

300615

7<sup>2y</sup>



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**ANALISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS  
DE CONCRETO REFORZADO POR  
COMPUTADORA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
MARIO ANTONIO CERVANTES HERNANDEZ**

Director de Tesis: Ing. Gerardo Antonio Pastrana Mondragón

MEXICO, D. F.



OCT. 31 1989

1989



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
I ECUACIONES DE EQUILIBRIO DE LA BARRA PLANA	4
1.- INTRODUCCION AL METODO DE LAS RIGIDECES	5
2.- MODELO MATEMATICO DE LA BARRA PLANA	9
3.- MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA BARRA EN REFERENCIA LOCAL	13
4.- VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION DE LA BARRA EN REFERENCIA LOCAL	16
5.- MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA BARRA EN REFERENCIA GLOBAL	20
6.- VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION DE LA BARRA EN REFERENCIA GLOBAL	24
7.- VECTOR DE FUERZAS EXTERNAS	25
II ECUACIONES DE EQUILIBRIO DE LA ESTRUCTURA	27
1.- ECUACIONES GENERALIZADAS	28
2.- ECUACIONES ASOCIADAS A CADA PUNTO NODAL	29
3.- FORMACION DEL VECTOR INDICADOR	31
4.- ENSAMBLE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ EN REFERENCIA GLOBAL	33

5.-	ENSAMBLE DEL VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION EN REFERENCIA GLOBAL	34
6.-	ENSAMBLE DEL VECTOR DE FUERZAS EXTERNAS	35
<b>III</b>	<b>SOLUCION DEL SISTEMA DE ECUACIONES DE EQUILIBRIO DE LA ESTRUCTURA</b>	<b>36</b>
1.-	INTRODUCCION	37
2.-	METODO DE LA MATRIZ INVERSA	40
3.-	METODO DE CROUT	41
4.-	METODO DE CHOLESKY	45
5.-	DIFERENTES TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE LA MATRIZ DE RIGIDES DE LA ESTRUCTURA	47
6.-	METODO PROPUESTO PARA LA SOLUCION DE ECUACIONES CON ARREGLO EN BANDA	50
<b>IV</b>	<b>OBTENCION DE LOS ELEMENTOS MECANICOS</b>	<b>54</b>
1.-	OBTENCION DEL VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS DE LA BARRA	55
2.-	TRANSFORMACION DEL VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS A REFERENCIA LOCAL	57
3.-	OBTENCION DE LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LA BARRA	60
<b>V</b>	<b>DISEÑO DE TRABES DE CONCRETO REFORZADO</b>	<b>62</b>
1.-	CONSIDERACIONES GENERALES	63
2.-	COMBINACIONES DE CARGA REQUERIDAS	64

3.-	OBTENCION DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES MAXIMOS A LO LARGO DE LA SECCION	65
4.-	OBTENCION DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES Y FUERZAS CORTANTES MAXIMAS DE DISEÑO	67
5.-	FORMULAS Y RESTRICCIONES PARA EL CALCULO DEL REFUERZO NECESARIO POR FLEXION	68
6.-	FORMULAS Y RESTRICCIONES PARA EL CALCULO DEL REFUERZO NECESARIO POR TENSION DIAGONAL	73
VI	DISEÑO DE COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO	79
1.-	CONSIDERACIONES GENERALES	80
2.-	COMBINACIONES DE CARGA REQUERIDAS	82
3.-	OBTENCION DE LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE CARGA AXIAL Y MOMENTO FLEXIONANTE DE DISEÑO	83
4.-	DETERMINACION DE LOS PUNTOS CARACTERISTICOS DE LA GRAFICA DE INTERACCION DE LA COLUMNA	84
5.-	DETERMINACION DE LAS RELACIONES DE INTERACCION DE LA COLUMNA	88
VII	PROGRAMAS DE COMPUTADORA	94
1.-	PROGRAMA " MENU "	95
2.-	PROGRAMA " ENTRADA "	97
3.-	PROGRAMA " LISTADO "	109
4.-	PROGRAMA " CORREC "	114
5.-	PROGRAMA " EJECUCIO "	128
6.-	PROGRAMA " DISTRAB "	138
7.-	PROGRAMA " DISCOL "	149

<b>VIII EJEMPLO DE APLICACION</b>	<b>158</b>
1.- EJEMPLO PROPUESTO	159
2.- ANALISIS PRELIMINAR	171
3.- DISEÑO PRELIMINAR	181
4.- ANALISIS DEFINITIVO	196
5.- DISEÑO DEFINITIVO	207
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>222</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>225</b>

## INTRODUCCION

El gran auge que ha tenido el uso de la computadora en nuestro país, principalmente durante la presente década, ha propiciado que en diversas áreas se lleve a cabo una gran optimización de los recursos disponibles, logrando de esta manera aumentar su productividad.

Numerosas empresas han implantado sus sistemas de nóminas, inventarios, facturación y, en general, todos sus sistemas de contabilidad y finanzas por computadora, lo que les ha permitido obtener toda su información con mayor rapidez y exactitud, para lograr un mejor y más eficiente control.

También en las industrias Refresquera y Cervecera se han realizado programas de computadora que permiten lograr el enlace entre su producción y los diversos centros de consumo, buscando siempre cumplir con la producción necesaria en el tiempo requerido y obteniendo la maximización de utilidades.

Dentro del ámbito de la ingeniería existen también numerosas empresas que se sirven de la computadora para realizar con mayor eficiencia sus actividades; se puede citar por ejemplo la industria metal-mecánica, en la que se han implantado sistemas de computación que permiten

interconectar computadoras con tornos y fresadoras para que la computadora directamente controle el funcionamiento de la maquinaria.

Dentro de la industria automotriz la computadora ha adquirido una gran utilidad pues permite modelar diferentes prototipos en la pantalla misma, permitiendo además la rotación de los mismos en cualquier dirección y la amplificación de cualquier detalle. Mediante esto es posible detectar cualquier anomalía en el diseño y efectuar su corrección.

Al pasar al campo de acción de la Ingeniería Civil se puede observar que paulatinamente las computadoras han ido tomando importancia. Las primeras empresas en utilizarlas han sido las empresas constructoras, ya que mediante éstas han podido realizar la elaboración de presupuestos, estimaciones, programas de ruta crítica y programas de avance y control de obra con mayor rapidez, teniendo como ventaja adicional el poder realizar mejoras a los mismos empleando para ello muy poco tiempo.

Dentro del área de Estructuras existen en la actualidad programas de computación que permiten realizar el Análisis Estructural, sin embargo, la gran mayoría de éstos no cuentan con la integración de programas que permitan realizar el Diseño Estructural.



Esto provoca que el proceso de Diseño sea muy largo en comparación con el de Análisis, y en caso de que existan diferencias entre los datos originales y los resultados obtenidos después del proceso de Diseño (variación entre las dimensiones de traveses y/o columnas p. ejem.) se tendría que volver a efectuar el Análisis y posteriormente el Diseño. Sin embargo debido al tiempo requerido no es posible realizar estas operaciones hasta que exista esta coincidencia; esto provoca diferencias entre las condiciones de Diseño y Análisis.

Esta tesis tiene por objeto realizar la integración de programas para el Análisis Estructural con programas para el Diseño Estructural, lo que permitirá la reducción de los tiempos empleados para efectuar el Diseño, pudiendo consecuentemente efectuar todas las correcciones necesarias para armonizar las condiciones de Análisis y Diseño.

## C A P I T U L O   I

### ECUACIONES DE EQUILIBRIO DE LA BARRA PLANA

#### SUMARIO :

- 1.- INTRODUCCION AL METODO DE LAS RIGIDECES
- 2.- MODELO MATEMATICO DE LA BARRA PLANA
- 3.- MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA BARRA EN REFERENCIA LOCAL
- 4.- VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION DE LA BARRA EN REFERENCIA GLOBAL
- 5.- MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA BARRA EN REFERENCIA GLOBAL
- 6.- VECTOR DE FIJACION DE LA BARRA EN REFERENCIA GLOBAL
- 7.- VECTOR DE FUERZAS EXTERNAS

## CAPITULO I

## ECUACIONES DE EQUILIBRIO DE LA BARRA PLANA

## 1.1 INTRODUCCION AL METODO DE LAS RIGIDECES

El método de las rigideces está basado en la Ley de Hooke, que relaciona los esfuerzos y las deformaciones que experimenta un cuerpo al ser sometido a un sistema de fuerzas externas mediante la expresión  $\sigma = E \epsilon$ . Esto solamente es válido para el intervalo de comportamiento elástico de los materiales.

Para aplicar este método al análisis estructural bidimensional en edificación es necesario idealizar las estructuras como sistemas formados por barras planas de eje recto; a este tipo de estructuras se les ha dado el nombre de " Estructuras Esqueletales Planas ".

De acuerdo con el método de las rigideces el equilibrio de una barra está dado por la expresión matricial :

$$f^o + k u = f^e \quad (1.1.1)$$

en donde :

- f<sup>\*</sup> se denomina vector de fuerzas de fijación de la barra, debido a que está formado con las fuerzas generalizadas de fijación en los puntos nodales; su orden es de  $6 \times 1$ .
  
- k es la matriz de rigidez de la barra; representa la fuerza de una barra sometida a los giros y desplazamientos de la misma en cada uno de los puntos nodales. Tiene un orden de  $6 \times 6$ .
  
- u es el vector de deformaciones de la barra. Su orden es de  $6 \times 1$ . Tiene como componentes las deformaciones de cada punto nodal con respecto al eje X y al eje Y, y el giro con respecto al eje Z.
  
- f<sup>\*</sup> se le conoce con el nombre de vector de fuerzas externas de la barra, ya que está formado con los vectores de cargas generalizados actuando en los puntos nodales frontera. Tiene un orden de  $6 \times 1$ .

Debido a que en una estructura esquelética las barras que la forman están unidas entre sí por medio de los nudos, cualquier esfuerzo o deformación que se produzca en alguna de las barras se transmitirá a las demás por medio de los

mismos. Partiendo de esta aseveración se observa que es posible obtener el equilibrio global de la estructura a partir del equilibrio local de cada una de las barras que la forman. Esto se logra ensamblando la matriz de rigidez de cada barra en una matriz de rigidez global de la estructura.

Ya que cada nudo de la estructura tiene tres maneras posibles de moverse (desplazamiento paralelo al eje X, desplazamiento paralelo al eje Y, y giro alrededor del eje Z) existirán tres grados de libertad para cada nudo de la estructura. El total de grados de libertad de la estructura será por lo consiguiente tres veces el número de nudos que la integren. Para su identificación se numerarán éstos en forma ascendente de la siguiente manera :

- GDL # 1 = Desplazamiento en X del nudo 1
- GDL # 2 = Desplazamiento en Y del nudo 1
- GDL # 3 = Giro alrededor de Z del nudo 1
- GDL # 4 = Desplazamiento en X del nudo 2
- GDL # 5 = Desplazamiento en Y del nudo 2
- GDL # 6 = Giro alrededor de Z del nudo 2

Como cada barra está limitada en sus extremos por dos nudos, y éstos a su vez están identificados por tres grados de libertad cada uno, ya tenemos identificados las seis localidades a las que serán direccionados los elementos de

la matriz de rigidez de la barra y los vectores de fuerzas de fijación y de fuerzas externas.

Para tener resuelto el problema sólo resta obtener la solución del sistema de ecuaciones de equilibrio de la estructura. El resultado obtenido serán los desplazamientos y giros de los nudos que la componen. Posteriormente con estos desplazamientos y giros se procederá a obtener los elementos mecánicos de cada barra, utilizando para esto nuevamente la ecuación de equilibrio matricial de la barra.

A continuación se presenta la sistematización del método de las rigideces aplicado a las estructuras esqueléticas planas. Se hace énfasis en la construcción de las ecuaciones de equilibrio, en la determinación de los elementos mecánicos y en la solución del modelo matemático resultante.

## 1.2 MODELO MATEMATICO DE LA BARRA PLANA

El modelo matemático de una barra plana que relaciona los elementos mecánicos y cinemáticos de una barra es :

$$EA \frac{du}{dx} = N_x \quad (1.2.1)$$

$$EI_x \frac{d^2v_b}{dx^2} = M_x \quad (1.2.2)$$

$$EI_s \frac{dV_s}{dx} = \frac{1}{12} \phi y L^2 V_y \quad (1.2.3)$$

La ecuación (1.2.1) determina el equilibrio de la barra en función a su desplazamiento paralelo el eje X, debido a fuerzas normales al plano de la sección transversal de la barra.

La ecuación (1.2.2) establece el equilibrio del elemento barra en función a su desplazamiento paralelo al eje Y, debido a la flexión, mismo que provoca momentos alrededor del eje Z de la barra.

La ecuación (1.2.3) representa el equilibrio de la barra en función a su desplazamiento paralelo el eje Y, debido a la fuerza cortante.

en donde :

- $N_x$  - Fuerza equilibrante resultante paralela al eje X, conocida como fuerza normal.
- $V_y$  - Fuerza equilibrante resultante paralela al eje Y, conocida como fuerza cortante.
- $M_x$  - Momento equilibrante resultante conocido como momento flexionante.
- $u$  - Componente del vector de desplazamiento paralelo al eje X.
- $V_b$  - Componente del vector de desplazamiento paralelo al eje Y, debido al momento flexionante.
- $V_s$  - Componente del vector de desplazamiento paralelo al eje Y, debido a la fuerza cortante.
- $A$  - Area de la sección transversal de la barra.
- $E$  - Módulo de Young o de Elasticidad.
- $I_x$  - Momento de inercia de la sección de la barra con respecto al eje X.
- $L$  - Longitud de la barra.
- $\phi_y$  - Factor de cortante, que involucra para su determinación las propiedades geométricas y elásticas de la barra.



$$\phi_y = \frac{12 E I_z}{A G L^2} f_y$$

$f_y$  = Factor de forma de la sección transversal de la barra

$G$  = Módulo de elasticidad al cortante, aproximadamente  $G = 0.4 E$

En las ecuaciones (1.2.1), (1.2.2) y (1.2.3) se tienen las siguientes hipótesis:

- La referencia es centroidal y principal.
- Los desplazamientos a que va a estar sometida la barra son pequeños, de tal manera que el tensor de esfuerzos es infinitesimal.
- Las secciones planas de la barra permanecen planas después de someterse a flexión.
- Las deflexiones provocadas por el esfuerzo cortante no producen giros a la sección transversal.
- El comportamiento estructural está dentro del rango elástico.
- El material con que se construye la barra es un sólido, homogéneo, elástico-lineal e isotrópico.

Para establecer las ecuaciones de equilibrio de la barra se aplicará el método de las rigideces descrito brevemente en el capítulo anterior. Para ello se requerirá la solución de la barra cinemáticamente determinada,

sometida a carga externa, así como la solución de la barra sometida a las seis configuraciones asociadas a los desplazamientos generalizados de los puntos nodales.

La barra cinemáticamente determinada corresponderá a una viga doblemente empotrada, en la que las condiciones frontera tienen las siguientes características: desplazamientos nulos con respecto a los ejes X y Y, y giro nulo con respecto al eje Z en ambos extremos.

La notación utilizada para referirse a las cantidades de las diversas configuraciones se hará en base a superíndices. Para la configuración cinemáticamente determinada, sometida a las cargas originales, se empleará el superíndice igual a cero, mientras que para configuraciones con desplazamientos diferentes de cero, el superíndice constará de dos símbolos, siendo el primero asociado al punto nodal donde se presenta y el segundo se refiere al tipo de desplazamiento considerado.

Por último se considera en la barra un vector de desplazamientos, formado por seis elementos :

$$u = \begin{bmatrix} u \\ i_x \\ v \\ i_y \\ w \\ i_z \\ u \\ j_x \\ v \\ j_y \\ w \\ j_z \end{bmatrix} \quad (1.2.4)$$

### 1.3 MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA BARRA EN REFERENCIA LOCAL

De acuerdo al método de las rigideces, la condición de equilibrio de los puntos nodales de la barra resulta ser :

$$\begin{matrix} \circ \\ f_{ix} \end{matrix} + f_{ix}^{iu} + f_{ix}^{iv} + f_{ix}^{iw} + f_{ix}^{ju} + f_{ix}^{jv} + f_{ix}^{jw} = f_{ix}^e \quad (1.3.1)$$

$$\begin{matrix} \circ \\ f_{iy} \end{matrix} + f_{iy}^{iu} + f_{iy}^{iv} + f_{iy}^{iw} + f_{iy}^{ju} + f_{iy}^{jv} + f_{iy}^{jw} = f_{iy}^e \quad (1.3.2)$$

$$\begin{matrix} \circ \\ f_{iz} \end{matrix} + f_{iz}^{iu} + f_{iz}^{iv} + f_{iz}^{iw} + f_{iz}^{ju} + f_{iz}^{jv} + f_{iz}^{jw} = f_{iz}^e \quad (1.3.3)$$

$$f_{jx}^o + f_{jx}^{iu} + f_{jx}^{iv} + f_{jx}^{iw} + f_{jx}^{ju} + f_{jx}^{jv} + f_{jx}^{jw} = f_{jx}^e \quad (1.3.4)$$

$$f_{jy}^o + f_{jy}^{iu} + f_{jy}^{iv} + f_{jy}^{iw} + f_{jy}^{ju} + f_{jy}^{jv} + f_{jy}^{jw} = f_{jy}^e \quad (1.3.5)$$

$$f_{jz}^o + f_{jz}^{iu} + f_{jz}^{iv} + f_{jz}^{iw} + f_{jz}^{ju} + f_{jz}^{jv} + f_{jz}^{jw} = f_{jz}^e \quad (1.3.6)$$

En las ecuaciones (1.3.1) a (1.3.6) los términos de la derecha representan los componentes de las fuerzas generalizadas actuantes (externas) en los puntos nodales de las barras. Los términos de la izquierda representan los componentes de las fuerzas de una barra sometida a los desplazamientos paralelos a los ejes X y Y, y al desplazamiento angular respecto al eje Z, de ambos puntos nodales.

A continuación se integran las condiciones de equilibrio con las condiciones frontera correspondientes a las siete configuraciones cinemáticamente determinadas.

Ecuaciones (1.3.7) a (1.3.12)

$$f_{ix} + \frac{AE}{l} u_i - \frac{AE}{l} u_j = f_{ix}$$

$$f_{iy} + \frac{12 E I_z}{(1+\phi y) l^3} v_i + \frac{6 E I_z}{(1+\phi y) l^3} w_i - \frac{12 E I_z}{(1+\phi y) l^3} v_j + \frac{6 E I_z}{(1+\phi y) l^3} w_j = f_{iy}$$

$$M_{iz} + \frac{6 E I_z}{(1+\phi y) l^3} v_i + \frac{4+\phi y}{1+\phi y} \frac{E I_z}{l} w_i - \frac{6 E I_z}{(1+\phi y) l^3} v_j + \frac{2-\phi y}{1+\phi y} \frac{E I_z}{l} w_j = M_{iz}$$

$$f_{jx} - \frac{AE}{l} u_i + \frac{AE}{l} u_j = f_{jx}$$

$$f_{jy} - \frac{12 E I_z}{(1+\phi y) l^3} v_i - \frac{6 E I_z}{(1+\phi y) l^3} w_i + \frac{12 E I_z}{(1+\phi y) l^3} v_j - \frac{6 E I_z}{(1+\phi y) l^3} w_j = f_{jy}$$

$$M_{jz} + \frac{6 E I_z}{(1+\phi y) l^3} v_i + \frac{2-\phi y}{1+\phi y} \frac{E I_z}{l} w_i - \frac{6 E I_z}{(1+\phi y) l^3} v_j + \frac{4+\phi y}{1+\phi y} \frac{E I_z}{l} w_j = M_{jz}$$

Las ecuaciones (1.3.7) a (1.3.12) se suelen agrupar matricialmente en la forma de la ecuación (1.1.1). La matriz de rigidez  $\{K\}$  de la barra está representada por la ecuación (1.3.13).

Matriz de rigidez { k } (1.3.13)

$$\frac{EIz}{(1+\phi y)l} \begin{bmatrix} \frac{A}{Iz}(1+\phi y) & 0 & 0 & -\frac{A}{Iz}(1+\phi y) & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12}{l^3} & \frac{6}{l} & 0 & -\frac{12}{l^3} & \frac{6}{l} \\ 0 & \frac{6}{l} & (4+\phi y) & 0 & -\frac{6}{l} & (2-\phi y) \\ -\frac{A}{Iz}(1+\phi y) & 0 & 0 & \frac{A}{Iz}(1+\phi y) & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12}{l^3} & -\frac{6}{l} & 0 & \frac{12}{l^3} & -\frac{6}{l} \\ 0 & \frac{6}{l} & (2-\phi y) & 0 & -\frac{6}{l} & (4+\phi y) \end{bmatrix}$$

Como se puede observar la matriz de rigidez de la barra es una matriz simétrica, y sus componentes dependen de la geometría y del material de la barra.

#### 1.4 VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION DE LA BARRA EN REFERENCIA LOCAL

En la ecuación de equilibrio de una barra se requiere la cuantificación del vector de fuerzas de fijación o de empotramiento de la barra, provocado por las cargas actuantes entre los puntos nodales de la misma. A tales

cargas se les denomina cargas intermedias; éstas actúan únicamente en el plano XY, y no provocan fuerzas de fijación paralelas al eje X.

El vector de fuerzas de fijación posee 6 componentes que dependen de las cargas externas de actúan entre los puntos nodales de la barra, así como la geometría de la misma, es decir :

$$f^o = \begin{bmatrix} f \\ ix \\ f \\ iy \\ M \\ ix \\ f \\ jx \\ f \\ jy \\ M \\ jz \end{bmatrix} \quad (1.4.1)$$

A continuación se deducen las dos configuraciones del vector de fuerzas de fijación más utilizadas para el análisis estructural.

## CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA

$$f_{iy}^o = f_{jy}^o = \frac{WL}{2} \quad (1.4.2)$$

$$M_{is}^o = \frac{WL^2}{12} \quad (1.4.3)$$

$$M_{js}^o = - \frac{WL^2}{12} \quad (1.4.4)$$

$$f^o = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{WL}{2} \\ \frac{WL^2}{12} \\ 0 \\ \frac{WL}{2} \\ -\frac{WL^2}{12} \end{bmatrix} \quad (1.4.5)$$



## FUERZA CONCENTRADA

$$f_{iy}^0 = f_{jy}^0 = \frac{P}{2} \quad (1.4.6)$$

$$M_{iz}^0 = \frac{Pab^2}{l^2} \quad (1.4.7)$$

$$M_{jz}^0 = - \frac{Pba^2}{l^2} \quad (1.4.8)$$

$$f^0 = \begin{bmatrix} 0 \\ P \\ \frac{P}{2} \\ \frac{Pab^2}{l^2} \\ 0 \\ P \\ \frac{P}{2} \\ -\frac{Pba^2}{l^2} \end{bmatrix} \quad (1.4.9)$$

### 1.5 MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA BARRA EN REFERENCIA GLOBAL

El sistema de referencia es una convención para ubicar los conceptos en dicho sistema. La selección de la orientación del sistema de referencia es arbitraria, y el criterio de selección depende generalmente de la facilidad operativa.

A partir de los desarrollos anteriores se ha obtenido la ecuación de equilibrio de una barra (1.1.1). Tal ecuación está asociada a la referencia local de la misma.

Si se observa una estructural esquelética plana se puede concluir que a cada barra le corresponde un sistema de referencia local que en general puede diferir de la referencia global de la estructura.

Ya que el equilibrio de la estructura se logra al establecer que todas las barras que la componen estén en equilibrio, y tomando en cuenta que los conceptos involucrados en la ecuación (1.1.1) son cantidades vectoriales, para poder operar con ellas será necesario transformarlas al mismo sistema de referencia. La transformación requerida será una rotación de ejes puesto que el equilibrio está asociado a los puntos nodales de la barra.

Se utilizarán literales minúsculas para representar las cantidades en referencia local y literales mayúsculas para representar las cantidades en referencia global, a fin de poder distinguir entre las dos referencias.

El modelo matemático de la barra plana expresado en referencia global es :

$$F^{\circ} + K U = F^{\bullet} \quad (1.5.1)$$

en donde:

$$F^{\circ} = a^T f^{\circ} \quad (1.5.2)$$

$$K = a^T k a \quad (1.5.3)$$

$$U = a^T u \quad (1.5.4)$$

$$F^{\bullet} = a^T f^{\bullet} \quad (1.5.5)$$

$a^T$  es la transpuesta de la matriz de transformación de la barra, cuya definición es :

$$\mathbf{a}^T = \begin{bmatrix} c & -s & 0 & 0 & 0 & 0 \\ s & c & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c & -s & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.5.6)$$

$c$  es el coseno del ángulo que se forma entre el sistema local y global de la barra.

$s$  es el seno del ángulo que se forma entre el sistema local y global de la barra.

$\mathbf{a}$  es la matriz de transformación de la barra.

Al desarrollar la ecuación (1.5.3) obtenemos la matriz de rigidez de la barra en referencia global, expresada en términos de los componentes de la matriz de rigidez en referencia local y los componentes de la matriz de cosenos directores para la barra plana.

Matriz de rigidez { K } (1.5.7)

$$\begin{bmatrix}
 c^2k_{11}+s^2k_{22} & cs(k_{11}-k_{22}) & -sk_{23} & c^2k_{14}+s^2k_{25} & cs(k_{14}-k_{25})-sk_{26} \\
 s^2k_{11}+c^2k_{22} & ck_{23} & sc(k_{14}-k_{25}) & s^2k_{14}\cdot c^2k_{25} & ck_{26} \\
 k_{33} & -sk_{35} & c k_{35} & k_{36} \\
 c^2k_{44}+s^2k_{55} & cs(k_{44}-k_{55}) & -sk_{56} \\
 s^2k_{44}\cdot c^2k_{55} & ck_{56} \\
 k_{66}
 \end{bmatrix}$$

S I M E T R I C A

en donde :

s es el seno del ángulo que se forma entre el sistema de referencia local y global de la barra.

c es el coseno del ángulo que se forma entre el sistema de referencia local y global de la barra.

$k_{ij}$  son los coeficientes de la matriz de rigidez de la barra en referencia local.

Como se puede observar la matriz de rigidez de la barra en referencia global sigue siendo una matriz simétrica.

### 1.6 VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION DE LA BARRA EN REFERENCIA GLOBAL

Al desarrollar la ecuación (1.5.2). obtenemos el vector de fuerzas de fijación de la barra en referencia global, expresado en términos de los componentes del vector de fuerzas de fijación en referencia local y los componentes de la matriz de cosenos directores.

$$\begin{matrix}
 P^o = & \left[ \begin{array}{c}
 c f_{ix}^o - s f_{iy}^o \\
 s f_{ix}^o + c f_{iy}^o \\
 N_{ix}^o \\
 c f_{jx}^o - s f_{jy}^o \\
 s f_{jx}^o + c f_{jy}^o \\
 N_{jz}^o
 \end{array} \right] & (1.6.1)
 \end{matrix}$$

en donde :

- s es el seno del ángulo que se forma entre el sistema de referencia local y global de la barra.
- c es el coseno del ángulo que se forma entre el sistema de referencia local y global de la barra.
- f.. son los componentes del vector de fuerzas de fijación de la barra en referencia local.

### 1.7 VECTOR DE FUERZAS EXTERNAS

Algunas de las fuerzas externas más comunes que se aplican a las estructuras son aquellas debidas a la acción de fuerzas sísmicas, o los efectos provocados por ménsulas o trabes en voladizo que transmiten fuerzas verticales y momentos flexionantes a los puntos nodales.

Debido a lo anterior se puede observar que es necesario aplicar fuerzas paralelas a los ejes X y Y, y momentos alrededor del eje Z, ambos con respecto a la referencia global de la estructura, por lo que el vector de fuerzas externas será igual en la referencia local y global.

El vector de fuerza externas en referencia global está formado de la siguiente manera :

$$F^e = \begin{bmatrix} F_{ix} \\ F_{iy} \\ M_{iz} \\ F_{jx} \\ F_{jy} \\ M_{jz} \end{bmatrix} \quad (1.7.1)$$



**C A P I T U L O    I I****ECUACIONES DE EQUILIBRIO DE LA ESTRUCTURA****SUMARIO :**

- 1.- ECUACIONES GENERALIZADAS**
- 2.- ECUACIONES ASOCIADAS A CADA PUNTO NODAL**
- 3.- FORMACION DEL VECTOR INDICADOR**
- 4.- ENSAMBLE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ EN REFERENCIA GLOBAL**
- 5.- ENSAMBLE DEL VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION EN REFERENCIA GLOBAL**
- 6.- ENSAMBLE DEL VECTOR DE FUERZAS EXTERNAS**

## ECUACIONES DE EQUILIBRIO DE LA ESTRUCTURA

## 2.1 ECUACIONES GENERALIZADAS

Como ya se comentó, el equilibrio de la estructura se establecerá al plantear el equilibrio de cada una de las barras que la componen. Para ello se utilizará la ecuación de la barra en referencia global (1.5.1), por lo que la ecuación de equilibrio de la estructura se puede expresar de la siguiente manera :

$$\sum_{m=1}^n \left[ \begin{matrix} P \\ \underline{m} \end{matrix}^0 + \begin{matrix} K \\ \underline{m} \end{matrix} \begin{matrix} U \\ \underline{m} \end{matrix} \right] = \sum_{m=1}^n \begin{matrix} F \\ \underline{m} \end{matrix}^e \quad (2.1.1)$$

en donde :

$n$  representa el número total de barras que componen la estructura.

Al ordenar los términos de la ecuación (2.1.1) en base a los arreglos vectoriales de la estructura se obtiene la ecuación matricial siguiente :

$$\underline{P}^0 + \underline{K} \underline{U} = \underline{F}^e \quad (2.1.2)$$

en donde :

$F^*$  es el vector de fuerzas de fijación de la estructura, y está formado con los componentes de los vectores de fuerzas de fijación de la barras que la componen.

$K$  es la matriz de rigidez de la estructura, formada con las componentes de las matrices de rigidez de las barras que la componen.

$U$  es el vector de desplazamientos de la estructura

$F^e$  es el vector de fuerzas externas de la estructura

## 2.2 ECUACIONES ASOCIADAS A CADA PUNTO MODAL

Para poder ordenar las ecuaciones representadas en la ecuación (2.1.1), conviene relacionar la numeración global de los puntos nodales de la estructura, con la correspondiente numeración local asociada a cada barra, debido a que un punto nodal de la estructura puede pertenecer a varias barras, y por lo tanto estar asociado con varios puntos nodales locales.

La forma de relacionar la numeración local con la numeración global de cada barra se hace al identificar los puntos nodales  $i$  y  $j$  con la numeración global de los puntos que definen la frontera de la barra en cuestión.

Como las ecuaciones de equilibrio de la estructura están referidas a la referencia global, con tres ecuaciones de equilibrio para cada punto nodal, el número de ecuaciones de equilibrio de la estructura será de tres veces el número de nudos que la componen; ésto se conoce comúnmente como los grados de libertad de la estructura. Debe tomarse en cuenta que las restricciones en los apoyos de la estructura disminuyen el número de grados de libertad de la estructura.

Los grados de libertad de la estructura dependen del desplazamiento paralelo a los ejes  $X$  y  $Y$ , y al giro con respecto al eje  $Z$ . La forma de identificarlos es la siguiente :

- 3N-2 - No. de ecuación global del punto nodal N de la estructura, correspondiente al equilibrio de fuerzas paralelas al eje  $X$ .
- 3N-1 - No. de ecuación global del punto nodal N de la estructura, correspondiente al equilibrio de fuerzas paralelas al eje  $Y$ .

$3N$  = No. de ecuación global del punto nodal  $N$  de la estructura, correspondiente al equilibrio de pares respecto al eje  $Z$ .

A estas ecuaciones están referidos los vectores de fuerzas de fijación y de fuerzas externas, así como la matriz de rigidez.

### 2.3 FORMACION DEL VECTOR INDICADOR

Para poder construir el vector indicador primeramente se efectuará lo siguiente :

- Se numeran los grados de libertad de cada nudo en forma ascendente.
- Se le asigna el valor cero al grado de libertad que se encuentre restringido.
- Se renumeran los grados de libertad.

Posteriormente se construye para cada barra un vector de seis posiciones que contiene la ubicación de los grados de libertad de los dos puntos nodales frontera, correspondientes a la numeración global. Su construcción se

explica a continuación. Este vector se representará con las literales EN.

$$EN_m(1) = 3i_m - 2 \quad (2.3.1)$$

$$EN_m(2) = 3i_m - 1 \quad (2.3.2)$$

$$EN_m(3) = 3i_m \quad (2.3.3)$$

$$EN_m(4) = 3j_m - 2 \quad (2.3.4)$$

$$EN_m(5) = 3j_m - 1 \quad (2.3.5)$$

$$EN_m(6) = 3j_m \quad (2.3.6)$$

en donde :

- i    representa al punto nodal i de la barra m.
- j    representa al punto nodal j de la barra m.
- m    representa la barra en cuestión.

## 2.4 ENSAMBLE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ EN REFERENCIA GLOBAL

El ensamble de la matriz de rigidez de la estructura se consigue sumando a ésta los elementos de la matriz de rigidez de cada barra según el grado de libertad que les corresponda. Para ésto nos valemos de la ayuda del vector indicador.

