



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA 25

125

PROGRAMA PARA LA RESOLUCION DE ESTRUCTURAS
CONTEMPLANDO INTERACCION MARCO-MURO

TRABAJO ESCRITO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
GUMARO RAMOS ORTIZ

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
QUITO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-371
T.E.

Señor GUMARO RAMOS ORTIZ,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Roberto Stark Feldman, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO CIVIL.

"PROGRAMA PARA LA RESOLUCION DE ESTRUCTURAS CONTEMPLANDO INTERACCION MARCO-MURO"

1. Introducción.
2. Teoría.
3. Diagrama de flujo.
4. Listado.
5. Ejemplos.
6. Conclusión.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Ed. Universitaria, 12 de agosto de 1982

EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU


JJE/OBLH/ser

NOTACIONES EMPLEADAS

A.- TEORÍA

$$A_c = \frac{bh}{1.2}$$

Área de cortante para secciones rectan
gulares.

c

Coefficiente de cortante.

$d_n(x \text{ ó } y)$

Desplazamiento en el nudo n en la di
rección(x ó y), donde $n = 1, N$.

$d(A \text{ ó } B)$

Desplazamientos de los extremos de una
barra.

Det.

Determinante.

E

Módulo de elasticidad.

G

Módulo de cortante.

I

Momento de inercia de la sección.

N

Número de nudos.

ν

Relación de Poisson.

φ
 $(A \text{ ó } B)_z$

Ángulos de giro de los extremos de una
barra, respecto al eje "Z".

$$\alpha = \frac{a}{L'}$$

Relación entre el ancho medio del muro y la longitud de la viga, cuyo extremo "A", incide al muro del ancho medio considerado.

$$\beta = \frac{b}{L'}$$

Relación entre el ancho medio del muro y la longitud de la viga, cuyo extremo "B", incide al muro del ancho medio considerado.

()^T

Matriz transpuesta.

B.- DIAGRAMA DE FLUJO

Indica multiplicación.

MAXO

Selección del valor máximo.

OR

o

AND

y

NE

No es igual.

1.- INTRODUCCION

El presente trabajo reúne los elementos indispensables para efectuar el análisis de sistemas estructurales marco-muro, sometidos a cargas laterales contenidas en su plano. Tiene como objetivo principal, ilustrar la aplicación de la computadora al método de análisis de dichas estructuras.

El trabajo se divide fundamentalmente en tres partes. La primera - corresponde a una exposición de conceptos básicos sobre el método y de su aplicación a un ejemplo numérico. En la segunda parte se presenta el programa de computadora para el análisis de un sistema marco-muro; codificado en lenguaje "FORTRAN"; compilado y ejecutado en la computadora BORROUGHS B-6700 - del centro de servicios de cómputo de la UNAM; y obtenido de la modificación al programa realizado por el Ing. Julio Dany Rios, para el análisis de retícula plana. La tercera parte es de aplicación y en ella se resuelven dos ejemplos de sistemas estructurales marco-muro, para la condición de carga horizontal.

En los sistemas estructurales marco-muro, los muros pueden tener un efecto importante en la rigidez de las vigas que estén unidas a ellos, - por tanto, se hace necesario considerar los anchos de éstos en el análisis - de tales sistemas. El presente trabajo logra este requisito y las suposiciones que se hacen, aparte de las correspondientes al comportamiento del material son:

- 1.- Los muros se representan adecuadamente como columnas anchas.*
- 2.- Las zonas de las vigas que están dentro de los muros son completamente rígidas.*
- 3.- Los elementos lineales (vigas y columnas de marcos) y los muros, considerados también lineales, se deforman axialmente, por flexión y por cortante.*

2.-TEORIA

De acuerdo con el método de los desplazamientos, cuya expresión matricial es:

$$F = K d$$

donde \underline{K} es la matriz de rigidez de la estructura y \underline{d} y \underline{F} vectores de desplazamiento y de carga respectivamente. Si premultiplicamos ambos miembros de su expresión por \underline{K}^{-1} , se obtiene:

$$d = K^{-1} F$$

Al comparar esta ecuación, con la expresión matricial del método de las fuerzas, que es:

$$d = f F$$

Se ve que la matriz de flexibilidad \underline{f} de la estructura es la inversa de la matriz de rigidez \underline{K}^{-1} de la estructura, esto es,

$$f = K^{-1}$$

Si hacemos: $\underline{F} = \underline{I}$, siendo \underline{I} una matriz unitaria, que sustituida en la segunda ecuación de desplazamiento, obtendremos:

$$f = d$$

Estableciendo con esto, que la matriz de flexibilidad \underline{f} , es una matriz de desplazamientos \underline{d} producida por fuerzas unitarias.

2.1 FLEXIBILIDAD DE UN CANTILIVER.

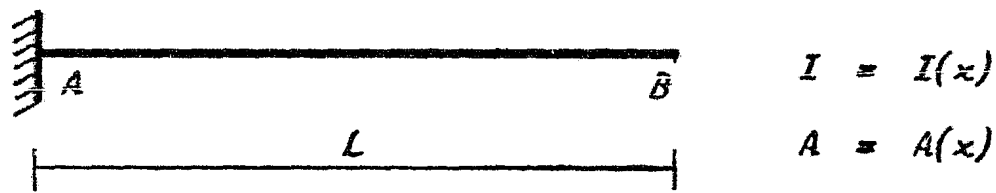
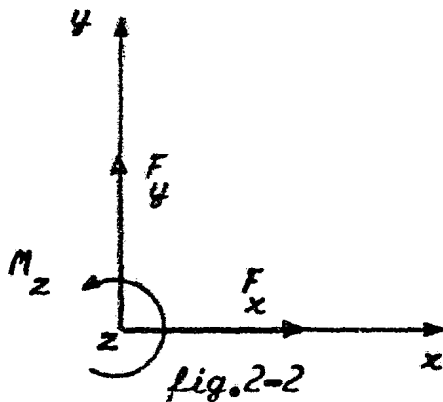
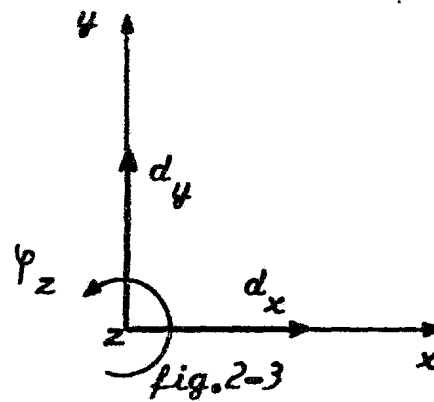


fig.2-1

Convenciones de signos:



a).-Fuerzas



b).-Desplazamientos

Aplicando en "B" un vector fuerza F_B

$$F_B = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ M_z \end{bmatrix}$$

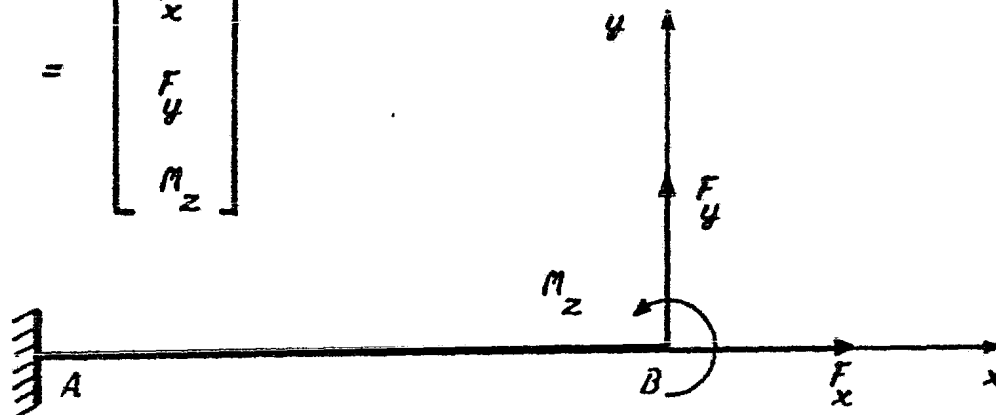


fig.2-4

El punto "B" tendrá desplazamientos d_B

$$d_B = \begin{bmatrix} d_{Bx} \\ d_{By} \\ \varphi_{Bz} \end{bmatrix}$$

Sea: $F_B = \underline{I}$

Por lo tanto, de la ecuación:

$$d_B = f_{BB} F_B$$

Obtenemos:

$$f_{BB} = d_B$$

2.1.1 Obtención de f_{BB} aplicando el método del trabajo virtual (considerando deformaciones por flexión, cortante y normal).

Si: $F_{Bx} = 1$



fig.2-5

$$d_{Bx} = \int_{x=0}^L \frac{dx}{EA(x)} \quad ; \quad d_{By} = 0 \quad ; \quad \varphi_{Bz} = 0$$

Si: $F_{By} = 1$



fig.2-6

$$d_{Bx} = 0 \quad ; \quad d_{By} = \int_{x=0}^L \frac{(L-x)(L-x)dx}{EI(x)} + \int_{x=0}^L \frac{dx}{GA_c(x)} \quad ;$$

$$\varphi_{Bz} = \int_{x=0}^L \frac{(L-x)dx}{EI(x)}$$

Si: $M_{Bz} = 1$



fig.2-7

$$d_{Bx} = 0 \quad ; \quad d_{By} = \int_{x=0}^L \frac{(L-x)dx}{EI(x)} \quad ; \quad \varphi_{Bz} = \int_{x=0}^L \frac{dx}{EI(x)}$$

Resumiendo:

$$f_{BB} = \begin{bmatrix} \int_{x=0}^L \frac{dx}{EA(x)} & 0 & 0 \\ 0 & \int_{x=0}^L \frac{(L-x)(L-x)dx}{EI(x)} + \int_{x=0}^L \frac{dx}{GA_c(x)} & \int_{x=0}^L \frac{(L-x)dx}{EI(x)} \\ 0 & \int_{x=0}^L \frac{(L-x)dx}{EI(x)} & \int_{x=0}^L \frac{dx}{EI(x)} \end{bmatrix}$$

Usando la notación:

$$f_{11} = \int_{x=0}^L \frac{dx}{EA(x)} \quad ; \quad f_{22} = \int_{x=0}^L \frac{(L-x)(L-x)dx}{EI(x)} + \int_{x=0}^L \frac{dx}{GA_c(x)}$$

$$f_{32} = f_{23} = \int_{x=0}^L \frac{(L-x)dx}{EI(x)} \quad ; \quad f_{33} = \int_{x=0}^L \frac{dx}{EI(x)}$$

Se tiene:

$$f_{BB} = \begin{bmatrix} f_{11} & 0 & 0 \\ 0 & f_{22} & f_{23} \\ 0 & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix}$$

Integrando los elementos de f_{BB} para A, E, G , ctes.

$$f_{BB} = \begin{bmatrix} \frac{L}{EA} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{L^3(1+c)}{3EI} & \frac{L^2}{2EI} \\ 0 & \frac{L^2}{2EI} & \frac{L}{EI} \end{bmatrix}$$

2.2 RIGIDEZ DEL CANTILIVER EN ESTUDIO

Invertiendo a f_{BB} , se obtiene a k_{BB}

$$k_{BB} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3(1+4c)} & -\frac{6EI}{L^2(1+4c)} \\ 0 & -\frac{6EI}{L^2(1+4c)} & \frac{4EI(1+c)}{L(1+4c)} \end{bmatrix}$$

En general: (Sección variable)

$$k_{BB} = \begin{bmatrix} \frac{1}{f_{11}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{f_{33}}{Det.} & -\frac{f_{23}}{Det.} \\ 0 & -\frac{f_{32}}{Det.} & \frac{f_{22}}{Det.} \end{bmatrix}$$

2.3 TRANSFORMACION DE COORDENADAS DE UN SISTEMA DE FUERZAS \underline{F} Y DE DESPLAZAMIENTOS \underline{d} EN EL PLANO.

Las propiedades geométricas, los sistemas de fuerzas y de desplazamientos, están referenciados con respecto a un sistema de ejes para cada barra, que se denominará local.

La definición del sistema de ejes locales, es tal que el eje "X" siempre coincide con el eje longitudinal de la barra; los ejes "Y" y "Z", pueden definirse arbitrariamente en su sentido, pero serán mutuamente ortogonales en las tres direcciones.

Nota: Se usará un apóstrofo para designar las cantidades en coordenadas locales.

Consideremos al vector \underline{F} en el sistema de coordenadas x, y de la fig. 2-8 (llamado sistema de coordenadas globales). Se indican también en la figura sus componentes en el sistema de coordenadas x', y' (sistema de coordenadas local).

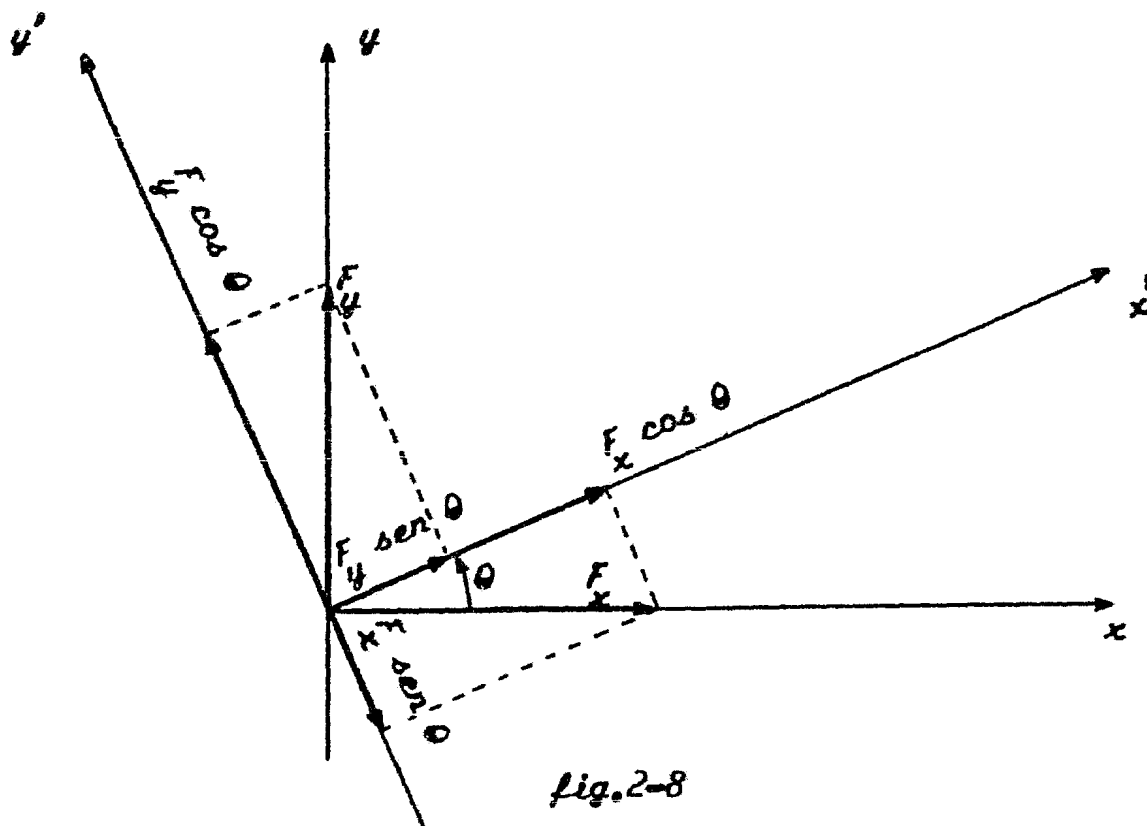


fig. 2-8

La transformación del sistema global al local será:

$$\begin{bmatrix} F'_x \\ F'_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \text{sen } \theta \\ -\text{sen } \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix}$$

en la que la ordenación de senos y cosenos es una matriz de rotación T . Los desplazamientos de los extremos en el sistema de coordenadas locales se pueden escribir de manera semejante:

$$\begin{bmatrix} d'_x \\ d'_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \text{sen } \theta \\ -\text{sen } \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_x \\ d_y \end{bmatrix}$$

Esta transformación es para los primeros dos grados de libertad de un miembro. El tercer grado de libertad es una rotación, que no cambia cuando se transforman las coordenadas de un plano; por consiguiente:

$$T = \begin{bmatrix} \cos \theta & \text{sen } \theta & 0 \\ -\text{sen } \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.4 TRANSFORMACION DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DEL MIEMBRO DE UNA ESTRUCTURA PLANA, AL SISTEMA DE COORDENADAS DE LA ESTRUCTURA.

Consideremos la barra i de una estructura plana, con extremos en los nudos A y B .

