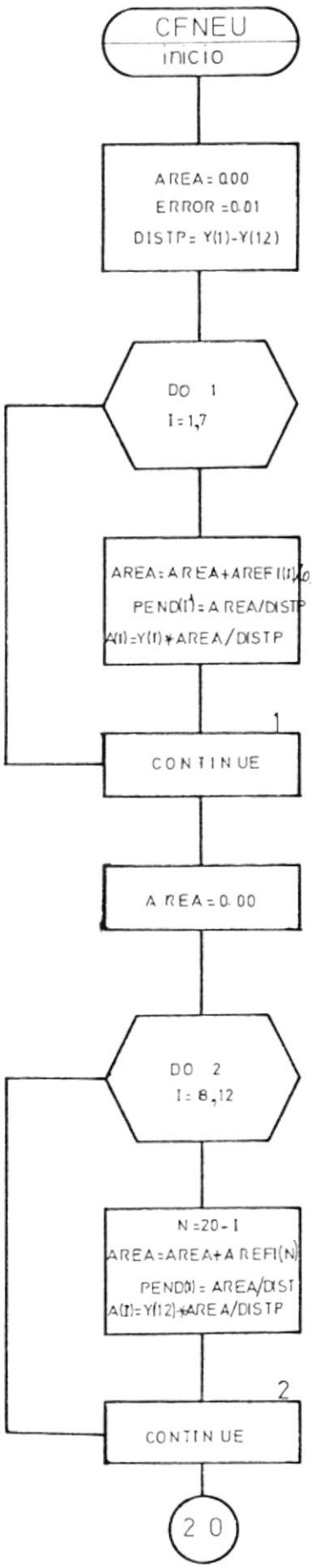

1
MB1=PSI*KREMP
MB= MB1+MB2
MRT=MS+MB
OG=OG1+G1G
MV=MAX(ALTL+OG)
RETORNE

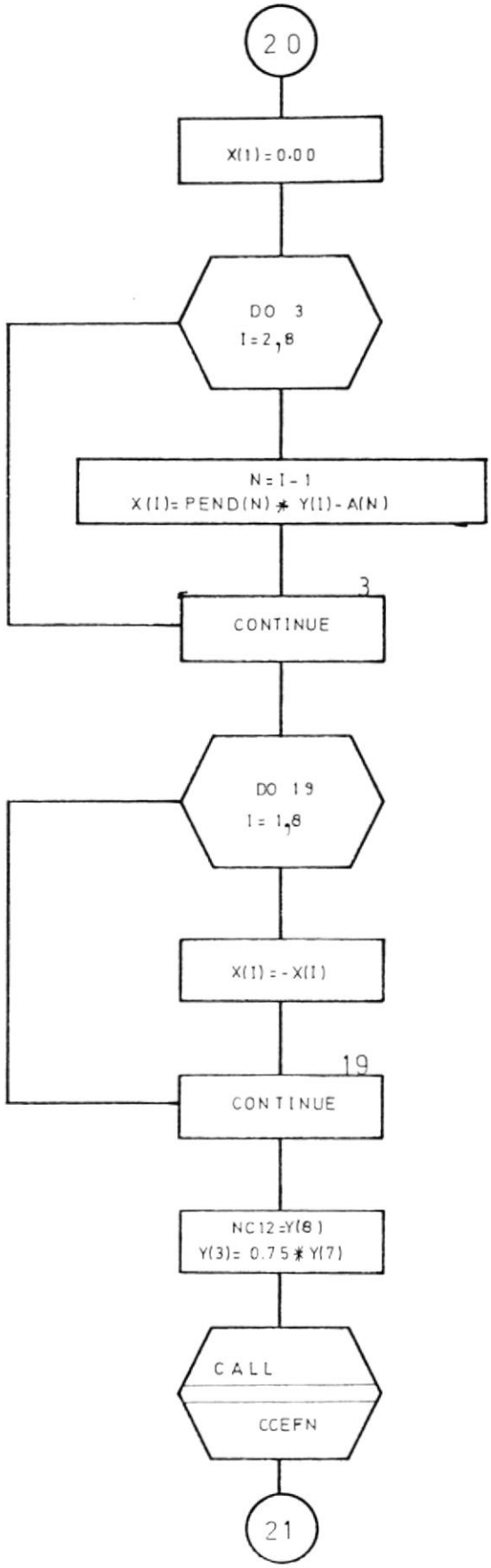

EFURT
INICIO
KESTR<1
SI
NO
DISTP=0.0
M=2
DISTP=CLERV
M=1
CONST≤1
SI
ALTLP=ALMIN+DISTP+CURGW+SAG+CAINS
NO
ALTLP=ALMIN+DISTP+CLERV+CURGW+CAINS+SAG
PRESV=1.0
DO 1
I=1,6
PRESV<PRES(I)
NO
1
SI
PRESV=PRES(I)
1
CONTINUE
2