Ensamble de la matriz de rigidez (2.4.1)

$$\mathbf{K} = \begin{array}{cccccc}
 \text{EN(1)} & \text{EN(2)} & \text{EN(3)} & \text{EN(4)} & \text{EN(5)} & \text{EN(6)} \\
 \left[ \begin{array}{cccccc}
 k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} & k_{15} & k_{16} \\
 k_{21} & k_{22} & k_{23} & k_{24} & k_{25} & k_{26} \\
 k_{31} & k_{32} & k_{33} & k_{34} & k_{35} & k_{36} \\
 k_{41} & k_{42} & k_{43} & k_{44} & k_{45} & k_{46} \\
 k_{51} & k_{52} & k_{53} & k_{54} & k_{55} & k_{56} \\
 k_{61} & k_{62} & k_{63} & k_{64} & k_{65} & k_{66}
 \end{array} \right] & \begin{array}{l}
 \text{EN(1)} \\
 \text{EN(2)} \\
 \text{EN(3)} \\
 \text{EN(4)} \\
 \text{EN(5)} \\
 \text{EN(6)}
 \end{array}
 \end{array}$$

## 2.5 ENSAMBLE DEL VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION EN REFERENCIA GLOBAL

El ensamble del vector de fuerzas de fijación de la estructura se consigue sumando a éste el vector de fuerzas de fijación de cada barra de acuerdo al grado de libertad que corresponda a cada término del mismo, mediante el vector indicador.

$$F^o = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \\ F_5 \\ F_6 \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{EN}(1) \\ \text{EN}(2) \\ \text{EN}(3) \\ \text{EN}(4) \\ \text{EN}(5) \\ \text{EN}(6) \end{matrix} \quad (2.5.1)$$



## 2.6 ENSAMBLE DEL VECTOR DE FUERZAS EXTERNAS

De igual manera que el vector de fuerzas de fijación, se procede a efectuar el ensamble del vector de fuerzas externas.

$$\begin{matrix}
 \mathbf{F}^e = & \begin{bmatrix}
 \mathbf{F}^e_1 \\
 \mathbf{F}^e_2 \\
 \mathbf{F}^e_3 \\
 \mathbf{F}^e_4 \\
 \mathbf{F}^e_5 \\
 \mathbf{F}^e_6
 \end{bmatrix} & \begin{matrix}
 \text{EN}(1) \\
 \text{EN}(2) \\
 \text{EN}(3) \\
 \text{EN}(4) \\
 \text{EN}(5) \\
 \text{EN}(6)
 \end{matrix}
 \end{matrix} \quad (2.6.1)$$

A fin de simplificar la solución del sistema se acostumbra efectuar la creación del vector de cargas mediante la sustracción del vector de fuerzas externas y el vector de fuerzas de fijación, de la siguiente manera :

$$\underline{\mathbf{F}} = \underline{\mathbf{F}}^e - \underline{\mathbf{F}}^o \quad (2.6.2)$$

De esta manera la ecuación de equilibrio de la estructura queda como sigue a continuación :

$$\underline{\mathbf{K}} \underline{\mathbf{U}} = \underline{\mathbf{F}} \quad (2.6.3)$$

**C A P I T U L O    I I I****SOLUCION DEL SISTEMA DE ECUACIONES DE EQUILIBRIO  
DE LA ESTRUCTURA****SUMARIO :**

- 1.- INTRODUCCION**
- 2.- METODO DE LA MATRIZ  
INVERSA**
- 3.- METODO DE CROUT**
- 4.- METODO DE CHOLSKY**
- 5.- DIFERENTES TIPOS DE ALMA-  
CENAMIENTO DE LA MATRIZ DE  
RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA**
- 6.- METODO PROPUESTO PARA LA  
SOLUCION DE ECUACIONES CON  
ARREGLO EN BANDA**

## C A P I T U L O    I I I

SOLUCION DEL SISTEMA DE ECUACIONES DE EQUILIBRIO  
DE LA ESTRUCTURA

## 3.1 INTRODUCCION

Con base en los desarrollos efectuados en los capítulos precedentes, podemos escribir las ecuaciones de equilibrio de un estructura como :

$$\begin{matrix} K & U & = & P \\ - & - & & - \end{matrix} \qquad (3.1.1)$$

en donde :

$\begin{matrix} K \\ - \end{matrix}$  es la matriz de rigidez de la estructura

$\begin{matrix} U \\ - \end{matrix}$  es el vector de desplazamientos de la estructura

$\begin{matrix} F \\ - \end{matrix}$  es el vector de cargas de la estructura

De esta ecuación conocemos el valor de la matriz de rigidez y del vector de cargas de la estructura, por lo que para obtener su solución deberemos obtener el valor del vector de desplazamientos de la estructura.

La ecuación (3.1.1) corresponde al modelo matemático asociado al sistema de ecuaciones algebraicas lineales que se indica a continuación :

$$\underline{A} \underline{x} = \underline{b} \quad (3.1.2)$$

en donde :

- A es una matriz cuadrada de orden  $n \times n$
- x es el vector de desplazamientos de orden n
- b es el vector de cargas de orden n
- n es el número de grados de libertad de la estructura

Existen diversos métodos para la solución de la ecuación (3.1.2), que podemos clasificar en dos grupos : Métodos Directos y Métodos Indirectos.

Los Métodos Indirectos tienen la característica de que para obtener la solución del sistema es necesario efectuar varias iteraciones hasta lograr la convergencia. Estos métodos pueden resultar más eficientes que los métodos directos cuando la matriz de coeficientes es poco densa (tiene muchos ceros), ya que resultan ser más rápidos. Tienen también la característica de ser autocorrectores cuando se efectúan los cálculos manualmente.

Los principales métodos indirectos son :

- Método de Jacobi (estimaciones sucesivas)
- Método de Gauss-Seidel (estimaciones sucesivas)
- Método de la Relajación

Debido a que estos métodos no son muy aplicables en los procesos computacionales no se profundizará más en ellos.

En los Métodos Directos la solución del sistema de ecuaciones se obtiene en forma directa, sin realizar iteraciones; debido a esto el número de operaciones necesarias para obtener la solución del sistema es menor en comparación con los métodos indirectos.

Los principales métodos directos son :

- Método de Gauss (eliminación)
- Método de Gauss-Jordan (eliminación)
- Eliminación gausiana.
- Método de la Matriz Inversa
- Método de Crout
- Método de Cholesky

Los métodos de eliminación son los métodos más importantes para la solución de sistemas de ecuaciones, manualmente o por computadora, cuando el sistema de

ecuaciones no es muy grande. Las técnicas elementales son atribuidas a Gauss.

Como los sistemas de ecuaciones provenientes de estructuras reales resultan ser de dimensiones grandes los métodos de eliminación no son muy convenientes; debido a esto se procederá a estudiar con mayor detenimiento los tres métodos restantes.

Para realizar la elección de alguno de ellos debemos tomar en cuenta la cantidad de memoria principal que emplee y el número de operaciones que necesite para efectuar la solución.

### 3.2 METODO DE LA MATRIZ INVERSA

El planteamiento de la solución de ecuaciones por este método es el siguiente :

$$\underline{x} = \underline{A}^{-1} \underline{b} \quad (3.2.1)$$

Para tener la solución del sistema se debe obtener primeramente la inversa de la matriz A y posteriormente efectuar la multiplicación con el vector b.

La matriz inversa es muy útil para ser utilizada como concepto algebraico más que una ayuda como un método numérico, ya que involucra un aumento en las dimensiones de los arreglos matriciales necesarios para realizar la solución del sistema de ecuaciones; ésto no es conveniente en procedimientos computacionales.

El proceso de encontrar la inversa de una matriz involucra más computaciones que las requeridas en otros métodos directos. Comparando el número de operaciones necesarias para este fin se obtiene lo siguiente :

- Método de la matriz inversa =  $n^3 + n^3m$
- Otros métodos directos =  $n^3/3 + n^3m$

Debido a los razonamientos anteriores este método queda descartado.

### 3.3 METODO DE CROUT

Dentro de los métodos directos existen los que se denominan métodos compactos, y son los más adecuados para utilizarse en programas de computadora.

En estos métodos consisten en transformar la ecuación (3.1.2) a la forma :

$$\underline{U} \underline{x} = \underline{y} \quad (3.3.1)$$

en donde :

$U$  es una matriz triangular superior que se obtiene - mediante un proceso de reducción de coeficientes.

Al tener la matriz triangulada se efectúa la sustitución hacia atrás, donde se resuelve el sistema triangular para la obtención de la incógnita  $x$ .

Estos métodos se basan en la eliminación gaussiana y en el teorema de álgebra lineal que establece " Toda matriz  $\{A\}$  no singular se puede descomponer en el producto de dos matrices triangulares, una inferior  $\{L\}$  y una superior  $\{U\}$  con la condición de que alguna de ellas esté normalizada ", como se indica a continuación :

$$\{A\} = \{L\} \{U\} \quad (3.3.2)$$

En el método de Crout la matriz triangular superior  $\{U\}$  debe estar normalizada.



Posteriormente se substituye la ecuación (3.3.2) en la ecuación (3.1.2), obteniéndose :

$$\underline{L} \underline{U} \underline{x} = \underline{b} \quad (3.3.3)$$

La reducción de incógnitas se logra mediante la substitución de la ecuación (3.3.1) en la ecuación (3.3.3), de donde se obtiene :

$$\underline{L} \underline{y} = \underline{b} \quad (3.3.4)$$

El esquema general que se utiliza para la solución de un sistema de ecuaciones algebraicas lineales mediante un método compacto es el siguiente :

- Obtención de la matrices triangulares {L} y {U} mediante la ecuación (3.3.2)
- Obtención del vector auxiliar {y} en substitución hacia adelante, mediante la ecuación (3.3.4)
- Obtención del vector incógnita {x} en substitución hacia atrás, mediante la ecuación (3.3.1)

A continuación se presentan los algoritmos para la obtención de la matrices  $\{L\}$  y  $\{U\}$ .

$$U_{ij} = A_{ij} \quad \begin{matrix} i=1 \\ j=1 \dots n \end{matrix} \quad (3.3.5)$$

$$L_{i1} = A_{i1} / U_{i1} \quad i=2 \dots n \quad (3.3.6)$$

$$U_{ij} = A_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} L_{ik} U_{kj} \quad \begin{matrix} i=2 \dots n \\ j=1 \dots n \end{matrix} \quad (3.3.7)$$

$$L_{ij} = (A_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} L_{ik} U_{kj}) / U_{jj} \quad \begin{matrix} i=j+1 \dots n \\ j=2 \dots n \end{matrix} \quad (3.3.8)$$

Los algoritmos necesarios para realizar la sustitución hacia adelante son los siguientes :

$$y_1 = b_1 \quad (3.3.9)$$

$$y_i = b_i - \sum_{k=1}^{i-1} L_{ik} y_k \quad i=2 \dots n \quad (3.3.10)$$

Los algoritmos empleados para efectuar la sustitución hacia atrás se presentan a continuación :

$$x_n = y_n / U_{nn} \quad (3.3.11)$$

$$x_i = (y_i - \sum_{k=i+1}^n U_{ik} x_k) / U_{ii} \quad i=n-1 \dots 1 \quad (3.3.12)$$

De la misma manera que el método de la matriz inversa, el método de Croût nos es de gran ayuda para comprender el funcionamiento del proceso de triangulación y sustitución para la solución de un sistema de ecuaciones algebraicas lineales. Sin embargo operativamente tiene el inconveniente que para poder realizar la triangulación de la matriz {A} necesita crear dos matrices más, una triangular superior y otra triangular inferior.

Ya que la mayor cantidad de la memoria principal de la computadora es utilizada para almacenar la matriz de rigidez de la estructura, el hecho de crear dos matrices más implica que solamente se podrán almacenar matrices de la tercera parte de la capacidad de memoria disponible, lo cual es insuficiente para matrices reales.

### 3.4 METODO DE CHOLESKY

El método de Cholesky soluciona el problema que se presenta en el método de Croût, ya que en el proceso de triangulación se transforma la matriz {A} en dos matrices triangulares (superior e inferior), utilizando el mismo

espacio que ésta ocupaba, es decir, no se incrementa la cantidad de memoria principal requerida para el almacenamiento de la matriz de rigidez de la estructura.

Los algoritmos utilizados en el proceso de triangulación se presentan a continuación :

$$A_{11} = \sqrt{A_{11}} \quad (3.4.1)$$

$$A_{12} = A_{12} / A_{11} \quad (3.4.2)$$

$$A_{22} = \sqrt{(A_{22} - A_{12}^2)} \quad (3.4.3)$$

$$A_{1j} = A_{1j} / A_{11} \quad j=3 \dots n \quad (3.4.4)$$

$$A_{ij} = (A_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} A_{ki} A_{kj}) / A_{ii} \quad i=2 \dots j-1 \quad (3.4.5)$$

$$A_{jj} = \sqrt{(A_{jj} - \sum_{k=1}^{j-1} A_{kj}^2)} \quad (3.4.6)$$

Los algoritmos necesarios para realizar la sustitución hacia adelante son los siguientes :

$$y_1 = b_1 \quad (3.4.7)$$

$$y_i = b_i - \sum_{k=1}^{i-1} A_{ik} y_k \quad i=2 \dots n \quad (3.4.8)$$

Los algoritmos empleados para efectuar la sustitución hacia atrás se pueden expresar de la siguiente manera :

$$x_n = y_n / A_{nn} \quad (3.4.9)$$

$$x_i = (y_i - \sum_{k=i+1}^n A_{ik} x_k) / A_{ii} \quad i=n-1 \dots 1 \quad (3.4.10)$$

Como se puede apreciar el proceso de triangulación del método de Cholesky no es mucho mayor que en el método de Croût, mientras que los procesos de sustitución son semejantes. Por lo tanto este método es el más recomendable para efectuar la solución de ecuaciones algebraicas lineales.

### 3.5 DIFERENTES TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE UNA ESTRUCTURA

Los coeficientes de la matriz de rigidez de una estructura en principio dan lugar a arreglos bidimensionales cuadrados, es decir, tienen la misma dimensión en columnas y

renglones. Esta dimensión son los grados de libertad de la estructura.

A pesar de que el método de Cholesky aprovecha al máximo la memoria principal disponible de la computadora, debido al gran tamaño de las matrices de rigidez de las estructuras no es posible resolver marcos planos de de más de 30 nudos en una microcomputadora o en una computadora personal utilizando el lenguaje de programación BASIC.

Si solamente se pudieran resolver marcos de cuando más 30 nudos el programa tendría un margen de aplicación demasiado pequeño (casas y muy pequeños edificios). Debido a esto es necesario buscar nuevas formas de almacenar la matriz de rigidez de una estructura.

Como ya se observó en el capítulo I, cualquier matriz de rigidez es simétrica con respecto a su diagonal principal. Además de esto, existen muchas localidades cuyo valor es igual a cero, y los coeficientes no nulos se agrupan en torno a la diagonal principal en una franja conocida como ancho de banda.

Debido a esta característica de las matrices de rigidez de una estructura es posible almacenar únicamente los coeficientes de la banda. El arreglo resultante será un arreglo bidimensional rectangular, cuyas dimensiones serán :

- El número de renglones será igual al número de grados de libertad de la estructura.
- El número de columnas será igual al ancho de banda que se calcula de la siguiente manera :

$$AB = 3 * (MAXDIF + 1)$$

en donde :

**MAXDIF** = Máxima diferencia entre el valor del nudo *i* y el nudo *j* de una barra cualquiera.

Este tipo de almacenamiento proporciona un gran ahorro. Si se toma como ejemplo un marco plano de 9 crujeas y 10 niveles se observa que mientras el ancho de banda  $AB = 33$ , el número de grados de libertad  $GDL = 300$ . El número de localidades que se necesitarían si el arreglo fuera cuadrado serían  $NL = 90,000$  ; mientras que para el arreglo rectangular se necesitan únicamente 9,900.

Existe aún otra forma de almacenar los coeficientes de la matriz de rigidez de una estructura. Esta es mediante un arreglo unidimensional en silueta o skyline. Este arreglo se genera debido a que aún dentro del ancho de banda existen localidades cuyo valor es igual a cero, debido a que las

diferencias entre los nudos  $i$  y  $j$  de las barras que componen la estructura no son iguales.

En este arreglo se almacenan sólo los coeficientes que tienen valor diferente de cero. Sin embargo los algoritmos que se emplean requieren de la creación de vectores auxiliares que incrementan el número de operaciones y en ocasiones incrementan el número de localidades utilizadas.

Una buena solución es utilizar arreglos bidimensionales en banda, teniendo cuidado de que exista mayor coincidencia entre las diferencias de los puntos nodales de las barras, para lograr disminuir el número de localidades necesarias para el almacenamiento de la matriz de rigidez de una estructura.

### 3.6 METODO PROPUESTO PARA LA SOLUCION DE ECUACIONES CON ARREGLO EN BANDA

Como se observó en los incisos anteriores el método de Cholesky resulta ser el más eficiente para la solución de sistemas de ecuaciones lineales, por lo que es conveniente basarse en la metodología propuesta por este método para la creación de un nuevo método que almacene y resuelva los sistemas de ecuaciones con arreglo bidimensional en banda.



En el proceso de ensamble de la matriz de rigidez de la estructura se necesitan realizar algunas modificaciones para que solamente se almacenen los valores de la matriz que se encuentran dentro del ancho de banda. Los algoritmos necesarios se presentan a continuación, ya con las literales correspondientes a la matriz de rigidez, vector de desplazamientos, vector de fuerzas y vector indicador.

$$JP = EN_j + 1 - EN_i \quad \begin{matrix} i=1\dots6 \\ j=1\dots6 \end{matrix} \quad (3.6.1)$$

$$K(\underline{EN}_i, JP) = K(\underline{EN}_i, JP) + K_{ij} \quad \begin{matrix} EN_j > EN_i \\ (EN_j - EN_i) < AB \end{matrix} \quad (3.6.2)$$

La metodología para realizar la triangulación de la matriz de rigidez con arreglo en banda si sufre numerosas modificaciones, ya que es necesario utilizar diversos contadores que permitan ubicar la posición de la antigua diagonal principal y el límite del ancho de banda en el nuevo arreglo.

$$\underline{K}(1,1) = \sqrt{K(1,1)} \quad (3.6.3)$$

$$\underline{K}(1,j) = \underline{K}(1,j) / \underline{K}(1,1) \quad j=2\dots AB \quad (3.6.4)$$

$$\underline{K}(2,1) = \sqrt{[\underline{K}(2,1) - \underline{K}(1,2)^2]} \quad (3.6.5)$$

$$\begin{aligned} \underline{xx} &= \sum_{k=1}^{i-1} \underline{K}(k,i-b) \underline{K}(k,j-b) & \begin{aligned} a &= 0 \\ i &= 2 \dots \text{GDL}-1 \\ a &= a + 1 \\ j &= i+1 \dots \text{AB}+a \\ b &= -1 \\ j-b &< \text{AB} \end{aligned} \end{aligned} \quad (3.6.6)$$

$$\underline{K}(i,j-a) = [\underline{K}(i,j-a) - \underline{xx}] / \underline{K}(i,i-a) \quad (3.6.7)$$

$$\begin{aligned} c &= i + 1 < = \text{AB} \\ d &= i + 2 - \text{AB} > = 1 \end{aligned}$$

$$\underline{K}(i+1,1) = \sqrt{[\underline{K}(i+1,1) - \sum_{k=d}^i \underline{K}(k,c)^2]} \quad (3.6.8)$$

c=c-1

Los algoritmos necesarios para la sustitución hacia adelante presentan algunas modificaciones; también requieren del uso de contadores.

$$\underline{Y}(1) = \underline{F}(1) / \underline{K}(1,1) \quad (3.6.9)$$

$$\underline{Y}(2) = [\underline{F}(2) - \underline{Y}(1) \underline{K}(1,2)] / \underline{K}(2,1) \quad (3.6.10)$$

$$\begin{aligned} \underline{xx} &= \sum_{j=ee}^{i-1} \underline{Y}(j) \underline{K}(j,ii) & \begin{aligned} i &= 3 \dots \text{GDL} \\ ee &= 1 \\ ii &= i \\ ee &= i - \text{AB} + 1 \text{ si } i > \text{AB} \\ ii &= \text{AB} \text{ si } i > \text{AB} \end{aligned} \end{aligned} \quad (3.6.11)$$

ii=ii-1

$$Y(i) = [ F(i) - xx ] / K(i,1) \quad (3.6.12)$$

El proceso para realizar la sustitución hacia atrás es semejante al de la sustitución hacia adelante. Los algoritmos utilizados son los siguientes :

$$U(GDL) = Y(GDL) / K(GDL,1) \quad (3.6.13)$$

$$U(GDL-1) = [Y(GDL-1) - K(GDL-1,2) U(GDL)] / K(GDL-1,1) \quad (3.6.14)$$

i=GDL-2.....1,-1  
 ff = GDL-i+1 < = AB  
 gg = AB - ff < = 0

$$xx = \sum_{j=ff}^{2,-1} U(GDL+gg) K(i,j) \quad (3.6.15)$$

gg=gg-1

$$U(i) = [ Y(i) - xx ] / K(i,1) \quad (3.6.16)$$

**C A P I T U L O    I V****OBTENCION DE LOS ELEMENTOS MECANICOS****SUMARIO :**

**1.- OBTENCION DEL VECTOR DE  
DESPLAZAMIENTOS DE LA BARRA**

**2.- TRANSFORMACION DEL VECTOR  
DE DESPLAZAMIENTOS A REFEREN-  
CIA LOCAL.**

**3.- OBTENCION DE LOS ELEMENTOS  
MECANICOS DE LA BARRA**

## CAPITULO IV

## OBTENCION DE LOS ELEMENTOS MECANICOS

## 4.1 OBTENCION DEL VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS DE LA BARRA

En el capítulo anterior se presentó la solución del sistema de ecuaciones de la estructura. El resultado obtenido fue el vector de desplazamientos de la estructura. A partir del vector de desplazamientos de la estructura se procederá a obtener el vector de cargas de la barra según se muestra en la siguiente ecuación :

$$f = k u \quad (4.1.1)$$

donde :

$f$  es el vector de cargas de la barra, valuado en la siguiente expresión :

$$f = f^* - f^* \quad (4.1.2)$$

$k$  es la matriz de rigidez de la barra en referencia local.

$u$  es el vector de desplazamientos de la barra en referencia local.

De la ecuación (4.1.1) ya se conoce el valor de la matriz de rigidez de la barra, por lo que se procederá a obtener el vector de desplazamientos de la barra a partir del vector de desplazamientos de la estructura.

El procedimiento para la obtención del vector de desplazamientos de la barra es inverso al proceso de ensamble del mismo, y requerirá del auxilio del vector indicador de la barra.

El vector de desplazamientos de la estructura contiene los desplazamientos de cada punto nodal con respecto a los ejes X y Y, y el giro con respecto al eje Z. Como el desplazamiento de un punto nodal implica el desplazamiento de la barra que se encuentra limitada en uno de sus extremos por éste, resulta relativamente fácil obtener el vector de desplazamientos de la barra conociendo los puntos nodales que limitan a la barra, y con éstos los grados de libertad de cada uno de sus desplazamientos. Para este fin se utilizará el vector indicador, de la siguiente manera :

$$\underset{-}{U} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ \cdot \\ U_4 \\ \cdot \\ \cdot \\ U_6 \end{bmatrix} \begin{matrix} EN(1) \\ EN(2) \\ EN(3) \\ EN(4) \\ EN(5) \\ EN(6) \end{matrix} \quad (4.1.3)$$

donde :

$\underset{-}{U}$  es el vector de desplazamientos de la estructura  
 $EN(i)$  es el valor del grado de libertad correspondiente  
a cada uno de los seis desplazamientos de  
la barra.

El algoritmo empleado para la obtención del vector de  
desplazamientos de la barra se presenta a continuación :

$$U_i = U_{-i}(EN_i) \quad i=1...6 \quad (4.1.4)$$

#### 4.2 TRANSFORMACION DEL VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS A REFERENCIA LOCAL

El vector de desplazamientos de la que ya se ha  
obtenido, por proceder del vector de desplazamientos de la

estructura, se encuentra referido a la referencia global, por lo que será necesario transformarlo a la referencia local de la barra.

En forma generalizada el vector de desplazamientos de la barra se expresa de la siguiente manera :

$$u = a U \quad (4.2.1)$$

donde :

$u$  es el vector de desplazamientos de la barra en referencia local.

$a$  es la matriz de transformación de la barra.

$U$  es el vector de desplazamientos de la barra en referencia global.



El vector de desplazamientos de la barra en forma desarrollada se presenta a continuación :

$$u = \begin{bmatrix} cui + svi \\ cvi - sui \\ wi \\ cuj + svj \\ cvj - suj \\ wj \end{bmatrix} \quad (4.2.2)$$

donde :

**c** es el coseno del ángulo que se forma entre el sistema de referencia local y el sistema de referencia global de la barra.

**s** es el seno del ángulo que se forma entre el sistema de referencia local y el sistema de referencia global de la barra.

**u(i,j)** es el desplazamiento lineal paralelo al eje X.

**v(i,j)** es el desplazamiento lineal paralelo al eje Y.

**w(i,j)** es el desplazamiento angular respecto al eje Z.

#### 4.3 OBTENCION DE LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LA BARRA

Después de haber obtenido el vector de desplazamientos de la barra en referencia local se procederá a obtener el vector de cargas de la barra a partir de la ecuación (4.1.1).

Para obtener los elementos mecánicos de la barra es necesario despejar la ecuación (4.1.2), como lo muestra la ecuación siguiente :

$$f^e = f + f^o \quad (4.3.1)$$

donde :

$f^e$  es el vector de fuerzas externas de la barra, mejor conocido como los elementos mecánicos de la barra.

$f$  es el vector de cargas de la barra.

$f^o$  es el vector de fuerzas de fijación de la barra.

Los componentes del vector de elementos mecánicos de la barra son los siguientes :

$$u = \begin{bmatrix} N_{xi} \\ V_{yi} \\ M_{zi} \\ N_{xj} \\ V_{yj} \\ M_{zj} \end{bmatrix} \quad (4.3.2)$$

en donde :

$N_{xi}$  representa la fuerza axial de la barra en el punto nodal i.

$V_{yi}$  representa la fuerza cortante de la barra en el punto nodal i.

$M_{zi}$  representa el momento flexionante de la barra en el punto nodal i.

$N_{xj}$  representa la fuerza axial de la barra en el punto nodal j.

$V_{yj}$  representa la fuerza cortante de la barra en el punto nodal j.

$M_{zj}$  representa el momento flexionante de la barra en el punto nodal j.

**C A P I T U L O   V****DISEÑO DE TRABES DE CONCRETO REFORZADO****SUMARIO :**

- 1.- CONSIDERACIONES GENERALES**
- 2.- COMBINACIONES DE CARGA REQUERIDAS**
- 3.- OBTENCION DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES MAXIMOS A LO LARGO DE LA SECCION**
- 4.- OBTENCION DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES Y FUERZAS CORTANTES MAXIMAS DE DISEÑO**
- 5.- FORMULAS Y RESTRICCIONES PARA EL CALCULO DEL REFUERZO NECESARIO POR FLEXION**
- 6.- FORMULAS Y RESTRICCIONES PARA EL CALCULO DEL REFUERZO NECESARIO POR TENSION DIAGONAL**

## DISEÑO DE TRABES DE CONCRETO REFORZADO

## 5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El método que se utilizará en el diseño tanto de trabes como de columnas será el de los Esfuerzos Admisibles. El empleo de este método se justifica porque es necesario mantener la congruencia entre las condiciones de análisis y de diseño, ya que una de las condicionantes del método de las rigideces es que los materiales deberán trabajar solamente en el intervalo elástico para cumplir con la ley de Hooke.

El proceso de diseño de trabes estará regido por la flexión; se utilizará el momento máximo para diseñar las dimensiones de la sección y se obtendrán las áreas de acero del lecho superior y del lecho inferior, para el centro del claro y los extremos de cada barra. La sección que se propondrá será doblemente armada.

Posteriormente se revisará el esfuerzo cortante, comprobando que la sección de concreto resista el cortante máximo, y se diseñarán los estribos necesario para absorber el esfuerzo cortante excedente. En caso de que la sección de concreto no resistan el esfuerzo cortante máximo se deberá

obtener una nueva sección de concreto, esta vez regida por el esfuerzo cortante.

## 5.2 COMBINACIONES DE CARGA REQUERIDAS

De acuerdo con el artículo 188 del reglamento de construcciones para el Distrito Federal 1987 que establece " La seguridad de una estructura deberá verificarse para el efecto combinado de todas las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente ", se obtiene que la combinación de cargas predominante para el caso de edificaciones localizadas en zona sísmica, y donde no es importante el efecto del viento, incluye el efecto de las cargas permanentes o verticales (carga muerta + carga viva), y el efecto de la fuerza sísmica como carga accidental, de acuerdo con la fracción II del mismo artículo.

Como no todas las trabes presentan simetría en cuanto a las cargas y a la geometría de los claros que la componen, los efectos del sismo en sentido positivo y en sentido negativo no presentan relación, haciendo necesario realizar el análisis en los dos sentidos.

Debido a que la fuerza sísmica es una acción accidental, para las combinaciones con acciones permanentes

y variables no es conveniente aplicarla con su valor máximo pues sólo actúa en intervalos de tiempo reducidos durante toda la vida económica de la estructura, por lo que el reglamento permite reducir ésta combinación en un 33 % .

Finalmente las tres combinaciones de carga que se utilizarán son :

- Carga vertical con toda su intensidad.
- [Carga vertical + fuerza sísmica] reducida en un 33%.
- [Carga vertical - fuerza sísmica] reducida en un 33%.

### 5.3 OBTENCION DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES MAXIMOS A LO LARGO DE LA SECCION

En la ecuación (4.3.2) se obtuvieron los elementos mecánicos de la barra en referencia local. Estos se encuentran aplicados en cada uno de los dos puntos nodales de la barra.

Para realizar el diseño de una trabe no es suficiente con conocer la magnitud del momento flexionante en ambos puntos nodales, sino que es necesario valuar el momento

flexionante a lo largo de toda la barra para conocer su valor máximo entre los puntos nodales.

Para el esfuerzo cortante es suficiente con el resultado obtenido en los puntos nodales, ya que en estos puntos se encuentra su intensidad máxima, la cual va disminuyendo hasta llegar a cero cuando el momento flexionante tiene su valor máximo.

El valor máximo del momento flexionante se presenta generalmente alrededor del centro del claro de la barra cuando los momentos en los extremos son semejantes y no existen fuerzas concentradas colocadas asimétricamente en la barra. Como es difícil que esta condición se cumpla en todos los casos reales lo más conveniente es encontrar las diferentes ecuaciones de momento flexionante y obtener su valor para diferentes posiciones.

Es recomendable dividir el claro total en veinte partes para calcular el valor del momento flexionante en cada una de ellas, además de conocer su valor en los puntos de aplicación de las cargas concentradas.

En las figuras (5.1), (5.2) y (5.3) se presentan los diagramas de momento flexionante para diferentes tipos de cargas y de apoyos.



#### 5.4 OBTENCION DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES Y FUERZAS CORTANTES MAXIMAS DE DISEÑO

Como ya se mencionó anteriormente para la combinación de cargas verticales y cargas accidentales es necesario efectuar una reducción del 33 % .

Una vez que se ha obtenido el momento flexionante máximo al centro del claro de una barra, ya es posible reducir todos los momentos flexionantes y fuerzas cortantes de las combinaciones de carga vertical + fuerza del sismo.

El procedimiento para calcular los momentos flexionantes máximos de diseño consiste en dividir el momento flexionante de la condición de carga vertical + sismo entre 1.33 y compararlo con el momento flexionante de la condición de carga vertical; de esta comparación se pueden obtener los siguientes resultados :

- Los dos momentos tienen el mismo signo y es mayor el valor del momento de carga vertical; infiriendo consecuentemente que rige el momento de carga vertical con su signo.
  
- Los dos momentos tienen el mismo signo y es mayor el valor del momento de carga vertical + sismo reducido.

En este caso rige el valor del momento de carga vertical + sismo reducido con su signo.

- Los dos momentos tienen signos diferentes, por lo que nos es posible realizar la comparación numérica entre ellos. Rigen ambos con sus signos.

El momento flexionante de la condición de carga vertical - sismo también se divide entre 1.33 y su valor se compara contra el que haya regido con su mismo signo. En caso de no existir un momento flexionante de su mismo signo para compararse con él, el valor del momento flexionante de carga vertical - sismo rige con su signo.

El procedimiento para obtener las fuerzas cortantes máximas de diseño es análogo al procedimiento empleado para calcular los momentos flexionantes máximos de diseño.

## 5.5 FORMULAS Y RESTRICCIONES PARA EL CALCULO DEL REFUERZO NECESARIO POR FLEXION

Las fórmulas empleadas para diseñar las dimensiones de la sección transversal de una trabe de concreto reforzado se presentan a continuación :

$$d = \sqrt{ [ M_{max} / 1.5 R b ] } \quad (5.5.1)$$

$$b = M_{\max} / 1.5 R d^2 \quad (5.5.2)$$

donde :

$M_{\max}$  es el momento flexionante máximo que actúa en alguna de las barras que componen la trabe.

$d$  es el peralte efectivo de la sección transversal, valuado en la siguiente expresión :

$$d = H - r \quad (5.5.3)$$

$H$  es el peralte total de la sección.