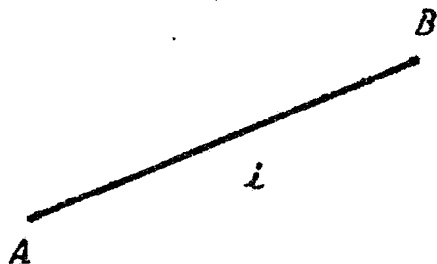


fig.2-9

Un sistema de fuerzas \underline{F}' en los extremos del miembro estarán relacionadas a los desplazamientos \underline{d}' en los mismos extremos por medio de la matriz de rigidez del miembro.

$$\underline{F}' = \underline{k}' \underline{d}'$$

Si premultiplicamos por \underline{T}^T , se tiene:

$$\underline{T}^T \underline{F}' = \underline{T}^T \underline{k}' \underline{d}'$$

Sustituyendo en el sistema anterior:

$$\underline{d}' = \underline{T} \underline{d}$$

$$\underline{F} = \underline{T}^T \underline{F}'$$

En forma de notación matricial, se tiene:

$$F' = T F$$

$$d' = T d$$

Si la transformación es de un sistema coordenado local a global, entonces:

$$F = T^T F'$$

$$d = T^T d'$$

donde:

$$T^T = T^{-1}$$

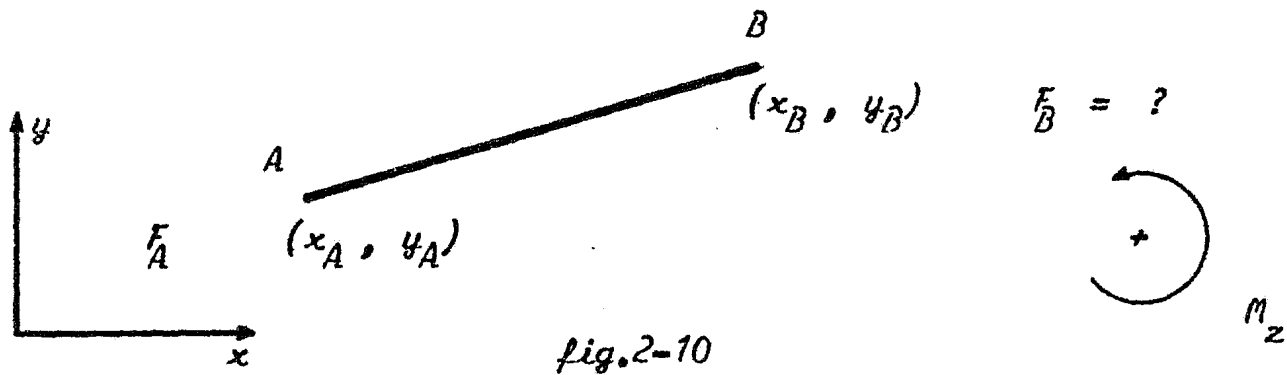
Se establece finalmente la ecuación para transformar la matriz de rigidez del miembro en coordenadas locales a globales.

$$k = T^T k' T$$

Nota: Toda información relacionada con nudos, está referenciada al sistema de ejes globales (desplazamientos, fuerzas en los nudos). Toda información relacionada con miembros, está referenciada al sistema de ejes locales (fuerzas en los extremos de las barras, cargas en los miembros).

2.5 MATRICES DE TRANSPORTE.

a).-Matriz \underline{H} de transporte de fuerzas.



Aplicada F_A en A se quiere transportar a B ; por estática:

$$\begin{bmatrix} F_{Bx} \\ F_{By} \\ M_{Bz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -(y_A - y_B) & (x_A - x_B) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{Ax} \\ F_{Ay} \\ M_{Az} \end{bmatrix}$$

donde:

$$H_{AB} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -(y_A - y_B) & (x_A - x_B) & 1 \end{bmatrix} ; \text{ Matriz para transportar fuerzas de A a B}$$

Nota: $H_{BA} = H_{AB}^{-1}$

b).- Matriz \underline{H}^T de transporte de desplazamientos:

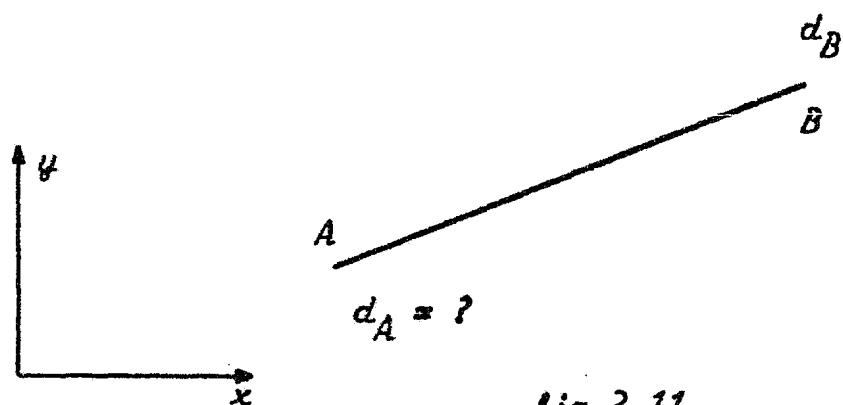


fig.2-11

Supongamos que a A se le da un desplazamiento d_A , cuánto vale d_B si la barra \overline{AB} se considera rígida, por geometría:

$$\begin{bmatrix} d_{Bx} \\ d_{By} \\ \varphi_{Bz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -(y_A - y_B) \\ 0 & 1 & (x_A - x_B) \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{Ax} \\ d_{Ay} \\ \varphi_{Az} \end{bmatrix}$$

donde:

$$\underline{H}_{AB}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -(y_A - y_B) \\ 0 & 1 & (x_A - x_B) \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \text{ Matriz para transportar desplazamientos de A a B}$$

Por definición:

$$F_B = k_{BB} d_B$$

Transportando F_B a A, se tiene

$$F_A = -H_{BA} F_B$$

Sustituyendo F_B en la ecuación anterior, siendo: $d_B = -H_{BA} d_A$, se obtiene

$$F_A = H_{BA} k_{BB} H_{BA}^T d_A$$

Observamos que:

$$k_{AA} = H_{BA} k_{BB} H_{BA}^T$$

De manera semejante se llega a establecer:

$$k_{AB} = -H_{AB} k_{BB}$$

$$k_{BA} = -H_{BA}^T k_{BB}$$

2.6 OBTENCION DE LA RIGIDEZ k'_{AA} EN "A" A PARTIR DE LA RIGIDEZ k'_{BB} EN "B", DE UNA BARRA PRISMATICA.

De acuerdo con la sección 2.5

$$k'_{AA} = H_{BA} k'_{BB} H_{BA}^T$$

$$k'_{AA} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3(1+4c)} & \frac{6EI}{L^2(1+4c)} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2(1+4c)} & \frac{4EI(1+c)}{L(1+4c)} \end{bmatrix}$$

$$k'_{AB} = -H_{BA} k'_{BB}$$

$$k'_{AB} = \begin{bmatrix} -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3(1+4c)} & \frac{6EI}{L^2(1+4c)} \\ 0 & -\frac{6EI}{L^2(1+4c)} & \frac{2EI(1-2c)}{L(1+4c)} \end{bmatrix}$$

$$k'_{BA} = k_{AB}^T$$

La matriz acoplada serd:

$$\begin{bmatrix} k'_{AA} & k'_{AB} \\ k'_{BA} & k'_{BB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3(1+4c)} & \frac{6EI}{L^2(1+4c)} & 0 & -\frac{12EI}{L^3(1+4c)} & \frac{6EI}{L^2(1+4c)} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2(1+4c)} & \frac{4EI(1+c)}{L(1+4c)} & 0 & \frac{6EI}{L^2(1+4c)} & \frac{2EI(1-2c)}{L(1+4c)} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3(1+4c)} & -\frac{6EI}{L^2(1+4c)} & 0 & \frac{12EI}{L^3(1+4c)} & -\frac{6EI}{L^2(1+4c)} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2(1+4c)} & \frac{2EI(1-2c)}{L(1+4c)} & 0 & -\frac{6EI}{L^2(1+4c)} & \frac{4EI(1+c)}{L(1+4c)} \end{bmatrix}$$

S I M E T R I C A

2.7 OBTENCION DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE UN SISTEMA MARCO-MURO.

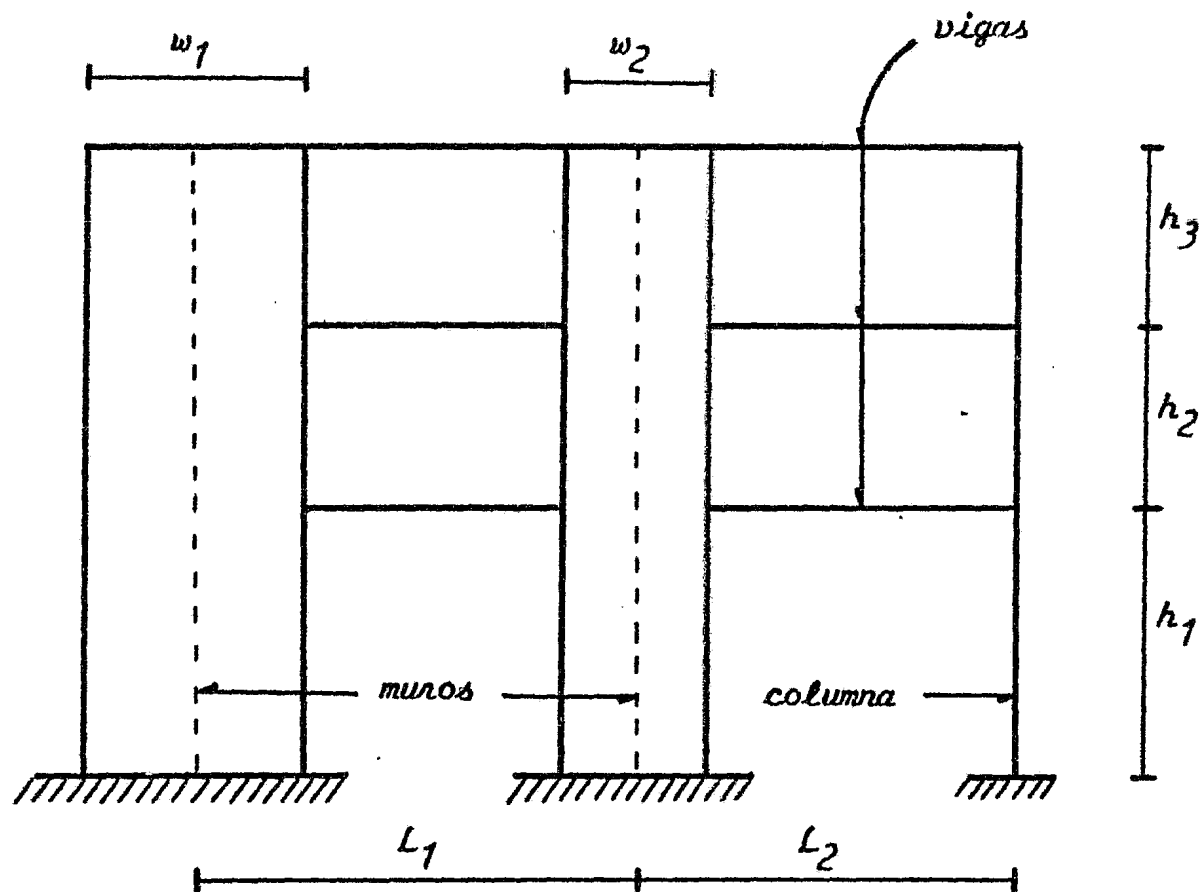


fig.2-12

HIPOTESIS.

- 1.- El sistema tiene un comportamiento elástico-lineal.
- 2.- Los muros se representan adecuadamente como columnas anchas y se considera que las zonas de las vigas que están dentro de ellos no se deforman por flexión.
- 3.- Se desprecia la rigidez torsional de vigas, columnas y muros.
- 4.- Las fuerzas laterales están aplicadas a nivel de los sistemas de piso.

Idealización del sistema marco-muro de la fig.2-12

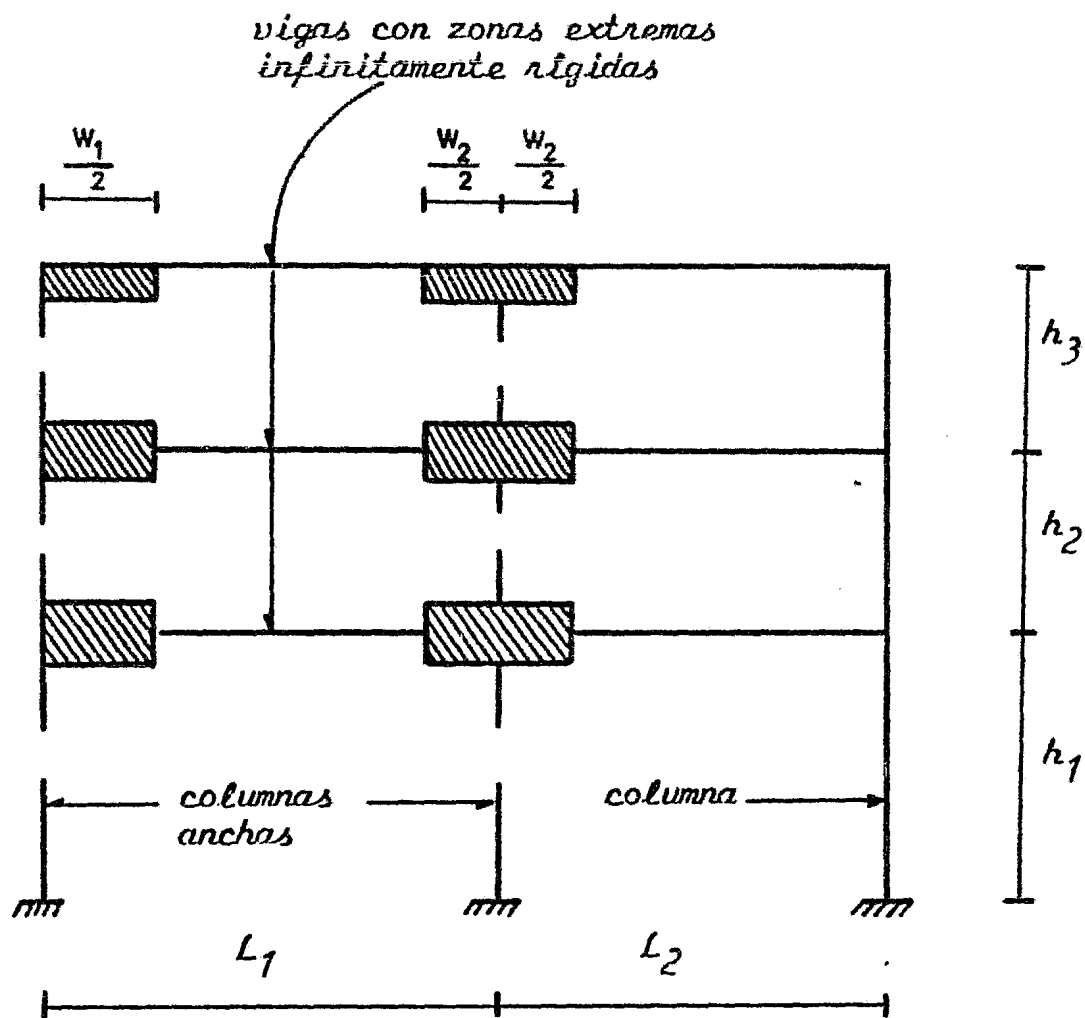


fig.2-13

En el sistema marco-muro se permiten los siguientes grados de libertad: un desplazamiento vertical, un desplazamiento horizontal y un giro en el plano del sistema por cada nudo. La matriz de rigidez correspondiente a estos grados de libertad se obtiene sumando los aportes de las vigas, que pueden tener extremos infinitamente rígidos, y las columnas que pueden ser anchas. Si se tienen N nudos, la matriz de rigidez de toda la estructura es de orden $3N \times 3N$.

2.8 RIGIDEZ DE UNA VIGA CON EXTREMOS INFINITAMENTE RIGIDOS.

Considerandola como un caso particular de sección variable, se obtendrá k_{BB} utilizando las ecuaciones del trabajo virtual.

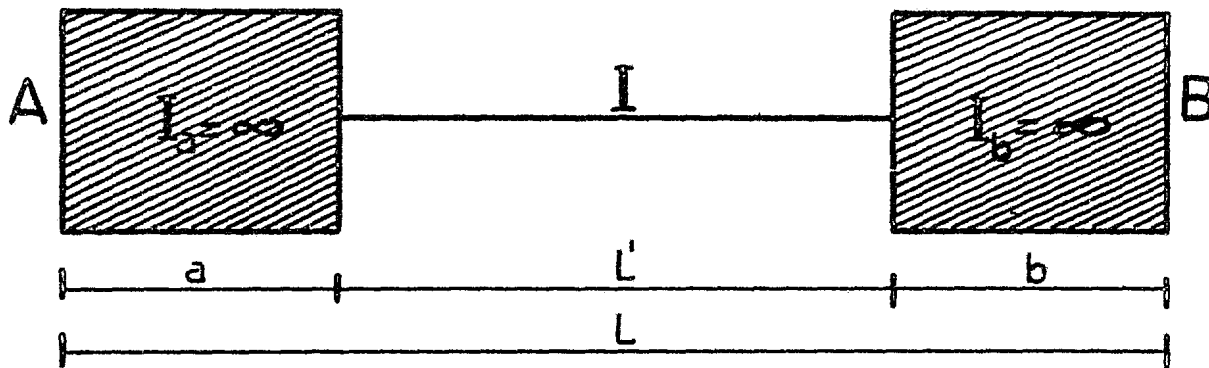


fig.2-14

Integrando:

$$f_{22} = \frac{1}{6EI} \left[6b^2 L' + 6b(L')^2 + 2(L')^3 \right]$$

$$f_{23} = \frac{1}{2EI} \left[(L')^2 + 2bL' \right]$$

$$f_{33} = \frac{L'}{EI}$$

Sustituyendo en la forma general de la matriz k_{BB} , se obtiene:

$$k_{BB} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ \text{SIMETRICA} & \frac{12EI}{(L')^3(1+4c)} & -\frac{6EI(1+2\beta)}{(L')^2(1+4c)} \\ & & \frac{4EI(1+c)(3\beta^2+3\beta+1)}{L'(1+4c)} \end{bmatrix}$$

donde:

A, I = propiedades geométricas constantes

E = módulo de elasticidad

$$\beta = \frac{h}{L'}$$

h = longitud media del muro en el extremo "B"

L' = longitud de la viga de sección constante

L = longitud de la viga, medida desde los ejes de columnas

Matriz de rigidez acoplada; $c = 0$

$$k' = \begin{bmatrix}
 \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\
 & \frac{12EI}{(L')^3} & \frac{6EI(1+2\alpha)}{(L')^2} & 0 & -\frac{12EI}{(L')^3} & \frac{6EI(1+2\beta)}{(L')^2} \\
 & & \frac{4EI(1+3\alpha+3\alpha^2)}{L'} & 0 & -\frac{6EI(1+2\alpha)}{(L')^2} & \frac{2EI(1+3\alpha+3\beta+6\alpha\beta)}{L'} \\
 \text{S I M E T R I C A} & & & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\
 & & & & \frac{12EI}{(L')^3} & -\frac{6EI(1+2\beta)}{(L')^2} \\
 & & & & & \frac{4EI(1+3\beta+3\beta^2)}{L'}
 \end{bmatrix}$$

Ejemplo: Solución de un marco plano con muros de cortante (sistema marco-muro) para la condición de carga horizontal, considerando deformaciones por flexión, cortante y fuerza axial en todas las barras.