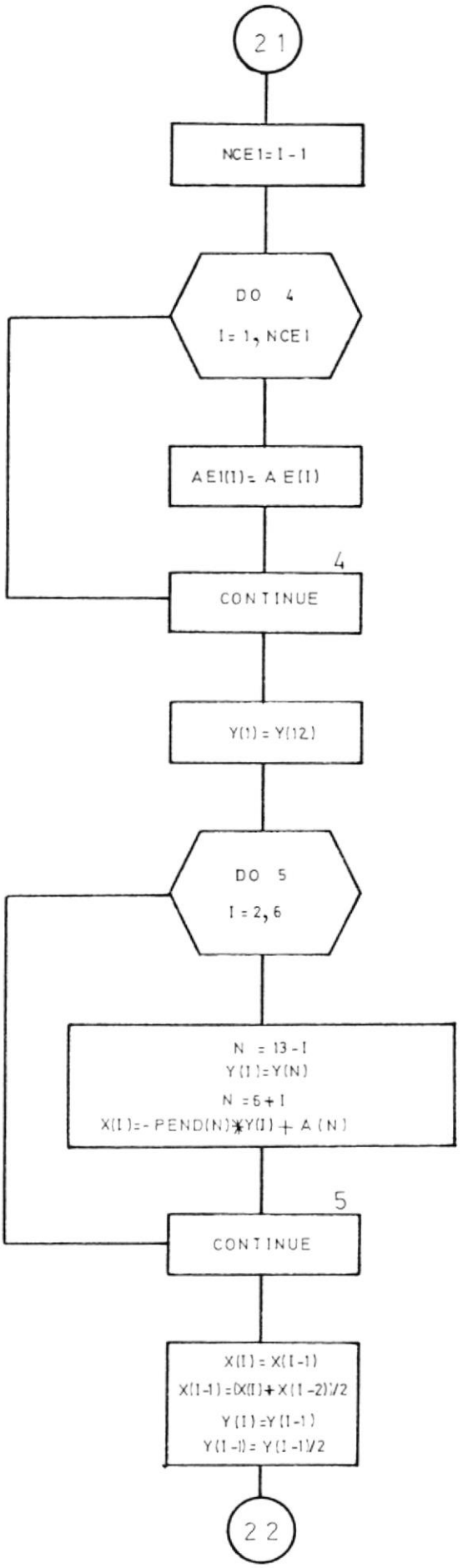

2
CONST≤1
NO
SI
MFLDC=FUERC*ALTUP
MFLDC=FUERC*ALTUP*LS
KESTR 1
SI
NO
MFLDC=MFLDC/2.
RETORNE

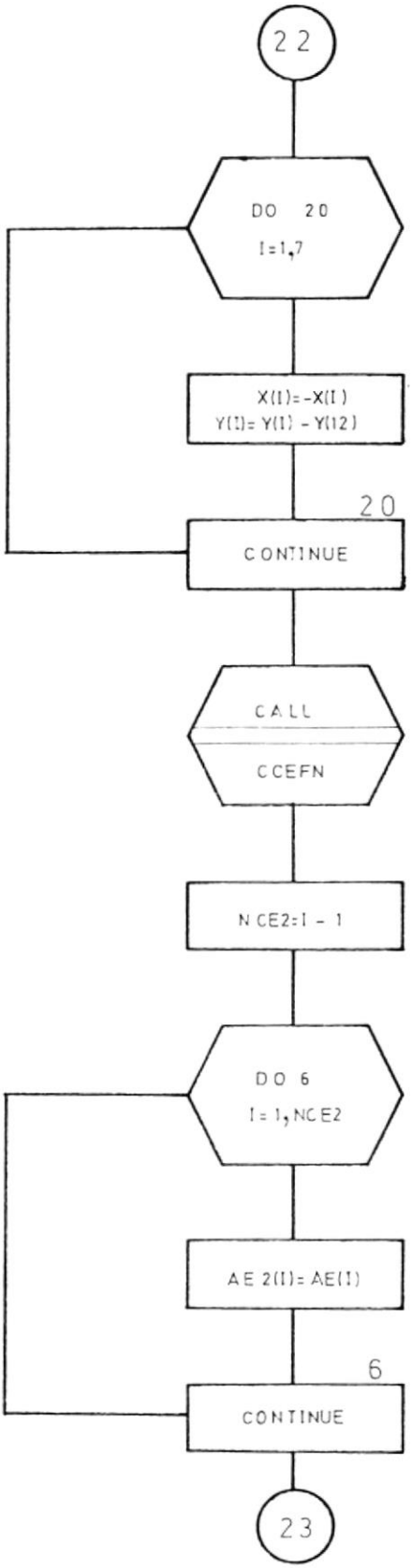

CCONS
INICIO
M≥ 2
NO
SI
MC=M/2
MC = M
N≤ 3
SI
NO
NC1=N
NC1=N/2
NM = N M
RHT = ALTLP/27.432
HERP = 1.6(PEPLP)(1000)/(SPAN)(CHD))
HMEST = 1.75*10^5/(SPAN(170 - ALTLP))
HPT =((1000/SPAN)ALTLP(05+0.4ARACN/381.9)...
HFUN 0 = 2.5*VHF
HROC = RW.DE
HTYT =40/025+NC1(06+04(ARACN/381.9)+MC/3) + HD/KM
HENG = 2 (1000/SPAN)(1.1*NC1+MC)
HR=17(1000/SPAN)
NHD =HROC+HERP+HPT+HTYT+HENG+HR+HMEST+HFUN
ICODE ≤ 2
NO
SI
CDRN = NHD CHD
NHD=(HPT+HTYT+HEN...*1.5
1