$r$  representa al recubrimiento

$b$  es la base de la sección transversal.

$R$  es una constante de cálculo, que se obtiene mediante la expresión :

$$R = 4 f_c k j \quad (5.5.4)$$

$$f_c = 0.45 F'c \quad (5.5.5)$$

$$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} \quad (5.5.6)$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} \quad (5.5.7)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (5.5.8)$$

$$f_s = 0.50 F_y \quad (5.5.9)$$

$$E_s = 2.04 \times 10^6 \quad (5.5.10)$$

$$E_c = c \sqrt{F'_c} \quad (5.5.11)$$

$c = 14000$  para concretos clase 1

$c = 8000$  para concretos clase 2

$F'_c$  es el esfuerzo de fluencia del concreto

$F_y$  es el esfuerzo de fluencia del acero

El momento resistente de la sección de concreto se calcula con la siguiente expresión :

$$MR = R b d^2 \quad (5.5.12)$$

Para el cálculo del refuerzo necesario por flexión se presentan dos casos :

- 1) El momento resistente de la sección de concreto es mayor al momento flexionante actuante.

2) El momento resistente de la sección de concreto es menor al momento flexionante actuante.

Las fórmulas empleadas para el primer caso son las siguientes :

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} \quad (5.5.13)$$

$$A'_s = - \frac{A_s}{5} \quad (5.5.14)$$

donde :

M es el momento flexionante considerado.

A<sub>s</sub> es el área de acero requerida por flexión en el mismo lecho en que actúa el momento flexionante.

A'<sub>s</sub> es el área de acero requerida en el otro lecho de la trabe.

Para el segundo caso se presentan las siguientes fórmulas :

$$A_s = \frac{MR}{f_s j d} + \frac{M - MR}{f_s (d-r)} \quad (5.5.15)$$

$$A's = \frac{M - MR}{fsc (d-r)} \quad (5.5.16)$$

donde :

$$fsc = \frac{k d - r}{k d} (2 n - 1) fc \quad (5.5.17)$$

Las áreas de acero requeridas por flexión deberán cumplir con los requisitos mínimos por flexión, establecidos por el siguiente parámetro :

$$Asf = \frac{14}{Fy} b d \quad (5.5.18)$$

sin embargo, no es necesario que el refuerzo mínimo sea mayor que 1.33 veces el requerido por el análisis.

Existe también un refuerzo mínimo para evitar los agrietamientos causados por contracciones debidas a los cambios de temperatura, que deben cumplir todas las áreas de acero. La expresión que determina este refuerzo es la siguiente :

$$Ast = 0.0009 b H \quad (5.5.19)$$

## 5.6 FORMULAS Y RESTRICCIONES PARA EL CALCULO DEL REFUERZO NECESARIO POR TENSION DIAGONAL

Primeramente se deberá revisar que la sección transversal de concreto resista la máxima fuerza cortante actuante. Para este fin se empleará la siguiente expresión :

$$V_m = [ 1.32 \sqrt{F'c} ] b d \geq V_{max} \quad (5.6.1)$$

donde :

$V_m$  fuerza cortante máxima que puede resistir la sección transversal de concreto.

$V_{max}$  máxima fuerza cortante actuante.

si no se cumple la condición anterior se tendrá que volver a diseñar la sección transversal de concreto.

La sección de concreto por si sola puede resistir fuerzas cortantes que tengan un valor menor o igual a la fuerza cortante resistente de la sección, valuada en la expresión :

$$V_c = [ 0.29 \sqrt{F'c} ] b d \quad (5.6.2)$$

Si la fuerza cortante actuante considerada es mayor a la fuerza cortante resistente de la sección ( $V_c$ ), se deberá diseñar el refuerzo necesario para resistir la fuerza cortante excedente. La siguiente fórmula permite obtener el valor de esta fuerza :

$$V' = V - V_c - w d \quad (5.6.3)$$

donde :

$V'$  es la fuerza cortante excedente.

$V_c$  es la fuerza cortante resistente de la sección transversal de concreto.

$w$  es la carga actuante sobre la trabe.

Para resistir la fuerza cortante excedente es necesario diseñar estribos rectangulares, los que generalmente se colocan formando un ángulo de  $90^\circ$  con la horizontal. La separación a la que deberán colocarse se calcula con la ecuación :

$$Sep = \frac{2 A_v f_s d}{V'} \quad (5.6.4)$$



donde :

Sep es la separación a la que deberán colocarse los estribos.

Av es el área de la varilla utilizada para formar los estribos.

Al igual que en el refuerzo por flexión, existe una separación mínima del refuerzo por tensión diagonal para evitar la formación de grietas debidas a la contracción producida por cambios de temperatura. El parámetro que rige esta separación es el siguiente :

$$\text{Sept} = \frac{2 \text{ Av}}{1.12 \text{ b}} \quad \text{para } F_y = 2530 \quad (5.6.5)$$

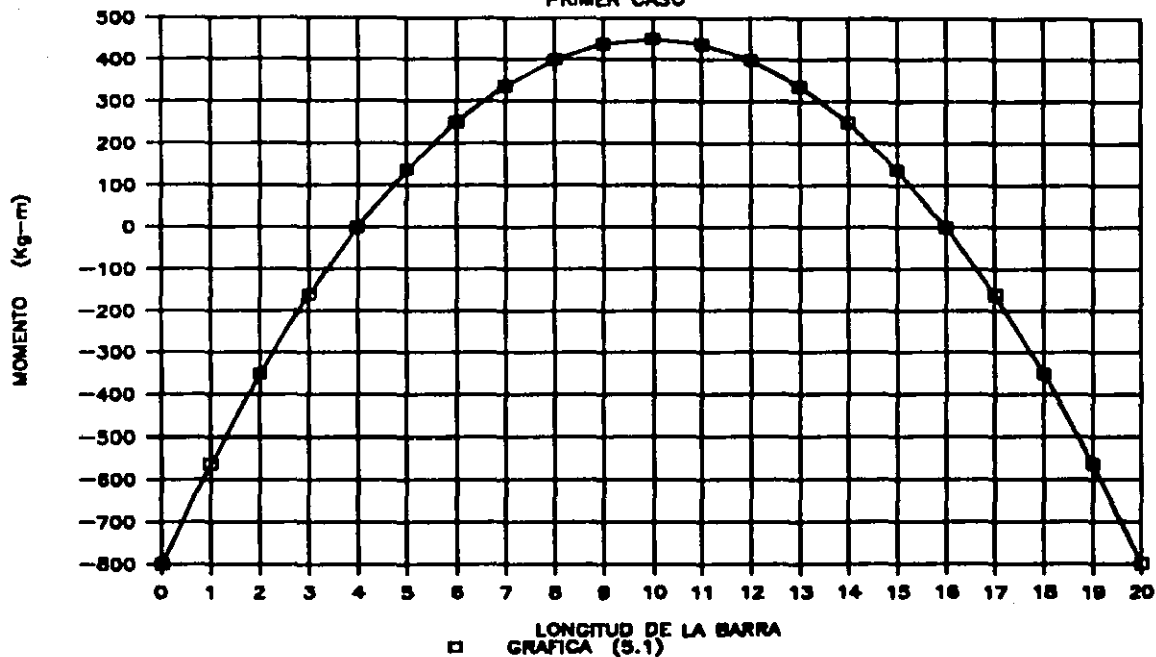
$$\text{Sept} = \frac{2 \text{ Av}}{1.13 \text{ b}} \quad \text{para } F_y = 4200 \quad (5.6.6)$$

Existe aún otro parámetro que es necesario cumplir para evitar que las grietas producidas por la fuerza cortante atraviesen la sección transversal de la trabe. Este requisito está expresado en la siguiente ecuación :

$$\text{Sepp} = 0.5 \text{ d} \quad (5.6.7)$$

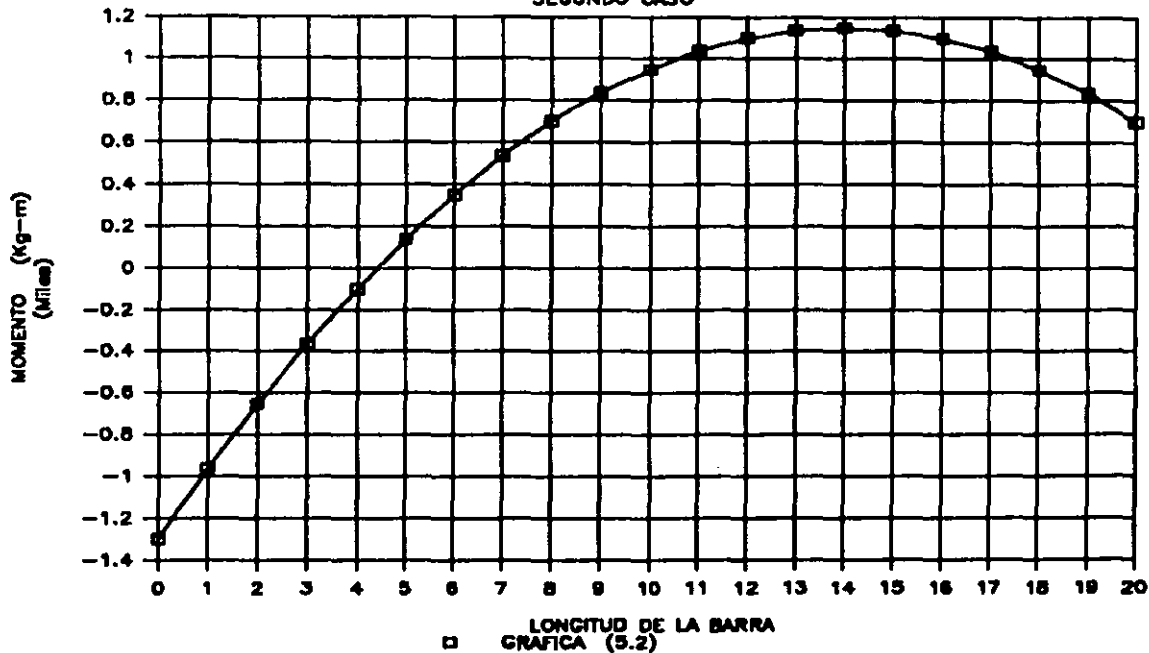
# DIAGRAMAS DE MOMENTO FLEXIONANTE

## PRIMER CASO



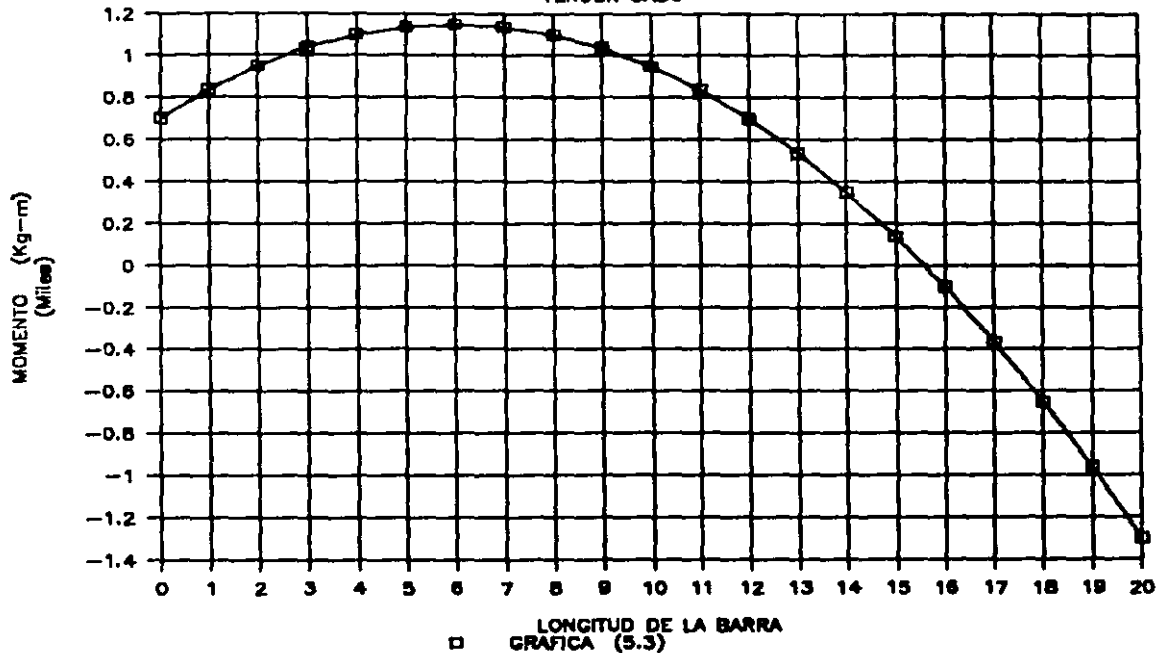
# DIAGRAMAS DE MOMENTO FLEXIONANTE

## SEGUNDO CASO



# DIAGRAMAS DE MOMENTO FLEXIONANTE

## TERCER CASO



**C A P I T U L O   V I****DISEÑO DE COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO****SUMARIO :**

- 1.- CONSIDERACIONES GENERALES**
- 2.- COMBINACIONES DE CARGA REQUERIDAS**
- 3.- OBTENCION DE LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE CARGA AXIAL Y MOMENTO FLEXIONANTE DE DISEÑO**
- 4.- DETERMINACION DE LOS PUNTOS CARACTERISTICOS DE LA GRAFICA DE INTERACCION DE LA COLUMNA**
- 5.- DETERMINACION DE LAS RELACIONES DE INTERACCION DE LA COLUMNA**

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## C A P I T U L O   V I

## DISEÑO DE COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO

## 6.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

Al igual que en el diseño de traveses de concreto reforzado, para el diseño de columnas de concreto reforzado se utilizará el método de los esfuerzos admisibles.

El diseño de columnas de concreto reforzado se limitará a columnas cortas, en donde los efectos de esbeltez no provoquen una amplificación de momentos.

Uno de los objetivos que se persigue en este trabajo es el de diseñar una columna de concreto reforzado que sea capaz de tener un comportamiento satisfactorio estando sujeta a la acción conjunta de carga axial y momento flexionante en dos direcciones ortogonales.

En condiciones generales la carga axial  $P$ , y el momento flexionante  $M$ , varían en forma independiente. Una columna puede alcanzar su resistencia bajo innumerables combinaciones de carga axial y momento flexionante, que varían desde una carga máxima  $P_0$  y un momento flexionante nulo, hasta una carga axial nula y un momento flexionante  $M_0$

El lugar geométrico de las combinaciones de carga axial y momento flexionante con las que una columna puede alcanzar su resistencia se representa gráficamente mediante un Diagrama de Interacción, como se muestra en las figuras (6.1), (6.2) y (6.3).

El proceso general de diseño consistirá en proponer una sección transversal de concreto para la columna y obtener las áreas de acero correspondientes a unos porcentajes de acero que varían entre 1 % y 4.5 %, los que representan los límites mínimo y máximo de la cuantía de refuerzo necesario por flexión.

Posteriormente se calcularán las propiedades mecánicas de la sección y los esfuerzos actuantes en la misma (en función de los valores de P y M), para proceder a la construcción de la gráfica de interacción de la columna. A partir de esta gráfica se procederá a determinar las relaciones de interacción de la columna para obtener la cuantía de refuerzo necesario por flexión, a fin de garantizar un comportamiento satisfactorio bajo las combinaciones de carga establecidas.

En caso de que las relaciones de interacción de la columna sean mayores a las admisibles, se procederá a proponer una nueva sección transversal de concreto.

## 6.2 COMBINACIONES DE CARGA REQUERIDAS

Ya se había hecho mención del artículo 188 fracción II del reglamento de construcciones para el Distrito Federal, en donde se establece que las estructuras se deberán diseñar para resistir fuerzas gravitacionales (carga muerta + carga viva) y fuerzas sísmicas (carga accidental predominante).

El reglamento de construcciones para el Distrito Federal, en su sección de diseño por sismo, establece en el artículo 203 que " Las estructuras se analizarán bajo la acción de dos componentes horizontales ortogonales no simultáneos del movimiento del terreno".

Las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo, complementan la especificación del artículo 203 del reglamento, en la fracción 8.8 relativa a los efectos bidireccionales, en donde se establece que " Los efectos de ambos componentes horizontales del movimiento del terreno se combinarán tomando en cada dirección en que se analice la estructura, el 100 % de los efectos del componente que obra en esa dirección y el 30 % de los efectos del que obra perpendicularmente a ella, con los signos que para cada concepto resulten más desfavorables ".



### 6.3 OBTENCION DE LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE CARGA AXIAL Y MOMENTO FLEXIONANTE DE DISEÑO.

A partir de las combinaciones de carga que establecen el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo se obtienen las siguientes combinaciones de carga axial y momento flexionante :

- 1) - Carga axial gravitacional en el sentido X ( $P_x$ )
  - Momento flexionante gravitacional en el sentido X ( $M_y$ )
  - Carga axial gravitacional en el sentido Y ( $P_y$ )
  - Momento flexionante gravitacional en el sentido Y ( $M_x$ )
  
- 2) - Carga axial gravitacional en el sentido Y ( $P_y$ )
  - Momento flexionante gravitacional en el sentido Y ( $M_x$ )
  - Carga axial combinada en el sentido X ( $P_{xc}$ )
  - Momento flexionante combinado en el sentido X ( $M_{yc}$ )
  - Carga axial 30 % sismo en el sentido Y ( $P_{y...}$ )
  - Momento flexionante 30 % sismo en el sentido Y ( $M_{x...}$ )
  
- 3) - Carga axial gravitacional en el sentido X ( $P_x$ )
  - Momento flexionante gravitacional en el sentido X ( $M_y$ )
  - Carga axial combinada en el sentido Y ( $P_{yc}$ )
  - Momento flexionante combinado en el sentido Y ( $M_{xc}$ )
  - Carga axial 30 % sismo en el sentido X ( $P_{x...}$ )
  - Momento flexionante 30 % sismo en el sentido X ( $M_{y...}$ )

en donde :

X y Y .- Son dos ejes ortogonales de la estructura.

Carga axial y Momento flexionante combinados .- Son los valores de la carga axial y momento flexionante que resultaron más desfavorables en las combinaciones Carga Gravitacional + Fuerza Sísmica y Carga Gravitacional - Fuerza Sísmica, en cada una de los sentidos considerados.

#### 6.4 DETERMINACION DE LOS PUNTOS CARACTERISTICOS DE LA GRAFICA DE INTERACCION DE LA COLUMNA

Como se puede apreciar en las figuras (6.1), (6.2) y (6.3) existen 4 puntos que definen la gráfica de interacción de una columna. Estos puntos son :

- $M_0$  representa la carga axial máxima que resiste la columna cuando el momento flexionante es nulo.
- $M_a$  es la máxima carga axial que se permite aplicar a una columna.

- $M_o$  es el momento flexionante máximo que puede resistir una columna cuando la carga axial es nula
- $M_b$  representa al momento flexionante máximo que puede resistir una columna. Se obtiene este valor cuando la carga axial tiene un valor igual a  $M_b$ .

Las fórmulas necesarias para obtener el valor de los puntos característicos de la gráfica de interacción de una columna son :

$$N_o = A_g F_a \quad (6.4.1)$$

$$N_a = 0.85 A_g [ 0.25 F'_c + 0.4 F_y p_g ] \quad (6.4.2)$$

$$M_o = 0.4 F_y A_{st} [ d - d' ] \quad (6.4.3)$$

$$M_b = N_b e_b \quad (6.4.4)$$

$$N_b = \frac{1}{\frac{1}{A_g F_a} + \frac{e_b}{F_b S}} \quad (6.4.5)$$

$$A_g = b h \quad (6.4.6)$$

$$F_a = 0.34 [ 1 + p_g m ] F'_c \quad (6.4.7)$$

$$p_g = \frac{A_s}{A_g} \quad (6.4.8)$$

$$m = \frac{F_y}{0.85 F'_c} \quad (6.4.9)$$

$F_y$  es el esfuerzo de fluencia del acero

$F'_c$  es el esfuerzo de fluencia del concreto

$A_s$  es el área total de acero

$A_{st}$  es el área de acero que trabaja en flexión en cada una de los sentidos considerados.

$b$  es la base de la sección transversal de concreto.

$h$  es el peralte de la sección transversal de concreto.

$d$  es el peralte efectivo de la sección transversal de concreto.

$d'$  es el recubrimiento de la sección.

$$e_b = [ 0.67 p_g m + 0.17 ] d \quad (6.4.10)$$

$$F_b = 0.45 F'c \quad (6.4.11)$$

$$S = \frac{2 I_t}{h} \quad (6.4.12)$$

$$I_t = I_c + I_a \quad (6.4.13)$$

$$I_c = \frac{b h^3}{12} \quad (6.4.14)$$

$$I_a = A_s \left[ 2 n - 1 \right] \left[ \frac{d - d'}{2} \right]^2 \quad (6.4.15)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (6.4.16)$$

$$E_s = 2.04 \times 10^6 \quad (6.4.17)$$

$$E_c = c \sqrt{F'c} \quad (6.4.18)$$

$c = 14000$  para concretos classe 1

$c = 8000$  para concretos classe 2

### 6.5 DETERMINACION DE LAS RELACIONES DE INTERACCION DE LA COLUMNA

Con base en las diferentes combinaciones de carga axial y momento flexionante indicadas en el inciso 6.3, se obtienen los siguientes valores de P y M para las tres combinaciones de carga :

$$P(1) = P_x + P_y \quad (6.5.1)$$

$$P(2) = P_y + P_{xc} + P_{y...} \quad (6.5.2)$$

$$P(3) = P_x + P_{yc} + P_{x...} \quad (6.5.3)$$

Para efectuar las relaciones de interacción primeramente se deben calcular los momentos resistentes en ambas direcciones, en función de las cargas axiales combinadas.

En función de la forma de la gráfica de interacción, se tienen dos intervalos. el primero va desde  $(M_o, 0)$  hasta  $(M_b, N_b)$  ; el segundo va desde  $(M_b, N_b)$  hasta  $(0, N_o)$ .

Las expresiones que nos permiten calcular los momentos resistentes son las siguientes :

$$\text{si } P(i) < N_b \quad i = 1 \dots 3$$

$$MR(i) = \frac{P(i) [ M_b - M_o ]}{N_b} + M_o \quad (6.5.4)$$

$$\text{si } P(i) > N_b \quad i = 1 \dots 3$$

$$MR(i) = M_b \frac{N_o - P(i)}{N_o - N_b} \quad (6.5.5)$$

Finalmente las relaciones de interacción de la columna se calcularán con las siguientes fórmulas :

$$INT(1) = \frac{M_y}{MR(1)y} + \frac{M_x}{MR(1)x} \quad (6.5.6)$$

$$INT(2) = \frac{M_x + M_{x\dots}}{MR(2)x} + \frac{M_{yc}}{MR(2)y} \quad (6.5.7)$$

$$\text{INT}(3) = \frac{M_y + M_{y..}}{MR(3)_y} + \frac{M_{xc}}{MR(3)_x} \quad (6.5.7)$$

donde :

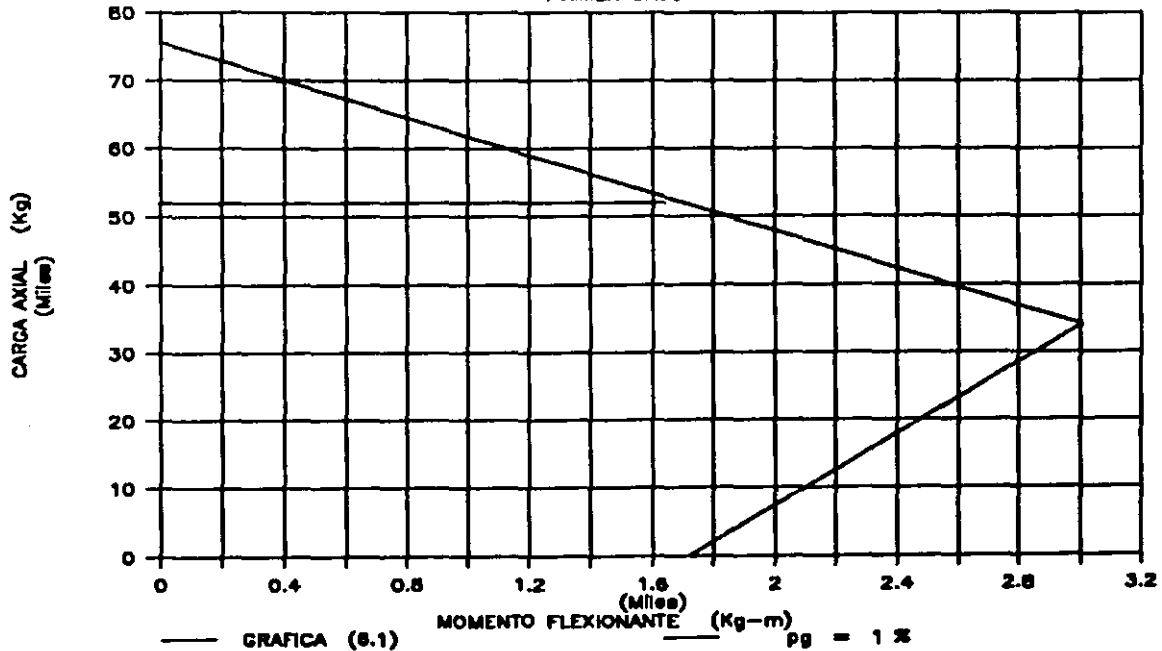
$\text{INT}(1) \leq 1.00$  por tratarse de una combinación con carga gravitacional únicamente.

$\text{INT}(2) \cdot \text{INT}(3) \leq 1.33$  por incluir combinaciones con cargas accidentales.



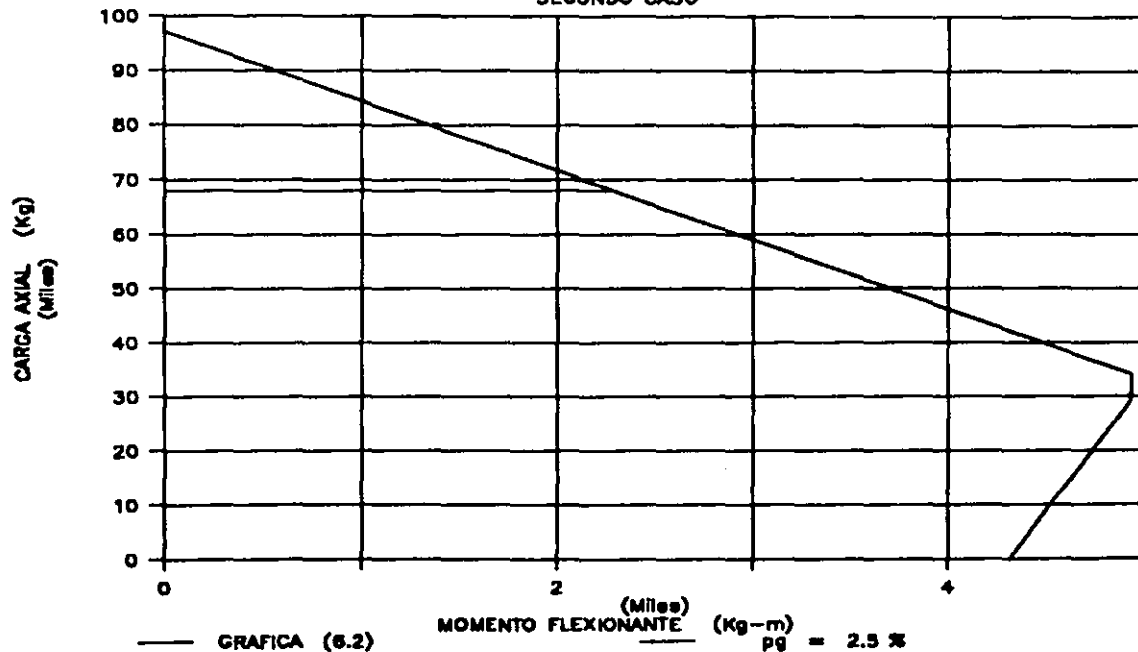
# DIAGRAMAS DE INTERACCION

## PRIMER CASO



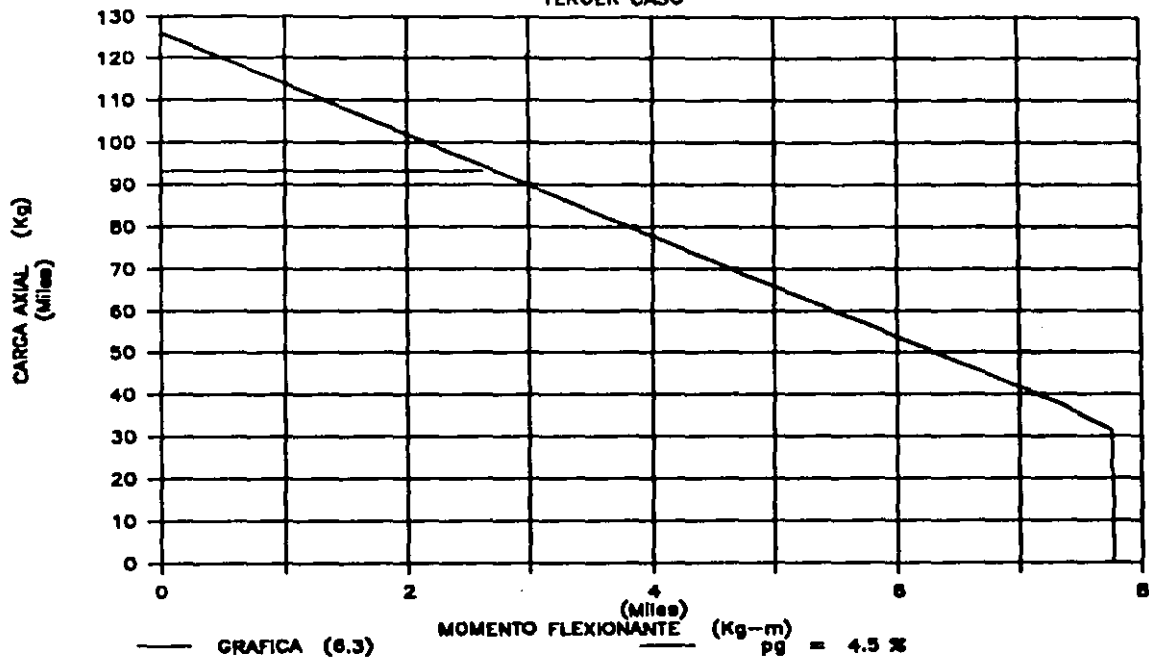
# DIAGRAMAS DE INTERACCION

## SEGUNDO CASO



# DIAGRAMAS DE INTERACCION

TERCER CASO



**C A P I T U L O   V I I****P R O G R A M A S   D E   C O M P U T A D O R A****S U M A R I O :**

- 1.- PROGRAMA " MENU "
- 2.- PROGRAMA " ENTRADA "
- 3.- PROGRAMA " LISTADO "
- 4.- PROGRAMA " CORREC "
- 5.- PROGRAMA " EJECUCIO "
- 6.- PROGRAMA " DISTRAB "
- 7.- PROGRAMA " DISCOL "

## CAPITULO VII

## PROGRAMAS DE COMPUTADORA

## 7.1 PROGRAMA " MENU "

El presente programa tiene la finalidad de proporcionar al usuario las diferentes opciones de actividades a realizar como son :

- Entrada de datos generales
- Listado de datos
- Corrección de datos
- Ejecución del marco
- Diseño de trabes
- Diseño de columnas

A continuación se presenta el listado del programa principal.

```

10 REM MENU PRINCIPAL
20 CLEAR : CLS
30 COLOR 7,0,1
40 PRINT SPC(12);"*** ANALISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO ***"
50 PRINT : PRINT
60 PRINT " ***** MENU ***** "
70 PRINT : PRINT
80 PRINT "1.- ENTRADA DE DATOS : "
90 PRINT
100 PRINT "2.- LISTADO DE DATOS : "
110 PRINT
120 PRINT "3.- CORRECCION DE DATOS : "
130 PRINT

```

```
140 PRINT "4.- EJECUCION DE MARCO : "  
150 PRINT  
160 PRINT "5.- DISEÑO DE TRABES : "  
170 PRINT  
180 PRINT "6.- DISEÑO DE COLUMNAS : "  
190 PRINT  
200 PRINT "7.- FIN DEL PROCESO : "  
210 PRINT  
220 PRINT " TECLEA TU OPCION : ";  
230 OP$ = INKEY$  
240 IF OP$ = "" THEN 250  
250 OP = VAL(OP$)  
260 IF OP < 1 OR OP > 8 THEN 10  
270 PRINT " <" ; OP ; ">"  
280 ON OP GOTO 290,300,310,320,330,340,350  
290 CHAIN "C:ENTRADA"  
300 CHAIN "C:LISTADO"  
310 CHAIN "C:CORREC"  
320 CHAIN "C:EJECUCIO"  
330 CHAIN "C:DISTRAB"  
340 CHAIN "C:DISCOL"  
350 SYSTEM  
360 END
```

## 7.2 PROGRAMA " ENTRADA "

Este programa permite introducir los datos generales del marco para posteriormente grabarlos en un archivo; la extensión que identifica a un archivo de datos generales es ".DG" (ARCHIVO.DG). Estos datos incluyen la geometría del marco y las diferentes condiciones de carga actuantes.