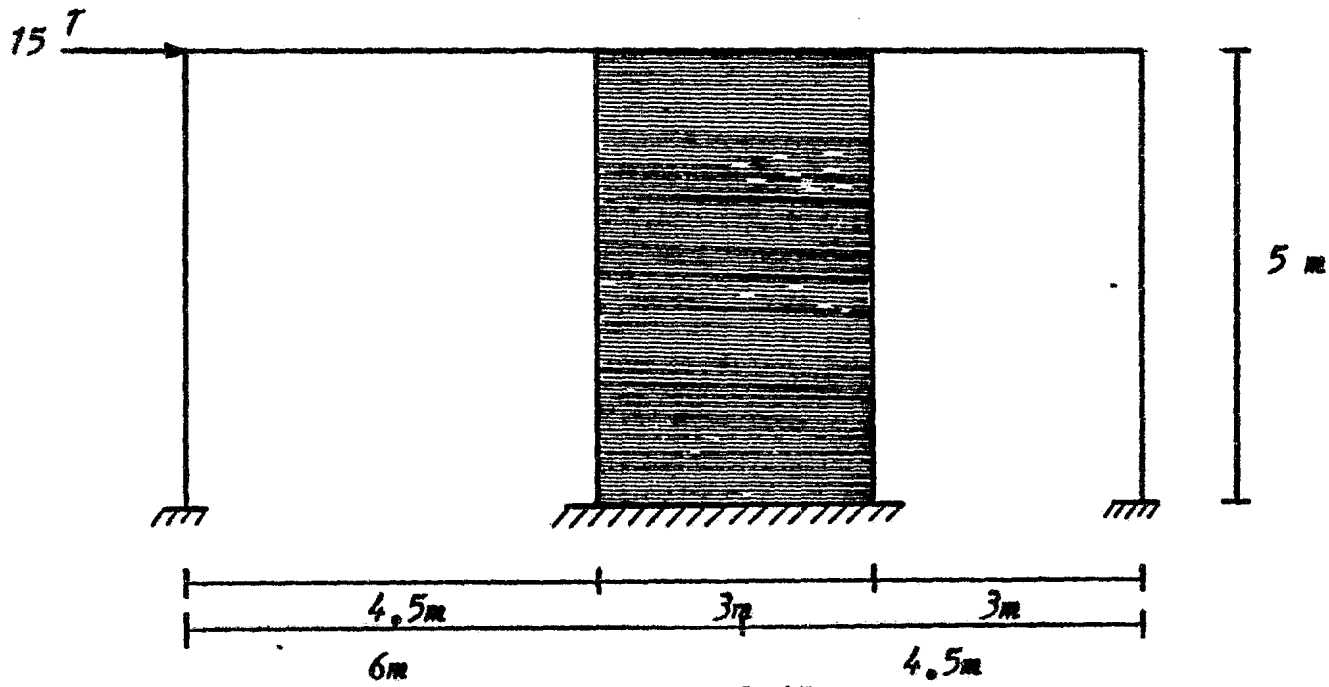


fig.2-15

Conectividad de las barras e idealización del marco.

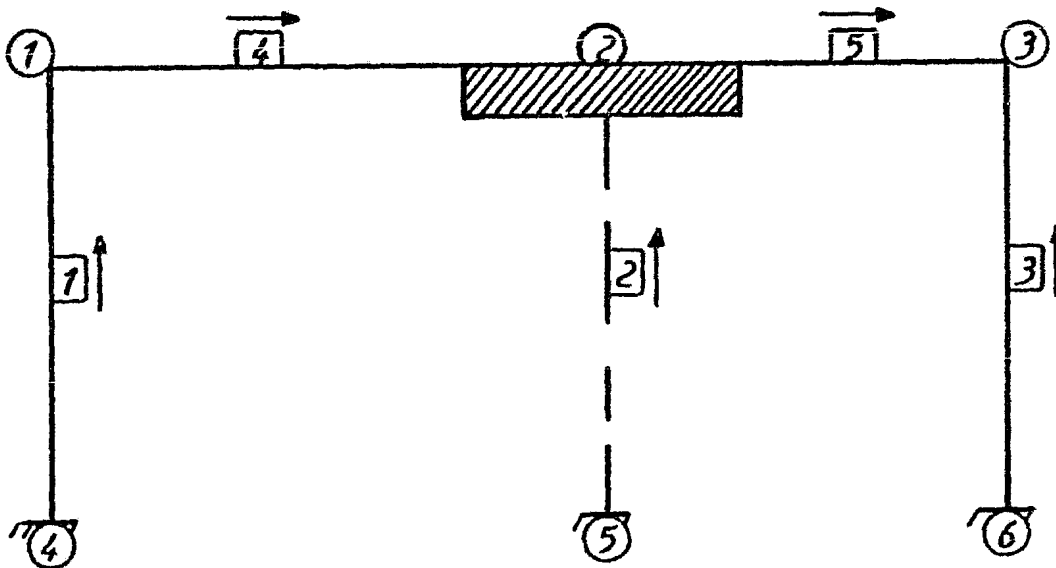


fig.2-16

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL MARCO

BARRA	INICIO	FIN	LONGITUD	ANGULO	a	b	I	A	E	ν	c
1	4	1	5 m	90	0	0	2.133×10^{-3}	0.16	1.41×10^6	0.25	3.99×10^{-3}
2	5	2	5 m	90	0	0	5.625×10^{-1}	0.625	1.41×10^6	0.25	0.27
3	6	3	5 m	90	0	0	2.133×10^{-3}	0.16	1.41×10^6	0.25	3.99×10^{-3}
4	1	2	6 m	0	0	1.5 m	3.125×10^{-3}	0.15	1.41×10^6	0.25	4.34×10^{-3}
5	2	1	4.5m	0	1.5m	0	3.125×10^{-3}	0.15	1.41×10^6	0.25	7.716×10^{-3}

Coefficiente de cortante:

$$c = \frac{6(1 + \nu) I}{A_c L^2}$$

Secciones:

Columnas..... 40 x 40 cm

Trabes..... 30 x 50 cm

Muro..... 25 x 300 cm

La secuela para resolver este problema es:

- 1.- Obtener la expresión topológica de la estructura \underline{K}
- 2.- Calcular los elementos de la matriz de rigidez acoplada, de cada barra, que contribuyen en la expresión topológica.
- 3.- Obtener la matriz de rotación \underline{T} de cada barra.
- 4.- Efectuar la transformación de los elementos del punto 2, a coordenadas globales, mediante la ecuación:

$$k = T^T k' T$$

- 5.- Ensamblar la matriz de rigidez de la estructura \underline{K} de acuerdo a la expresión topológica.
- 6.- Obtener los desplazamientos en los nudos de la estructura, de la ecuación:

$$F = K d$$

- 7.- Obtener los desplazamientos en los extremos de cada una de las barras en las direcciones locales.

$$d' = T d$$

- 8.- Obtener las fuerzas en los extremos de las barras.
- 9.- Comprobación.

Solución del ejemplo propuesto:

1.- Expresión topológica.

$$K = \begin{bmatrix} k_{BB_1} + k_{AA_4} & & 0 \\ & k_{AB_4} & \\ k_{BA_4} & & k_{AB_5} \\ 0 & k_{BB_4} + k_{BB_2} + k_{AA_5} & \\ & & k_{BA_5} \\ & & k_{BB_5} + k_{BB_3} \end{bmatrix}$$

2.- Cálculo de los elementos de k'_{mi}

Barra 1

$$k'_{BB} = \begin{bmatrix} 45120 & 0 & 0 \\ 0 & 284.176 & -710.44 \\ 0 & -710.44 & 2377.61 \end{bmatrix}$$

Barra 2

$$k'_{BB} = \begin{bmatrix} 176250 & 0 & 0 \\ 0 & 36605.76 & -91514.42 \\ 0 & -91514.42 & 387411.05 \end{bmatrix}$$

Banna 3

$$k'_{BB} = \begin{bmatrix} 45120 & 0 & 0 \\ 0 & 284.17 & -710.44 \\ 0 & -710.44 & 2377.61 \end{bmatrix}$$

Banna 4

$$k'_{AA} = \begin{bmatrix} 35250 & 0 & 0 \\ 0 & 570.345 & 1283.27 \\ 0 & 1283.27 & 3866.53 \end{bmatrix}$$

$$k'_{AB} = \begin{bmatrix} -35250 & 0 & 0 \\ 0 & -570.345 & 2138.79 \\ 0 & -1283.27 & 3816.41 \end{bmatrix}$$

$$k'_{BB} = \begin{bmatrix} 35250 & 0 & 0 \\ 0 & 570.345 & -2138.79 \\ 0 & -2138.79 & 9021.92 \end{bmatrix}$$

Banna 5

$$k'_{AA} = \begin{bmatrix} 47000 & 0 & 0 \\ 0 & 1899.7 & 5699.1 \\ 0 & 5699.1 & 18664.99 \end{bmatrix}$$

$$k'_{AB} = \begin{bmatrix} -47000 & 0 & 0 \\ 0 & -1899.7 & 2849.5 \\ 0 & -5699.1 & 7013.9 \end{bmatrix}$$

$$k'_{DB} = \begin{bmatrix} 47000 & 0 & 0 \\ 0 & 1899.7 & -2849.5 \\ 0 & -2849.5 & 5743.07 \end{bmatrix}$$

3.- Matriz de rotación \underline{T} de cada barra.

Barras 1, 2 y 3

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Barras 4 y 5

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4.- Transformación de rigideces de coordenadas locales a globales.

Barras 1 y 3

$$k_{BB} = \begin{bmatrix} 284.17 & 0 & 710.44 \\ 0 & 45120 & 0 \\ 710.44 & 0 & 2377.61 \end{bmatrix}$$

Barra 2

$$k_{BB} = \begin{bmatrix} 36605.76 & 0 & 91514.42 \\ 0 & 176250 & 0 \\ 91514.42 & 0 & 387411 \end{bmatrix}$$

Barras 4 y 5

$$k_{AA} = k'_{AA}$$

$$k_{AB} = k'_{AB}$$

$$k_{BB} = k'_{BB}$$

Nota:

$$k_{BA} = k_{AB}^T$$

6.- Obtención de desplazamientos en los nudos de la estructura.

Resolviendo el sistema $\underline{F} = \underline{K} \underline{d}$; siendo:

$$\underline{F} = \begin{bmatrix} 15 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} ; \quad \underline{d} = \begin{bmatrix} d_{1x} \\ d_{1y} \\ p_{1z} \\ d_{2x} \\ d_{2y} \\ p_{2z} \\ d_{3x} \\ d_{3y} \\ p_{3z} \end{bmatrix} ; \quad \underline{K} ; \quad \text{Matriz de rigidez de la estructura.}$$

La solución del vector desplazamiento \underline{d} es:

$$d_{1x} = 1.2967 \times 10^{-3}$$

$$d_{1y} = 1.0063 \times 10^{-5}$$

$$p_{1z} = -2.9406 \times 10^{-5}$$

$$d_{2x} = 8.8092 \times 10^{-4}$$

$$d_{2y} = 2.1817 \times 10^{-6}$$

$$p_{2z} = -1.9569 \times 10^{-4}$$

$$d_{3x} = 8.7435 \times 10^{-4}$$

$$d_{3y} = -1.826 \times 10^{-5}$$

$$p_{3z} = 8.516 \times 10^{-5}$$

7.- Obtención de los desplazamientos en los extremos de cada barra en las direcciones locales.

Barra 1

$$d'_A = 0 \quad ; \quad d'_B = \begin{bmatrix} 1.0063 \times 10^{-5} \\ 1.2967 \times 10^{-3} \\ 2.9406 \times 10^{-5} \end{bmatrix}$$

Barra 2

$$d'_A = 0 \quad ; \quad d'_B = \begin{bmatrix} 2.1817 \times 10^{-6} \\ 8.8092 \times 10^{-4} \\ 1.9569 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

Barra 3

$$d'_A = 0 \quad ; \quad d'_B = \begin{bmatrix} -1.826 \times 10^{-5} \\ 8.7435 \times 10^{-4} \\ 8.516 \times 10^{-5} \end{bmatrix}$$

Barras 4 y 5

$$d'_A = d_A \quad ; \quad d'_B = d_B$$

8.- Obtención de las fuerzas en los extremos de las barras.

En general para toda barra \overline{AB} .

$$\begin{bmatrix} k'_{AA} & k'_{AB} \\ k'_{BA} & k'_{BB} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d'_A \\ d'_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F'_A \\ F'_B \end{bmatrix}$$

donde:

$$F'_A = \begin{bmatrix} F'_{xA} \\ F'_{yA} \\ M'_{zA} \end{bmatrix} ; \quad F'_B = \begin{bmatrix} F'_{xB} \\ F'_{yB} \\ M'_{zB} \end{bmatrix}$$

Barra 1

$$F'_A = \begin{bmatrix} -0.454 \\ 0.347 \\ 0.886 \end{bmatrix} ; \quad F'_B = \begin{bmatrix} 0.454 \\ -0.347 \\ 0.851 \end{bmatrix}$$

Barra 2

$$F'_A = \begin{bmatrix} -0.384 \\ 14.338 \\ 66.887 \end{bmatrix} ; \quad F'_B = \begin{bmatrix} 0.384 \\ -14.338 \\ 4.8 \end{bmatrix}$$

Barra 3

$$F'_A = \begin{bmatrix} 0.823 \\ 0.308 \\ 0.721 \end{bmatrix} ; \quad F'_B = \begin{bmatrix} -0.823 \\ -0.308 \\ 0.823 \end{bmatrix}$$

Barra 4

$$F'_A = \begin{bmatrix} 14.656 \\ -0.451 \\ -0.85 \end{bmatrix} ; \quad F'_B = \begin{bmatrix} -14.656 \\ 0.451 \\ -1.860 \end{bmatrix}$$

Barra 5

$$F'_A = \begin{bmatrix} 0.308 \\ -0.833 \\ -2.93 \end{bmatrix} ; \quad F'_B = \begin{bmatrix} -0.308 \\ 0.833 \\ -0.825 \end{bmatrix}$$

Resumiendo: (Fig. 2-17)

9.- Comprobación: (Equilibrio)

Nudo 1

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 & \sum F_y &= 0 & \sum M_z &= 0 \\ 14.65 - 0.45 + 15 &\approx 0 & ; & 0.454 - 0.451 \approx 0 & ; & 0.85 - 0.85 = 0 \end{aligned}$$