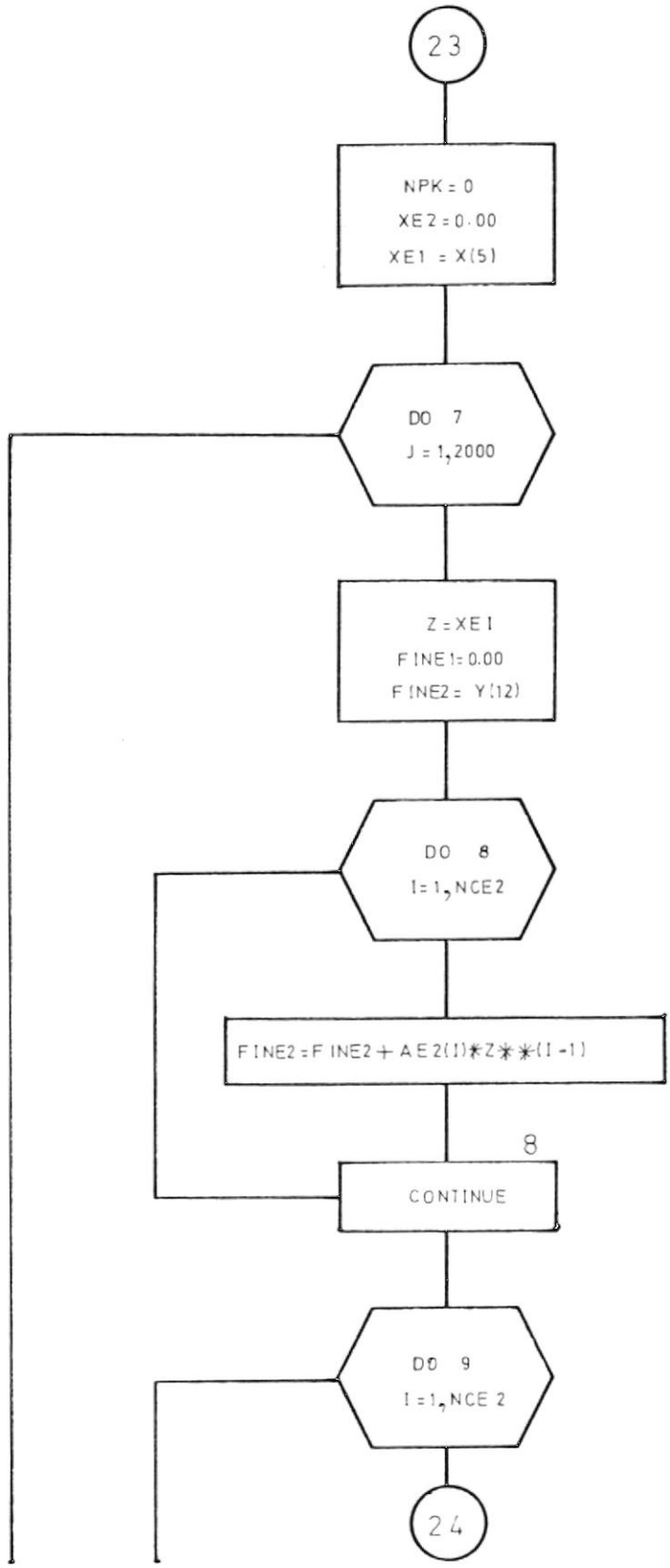

1
CHD≤0
NO
SI
CONST = 0.0
RETORNE

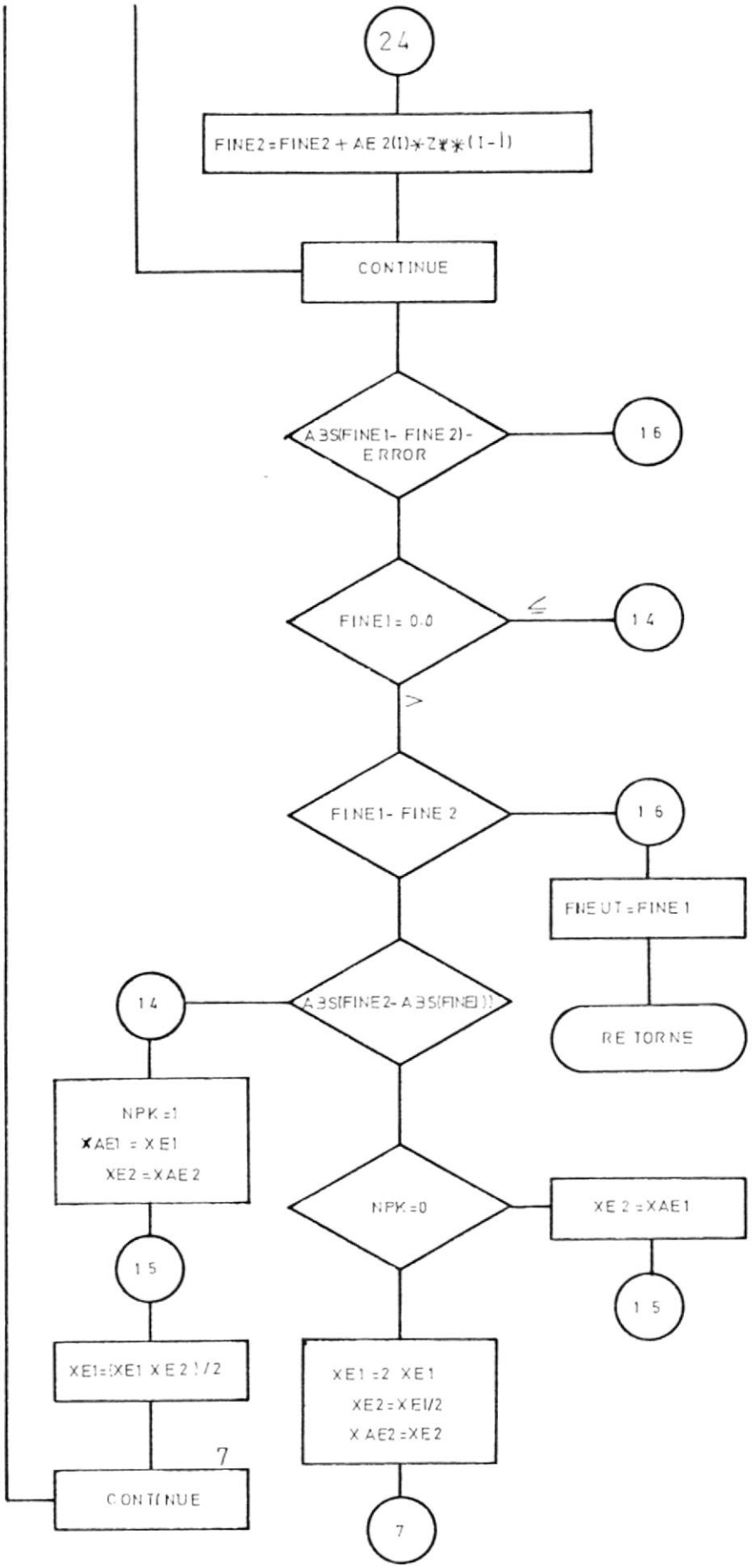

CFNEU
INICIO
AREA = 0.00
ERROR = 0.01
DISTP = Y(1)-Y(12)
DO 1
I = 1,7
AREA = AREA+AREFI(I)
PEND(I) = AREA/DISTP
A(I) = Y(I)+AREA/DISTP
1
CONTINUE
AREA = 0.00
DO 2
I = 8,12
N = 20 - I
AREA = AREA+AREFI(N)
PEND(I) = AREA/DISTP
A(I) = Y(12)+AREA/DISTP
2
CONTINUE
20

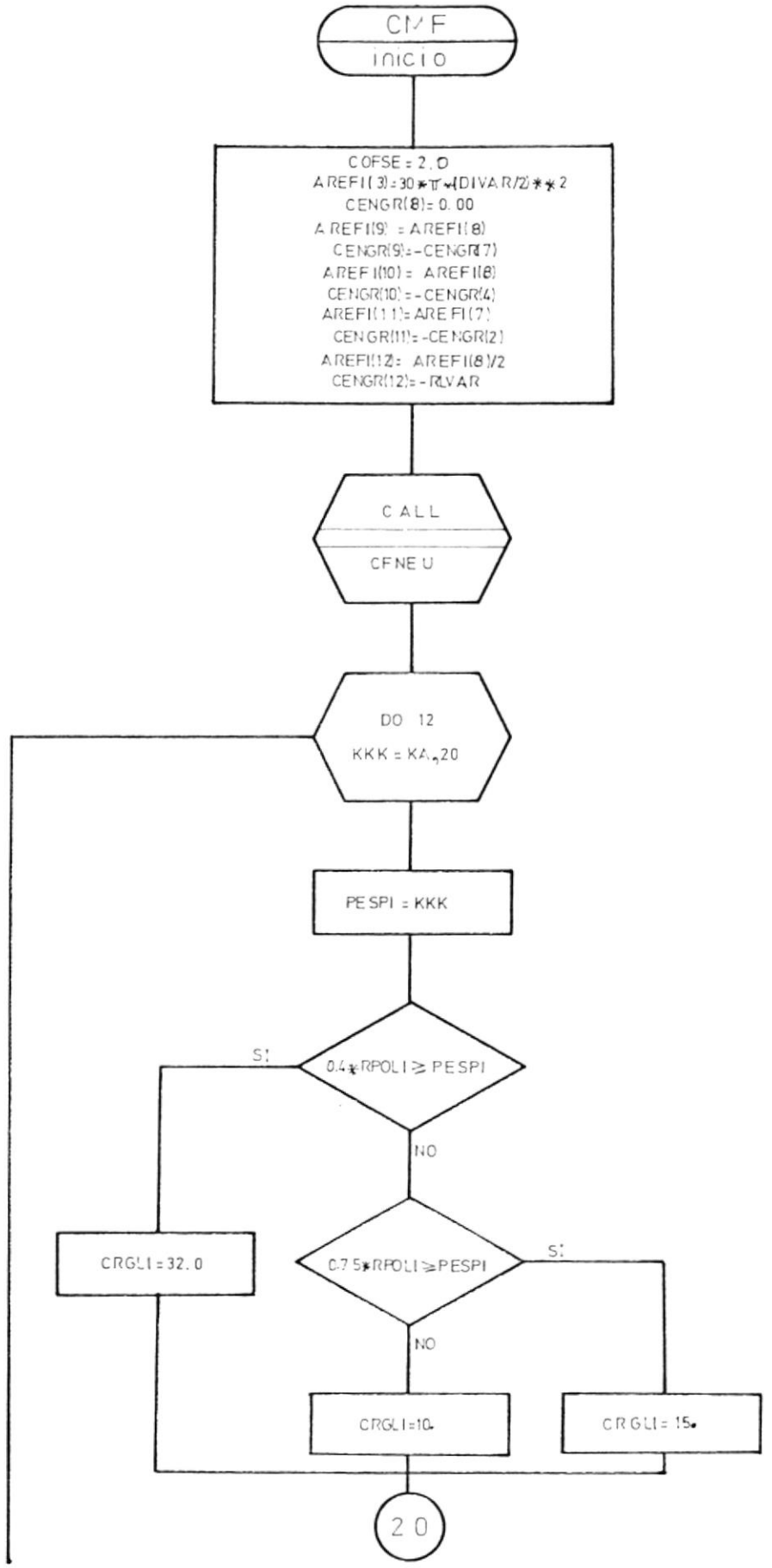

20
X(1) = 0.00
DO 3
I = 2,8
N = I - 1
X(I) = PEND(N) * Y(I) - A(N)
3
CONTINUE
DO 19
I = 1,8
X(I) = - X(I)
19
CONTINUE
NC12 = Y(8)
Y(3) = 0.75 * Y(7)
CALL
CCEFN
21