Es necesario primeramente dibujar el marco, realizando la numeración de los nudos y de las barras, e identificando los diferentes tipos de barras que contiene, según su longitud, ángulo y sección transversal. También es necesario señalar los tipos de apoyos que se presentan en él.

Los valores que se necesitan introducir son :

- Nombre del marco (útil para su identificación).
- Nombre del archivo. Nombre con el cual será almacenado el marco dentro del diskette.
- Módulo de elasticidad (E) del material componente de las barras ( $\text{Kg/cm}^2$ ).
- Módulo de cortante (G) del material componente de las barras ( $\text{Kg/cm}^2$ ).
- Número de barras.
- Número de nudos.
- Número de nudos con restricciones (apoyos).
- Número de tipos de barras.

- Número de condiciones de carga.
- Nudos restringidos y especificación de restricción.
- Tipos de barras.
  - Longitud (cm).
  - Angulo con respecto al sistema de referencia global ( $^{\circ}$ ).
  - Area axial de la sección transversal ( $\text{cm}^2$ ).
  - Area de corte de la sección transversal ( $\text{cm}^2$ ).
  - Inercia de la sección transversal ( $\text{cm}^4$ ).
- Conectividad de las barras en la estructura (incidencia).
- Condiciones de carga; especificando tipo de carga (uniformemente repartida y/o concentrada), y barras cargadas.

El programa después de haber grabado los datos de la geometría del marco y las condiciones de carga, calculará el vector de fuerzas de la estructura (en referencia global), realizará el ensamble y lo grabará en un archivo con extensión ".Ci ", donde i representa el número de condición de carga correspondiente.

El listado del programa para la entrada de la geometría, disposición de las barras y condiciones de carga es el siguiente :

```
10 REM ENTRADA DE GEOMETRIA Y CONDICIONES DE CARGA
20 CLEAR : CLS
```



```

30 PRINT SPC(20);"*** ENTRADA DE DATOS GENERALES ***"
40 PRINT : PRINT
50 PRINT "TITULO           :"
60 PRINT
70 PRINT "ARCHIVO           :"
80 PRINT
90 PRINT "MODULO DE ELASTICIDAD  :"
100 PRINT
110 PRINT "MODULO DE RIGIDEZ (G)  :"
120 PRINT
130 PRINT "# DE BARRAS           :"
140 PRINT
150 PRINT "# DE NUDOS             :"
160 PRINT
170 PRINT "# DE APOYOS            :"
180 PRINT
190 PRINT "# DE TIPOS DE BARRAS    :"
200 PRINT
210 PRINT "# DE COND. DE CARGA     :"
220 PRINT
230 PRINT "DATOS CORRECTOS (S)    :"
240 PRINT
250 LOCATE 4,26 : INPUT T$
260 LOCATE 6,26 : INPUT AR$
270 LOCATE 8,26 : INPUT E
280 LOCATE 10,26 : INPUT G
290 LOCATE 12,26 : INPUT NB
300 LOCATE 14,26 : INPUT NN
310 LOCATE 16,26 : INPUT NA
320 LOCATE 18,26 : INPUT BT
330 LOCATE 20,26 : INPUT CC
340 LOCATE 22,26 : INPUT Z$
350 IF Z$ = "N" THEN 250
360 REM ENTRADA DE DATOS DE APOYOS
370 DIM AP(NA,4)
380 CLS
390 PRINT SPC(10);"*** ENTRADA DE TIPOS DE APOYOS ***"
400 PRINT : PRINT
410 PRINT SPC(5);"RESTRICCIONES : S = RESTRINGIDO
N = LIBRE"
420 PRINT : PRINT
430 PRINT "NUDO", "DESP. X", "DESP. Y", "DESP. Z"
440 PRINT
450 FOR I = 1 TO NA
460 LOCATE 8+I,1 : INPUT NUDO : AP(I,1) = NUDO
470 LOCATE 8+I,17 : INPUT RX$ : IF RX$ = "S" THEN RX = 1 :
AP(I,2) = RX
480 LOCATE 8+I,31 : INPUT RY$ : IF RY$ = "S" THEN RY = 1 :
AP(I,3) = RY
490 LOCATE 8+I,45 : INPUT RZ$ : IF RZ$ = "S" THEN RZ = 1 :
AP(I,4) = RZ
500 NEXT I
510 PRINT : PRINT
520 INPUT "DATOS CORRECTOS (S) :";Z$

```

```

530 IF X$ = "N" THEN 380
540 REM ENTRADA DE TIPOS DE BARRAS
550 DIM BARRAS(BT,5)
560 FOR I = 1 TO BT
570 CLS
580 PRINT SPC(25);"*** TIPOS DE BARRAS ***"
590 PRINT : PRINT
600 PRINT "BARRA TIPO ";I
610 PRINT
620 PRINT "LONGITUD   : "
630 PRINT
640 PRINT "ANGULO       : "
650 PRINT
660 PRINT "AREA AXIAL  : "
670 PRINT
680 PRINT "AREA CORTE  : "
690 PRINT
700 PRINT "INERCIA     : "
710 PRINT : PRINT
720 PRINT "DATOS CORRECTOS (S) : "
730 PRINT
740 LOCATE 6,14 : INPUT BARRAS(I,1)
750 LOCATE 8,14 : INPUT BARRAS(I,2)
760 LOCATE 10,14 : INPUT BARRAS(I,3)
770 LOCATE 12,14 : INPUT BARRAS(I,4)
780 LOCATE 14,14 : INPUT BARRAS(I,5)
790 LOCATE 17,24 : INPUT S$
800 IF S$ = "N" THEN 740
810 NEXT I
820 REM ENTRADA DE INCIDENCIAS EN BARRAS
830 DIM INCIDEN(NB,3)
840 IN = 1 : AB = 0
850 CLS
860 PRINT SPC(23);"*** INCIDENCIA DE BARRAS ***"
870 PRINT : PRINT
880 PRINT "BARRA INICIAL :"; : PRINT IN
890 PRINT
900 PRINT "BARRA FINAL   :"; : INPUT FIM
910 PRINT
920 PRINT "TIPO DE BARRA  :"; : INPUT TIPO
930 IF FIM > NB THEN BEEP : PRINT "# BARRAS = ";NB :
INPUT "# DE BARRAS ";NB : GOTO 850
940 IF FIM < IN THEN BEEP : PRINT FIM;"< ";IN : GOTO 850
950 IF TIPO > BT THEN BEEP : PRINT "# BARRAS TIPO = ";BT :
INPUT "# DE BARRAS TIPO ";BT : GOTO 850
960 PRINT
970 IF (FIM = 0 OR TIPO = 0) THEN BEEP : GOTO 850
980 PRINT "MUDO I :"; : INPUT NI
990 IF NI < 1 THEN BEEP : GOTO 980
1000 PRINT
1010 PRINT "MUDO J :"; : INPUT NJ
1020 IF NJ < 1 THEN BEEP : GOTO 1010
1030 PRINT
1040 IF (FIM - IN) = 0 THEN 1070

```

```

1050 PRINT "INCREMENTO :"; : INPUT DELTA
1060 IF DELTA < 1 THEN BEEP : GOTO 1050
1070 IF NJ > NN THEN BEEP : PRINT "NN = ";NN :
INPUT "% DE NUDOS ";NN : GOTO 980
1080 IF (NJ+DELTA*(FIN-IN))> NN THEN BEEP :
PRINT "NN = ";NN : INPUT "% DE NUDOS ";NN : GOTO 1050
1090 PRINT : PRINT
1100 PRINT "DATOS CORRECTOS (S) "; : INPUT ES
1110 IF ES = "N" THEN 850
1120 IF AB < (NJ-NI) THEN AB = NJ-NI
1130 FOR I = IN TO FIN
1140 INCIDEM(I,1) = NI
1150 INCIDEM(I,2) = NJ
1160 INCIDEM(I,3) = TIPO
1170 NI = NI + DELTA
1180 NJ = NJ + DELTA
1190 NEXT I
1200 IN = FIN + 1
1210 IF IN <= NB THEN 850
1220 REM CREACION DEL VECTOR DE DESPLAZAMIENTO
1230 DIM DES(MM,3)
1240 FOR I = 1 TO MA
1250 NUDO = AP(I,1)
1260 FOR J = 1 TO 3
1270 DES(NUDO,J) = AP(I,J+1)
1280 NEXT J
1290 NEXT I
1300 REM REMUNERACION DE INDICADOR DE DESPLAZAMIENTO
1310 GDL = 0
1320 FOR I = 1 TO MM
1330 FOR J = 1 TO 3
1340 IF DES(I,J) = 1 THEN DES(I,J) = 0 : GOTO 1370
1350 GDL = GDL + 1
1360 DES(I,J) = GDL
1370 NEXT J
1380 NEXT I
1390 REM CREACION DEL VECTOR INDICADOR DE ENSAMBLE
1400 DIM EN(MB,8)
1410 FOR I = 1 TO MB
1420 FOR J = 1 TO 3
1430 EN(I,J) = (DES(INCIDEM(I,1),J))
1440 NEXT J
1450 IF (EN(I,1) + EN(I,2)) = 0 AND EN(I,3) < > 0 THEN
EN(I,7) = 1
1460 FOR J = 4 TO 6
1470 EN(I,J) = (DES(INCIDEM(I,2),J-3))
1480 NEXT J
1490 IF (EN(I,4) + EN(I,5)) = 0 AND EN(I,6) < > 0 THEN
EN(I,8) = 1
1500 NEXT I
1510 REM GRABAR DATOS GENERALES
1520 AB = (AB + 1) * 3
1530 IF AB > GDL THEN AB = GDL
1540 ARS$ = "C:" + AR$ + ".DG"

```

```

1550 OPEN "R", #1, ARD$, 35
1560 FIELD #1,21 AS TTS,7 AS ES,7 AS GS
1570 LSET TTS = TS
1580 LSET ES = MKS$(E)
1590 LSET GS = MKS$(G)
1600 PUT #1,1
1610 FIELD #1,3 AS NBS,3 AS NNS,3 AS NAS,3 AS BTS,3 AS CCS,
3 AS ABS,3 AS GDL$
1620 LSET NBS = MKIS(NB)
1630 LSET NNS = MKIS(NN)
1640 LSET NAS = MKIS(NA)
1650 LSET BTS = MKIS(BT)
1660 LSET CCS = MKIS(CC)
1670 LSET ABS = MKIS(AB)
1680 LSET GDL$ = MKIS(GDL)
1690 PUT #1,2
1700 REM TIPOS DE BARRAS
1710 FIELD #1,7 AS LS,7 AS ANG$,7 AS AAS,7 AS ACS,7 AS IS
1720 XX = 3
1730 FOR I = 1 TO BT
1740 LSET LS = MKS$(BARRAS(I,1))
1750 LSET ANG$ = MKS$(BARRAS(I,2))
1760 LSET AAS = MKS$(BARRAS(I,3))
1770 LSET ACS = MKS$(BARRAS(I,4))
1780 LSET IS = MKS$(BARRAS(I,5))
1790 PUT #1,XX
1800 XX = XX + 1
1810 NEXT I
1820 REM APOYOS
1830 FIELD #1,3 AS NUDOS,3 AS RX$,3 AS RY$,3 AS RZ$
1840 FOR I = 1 TO NA
1850 LSET NUDOS = MKIS(AP(I,1))
1860 LSET RX$ = MKIS(AP(I,2))
1870 LSET RY$ = MKIS(AP(I,3))
1880 LSET RZ$ = MKIS(AP(I,4))
1890 PUT #1,XX
1900 XX = XX + 1
1910 NEXT I
1920 REM INCIDENCIA Y ENSAMBLE
1930 FIELD #1,3 AS NIS,3 AS NJS,3 AS TIPOS,3 AS P1$,3 AS P2$
3 AS P3$,3 AS P4$,3 AS P5$,3 AS P6$,3 AS ARI$,3 AS ARJ$
1940 FOR I = 1 TO NB
1950 LSET NIS = MKIS(INCIDEN(I,1))
1960 LSET NJS = MKIS(INCIDEN(I,2))
1970 LSET TIPOS = MKIS(INCIDEN(I,3))
1980 LSET P1$ = MKIS(EN(I,1))
1990 LSET P2$ = MKIS(EN(I,2))
2000 LSET P3$ = MKIS(EN(I,3))
2010 LSET P4$ = MKIS(EN(I,4))
2020 LSET P5$ = MKIS(EN(I,5))
2030 LSET P6$ = MKIS(EN(I,6))
2040 LSET ARI$ = MKIS(EN(I,7))
2050 LSET ARJ$ = MKIS(EN(I,8))
2060 PUT #1, XX

```

```

2070 XX = XX + 1
2080 NEXT I
2090 CLOSE #1
2100 DIM BAR(CARGAS,21),FO(NB,9),FE(NUDOS,4),F(GDL)
2110 FOR I = 1 TO CC
2120 CLS
2130 PRINT SPC(20);"*** CONDICIONES DE CARGA ***"
2140 PRINT : PRINT
2150 PRINT SPC(18);"*** CONDICION DE CARGA # ";I;" ***"
2160 PRINT : PRINT
2170 INPUT "TIPO DE CONDICION ";TC$
2180 IF I = 1 THEN 2230
2190 PRINT
2200 INPUT "QUIERES COPIAR DATOS DE OTRA CONDICION (N) ";
CONS
2210 PRINT
2220 IF CONS = "S" THEN INPUT "NUMERO DE CONDICION FUENTE";
CON : GOSUB 4520
2230 CLS
2240 PRINT SPC(25);"*** TIPOS DE CARGAS ***"
2250 PRINT : PRINT
2260 PRINT "1.- CARGAS EN BARRAS "
2270 PRINT "2.- CARGAS EN NUDOS "
2280 PRINT "3.- GRABAR Y ENSAMBLAR "
2290 PRINT
2300 PRINT "ELIGE LA OPCION ";
2310 OP$ = INKEY$
2320 IF OP$ = "" THEN 2310
2330 OP = VAL(OP$)
2340 PRINT " <";OP;" >"
2350 IF OP < 1 OR OP > 3 THEN 2230
2360 ON OP GOSUB 2390,2850,3080
2370 IF OP = 3 THEN 5110
2380 GOTO 2230
2390 REM CARGAS EN BARRAS
2400 ERASE BAR : BAR$ = "S"
2410 PRINT
2420 INPUT "NUMERO DE CARGAS ";CARGAS
2430 DIM BAR(CARGAS,21)
2440 FOR J = 1 TO CARGAS
2450 CLS
2460 PRINT SPC(20);"*** CONDICION DE CARGA # ";I;" ***"
2470 PRINT SPC(23);"*** CARGA TIPO # ";J;" ***"
2480 PRINT : PRINT
2490 INPUT "W = ";BAR(J,1)
2500 PRINT
2510 INPUT "# CARGAS CONCENTRADAS ";BAR(J,2)
2520 PRINT
2530 IF BAR(J,2) > 4 THEN BEEP :PRINT "MAXIMAS CARGAS
CONCENTRADAS = 4 " : GOTO 2510
2540 FOR K = 1 TO BAR(J,2)
2550 PRINT "P("K") = "; : INPUT BAR(J,2*K+1) : PRINT "X("K")
= "; : INPUT BAR(J,2*K+2)
2560 PRINT

```

```

2570 NEXT K
2580 PRINT
2590 INPUT "DATOS CORRECTOS (S) ";Z$
2600 IF Z$ = "N" THEN 2450
2610 CLS
2620 PRINT SPC(24);"*** INCIDENCIA DE CARGAS ***"
2630 PRINT : PRINT
2640 A = 0
2650 INPUT "BARRA INICIAL ";BAR(J,13+A)
2660 INPUT "BARRA FINAL ";BAR(J,14+A)
2670 IF (BAR(J,14+A) - BAR(J,13+A)) < 0 THEN BEEP :
PRINT "J < I " : GOTO 2650
2680 IF BAR(J,13+A) < 1 THEN BEEP : PRINT "NO EXISTE LA
BARRA" : GOTO 2650
2690 IF BAR(J,14+A) > NB THEN BEEP : PRINT "NO EXISTE LA
BARRA" : GOTO 2650
2700 IF (BAR(J,14+A) - BAR(J,13+A)) = 0 THEN BAR(J,15+A) = 1
: GOTO 2750
2710 IF (BAR(J,14+A) - BAR(J,13+A)) = 1 THEN BAR(J,15+A) = 1
: GOTO 2750
2720 INPUT "INCREMENTO ";BAR(J,15+A) : IF BAR(J,15+A) < 1
THEN BEEP: GOTO 2720
2730 B = (BAR(J,14+A) - BAR(J,13+A)) / BAR(J,15+A)
2740 IF B <> INT(B) THEN BEEP: GOTO 2650
2750 PRINT
2760 INPUT "DATOS CORRECTOS (S) ";Z$
2770 IF Z$ = "N" THEN 2650
2780 IF A > 3 THEN 2830
2790 PRINT
2800 INPUT "TIENES MAS BARRAS (N) ";Z$
2810 PRINT
2820 IF Z$ = "S" THEN A = A+3 : GOTO 2650
2830 NEXT J
2840 RETURN
2850 REM CARGAS EN NUDOS
2860 ERASE FE
2870 PRINT
2880 INPUT "# NUDOS CARGADOS ";NUDOS
2890 DIM FE(NUDOS,4)
2900 FOR J = 1 TO NUDOS
2910 CLS
2920 PRINT SPC(25);"*** CARGAS EN NUDOS ***"
2930 PRINT : PRINT
2940 PRINT "NUDO : "
2950 PRINT "FX : -"
2960 PRINT "FY : -"
2970 PRINT "MZ : -"
2980 PRINT : PRINT
2990 PRINT "DATOS CORRECTOS (S) "
3000 LOCATE 4,8 : INPUT FE(J,1) : IF FE(J,1) < 1 OR FE(J,1)
> NN THEN BEEP : GOTO 3000
3010 LOCATE 5,8 : INPUT FE(J,2)
3020 LOCATE 6,8 : INPUT FE(J,3)
3030 LOCATE 7,8 : INPUT FE(J,4)

```

```

3040 LOCATE 10,22 : INPUT Z5
3050 IF Z5 = "N" THEN 3000
3060 NEXT J
3070 RETURN
3080 REM FUERZAS DE FIJACION
3090 IF CONS = "S" AND BAR5 = "" THEN 3280
3100 ERASE FO
3110 DIM FO(NB,9)
3120 FOR J = 1 TO CARGAS
3130 S = BAR(J,15)
3140 FOR K = BAR(J,13) TO BAR(J,14) STEP S
3150 FO(K,7) = J
3160 NEXT K
3170 IF BAR(J,16) = 0 THEN 3270
3180 S = BAR(J,18)
3190 FOR K = BAR(J,16) TO BAR(J,17) STEP S
3200 FO(K,7) = J
3210 NEXT K
3220 IF BAR(J,19) = 0 THEN 3270
3230 S = BAR(J,21)
3240 FOR K = BAR(J,19) TO BAR(J,20) STEP S
3250 FO(K,7) = J
3260 NEXT K
3270 NEXT J
3280 NBC = 0
3290 FOR J = 1 TO NB
3300 IF FO(J,7) = 0 THEN 3350
3310 T = INCIDEN(J,3)
3320 FO(J,8) = BARRAS(T,1)
3330 FO(J,9) = BARRAS(T,2)
3340 NBC = NBC + 1
3350 NEXT J
3360 FOR J = 1 TO NB
3370 IF FO(J,7) = 0 THEN 3520
3380 T = FO(J,7) : L = FO(J,8)
3390 FO(J,1) = 0 : FO(J,4) = 0
3400 FO(J,2) = BAR(T,1) * L / 2 : FO(J,5) = FO(J,2)
3410 FO(J,3) = BAR(T,1) * (L^2) / 12 : FO(J,6) = - FO(J,3)
3420 IF BAR(T,2) = 0 THEN 3520
3430 P = 3
3440 FOR K = 1 TO BAR(T,2)
3450 DR = BAR(T,P) * (L - BAR(T,P+1)) / L
3460 FO(J,2) = FO(J,2) + DR : FO(J,5) = FO(J,5) +
(BAR(T,P) - DR)
3470 M1 = BAR(T,P) * BAR(T,P+1) * (L - BAR(T,P+1))^2 / (L^2)
3480 M2 = BAR(T,P) * (L - BAR(T,P+1)) * BAR(T,P+1)^2 / (L^2)
3490 FO(J,3) = FO(J,3) + M1 : FO(J,6) = FO(J,6) - M2
3500 P = P + 2
3510 NEXT K
3520 NEXT J
3530 REM VECTOR DE FIJACION EN FORMA GLOBAL Y ENSAMBLE
3540 ERASE F
3550 DIM F(GDL)
3560 FOR J = 1 TO NB

```

```

3570 IF FO(J,7) = 0 THEN 3660
3580 C = COS(FO(J,9))*3.141592654#/180)
3590 S = SIN(FO(J,9))*3.141592654#/180)
3600 F(EN(J,1)) = F(EN(J,1)) + (C*FO(J,1) - S*FO(J,2))
3610 F(EN(J,2)) = F(EN(J,2)) - (S*FO(J,1) + C*FO(J,2))
3620 F(EN(J,3)) = F(EN(J,3)) - FO(J,3)
3630 F(EN(J,4)) = F(EN(J,4)) + (C*FO(J,4) - S*FO(J,5))
3640 F(EN(J,5)) = F(EN(J,5)) - (S*FO(J,4) + C*FO(J,5))
3650 F(EN(J,6)) = F(EN(J,6)) - FO(J,6)
3660 NEXT J
3670 REM ENSAMBLE DE FUERZAS EXTERNAS
3680 FOR K = 1 TO NUDOS
3690 F(DES(FE(K,1),1)) = F(DES(FE(K,1),1)) + FE(K,2)
3700 F(DES(FE(K,1),2)) = F(DES(FE(K,1),2)) + FE(K,3)
3710 F(DES(FE(K,1),3)) = F(DES(FE(K,1),3)) + FE(K,4)
3720 NEXT K
3730 REM GRABANDO VECTOR DE FUERZAS
3740 CS = RIGHTS(STRS(1),1)
3750 ARCS = "C:" + ARS + ".C" + CS
3760 OPEN "R", #1, ARCS, 13
3770 XX = 1
3780 FIELD #1,13 AS TCC$
3790 LSET TCC$ = TCS
3800 PUT #1,XX
3810 XX = XX + 1
3820 FIELD #1,13 AS FGS
3830 FOR J = 1 TO GDJ
3840 LSET FGS = MKS$(F(J))
3850 PUT #1,XX
3860 XX = XX + 1
3870 NEXT J
3880 REM GRABANDO VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION
3890 LSET FGS = MKS$(NBC)
3900 PUT #1,XX
3910 XX = XX + 1
3920 FIELD #1, 13 AS FFO$
3930 FOR J = 1 TO NB
3940 IF FO(J,7) = 0 THEN 4100
3950 LSET FFO$ = MKS$(J)
3960 PUT #1,XX
3970 XX = XX + 1
3980 LSET FFO$ = MKS$(FO(J,2))
3990 PUT #1,XX
4000 XX = XX + 1
4010 LSET FFO$ = MKS$(FO(J,3))
4020 PUT #1,XX
4030 XX = XX + 1
4040 LSET FFO$ = MKS$(FO(J,5))
4050 PUT #1,XX
4060 XX = XX + 1
4070 LSET FFO$ = MKS$(FO(J,6))
4080 PUT #1,XX
4090 XX = XX + 1
4100 NEXT J

```



```

4110 REM CARGAS EN LAS BARRAS
4120 FIELD #1,5 AS CAR$
4130 LSET CAR$ = MKS$(CARGAS)
4140 PUT #1,XX
4150 XX = XX + 1
4160 FOR J = 1 TO CARGAS
4170 FIELD #1,8 AS W$,5 AS NP$
4180 LSET W$ = MKS$(BAR(J,1))
4190 LSET NP$ = MKS$(BAR(J,2))
4200 PUT #1,XX
4210 XX = XX + 1
4220 FIELD #1,8 AS P$,5 AS X$
4230 FOR K = 1 TO BAR(J,2)
4240 LSET P$ = MKS$(BAR(J,2*K+1))
4250 LSET X$ = MKS$(BAR(J,2*K+2))
4260 PUT #1,XX
4270 XX = XX + 1
4280 NEXT K
4290 NEXT J
4300 REM CARGAS EN LOS NUDOS
4310 FIELD #1,5 AS NUD$
4320 LSET NUD$ = MKS$(NUDOS)
4330 PUT #1,XX
4340 XX = XX + 1
4350 FIELD #1,13 AS N$
4360 FOR J = 1 TO NUDOS
4370 FOR K = 1 TO 4
4380 LSET N$ = MKS$(FE(J,K))
4390 PUT #1,XX
4400 XX = XX + 1
4410 NEXT K
4420 NEXT J
4430 REM INCIDENCIA DE TIPOS DE CARGAS
4440 FIELD #1,13 AS TIPS
4450 FOR J = 1 TO NB
4460 LSET TIPS = MKS$(FO(J,7))
4470 PUT #1,XX
4480 XX = XX + 1
4490 NEXT J
4500 CLOSE #1
4510 RETURN
4520 REM COPIA DE DATOS DE OTRA CONDICION DE CARGA
4530 C$ = RIGHTS$(STR$(COM),1)
4540 ARC$ = "C:" + AR$ + ".C" + C$
4550 OPEN "R",#1, ARC$, 13
4560 XX = 2 + GDL
4570 FIELD #1, 13 AS NBC$
4580 GET #1,XX
4590 NBC = CVS(NBC$)
4600 XX = 3 + GDL + (5 * NBC)
4610 FIELD #1, 5 AS CAR$
4620 GET #1,XX
4630 CARGAS = CVS(CAR$)
4640 XX = XX + 1

```

```
4650 IF CARGAS = 0 THEN 4830
4660 ERASE BAR : BAR$ = ""
4670 DIM BAR(CARGAS,21)
4680 FOR J = 1 TO CARGAS
4690 FIELD #1, 8 AS W$, 5 AS NPS
4700 GET #1,XX
4710 BAR(J,1) = CVS(W$)
4720 BAR(J,2) = CVS(NP$)
4730 XX = XX + 1
4740 IF BAR(J,2) = 0 THEN 4820
4750 FIELD #1, 8 AS P$, 5 AS X$
4760 FOR K = 1 TO BAR(J,2)
4770 GET #1,XX
4780 BAR(J,2*K+1) = CVS(P$)
4790 BAR(J,2*K+2) = CVS(X$)
4800 XX = XX + 1
4810 NEXT K
4820 NEXT J
4830 REM CARGAS EN LOS NUDOS
4840 FIELD #1, 5 AS NUD$
4850 GET #1,XX
4860 NUDOS = CVS(NUD$)
4870 XX = XX + 1
4880 IF NUDOS = 0 THEN 4990
4890 ERASE FE
4900 DIM FE(NUDOS,4)
4910 FIELD #1, 13 AS N$
4920 FOR J = 1 TO NUDOS
4930 FOR K = 1 TO 4
4940 GET #1,XX
4950 FE(J,K) = CVS(N$)
4960 XX = XX + 1
4970 NEXT K
4980 NEXT J
4990 REM INCIDENCIA DE TIPOS DE CARGAS
5000 IF CARGAS = 0 THEN 5090
5010 ERASE FO
5020 DIM FO(NB,9)
5030 FIELD #1, 13 AS TIP$
5040 FOR J = 1 TO NB
5050 GET #1,XX
5060 FO(J,7) = CVS(TIP$)
5070 XX = XX + 1
5080 NEXT J
5090 CLOSE #1
5100 RETURN
5110 NEXT I
5120 CLS : BEEP
5130 LOCATE 1,12 : INPUT "QUIERES EJECUTAR NUEVAMENTE
ENTRADA DE DATOS (N) ";OP$
5140 IF OP$ = "S" THEN 10
5150 CHAIN "C:MENU"
5160 END
```

### 7.3 PROGRAMA " LISTADO "

Mediante este programa el usuario puede obtener un desplegado en papel de los datos generales del marco.

Con este desplegado de datos el usuario puede revisar la geometría de las barras y su conectividad, los nudos restringidos y las condiciones de cargas definidas, para detectar algún error o comprobar la exactitud de los datos almacenados.

El programa de listado de datos cuenta con la opción de imprimir los datos generales del marco y las diferentes condiciones de carga; o únicamente las condiciones de carga, para que en caso de haber revisado los datos generales y comprobado su exactitud anteriormente, ya no sea necesario volver a imprimirlos cuando se modifiquen o incrementen las condiciones de carga.