Nudo 2

$$\sum F_x = 0$$

$$14.338 + 0.308 - 14.656 \approx 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$0.451 + 0.384 - 0.833 \approx 0$$

$$\sum M_z = 0$$

$$4.8 - 1.86 - 2.93 \approx 0$$

Nudo 3

$$\sum F_x = 0$$

$$0.308 - 0.308 = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$0.833 - 0.823 \approx 0$$

$$\sum M_z = 0$$

$$0.823 - 0.825 \approx 0$$

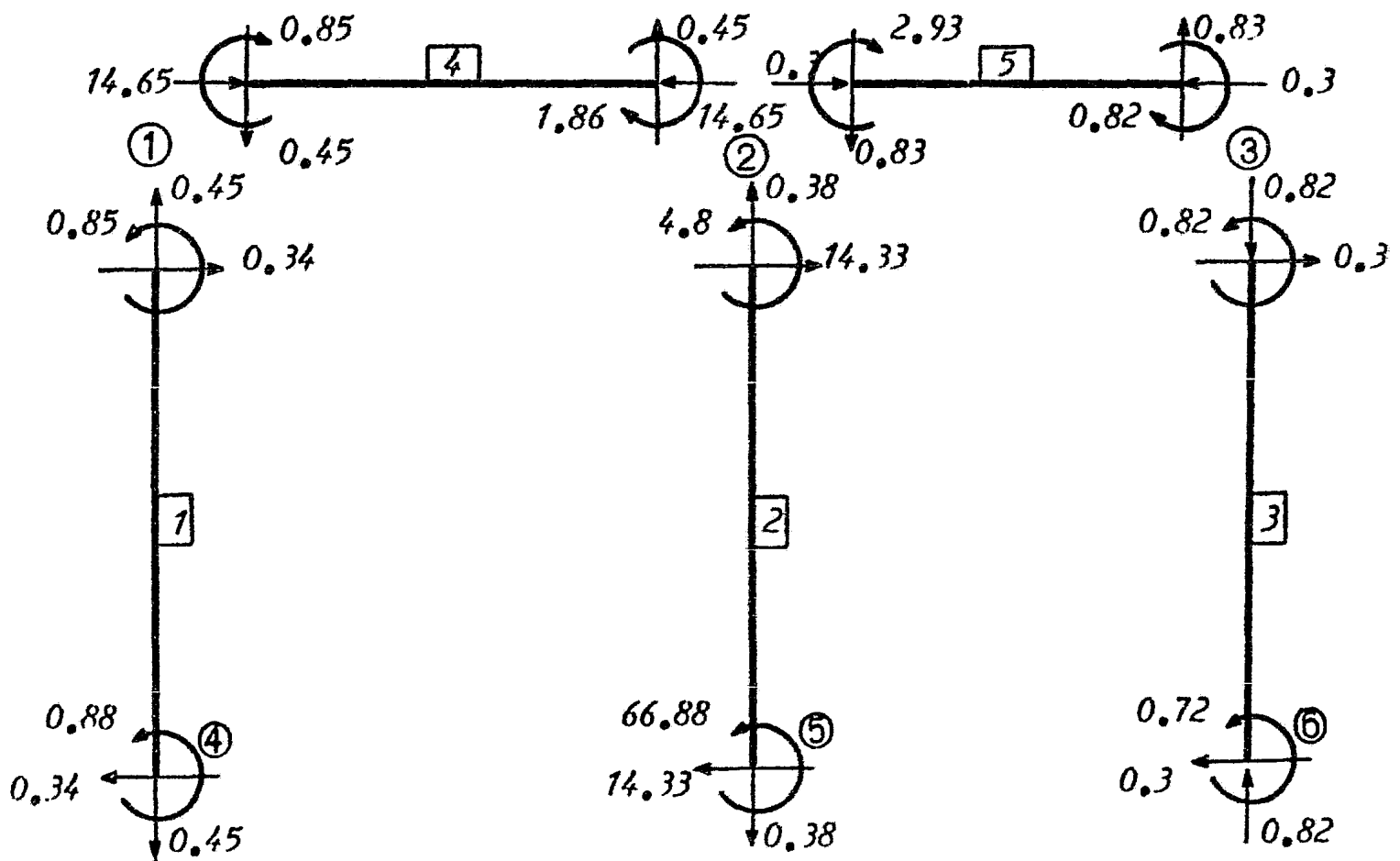
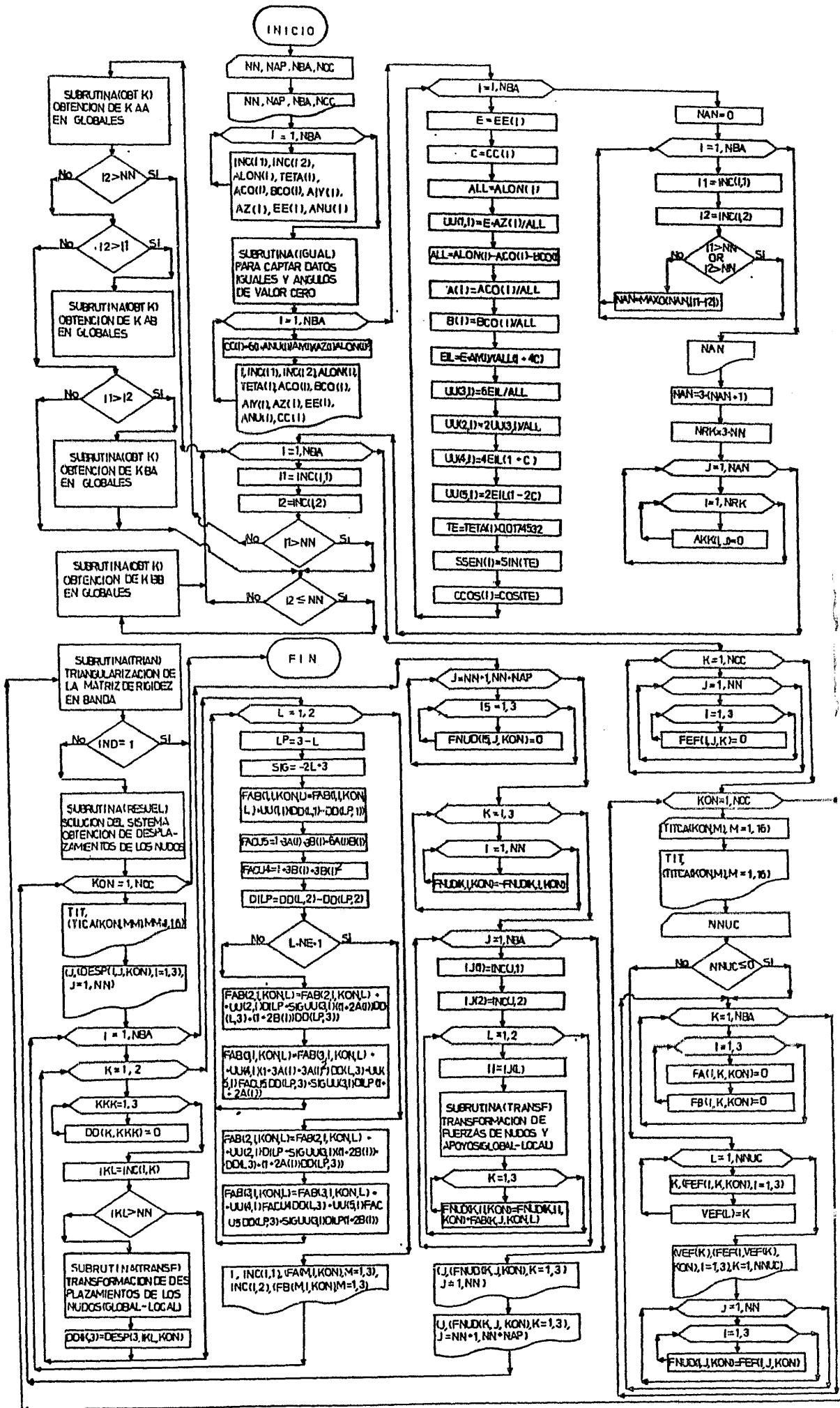


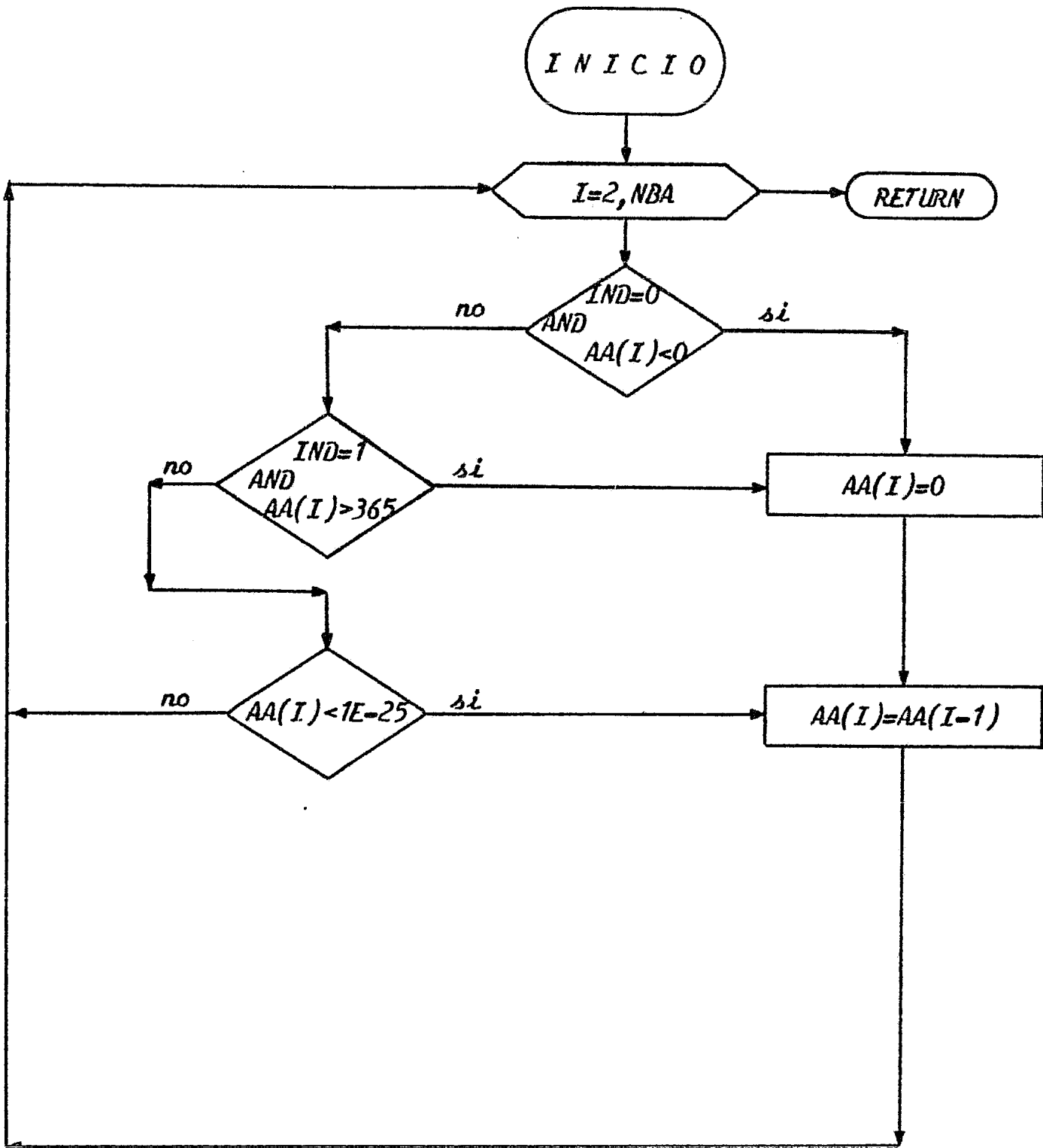
fig.2-17

3.- DIAGRAMA DE FLUJO

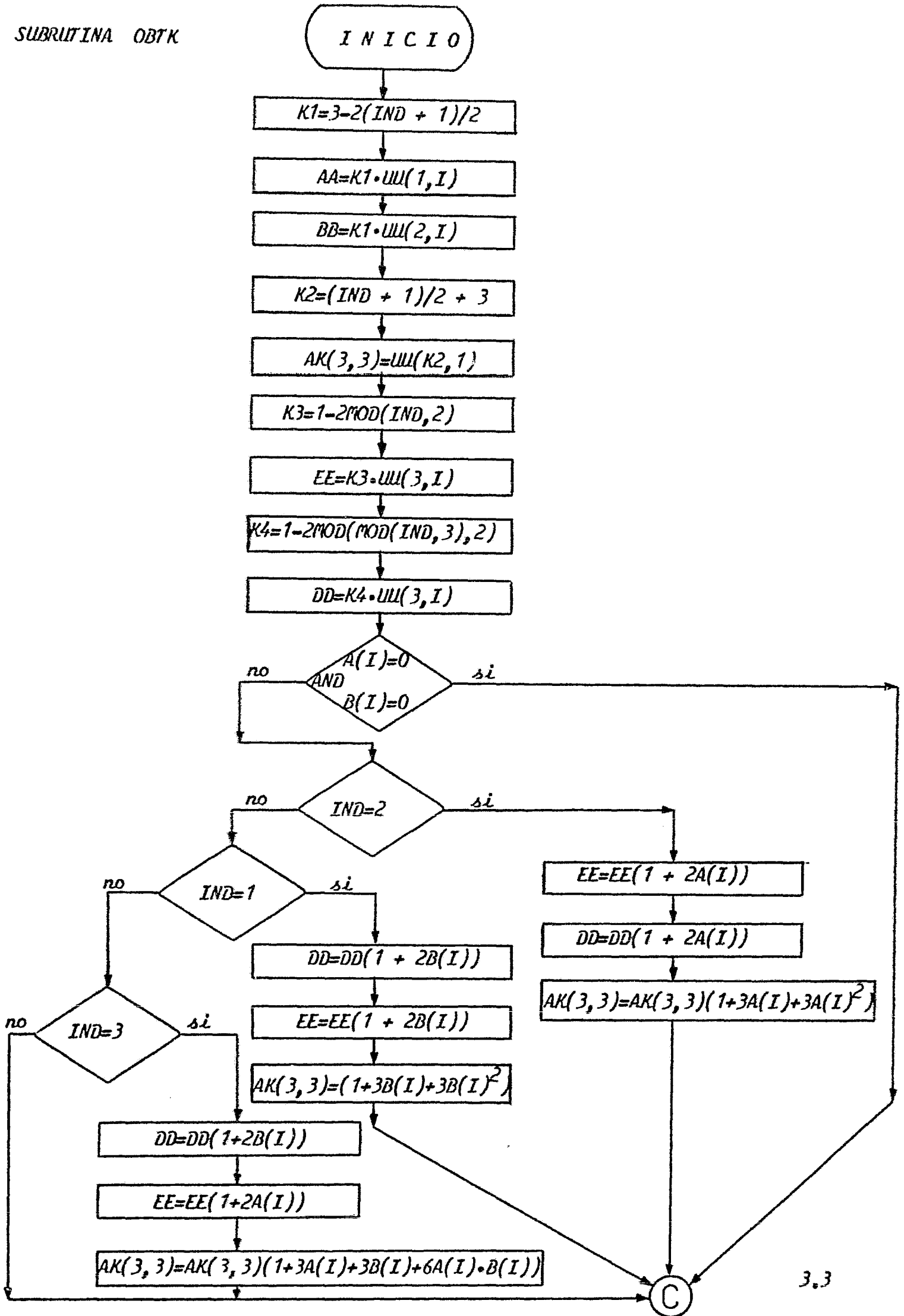
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL