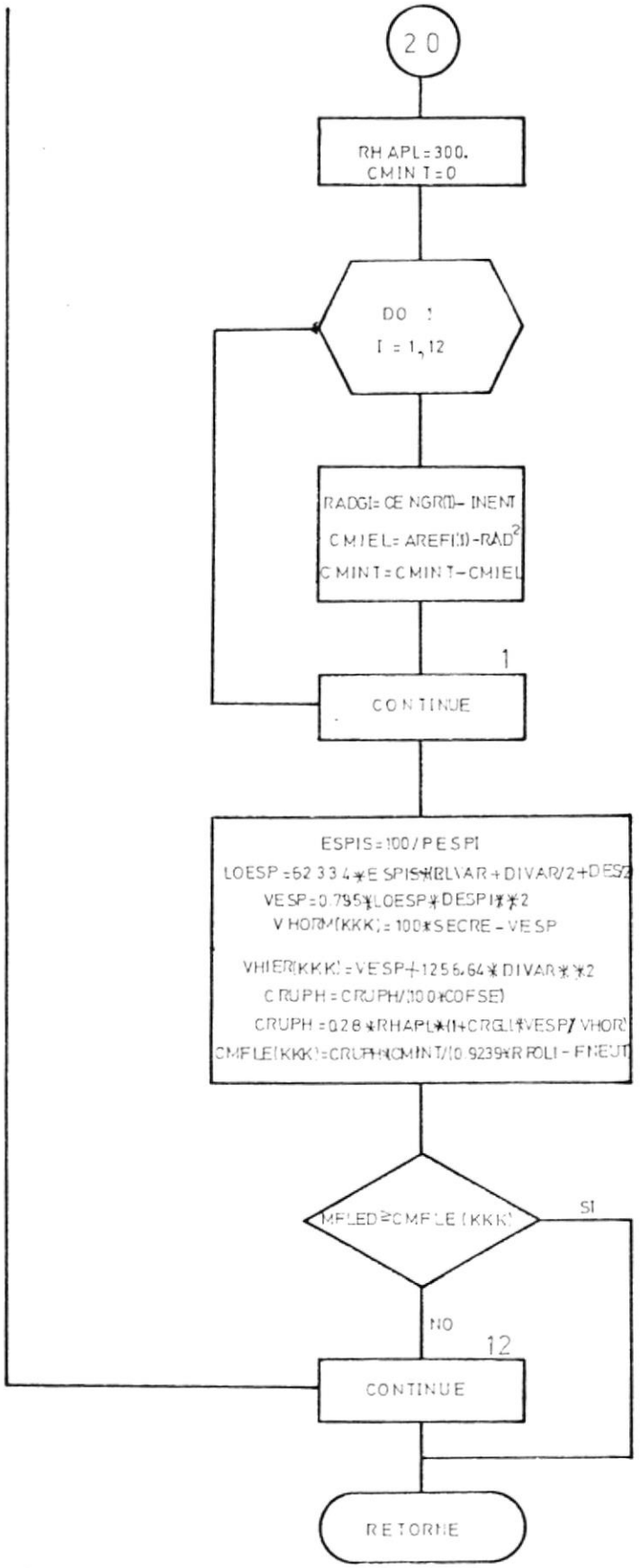

21
NCE1=I-1
DO 4
I=1, NCE1
AE1(I)=AE(I)
4
CONTINUE
Y(1)=Y(12)
DO 5
I=2, 6
N=13-I
Y(I)=Y(N)
N=6+I
X(I)=-PEND(N)*Y(I)+A(N)
5
CONTINUE
X(I)=X(I-1)
X(I-1)=(X(I)+X(I-2))/2
Y(I)=Y(I-1)
Y(I-1)=Y(I-1)/2
22


22
DO 20
I=1,7
X(I)=-X(I)
Y(I)=Y(I)-Y(12)
20
CONTINUE
CALL
CCEFN
NCE2=I-1
DO 6
I=1,NCE2
AE2(I)=AE(I)
6
CONTINUE
23


23
NPK = 0
XE2 = 0.00
XE1 = X(5)
DO 7
J = 1,2000
Z = XE1
FINE1 = 0.00
FINE2 = Y(12)
DO 8
I = 1,NCE2
FINE2 = FINE2 + AE2(I)*Z**(I-1)
8
CONTINUE
DO 9
I = 1,NCE2
24


24
FINE2=FINE2+AE 2(I)*Z**(I-1)
CONTINUE
ABS(FINE1-FINE2)-ERROR
16
FINE1=0.0
≤
14
>
FINE1-FINE 2
16
FINEUT=FINE1
RETORNE
14
ABS(FINE2-ABS(FINE1))
NPK=1
XAE1=XE1
XE2=XAE2
15
XE1=(XE1+XE2)/2
7
CONTINUE
NPK=0
XE2=XAE1
15
XE1=2 XE1
XE2=XE1/2
XAE2=XE2
7


CMF
INICIO
COFSE = 2.0
AREFI(3) = 30*π*(DIVAR/2)**2
CENGR(8) = 0.00
AREFI(9) = AREFI(8)
CENGR(9) = -CENGR(7)
AREFI(10) = AREFI(8)
CENGR(10) = -CENGR(4)
AREFI(11) = AREFI(7)
CENGR(11) = -CENGR(2)
AREFI(12) = AREFI(8)/2
CENGR(12) = -RLVAR
CALL
CFNEU
DO 12
KKK = KA,20
PESPI = KKK
0.4*RPOLI ≥ PESPI
SI
NO
CRGLI = 32.0
0.75*RPOLI ≥ PESPI
SI
NO
CRGLI = 10.
CRGLI = 15.
20


20
RHAPL=300.
CMINT=0
DO 1
I = 1,12
RADGI=CENGR(I)-INENT
CMIEL=AREFI(I)-RAD**2
CMINT=CMINT-CMIEL
1
CONTINUE
ESPIS=100/PESPI
LOESP=62.334*ESPIS*(DLVAR+DIVAR/2+DES2
VESP=0.795*LOESP*DESPI**2
VHOR(KKK)=100*SECRE-VESP
VHIER(KKK)=VESP+1256.64*DIVAR**2
CRUPH=CRUPH/100*COFSE)
CRUPH=0.28*RHAPL*(1+CRGLI*VESP/VHOR)
CMFLE(KKK)=CRUPH*CMINT/(0.9239*RROLI-ENEUT)
MFLED≥CMFLE(KKK)
SI
NO
12
CONTINUE
RETORNE