El programa para realizar el listado de los datos generales y las condiciones de carga es el siguiente :

```

10 REM LISTADO DE DATOS
20 CLEAR : CLS
30 PRINT SPC(12);"*** LISTADO DE GEOMETRIA Y CONDICIONES DE
CARGA ***"
40 PRINT : PRINT
50 INPUT "ARCHIVO :";AR$
60 ARD$ = "C:" + AR$ + ".DG"
70 OPEN "R", #1 , ARD$, 35
80 FIELD #1, 21 AS T$,7 AS E$,7 AS G$
90 GET #1,1

```

```

100 T$ = T$
110 E = CVS(E$)
120 G = CVS(G$)
130 FIELD #1,3 AS NB$,3 AS NN$,3 AS NA$,3 AS BT$,3 AS CC$,
3 AS AB$,3 AS GDL$
140 GET #1,2
150 NB = CVI(NB$)
160 NN = CVI(NN$)
170 NA = CVI(NA$)
180 BT = CVI(BT$)
190 CC = CVI(CC$)
200 AB = CVI(AB$)
210 GDL = CVI(GDL$)
220 PRINT : PRINT
230 ON ERROR GOTO 2110
240 PRINT "DATOS GENERALES (D), CONDICIONES DE CARGA (C)"
250 OP$ = INKEY$
260 IF OP$ = "" THEN 250
270 IF OP$ = "C" THEN 1100
280 CLS
290 REM TIPOS DE BARRAS
300 DIM BARRAS(BT,5)
310 FIELD #1,7 AS L$,7 AS ANG$,7 AS AA$,7 AS AC$,7 AS I$
320 XX = 3
330 FOR I = 1 TO BT
340 GET #1,XX
350 BARRAS(I,1) = CVS(L$)
360 BARRAS(I,2) = CVS(ANG$)
370 BARRAS(I,3) = CVS(AA$)
380 BARRAS(I,4) = CVS(AC$)
390 BARRAS(I,5) = CVS(I$)
400 XX = XX + 1
410 NEXT I
420 REM APOYOS
430 DIM AP(NA,4)
440 FIELD #1,3 AS NUDO$,3 AS RX$,3 AS RY$,3 AS RE$
450 FOR I = 1 TO NA
460 GET #1,XX
470 AP(I,1) = CVI(NUDO$)
480 AP(I,2) = CVI(RX$)
490 AP(I,3) = CVI(RY$)
500 AP(I,4) = CVI(RE$)
510 XX = XX + 1
520 NEXT I
530 REM INCIDENCIA
540 DIM INCIDEN(NB,3)
550 FIELD #1,3 AS NIS$,3 AS NJS$,3 AS TIPOS$
560 FOR I = 1 TO NB
570 GET #1,XX
580 INCIDEN(I,1) = CVI(NIS$)
590 INCIDEN(I,2) = CVI(NJS$)
600 INCIDEN(I,3) = CVI(TIPOS$)
610 XX = XX + 1
620 NEXT I

```

```

630 REM IMPRESION
640 LPRINT SPC(15);"*** M A R C O ";TS;" ****"
650 LPRINT
660 LPRINT "E = ";E,"G = ";G
670 LPRINT
680 LPRINT "# BARRAS = ";NB;" ", "# NUDOS = ";NN;" ",
"# APOYOS = ";NA
690 LPRINT
700 LPRINT "BARRAS TIPO = ";BT,"CONDICIONES DE CARGA = ";CC
710 LPRINT
720 LPRINT "GRADOS DE LIBERTAD = ";GDL,"ANCHO DE BANDA = ";
AB
730 LPRINT : LPRINT
740 FOR I = 1 TO BT
750 LPRINT "BARRA TIPO # ";I
760 LPRINT
770 LPRINT "LONGITUD = ";BARRAS(I,1)
780 LPRINT "ANGULO = ";BARRAS(I,2)
790 LPRINT "AREA AXIAL = ";BARRAS(I,3)
800 LPRINT "AREA CORTE = ";BARRAS(I,4)
810 LPRINT "INERCIA = ";BARRAS(I,5)
820 LPRINT
830 NEXT I
840 REM APOYOS
850 LPRINT
860 LPRINT SPC(10);"RETRICCIONES EN APOYOS"
870 LPRINT : LPRINT
880 LPRINT "NUDO", "DESP. X", "DESP. Y", "GIRO"
890 LPRINT
900 FOR I = 1 TO NA
910 LPRINT AP(I,1),
920 IF AP(I,2) = 0 THEN LPRINT " N", ELSE LPRINT " S",
930 IF AP(I,3) = 0 THEN LPRINT " N", ELSE LPRINT " S",
940 IF AP(I,4) = 0 THEN LPRINT " N" ELSE LPRINT " S"
950 NEXT I
960 REM INCIDENCIA
970 LPRINT : LPRINT
980 LPRINT SPC(5);"INCIDENCIA DE BARRAS"
990 LPRINT : LPRINT
1000 LPRINT "BARRA", "TIPO", " I - J"
1010 LPRINT
1020 FOR I = 1 TO NB
1030 LPRINT I,
1040 LPRINT INCIDEN(I,3),
1050 LPRINT INCIDEN(I,1);" - ";INCIDEN(I,2)
1060 NEXT I
1070 LPRINT CHR$(12)
1080 LPRINT SPC(15);"*** M A R C O ";TS;" ****"
1090 LPRINT : LPRINT
1100 REM CONDICIONES DE CARGA
1110 CLOSE # 1
1120 DIM BAR(CARGAS,21), NUD(NUDOS,4)
1130 FOR I = 1 TO CC
1140 C$ = RIGHT$(STR$(I),1)

```

```

1150 ARCS = "C:" + ARS + ".C" + CS
1160 OPEN "R", #1, ARCS, 13
1170 FIELD #1, 13 AS TCS
1180 GET #1,1
1190 TCS = TCS
1200 REM CARGAS EN BARRAS
1210 XX = GDL + 2
1220 FIELD #1, 13 AS NBC$
1230 GET #1,XX
1240 NBC = CVS(NBC$)
1250 XX = 3 + GDL + (5 * NBC)
1260 FIELD #1, 5 AS CAR$
1270 GET #1,XX
1280 CARGAS = CVS(CAR$)
1285 ERASE BAR : DIM BAR(CARGAS,21)
1290 XX = XX + 1
1300 FOR J = 1 TO CARGAS
1310 FIELD #1, 8 AS W$, 5 AS NP$
1320 GET #1,XX
1330 BAR(J,1) = CVS(W$)
1340 BAR(J,2) = CVS(NP$)
1350 XX = XX + 1
1360 FOR K = 1 TO BAR(J,2)
1370 FIELD #1, 8 AS P$, 5 AS X$
1380 GET #1,XX
1390 BAR(J,K*2+1) = CVS(P$)
1400 BAR(J,K*2+2) = CVS(X$)
1410 XX = XX + 1
1420 NEXT K
1430 NEXT J
1440 REM CARGAS EN NUDOS
1450 FIELD #1, 5 AS NUD$
1460 GET #1,XX
1470 NUDOS = CVS(NUD$)
1475 ERASE NUD : DIM NUD(NUDOS,4)
1480 XX = XX + 1
1490 IF NUDOS = 0 THEN 1580
1500 FIELD #1, 13 AS N$
1510 FOR J=1 TO NUDOS
1520 FOR K = 1 TO 4
1530 GET #1,XX
1540 NUD(J,K) = CVS(N$)
1550 XX = XX + 1
1560 NEXT K
1570 NEXT J
1580 REM IMPRESION
1590 CLS
1600 LPRINT "CONDICION DE CARGA #";I;" ";TCS
1610 IF CARGAS = 0 THEN 1900
1620 LPRINT : LPRINT
1630 LPRINT SPC(10);"CARGAS EN BARRAS"
1640 LPRINT
1650 FOR J = 1 TO CARGAS
1660 LPRINT "CARGA TIPO #";J;

```

```

1670 LPRINT SPC(10);
1680 LPRINT "W = "; LPRINT USING " ###.##";BAR(J,1)
1690 IF BAR(J,2) = 0 THEN 1740
1700 FOR K = 1 TO BAR(J,2)
1710 LPRINT "P="; LPRINT USING "##### ";BAR(J,2*K+1);
LPRINT "X="; LPRINT USING "#### ";BAR(J,2*K+2);
1720 NEXT K
1730 LPRINT
1740 NEXT J
1750 REM INCIDENCIA DE TIPOS DE BARRAS
1760 IF CARGAS = 0 THEN 2030
1770 LPRINT
1780 LPRINT "INCIDENCIA DE CARGAS"
1790 LPRINT
1800 LPRINT "BARRA", "TIPO"
1810 LPRINT
1820 FIELD #1, 5 AS INCS
1830 FOR J = 1 TO NB
1840 GET #1, XX
1850 TIPO = CVS(INCS)
1860 IF TIPO = 0 THEN 1880
1870 LPRINT J, TIPO
1880 XX = XX + 1
1890 NEXT J
1900 IF NUDOS = 0 THEN 2030
1910 LPRINT : LPRINT
1920 LPRINT SPC(14); "CARGAS EN NUDOS"
1930 LPRINT
1940 LPRINT "      NUDO          FX          FY          MZ"
1950 LPRINT
1960 FOR J = 1 TO NUDOS
1970 LPRINT USING "   ###          "; NUD(J,1);
1980 FOR K = 2 TO 4
1990 LPRINT USING " #####          "; NUD(J,K);
2000 NEXT K
2010 LPRINT
2020 NEXT J
2030 CLOSE #1
2040 LPRINT : LPRINT
2050 NEXT I
2060 CLS : BEEP
2070 LOCATE 1,12 : INPUT "QUIERES EJECUTAR NUEVAMENTE
LISTADO DE DATOS (N) "; OP$
2080 IF OP$ = "S" THEN 10
2090 CHAIN "C:MENU"
2100 END
2110 REM SUBROUTINA DE ERRORES
2120 IF ERR = 24 THEN ER$ = "IMPRESORA FUERA DE LINEA"
2130 IF ERR = 27 THEN ER$ = "NO HAY PAPEL"
2140 CLS : COLOR 0,7 : LOCATE 12,30 : PRINT ER$ : COLOR 7,0
2150 RESUME

```

#### 7.4 PROGRAMA "CORREC"

El presente programa brinda la oportunidad al usuario de poder corregir cualquier error cometido durante la entrada de datos, tanto en la geometría del marco como en las condiciones de carga.

Este programa se utiliza cuando las dimensiones de la sección transversal de la barra en el análisis no coincide con la sección en el diseño, haciendo necesario ajustarla para repetir el proceso de diseño.

Es aplicable también para definir nuevos tipos de condiciones de carga, para lo cual permite realizar una copia de alguna condición de carga ya establecida.

En caso de que hubiera habido algún cambio en el número de barras, el número de nudos, o los apoyos de la estructura que genere un valor diferente en los grados de libertad de la estructura, o que hubiera cambiado la longitud de alguna barra cargada produciendo un valor diferente en el vector de cargas de la estructura, es necesario ensamblar nuevamente las condiciones de carga ya establecidas.

El listado del programa de corrección de datos generales ,geometría, conectividad y tipos de cargas se presenta a continuación :



```

10 REM CORECCION DE DATOS
20 CLEAR : CLS
30 COLOR 0,7 : PRINT "ARCHIVO"; : COLOR 7,0 : INPUT AR$
40 ARD$ = "B:" + AR$ + ".DG"
50 OPEN "R", #1, ARD$, 35
60 REM LECTURA DE DATOS GENERALES
70 FIELD #1, 21 AS T$, 7 AS E$, 7 AS G$
80 GET #1,1
90 T$ = T$
100 E = CVS(E$)
110 G = CVS(G$)
120 FIELD #1,3 AS NB$,3 AS NN$,3 AS NA$,3 AS BT$,3 AS CC$,
3 AS AB$,3 AS GDL$
130 GET #1,2
140 NB = CVI(NB$)
150 NN = CVI(NN$)
160 NA = CVI(NA$)
170 BT = CVI(BT$)
180 CC = CVI(CC$)
190 AB = CVI(AB$)
200 GDL = CVI (GDL$)
210 REM DIMENSIONAMIENTO DE MATRICES Y VECTORES
220 DIM AP(NA,4), BARRAS(BT,5), INCIDEN(NB,3), DES(NN,3),
EN(NB,8)
230 DIM BAR(CARGAS,21),FO(NB,9),FE(NUDOS,4),F(DGL)
240 REM CARGA DE TIPOS DE BARRAS
250 FIELD #1, 7 AS L$, 7 AS ANG$, 7 AS AA$, 7 AS AC$,
7 AS I$
260 XX = 3
270 FOR I = 1 TO BT
280 GET #1, XX
290 BARRAS(I,1) = CVS(L$)
300 BARRAS(I,2) = CVS(ANG$)
310 BARRAS(I,3) = CVS(AA$)
320 BARRAS(I,4) = CVS(AC$)
330 BARRAS(I,5) = CVS(I$)
340 XX = XX + 1
350 NEXT I
360 REM CARGA DE RESTRICCIONES DE NUDOS
370 FIELD #1, 3 AS NUDO$, 3 AS RK$, 3 AS RY$, 3 AS RZ$
380 FOR I = 1 TO NA
390 GET #1, XX
400 AP(I,1) = CVI(NUDO$)
410 AP(I,2) = CVI(RK$)
420 AP(I,3) = CVI(RY$)
430 AP(I,4) = CVI(RZ$)
440 XX = XX + 1
450 NEXT I
460 REM CARGA DE INCIDENCIA EN BARRAS
470 FIELD #1,3 AS NI$,3 AS NJ$,3 AS TIPO$,3 AS P1$,3 AS P2$,
3 AS P3$,3 AS P4$,3 AS P5$,3 AS P6$,3 AS ARI$,3 AS ARJ$
480 FOR I = 1 TO NB

```

```

490 GET #1, XX
500 INCIDEN(1,1) = CVI(NIS)
510 INCIDEN(1,2) = CVI(NJS)
520 INCIDEN(1,3) = CVI(TIPOS)
530 XX = XX + 1
540 NEXT I
550 CLOSE #1
560 GOSUB 5640
570 REM MENU PRINCIPAL DE CORRECCIONES
580 CLS
590 PRINT "1.- DATOS GENERALES : "
600 PRINT
610 PRINT "2.- TIPOS DE BARRAS : "
620 PRINT
630 PRINT "3.- APOYOS : "
640 PRINT
650 PRINT "4.- INCIDENCIA : "
660 PRINT
670 PRINT "5.- ENSAMBLE : "
680 PRINT
690 PRINT "6.- CARGAS : "
700 PRINT
710 PRINT "7.- FIN : "
720 PRINT : PRINT
730 PRINT "DAME TU OPCION ";
740 OPS = INKEY$
750 IF OPS = "" THEN 740
760 OP = VAL(OPS)
770 PRINT " <" ; OP ; ">" : PRINT
780 ON OP GOSUB 800,1690,2010,2290,5930,2670,6010
790 GOTO 580
800 REM CORRECCION DE DATOS GENERALES
810 CLS
820 PRINT "1.- TITULO : ";T$
830 PRINT
840 PRINT "2.- MODULO DE ELASTICIDAD : ";E
850 PRINT
860 PRINT "3.- MODULO DE RIGIDEZ (G) : ";G
870 PRINT
880 PRINT "4.- # DE BARRAS : ";NB
890 PRINT
900 PRINT "5.- # DE NUDOS : ";NN
910 PRINT
920 PRINT "6.- # DE APOYOS : ";NA
930 PRINT
940 PRINT "7.- # DE BARRAS TIPO : ";BT
950 PRINT
960 PRINT "8.- # CONDICIONES DE CARGA : ";CC
970 PRINT
980 PRINT "9.- FIN : "
990 PRINT : PRINT
1000 PRINT "OPCION A CORREGIR ";
1010 OPS = INKEY$
1020 IF OPS = "" THEN 1010

```

```
1030 OP = VAL(OPS)
1040 PRINT " <";OP;">" : PRINT
1050 IF OP = 9 THEN RETURN
1060 ON OP GOSUB 1080,1100,1120,1140,1310,1330,1500,1670
1070 GOTO B10
1080 INPUT "TITULO ";T$
1090 RETURN
1100 INPUT "MODULO DE ELASTICIDAD (E) ";E
1110 RETURN
1120 INPUT "MODULO DE RIGIDEZ (G) ";G
1130 RETURN
1140 INPUT "# DE BARRAS ";NB1
1150 DIM INCIDEN1(NB1,3)
1160 FOR I = 1 TO NB1
1170 IF I > NB THEN 1220
1180 FOR J = 1 TO 3
1190 INCIDEN1(I,J) = INCIDEN(I,J)
1200 NEXT J
1210 NEXT I
1220 NB = NB1 : ERASE INCIDEN
1230 DIM INCIDEN(NB,3)
1240 FOR I = 1 TO NB
1250 FOR J = 1 TO 3
1260 INCIDEN(I,J) = INCIDEN1(I,J)
1270 NEXT J
1280 NEXT I
1290 ERASE INCIDEN1
1300 RETURN
1310 INPUT "# DE NUDOS ";NN
1320 RETURN
1330 INPUT "# DE APOYOS ";NA1
1340 DIM AP1(NA1,4)
1350 FOR I = 1 TO NA1
1360 IF I > NA THEN 1410
1370 FOR J = 0 TO 4
1380 AP1(I,J) = AP(I,J)
1390 NEXT J
1400 NEXT I
1410 NA = NA1 : ERASE AP
1420 DIM AP(NA,4)
1430 FOR I = 1 TO NA
1440 FOR J = 1 TO 4
1450 AP(I,J) = AP1(I,J)
1460 NEXT J
1470 NEXT I
1480 ERASE AP1
1490 RETURN
1500 INPUT "# DE BARRAS TIPO ";BT1
1510 DIM BARR1(BT1,5)
1520 FOR I = 1 TO BT1
1530 IF I > BT THEN 1580
1540 FOR J = 1 TO 5
1550 BARR1(I,J) = BARRAS(I,J)
1560 NEXT J
```

```

1570 NEXT I
1580 BT = BT1 : ERASE BARRAS
1590 DIM BARRAS(BT,5)
1600 FOR I = 1 TO BT
1610 FOR J = 1 TO 5
1620 BARRAS(I,J) = BARI(I,J)
1630 NEXT J
1640 NEXT I
1650 ERASE BARI
1660 RETURN
1670 INPUT "Ø DE CONDICIONES DE CARGA ";CC
1680 RETURN
1690 REM CORRECCION DE TIPOS DE BARRAS
1700 CLS
1710 INPUT "NUMERO DE BARRA A CORREGIR ";BC
1720 IF BC = 0 THEN RETURN
1730 CLS
1740 COLOR 0,7 : PRINT "CORRECCION DE TIPOS DE BARRAS " :
COLOR 7,0
1750 PRINT
1760 PRINT "BARRA TIPO ";BC
1770 PRINT
1780 PRINT "LONGITUD   :"
1790 PRINT
1800 PRINT "ANGULO       :"
1810 PRINT
1820 PRINT "AREA AXIAL  :"
1830 PRINT
1840 PRINT "AREA CORTE  :"
1850 PRINT
1860 PRINT "INERCIA     :"
1870 PRINT
1880 PRINT "DATOS CORRECTOS (S) : "
1890 PRINT
1900 LOCATE 5,14 : INPUT BARRAS(BC,1)
1910 LOCATE 7,14 : INPUT BARRAS(BC,2)
1920 LOCATE 9,14 : INPUT BARRAS(BC,3)
1930 LOCATE 11,14 : INPUT BARRAS(BC,4)
1940 LOCATE 13,14 : INPUT BARRAS(BC,5)
1950 LOCATE 15,24 : INPUT Z$
1960 IF Z$ = "N" THEN 1900
1970 PRINT : BEEP
1980 INPUT "QUIERES CORREGIR OTRA BARRA TIPO (N) ";ZZ$
1990 IF ZZ$ = "S" THEN 1700
2000 RETURN
2010 REM CORRECCION DE APOYOS
2020 CLS
2030 PRINT " Ø ";SPC(10);"NUDO";SPC(10);"RX";SPC(10);"RY";
SPC(10);"RZ"
2040 PRINT : PRINT
2050 FOR I = 1 TO NA
2060 PRINT " ";I;SPC(10);" ";AP(I,1);SPC(10);
2070 FOR J = 2 TO 4
2080 IF AP(I,J) = 1 THEN PRINT "S"; ELSE PRINT "N";

```

```

2090 PRINT SPC(10);
2100 NEXT J
2110 PRINT : PRINT
2120 NEXT I
2130 BEEP
2140 INPUT "NUMERO DE NUDO A CORREGIR ";NC
2150 IF NC = 0 THEN RETURN
2160 CLS
2170 COLOR 0,7
2180 PRINT "RESTRICCIONES : S = RESTRINGIDO N = LIBRE"
2190 COLOR 7,0
2200 PRINT : PRINT
2210 INPUT "# DE NUDO ";AP(NC,1)
2220 PRINT
2230 AP(NC,2) = 0 : INPUT "RX ";RX$: IF RX$ = "S" THEN
AP(NC,2) = 1
2240 PRINT
2250 AP(NC,3) = 0 : INPUT "RY ";RYS : IF RYS = "S" THEN
AP(NC,3) = 1
2260 PRINT
2270 AP(NC,4) = 0 : INPUT "RZ ";RZ$: IF RZ$ = "S" THEN
AP(NC,4) = 1
2280 GOTO 2020
2290 REM CORRECCION DE INCIDENCIA EN BARRAS
2300 CLS
2310 INPUT "BARRA INICIAL ";IN
2320 PRINT
2330 INPUT "BARRA FINAL ";FIN
2340 PRINT
2350 INPUT "TIPO DE BARRA ";TIPO
2360 IF FIN > NB THEN BEEP : PRINT "# BARRAS = ";NB :
GOTO 2300
2370 IF FIN < IN THEN BEEP : PRINT FIN;" < ";IN : GOTO 2300
2380 IF TIPO > BT THEN BEEP : PRINT "# BARRAS TIPO = ";BT :
GOTO 2300
2390 IF (IN = 0 OR FIN = 0 OR TIPO = 0) THEN BEEP :
GOTO 2300
2400 PRINT
2410 INPUT "NUDO I ";NI
2420 IF NI > NN OR NI < 1 THEN BEEP : GOTO 2400
2430 PRINT
2440 INPUT "NUDO J ";NJ
2450 IF NJ > NN OR NJ < NI THEN BEEP : GOTO 2400
2460 PRINT
2470 IF (FIN - IN) = 0 THEN 2510
2480 INPUT "INCREMENTO ";DELTA
2490 IF DELTA < 1 THEN BEEP : GOTO 2480
2500 IF (NJ+DELTA*(FIN-IN)) > NN THEN BEEP : PRINT "NN = ";
NN : GOTO 2400
2510 PRINT
2520 INPUT "DATOS CORRECTOS (S) ";Z$
2530 IF Z$ = "N" THEN 2300
2540 IF AB < (NJ-NI) THEN AB = NJ - NI
2550 FOR I = IN TO FIN

```

```

2560 INCIDEN(1,1) = NI
2570 INCIDEN(1,2) = NJ
2580 INCIDEN(1,3) = TIPO
2590 NI = NI + DELTA
2600 NJ = NJ + DELTA
2610 NEXT I
2620 PRINT
2630 BEEP
2640 INPUT "QUIERES CORREGIR OTRA SERIE (N) ";ZZ$
2650 IF ZZ$ = "S" THEN 2290
2660 RETURN
2670 REM CORRECCION DE CONDICIONES DE CARGA
2680 BEEP
2690 PRINT " SI EFECTUASTE ALGUN CAMBIO EN LA GEOMETRIA y/o
APOYOS DEL MARCO ES NECESARIO PRIMERAMENTE VOLVER A
ENSAMBLAR LAS CONDICIONES DE CARGA"
2700 PRINT
2710 INPUT "NUMERO DE CONDICION A REDEFINIR ";CR
2720 IF CR = 0 THEN RETURN
2730 IF CR > CC THEN BEEP : PRINT "CC = ";CC : RETURN
2740 PRINT
2750 INPUT "TIPO DE CONDICION ";TC$
2760 PRINT
2770 INPUT "QUIERES COPIAR DATOS DE OTRA CONDICION (N) ";
CON$
2780 PRINT
2790 IF CON$ = "S" THEN INPUT "NUMERO DE CONDICION FUENTE ";
CON : GOSUB 5050
2800 CLS
2810 PRINT "1.- CARGAS EN BARRAS"
2820 PRINT "2.- CARGAS EN NUDOS"
2830 PRINT "3.- GRABAR Y ENSAMBLAR"
2840 PRINT
2850 PRINT "ELIGE LA OPCION ";
2860 OP$ = INKEY$
2870 IF OP$ = "" THEN 2860
2880 OP = VAL(OP$)
2890 IF OP < 1 OR OP > 3 THEN 2800
2900 PRINT " <";OP;">" : PRINT
2910 ON OP GOSUB 2940,3380,3600
2920 IF OP = 3 THEN 2700
2930 GOTO 2800
2940 REM CARGAS EN BARRAS
2950 CLS
2960 ERASE BAR : BAR$ = "S"
2970 PRINT
2980 INPUT "NUMERO DE CARGAS ";CARGAS
2990 DIM BAR(CARGAS,21)
3000 FOR J = 1 TO CARGAS
3010 CLS
3020 COLOR 0,7 : PRINT "CONDICION DE CARGA # ";CR :
COLOR 7,0
3030 COLOR 0,7 : PRINT "CARGA TIPO # ";J : COLOR 7,0
3040 PRINT

```

```

3050 INPUT "W = ";BAR(J,1)
3060 PRINT
3070 INPUT "NUMERO DE CARGAS CONCENTRADAS ";BAR(J,2)
3080 PRINT
3090 IF BAR(J,2) > 4 THEN BEEP : PRINT "MAXIMAS CARGAS
CONCENTRADAS = 4 "; GOTO 3060
3100 FOR K = 1 TO BAR(J,2)
3110 PRINT "P("K") = "; : INPUT BAR(J,2*K+1) : PRINT "X("K")
= "; : INPUT BAR(J,2*K+2)
3120 NEXT K
3130 PRINT
3140 INPUT "DATOS CORRECTOS (S) ";Z$
3150 IF Z$ = "N" THEN 3010
3160 CLS
3170 A = 0
3180 INPUT "BARRA INICIAL ";BAR(J,13+A)
3190 INPUT "BARRA FINAL ";BAR(J,14+A)
3200 IF (BAR(J,14+A) - BAR(J,13+A)) < 0 THEN BEEP :
PRINT "J < I " : GOTO 3180
3210 IF BAR(J,13+A) < 1 THEN BEEP : PRINT "NO EXISTE LA
BARRA" : GOTO 3180
3220 IF BAR(J,14+A) > NB THEN BEEP : PRINT "NO EXISTE LA
BARRA" : GOTO 3180
3230 IF (BAR(J,14+A) - BAR(J,13+A)) = 0 THEN BAR(J,15+A) = 1
: GOTO 3280
3240 IF (BAR(J,14+A) - BAR(J,13+A)) = 1 THEN BAR(J,15+A) = 1
: GOTO 3280
3250 INPUT "INCREMENTO ";BAR(J,15+A) : IF BAR(J,15+A) < 1
THEN BEEP : GOTO 3250
3260 B = (BAR(J,14+A) - BAR(J,13+A)) / BAR(J,15+A)
3270 IF B <> INT(B) THEN BEEP : GOTO 3180
3280 PRINT
3290 INPUT "DATOS CORRECTOS (S) ";Z$
3300 IF Z$ = "N" THEN 3180
3310 IF A > 3 THEN 3360
3320 PRINT
3330 INPUT "TIENES MAS BARRAS (N) ";Z$
3340 PRINT
3350 IF Z$ = "S" THEN A = A + 3 : GOTO 3180
3360 NEXT J
3370 RETURN
3380 REM CARGAS EN NUDOS
3390 CLS
3400 ERASE FE
3410 PRINT
3420 INPUT "# DE NUDOS CARGADOS ";NUDOS
3430 DIM FE(NUDOS,4)
3440 FOR J = 1 TO NUDOS
3450 CLS
3460 PRINT "NUDO : "
3470 PRINT "FX : "
3480 PRINT "FY : "
3490 PRINT "MZ : "
3500 PRINT

```

```

3510 PRINT "DATOS CORRECTOS (S) "
3520 LOCATE 1,8 : INPUT FE(J,1) : IF FE(J,1) < 1 OR
FE(J,1) > NN THEN BEEP : GOTO 3520
3530 LOCATE 2,8 : INPUT FE(J,2)
3540 LOCATE 3,8 : INPUT FE(J,3)
3550 LOCATE 4,8 : INPUT FE(J,4)
3560 LOCATE 6,22 : INPUT Z$
3570 IF Z$ = "N" THEN 3520
3580 NEXT J
3590 RETURN
3600 REM FUERZAS DE FIJACION
3610 IF COM$ = "S" AND BAR$ = "" THEN 3800
3620 ERASE FO
3630 DIM FO(NB,9)
3640 FOR J = 1 TO CARGAS
3650 S = BAR(J,15)
3660 FOR K = BAR(J,13) TO BAR(J,14) STEP S
3670 FO(K,7) = J
3680 NEXT K
3690 IF BAR(J,16) = 0 THEN 3790
3700 S = BAR(J,18)
3710 FOR K = BAR(J,16) TO BAR(J,17) STEP S
3720 FO(K,7) = J
3730 NEXT K
3740 IF BAR(J,19) = 0 THEN 3790
3750 S = BAR(J,21)
3760 FOR K = BAR(J,19) TO BAR(J,20) STEP S
3770 FO(K,7) = J
3780 NEXT K
3790 NEXT J
3800 NBC = 0
3810 REM SUBROUTINA AUXILIAR
3820 FOR J = 1 TO NB
3830 IF FO(J,7) = 0 THEN 3880
3840 T = INCIDEN(J,3)
3850 FO(J,8) = BARRAS(T,1)
3860 FO(J,9) = BARRAS(T,2)
3870 NBC = NBC + 1
3880 NEXT J
3890 FOR J = 1 TO NB
3900 IF FO(J,7) = 0 THEN 4050
3910 T = FO(J,7) : L = FO(J,8)
3920 FO(J,1) = 0 : FO(J,4) = 0
3930 FO(J,2) = BAR(T,1) * L / 2 : FO(J,5) = - FO(J,2)
3940 FO(J,3) = BAR(T,1) * (L^2) / 12 : FO(J,6) = - FO(J,3)
3950 IF BAR(T,2) = 0 THEN 4050
3960 P = 3
3970 FOR K = 1 TO BAR(T,2)
3980 DR = BAR(T,P) * (L-BAR(T,P+1)) / L
3990 FO(J,2) = FO(J,2) + DR : FO(J,5) = FO(J,5) +
(BAR(T,P) - DR)
4000 M1 = BAR(T,P) * BAR(T,P+1) * (L-BAR(T,P+1))^2 / (L^2)
4010 M2 = BAR(T,P) * (L-BAR(T,P+1)) * BAR(T,P+1)^2 / (L^2)
4020 FO(J,3) = FO(J,3) + M1 : FO(J,6) = FO(J,6) - M2

```



```

4030 P = P + 2
4040 NEXT K
4050 NEXT J
4060 REM VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION EN FORMA GLOBAL Y
ENSAMBLE
4070 ERASE F
4080 DIM F(GDL)
4090 FOR J = 1 TO NB
4100 IF FO(J,7) = 0 THEN 4190
4110 C = COS(FO(J,9) * 3.141592654# / 180)
4120 S = SIN(FO(J,9) * 3.141592654# / 180)
4130 F(EN(J,1)) = F(EN(J,1)) + (C * FO(J,1) - S * FO(J,2))
4140 F(EN(J,2)) = F(EN(J,2)) - (S * FO(J,1) + C * FO(J,2))
4150 F(EN(J,3)) = F(EN(J,3)) - FO(J,3)
4160 F(EN(J,4)) = F(EN(J,4)) + (C * FO(J,4) - S * FO(J,5))
4170 F(EN(J,5)) = F(EN(J,5)) - (S * FO(J,4) - C * FO(J,5))
4180 F(EN(J,6)) = F(EN(J,6)) - FO(J,6)
4190 NEXT J
4200 REM ENSAMBLE DE FUERZAS EXTERNAS
4210 FOR K = 1 TO NUDOS
4220 F(DES(PE(K,1),1)) = F(DES(PE(K,1),1)) + FE(K,2)
4230 F(DES(PE(K,1),2)) = F(DES(PE(K,1),2)) + FE(K,3)
4240 F(DES(PE(K,1),3)) = F(DES(PE(K,1),3)) + FE(K,4)
4250 NEXT K
4260 REM GRABANDO VECTOR DE FUERZAS
4270 CS = RIGHTS$(STR$(CR),1)
4280 ARCS = "B:" + AR$ + ".C" + CS
4290 OPEN "R", #1, ARCS, 13
4300 XX = 1
4310 FIELD #1, 13 AS TCC$
4320 LSET TCC$ = TC$
4330 PUT #1, XX
4340 XX = XX + 1
4350 FIELD #1, 13 AS FG$
4360 FOR J = 1 TO GDL
4370 LSET FG$ = MKS$(F(J))
4380 PUT #1, XX
4390 XX = XX + 1
4400 NEXT J
4410 REM GRABANDO VECTOR DE FUERZAS DE FIJACION
4420 LSET FG$ = MKS$(NBC)
4430 PUT #1, XX
4440 XX = XX + 1
4450 FIELD #1, 13 AS FFO$
4460 FOR J = 1 TO NB
4470 IF FO(J,7) = 0 THEN 4630
4480 LSET FFO$ = MKS$(J)
4490 PUT #1, XX
4500 XX = XX + 1
4510 LSET FFO$ = MKS$(FO(J,2))
4520 PUT #1, XX
4530 XX = XX + 1
4540 LSET FFO$ = MKS$(FO(J,3))
4550 PUT #1, XX

```

```
4560 XX = XX + 1
4570 LSET FPOS = MKS$(FO(J,5))
4580 PUT #1, XX
4590 XX = XX + 1
4600 LSET FPOS = MKS$(FO(J,6))
4610 PUT #1, XX
4620 XX = XX + 1
4630 NEXT J
4640 REM GRABANDO CARGAS EN LAS BARRAS
4650 FIELD #1, 5 ASCARS
4660 LSET CAR$ = MKS$(CARGAS)
4670 PUT #1, XX
4680 XX = XX + 1
4690 FOR J = 1 TO CARGAS
4700 FIELD #1, 8 AS W$, 5 AS NPS
4710 LSET W$ = MKS$(BAR(J,1))
4720 LSET NPS = MKS$(BAR(J,2))
4730 PUT #1, XX
4740 XX = XX + 1
4750 FIELD #1, 8 AS P$, 5 AS X$
4760 FOR K = 1 TO BAR(J,2)
4770 LSET P$ = MKS$(BAR(J,2*K+1))
4780 LSET X$ = MKS$(BAR(J,2*K+2))
4790 PUT #1, XX
4800 XX = XX + 1
4810 NEXT K
4820 NEXT J
4830 REM GRABANDO CARGAS EN LOS NUDOS
4840 FIELD #1, 5 AS NUD$
4850 LSET NUD$ = MKS$(NUDOS)
4860 PUT #1, XX
4870 XX = XX + 1
4880 FIELD #1, 13 AS N$
4890 FOR J = 1 TO NUDOS
4900 FOR K = 1 TO 4
4910 LSET N$ = MKS$(FE(J,K))
4920 PUT #1, XX
4930 XX = XX + 1
4940 NEXT K
4950 NEXT J
4960 REM GRABANDO INCIDENCIA DE TIPOS DE CARGAS
4970 FIELD #1, 13 AS TIPS$
4980 FOR J = 1 TO NB
4990 LSET TIPS$ = MKS$(FO(J,7))
5000 PUT #1, XX
5010 XX = XX + 1
5020 NEXT J
5030 CLOSE #1
5040 RETURN
5050 REM COPIA DE OTRA CONDICION DE CARGA
5060 C$ = RIGHTS$(STR$(CON),1)
5070 ARC$ = "B:" + AR$ + ".C" + C$
5080 OPEN "R", #1, ARC$, 13
5090 XX = 2 + GDL
```

```
5100 FIELD #1, 13 AS NBC$
5110 GET #1, XX
5120 NBC = CVS(NBC$)
5130 XX = 3 + GDL + (5 * NBC)
5140 FIELD #1, 5 AS CARS
5150 GET #1, XX
5160 CARGAS = CVS(CARS)
5170 XX = XX + 1
5180 IF CARGAS = 0 THEN 5350
5190 ERASE BAR : BAR$ = ""
5200 DIM BAR(CARGAS,21)
5210 FOR J = 1 TO CARGAS
5220 FIELD #1, 8 AS W$, 5 AS NP$
5230 GET #1, XX
5240 BAR(J,1) = CVS(W$)
5250 BAR(J,2) = CVS(NP$)
5260 XX = XX + 1
5270 IF BAR(J,2) = 0 THEN 5350
5280 FIELD #1, 8 AS P$, 5 AS X$
5290 FOR K = 1 TO BAR(J,2)
5300 GET #1, XX
5310 BAR(J,2*K+1) = CVS(P$)
5320 BAR(J,2*K+2) = CVS(X$)
5330 XX = XX + 1
5340 NEXT K
5350 NEXT J
5360 REM CARGAS EN LOS NUDOS
5370 FIELD #1, 5 AS NUD$
5380 GET #1, XX
5390 NUDOS = CVS(NUD$)
5400 XX = XX + 1
5410 IF NUDOS = 0 THEN 5520
5420 ERASE FE
5430 DIM FE(NUDOS,4)
5440 FIELD #1, 13 AS N$
5450 FOR J = 1 TO NUDOS
5460 FOR K = 1 TO 4
5470 GET #1, XX
5480 FE(J,K) = CVS(N$)
5490 XX = XX + 1
5500 NEXT K
5510 NEXT J
5520 REM INCIDENCIA DE TIPOS DE CARGAS
5530 IF CARGASD = 0 THEN 5620
5540 ERASE FO
5550 DIM FO(NB,9)
5560 FIELD #1, 13 AS TIPS
5570 FOR J = 1 TO NB
5580 GET #1, XX
5590 FO(J,7) = CVS(TIPS)
5600 XX = XX + 1
5610 NEXT J
5620 CLOSE #1
5630 RETURN
```

```

5640 REM CREACION DEL VECTOR DE DESPLAZAMIENTO
5650 ERASE DES , ERASE EN
5660 DIM DES(NN,3)
5670 FOR I = 1 TO NA
5680 NUDO = AP(I,1)
5690 FOR J = 1 TO 3
5700 DES(NUDO,J) = AP(I,J+1)
5710 NEXT J
5720 NEXT I
5730 REM RENUMERACION DE INDICADOR DE DESPLAZAMIENTO
5740 GDL = 0
5750 FOR I = 1 TO NN
5760 FOR J = 1 TO 3
5770 IF DES(I,J) = 1 THEN DES(I,J) = 0 : GOTO 5800
5780 GDL = GDL + 1
5790 DES(I,J) = GDL
5800 NEXT J
5810 NEXT I
5820 REM CREACION DEL VECTOR INDICADOR DE ENSAMBLE
5830 DIM EN(NB,8)
5840 FOR I = 1 TO NB
5850 FOR J = 1 TO 3
5860 EN(I,J) = (DES(INCIDEN(I,1),J))
5870 NEXT J
5880 FOR J = 4 TO 6
5890 EN(I,J) = (DES(INCIDEN(I,2),J-3))
5900 NEXT J
5910 NEXT I
5920 RETURN
5930 REM ENSAMBLE DE CONDICIONES DE CARGAS
5940 CLS
5950 INPUT "NUMERO DE CONDICION ";CON : CR = CON
5960 IF CON = 0 THEN 6000
5965 GOSUB 5640
5970 GOSUB 5050
5980 GOSUB 3810
5990 GOTO 5940
6000 RETURN
6010 REM GRABANDO DATOS GENERALES
6015 GOSUB 5640
6020 ARD$ = "B:" + AR$ + ".DG"
6030 OPEN "R", #1, ARD$, 35
6040 FIELD #1, 21 AS TT$, 7 AS E$, 7 AS G$
6050 LSET TT$ = T$
6060 LSET E$ = MKIS(E)
6070 LSET G$ = MKIS(G)
6080 PUT #1, 1
6090 FIELD #1,3 AS NB$,3 AS NN$,3 AS NA$,3 AS BT$,3 AS CC$,
3 AS AB$,3 AS GDL$
6100 LSET NB$ = MKIS(NB)
6110 LSET NN$ = MKIS(NN)
6120 LSET NA$ = MKIS(NA)
6130 LSET BT$ = MKIS(BT)
6140 LSET CC$ = MKIS(CC)