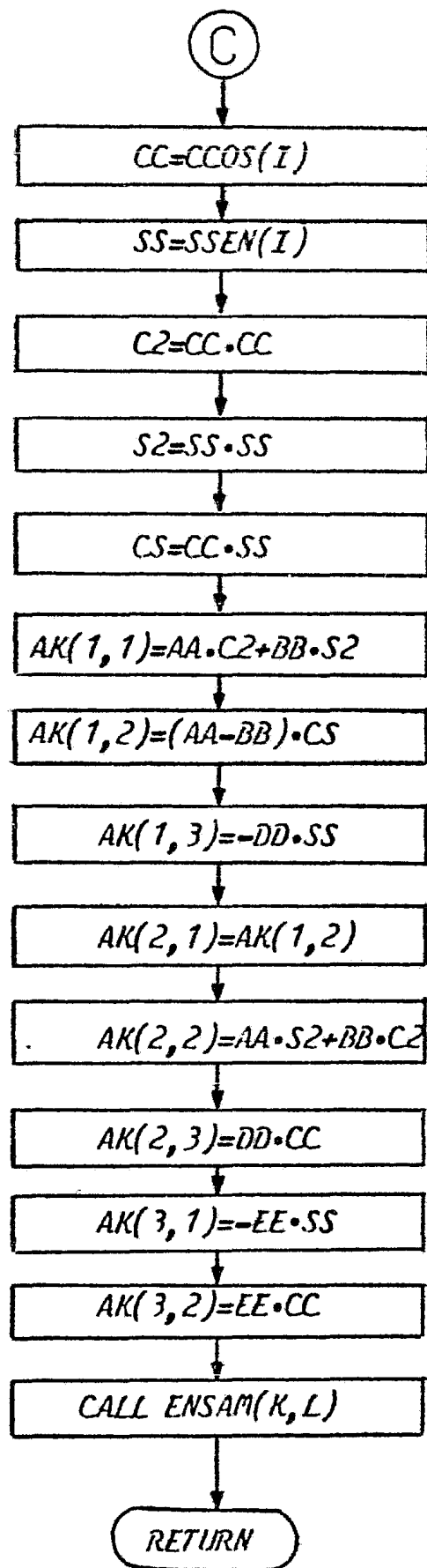


SUBROUTINA IGUAL

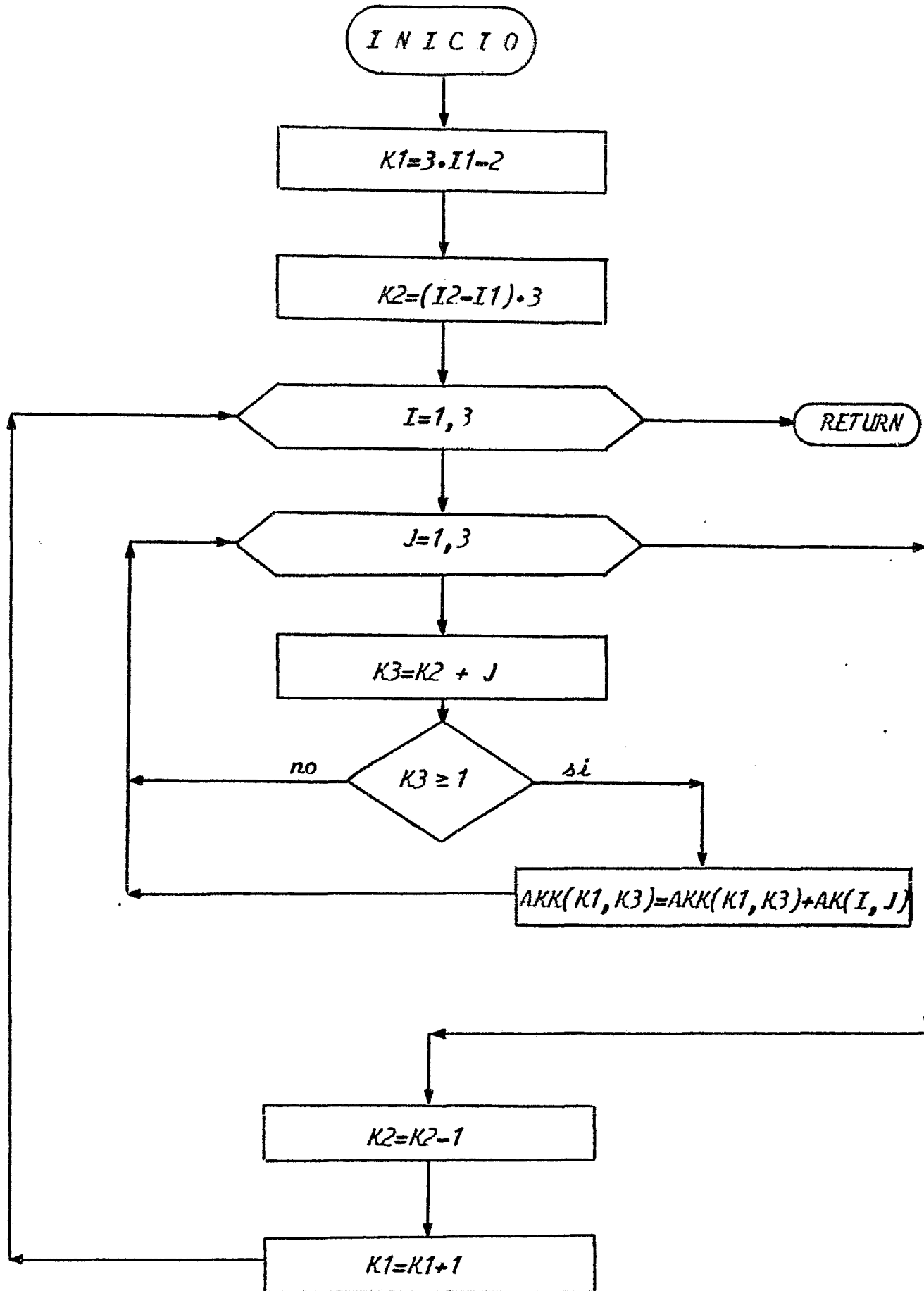


SUBROUTINA OBTK

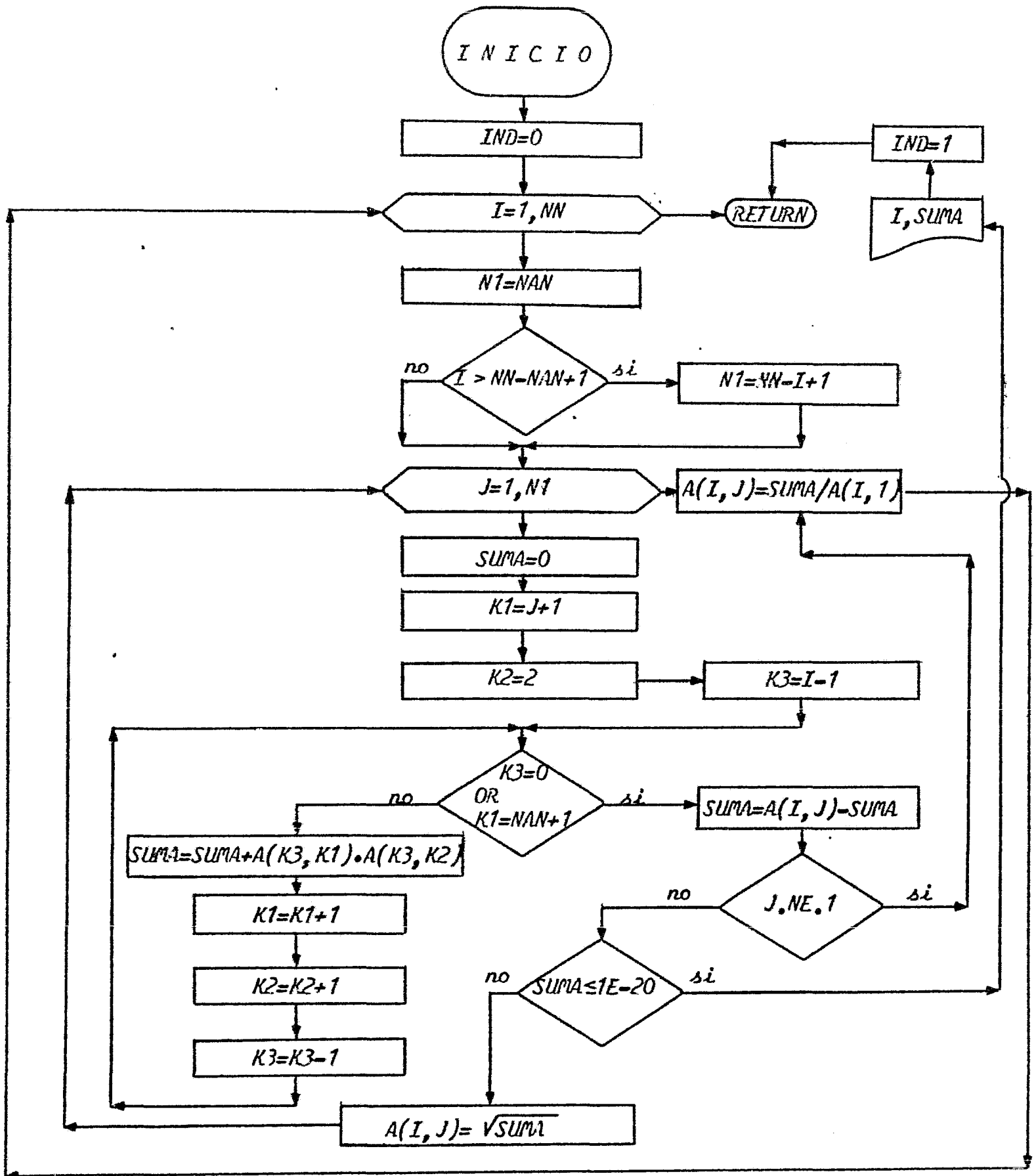




SUBROUTINA ENSAM



SUBROUTINA TRIAN



INICIO

SUBROUTINA RESUEL

J=1, NCC

RETURN

I=1, NN

SUMA=0

K1=2

K3=I-1

no

OR

K3=0

K1=NN+1

si

 $SUMA = SUMA + AA(K3, K1) \cdot YY(K3, J)$
 $YY(I, J) = (YY(I, J) - SUMA) / AA(I, 1)$

K1=K+1

K3=K3-1

IP=1, NV

I=NN-IP+1

N1=NaN

no

I > NN - N1 + 1

si

N1=NN-I+1

SUMA=0

K1=2

K3=I+1

no

K1=N1+1

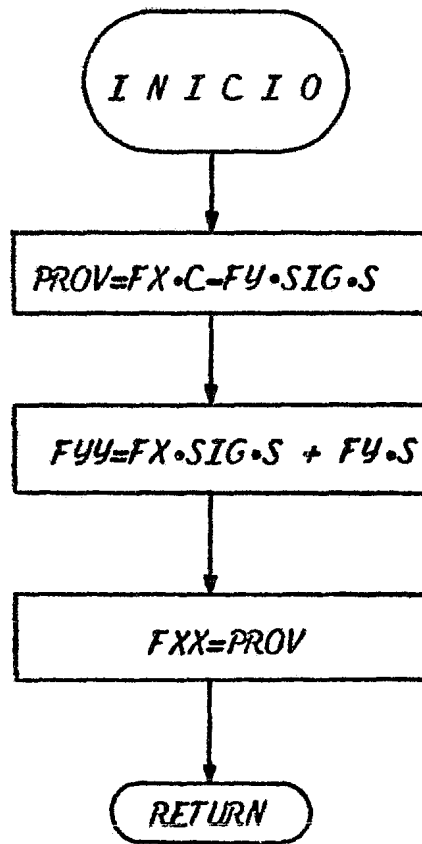
si

 $SUMA = SUMA + AA(I, K1) \cdot YY(K3, J)$
 $YY(I, J) = (YY(I, J) - SUMA) / AA(I, 1)$

K1=K1+1

K3=K3+1

SUBROUTINA TRANSF



4.- LISTADO

B6700 F O R T R A N C O M P I L A T I O N M A R K 3.

I N T E R A C C I O N / M A R C O / M U R C

C*****

C*****

C*****

U. N. A. M.

C SOLUCION DE UN MARCO PLANO UTILIZANDO METODOS MATRICIALES

C*

C*****

C NN = NO. DE NUDOS

C NAF = NO. DE APOYOS

C NBA = NO. DE BARRAS

C NCC = NO. DE CONDICIONES DE CARGA

C UU = ELEMENTOS DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE CADA BARRA

C AK = MATRIZ DE RIGIDEZ DE CADA BARRA EN GLOBALES (K AA, K AB, K BB)

C INC = INCIDENCIAS DE CADA BARRA (NUDO ORIGEN, NUDO DESTINO)

C ALON = LONGITUD DE CADA BARRA

C TETA = ANGULO QUE FORMA EL EJE DE LA BARRA CON EL "X" DEL SISTEMA

C GLOBAL

C AIY = MOMENTO DE INERCIA DE CADA BARRA

C AZ = AREA DE CADA BARRA

C AA = MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA EN BANDA

C YY = VECTOR DE CARGAS

C NAB = ANCHO DE BANDA (COLS. DE LA MATRIZ AA EN BANDA)

C NRK = NO. DE RENGLONES DE LA MATRIZ AA

C FEF = FUERZAS EN LOS NUDOS

C DESP = DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS (SIST. GLOBAL)

C DD = DESPLAZAMIENTOS DE LOS EXTREMOS (A Y B) DE UNA BARRA EN SIST.

C LOCAL

C ACC = LONGITUD MEDIA DEL MURO EN EL EXTREMO "A" DE LA BARRA "I"

C PCC = LONGITUD MEDIA DEL MURO EN EL EXTREMO "B" DE LA BARRA "I"

```

COMMON /C1/ UU(5,200), CLOS(200), SSEN(200), AK(3,3)
+, AKK(300,120), NAN, NRK, ACU(200), BCO(200), ALF(200), BET(200)
  DIMENSION INC(200,2), ALON(200), TETA(200), AIY(200), AZ(200)
+, AA(300,120), YY(300,5)
  DIMENSION EE(200), ANU(200), CC(200), TIT(32)
  DIMENSION CD(2,3), FNUD(3,130,5), IJ(2)
  DIMENSION FAB(3,300,5,2), FEF(3,300,5), FA(3,200,5), FB(3,200,5)
  DIMENSION TITCA(5,16), UESP(3,300,5), VEF(300)
  EQUIVALENCE (AKK,AA)
  EQUIVALENCE (FA(1),FAB(1)), (FB(1),FAB(4501)), (FEF(1),YY(1))
  EQUIVALENCE (FEF(1),UESP(1))
  WRITE(6,1000)

```

```

READ(5,2000) TIT

```

```

WRITE(6,1001) TIT

```

```

C  LECTURA DE DATOS GENERALES
  READ(5,2001) NN,NAP,NBA,NCC
  WRITE(6,1002) NN,NAP,NBA,NCC
C  LECTURA DE DATOS DE CADA BARRA
  DO 20 I=1,NBA
20 READ(5,2002) INC(I,1),INC(I,2),ALON(I),TETA(I),ACO(I),BCO(I),
+,AIY(I),AZ(I),EE(I),ANU(I)
  CALL IGUAL(ALON,NBA,0)
  CALL IGUAL(TETA,NBA,1)
  CALL IGUAL(AIY,NBA,0)
  CALL IGUAL(AZ,NBA,0)
  CALL IGUAL(EE,NBA,0)
  CALL IGUAL(ANU,NBA,0)

```

```

WRITE(6,1003)
DO 30 I=1,NBA
CC(I)=6*(1.+ANU(I))*AIY(I)/(AZ(I)*ALON(I)**2)
30 WRITE(6,1004) I,INC(I,1),INC(I,2),ALON(I),TETA(I),ACO(I),BCO(I),
+AIY(I),AZ(I),FE(I),ANU(I),CC(I)
OBTENCION DE U(I) I=1,5
DO 40 I=1,NBA
E=EF(I)
C=CC(I)
ALL=ALON(I)
UU(1,I)=E*AZ(I)/ALL
ALL = ALON(I) - ACO(I) - BCO(I)
ALF(I) = ACO(I)/ALL
BET(I) = BCO(I)/ALL
EIL=E*AIY(I)/(ALL*(1.+4.*C))
UU(3,I)=6.*EIL/ALL
UU(2,I)=2.*UU(3,I)/ALL
UU(4,I)=4.*EIL*(1.+C)
UU(5,I)=2.*EIL*(1.-2.*C)
TE=TETA(I)*0.017453293
SSFN(I)=SIN(TE)
CCOS(I)=COS(TE)
40 CONTINUE
OBTENCION DEL ANCHO DE BANDA
NAN=0
DO 50 I=1,NBA
I1=INC(I,1)
I2=INC(I,2)
IF(I1.GT.N1.OR.I2.GT.N2)GO TO 50
NAN = MAX0(NAN,ABS(I1-I2))
50 CONTINUE

```



```

WRITE(6,1005)NAN
NAN=3*(NAN+1)
NRK=3*NN
:   OBTENCION DE LA MATRIZ (K) EN BANDA
DO 60 J=1,NAN
DO 60 I=1,NRK
60  AKK(I,J)=0.0
DO 100 I=1,NBA
I1=INC(I,1)
I2=INC(I,2)
IF(I1.GT.NN)GO TO 61
CALL OBTK(2,I,I1,I1)
IF(I2.GT.NN) GO TO 100
IF(I2.GT.I1) CALL OBTK(3,I,I1,I2)
IF(I1.GT.I2) CALL OBTK (4,I,I2,I1)
61  CONTINUE
IF(I2.LE.NN) CALL OBTK(1,I,I2,I2)
100 CONTINUE
:   LECTURA DE LAS FUERZAS EN LOS NUDOS (SIST. GLOBAL)
DO 200 K=1,NCC
DO 200 J=1,NN
DO 200 I=1,3
200  FEF(I,J,K)=0.0
DO 250 KCN=1,NCC
READ(5,2000) (TITCA(KON,M),M=1,16)
WRITE(6,4000)TIT,(TITCA(KON,M),M=1,16)
READ(5,2050) NNUC
IF(NNUC.LE.0) GO TO 211
WRITE(6,4010)
DO 210 L=1,NNUC
READ(5,2071) K,(FEF(I,K,KON),I=1,3)
210  VEF(L)=K

```

```

      WRITL(6,4020) (VEF(K),(FEF(I,VEF(K),KON),I=1,3),K=1,NN(C)
DO 230 J=1,NN
DO 230 I=1,3
230 FILD(I,J,KON) = FEF(I,J,KON)
211 DO 215 K=1,NBA
DO 215 I=1,3
FA(I,K,KON) = 0.0
215 FB(I,K,KON) =0.0
250 CONTINUE
C TRIANGULARIZACION DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ EN BANDA
CALL TRIAN(AA,NRK,NAN,300,IND)
C SOL.DEL SISTEMA (ORT.DE DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS,SIST.GLOB.)
IF(IND.EG.1)CALL EXIT
CALL RESUEL(AA,NRK,NAN,300,YY,NCC,300)
DO 500 KON=1,NCC
WRITE(6,4100) TIT,(TTITL(KON,MM),MM=1,16)
WRITE(6,4150)
WRITE(6,4020) (J,(DESP(I,J,KON),I=1,3),J=1,NN)
C OBTENCION DE FA Y FB FINALES DE CADA BARRA(COND. LOCALES)
WRITE(6,4300)
DO 395 I=1,NBA
DO 330 K=1,2
DO 375 KKK=1,3
375 DD(K,KKK)=0.0
IKL=INC(I,K)
IF(IKL.GT.NN) GO TO 380
CALL TRANSF(DESP(1,IKL,KON),DESP(2,IKL,KON),CCOS(I),
+SSEN(I),DD(K,1),DD(K,2),-1.0)
DD(K,3)=DESP(3,IKL,KON)
380 CONTINUE
DO 390 L=1,2
LP=3-L
SIG=-2*L+3

```

```

FAE(1,I,KON,L)=FAE(1,I,KUN,L)+UU(1,I)*(DD(L,1)-DD(LP,1))
FACU5=1.+3.*ALF(I)+3.*BET(I)+6.*ALF(I)*BET(I)
FACU4=1.+3.*BET(I)+3.*BET(I)**2
DILP=DD(L,2)-DD(LP,2)
IF(L.NE.1) GO TO 5000
FAB(2,I,KON,L)=FAB(2,I,KUN,L)+UU(2,I)*DILP+SIG*UU(3,I)*
+(1.+2.*ALF(I))*DD(L,3)+(1.+2.*BET(I))*DD(LP,3))
FAC(3,I,KON,L)=FAC(3,I,KUN,L)+UU(4,I)*(1.+3.*ALF(I)+3.*
+ALF(I)**2)*DD(L,3)+UU(5,I)*FACU5*DD(LP,3)+SIG*LU(3,I)
+*DILP*(1.+2.*ALF(I))
GO TO 390
5000 FAB(2,I,KON,L)=FAB(2,I,KUN,L)+UU(2,I)*DILP+SIG*UU(3,I)*
+((1.+2.*BET(I))*DD(L,3)+(1.+2.*ALF(I))*DD(LP,3))
FAC(3,I,KON,L)=FAC(3,I,KUN,L)+UU(4,I)*FACU4*DD(L,3)+UU(5,I)*FACU5
+*DD(LP,3)+SIG*UU(3,I)*DILP*(1.+2.*BET(I))
390 CONTINUE
WRITE(6,4400) I,INC(I,1),(FAC(M,I,KON),M=1,3),INC(I,2),
+(FF(M,I,KON),M=1,3)
395 CONTINUE
C COMPRESION DEL EQUILIBRIO DE LOS NUDOS Y OBTENCION DE LAS
C REACCIONES EN LOS APOYOS
DO 400 J=NN+1,NN+NAP
DO 400 IS=1,3
400 FNUD(IS,J,KON) = 0.0
DO 405 K=1,3
DO 405 I=1,NN
405 FNUD(K,I,KON) = -FNUD(K,I,KUN)
DO 430 J=1,NBA
IJ(1) = INC(J,1)
IJ(2) = INC(J,2)
DO 420 L=1,2
II = IJ(L)