ANEXO 4

LISTADO Y RESULTADOS DE COMPUTACION

```
// JOB

LOG DRIVE   CART SPEC   CART AVAIL   PHY DRIVE
  0000        0003         0003         0000

V2 M10   ACTUAL  8K  CONFIG  8K

// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM


      SUBROUTINE  NEWT(A,XSLI,EPSIL)


C     ************************************************
C     * EVALUA POR EL METODO DE NEWTON-RAPHON EL VALOR DE X*
C     ************************************************
C             * VARIABLES DE ENTRAD Y SALIDA *
C     A(2),A(3).-COEFICIENTES DE LA ECUACION
C     XSLI.-     ENTRADA DE VALOR INICIAL Y SALIDA DE VALOR
C     EVALUADO DE X
C     EPSIL.-    ERROR PERMISIBLE DE LA RAIZ


      DIMENSION X(200),A(5)

C     INICIALIZA EL VALOR DE X(2)

      X(2)=XSLI/2.

C     VALOR INICIAL DE X(1)

      X(1)=100.
      DO 5 I=2,200

C     IGUALA EL VALOR A EVALUAR AL VALOR DE X(I)

      XEVA=X(I)

C     EVALUA LA FUNCION F(X)

      X(I+1)=XEVA-(EXP(XEVA)-EXP(-XEVA)-2*A(2)*XEVA-2*A(3))
     */(EXP(XEVA)+EXP(-XEVA)-2.*A(2))

C     ALMACENA EL VALOR DE X NUEVA

      XSLI=X(I+1)

C     COMPARA SI LA DIFERENCIA ENTRE X NUEVA Y X ANTERIOR ES
C     MENOR O MAYOR QUE EL ERROR PRESCRITO

      IF(ABS(X(I+1)-X(I))-EPSIL)2,2,3
    2 XEVA=X(I+1)

C     CALCULA LA FUNCION F(X)
      FX=ABS(EXP(XEVA)-EXP(-XEVA)-2*A(2)*XEVA-2*A(3))/2.
```

```
C       COMPARA SI F(X) ES MAYOR,MENOR O IGUAL QUE EPSILON
        IF(FX-EPSIL)6,6,3

C       COMPARA SI LA DIFERENCIA ENTRE TRES VALORES
C       CONSECUTIVOS A AUMENTADO O A DISMINUIDO

    3   IF(ABS(X(I+1)-X(I))-ABS(X(I)-X(I-1)))5,5,4
    5   CONTINUE

C       CUANDO EL VALOR HA AUMENTADO ESCRIBE
C               'NO EXISTE CONVERGENCIA'

    4   WRITE(3,9)
    9   FORMAT(20X,'  NO EXISTE CONVERGENCIA')
    6   RETURN
        END

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR NEWT
 COMMON       0  VARIABLES    428  PROGRAM     310

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 01C2 (HEX)

END OF COMPILATION
```

```
// JOB

LOG DRIVE   CART SPEC   CART AVAIL  PHY DRIVE
  0000        0003        0003        0000

V2 M10   ACTUAL  8K  CONFIG  8K

// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM


      SUBROUTINE CMCEC(SAG,NCLIM,PRES,TEMP,DCON,WEICN,ARACN,
     *UTSCN,SPAN,ALFA,EI,EF,TENCN,KCNST,THIKN,KLOAD,PCUTS)


C     ********************************************************
C     * SUBRUTINA QUE CALCULA FLECHAS Y TENSIONES DE LOS     *
C     * CONDUCTORES APLICANDO LA ECUACION DE ESTADO          *
C     ********************************************************
C             * VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA *
C     NCLIM.-NUMERO DE ESTADOS CLIMATERICOS
C     TEMP.-TEMPERATURA DE TRABAJO
C     WEICN.-PESO DEL CONDUCTOR
C     UTSCN.-TENSION DE RUPTURA
C     EI,EF.-COEFICIENTES DE DILATACION LINEAL INICIALY FINAL
C     THIKN.-ESPESOR DEL HIELO
C     PCUTS.-PORCENTAJE DE UTSCN
C     PRES.-PRESION DEL VIENTO
C     DCON.-DIAMETRO DEL CONDUCTOR
C     ARACN.-SECCION DEL CONDUCTOR
C     ALFA.-COEFICIENTE DE EXPANSION LINEAL
C     KCNST.-CONSTANTE A SER ADICIONADA
C     KLOAD.-CONSTANTE CLIMATICA
C     SAG.-FLECHA DE LOS CONDUCTORES CALCULADA EN EL PROGRAMA
C     TENCN.-TENSION QUE SOPORTAN LOS CONDUCTORES


      REAL KCNST,KKKK
      DIMENSION PRES(6),TEMP(6),WIND(6),WEIGT(6),
     *SAG(6),TENCN(6),THIKN(6),A(5)
      DIMENSION AUX1(6),AUX2(6),AUX3(6),KLOAD(6),PCUTS(6)

C     ALMACENA VALORES DE TEMPERATURA, PRESION DE VIENTO
C     ESPESOR DEL HIELO

      DO 9 K=1,NCLIM
      AUX1(K)=TEMP(K)
      AUX2(K)=PRES(K)
    9 AUX3(K)=THIKN(K)

C     IGUALA AL PORCENTAJE DE UTSCN INICIAL

      FUTS=PCUTS(1)

C     COMIENZA EL PROCESO ITERATIVO

   10 DO 77 K=1,NCLIM
```

```
      PI=3.1416
C     CALCULA EL PESO DEL HIELO A LO LARGO DEL VANO
      WICE=PI*(((THIKN(K)+DCON/2.))**2.-(DCON/2.)**2.)
     **1000.45*SPAN
C     PESO DEL CONDUCTOR MAS PESO DEL HIELO
      WCNIC=WEICN*SPAN+WICE
C     DIAMETRO DEL CONDUCTOR MAS ESPESOR DEL HIELO
      DTHK=DCON+2.*THIKN(K)
C     PRESION DEL VIENTO EN EL CONDUCTOR
      WIND(K)=PRES(K)*DTHK*SPAN
C     PESO TOTAL PARA CADA UNA DE LAS CONDICIONES
      WEIGT(K)=(SQRT(WCNIC**2.+WIND(K)**2.)+KCNST*SPAN)/SPAN
      IF(KLOAD(K)-1) 22,11,22
C     TENSION A LA QUE VA HA ESTAR SOMETIDA EL CONDUCTOR
   11 TENCN(K)=FUTS*UTSCN
C     CALCULA LA FLECHA INICIAL
      X1=SPAN*WEIGT(K)/(2*TENCN(K))
      SAG(K)=SPAN*(EXP(X1)+EXP(-X1)-2.)/(4*X1)
      GO TO 77
   22 IF(KLOAD(K)-4)31,29,31
C     IGUALACION DEL COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL
   31 E=EI
      GO TO 33
   29 E=EF
C     CONSTANTES DE  LA ECUACION A EVALUAR
   33 YNN=SPAN/(2*X1*ARACN*E)
      YMM=(EXP(X1)-EXP(-X1))/2.
      FACT1=1.0
      FACT2=(ALFA*(TEMP(K)-TEMP(K-1))-WEIGT(1)*YNN+1.)*YMM/X1
      FACT3=WEIGT(K)*YNN*YMM
      A(1)=FACT1
      A(2)=FACT2
      A(3)=FACT3
      X0=X1
      ERROR=X0/1000.
      CALL NEWT(A,X0,ERROR)
C     CALCULA FLECHA FINAL
      SAG(K)=SPAN*(EXP(X0)+EXP(-X0)-2.)/(4.0*X0)
```

```
C      TENCION FINAL

       TENCN(K)=WEIGT(K)*(SAG(K)+SPAN/(2.*XO))

C      CALCULA PORCENTAJE DE UTS

       KKKK=TENCN(K)/UTSCN

C      COMPARA TENSIONES FINAL E INICIAL

       IF(TENCN(K)-TENCN(1)) 70,70,78

C      PREGUNTA SI EL PORCENTAJE DE TENSION ES CERO

   70  IF(PCUTS(K))304,90,304

C      COMPARA PORCENTAJES CALCULADOS Y DADOS DE UTS

  304  IF(KKKK-PCUTS(K))77,77,80
   77  CONTINUE
       GO TO 90

C      SI EL PORCENTAJE CALCULADO ES MAYOR QUE EL PORCENTAJE
C      FINAL DADO SE REDUCE EL PORCENTAJE INICIAL
C      MULTIPLICANDOLO POR UN VALOR CONSTANTE

   80  FUTS=FUTS*0.95
       GO TO 10

C      CAMBIA LOS VALORES DE TEMPERATURA,PRESION DEL VIENTO
C      Y ESPESOR DEL HIELO

   78  TEMPO=TEMP(1)
       TEMP(1)=TEMP(K)
       TEMP(K)=TEMPO
       TEMPO=PRES(1)
       PRES(1)=PRES(K)
       PRES(K)=TEMPO
       TEMPO=THIKN(1)
       THIKN(1)=THIKN(K)
       THIKN(K)=TEMPO
       GO TO 10

C      REGRESA A LOS VALORS ORIGINALES

   90  DO 66 K=1,NCLIM
       TEMP(K)=AUX1(K)
       THIKN(K)=AUX3(K)
   66  PRES(K)=AUX2(K)
       RETURN
       END

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR CMCEC
 COMMON       0  VARIABLES     114  PROGRAM     668
```

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0083 (HEX)