```

```
6150 LSET AB$ = MKI$(AB)
6160 LSET GDL$ = MKI$(GDL)
6170 PUT #1, 2
6180 REM GRABANDO TIPOS DE BARRAS
6190 FIELD #1, 7 AS L$, 7 AS ANG$, 7 AS AA$, 7 AS AC$,
7 AS I$
6200 XX = 3
6210 FOR I = 1 TO BT
6220 LSET L$ = MKS$(BARRAS(I,1))
6230 LSET ANG$ = MKS$(BARRAS(I,2))
6240 LSET AA$ = MKS$(BARRAS(I,3))
6250 LSET AC$ = MKS$(BARRAS(I,4))
6260 LSET I$ = MKS$(BARRAS(I,5))
6270 PUT #1, XX
6280 XX = XX + 1
6290 NEXT I
6300 REM GRABANDO APOYOS
6310 FIELD #1, 3 AS NUDO$, 3 AS RX$, 3 AS RY$, 3 AS RZ$
6320 FOR I = 1 TO NA
6330 LSET NUDO$ = MKI$(AP(I,1))
6340 LSET RX$ = MKI$(AP(I,2))
6350 LSET RY$ = MKI$(AP(I,3))
6360 LSET RZ$ = MKI$(AP(I,4))
6370 PUT #1, XX
6380 XX = XX + 1
6390 NEXT I
6400 REM GRABANDO INCIDENCIA Y ENSAMBLE
6410 FIELD #1, 3 AS NI$, 3 AS NJ$, 3 AS TIPO$, 3 AS P1$,
3 AS P2$, 3 AS P3$, 3 AS P4$, 3 AS P5$, 3 AS P6$, 3 AS ARI$,
3 AS ARJ$
6420 FOR I = 1 TO NB
6430 LSET NI$ = MKI$(INCIDEN(I,1))
6440 LSET NJ$ = MKI$(INCIDEN(I,2))
6450 LSET TIPO$ = MKI$(INCIDEN(I,3))
6460 LSET P1$ = MKI$(EN(I,1))
6470 LSET P2$ = MKI$(EN(I,2))
6480 LSET P3$ = MKI$(EN(I,3))
6490 LSET P4$ = MKI$(EN(I,4))
6500 LSET P5$ = MKI$(EN(I,5))
6510 LSET P6$ = MKI$(EN(I,6))
6520 LSET ARI$ = MKI$(EN(I,7))
6530 LSET ARJ$ = MKI$(EN(I,8))
6540 PUT #1, XX
6550 XX = XX + 1
6560 NEXT I
6570 CLOSE #1
6580 REM FINALIZAR
6590 CLS : BEEP
6600 LOCATE 1,20 : INPUT "QUIERES EJECUTAR NUEVAMENTE (N) ";
OP$
6610 IF OP$ = "S" THEN 10
6620 CHAIN "C:MENU"
6630 END
```

## 7.5 PROGRAMA " EJECUCIO "

El programa " EJECUCIO " tiene por objetivo obtener los elementos mecánicos de las barras que forman una estructura a partir de la geometría del marco y de las condiciones de carga que actúan en él.

Primeramente es necesario formar las matrices de rigidez de las barras en referencia local, dejándolas almacenadas en arreglos cuadrados para su utilización posterior. Después, estas matrices son transformadas a referencia global y ensambladas en la matriz de rigidez de la estructura. Posteriormente se resuelve el sistema de ecuaciones simultáneas, obteniendo el vector de desplazamientos de la estructura.

Después de la obtención del vector de desplazamientos de la estructura, se identifican los desplazamientos de cada barra y se transforman a la referencia local. Al ser multiplicados estos desplazamientos por la matriz de rigidez de la barra en referencia local y sumár a dicho producto el vector de fuerzas de fijación se obtienen los elementos mecánicos de la barra.

El programa tiene la característica de que al ir generando la matriz de rigidez de cada barra y ensamblándola en la matriz de rigidez de la estructura, va desplegando la

memoria disponible para terminar el proceso, para que en el caso de que resultara insuficiente la memoria se tenga el valor de la última barra que se pudo almacenar, siendo éste el valor máximo de barras que se pueden resolver para ese caso particular.

El programa genera un archivo de datos con los valores de los elementos mecánicos de cada barra para cada condición de carga, mismo que se utilizará posteriormente en el diseño de trabes y columnas. La extensión con la que se identifica un archivo de elementos mecánicos es ".Ei", donde i es la condición de carga considerada.

A continuación se presenta el listado del programa :

```

10 REM OBTENCION DE DESPLAZAMIENTOS Y ELEMENTOS MECANICOS
20 CLEAR : CLS
30 REM LECTURA DE DATOS GENERALES
40 PRINT SPC(22); "*** EJECUCION DEL MARCO ***"
50 PRINT : PRINT
60 PRINT "1.- IMPRESION DE DESPLAZAMIENTOS Y ELEMENTOS
MECANICOS"
70 PRINT : PRINT
80 PRINT "2.- IMPRESION DE DESPLAZAMIENTOS"
90 PRINT : PRINT
100 PRINT "3.- IMPRESION POR PANTALLA"
110 PRINT : PRINT
120 PRINT "ELIGE LA OPCION ";
130 IMPRES = INKEY$
140 IF IMPRES = "" THEN 130
150 IMPRE = VAL(IMPRES)
160 PRINT "<"; IMPRE; ">"
170 PRINT : PRINT
180 ON ERROR GOTO 4000
190 INPUT "ARCHIVO :"; AR$
200 PRINT
210 ARD$ = "C:" + AR$ + ".DG"
220 OPEN "R", #1, ARD$, 35
230 FIELD #1, 21 AS TS, 7 AS ES, 7 AS GS

```

```

240 GET #1,1
250 TS = TS
260 E = CVS(E$)
270 G = CVS(G$)
280 FIELD #1,3 AS NB$,3 AS NN$,3 AS NA$,3 AS BT$,3 AS CC$,
3 AS AB$,3 AS GDL$
290 GET #1,2
300 NB = CVI(NB$)
310 NN = CVI(NN$)
320 NA = CVI(NA$)
330 BT = CVI(BT$)
340 CC = CVI(CC$)
350 AB = CVI(AB$)
360 GDL = CVI(GDL$)
370 CLOSE #1
380 DIM KL(NB,13),KG(GDL,AB)
390 REM LECTURA DE TIPO DE BARRAS Y ENSAMBLE
400 CLS
410 PRINT SPC(10);"*** OBTENIENDO LA MATRIZ DE RIGIDEZ LOCAL
Y GLOBAL ***"
420 PRINT : PRINT
430 FOR K = 1 TO NB
440 LOCATE 4,25 : PRINT "*** BARRA # ";K;" ***"
450 LOCATE 21,60 : COLOR 0,7 : PRINT "MEM. DISP. = "; :
PRINT USING "#####";FRE(AA) : COLOR 7,0
460 OPEN "R", #1, ARDS, 35
470 FIELD #1,3 AS NI$,3 AS NJ$,3 AS TIPO$,3 AS P1$,3 AS P2$,
3 AS P3$,3 AS P4$,3 AS P5$,3 AS P6$,3 AS ARI$,3 AS ARJ$
480 GET #1,2+BT+NA+K
490 AUX(1) = CVI(P1$)
500 AUX(2) = CVI(P2$)
510 AUX(3) = CVI(P3$)
520 AUX(4) = CVI(P4$)
530 AUX(5) = CVI(P5$)
540 AUX(6) = CVI(P6$)
550 AUX(7) = CVI(TIPO$)
560 AUX(8) = CVI(ARI$)
570 AUX(9) = CVI(ARJ$)
580 CLOSE #1
590 REM LECTURA DE DATOS DE LA BARRA
600 OPEN "R", #1, ARD$, 35
610 FIELD #1,7 AS LS$,7 AS ANG$,7 AS AA$,7 AS AC$,7 AS I$
620 GET #1,(AUX(7) + 2)
630 L = CVS(L$)
640 ANG = CVS(ANG$) : C = COS(ANG * 3.141592654# / 180) :
S = SIN(ANG * 3.141592654# / 180)
650 AA = CVS(AA$)
660 AC = CVS(AC$)
670 IN = CVS(I$)
680 CLOSE #1
690 REM CREACION DE MATRIZ DE RIGIDEZ LOCAL
700 FIY = ((12 * E * IN) / (AA * G * L^2)) * (AA / AC)
710 SEC(1,1) = E * AA / L : SEC(2,2) = 12 * E * IN / ((1+FIY)
* L^3) : SEC(3,3) = ((4+FIY) * E * IN) / ((1+FIY) * L)

```



```

720 SEC(2,3) = 6 * E * IN / ((1+FIY) * L^2) :
SEC(3,6) = ((2-FIY) * E * IN) / ((1+FIY) * L)
730 SEC(1,4) = - SEC(1,1) : SEC(4,4) = SEC(1,1)
740 SEC(2,5) = - SEC(2,2) : SEC(5,5) = SEC(2,2)
750 SEC(6,6) = SEC(3,3) : SEC(2,6) = SEC(2,3)
760 SEC(3,5) = - SEC(2,3)
770 SEC(5,6) = - SEC(2,3)
780 IF DESPS = "S" THEN RETURN
790 FAC = (1+FIY) / (4+FIY)
800 IF (AUX(8) = 1) AND (AUX(9) = 1) THEN GOSUB 1370
810 IF AUX(8) = 1 THEN GOSUB 1150
820 IF AUX(9) = 1 THEN GOSUB 1260
830 REM ENSAMBLE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ LOCAL
840 KL(K,1) = SEC(1,1) : KL(K,2) = SEC(1,4)
850 KL(K,3) = SEC(2,2) : KL(K,4) = SEC(2,3)
860 KL(K,5) = SEC(2,5) : KL(K,6) = SEC(2,6)
870 KL(K,7) = SEC(3,3) : KL(K,8) = SEC(3,5)
880 KL(K,9) = SEC(3,6) : KL(K,10) = SEC(4,4)
890 KL(K,11) = SEC(5,5) : KL(K,12) = SEC(5,6)
900 KL(K,13) = SEC(6,6)
910 REM TRANSFORMACION A REFERENCIA GLOBAL
920 GLO(1,1) = C^2 * SEC(1,1) + S^2 * SEC(2,2) :
GLO(1,2) = C * S * (SEC(1,1) - SEC(2,2))
930 GLO(1,3) = -S * SEC(2,3) : GLO(1,4) = C^2 * SEC(1,4) +
S^2 * SEC(2,5)
940 GLO(1,5) = C * S * (SEC(1,4) - SEC(2,5)) :
GLO(1,6) = -S * SEC(2,6)
950 GLO(2,2) = S^2 * SEC(1,1) + C^2 * SEC(2,2) :
GLO(2,3) = C * SEC(2,3)
960 GLO(2,4) = S * C * (SEC(1,4) - SEC(2,5)) :
GLO(2,5) = S^2 * SEC(1,4) + C^2 * SEC(2,5)
970 GLO(2,6) = C * SEC(2,6)
980 GLO(3,3) = SEC(3,3) : GLO(3,4) = -S * SEC(3,5)
990 GLO(3,5) = C * SEC(3,5) : GLO(3,6) = SEC(3,6)
1000 GLO(4,4) = C^2 * SEC(4,4) + S^2 * SEC(5,5) :
GLO(4,5) = C * S * (SEC(4,4) - SEC(5,5))
1010 GLO(4,6) = -S * SEC(5,6) : GLO(5,5) = S^2 * SEC(4,4) +
C^2 * SEC(5,5)
1020 GLO(5,6) = C * SEC(5,6) : GLO(6,6) = SEC(6,6)
1030 REM ENSAMBLE DE MATRIZ GLOBAL
1040 FOR I = 1 TO 6
1050 IF AUX(I) = 0 THEN 1120
1060 FOR J = 1 TO 6
1070 IF AUX(J) = 0 THEN 1110
1080 IF AUX(J) < AUX(I) OR (AUX(J)-AUX(I)) > AB THEN 1110
1090 JP = AUX(J) + 1 - AUX(I)
1100 KG(AUX(I),JP) = KG(AUX(I),JP) + GLO(I,J)
1110 NEXT J
1120 NEXT I
1130 NEXT K
1140 GOTO 1450
1150 REM CORRECCION POR ARTICULACION EN I
1160 SEC(2,2) = FAC * SEC(2,2) : SEC(2,5) = FAC * SEC(2,5)
1170 SEC(2,6) = 2 * FAC * SEC(2,6)

```

```

1180 SEC(5,5) = FAC * SEC(5,5) : SEC(5,6) = 2 * FAC *
SEC(5,6)
1190 SEC(6,6) = 12 * FAC * SEC(6,6) / (4+PIY)
1200 I = 3
1210 FOR J = 1 TO 6
1220 SEC(I,J) = 0 : SEC(J,I) = 0
1230 NEXT J
1240 SEC(3,3) = 1E-12
1250 RETURN
1260 REM CORRECCION POR ARTICULACION EN J
1270 SEC(2,2) = FAC * SEC(2,2) : SEC(2,3) = 2 * FAC *
SEC(2,3)
1280 SEC(2,5) = FAC * SEC(2,5)
1290 SEC(3,3) = 12 * FAC * SEC(3,3) / (4+PIY) :
SEC(3,5) = 2 * FAC * SEC(3,5)
1300 SEC(5,5) = FAC * SEC(5,5)
1310 I = 6
1320 FOR J = 1 TO 6
1330 SEC(I,J) = 0 : SEC(J,I) = 0
1340 NEXT J
1350 SEC(6,6) = 1E-12
1360 RETURN
1370 REM CORRECCION POR ARTICULACION EN I J
1380 FOR I = 1 TO 6
1390 FOR J = I TO 6
1400 IF (I=1 AND J=1) OR (I=1 AND J=4) OR (I=4 AND J=4) THEN
1420
1410 SEC(I,J) = 0
1420 NEXT J
1430 NEXT I
1440 RETURN
1450 REM TRIANGULACION
1460 CLS
1470 PRINT SPC(25); "**** TRIANGULACION ****"
1480 PRINT : PRINT
1490 PRINT ". ";
1500 KG(1,1) = SQR(KG(1,1))
1510 FOR J = 2 TO AB
1520 IF KG(1,1) = 0 THEN KG(1,1) = 1E-12
1530 KG(1,J) = KG(1,J) / KG(1,1)
1540 NEXT J
1550 PRINT ". ";
1560 KG(2,1) = SQR(KG(2,1) - KG(1,2)^2)
1570 A = 0
1580 FOR I = 2 TO GDL - 1
1590 A = A + 1
1600 FOR J = I+1 TO AB+A
1610 B = -1
1620 XX = 0
1630 FOR K = 1 TO I-1 STEP 1
1640 B = B + 1
1650 IF (J-B) > AB THEN 1670
1660 XX = XX + KG(K,I-B)*KG(K,J-B)
1670 NEXT K

```

```

1680 IF KG(I,I-A) = 0 THEN KG(I,I-A) = 1E-12
1690 KG(I,J-A) = (KG(I,J-A) - XX) / KG(I,I-A)
1700 NEXT J
1710 XX = 0
1720 C = I + 1
1730 IF C > AB THEN C = AB
1740 D = I + 1 - AB
1750 IF D < 0 THEN D = 0
1760 D = D + 1
1770 FOR K = D TO I
1780 XX = XX + KG(K,C)^2
1790 C = C - 1
1800 NEXT K
1810 KG(I+1,1) = SQRT(KG(I+1,1) - XX)
1820 PRINT "-.";
1830 NEXT I
1840 REM CARGA DEL VECTOR DE FUERZAS
1850 FOR NC = 1 TO CC
1860 DIM U(GDL),F(GDL),Y(GDL)
1870 CLS : PRINT SPC(20);"*** CONDICION DE CARGA #";NC;
"***" : PRINT
1880 IF IMPRE = 1 OR IMPRE = 2 THEN LPRINT SPC(20);
"*** CONDICION DE CARGA #";NC;"***" : LPRINT
1890 CS = RIGHTS(STRS(NC),1)
1900 ARCS = "C:" + ARS + ".C" + CS
1910 ARS = "C:" + ARS + ".E" + CS
1920 OPEN "R", #1, ARCS, 13
1930 FIELD #1, 13 AS TCS
1940 GET #1,1
1950 TCS = TCS
1960 XX = 2
1970 FIELD #1, 13 AS FGS
1980 FOR I = 1 TO GDL
1990 GET #1,XX
2000 F(I) = CVS(FGS)
2010 XX = XX + 1
2020 NEXT I
2030 CLOSE #1
2040 REM SUSTITUCION HACIA ADELANTE
2050 Y(1) = F(1) / KG(1,1)
2060 Y(2) = (F(2)-Y(1)*KG(1,2))/KG(2,1)
2070 FOR I = 3 TO GDL
2080 EE = 1
2090 II = I
2100 XX = 0
2110 IF I > AB THEN EE = I - AB + 1 : II = AB
2120 FOR J = EE TO I-1
2130 XX = XX + Y(J) * KG(J,II)
2140 II = II - 1
2150 NEXT J
2160 Y(I) = (F(I)-XX)/KG(I,1)
2170 PRINT "-.";
2180 NEXT I
2190 PRINT

```

```

2200 REM SUSTITUCION HACIA ATRAS
2210 U(GDL) = Y(GDL) / KG(GDL,1)
2220 U(GDL-1) = (Y(GDL-1) - KG(GDL-1,2) * U(GDL)) /
KG(GDL-1,1)
2230 FOR I = GDL-2 TO 1 STEP -1
2240 XX = 0
2250 FF = GDL - I + 1
2260 GG = AB - FF
2270 IF FF > AB THEN FF = AB
2280 IF GG > 0 THEN GG = 0
2290 FOR J = FF TO 2 STEP -1
2300 XX = XX + U(GDL+GG)*KG(I,J)
2310 GG = GG - 1
2320 NEXT J
2330 U(I) = (Y(I) - XX) / KG(I,1)
2340 PRINT "-.";
2350 NEXT I
2360 ERASE F : ERASE Y : DIM DES(NN,3)
2370 PRINT
2380 REM CORRECCION POR ARTICULACION
2390 OPEN "R", #2, ARDS, 35
2400 FIELD #2, 3 AS NI$, 3 AS NJ$, 3 AS TIPO$, 3 AS PI$,
3 AS P2$, 3 AS P3$, 3 AS P4$, 3 AS P5$, 3 AS P6$, 3 AS ARIS,
3 AS ARJ$
2410 XX = 3 + BT + NA
2420 FOR I = 1 TO NB
2430 GET #2, XX
2440 NI = CVI(NI$)
2450 NJ = CVI(NJ$)
2460 AUX(1) = CVI(PI$)
2470 AUX(2) = CVI(P2$)
2480 AUX(3) = CVI(P3$)
2490 AUX(4) = CVI(P4$)
2500 AUX(5) = CVI(P5$)
2510 AUX(6) = CVI(P6$)
2520 AUX(7) = CVI(TIPO$)
2530 AUX(8) = CVI(ARIS)
2540 AUX(9) = CVI(ARJ$)
2550 IF AUX(8) = 1 AND AUX(9) = 1 THEN DESPS = "S" :
GOSUB 590 : U(AUX(3)) = (1 / L) * (U(AUX(5)) - U(AUX(2))) :
U(AUX(6)) = U(AUX(3)) : GOTO 2580
2560 IF AUX(8) = 1 THEN DESPS = "S" : GOSUB 590 :
U(AUX(3)) = - (1 / SEC(3,3)) * (SEC(3,2) * U(AUX(2)) +
SEC(3,5) * U(AUX(5)) + SEC(3,6) * U(AUX(6))) : GOTO 2580
2570 IF AUX(9) = 1 THEN DESPS = "S" : GOSUB 590 :
U(AUX(6)) = - (1 / SEC(6,6)) * (SEC(6,2) * U(AUX(2)) +
SEC(6,3) * U(AUX(3)) + SEC(6,5) * U(AUX(5)))
2580 FOR J = 1 TO 3
2590 DES(NI,J) = U(AUX(J))
2600 DES(NJ,J) = U(AUX(J+3))
2610 NEXT J
2620 XX = XX + 1
2630 NEXT I
2640 CLOSE # 2

```

```

2650 REM IMPRESION DE DESPLAZAMIENTOS
2660 IF IMPRE = 1 OR IMPRE = 2 THEN 2830
2670 CLS
2680 PRINT SPC(11);"CONDICION *** ";TCS;" ****"
2690 PRINT
2700 PRINT SPC(18);"M A R C O ";T$
2710 PRINT : PRINT
2720 PRINT "NUDO          DESP. X    DESP. Y    GIRO"
2730 PRINT
2740 FOR I = 1 TO NN
2750 PRINT USING "\          \";STR$(I);
2760 FOR J = 1 TO 3
2770 PRINT USING "  ##.##^";DES(I,J);
2780 NEXT J
2790 PRINT
2800 NEXT I
2810 PRINT
2820 GOTO 2970
2830 LPRINT SPC(11);"CONDICION *** ";TCS;" ****"
2840 LPRINT
2850 LPRINT SPC(18);"M A R C O ";T$
2860 LPRINT : LPRINT
2870 LPRINT "NUDO          DESP. X    DESP. Y    GIRO"
2880 LPRINT
2890 FOR I = 1 TO NN
2900 LPRINT USING "\          \";STR$(I);
2910 FOR J = 1 TO 3
2920 LPRINT USING "  ##.##^";DES(I,J);
2930 NEXT J
2940 LPRINT
2950 NEXT I
2960 LPRINT
2970 ERASE U
2980 REM ELEMENTOS MECANICOS
2990 IF IMPRE = 1 THEN 3080
3000 CLS
3010 PRINT SPC(23);"CONDICION *** ";TCS;" ****"
3020 PRINT
3030 PRINT SPC(29);"M A R C O ";T$
3040 PRINT : PRINT
3050 PRINT "BARRA          ";AXIAL          ";MI          ";
"MJ"; "VI          ";VJ"
3060 PRINT
3070 GOTO 3160
3080 IF (NB + NN) > 40 THEN LPRINT CHR$(12) ELSE LPRINT :
LPRINT
3090 LPRINT SPC(22);"**** CONDICION DE CARGA #";NC;" ****" :
LPRINT
3100 LPRINT SPC(23);"CONDICION *** ";TCS;" ****"
3110 LPRINT
3120 LPRINT SPC(29);"M A R C O ";T$
3130 LPRINT : LPRINT
3140 LPRINT "BARRA          ";AXIAL          ";MI          ";
"MJ          ";VI          ";VJ"

```

```

3150 LPRINT
3160 OPEN "R", #1, ARD$, 35
3170 OPEN "R", #2, ARC$, 13
3180 OPEN "R", #3, ARE$, 50
3190 FOR I = 1 TO NB
3200 FIELD #1,3 AS NI$, 3 AS NJ$, 3 AS TIPO$, 3 AS PI$,
3 AS P2$, 3 AS P3$, 3 AS P4$, 3 AS P5$, 3 AS P6$, 3 AS ARI$,
3 AS ARJ$
3210 XX = 2 + BT + NA + I
3220 GET #1, XX
3230 NI = CVI(NI$)
3240 NJ = CVI(NJ$)
3250 TIPO = CVI(TIPO$)
3260 ARI = CVI(ARI$)
3270 ARJ = CVI(ARJ$)
3280 FIELD #1, 7 AS L$, 7 AS ANG$, 7 AS AAS$, 7 AS AC$,
7 AS IN$
3290 XX = 2 + TIPO
3300 GET #1, XX
3310 ANG = CVS(ANG$) : C = COS(ANG * 3.141592654# / 180) :
S = SIN(ANG * 3.141592654# / 180)
3320 REM TRANSFORMACION DEL DESPLAZAMIENTO A REFERENCIA
LOCAL
3330 UL(1) = C * DES(NI,1) + S * DES(NI,2)
3340 UL(2) = C * DES(NI,2) - S * DES(NI,1)
3350 UL(3) = DES(NI,3)
3360 UL(4) = C * DES(NJ,1) + S * DES(NJ,2)
3370 UL(5) = C * DES(NJ,2) - S * DES(NJ,1)
3380 UL(6) = DES(NJ,3)
3390 REM OBTENCION DEL VECTOR KU
3400 KU(1) = KL(I,1) * UL(1) + KL(I,2) * UL(4)
3410 KU(2) = KL(I,3) * UL(2) + KL(I,4) * UL(3) + KL(I,5) *
UL(5) + KL(I,6) * UL(6)
3420 KU(3) = KL(I,4) * UL(2) + KL(I,7) * UL(3) + KL(I,8) *
UL(5) + KL(I,9) * UL(6)
3430 KU(4) = KL(I,2) * UL(1) + KL(I,10) * UL(4)
3440 KU(5) = KL(I,5) * UL(2) + KL(I,8) * UL(3) + KL(I,11) *
UL(5) + KL(I,12) * UL(6)
3450 KU(6) = KL(I,6) * UL(2) + KL(I,9) * UL(3) + KL(I,12) *
UL(5) + KL(I,13) * UL(6)
3460 REM LECTURA DEL VECTOR DE FIJACION LOCAL
3470 FO(1) = 0 : FO(4) = 0
3480 XX = 2 + GDL
3490 FIELD #2, 13 AS FFO$
3500 GET #2, XX
3510 NBC = CVS(FFO$)
3520 IF NBC = 0 THEN 3730
3530 XX = XX + 1
3540 GET #2, XX
3550 BA = CVS(FFO$)
3560 IF BA <> I THEN 3700
3570 XX = XX + 1
3580 GET #2, XX
3590 FO(2) = CVS(FFO$)

```

```

3600 XX = XX + 1
3610 GET #2, XX
3620 FO(3) = CVS(FFO$)
3630 XX = XX + 1
3640 GET #2, XX
3650 FO(5) = CVS(FFO$)
3660 XX = XX + 1
3670 GET #2, XX
3680 FO(6) = CVS(FFO$)
3690 GOTO 3740
3700 XX = XX + 5
3710 IF XX > (J + GDL + NBC * 5) THEN 3730
3720 GOTO 3540
3730 FO(2) = 0 : FO(3) = 0 : FO(5) = 0 : FO(6) = 0
3740 REM OBTENCION DEL VECTOR DE FUERZAS EXTERNAS
3750 FOR J = 1 TO 6
3760 FE(J) = KU(J) + FO(J)
3770 NEXT J
3780 REM IMPRESION Y GRABACION DE ELEMENTO MECANICOS
3790 FIELD #3, 10 AS N$, 10 AS MI$, 10 AS MJ$, 10 AS VI$,
10 AS VJ$
3800 LSET N$ = MKS$(FE(1))
3810 LSET MI$ = MKS$(-FE(3))
3820 LSET MJ$ = MKS$(FE(6))
3830 LSET VI$ = MKS$(FE(2))
3840 LSET VJ$ = MKS$(FE(5))
3850 PUT #3, I
3860 IF IMPRE = 1 THEN LPRINT USING "\          \";STR$(I); ;
LPRINT USING " ###.##^";FE(1);-FE(3);FE(6);FE(2);FE(5)
3870 IF IMPRE = 2 OR IMPRE = 3 THEN PRINT USING "\          \";
STR$(I); ; PRINT USING " ###.##^";FE(1);-FE(3) ; FE(6) ;
FE(2);FE(5)
3880 NEXT I
3890 IF IMPRE = 1 OR IMPRE = 2 THEN LPRINT CHR$(12) ELSE CLS
3900 ERASE DES
3910 CLOSE #1
3920 CLOSE #2
3930 CLOSE #3
3940 NEXT NC
3950 CLS : BEEP
3960 LOCATE 1,12 : INPUT "QUIERES EJECUTAR NUEVAMENTE
EJECUCION DE MARCO (N) ";OP$
3970 IF OP$ = "S" THEN 10
3980 CHAIN "C:MENU"
3990 END
4000 REM SUBROUTINA DE CORRECCION DE ERRORES
4005 PRINT ERR,ERL
4010 IF ERR = 11 THEN RESUME
4020 IF ERR = 5 THEN RESUME NEXT
4030 IF ERR = 24 THEN ER$ = "IMPRESORA FUERA DE LINEA"
4040 IF ERR = 27 THEN ER$ = "NO HAY PAPEL"
4050 CLS : COLOR 0,7 : LOCATE 12,30 : PRINT ER$ : COLOR 7,0
4060 RESUME

```

## 7.6 PROGRAMA " DISTRAB "

Este programa tiene la finalidad de diseñar trabes de concreto reforzado por el método de los esfuerzos admisibles.

Para su ejecución necesitan los siguientes datos :

- Archivo de datos generales.
- Número de barras que integran la trabe. Si se emplean hojas de papel tamaño carta (11 " x 8 1/2 ") el máximo número de barras que puede imprimir son 5; si se utiliza papel tamaño doble carta (11 " x 15 ") se pueden lograr imprimir hasta nueve barras.
- Identificar el número con que fue numerada cada barra en la estructura original.
- Número de las tres condiciones de carga necesarias.
- Esfuerzo de fluencia del concreto.



En el proceso de diseño existe la posibilidad de dimensionar la sección transversal de concreto proponiendo la base de la misma o el peralte, pudiéndose realizar varias veces el proceso de dimensionamiento. Además se pueden corregir ambas dimensiones para uniformizar todas las trabes de un entrepiso (p. ejem.).

El programa después de haber impreso los valores de los momentos flexionantes, fuerzas cortantes y áreas de acero correspondientes al refuerzo necesario por flexión, imprimirá la separación necesaria de los estribos, iniciando con estribos de  $1/4" \phi$ , hasta llegar a estribos de  $1/2" \phi$ . En caso de que para un diámetro específico de estribos la separación esté regida por alguna de las separaciones mínimas ya no se continuará imprimiendo las separaciones de estribos de mayor diámetro.