```

```

CALL TRANSI (FAB(1,J,KON,L),FAB(2,J,KON,L),CCOS(J),
+SSEN(J),FAB(1,J,KON,L),FAB(2,J,KON,L),1.0)
DO 420 K=1,3
FNUD(K,II,KON) = FNUD(K,II,KON) + FAB(K,J,KON,L)
420 CONTINUE
430 CONTINUE
C IMPRESION DEL EQUILIBRIO DE LOS NUDOS
WRITE(6,4500)
WRITE(6,4020) (J,(FNUD(K,J,KON),K=1,3),J=1,NN)
C IMPRESION DE LAS REACCIONES EN LOS APOYOS
WRITE(6,4600)
WRITE(6,4020) (J,(FNUD(K,J,KON),K=1,3),J=NN+1,NN+NAP)
500 CONTINUE
STOP

C
C .....
C
C FORMATS DE LECTURA E IMPRESION
C
C .....
C
1000 FORMAT(1F1,130("="),//,26X,"UNIVERSIDAD NACIONAL
+L AUTONOMA DE MEXICO",//,43X,"FACULTAD
+DE INGENIERIA",//,49X,"INGENIERIA CIVIL
+",//,130("="),//,1X,"AGOSTO 82 GUMARO RAMOS ORTIZ FAC.ING.
+U.N.A.M.",//,1X,"INICIO DE CORRIDA *****INTERACCION/MARCC/MURO**
+*****")
1001 FORMAT(/,10X,"SOLUCION DE UN MARCO PLANO :",16A5,/,43X,16A5)
1002 FORMAT(/,10X,"NUMERO DE NUDOS",15("."),"=",I3,//,10X,"NUMERO DE AP
+OYOS",14("."),"=",I3,//,10X,"NUMERO DE BARRAS",14("."),"=",I3,//,1
+6X,"NUMERO DE CONDICIONES DE CARGA=",I3)
1003 FORMAT(/,1X,20("="),"CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL MARCO",20("="
+),//,5X,"BARRA INICIO FIN LONGITUD ANGULO ACO BCO ",6X,"IY"

```

```

      +,11X,"AZ",12X,"E",11X,"NU",12X,"C")
1004 FORMAT(/,6X,I3,4X,I3,4X,I3,2(1X,F7.2),2(2X,F5.2),5(1X,1PE12.5))
1005 FORMAT(/,10X,"LA MAXIMA DIFERENCIA DE INCIDENCIA ES ",8I5)
4000 FORMAT(1H1,130("="),//,10X,"SOLUCION DE UN MARCO PLANO      :",
      +16A5,/,43X,16A5,//,10X,"+++ANALISIS BAJO CONDICION DE      :",16A5)
4010 FORMAT(//,10X,"++++FUERZAS EN LOS NUDOS++++",//,12X,
      +2(4X,"NUDO",7X,"FX",13X,"FY",13X,"MFLEX",6X))
4020 FORMAT((/,11X,2(4X,I3,1X,3(2X,1PE14.7)),/))
4100 FORMAT(1H1,130("="),//,10X,"SOLUCION DE UN MARCO PLANO      :",
      +16A5,/,43X,16A5,//,10X,"++++SOLUCION PARA LA CONDICION DE      :",
      +16A5)
4150 FORMAT(//,10X,"++++DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS++++",
      +//,12X,2(4X,"NUDO",7X,"DX",14X,"DY",14X,"FI",6X))
4300 FORMAT(//,10X,"++++FUERZAS EN LAS BARRAS++++",//,16X,"BARRA ",
      +2("EXTREMO      FZA.NCR.      FZA.CORT.      MOM.FLEX.",3X))
4400 FORMAT(/,17X,I3,1X,2(3X,I3,1X,3(2X,1PE14.7)))
4500 FORMAT(//,10X,"++++ EQUILIBRIO EN LOS NUDOS +++",//,
      +14X,2(2X,"NUDO  SUM.FZAS.HOR.  SUM.FZAS.VERT.  SUM.MOM.FLEX.  "
      +))
4600 FORMAT(//,10X,"++++ REACCIONES EN LOS APOYOS ++",//,
      +12X,2(4X,"APOYO      FRX",14X,"FRY",14X,"RZ",4X))
2000 FORMAT(16A5)
2001 FORMAT(4I3)
2002 FORMAT(2I3,4F6.2,4F12.5)
2050 FORMAT(I3)
2071 FORMAT(I3,3E12.5)
      END

```

```
SUBROUTINE IGUAL(AA,NBA,IND)
DIMENSION AA(1)
DO 10 I=2,NBA
IF(IND.EQ.0.AND.AA(I).LT.0) GO TO 8
IF(IND.EQ.1.AND.AA(I).GT.365) GO TO 8
IF(ABS(AA(I)).LT.1.0E-25) AA(I) = AA(I-1)
GO TO 10
8 AA(I) = 0.
10 CONTINUE
RETURN
END
```

```

SUBROUTINE ORTK(IND,I,K,L)
COMMON/C1/LU(5,200),CCUS(200),SSEN(200),AK(3,3)
+,AKK(300,120),NAN,NRK,ACU(200),BCO(200),ALF(200),BET(200)
K1 = 3-2*((IND+1)/2)
AA = K1*LU(1,I)
BB = K1*LU(2,I)
K2 = (IND+1)/2+3
AK(3,3) = LU(K2,I)
K3 = 1 - 2*MOD(IND,2)
EE = K3*UU(3,I)
K4 = 1-2*NCD(MOD(IND,3),2)
DD = K4*LU(3,I)
IF(ALF(I).EQ.0.AND.BET(I).EQ.0) GO TO 800
IF(IND.EQ.2) GO TO 1000
IF(IND.EQ.1) GO TO 2000
IF(IND.EQ.3) GO TO 3000
GO TO 800
1000 EE = EE*(1.+2.*ALF(I))
DD = DD*(1.+2.*ALF(I))
AK(3,3) = AK(3,3)*(1.+3.*ALF(I)+3.*ALF(I)**2)
GO TO 800
2000 DD=DD*(1.+2.*BET(I))
EE=EE*(1.+2.*BET(I))
AK(3,3) = AK(3,3)*(1.+3.*BET(I)+3.*BET(I)**2)
GO TO 800
3000 DD=DD*(1.+2.*BET(I))
EE=EE*(1.+2.*ALF(I))
AK(3,3)=AK(3,3)*(1.+3.*ALF(I)+3.*BET(I)+6.*ALF(I)*BET(I))
800 CC=CCOS(I)
SS=SSEN(I)

```

```
C2=CC*CC
S2=SS*SS
CS=CC*SS
AK(1,1)=AA*C2+BB*S2
AK(1,2)=(AA-BB)*CS
AK(1,3)=-DC*SS
AK(2,1)=AK(1,2)
AK(2,2)=AA*S2+BB*C2
AK(2,3)=DD*CC
AK(3,1)=-EE*SS
AK(3,2)=EE*CC
CALL ENSAM(K,L)
RETURN
END
```


C SUBROUTINA PARA ENSAMBLAR LAS MATRICES KAA,KAB,KBA,KBB EN GLOBALES
C Y A LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA (EN BANCA)

```

SUBROUTINE ENSAM(I1,I2)
COMMON /C1/ UU(S,200),CLOS(200),SSEN(200),AK(3,3)
+,AKK(300,120),NAN,NRK
K1=3*I1-2
K2=(I2-I1)*3
DO 10 I=1,3
DO 15 J=1,3
K3=K2+J
IF(K3.GE.1) AKK(K1,K3)=AKK(K1,K3)+AK(I,J)
15 CONTINUE
K2=K2-1
K1=K1+1
10 CONTINUE
RETURN
END
```

C SUBROUTINA PARA TRIANGULARIZAR MATRICES SIMETRICAS EN BANDA

```

SUBROUTINE TRIAN(A,NN,NAN,ND1,IND)
DIMENSION A(ND1,1)
INC = 0
DO 90 I = 1,NN
N1 = NAN
IF(I.GT.NN-NAN+1) N1 = NN - I + 1
DO 90 J = 1,N1
SUMA = 0.
K1 = J + 1
K2 = 2
K3 = I - 1
10 IF(K3.EQ.0.OR.K1.EQ.NAN+1) GO TO 11
SUMA = SUMA + A(K3,K1) * A(K3,K2)
K1 = K1 + 1
K2 = K2 + 1
K3 = K3 - 1
GO TO 10
11 SUMA = A(I,J) - SUMA
IF(J.NE.1) GO TO 12
IF(SUMA.LE.1.0E-20) GO TO 91
A(I,J) = SGRT(SUMA)
GO TO 90
12 A(I,J) = SUMA/A(I,1)
90 CONTINUE
RETURN
91 WRITE(6,1001) I,SUMA
1001 FORMAT(/,10X,20("*"),"ERRORE EN RENGLON ",I3,"SUMA=",1PE15.7
+,//,130("*"))
INC = 1

```

RETURN

END

C SUBROUTINA PARA RESOLVER EL SISTEMA DE ECUACIONES

```
SUBROUTINE RESUEL(AA,NN,NAN,ND1,YY,NCC,ND2)
DIMENSION AA(ND1,1),YY(ND2,1)
DO 200 J=1,NCC
DO 50 I=1,NN
SUMA = 0.
K1 = 2
K3 = I-1
10 IF(K3.EQ.0.OR.K1.EQ.NAN+1) GO TO 11
SUMA = SUMA + AA(K3,K1) * YY(K3,J)
K1 = K1 + 1
K3 = K3-1
GO TO 10
11 CONTINUE
50 YY(I,J)=(YY(I,J)-SUMA)/AA(I,1)
DO 100 IF=1,NN
I=NN-IF+1
N1=NAN
IF(I.GT.NN-NAN+1) N1=NN-1+1
SUMA = 0.
K1=2
K3 = I + 1
51 IF(K1.EQ.N1+1) GO TO 100
SUMA = SUMA + AA(I,K1) * YY(K3,J)
K1 = K1 + 1
K3 = K3 + 1
GO TO 51
100 YY(I,J) = (YY(I,J) - SUMA) / AA(I,1)
200 CONTINUE
RETURN
```

END

C SUBROUTINA PARA TRANSFORMAR DE COORD. LOCALES A GLOBALES Y VICEREPZ

SUBROUTINE TRANSF(FX,FY,C,S,FXX,FYY,SIG)

PROV=FX*C - FY*SIG*S

FYY = FX*SIG*S + FY*C

FXX=PROV

RETURN

END

5.- EJEMPLOS

En los ejemplos que siguen se obtiene: fuerzas en las barras, desplazamientos en todos los nudos y reacciones en los apoyos, para la condición de carga horizontal. Se considera el funcionamiento combinado marco-muro y deformaciones por flexión, cortante y fuerza axial en todas las barras.

EJEMPLO 1

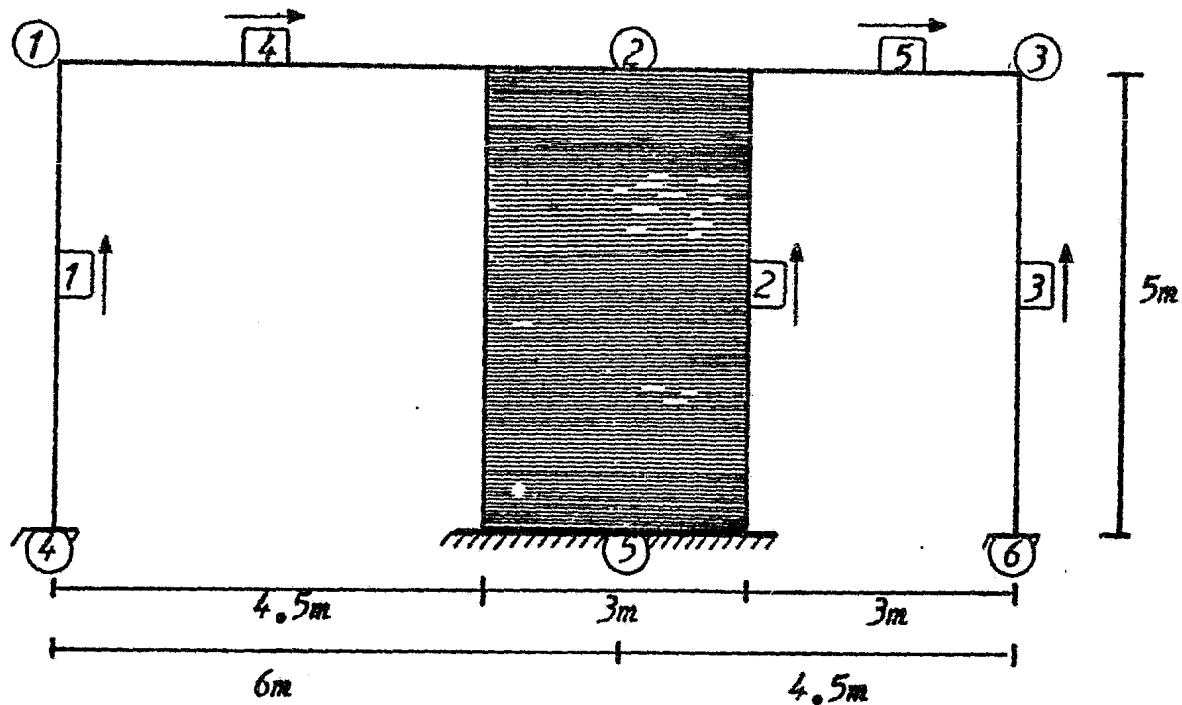


fig.5-1

Secciones:

- Columnas: 40 x 40 cm
- Trabes: 30 x 50 cm
- Muro: 25 x 300 cm

Condición de carga: (Horizontal)

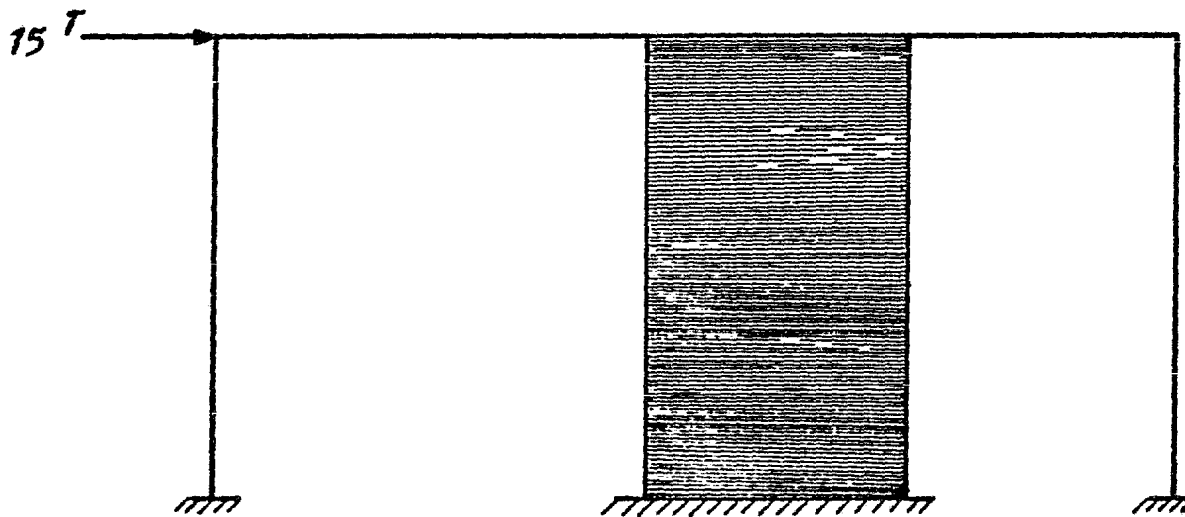
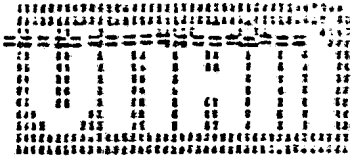


fig.5-2

Propiedades geométricas de barras y mecánicas de materiales:
(ver listado de la siguiente hoja).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 INGENIERÍA CIVIL



AGUSTO 82 GUPARO RAMOS CRTAZ FAC.ING.U.N.A.M.

INICIO DE CORRIDA *****INTERACCION/MARCO/MURCA*****

SOLUCION DE UN MARCO PLANO : CONTEMPLANDO SU INTERACCION CON MURCS DE COPTANTE
 UTILIZANDO METODOS MATRICIALES

NUMERO DE NUDOS.....= 3
 NUMERO DE APOYOS.....= 3
 NUMERO DE BARRAS.....= 5
 NUMERO DE CONDICIONES DE CARGA= 1

=====CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL MARCO=====

BARRA	INICIO	FIN	LONGITUD	ANGULO	ACO	PCO	IY	AZ	E	NI	C
1	4	1	5.40	90.00	0.00	0.00	2.13300E-03	1.60000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.99937E-03
2	5	2	5.40	90.00	0.00	0.00	5.62500E-01	6.25000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	2.70000E-01
3	6	3	5.40	90.00	0.00	0.00	2.13300E-03	1.60000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.99937E-03
4	1	2	6.40	0.00	0.00	1.50	3.12500E-03	1.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.34028E-03
5	2	3	4.50	0.00	1.50	0.00	3.12500E-03	1.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	7.71605E-03

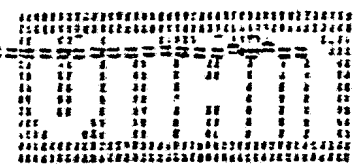
LA MAXIMA DIFERENCIA DE INCIDENCIA ES 1

SOLUCION DE UN MARCO PLANO : CONTEMPLANDO SU INTERACCION CON NUDOS DE CONSTANTE
UTILIZANDO METODOS MATRICIALES

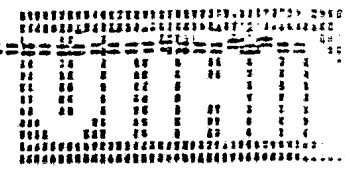
+++ANALISIS BAJO CONDICION DE : CARGA HORIZONTAL

++++FUERZAS EN LOS NUDOS++++

NUDO	FX	FY	MFLX	NUDD	FY	FY	MFLX
1	1.5000040E+01	0.	0.				