END OF COMPILATION

```
// JOB

LOG DRIVE   CART SPEC   CART AVAIL  PHY DRIVE
  0000        0003        0003        0000

V2 M10   ACTUAL  8K  CONFIG  8K

// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM

      SUBROUTINE MONT(A1,B1,A2,B2,T,T1,C1,C2,ALTL,VPOST,TMAX,PCAEC,RKO,
     *F2,VH,MV,MRT)

C     ************************************************************
C     * SUBRUTINA QUE CALCULA, CON CIERTAS ESPECIFICACIONES*
C     * DADAS,LA FUNDACION CARACTERISTICA                        *
C     ************************************************************
C             * VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA *
C     A1,A2,B1,B2.-DIMENSIONES DE LA CIMENTACION
C     T,T1.-PROFUNDIDAD DE MEDICION DE C1,C2
C     C1,C2.-COEFICIENTES DE COMPRESIBILIDAD DEL TERRENO
C     ALTL.- ALTURA TOTAL LIBRE DEL SOPORTE
C     VPOST.-VOLUMEN DE LA BASE DE EMPOTRAMIENTO DEL POSTE
C     TMAX.-TENSION MAXIMA EN LA PUNTA DEL SOPORTE
C     PCAEC.-PESO DE ACCESORIOS,CRUSETA,POSTE Y LINEAS
C     VH.-VOLUMEN DE HORMIGON
C     MV.-MOMENTO DE VOLQUE
C     MRT.-MOMENTO RESISTENTE TOTAL

      REAL KREMP,IG1,IG2,IG,MS,MB1,MB2,MB,MRT,MV,LANDA

C     CALCULA LOS CENTROS DE GRAVEDAD OG1,OG2

      OG1=2.*T1/3.
      OG2=2.*T/3.

C     VALORES CONSTANTES TAO,LANDA,GAMMA,RO

      TAO=T1/T
      LANDA=A1/A2
      GAMMA=C1/C2
      RO=(LANDA*GAMMA-TAO)*TAO

C     F1,F2.-SUPERFICIE DEL PAR DE TRIANGULOS

      F1=F2*RO

C     IG1,IG2.-MOMENTO DE INERCIA BARICENTRICOS

      IG1=100./18*F1*T1**2
      IG2=100./18.*F2*T**2

C     G1G,G2G.-DISTANCIA DE CALCULOS
```

```
      G1G=2.0*T*(1-TAO)/(1+RO)/3.
      G2G=2.0*T*(1-TAO)/(1+1/RO)/3.

C     MOMENTO DE INERCIA DE LA SUPERFICIE DE CARGA TOTAL
C     RESPECTO DEL EJE BARICENTRICO HORIZONTAL

      IG=IG1+IG2+F1*100.*G1G**2+100.*F2*G2G**2

C     MOMENTO RESISTENTE LATERAL (MOMENTO DE ENCASTRAMIENTO)

      MS=0.01*IG

C     VOLUMEN DE HORMIGON

      VH=A2*B2*(T-T1)+A1*B1*T1-VPOST

C     PESO DE LA FUNDACION

      PESO=VH*RKO

C     PESO TOTAL ACTUANDO SOBRE EL SUELO

      PESOT=PESO+PCAEC

C     SUPERFICIE DE APOYO DE LA ZAPATA

      S1=A1*B1-A2*B2

C     SUPERFICIE DE APOYO DEL FONDO DEL BLOQUE

      S2=A2*B2

C     REPARTICION DE PESOS EN LAS AREAS DE ASENTAMIENTO

      PS1=PESOT*C1*S1/(C1*S1+C2*S2)
      PS2=PESOT*C2*S2/(C1*S1+C2*S2)
      TAO1=PS1/S1

C     COMPARACION SI LA BASE ES CUADRADA O RECTANGULAR

      IF(B1-A1)3,2,3

C     SE LA HACE RECTANGULAR

    2 D1=1.42*A1
      D2=1.42*A2
      KREMP=((D1+D2)/2.-TAO1/(C1*10000))/3.

C     MOMENTO DE FONDO CORRESPONDIENTE A LA CARGA VERTICAL
C     PS2

      MB2=PS2/2.*(1.42*A2-(3.*PS2/(C2*10000))**(1/3.))
      GO TO 7

C     SUPERFICIE DEL TRIANGULO

    3 F11=1/2*(A1-A2)*(TAO1*(B2+TAO1/(C1*10000))+10000./4.*C1*B2**2.)
      F22=1/8*(B1-B2)*A1*(C1*(B1+B2)*10000+4.*TAO1)
```

```
C       DEMOSTRACION DE LA REACCION K

        KREMP=1/3*F11/(F11+F22)*(B2-TAO1/(C1*10000))+1/4.*F22/(F11+F22)
       **(B1+B2)

C       MOMENTO DE FONDO CORRESPONDIENTE A LA CARGA G2,ACTUAN-
C       DO SOBRE EL FONDO

        MB2=PS2*(B2/2.-0.47*SQRT(PS2/(A2*C2*10000)))

C       MOMENTO DE FONDO CORRESPONDIENTE A LA CARGA G1

      7 MB1=PS1*KREMP

C       MOMENTO RESISTENTE DE FONDO TOTAL

        MB=MB1+MB2

C       MOMENTO RESISTENTE TOTAL

        MRT=MS+MB

C       CENTRO DE GRAVEDAD

        OG=OG1+G1G

C       MOMENTO DE VUELCO

        MV=TMAX*(ALTL+OG)
        RETURN
        END

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR MONT
 COMMON       0  VARIABLES      70  PROGRAM     724

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 005E (HEX)

END OF COMPILATION
```

```
PAGE   1

// JOB

LOG DRIVE   CART SPEC   CART AVAIL   PHY DRIVE
  0000        000F         000F         0000

V2 M10   ACTUAL  8K  CONFIG  8K

// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM


      SUBROUTINE FUNDA(AINIC,T,ALTL,VPOST,TMAX,PCAEC,RKO,C1INI,C2,TMED,
     *VHF,CLDA1,CLDA2,CLDB1,CLDB2,PROT,PRF1)


C     ********************************************************
C     * CON EL USO ADICIONAL DE LA SUBRUTINA MONT CALCULA  *
C     * LOS DIFERENTES TIPOS DE FUNDACIONES,CUATRO EN TOTAL*
C     ********************************************************
C             * VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA *
C     AINIC.-LADO INICIAL DE LA FUNDACION
C     T.-PROFUNDIDAD A LA QUE  SE MIDIO C1INI
C     ALTL.-ALTURA LIBRE DEL SOPORTE
C     VPOST.-VOLUMEN DE LA PARTE EMPOTRADA DEL SOPORTE
C     TMAX.-TENSION MAXIMA EN LA PUNTA DEL SOPORTE
C     PCAEC.-PESO DE LAS CRUCETAS,AISLADORES,POSTE,CONDUC-
C     TORES SOBRE LA FUNDACION
C     C1INI.-COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD DEL TERRENO
C     C2.- COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD A LA PROFUNDIDAD-
C     TMED.-PROFUNDIDAD DE MEDICION DE C2
C     VHF.-VOLUMEN DE LA FUNDACION
C     CLDA1,CLDA2,CLDB1.CLDB2,PROT,PRF1.-DIMENSIONES DE LA
C     FUNDACION MAS ECONOMICA


      REAL LADA1(5),LADA2(5),LADB1(5),LADB2(5),MVOL(5),MV,MVBH(5),MRT
      DIMENSION CSEGC(5),PROFT(5),PROT1(5),VHFC(5)

C     COEFICIENTE DE SEGURIDAD

      EPSIL=1.01

C     INICIALIZA TIPO DE FUNDACION

      K=1
      KVAR=0
    2 A1=AINIC
      II=0
      DELTA=0.1
      DO 8 I=1,500

C     COMPARA TIPOS DE FUNDACIONES

      IF(KVAR-1)3,4,13

C     DA VALORES PARA LLEVARLOS AL CALCULO DE FUNDACIONES
C     EN ESTE CASO TIPO DE BASE CUADRADA
```

```
     3 B1=A1
       F2=0.71*A1*C2*T*10000.
       GO TO 5

C      EN ESTE CASO DE BASE RECTANGULAR

     4 B1=1.25*A1
       B2=B1
       F2=A1*C2*T*5000
     5 T1=T/2.
       B2=B1
       C1=C1IN1*T1/TMED
       A2=A1

C      SUBRUTINA QUE NOS CALCULA LA FUNDACION

       CALL MONT(A1,B1,A2,B2,T,T1,C1,C2,ALTL,VPOST,TMAX,PCAEC,RKO,F2,
      *VH,MV,MRT)
       CSEG=MRT/MV

C      COMPARA COEFICIENTE DE SEGURIDAD DADO CON EL CALCULADO

       IF(CSEG-EPSIL)7,6,6
     6 IF(I-1)102,102,89
    89 II=II+1
       DELTA=0.01
       A1=A1-0.1
       GO TO(7,49),II
     7 A1=A1+DELTA
     8 CONTINUE