El listado del programa para diseñar trabes de concreto reforzado es el siguiente :

```

10 REM PROGRAMA PARA LEER LOS ELEMENTOS MECANICOS Y
20 REM DISEÑAR EN CONCRETO TRABES Y CONTRATRABES
30 CLS : CLEAR
40 PRINT SPC(25);"*** DISEÑO DE TRABES ***"
50 PRINT : PRINT
60 INPUT "ARCHIVO :";AR$
70 PRINT : PRINT
80 INPUT "CONDICION VERTICAL # ";C(1)
90 INPUT "CONDICION V + SISMO # ";C(2)
100 INPUT "CONDICION V - SISMO # ";C(3)
110 CLS
120 INPUT "NUMERO DE BARRAS DE LA TRABE ";NT
130 IF NT = 0 THEN GOTO 4110
140 PRINT

```

```

150 INPUT "NIVEL ";NIVS
160 DIM NB(NT),MI(5,NT),MJ(5,NT),MR(5,NT),VI(5,NT),VJ(5,NT),
L(NT),W(NT),P(4,NT),X(4,NT),AREA(4,NT*3),EST(4,NT*2),
AUX(CARGAS)
170 PRINT
180 FOR I = 1 TO NT
190 PRINT "BARRA #";I;" "; : INPUT NB(I)
200 NEXT I
210 CLS
220 ON ERRO GOTO 4170
230 PRINT SPC(25);"*** MENU PRINCIPAL ***"
240 PRINT : PRINT
250 PRINT " 1.- IMPRESION DE ELEMENTOS MECANICOS DE LA
TRABE"
260 PRINT
270 PRINT " 2.- IMPRESION DE ELEMENTOS MECANICOS Y DISEÑO DE
LA TRABE"
280 PRINT : PRINT
290 PRINT "ELIGE LA OPCION ";
300 OP$ = INKEY$
310 IF OP$ = "" THEN 300
320 OP = VAL(OP$)
330 PRINT "<;OP;"
340 REM LECTURA DE ELEMENTOS MECANICOS
350 FOR I = 1 TO 3
360 IF C(I) = 0 THEN 480
370 ARS$ = "C:" + ARS + ".E" + RIGHT$(STR$(C(I)),1)
380 OPEN "R", #1, ARS$, 50
390 FIELD #1, 10 AS N$, 10 AS MI$, 10 AS MJ$, 10 AS VI$,
10 AS VJ$
400 FOR J = 1 TO NT
410 GET #1,NB(J)
420 MI(I,J) = CVS(MI$)
430 MJ(I,J) = CVS(MJ$)
440 VI(I,J) = CVS(VI$)
450 VJ(I,J) = CVS(VJ$)
460 NEXT J
470 CLOSE #1
480 NEXT I
490 REM OBTENCION DE LONGITUD Y CARGA DE CADA BARRA
500 ARD$ = "C:" + ARS + ".DG"
510 ARC$ = "C:" + ARS + ".C" + RIGHT$(STR$(C(1)),1)
520 OPEN "R", #2, ARD$, 35
530 OPEN "R", #3, ARC$, 13
540 FIELD #2, 21 AS TT$, 7 AS E$, 7 AS G$
550 GET #2, 1
560 T$ = TT$
570 EC = CVS(E$)
580 FIELD #2, 3 AS NB$,3 AS NN$,3 AS NA$,3 AS BT$,3 AS CC$,
3 AS AB$,3 AS GD$
590 GET #2, 2
600 NB = CVI(NB$)
610 NA = CVI(NA$)
620 BT = CVI(BT$)

```

```

630 GDL = CVI(GDL$)
640 FOR I = 1 TO NT
650 AUX$ = ""
660 XKD = 2 + BT + NA + NB(I)
670 FIELD #2,3 AS NI$,3 AS NJ$,3 AS TIPO$,3 AS P1$,3 AS P2$,
3 AS P3$,3 AS P4$,3 AS P5$,3 AS P6$,3 AS ARI$,3 AS ARJ$
680 GET #2, XKD
690 BTIP = CVI(TIPO$)
700 XKD = 2 + BTIP
710 FIELD #2, 7 AS L$,7 AS ANG$,7 AS AA$,7 AS AC$,7 AS I$
720 GET #2, XKD
730 L(I) = CVS(L$)
740 XKC = GDL + 2
750 FIELD #3, 13 AS NBC$
760 GET #3, XKC
770 NBC = CVS(NBC$)
780 XKC = 3 + GDL + (5 * NBC)
790 FIELD #3, 5 AS CAR$
800 GET #3, XKC
810 CARGAS = CVS(CAR$)
820 XKC = XKC + 1
830 ERASE AUX : DIM AUX(CARGAS)
840 FOR J = 1 TO CARGAS
850 FIELD #3, 6 AS W$, 5 AS NP$
860 GET #3, XKC
870 AUX(J) = XKC
880 W(I) = CVS(W$)
890 NP = CVS(NP$)
900 XKC = XKC + 1
910 FOR K = 1 TO NP
920 FIELD #3, 8 AS P$, 5 AS X$
930 GET #3, XKC
940 P(K,I) = CVS(P$)
950 X(K,I) = CVS(X$)
960 XKC = XKC + 1
970 NEXT K
980 IF AUX$ = "S" THEN RETURN
990 NEXT J
1000 FIELD #3, 5 AS NUD$
1010 GET #3, XKC
1020 NUDOS = CVS(NUD$)
1030 XKC = XKC + 1
1040 IF NUDOS = 0 THEN 1100
1050 FOR J = 1 TO NUDOS
1060 FOR K = 1 TO 4
1070 XKC = XKC + 1
1080 NEXT K
1090 NEXT J
1100 XKC = XKC + NB(I) - 1
1110 FIELD #3, 5 AS INC$
1120 GET #3, XKC
1130 TIPO = CVS(INC$)
1140 XKC = AUX(TIPO) : J = TIPO : AUX$ = "S" : GOSUB 850
1150 REM OBTENCION DEL MOMENTO MAXIMO AL CENTRO DEL CLARO

```

```

1160 FOR II = 1 TO 3
1170 MR(II,I) = 0
1180 IF SGN(VI(II,I)) <> SGN(VJ(II,I)) THEN MR(II,I) = 0 :
GOTO 1380
1190 FOR Y = 0 TO (L(I) + L(I)/20) STEP (L(I)/20)
1200 NN = VI(II,I) * Y - W(I) * Y^2 / 2 + MI(II,I)
1210 IF NP = 0 THEN 1260
1220 FOR T = 1 TO NP
1230 IF Y < X(T,I) THEN 1260
1240 NN = NN - P(T,I) * (Y-X(T,I))
1250 NEXT T
1260 IF (Y-.05) > L(I) THEN 1290
1270 IF ABS(MR(II,I)) < ABS(NN) AND SGN(NN) = SGN(W(I)) THEN
MR(II,I) = NN
1280 NEXT Y
1290 IF NP = 0 THEN 1380
1300 FOR J = 1 TO NP
1310 NN = VI(II,I) * X(II,I) - W(I) * X(II,I)^2 / 2 +
MI(II,I)
1320 IF J = 1 THEN 1360
1330 FOR K = 1 TO (J-1)
1340 NN = NN - P(K,I) * (X(J,I)-X(K,I))
1350 NEXT K
1360 IF ABS(MR) < ABS(NN) AND SGN(NN) = SGN(W(I)) THEN
MR(II,I) = NN
1370 NEXT J
1380 NEXT II
1390 REM OBTENCION DE LOS MOMENTOS Y CORTANTES QUE RIGEN
1400 MI(4,I) = 1 : MI(5,I) = -1
1410 MJ(4,I) = 1 : MJ(5,I) = -1
1420 MR(4,I) = 1 : MR(5,I) = -1
1430 VI(4,I) = 1 : VI(5,I) = -1
1440 VJ(4,I) = 1 : VJ(5,I) = -1
1450 IF SGN(MI(1,I)) = 1 THEN MI(4,I) = MI(1,I)
1460 IF SGN(MI(1,I)) = -1 THEN MI(5,I) = MI(1,I)
1470 IF SGN(MJ(1,I)) = 1 THEN MJ(4,I) = MJ(1,I)
1480 IF SGN(MJ(1,I)) = -1 THEN MJ(5,I) = MJ(1,I)
1490 IF SGN(MR(1,I)) = 1 THEN MR(4,I) = MR(1,I)
1500 IF SGN(MR(1,I)) = -1 THEN MR(5,I) = MR(1,I)
1510 IF SGN(VI(1,I)) = 1 THEN VI(4,I) = VI(1,I)
1520 IF SGN(VI(1,I)) = -1 THEN VI(5,I) = VI(1,I)
1530 IF SGN(VJ(1,I)) = 1 THEN VJ(4,I) = VJ(1,I)
1540 IF SGN(VJ(1,I)) = -1 THEN VJ(5,I) = VJ(1,I)
1550 FOR J = 2 TO 3
1560 MI(J,I) = MI(J,I) / 1.33
1570 MJ(J,I) = MJ(J,I) / 1.33
1580 MR(J,I) = MR(J,I) / 1.33
1590 VI(J,I) = VI(J,I) / 1.33
1600 VJ(J,I) = VJ(J,I) / 1.33
1610 NEXT J
1620 FOR J = 2 TO 3
1630 IF ABS(MI(J,I)) > ABS(MI(4,I)) AND SGN(MI(J,I)) =
SGN(MI(4,I)) THEN MI(4,I) = MI(J,I)

```

```

1640 IF ABS(MI(J,I)) > ABS(MI(5,I)) AND SGN(MI(J,I)) =
SGN(MI(5,I)) THEN MI(5,I) = MI(J,I)
1650 IF ABS(MJ(J,I)) > ABS(MJ(4,I)) AND SGN(MJ(J,I)) =
SGN(MJ(4,I)) THEN MJ(4,I) = MJ(J,I)
1660 IF ABS(MJ(J,I)) > ABS(MJ(5,I)) AND SGN(MJ(J,I)) =
SGN(MJ(5,I)) THEN MJ(5,I) = MJ(J,I)
1670 IF ABS(MR(J,I)) > ABS(MR(4,I)) AND SGN(MR(J,I)) =
SGN(MR(4,I)) THEN MR(4,I) = MR(J,I)
1680 IF ABS(MR(J,I)) > ABS(MR(5,I)) AND SGN(MR(J,I)) =
SGN(MR(5,I)) THEN MR(5,I) = MR(J,I)
1690 IF ABS(VI(J,I)) > ABS(VI(4,I)) AND SGN(VI(J,I)) =
SGN(VI(4,I)) THEN VI(4,I) = VI(J,I)
1700 IF ABS(VI(J,I)) > ABS(VI(5,I)) AND SGN(VI(J,I)) =
SGN(VI(5,I)) THEN VI(5,I) = VI(J,I)
1710 IF ABS(VJ(J,I)) > ABS(VJ(4,I)) AND SGN(VJ(J,I)) =
SGN(VJ(4,I)) THEN VJ(4,I) = VJ(J,I)
1720 IF ABS(VJ(J,I)) > ABS(VJ(5,I)) AND SGN(VJ(J,I)) =
SGN(VJ(5,I)) THEN VJ(5,I) = VJ(J,I)
1730 NEXT J
1740 FOR J = 4 TO 5
1750 IF MI(J,I) = - 1 OR MI(J,I) = 1 THEN MI(J,I) = 0
1760 IF MJ(J,I) = - 1 OR MJ(J,I) = 1 THEN MJ(J,I) = 0
1770 IF MR(J,I) = - 1 OR MR(J,I) = 1 THEN MR(J,I) = 0
1780 IF VI(J,I) = - 1 OR VI(J,I) = 1 THEN VI(J,I) = 0
1790 IF VJ(J,I) = - 1 OR VJ(J,I) = 1 THEN VJ(J,I) = 0
1800 NEXT J
1810 IF ABS(VI(4,I)) < ABS(VI(5,I)) THEN VI(4,I) = VI(5,I)
1820 VI(4,I) = ABS(VI(4,I))
1830 IF ABS(VJ(4,I)) < ABS(VJ(5,I)) THEN VJ(4,I) = VJ(5,I)
1840 VJ(4,I) = ABS(VJ(4,I))
1850 FOR J = 2 TO 3
1860 MI(J,I) = MI(J,I) * 1.33
1870 MJ(J,I) = MJ(J,I) * 1.33
1880 MR(J,I) = MR(J,I) * 1.33
1890 VI(J,I) = VI(J,I) * 1.33
1900 VJ(J,I) = VJ(J,I) * 1.33
1910 NEXT J
1920 NEXT I
1930 CLOSE #2 : CLOSE #3
1940 IF OP = 2 THEN 2400
1950 REM IMPRESION DE ELEMENTOS MECANICOS
1960 CLS : LPRINT CHR$(15) : WIDTH "LPT1:",132
1970 LPRINT SPC(12)"M A R C O ";TS,"N I V E L ";NIV$
1980 LPRINT
1990 LPRINT "BARRA ";: LPRINT SPC(10);
2000 FOR I = 1 TO NT
2010 LPRINT USING "#####";NB(I);: LPRINT SPC(17);
2020 NEXT I
2030 LPRINT : LPRINT
2040 LPRINT "LONG =";: LPRINT SPC(10);
2050 FOR I = 1 TO NT
2060 LPRINT USING "###.##";L(I)/100;: LPRINT SPC(17);
2070 NEXT I
2080 LPRINT : LPRINT

```

```

2090 LPRINT " W "; LPRINT SPC(10);
2100 FOR I = 1 TO NT
2110 LPRINT USING " #####";W(I)*100;; LPRINT SPC(17);
2120 NEXT I
2130 LPRINT : LPRINT
2140 FOR I = 1 TO 5
2150 IF I = 1 THEN CCARS = " MV "
2160 IF I = 2 THEN CCARS = "MV + S"
2170 IF I = 3 THEN CCARS = "MV - S"
2180 IF I = 4 THEN CCARS = "MR(+)"
2190 IF I = 5 THEN CCARS = "MR(-)"
2200 LPRINT CCARS;" ";
2210 FOR J = 1 TO NT
2220 LPRINT USING " #####";MI(I,J)/100; : LPRINT " "; :
LPRINT USING " #####";MR(I,J)/100; : LPRINT " "; : LPRINT
USING" #####";MJ(I,J)/100; : LPRINT " ";
2230 NEXT J
2240 LPRINT : LPRINT
2250 NEXT I
2260 LPRINT : LPRINT : LPRINT
2270 FOR I = 1 TO 4
2280 IF I = 1 THEN CCARS = " VV "
2290 IF I = 2 THEN CCARS = "VV + S"
2300 IF I = 3 THEN CCARS = "VV - S"
2310 IF I = 4 THEN CCARS = " VR "
2320 LPRINT CCARS;" ";
2330 FOR J = 1 TO NT
2340 LPRINT USING " #####";VI(I,J); : LPRINT " "; :
LPRINT USING " #####";VJ(I,J);: LPRINT " ";
2350 NEXT J
2360 LPRINT : LPRINT
2370 NEXT I
2380 IF OP = 1 THEN 4110
2390 IF OP = 2 THEN RETURN
2400 REM OBTENCION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA
SECCION
2410 CLS
2420 PRINT SPC(25);"*** DISEÑO DE TRABES ***"
2430 PRINT : PRINT
2440 INPUT "Fy = ";FY : PRINT : INPUT "F'c = ";FPC
2450 ES = 2040000!
2460 N = ES / EC
2470 FS = .5 * FY : FC = .45 * FPC
2480 VC = .29 * (FPC)^.5 : VMAX = 1.32 * (FPC)^.5
2490 K = 1 / (1 + (FS / (N * FC)))
2500 JD = 1 - K / 3
2510 R = .5 * FC * K * JD
2520 REM OBTENCION DEL MOMENTO MAXIMO PARA DISEÑO
2530 MMAX = 0
2540 FOR I = 1 TO NT
2550 FOR J = 4 TO 5
2560 IF ABS(MMAX) < ABS(MI(J,I)) THEN MMAX = MI(J,I)
2570 IF ABS(MMAX) < ABS(MR(J,I)) THEN MMAX = MR(J,I)
2580 IF ABS(MMAX) < ABS(MJ(J,I)) THEN MMAX = MJ(J,I)

```

```

2590 NEXT J
2600 NEXT I
2610 CLS
2620 PRINT SPC(25);"*** DISEÑO DE SECCION ***"
2630 PRINT : PRINT
2640 PRINT "1.- DISEÑAR SECCION CON LA BASE "
2650 PRINT
2660 PRINT "2.- DISEÑAR SECCION CON EL PERALTE "
2670 PRINT
2680 PRINT "ELIGE LA OPCION ";
2690 OPD$ = INKEY$
2700 IF OPD$ = "" THEN 2690
2710 OPD = VAL(OPD$)
2720 PRINT "<"OPD">" : CLS
2730 IF OPD = 1 THEN INPUT "DAME EL ANCHO DE LA BASE <B> ";B
: D = ABS(MMAX / (1.5 * R * B))^.5 : H = (INT((D+3)/5) + 1)
* 5 : D = H - 3 : GOTO 2760
2740 IF OPD = 2 THEN INPUT "DAME EL VALOR DEL PERALTE <H> ";
H : D = H - 3 : B = ABS(MMAX / (1.5 * R * D^2)) :
B = (INT(B/5) + 1) * 5 : GOTO 2760
2750 GOTO 2610
2760 PRINT : PRINT " SECCION "B" X "H : PRINT :
INPUT "QUIERES PROPONER OTRA SECCION (N) ";SECS :
IF SECS = "S" THEN 2610
2770 CLS
2780 PRINT "SECCION ACTUAL "B" X "H
2790 PRINT : PRINT
2800 INPUT "QUIERES MODIFICAR ALGUNA DIMENSION PARA
UNIFORMIZAR (S) ";UN$
2810 IF UN$ = "N" THEN 2930
2820 PRINT : INPUT "DAME EL ANCHO DE LA BASE <B> ";B
2830 PRINT : INPUT "DAME EL VALOR DEL PERALTE <H> ";H :
D = H - 3
2840 REM REVISION DE LA SECCION POR CORTANTE
2850 VMAX = VMAX * B * D
2860 VA = 0
2870 FOR I = 1 TO NT
2880 IF VA < VI(4,I) THEN VA = VI(4,I)
2890 IF VA < VJ(4,I) THEN VA = VJ(4,I)
2900 NEXT I
2910 IF VA < VMAX THEN 2930
2920 BEEP : PRINT "LA SECCION NO RESISTE EL CORTANTE MAXIMO
= ";VA : PRINT "Y SE ENCUENTRA ESCAZA EN UN "; (VA/VMAX) *
100 ;" % " : GOTO 2770
2930 REM RESTRICCIONES GENERALES
2940 TEMP = .0009 * B * H
2950 AF = (.14 / FY) * B * D
2960 E1 = (.64 / .002) / B : E2 = (.98 / .0015) / B :
E3 = (1.42 / .0015) / B : E4 = (2.54 / .0015) / B
2970 EMIN = .75 * D
2980 MR = R * B * D^2
2990 FSC = ((K*D-3) / (K*D)) * (2*N-1) * FC
3000 IF FSC > FS THEN FSC = FS
3010 REM OBTENCION DE AREAS DE ACERO

```

```

3020 FOR I = 4 TO 5
3030 FOR J = 1 TO NT
3040 IF ABS(MI(I,J)) < MR THEN AREA(I-3,J*3-2) = MI(I,J) /
(FS * JD * D)
3050 IF ABS(MI(I,J)) < MR THEN AREA(I-1,J*3-2) =
- AREA(I-3,J*3-2) / 5 : GOTO 3080
3060 AREA(I-3,J*3-2) = MR / (FS * JD * D) + (ABS(MI(I,J))
- MR) / (FS * (D-3)) : IF SGN(MI(I,J)) = - 1 THEN
AREA(I-3,J*3-2) = - AREA(I-3,J*3-2)
3070 AREA(I-1,J*3-2) = (ABS(MI(I,J)) - MR) / (FSC * (D-3)) :
IF SGN(AREA(I-3,J*3-2)) = SGN(AREA(I-1,J*3-2)) THEN
AREA(I-1,J*3-2) = - AREA(I-1,J*3-2)
3080 IF ABS(MR(I,J)) < MR THEN AREA(I-3,J*3-1) = MR(I,J) /
(FS * JD * D)
3090 IF ABS(MR(I,J)) < MR THEN AREA(I-1,J*3-1) =
- AREA(I-3,J*3-1) / 5 : GOTO 3120
3100 AREA(I-3,J*3-1) = MR / (FS * JD * D) + (ABS(MR(I,J))
- MR) / (FS * (D-3)) : IF SGN(MR(I,J)) = - 1 THEN
AREA(I-3,J*3-1) = - AREA(I-3,J*3-1)
3110 AREA(I-1,J*3-1) = (ABS(MR(I,J)) - MR) / (FSC * (D-3)) :
IF SGN(AREA(I-3,J*3-1)) = SGN(AREA(I-1,J*3-1)) THEN
AREA(I-1,J*3-1) = - AREA(I-1,J*3-1)
3120 IF ABS(MJ(I,J)) < MR THEN AREA(I-3,J*3) = MJ(I,J) /
(FS * JD * D)
3130 IF ABS(MJ(I,J)) < MR THEN AREA(I-1,J*3) =
- AREA(I-3,J*3) / 5 : GOTO 3160
3140 AREA(I-3,J*3) = MR / (FS * JD * D) + (ABS(MJ(I,J))
- MR) / (FS * (D-3)) : IF SGN(MJ(I,J)) = - 1 THEN
AREA(I-3,J*3) = - AREA(I-3,J*3)
3150 AREA(I-1,J*3) = (ABS(MJ(I,J)) - MR) / (FSC * (D-3)) :
IF SGN(AREA(I-3,J*3)) = SGN(AREA(I-1,J*3)) THEN
AREA(I-1,J*3) = - AREA(I-1,J*3)
3160 NEXT J
3170 NEXT I
3180 REM VERIFICANDO PARAMETROS DE AREAS MINIMAS POR
FLEXION
3190 FOR I = 1 TO 2
3200 FOR J = 1 TO (NT * 3)
3210 IF ABS(AREA(I,J)) < AF THEN AREA(I,J) = AREA(I,J) *
1.33 : GOTO 3230
3220 GOTO 3240
3230 IF ABS(AREA(I,J)) > AF THEN AREA(I,J) = AF
3240 NEXT J
3250 NEXT I
3260 REM OBTENIENDO LA MAYOR AREA DE ACERO POSITIVA Y
NEGATIVA
3270 FOR J = 1 TO (NT * 3)
3280 ASS = 1 : AC = - 1
3290 FOR I = 1 TO 4
3300 IF ABS(AREA(I,J)) > ABS(ASS) AND SGN(AREA(I,J)) =
SGN(ASS) THEN ASS = AREA(I,J)
3310 IF ABS(AREA(I,J)) > ABS(AC) AND SGN(AREA(I,J)) =
SGN(AC) THEN AC = AREA(I,J)
3320 NEXT I

```



```

3330 IF ASS = 1 OR ASS = - 1 THEN ASS = 0
3340 IF AC = 1 OR AC = - 1 THEN AC = 0
3350 AREA(1,J) = ASS
3360 AREA(2,J) = AC
3370 NEXT J
3380 REM VERIFICANDO PARAMETROS DE AREAS MINIMAS POR
TEMPERATURA
3390 FOR J = 1 TO (NT * 3)
3400 IF AREA(1,J) < TEMP THEN AREA(1,J) = TEMP
3410 IF ABS(AREA(2,J)) < TEMP THEN AREA(2,J) = - TEMP
3420 NEXT J
3430 REM IMPRESION DE AREAS DE ACERO
3440 GOSUB 1950
3450 LPRINT : LPRINT : LPRINT
3460 LPRINT SPC(12); "SECCION "B" X ";H
3470 LPRINT : LPRINT
3480 FOR I = 1 TO 2
3490 IF I = 1 THEN ACE$ = "As Sup"
3500 IF I = 2 THEN ACE$ = "As Inf"
3510 LPRINT ACE$; " ";
3520 FOR J = 1 TO (NT * 3)
3530 LPRINT USING "###.##"; AREA(I,J); : LPRINT " ";
3540 NEXT J
3550 LPRINT : LPRINT
3560 NEXT I
3570 REM OBTENCION DE SEPARACION DE ESTRIBOS
3580 VR = VC * B * D
3590 FOR I = 1 TO NT
3600 VP = VI(4,I) - VR - (ABS(W(I)) * D)
3610 IF VP < 0 THEN VP = .0001
3620 GOSUB 3760
3630 EST(1,I*2-1) = SEP1
3640 EST(2,I*2-1) = SEP2
3650 EST(3,I*2-1) = SEP3
3660 EST(4,I*2-1) = SEP4
3670 VP = VJ(4,I) - VR - (ABS(W(I)) * D)
3680 IF VP < 0 THEN VP = .0001
3690 GOSUB 3760
3700 EST(1,I*2) = SEP1
3710 EST(2,I*2) = SEP2
3720 EST(3,I*2) = SEP3
3730 EST(4,I*2) = SEP4
3740 NEXT I
3750 GOTO 3990
3760 REM SUBROUTINA AUXILIAR
3770 SEP1 = (.64 * 1265 * D) / VP
3780 SEP2 = (.98 * 2000 * D) / VP
3790 SEP3 = (1.42 * 2000 * D) / VP
3800 SEP4 = (2.54 * 2000 * D) / VP
3810 REM REVISION DE ESTRIBOS MINIMOS POR TEMPERATURA
3820 IF SEP1 > E1 THEN SEP1 = E1
3830 IF SEP2 > E2 THEN SEP2 = E2
3840 IF SEP3 > E3 THEN SEP3 = E3
3850 IF SEP4 > E4 THEN SEP4 = E4

```

```

3860 REM SEPARACION MINIMA POR PERALTE
3870 IF SEP1 > EMIN THEN SEP1 = EMIN
3880 IF SEP2 > EMIN THEN SEP2 = EMIN
3890 IF SEP3 > EMIN THEN SEP3 = EMIN
3900 IF SEP4 > EMIN THEN SEP4 = EMIN
3910 NE = 1
3920 IF SEP1 = SEP2 THEN RETURN
3930 NE = 2
3940 IF SEP2 = SEP3 THEN RETURN
3950 NE = 3
3960 IF SEP3 = SEP4 THEN RETURN
3970 NE = 4
3980 RETURN
3990 REM IMPRESION DE ESTRIBOS
4000 FOR I = 1 TO NE
4010 IF I = 1 THEN EST$ = "e 1/4e"
4020 IF I = 2 THEN EST$ = "e5/16e"
4030 IF I = 3 THEN EST$ = "e 3/8e"
4040 IF I = 4 THEN EST$ = "e 1/2e"
4050 LPRINT EST$;" ";
4060 FOR J = 1 TO NT
4070 LPRINT USING "#####";EST(I,J*2-1); ; LPRINT "
"; ; LPRINT USING "#####";EST(I,J*2); ; LPRINT " ";
4080 NEXT J
4090 LPRINT ; LPRINT
4100 NEXT I
4110 LPRINT CHR$(12)
4120 CLS ; BEEP
4130 LOCATE 1,12 : INPUT "QUIERES EJECUTAR NUEVAMENTE DISEÑO
DE TRABES (N) ";OP$
4140 IF OP$ = "S" THEN 10
4150 CHAIN "C:MENU"
4160 END
4170 REM SUBROUTINA DE CORRECCION DE ERRORES
4180 IF ERR = 11 THEN RESUME
4190 IF ERR = 5 THEN RESUME NEXT
4200 IF ERR = 24 THEN ER$ = "IMPRESORA FUERA DE LINEA"
4210 IF ERR = 27 THEN ER$ = "NO HAY PAPEL"
4220 CLS ; COLOR 0,7 ; LOCATE 12,30 : PRINT ER$ ; COLOR 7,0
4230 RESUME

```

## 7.7 PROGRAMA " DISCOL "

El programa " DISCOL " tiene la función de diseñar columnas cortas de concreto reforzado trabajando en flexocompresión biaxial según el método de los esfuerzos admisibles.

Los valores que necesita para realizar el proceso son :

- Número de barras que componen la columna.
- Nombre del archivo de datos generales del marco en el sentido X que contiene a la columna en cuestión.  
(en caso de que no exista teclear solamente RETURN).
- Número de cada barra que compone la columna en el sentido X, correspondiente a la numeración global de la estructura.
- Nombre del archivo de datos generales del marco en el sentido Y que contiene a la columna en cuestión.  
(en caso de que no exista teclear solamente RETURN).
- Número de cada barra que compone la columna en el sentido Y, correspondiente a la numeración global de la estructura.

- Número de las cuatro condiciones de carga necesarias.  
(en caso de que no exista la cuarta condición de carga por no existir marcos en las dos direcciones teclear solamente RETURN).
  
- Esfuerzo de fluencia del concreto.
  
- Características de la sección transversal.
  - Dimensión de la columna en el sentido X
  - Dimensión de la columna en el sentido Y
  - Recubrimiento

El programa imprimirá los valores de los diferentes elementos mecánicos (carga axial y momento flexionante) de todas las barras que componen la columna, y posteriormente imprimirá las tres relaciones de interacción para los 8 porcentajes de acero de refuerzo propuesto.

Con éstos valores sólo resta proponer un armado que tenga un área de acero mayor o igual al área de acero que haya regido en las relaciones de interacción, y con base en este armado proponer los estribos necesarios para garantizar un adecuado confinamiento a la columna.

El listado del programa para diseñar columnas cortas de concreto reforzado se presenta a continuación :

```

10 REM PROGRAMA PARA LA IMPRESION DE ELEMENTOS MECANICOS
20 REM Y PARA EL DISEÑO ELASTICO DE COLUMNAS DE CONCRETO
30 CLEAR
40 DIM PMX(8,6),PMY(8,6)
50 CLS
60 PRINT SPC(23);"*** DISEÑO DE COLUMNAS ***"
70 PRINT : PRINT
80 INPUT "NUMERO DE BARRAS DE LA COLUMNA ";NB
90 PRINT
100 PRINT "CRUCERO ";"_____"; : LOCATE 6,8 : INPUT CRUC$
110 DIM NBX(NB),MY(NB,6),PX(NB,3),NBY(NB),MX(NB,6),PY(NB,3),
NIVS(NB),P(NB,3),MRX1(NB,8),MRX2(NB,8),MRX3(NB,8),MRY1(NB,8)
MRY2(NB,8),MRY3(NB,8),INT1(NB,16),INT2(NB,16),INT3(NB,16)
120 PRINT : PRINT
130 FOR I = 1 TO NB
140 PRINT "NIVEL #";I;"_____"; : LOCATE 8+I,10 :
INPUT NIV$(I)
150 NEXT I
160 CLS
170 ON ERROR GOTO 3110
180 PRINT SPC(25);"*** MENU PRINCIPAL ***"
190 PRINT : PRINT
200 PRINT "1.- IMPRESION DE ELEMENTOS MECANICOS DE LA
COLUMNA"
210 PRINT
220 PRINT "2.- IMPRESION DE ELEMENTOS MECANICOS Y DISEÑO DE
LA COLUMNA"
230 PRINT : PRINT
240 PRINT "ELIGE LA OPCION ";
250 OP$ = INKEY$
260 IF OP$ = "" THEN 250
270 OP = VAL(OP$)
280 PRINT "<";OP;">"
290 CLS
300 PRINT SPC(25);"*** DISEÑO DE COLUMNAS ***" : PRINT :
PRINT : PRINT SPC(28);"*** DIRECCION X ***"
310 PRINT : PRINT
320 INPUT "ARCHIVO ";ARX$
330 IF ARX$ = "" THEN 510
335 ARDX$ = "C:" + ARX$ + ".DG"
340 OPEN "R", #1, ARDX$, 35
350 FIELD #1, 21 AS TT$, 7 AS E$, 7 AS G$
360 GET #1,1
370 EC = CVS(E$)
380 CLOSE #1
390 PRINT : PRINT
400 INPUT "CONDICION VERTICAL # ";CCX(1)
410 INPUT "CONDICION V + SISMO # ";CCX(2)

```

```

420 INPUT "CONDICION V - SISMO # ";CCX(3)
430 INPUT "CONDICION 30% SISMO # ";CCX(4)
440 PRINT : PRINT
450 FOR I = 1 TO NB
460 PRINT "BARRA #";I;" "; : INPUT NBX(I)
470 NEXT I
480 PRINT : PRINT
490 INPUT "DATOS CORRECTOS (S) ";Z$
500 IF Z$ = "N" THEN 290
510 CLS
520 PRINT SPC(25);"*** DISEÑO DE COLUMNAS ***" : PRINT :
PRINT : PRINT SPC(28);"*** DIRECCION Y ***"
530 PRINT : PRINT
540 INPUT "ARCHIVO ";ARY$
550 IF ARY$ = "" THEN 730
555 ARDY$ = "C:" + ARY$ + ".DG"
560 OPEN "R", #1, ARDY$, 35
570 FIELD #1, 21 AS TT$, 7 AS E$, 7 AS G$
580 GET #1,1
590 EC = CVS(E$)
600 CLOSE #1
610 PRINT : PRINT
620 INPUT "CONDICION VERTICAL # ";CCY(1)
630 INPUT "CONDICION V + SISMO # ";CCY(2)
640 INPUT "CONDICION V - SISMO # ";CCY(3)
650 INPUT "CONDICION 30% SISMO # ";CCY(4)
660 PRINT : PRINT
670 FOR I = 1 TO NB
680 PRINT "BARRA #";I;" "; : INPUT NBY(I)
690 NEXT I
700 PRINT : PRINT
710 INPUT "DATOS CORRECTOS (S) ";Z$
720 IF Z$ = "N" THEN 510
730 REM LEYENDO ELEMENTOS MECANICOS EN LA DIRECCION X
740 IF ARX$ = "" THEN 870
750 FOR I = 1 TO 3
760 ARCX1$ = ARX$ + ".E" + RIGHT$(STR$(CCX(I)),1) :
ARCX$ = "C:" + ARCX1$
770 OPEN "R", #1, ARCX$, 50
780 FIELD #1, 10 AS NX$, 10 AS MIY$, 10 AS MJY$, 10 AS VIX$,
10 AS VJX$
790 FOR J = 1 TO NB
800 GET #1, NBX(J)
810 PX(J,I) = CVS(NX$)
820 MY(J,I*2-1) = ABS(CVS(MIY$))
830 MY(J,I*2) = ABS(CVS(MJY$))
840 NEXT J
850 CLOSE #1
855 IF CCX(I) = 0 THEN KILL ARCX1$
860 NEXT I
870 REM LEYENDO ELEMENTOS MECANICOS EN LA DIRECCION Y
880 IF ARY$ = "" THEN 1010
890 FOR I = 1 TO 3