SOLUCION DE UN MARCO PLANO : CONTEMPLADO SU INTERACCION CON MUROS DE CORTANTE UTILIZANDO METODOS MATRICIALES



++++SOLUCION PARA LA CONDICION DE : CARGA HORIZONTAL

++++DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS++++

NUDO	FX	FY	FZ	NUDO	FX	FY	FZ
1	1.2969746E-03	1.0021136E-05	-2.9514057E-05	2	8.8130780E-04	2.1634483E-06	-1.9579166E-04
3	8.7472843E-04	-1.8471878E-05	8.5340760E-05				

++++FUERZAS EN LAS BARRAS++++

BARRA	EXTREM.	FZA.HOR.	FZA.CORT.	MOM.FLEX.	EXTREM.	FZA.HOR.	FZA.CORT.	MOM.FLEX.
1	4	-4.5215112E-01	3.4760317E-01	8.8676080E-01	1	4.5215112E-01	-3.4760317E-01	-8.5125503E+00
2	5	-3.8130165E-01	1.4343190E+01	6.6915426E+01	2	3.8130165E-01	-1.4343190E+01	4.8005224E+00
3	6	8.3345282E-01	3.0920729E-01	7.2168524E-01	3	-8.3345282E-01	-3.0920729E-01	8.2435114E-01
4	1	1.4652397E+01	-4.5215114E-01	-8.5125503E-01	2	-1.4652397E+01	4.5215114E-01	-1.8622494E+00
5	2	3.0920732E-01	-8.3345281E-01	-2.9382731E+00	3	-3.0920732E-01	8.3345281E-01	-8.2435114E-01

++++ EQUILIBRIO EN LOS NUDOS +++

NUDO	SUM.FZAS.HOR.	SUM.FZAS.VERT.	SUM.MOM.FLEX.	NUDO	SUM.FZAS.HOR.	SUM.FZAS.VERT.	SUM.MOM.FLEX.
1	0.	-5.4569682E-12	5.4569682E-12	2	1.8735591E-10	-9.0949470E-12	7.7125151E-10
3	2.1827873E-10	1.2732926E-11	-1.8189894E-11				

++++ REACCIONES EN LOS APOYOS ++

APOYO	FRX	FRY	RZ	APOYO	FRX	FRY	RZ
4	-3.4760315E-01	-4.5215114E-01	8.8676080E-01	5	-1.4343190E+01	-3.8130167E-01	6.6915426E+01
6	-3.0920732E-01	8.3345281E-01	7.2168524E-01				

EJEMPLO 2

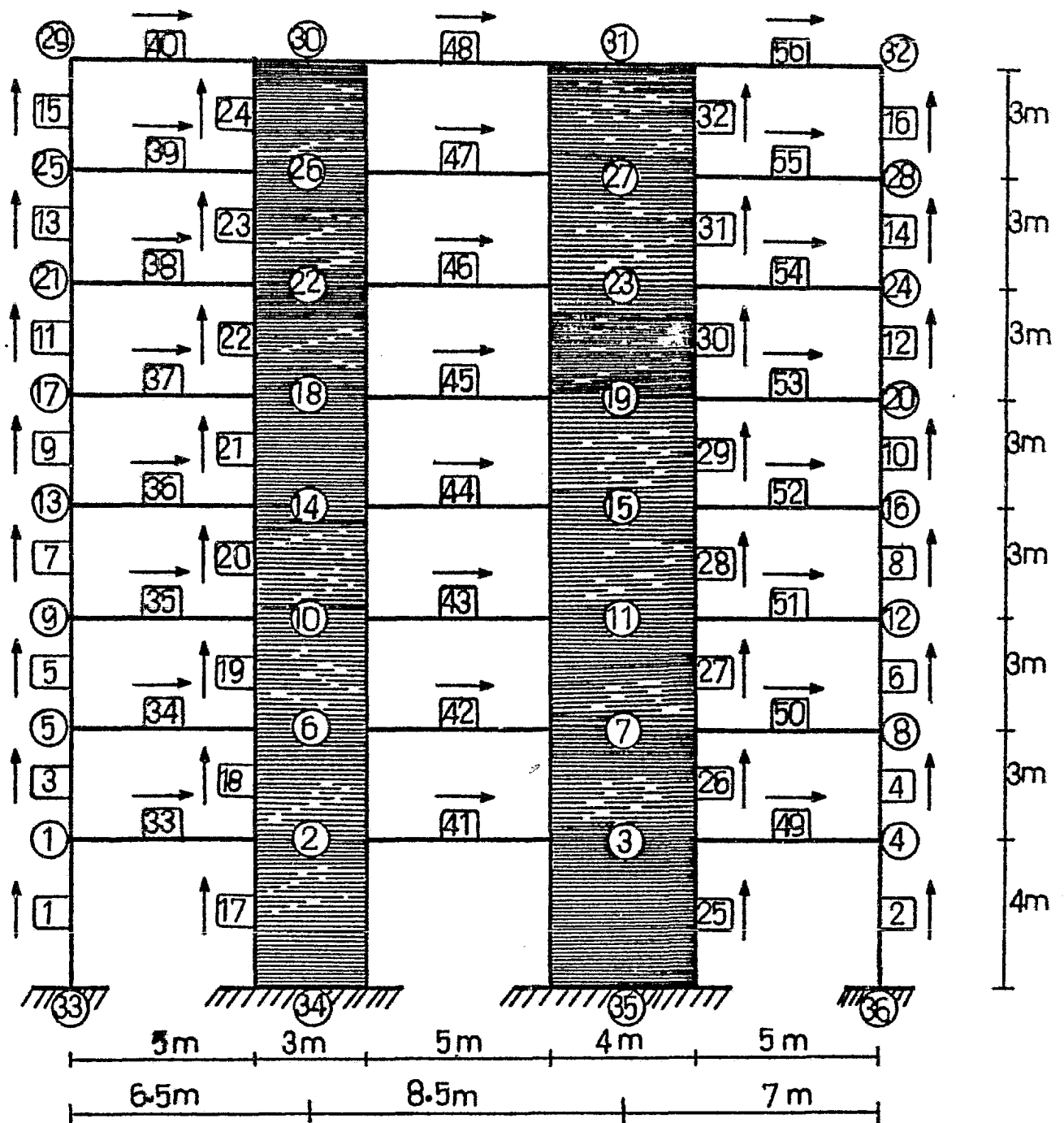


fig.5-3

Secciones:

Trabes: 30 x 60 cm
Columnas: 50 x 50 cm
Muros: 25 x 300 cm
 25 x 400 cm

Propiedades geométricas de barras y mecánicas de materiales: (ver siguiente listado).

Condición de carga: (Horizontal)

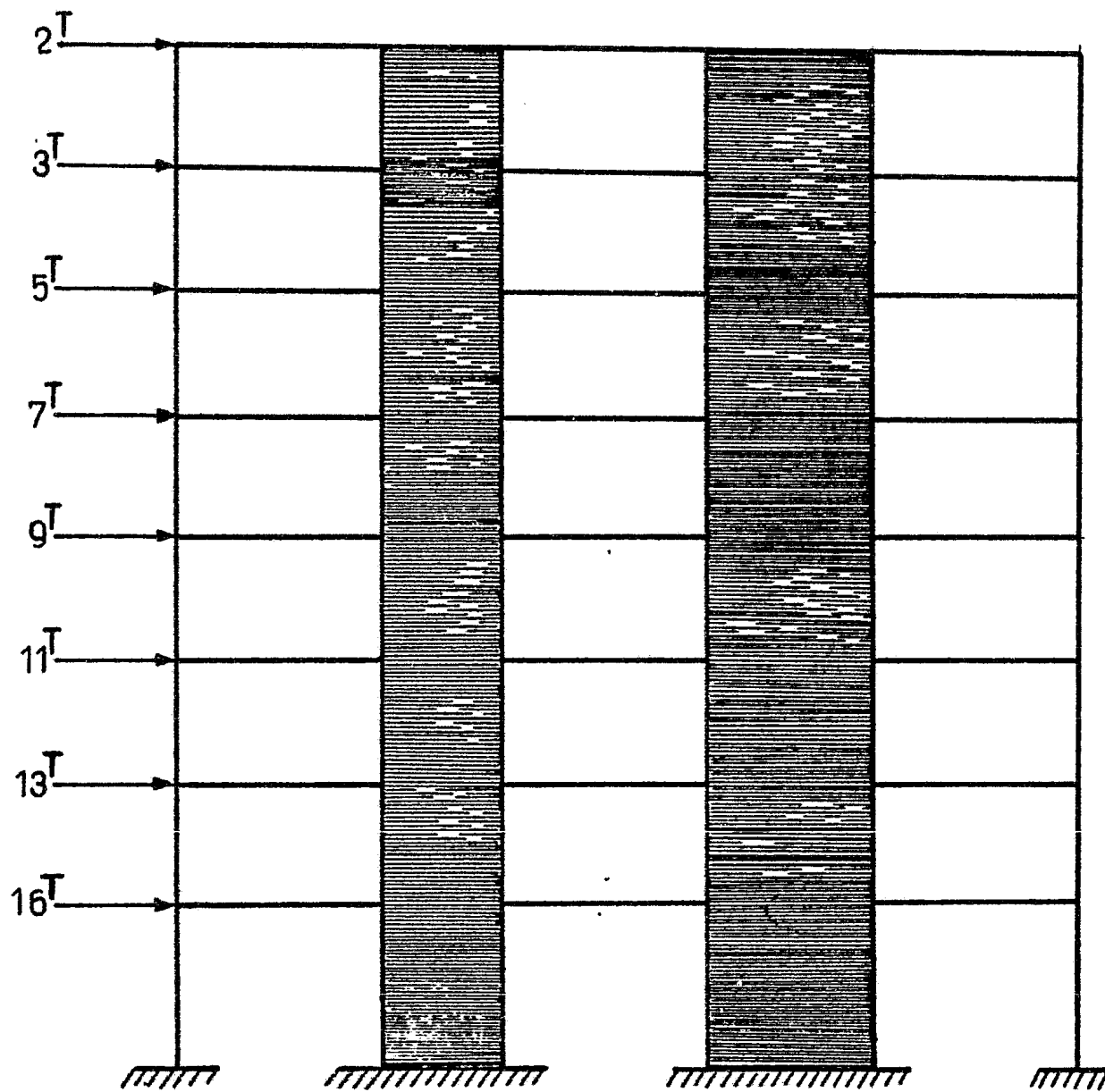
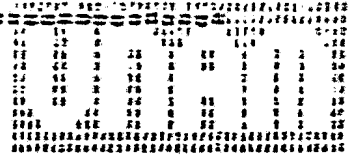


fig. 5-4

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 INGENIERÍA CIVIL



LISTO 82 GUARO RAMOS OPTIZ FAC.INGEN. N.A. 1.

TÍTULO DE CORRIENTE *****INTERACCIÓN/MARCO/MURO*****

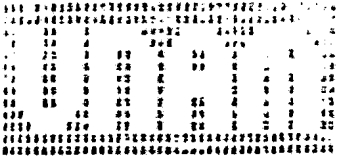
SOLUCIÓN DE UN MARCO PLANO : CONTEMPLANDO SU INTERACCIÓN CON MUROS DE CORTANTE
 UTILIZANDO MÉTODOS MATRICIALES

NÚMERO DE MUROS.....= 32
 NÚMERO DE APOYOS.....= 4
 NÚMERO DE BARRAS.....= 56
 NÚMERO DE CONDICIONES DE CARGA= 1

=====CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL MARCO=====

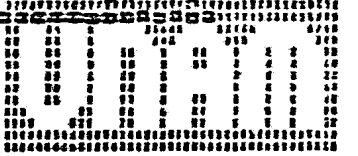
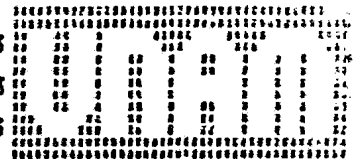
BARRA	INICIO	FIN	LONGITUD	ANGULO	ACN	BCN	T _y	A _y	E	N _y	C
1	33	1	4.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	9.76556E-03
2	34	4	4.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	9.76556E-03
3	1	5	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
4	4	4	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
5	5	9	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
6	8	12	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
7	9	13	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
8	12	14	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
9	13	17	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
10	14	20	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
11	17	21	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
12	20	24	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
13	21	25	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
14	24	28	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
15	25	29	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02
16	28	32	3.00	90.00	0.00	0.00	5.20830E-03	2.50000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.73610E-02

17	34	>	4.00	30.00	0.00	0.00	5.62500E-01	6.25000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.21875E-01
18	2	6	3.00	70.00	0.00	0.00	5.62500E-01	6.25000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	7.50000E-01
19	4	10	3.00	90.00	0.00	0.00	5.62500E-01	6.25000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	7.50000E-01
20	10	14	3.00	90.00	0.00	0.00	5.62500E-01	6.25000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	7.50000E-01
21	14	13	3.00	90.00	0.00	0.00	5.62500E-01	6.25000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	7.50000E-01
22	14	22	3.00	70.00	0.00	0.00	5.62500E-01	6.25000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	7.50000E-01
23	22	24	3.00	90.00	0.00	0.00	5.62500E-01	6.25000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	7.50000E-01
24	24	30	3.00	90.00	0.00	0.00	5.62500E-01	6.25000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	7.50000E-01
25	35	3	4.00	90.00	0.00	0.00	1.33330E+00	8.33300E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	7.50011E-01
26	3	7	3.00	90.00	0.00	0.00	1.33330E+00	8.33300E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.33335E+00
27	7	11	3.00	90.00	0.00	0.00	1.33330E+00	8.33300E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.33335E+00
28	11	15	3.00	90.00	0.00	0.00	1.33330E+00	8.33300E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.33335E+00
29	15	10	3.00	90.00	0.00	0.00	1.33330E+00	8.33300E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.33335E+00
30	19	23	3.00	90.00	0.00	0.00	1.33330E+00	8.33300E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.33335E+00
31	23	27	3.00	90.00	0.00	0.00	1.33330E+00	8.33300E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.33335E+00
32	27	31	3.00	90.00	0.00	0.00	1.33330E+00	8.33300E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	1.33335E+00
33	1	2	6.50	0.00	0.00	1.50	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	5.32544E-03
34	5	6	6.50	0.00	0.00	1.50	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	5.32544E-03
35	9	10	6.50	0.00	0.00	1.50	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	5.32544E-03
36	13	14	6.50	0.00	0.00	1.50	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	5.32544E-03
37	17	18	6.50	0.00	0.00	1.50	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	5.32544E-03
38	21	22	6.50	0.00	0.00	1.50	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	5.32544E-03
39	25	24	6.50	0.00	0.00	1.50	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	5.32544E-03
40	29	30	6.50	0.00	0.00	1.50	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	5.32544E-03
41	2	3	8.50	0.00	1.50	2.00	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.11419E-03
42	6	7	8.50	0.00	1.50	2.00	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.11419E-03
43	10	11	8.50	0.00	1.50	2.00	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.11419E-03
44	14	15	8.50	0.00	1.50	2.00	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.11419E-03
45	18	19	8.50	0.00	1.50	2.00	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.11419E-03
46	22	23	8.50	0.00	1.50	2.00	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.11419E-03
47	26	27	8.50	0.00	1.50	2.00	5.40000E-03	1.80000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.11419E-03



48	30	31	8.5ñ	0.00	1.50	2.00	5.40000E-03	1.00000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	3.11419E-03
49	3	4	7.0ñ	0.00	2.00	0.00	5.40000E-03	1.00000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.59184E-03
50	7	8	7.0ñ	0.00	2.00	0.00	5.40000E-03	1.00000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.59184E-03
51	11	12	7.0ñ	0.00	2.00	0.00	5.40000E-03	1.00000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.59184E-03
52	15	16	7.0ñ	0.00	2.00	0.00	5.40000E-03	1.00000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.59184E-03
53	19	20	7.0ñ	0.00	2.00	0.00	5.40000E-03	1.00000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.59184E-03
54	23	24	7.0ñ	0.00	2.00	0.00	5.40000E-03	1.00000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.59184E-03
55	27	28	7.0ñ	0.00	2.00	0.00	5.40000E-03	1.00000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.59184E-03
56	31	32	7.0ñ	0.00	2.00	0.00	5.40000E-03	1.00000E-01	1.41000E+06	2.50000E-01	4.59184E-03

LA MAYIMA DIFERENCIA DE INCIDENCIA ES 4



SOLUCION DE UN MARCO PLANO CONTEMPLANDO SU INTERACCION CON MUROS DE CORTANTE UTILIZANDO METODOS MATRICIALES
 ***ANALISIS BAJO CONDICION DE CARGA HORIZONTAL

*****FUERZAS EN LOS MIEMBROS*****

MIEMBRO	Fx	Fy	MFLEX	MIEMBRO	Fx	Fy	MFLEX
1	1.6000000E+01	0.	0.	5	1.3000000E+01	0.	0.
9	1.1000000E+01	0.	0.	13	9.0000000E+00	0.	0.
17	7.0000000E+00	0.	0.	21	5.0000000E+00	0.	0.
25	3.0000000E+00	0.	0.	29	2.0000000E+00	0.	0.