C      ESCRIBE MENSAJE SI NO ALCANZA COEFICIENTE DE SEGURIDAD

       GO TO 24

C      GUARDA VALORES CALCULADOS DE CADA TIPO DE FUNDACION

    49 A1=A1+0.1
     9 VHFC(K)=VH
       LADA1(K)=A1
       LADA2(K)=A2
       LADB1(K)=B1
       LADB2(K)=B2
       PROFT(K)=T
       PROT1(K)=T1
       MVOL(K)=MV
       MVBH(K)=MRT
       CSEGC(K)=CSEG

C      INCREMENTA K Y KVAR PARA ANALIZAR EL SIGUIENTE TIPO
C      DE FUNDACION

    10 K=K+1
       KVAR=KVAR+1

C      COMPARA SI HA ANALIZADO LOS DOS PRIMEROS TIPOS DE
C      FUNDACIONES
```

```
      IF(KVAR-1)2,2,13
   13 A2=2.*LADA1(1)/3.
      II=0
      DELTA=0.1
      DELTT=0.1

C     ANALIZA LOS DOS RESTANTES TIPOS DE FUNDACIONES

      DO 23 I=1,500

C     RELACIONA EL LADO A1 CON EL LADO A2

      A1=5.*A2/3.

C     PROFUNDIDAD MINIMA A LA QUE SE DESEA DISENAR

      T1=0.7*(A1-A2)

C     COMPARA QUE TIPO DE FUNDACION SE CALCULA,SI ES NEGA-
C     TIVO SERA DE BASE CUADRADA ZAPATA INVERTIDA,SI ES CE-
C     RO SERA RECTANGULAR ZAPATA INVERTIDA Y SI ES MAYOR VA
C     A COMPARAR LA FUNDACION MAS ECONOMICA

      IF(KVAR-3)14,15,25

C     PREPARA DATOS PARA EL CALCULO DE BASE CUADRADA

   14 B1=A1
      B2=A2
      F2=0.71*A2*C2*T*10000.
      GO TO 26

C     PREPARA DATOS PARA EL CALCULO DE BASE RECTANGULAR

   15 B1=1.25*A1
      B2=1.25*A2
      F2=A2*C2*T*5000
   26 DO 19 I=1,500
      C1=C1INI*T1/TMED

C     SUBRUTINA QUE CALCULA  LA FUNDACION

      CALL MONT(A1,B1,A2,B2,T,T1,C1,C2,ALTL,VPOST,TMAX,PCAEC,RKO,F2,
     *VH,MV,MRT)

C     CALCULA EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD

      CSEG=MRT/MV

C     COMPARA SI EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD ES MENOR QUE EL
C     PROPUESTO PARA EL DISENO

      IF(CSEG-EPSIL)17,88,88

C     SI NO A LLEGADO A SU MAXIMO VALOR INCREMENTA EL VALOR
C     DE LA PROFUNDIDAD DE LA ZAPATA,CASO CONTRARIO VA A
C     INCREMENTAR EL LADO DE LA FUNDACION
```

```
   17 IF(T1-T/3.)18,22,22
   88 II=II+1
      IF(II-2)87,86,9
   87 A2=A2-0.1
      DELTA=0.01
      GO TO 22
   86 T1=T1-0.1
      DELTT=0.01
   18 T1=T1+DELTT
   19 CONTINUE

C     SI NO SE ALCANZA EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD DESEADO
C     MANDA A ESCRIBIR DICHO MENSAJE

      GO TO 24
   22 A2=A2+DELTA
   23 CONTINUE
   24 WRITE(3,101)K
  101 FORMAT(12X,'NO SE ALCANZA EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD DESEADO',6X,
     *I2)
      GO TO 10

C     EMPIEZA PROCESO DE ESCOJITAMIENTO DE LA FUNDACION MAS
C     ECONOMICA DE ENTRE LOS CUATRO TIPOS DE FUNDACIONES

   25 VH=1000.
      DO 99 K=1,4
      IF(VHFC(K)-VH)40,40,99
   40 VH=VHFC(K)
      J=K
   99 CONTINUE

C     ALMACENA LAS DIMENSIONES DE LA FUNDACION MAS ECONOMICA
C     PARA LUEGO SALIR AL PROGRAMA PRINCIPAL

      VHF=VHFC(J)
      CLDA1=LADA1(J)
      CLDA2=LADA2(J)
      CLDB1=LADB1(J)
      CLDB2=LADB2(J)
      PROT=PROFT(J)
      PRF1=PROT1(J)
      GO TO 100
  102 VHF=0.0
      CLDA1=0.0
      CLDA2=0.0
      CLDB1=0.0
      CLDB2=0.0
      PROT=0.0
      PRF1=0.0
  100 RETURN
      END

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR FUNDA
 COMMON       0  VARIABLES     136  PROGRAM     740
```

```
RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 00C5 (HEX)

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE                FUNDA
CART ID 000F   DB ADDR  5798   DB CNT   0036

*STORE       WS  UA  FUNDA
CART ID 000F   DB ADDR  57BE   DB CNT   0036
```

```
PAGE    1

// JOB

LOG DRIVE   CART SPEC   CART AVAIL  PHY DRIVE
  0000        0003        0003        0000

V2 M10   ACTUAL  8K  CONFIG  8K

// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM


      SUBROUTINE CCONS(RWIDE,PEPLP,N,M,SPAN,WEICN,ALTLP,
     *ARACN,CHD,CONST,ICODE)


C     ********************************************************
C     * SUBRUTINA QUE CALCULA LOS COSTOS DE COSTRUCCION      *
C     * EN LO RELACIONADO A LOS COSTOS DE JORNALES           *
C     * ADMINISTRACION Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCION           *
C     ********************************************************
C             * VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA *
C     RWIDE.-ANCHO DEL DERECHO DE VIA
C     PEPLP.-PESO DEL SOPORTE
C     N.-NUMERO DE FASES
C     M.-NUMERO DE HILOS DE GUARDIA
C     SPAN.-VANO QUE SE ESTA ANALIZANDO
C     WEICN.-PESO DEL CONDUCTOR
C     ALTLP.-ALTURA TOTAL LIBRE DEL SOPORTE
C     ARACN.-AREA DEL CONDUCTOR
C     CHD.-COSTO DE UN HOMBRE DIA
C     CONST.-COSTOS TOTALES DE CONSTRUCCION
C     ICODE.-NUMERO DE TERNAS

      REAL NHD

C     PREGUNTA CUANTOS HILOS DE GUARDIA TIENE LA LINEA

      IF(M-2)1,2,2
    1 MC=M
      GO TO 3
    2 MC=M/2

C     PREGUNTA SI EL NUMERO DE FASES ES IGUAL,MENOR O MAYOR
C     QUE TRES

    3 IF(N-3)4,4,5
    4 NC1=N
      GO TO 6
    5 NC1=N/2
    6 NM=N+M

C     COSTOS DE CONSTRUCCION EXPRESADO EN FUNCION DE HOMBRES
C     DIAS,DE HINCADA,PARADA DE SOPORTES,TENDIDO,TEMPLADO Y
C     AMARRADO DE LINEAS

      HROC= RWIDE
      RHT=ALTLP/27.432
```

```
      HERP=1.6*PEPLP*1000./(SPAN*CHD)
      HMEST=1.75*10**5./(SPAN*(170.-ALTLP))
      HPT=((1000./SPAN)*ALTLP)*(0.6+0.4*(NC1+MC)/8.)
      HPT = HPT*RHT
      HTYT=40.*(0.25+NC1*(0.6+0.4*ARACN/381.93)/3.+MC/3.)
      HENG=2.*(1000./SPAN)*(1.1*NC1+MC)
      HR=17.*(1000./SPAN)
      NHD=HROC+HERP+HPT+HTYT+HENG+HR+HMEST
      IF ( ICODE-2)8,7,7
    7 NHD=(HPT+HTYT+HENG)*1.5

C     COSTOS DE JORNALES,EQUIPOS,CAMPAMENTOS Y ADMINISTRACION

    8 CJORN=NHD*CHD
      CAD=NHD*3.*CHD*1.2/25.
      CEQ = 0.25*CJORN
      CAMP = 0.06*CJORN
      CONST = CJORN+CAD+CEQ+CAMP

C     COSTOS DE UTILIDADES

      CUTIL = 0.15*CONST
      CONST = CONST+CUTIL
      IF(CHD)9,9,10
    9 CONST=0
   10 RETURN
      END

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR CCONS
 COMMON       0  VARIABLES      36  PROGRAM     368

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0052 (HEX)

END OF COMPILATION
```

```
PAGE   1

// JOB

LOG DRIVE   CART SPEC   CART AVAIL  PHY DRIVE