SOLUCION DE UN MARCO DE AYU : CONTEMPLANDO SU INTERACCION CON EJES DE CORTANTE
UTILIZANDO METODOS MATRICIALES

0000

*****SOLUCION PARA LA CONDICION DE : CARGA HORIZONTAL

*****DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS*****

NUDO	UX	UY	F1	NUDO	UX	UY	F1
1	1.7394837E-03	1.3005630E-04	-3.4580745E-04	2	1.3290612E-03	5.1736367E-05	-4.1975479E-04
3	1.1426054E-03	-2.0653615E-05	-3.6307601E-04	4	1.1648293E-03	-1.4067919E-04	-2.7160736E-04
5	3.2323873E-03	2.1270428E-04	-3.4058423E-04	6	2.8945802E-03	5.3570715E-05	-4.9811128E-04
7	2.6280184E-03	-3.4152400E-05	-4.7395271E-04	8	2.6302783E-03	-2.3279340E-04	-3.4940454E-04
9	4.7856685E-03	2.7899919E-04	-3.4054133E-04	10	4.5085506E-03	7.1973291E-05	-4.9162703E-04
11	4.2496804E-03	-4.5354049E-05	-4.9454400E-04	12	4.2464720E-03	-3.0775674E-04	-3.5420456E-04
13	6.2358904E-03	3.2933045E-04	-3.1111275E-04	14	6.0107931E-03	8.6747085E-05	-4.4700817E-04
15	5.7969518E-03	-5.4265221E-05	-4.6283140E-04	16	5.7908779E-03	-3.6531939E-04	-3.2695592E-04
17	7.5044645E-03	3.6551078E-04	-2.6949275E-04	18	7.3307692E-03	9.8014584E-05	-3.8830329E-04
19	7.1687144E-03	-6.1045977E-05	-4.0869198E-04	20	7.1621309E-03	-4.0706642E-04	-2.8687212E-04
21	8.5766448E-03	3.8975602E-04	-2.2777431E-04	22	8.4542215E-03	1.0610970E-04	-3.3069404E-04
23	8.3413784E-03	-6.5917357E-05	-3.5344416E-04	24	8.3351746E-03	-4.3531176E-04	-2.4696004E-04
25	9.4849615E-03	4.0420339E-04	-2.0827989E-04	26	9.4051057E-03	1.1138787E-04	-2.8393027E-04
27	9.3434027E-03	-6.9105004E-05	-3.1082218E-04	28	9.3474371E-03	-4.5232918E-04	-2.2881766E-04
29	1.0258097E-02	4.1034497E-04	-1.1186188E-04	30	1.0229765E-02	1.1420310E-04	-2.5619436E-04
31	1.0235434E-02	-7.0862912E-05	-2.9006682E-04	32	1.0206266E-02	-4.5964907E-04	-1.1271391E-04

+++++BIERFAS EN LAS BARRAS+++++

BARRA EXTREMO		F7A.NOM.	F7A.CORT.	MM.FLEX	EXTREMO	F7A.NOM.	F7A.CORT.	MM.FLEX
1	33	-1.1461205E+01	1.3886137E+00	3.4121043E+00	1	1.1461205E+01	-1.3886137E+00	3.4121043E+00
2	36	1.2307358E+01	8.2375109E-01	2.1461531E+00	4	-1.2307358E+01	-8.2375109E-01	2.1461531E+00
3	1	-9.7111305E+00	1.4140098E+00	2.1082288E+00	5	9.7111305E+00	-1.4140098E+00	2.1082288E+00
4	4	1.0823427E+01	1.6295204E+00	2.6347203E+00	8	-1.0823427E+01	-1.6295204E+00	2.6347203E+00
5	5	-7.7896435E+00	1.6040728E+00	2.4157958E+00	9	7.7896435E+00	-1.6040728E+00	2.4157958E+00
6	8	8.8082011E+00	1.7114612E+00	2.5789418E+00	12	-8.8082011E+00	-1.7114612E+00	2.5789418E+00
7	9	-5.9139158E+00	1.4244606E+00	2.0548610E+00	13	5.9139158E+00	-1.4244606E+00	2.0548610E+00
8	12	6.7636195E+00	1.5951373E+00	2.3260040E+00	16	-6.7636195E+00	-1.5951373E+00	2.3260040E+00
9	13	-4.2511830E+00	1.2136475E+00	1.7185916E+00	17	4.2511830E+00	-1.2136475E+00	1.7185916E+00
10	16	4.9052820E+00	1.3749278E+00	1.9642705E+00	20	-4.9052820E+00	-1.3749278E+00	1.9642705E+00
11	17	-2.8488095E+00	9.9578237E-01	1.3915519E+00	21	2.8488095E+00	-9.9578237E-01	1.3915519E+00
12	20	3.3188345E+00	1.1362198E+00	1.6066288E+00	24	-3.3188345E+00	-1.1362198E+00	1.6066288E+00
13	21	-1.6975617E+00	7.7591023E-01	1.1161450E+00	25	1.6975617E+00	-7.7591023E-01	1.1161450E+00
14	24	1.9995513E+00	9.1129378E-01	1.3225249E+00	28	-1.9995513E+00	-9.1129378E-01	1.3225249E+00
15	25	-7.2163164E-01	8.9396299E-01	1.1049227E+00	29	7.2163164E-01	-8.9396299E-01	1.1049227E+00
16	28	8.6009210E-01	1.0575910E+00	1.3021760E+00	32	-8.6009210E-01	-1.0575910E+00	1.3021760E+00
17	34	-7.0029214E+00	2.7088996E+01	1.3740720E+02	2	7.0029214E+00	-2.7088996E+01	-2.9051513E+01
18	2	-4.3991322E+00	1.6630945E+01	4.5661915E+01	6	6.3991322E+00	-1.6630945E+01	4.2309193E+00
19	6	-5.4057363E+00	1.1400106E+01	1.5385885E+01	10	5.4057363E+00	-1.1400106E+01	1.8814433E+01
20	10	-4.3397828E+00	8.3092809E+00	6.6781112E-01	14	4.3397828E+00	-8.3092809E+00	2.4260031E+01
21	14	-3.3098110E+00	5.9051537E+00	-6.6623728E+00	18	3.3098110E+00	-5.9051537E+00	2.4377834E+01
22	18	-2.3779252E+00	3.9617783E+00	-9.2877742E+00	22	2.3779252E+00	-3.9617783E+00	2.1173114E+01
23	22	-1.5504518E+00	2.5510165E+00	-8.5366431E+00	26	1.5504518E+00	-2.5510165E+00	1.6189695E+01
24	26	-2.2696156E-01	1.2753591E+00	-5.4196444E+00	30	2.2696156E-01	-1.2753591E+00	9.2457216E+00
25	35	6.0667712E+00	3.6698639E+01	2.4403874E+02	3	-6.0667712E+00	-3.6698639E+01	-9.7244179E+01
26	3	-5.2868377E+00	3.0325525E+01	1.1496928E+02	7	5.2868377E+00	-3.0325525E+01	-2.3992708E+01
27	7	4.3871802E+00	2.2284360E+01	4.6330027E+01	11	-4.3871802E+00	-2.2284360E+01	2.0523053E+01
28	11	3.4900802E+00	1.4671121E+01	2.1340113E+00	15	-3.4900802E+00	-1.4671121E+01	4.1879346E+01
29	15	2.6557128E+00	8.5062690E+00	-2.1167120E+01	19	-2.6557128E+00	-8.5062690E+00	4.6685927E+01

BIERFAS EN LAS BARRAS

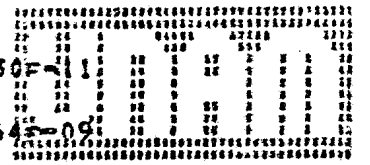
30	17	1.9079007E+00	3.9062196E+00	-2.8824459E+01	23	-1.9079007E+00	-3.9062196E+00	4.0543098E+01
31	23	1.2484624E+00	7.6177947E+01	-2.5503710E+01	27	-1.2484624E+00	-7.6177947E+01	2.7789109E+01
32	27	6.8850118E+01	-1.2269130E+00	-1.464741E+01	31	-6.8850118E+01	1.2269130E+00	1.166002E+01
33	1	1.6025375E+01	-1.7500742E+00	-4.2525775E+00	2	-1.6025375E+01	1.7500742E+00	-7.1186173E+00
34	5	1.3100063E+01	-1.9214870E+00	-4.5495965E+00	6	-1.3100063E+01	1.9214870E+00	-7.9346049E+00
35	9	1.0820388E+01	-1.8757277E+00	-4.4512637E+00	10	-1.0820388E+01	1.8757277E+00	-7.7353134E+00
36	13	8.7891897E+00	-1.6627328E+00	-3.9371123E+00	14	-8.7891897E+00	1.6627328E+00	-6.8655906E+00
37	17	6.7821330E+00	-1.4023736E+00	-3.3139088E+00	18	-6.7821330E+00	1.4023736E+00	-5.7971459E+00
38	21	4.7801279E+00	-1.1512478E+00	-2.7119401E+00	22	-4.7801279E+00	1.1512478E+00	-4.7674951E+00
39	25	3.1180528E+00	-9.7593008E+01	-2.3155085E+00	26	-3.1180528E+00	9.7593008E+01	-4.0235181E+00
40	29	1.1040370E+00	-7.2163168E+01	-1.5769662E+00	30	-1.1040370E+00	7.2163168E+01	-3.1126391E+00
41	2	5.5673449E+00	-2.3538638E+00	-9.4917841E+00	3	-5.5673449E+00	2.3538638E+00	-1.0495327E+01
42	6	7.9592246E+00	-2.9148832E+00	-1.1682149E+01	7	-7.9592246E+00	2.9148832E+00	-1.3068786E+01
43	10	7.7295627E+00	-2.9416813E+00	-1.1746931E+01	11	-7.7295627E+00	2.9416813E+00	-1.3231599E+01
44	14	6.3850618E+00	-2.6927046E+00	-1.0732068E+01	15	-6.3850618E+00	2.6927046E+00	-1.2132217E+01
45	18	4.8387576E+00	-2.3342595E+00	-9.2929088E+00	19	-4.8387576E+00	2.3342595E+00	-1.0527564E+01
46	22	3.3693662E+00	-1.9787213E+00	-7.8689738E+00	23	-3.3693662E+00	1.9787213E+00	-8.9323871E+00
47	26	1.8423954E+00	-1.6994203E+00	-6.7465321E+00	27	-1.8423954E+00	1.6994203E+00	-7.6831245E+00
48	30	0.6732198E+01	-1.5485933E+00	-6.1330825E+00	31	-0.6732198E+01	1.5485933E+00	-7.0158450E+00
49	3	-8.0576921E+01	-1.5739306E+00	-7.2297712E+00	4	8.0576921E+01	1.5739306E+00	-3.7835716E+00
50	7	-8.1940772E+02	-2.0152261E+00	-9.2685326E+00	8	8.1940772E+02	2.0152261E+00	-4.8327826E+00
51	11	1.1632400E+01	-2.0445816E+00	-9.4254710E+00	12	-1.1632400E+01	2.0445816E+00	-4.8814459E+00
52	15	2.2020960E+01	-1.8583375E+00	-8.5800140E+00	16	-2.2020960E+01	1.8583375E+00	-4.4236785E+00
53	19	2.3870809E+01	-1.5864475E+00	-7.3339241E+00	20	-2.3870809E+01	1.5864475E+00	-3.7671417E+00
54	23	2.2492605E+01	-1.3192831E+00	-6.1059403E+00	24	-2.2492605E+01	1.3192831E+00	-3.1245604E+00
55	27	-1.4629716E+01	-1.1394592E+00	-5.2592435E+00	28	1.4629716E+01	1.1394592E+00	-2.7135274E+00
56	31	1.0575910E+00	-8.6009206E+01	-4.1501566E+00	32	-1.0575910E+00	8.6009206E+01	-1.8705970E+00

 4.0543098E+01
 2.7789109E+01
 1.166002E+01

++++ EQUILIBRIO EN LOS NUDOS +++

NUDO	SUM.F7AS.HOR.	SUM.F7AS.VERT.	SUM.MOM.FLEX.	NUDO	SUM.F7AS.HOR.	SUM.F7AS.VERT.	SUM.MOM.FLEX.
1	2.3283064E+10	-7.2759576E+11	-1.4541915E+10	2	-8.7311491E+11	-2.9103830E+11	3.4924597E+10

3	07.1067914E-09	4.0745363E-10	-5.6752469E-10	4	3.9472070E-10	-2.9103830E-11	2.9103830E-11
5	3.4924597E-10	5.8207661E-11	-2.4738256E-10	6	3.9435990E-09	-1.8917490E-10	2.3283064E-09
7	6.2341310E-09	-1.4551915E-10	-2.3283064E-10	8	-3.1200216E-09	-1.0007107E-10	-1.4551915E-11
9	-3.8417054E-09	-1.4551915E-10	-1.4551915E-11	10	-8.8475645E-09	7.2759576E-11	-6.1700121E-09
11	4.9919898E-09	-1.7462298E-10	-3.3819632E-09	12	1.7394086E-10	6.2573235E-10	5.8207661E-11
13	-6.8685048E-09	-2.4738256E-10	6.9849193E-10	14	-3.9290171E-10	-1.4551915E-10	0.
15	8.7184585E-09	3.3469405E-10	3.2506290E-09	16	-2.5793270E-09	-6.4028427E-10	-7.2759576E-11
17	1.1641535E-09	-1.3096724E-10	8.0025534E-10	18	-1.2078090E-09	3.3469405E-10	4.3073669E-09
19	1.1950768E-09	2.0372681E-10	1.6742910E-08	20	2.7630449E-09	-7.2759576E-11	2.3283064E-10
21	-4.7148205E-09	4.6566129E-10	4.3655746E-11	22	8.8766683E-10	-4.3655746E-10	2.1391315E-09
23	1.9501385E-08	6.1118044E-10	5.0058588E-09	24	-2.6848284E-09	-2.9103830E-11	-1.3096724E-10
25	-2.0809230E-09	-2.6921043E-10	4.5170037E-10	26	-7.5669959E-09	2.4738256E-10	7.4214768E-10
27	1.0053558E-08	-8.7311491E-11	-1.8000719E-08	28	-3.2086973E-09	-1.7462298E-10	-6.1118044E-10
29	4.8603397E-09	1.8189894E-10	3.0559022E-10	30	-4.4383341E-09	1.3096724E-10	-1.1990778E-08
31	-1.7869755E-08	1.0000442E-10	-5.4428163E-09	32	9.1822585E-09	-3.9653969E-10	-5.9662852E-10



++++ REACCIONES EN LOS APOYOS ++

APoyo	FRX	FRY	R7	Apoyo	FRX	FRY	R7
33	-1.3884135E+00	-1.1461205E+01	3.4121843E+00	34	-2.7088996E+01	-7.0029226E+00	1.3740750E+02
35	-3.6698648E+01	6.0667696E+00	2.4483874E+02	36	-8.2375162E-01	1.2397358E+01	2.1461531E+00

6.- CONCLUSION

En los sistemas estructurales marco-muro, los efectos de la deformación axial de los miembros verticales (columnas y muros), pueden ser importantes porque tienden a reducir su rigidez lateral; además de que el efecto por carga axial de compresión en los mismos elementos, pueden contribuir también en la reducción de ésta. Ambos efectos llegan a ser de importancia en marcos altos y esbeltos o en marcos con vigas rígidas. Por lo tanto, para el análisis estructural de tales sistemas, la deformación axial de las vigas puede despreciarse justificadamente, pero la de las columnas y muros de cortante debe despreciarse solamente si se está seguro de que esto no afectará apreciablemente la rigidez de la estructura o partes de la misma.

En el análisis estructural de sistemas marco-muro, es necesario además de considerar los efectos de deformación axial y flexión, los correspondientes a fuerza cortante, ya que dadas las dimensiones de los muros, éstas llegan a ser de importancia. Al considerar deformaciones por flexión, cortante y fuerza axial, por una parte incrementan el número de grados de libertad de un nudo en comparación si solo se considera deformación por flexión y, por otra, es necesario introducir varios términos en las rigideces de los elementos para tomar en cuenta dichas deformaciones.

De lo anterior, puede verse que el trabajo numérico aumenta considerablemente, pero debido al enfoque matricial del método, el cual resulta adecuado para efectuarse en computadora, este trabajo se simplifica.

Finalmente, es importante señalar que los resultados obtenidos en el análisis, no han sido comparados con los de algún otro método. Sin embargo, por las características del método de análisis aquí descrito, se espera una mayor precisión de éstos, con respecto a la que pudiera obtenerse con los métodos simplificados.

BIBLIOGRAFIA.

- Bazán Z.E., "Análisis Sísmico de Edificios con Muros Rigidizantes" *Revista-IMCYC*, Vol. XVI, No. 91/marzo-abril/1978.
- Damy R.J., "Notas del Curso de Teoría General de las Estructuras" Impartido en la Facultad de Ingeniería (1981).
- Kardstuncker H., "Introducción al Análisis Estructural con Matrices" *Mc-Graw Hill* (1974).
- Norris, C.H., Wilbur, J.B. y Utku, S. "Análisis Elemental de Estructuras" *Mc-Graw Hill* (1982).
- White, Gengly y Sexsmith., "Estructuras Estáticamente Indeterminadas" *Limusa* (1977).
- Portland Cement Association, "Interacción Estructural en Marcos y Muros de Cortante" *Limusa* (1977).