  0000        0003        0003        0000

V2 M10   ACTUAL  8K  CONFIG  8K

// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM


      SUBROUTINE EFURP(CLERV,CLRGW,SAGF,CAINS,ALMIN,ALTLP,
     *SPAN,MFLDC,KESTR,CONST,PRESV,PRES,DCON,DGW,N,M)


C     ********************************************************
C     * CALCULA LA FUERZA QUE ACTUA SOBRE EL SOPORTE DEBI- *
C     * DO A LA ACCION DEL VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES    *
C     * ADEMAS DE LA ALTURA DEL MISMO                      *
C     ********************************************************
C             * VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA *
C     CLERV.-DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASES
C     CLRGW.-DISTANCIA VERTICAL ENTRE FASE E HILO DE GUARDIA
C     SAGF.-FLECHA MAXIMA DEL CONDUCTOR
C     CAINS.-LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES
C     ALMIN.-ALTURA MINIMA DEL SUELO A LA FASE MAS CERCANA
C     ALTLP.-ALTURA TOTAL LIBRE DEL SOPORTE
C     SPAN.-VANO QUE SE ESTA ANALIZANDO
C     MFLDC.-MOMENTO FLECTOR CALCULADO
C     KESTR.-TIPO DE ESTRUCTURA QUE SE ESTA EMPLEANDO
C     CONST.-NUMERO DE TERNAS  CALCULADAS
C     PRESV.-PRESION DEL VIENTO MAXIMA
C     PRES.-ARREGLO UNIDIMENSIONAL PRESION DELVIENTO
C     DCON.-DIAMETRO DEL CONDUCTOR
C     DGW.-DIAMETRO DEL HILO DE GUARDIA
C     N.-NUMERO DE FASES
C     M.-NUMERO DE HILOS DE GUARDIA


      REAL MFLDC
      DIMENSION PRES(6)

C     PREGUNTA QUE TIPO DE ESTRUCTURA ES

      IF(KESTR-1)1,2,2
    1 DISTP=CLERV
      M=1
      GO TO 3
    2 DISTP=0.00
      M=2

C     PREGUNTA CUANTAS TERNAS TIENE

    3 IF(CONST-1)4,4,5

C     CALCULA LA ALTURA DEL SOPORTE
```

```
     4 ALTLP=ALMIN+DISTP+CLRGW+SAGF+CAINS
       GO TO 6
     5 ALTLP=ALMIN+DISTP+CLERV+CLRGW+CAINS+SAGF

C      CALCULA LA MAXIMA PRESION DEL VIENTO

     6 PRESV=1.00
       DO 3 I=1,6
       IF(PRESV-PRES(I))7,8,8
     7 PRESV=PRES(I)
     8 CONTINUE
       FUERC=SPAN*PRESV*(DCON*N+M*DGW)/2.
       MFLDC=FUERC*ALTLP

C      MOMENTO FLECTOR DEPENDIENDO DEL NUMERO DE FASES Y DEL
C      TIPO DE ESTRUCTURA QUE SE ESTA EMPLEANDO

       IF(CONST-1)9,9,10
     9 MFLDC=FUERC*ALTLP
       GO TO 11
    10 MFLDC=(FUERC*ALTLP)*1.5
    11 IF(KESTR-1)13,12,12
    12 MFLDC=MFLDC/2.0
    13 RETURN
       END

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR EFURP
 COMMON       0  VARIABLES      10  PROGRAM     236

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0015 (HEX)

END OF COMPILATION
```

```
// JOB

LOG DRIVE   CART SPEC   CART AVAIL  PHY DRIVE
  0000        0003        0003        0000

V2 M10   ACTUAL  8K  CONFIG  8K

// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM


      SUBROUTINE CMF(AREFI,CENGR,RPOLI,RLVAR,DIVAR,KA,
     *DESPI,RVINT,MFLED,SECRE,CMFLE,KKK,VHIER,VHORM)


C     ********************************************************
C     * ESTA SUBRUTINA TERMINA DE CALCULAR LAS AREAS FICTI-*
C     * CIAS,CENTROS DE GRAVEDAD,ADEMAS CON LA AYUDA DE LA *
C     * SUBRUTINA CFNEU,LA FIBRA NEUTRA Y ESPECIFICAMENTE  *
C     * CALCULA LOS RADIOS DE GIRO,VOLUMENES DE HIERRO,HOR *
C     * MIGON Y ADEMAS HACE UN ESCOGITAMIENTO DEL SOPORTE  *
C     * PARA UN MOMENTO FLECTOR DADO                       *
C     ********************************************************
C             * VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA *
C     AREFI.-AREA FICTICIA
C     CENGR.-CENTRO DE GRAVEDAD
C     RPOLI.-RADIO EXTERNO DEL SOPORTE
C     RLVAR.-RADIO DE LOCALIZACION DE LA VARILLA
C     DIVAR.-DIAMETRO DE LAS VARILLA LONGITUDINALES
C     KA.-CONSTANTE DE INICIALIZACION DEL PASO DE LA ESPIRA
C     DESPI.-DIAMETRO DE LA VARILLA DE LA ESPIRA
C     RVINT.-RADIO DEL VACIADO INTERIOR DEL SOPORTE
C     MFLED.-MOMENTO FLECTOR DADO EN BASE DEL CUAL VAMOS  A
C     ENCONTRAR EL SOPORTE
C     SECRE.-SECCION REAL DEL SOPORTE
C     CMFLE.-MOMENTO FLECTOR CALCULADO POR EL PROGRAMA
C     KKK.-CONSTANTE DE DIMENSIONAMIENTO
C     VHIER.-VOLUMEN DE HIERRO QUE NESESITA EL SOPORTE
C     VHORM.-VOLUMEN DE HORMIGON DEL SOPORTE


      REAL LOESP,MFLED
      DIMENSION AREFI(12),CENGR(12),CMFLE(20),VHIER(20),VHORM(20)
      COFSE=2.

C     CALCULA LAS AREAS Y CENTROS DE GRAVEDAD QUE FALTAN

      AREFI(8)=30.*3.1416*(DIVAR/2.)**2.
      CENGR(8)=0.000
      AREFI(9)=AREFI(8)
      CENGR(9)=-CENGR(7)
      AREFI(10)=AREFI(8)
      CENGR(10)=-CENGR(4)
      AREFI(11)=AREFI(8)
      CENGR(11)=-CENGR(2)
      AREFI(12)=AREFI(8)/2.
      CENGR(12)=-RLVAR
```

```
C       SUBRUTINA NECESARIA PARA EL CALCULO DE LA FIBRA NEUTRA

        CALL CFNEU(CENGR,AREFI,FNEUT)
        DO 12 KKK=KA,20

C       ESCOGEMOS DEPENDIENDO DEL RADIO DEL SOPORTE EL
C       ESPACIAMIENTO DE LAS ESPIRAS

        PESPI=FLOAT(KKK)
        IF(2.*RPOLI/5.-PESPI)4,5,5
    4   IF(RPOLI/3.*4.-PESPI)7,6,6

C       COEFICIENTE CRGLI QUE ES UN DEPENDIENTE DEL GRADO DE
C       LIGAZON ENTRE BARRAS

    5   CRGLI=32.
        GO TO 8
    6   CRGLI=15.
        GO TO 8
    7   CRGLI=10.

C       CALCULO DE INERCIA TOTAL

    8   RHAPL=300.
        CMINT=0.00
        DO 1 I=1,12

C       RADIO DE GIRO PARA CADA AREA ELEMENTAL

        RADGI=CENGR(I)-FNEUT
        CMIEL=AREFI(I)*RADGI**2.0
    1   CMINT=CMINT+CMIEL
        ESPIS=100./PESPI
        LOESP=6.2834*ESPIS*(RLVAR+DIVAR/2.+DESPI/2.)
        VESP=0.7854*LOESP*DESPI**2.0

C       VOLUMEN DE HIERRO Y HORMIGON

        VHORM(KKK)=SECRE*100.-VESP
        VHIER(KKK)=VESP+16.*78.54*DIVAR**2.
        CRUPH=0.28*RHAPL*(1+CRGLI*VESP/VHORM(KKK))
        CRUPH=CRUPH/(100.*COFSE)

C       CALCULO DEL MOMENTO FLECTOR QUE EL SOPORTE RESISTE Y

        CMFLE(KKK)=CRUPH*CMINT/(RPOLI*COS(0.39270)-FNEUT)

C       COMPARA SI ES SEMEJANTE AL DADO PARA NUESTRO CALCULO

        IF(MFLED-CMFLE(KKK))12,13,13
   12   CONTINUE
   13   RETURN
        END
```

```
FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR CMF
 COMMON       0  VARIABLES      40  PROGRAM     450
```

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 004F (HEX)

END OF COMPILATION