```

```

900 ARCY1$ = ARY$ + ".E" + RIGHTS(STR$(CCY(I)),1) :
ARCY$ = "C:" + ARCY1$
910 OPEN "R", #2, ARCY$, 50
920 FIELD #2, 10 AS NY$, 10 AS MIX$, 10 AS MJX$, 10 AS VIX$,
10 AS VJY$
930 FOR J = 1 TO NB
940 GET #2, NBY(J)
950 PY(J,I) = CVS(NY$)
960 MX(J,I*2-1) = ABS(CVS(MIX$))
970 MY(J,I*2) = ABS(CVS(MJX$))
980 NEXT J
990 CLOSE #2
995 IF CCY(I) = 0 THEN KILL ARCY1$
1000 NEXT I
1010 REM OBTENIENDO LOS VALORES MAXIMOS DE LOS ELEMENTOS
MECANICOS COMBINADOS
1020 MMX = 0 : IX = 0 : MMY = 0 : IY = 0
1030 FOR I = 1 TO NB
1040 FOR J = 3 TO 6
1050 IF MX(I,J) > MMX THEN MMX = MX(I,J) : IX = J
1060 IF MY(I,J) > MMY THEN MMY = MY(I,J) : IY = J
1070 NEXT J
1080 NEXT I
1090 IF IX = 3 OR IX = 4 THEN IX = 3
1100 IF IX = 5 OR IX = 6 THEN IX = 5
1110 IF IY = 3 OR IY = 4 THEN IY = 3
1120 IF IY = 5 OR IY = 6 THEN IY = 5
1130 IF IX = 3 THEN IPX = 2
1140 IF IX = 5 THEN IPX = 3
1150 IF IY = 3 THEN IPY = 2
1160 IF IY = 5 THEN IPY = 3
1170 FOR I = 1 TO NB
1180 MX(I,3) = MX(I,IX)
1190 MX(I,4) = MX(I,IX+1)
1200 PY(I,2) = PY(I,IPX)
1210 MY(I,3) = MY(I,IY)
1220 MY(I,4) = MY(I,IY+1)
1230 PX(I,2) = PX(I,IPY)
1240 NEXT I
1250 REM OBTENIENDO LOS ELEMENTOS MECANICOS DEL 30 % DE
SISMO DIRECCION X
1260 IF ARX$ = "" THEN 1370
1270 ARCX1$ = ARX$ + ".E" + RIGHTS(STR$(CCX(4)),1) :
ARCX$ = "C:" + ARCX1$
1280 OPEN "R", #1, ARCX$, 50
1290 FIELD #1, 10 AS NX$, 10 AS MIY$, 10 AS MJY$, 10 AS VIX$,
10 AS VJX$
1300 FOR J = 1 TO NB
1310 GET #1, NBX(J)
1320 PX(J,3) = CVS(NX$)
1330 MY(J,5) = ABS(CVS(MIY$))
1340 MY(J,6) = ABS(CVS(MJY$))
1350 NEXT J
1360 CLOSE #1

```

```

1365 IF CCY(4) = 0 THEN KILL ARCY1$
1370 REM OBTENIENDO LOS ELEMENTOS MECANICOS DEL 30 % DE
SISMO DIRECCION Y
1380 IF ARY$ = "" THEN 1490
1390 ARCY1$ = ARY$ + ".E" + RIGHT$(STR$(CCY(4)),1) :
ARCY$ = "C:" + ARCY1$
1400 OPEN "R", #2, ARCY$, 50
1410 FIELD #2, 10 AS NY$, 10 AS MIX$, 10 AS MJX$,10 AS VIX$,
10 AS VJY$
1420 FOR J = 1 TO NB
1430 GET #2, NBY(J)
1440 PY(J,3) = CVS(NY$)
1450 MX(J,5) = ABS(CVS(MIX$))
1460 MX(J,6) = ABS(CVS(MJX$))
1470 NEXT J
1480 CLOSE #2
1485 IF CCY(4) = 0 THEN KILL ARCY1$
1490 IF OP = 2 THEN 1730
1500 REM IMPRESION DE ELEMENTOS
1510 CLS : LPRINT CHR$(15) : WIDTH "LPT1:",132
1520 LPRINT "CRUCERO NIVEL Px Py Pcx
Pcy P30%x P30%y Mx My M30%x M30%y
M30%x M30%y "
1530 LPRINT
1540 CRUCERO$ = CRUC$
1550 FOR I = 1 TO NB
1560 IF I <> 1 THEN CRUCERO$ = ""
1570 LPRINT USING "\ \";CRUCERO$;NIV$(I);
1580 FOR J = 1 TO 3
1590 LPRINT USING " ##### ";PX(I,J);PY(I,J);
1600 NEXT J
1610 FOR J = 1 TO 5 STEP 2
1620 LPRINT USING " ##### ";MX(I,J)/100;MY(I,J)/100;
1630 NEXT J
1640 LPRINT
1650 LPRINT SPC(72);
1660 FOR J = 2 TO 6 STEP 2
1670 LPRINT USING " ##### ";MX(I,J)/100;MY(I,J)/100;
1680 NEXT J
1690 LPRINT
1700 NEXT I
1710 IF OP = 1 THEN 3060
1720 IF OP = 2 THEN RETURN
1730 REM OBTENIENDO LAS PROPIEDADES GEOMETRICAS Y MECANICAS
DE LA COLUMNA
1740 CLS
1750 PRINT SPC(24);"*** DISEÑO DE SECCION ***"
1760 PRINT : PRINT
1770 INPUT "DIMENSION DE LA COLUMNA SENTIDO Y ";H
1780 PRINT
1790 INPUT "DIMENSION DE LA COLUMNA SENTIDO X ";B
1800 PRINT
1810 INPUT "RECUBRIMIENTO ";DP
1820 PRINT

```



```

1830 INPUT "Fy = ";FY
1840 PRINT
1850 INPUT "F'c = ";FPC
1860 PRINT : PRINT
1870 INPUT "DATOS CORRECTOS (S) ";Z$
1880 IF Z$ = "N" THEN 1740
1890 AG = B * H
1900 M = FY / (.85 * FPC)
1910 ICX = B * H3 / 12
1920 ICY = H * B3 / 12
1930 FB = .45 * FPC
1940 ES = 2040000!
1950 N = ES / EC
1960 PG = .01
1970 FOR I = 1 TO 8
1980 PMX(I,1) = PG
1990 PMY(I,1) = PG
2000 PG = PG + .005
2010 NEXT I
2020 REM PROPIEDADES MECANICAS DIRECCION X
2030 FOR I = 1 TO 8
2040 FA = .34 * (1 + PMX(I,1) * M) * FPC
2050 IA = PMX(I,1) * AG * (2 * N - 1) * ((H-DP-DP) / 2)2
2060 IT = ICX + IA
2070 EB = ((.67 * PMX(I,1) * M) + .17) * (H - DP)
2080 S = IT / (H / 2)
2090 PMX(I,2) = .4 * FY * (PMX(I,1) * AG / 2) * (H-DP-DP)
2100 PMX(I,3) = AG * FA
2110 PMX(I,4) = 1 / ((1 / (AG * FA)) + (EB / (FB * S)))
2120 PMX(I,5) = PMX(I,4) * EB
2130 PMX(I,6) = .85 * AG * (.25 * FPC + .4 * FY * PMX(I,1))
2140 NEXT I
2150 REM PROPIEDADES MECANICAS DIRECCION Y
2160 FOR I = 1 TO 8
2170 FA = .34 * (1 + PMY(I,1) * M) * FPC
2180 IA = PMY(I,1) * AG * (2 * N - 1) * ((B-DP-DP) / 2)2
2190 IT = ICY + IA
2200 EB = ((.67 * PMY(I,1) * M) + .17) * (B - DP)
2210 S = IT / (B / 2)
2220 PMY(I,2) = .4 * FY * (PMY(I,1) * AG / 2) * (B-DP-DP)
2230 PMY(I,3) = AG * FA
2240 PMY(I,4) = 1 / ((1 / (AG * FA)) + (EB / (FB * S)))
2250 PMY(I,5) = PMY(I,4) * EB
2260 PMY(I,6) = .85 * AG * (.25 * FPC + .4 * FY * PMY(I,1))
2270 NEXT I
2280 REM OBTENIENDO LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE CARGAS
    PARA DISEÑO
2290 FOR I = 1 TO NB
2300 P(I,1) = PX(I,1) + FY(I,1)
2310 P(I,2) = PY(I,1) + PX(I,2) + FY(I,3)
2320 P(I,3) = PX(I,1) + PY(I,2) + PX(I,3)
2330 NEXT I
2340 REM OBTENIENDO LOS MOMENTOS RESISTENTES EN LA
    DIRECCION X

```

```

2350 FOR I = 1 TO NB
2360 FOR J = 1 TO 8
2370 IF P(I,1) < PMX(J,4) THEN MRX1(I,J) = ((P(I,1) *
(PMX(J,5)-PMX(J,2))) / PMX(J,4)) + PMX(J,2)
2380 IF P(I,1) > PMX(J,4) THEN MRX1(I,J) = PMX(J,5) *
((PMX(J,3)-P(I,1)) / (PMX(J,3)-PMX(J,4)))
2390 IF P(I,2) < PMX(J,4) THEN MRX2(I,J) = ((P(I,2) *
(PMX(J,5)-PMX(J,2))) / PMX(J,4)) + PMX(J,2)
2400 IF P(I,2) > PMX(J,4) THEN MRX2(I,J) = PMX(J,5) *
((PMX(J,3)-P(I,2)) / (PMX(J,3)-PMX(J,4)))
2410 IF P(I,3) < PMX(J,4) THEN MRX3(I,J) = ((P(I,3) *
(PMX(J,5)-PMX(J,2))) / PMX(J,4)) + PMX(J,2)
2420 IF P(I,3) > PMX(J,4) THEN MRX3(I,J) = PMX(J,5) *
((PMX(J,3)-P(I,3)) / (PMX(J,3)-PMX(J,4)))
2430 NEXT J
2440 NEXT I
2450 REM OBTENIENDO LOS MOMENTOS RESISTENTES EN LA
DIRECCION Y
2460 FOR I = 1 TO NB
2470 FOR J = 1 TO 8
2480 IF P(I,1) < PMY(J,4) THEN MRY1(I,J) = ((P(I,1) *
(PMY(J,5)-PMY(J,2))) / PMY(J,4)) + PMY(J,2)
2490 IF P(I,1) > PMY(J,4) THEN MRY1(I,J) = PMY(J,5) *
((PMY(J,3)-P(I,1)) / (PMY(J,3)-PMY(J,4)))
2500 IF P(I,2) < PMY(J,4) THEN MRY2(I,J) = ((P(I,2) *
(PMY(J,5)-PMY(J,2))) / PMY(J,4)) + PMY(J,2)
2510 IF P(I,2) > PMY(J,4) THEN MRY2(I,J) = PMY(J,5) *
((PMY(J,3)-P(I,2)) / (PMY(J,3)-PMY(J,4)))
2520 IF P(I,3) < PMY(J,4) THEN MRY3(I,J) = ((P(I,3) *
(PMY(J,5)-PMY(J,2))) / PMY(J,4)) + PMY(J,2)
2530 IF P(I,3) > PMY(J,4) THEN MRY3(I,J) = PMY(J,5) *
((PMY(J,3)-P(I,3)) / (PMY(J,3)-PMY(J,4)))
2540 NEXT J
2550 NEXT I
2560 REM OBTENIENDO LAS DIFERENTES RELACIONES DE
INTERACCION
2570 FOR I = 1 TO NB
2580 FOR J = 1 TO 8
2590 INT1(I,J) = MX(I,1) / MRX1(I,J) + MY(I,1) / MRY1(I,J)
2600 INT2(I,J) = (MX(I,1) + MX(I,5)) / MRX2(I,J) + MY(I,3) /
MRY2(I,J)
2610 INT3(I,J) = (MY(I,1) + MY(I,5)) / MRY3(I,J) + MX(I,3) /
MRX3(I,J)
2620 NEXT J
2630 FOR J = 1 TO 8
2640 INT1(I,J+8) = MX(I,2) / MRX1(I,J) + MY(I,2) / MRY1(I,J)
2650 INT2(I,J+8) = (MX(I,2) + MX(I,6)) / MRX2(I,J) + MY(I,4)
/ MRY2(I,J)
2660 INT3(I,J+8) = MX(I,4) / MRX3(I,J) + (MY(I,2) + MY(I,6))
/ MRY3(I,J)
2670 NEXT J
2680 NEXT I
2690 REM OBTENCION DE LAS AREAS DE ACERO
2700 FOR I = 1 TO 8

```

```

2710 PMX(I,1) = PMX(I,1) * AG
2720 PMY(I,1) = PMY(I,1) * AG
2730 NEXT I
2740 GOSUB 1500
2750 REM IMPRESION DE RELACIONES DE INTERACCION
2760 LPRINT
2770 LPRINT SPC(40); "SECCION ";B;" X ";H
2780 LPRINT
2790 REM FINAL
2800 REM IMPRESION DE RELACIONES DE INTERACCION
2810 IMPRE = 2 : AUX = 1
2820 IF IMPRE = (NB + 2) THEN 3060
2830 IF IMPRE > NB THEN IMPRE = NB
2840 T2$ = " REL. INTERACCION AS "
2850 FOR I = AUX TO IMPRE
2860 T1$ = " *** NIVEL " + NIV$(I) + " *** "
2870 LPRINT USING "\ ";T1$;
2880 NEXT I
2890 LPRINT : LPRINT
2900 FOR I = AUX TO IMPRE
2910 LPRINT USING "\ ";T2$;
2920 NEXT I
2930 LPRINT : LPRINT
2940 FOR I = 1 TO 16
2950 IF I <= 8 THEN II = I
2960 IF I > 8 THEN II = I - 8
2970 IF I = 9 THEN LPRINT
2980 FOR J = AUX TO IMPRE
2990 LPRINT USING " ##.## ";INT1(J,I);INT2(J,I);INT3(J,I);
: LPRINT USING " ##.## ";PMX(II,1);
3000 NEXT J
3010 LPRINT
3020 NEXT I
3030 LPRINT : LPRINT
3040 IMPRE = IMPRE + 2 : AUX = AUX + 2
3050 GOTO 2820
3060 CLS : BEEP
3070 LOCATE 1,12 : INPUT "QUIERES EJECUTAR NUEVAMENTE DISEÑO
DE COLUMNAS (N) ";Z$
3080 IF Z$ = "S" THEN 10
3090 CHAIN "C:MENU"
3100 END
3110 REM SUBROUTINA DE CORRECCION DE ERRORES
3120 IF ERR = 11 THEN RESUME
3130 IF ERR = 5 THEN RESUME NEXT
3140 IF ERR = 24 THEN ER$ = "IMPRESORA FUERA DE LINEA"
3150 IF ERR = 27 THEN ER$ = "NO HAY PAPEL"
3160 CLS : COLOR 0,7 : LOCATE 12,30 : PRINT ER$ : COLOR 7,0
3170 RESUME

```

**C A P I T U L O   V I I I****EJEMPLO DE APLICACION****SUMARIO :**

- 1.- EJEMPLO PROPUESTO**
- 2.- ANALISIS PRELIMINAR**
- 3.- DISEÑO PRELIMINAR**
- 4.- ANALISIS DEFINITIVO**
- 5.- DISEÑO DEFINITIVO**

## CAPITULO VIII

## EJEMPLO DE APLICACION

## 8.1 EJEMPLO PROPUESTO

A fin de ejemplificar ampliamente el funcionamiento de los programas de análisis y diseño se eligió una estructura de dos niveles, estructurada a base de marcos planos en dos direcciones ortogonales. Esta construcción será utilizada como restaurant, y se localizará en el fraccionamiento Bosques de Xochimilco.

Las estructuraciones de la cubierta, entrepiso y cimentación se detallan en la página # 161.

La estructura se considera formada por losas macizas de concreto reforzado. Los muros se toman como muros de relleno y se propuso cancelería en la fachada. Las bajadas de cargas de los tres niveles se muestran en la página # 162.

De acuerdo a la estructuración se tienen ocho marcos, cuatro en la dirección de los eje letra (X), y cuatro en la dirección de los ejes número (Y); sin embargo, debido a la regularidad que presentan la geometría y las cargas actuantes se pueden reducir los marcos a la mitad,

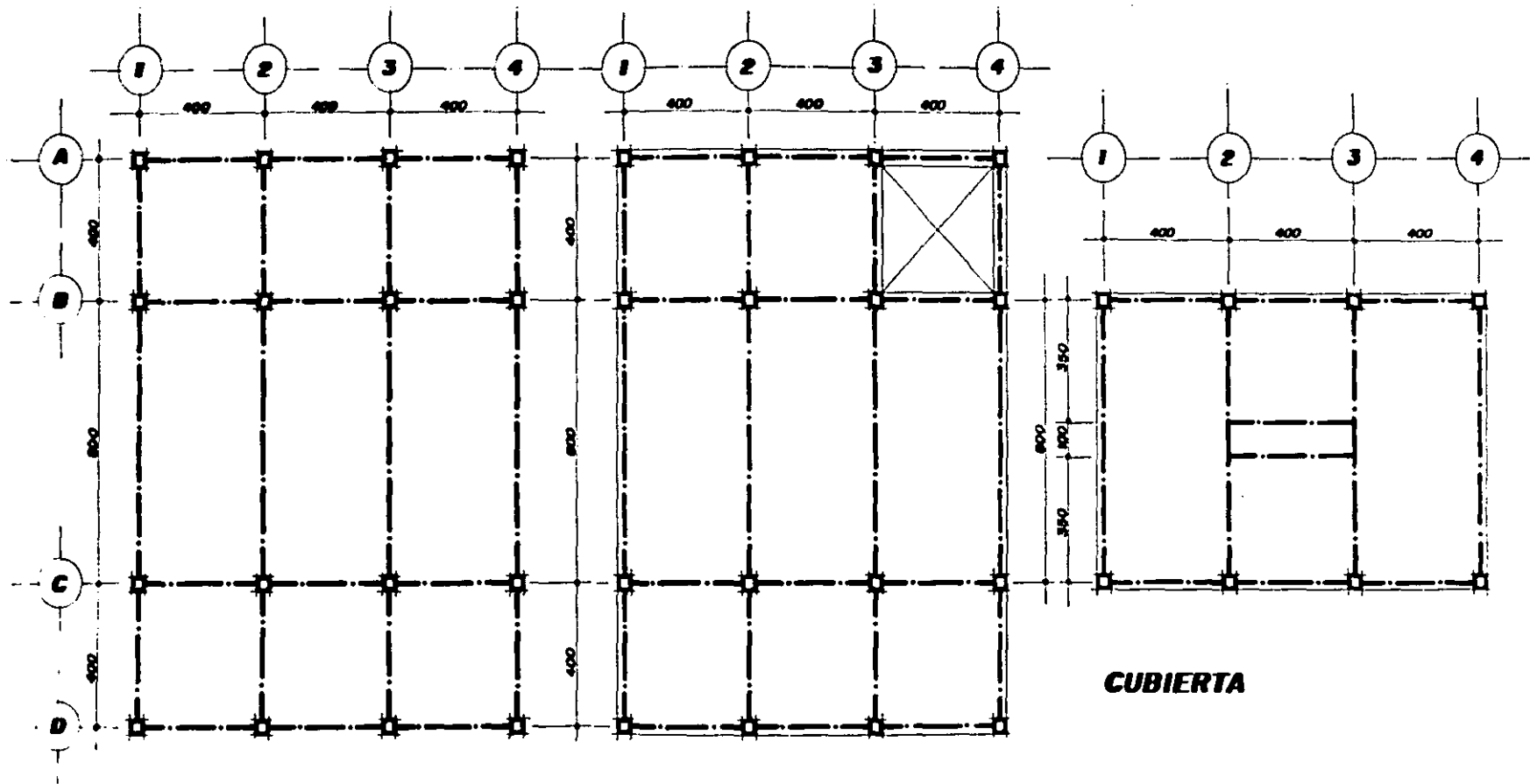
agrupándolos en marcos centrales y marcos perimetrales, en ambas direcciones.

De la página # 163 a la # 166 se presenta la geometría de los cuatro tipos de marcos, indicando la numeración de las barras, de los nudos e identificando los tipos de barras. También se muestran los apoyos de la estructura y las características de los tipos de barras.

De la página # 167 a la # 170 se presentan las cargas gravitacionales y las fuerzas sísmicas correspondientes a cada uno de los marcos. Como se puede apreciar las cargas lineales en las trabes están expresadas en Kg/cm, y las fuerzas en los nudos en Kg.

Con el fin de no ampliar innecesariamente este trabajo se realizará todo el proceso de análisis en forma normal pero sólo se presentarán los listados y las corridas del " Marco Ejes 2 y 3 ".




En el proceso de diseño se imprimirán las trabes y contratraves de los cuatro marcos para tener completo el diseño. En el caso de las columnas sólo se diseñarán cuatro columnas, divididas de la siguiente manera : a) columnas de esquina; b) columnas perimetrales de un nivel; c) columnas perimetrales de dos niveles y; d) columnas centrales, ya que en éstas se engloba la totalidad de cruceros existentes.



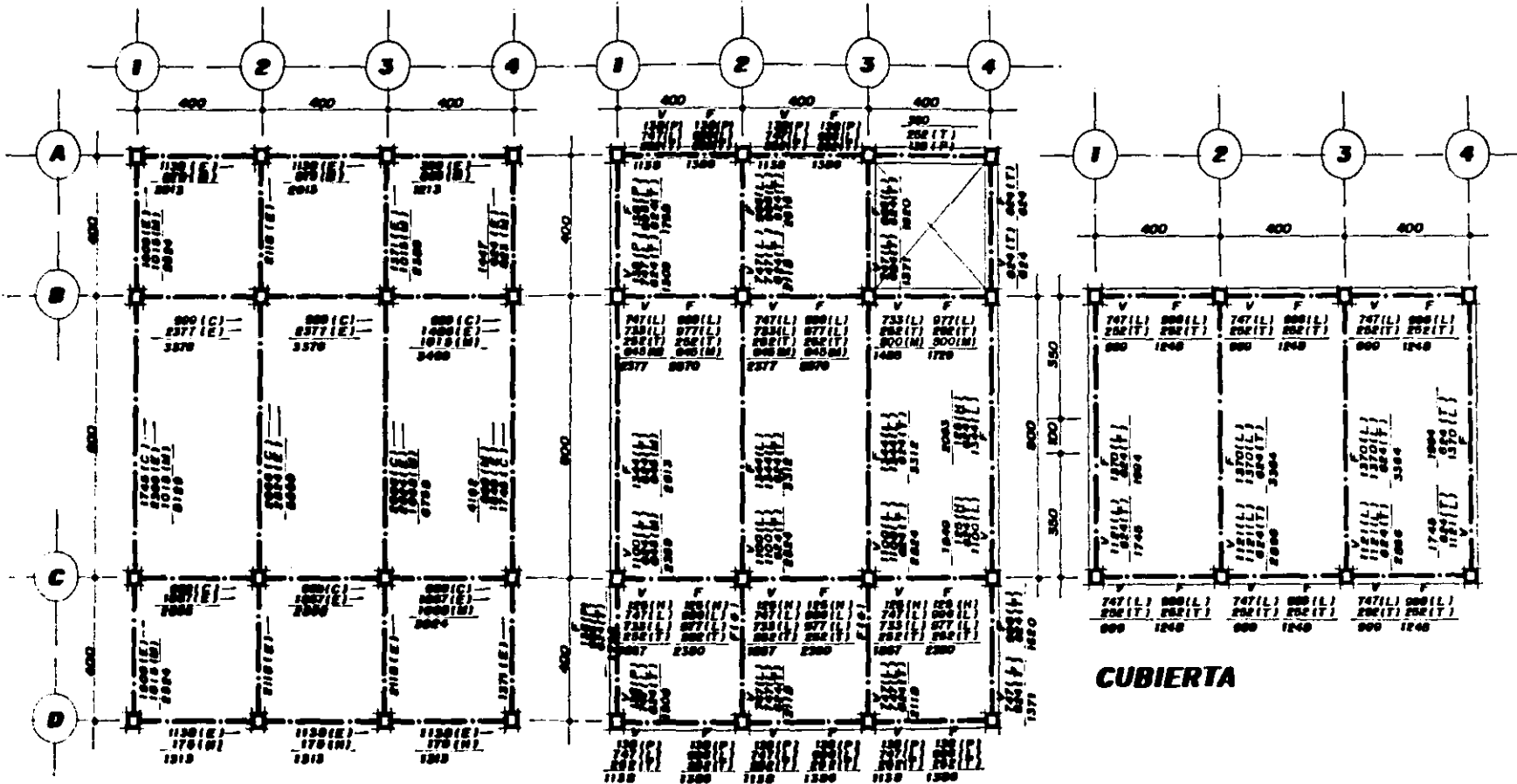
**CIMENTACION**

**ENTREPISO**

**CUBIERTA**

- simbologia**
-  EJE DE TRABE
  -  LAMINA DE LOSA
  -  COLUMNA

# *Estructuraciones*



**CIMENTACION**

**ENTREPISO**

**CUBIERTA**

**Bajada de cargas**

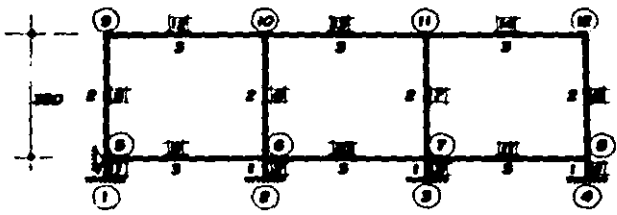
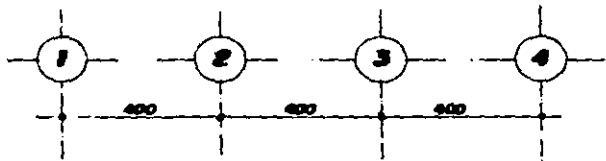
**simbologia**

- EJE DE TRABE
- LIMITE DE LOMA
- COLUMNAS

1110  
 1110 (L)  
 1110 (L)  
 1110 (L)  
 1110 (L)



**MARCO TIPO EJES A Y D**



- BARRAS : 14
- ARCSOS : 12
- APOYOS : 8
- BARRAS TIPO : 3

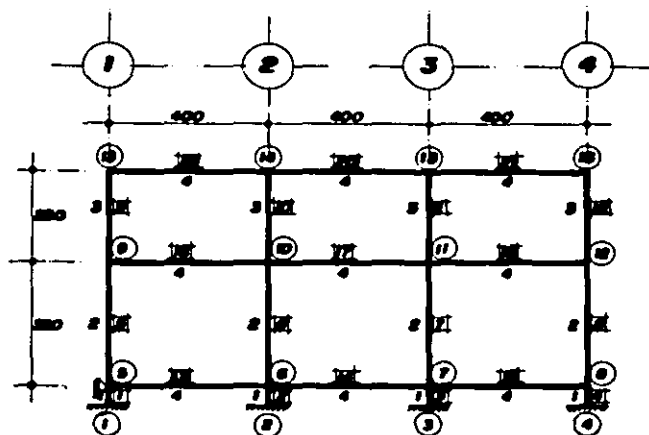
**APOYOS**

ARCSO	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
1	o	o	o
2	o	o	o
3	o	o	o
4	o	o	o
5	o	o	o

**BARRAS TIPO**

TIPO	LONGITUD	GC	A	A <sub>s</sub>	MERCMA	SECCION
1	100	50	10000	10000	0.001	—
2	300	50	625	521	32.552	25 x 25
3	400	0	680	500	48.000	20 x 30

## MARCO TIPO EJES B Y C



# BARRAS	= 21
# ANCHOS	= 16
# APOYOS	= 8
# BARRAS TIPO	= 4

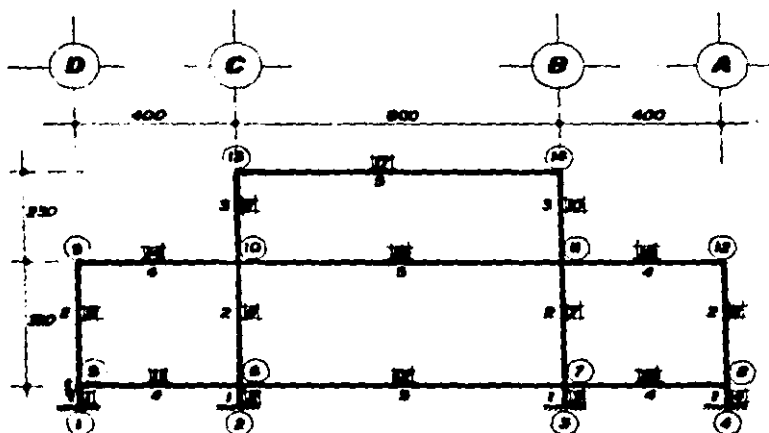
### APOYOS

BUSO	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
1	o	o	o
2	o	o	o
3	x	o	o
4	x	o	o
5	o	o	o

### BARRAS TIPO

TIPO	LONGITUD	CE	A	A <sub>s</sub>	HERMIDA	SECCION
1	100	90	1000	1000	0.001	—
2	380	90	636	621	32,562	28 x 28
3	280	90	628	621	32,562	28 x 28
4	400	0	669	667	106,667	20 x 40

## MARCO TIPO EJES 1 Y 4



# BARRAS	= 17
# ENLACES	= 10
# APOYOS	= 5
# BARRAS TIPO	= 5

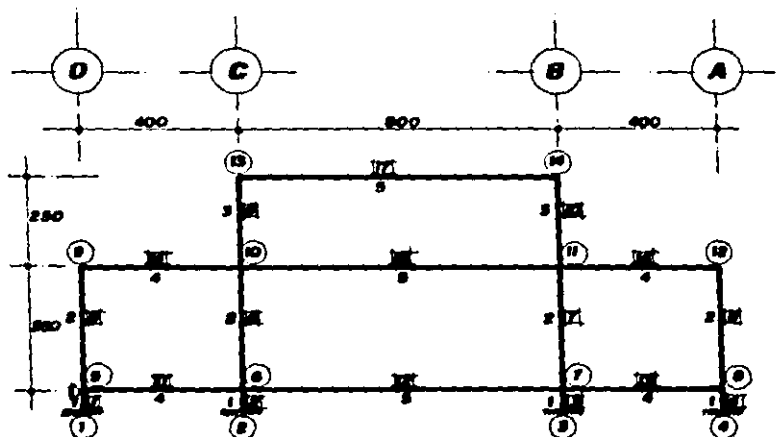
### APOYOS

MUDO	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
1	o	o	o
2	o	o	o
3	o	o	o
4	o	o	o
5	o	o	o

### BARRAS TIPO

TIPO	LONGITUD	GC	A	A <sub>s</sub>	INERCIAS	SECCION
1	100	90	10000	10000	0.001	—
2	800	90	825	821	32,862	25 x 25
3	200	90	625	621	32,862	25 x 25
4	400	0	1500	1290	480,000	25 x 60
5	800	0	1500	1290	480,000	25 x 60

## MARCO TIPO EJES 2 Y 3



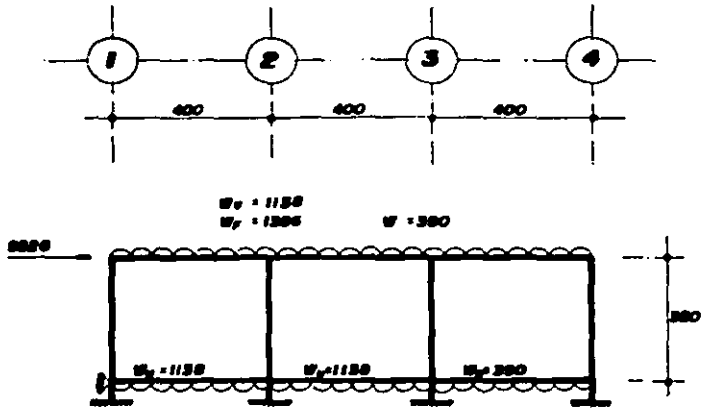
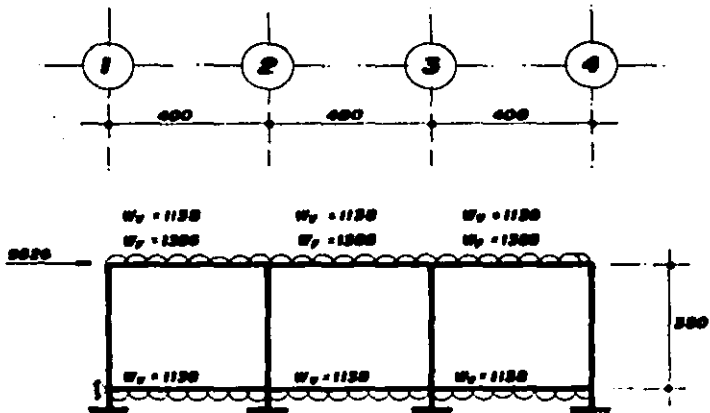
# BARRAS	= 17
# NUDOS	= 14
# APOYOS	= 5
# BARRAS TIPO	= 5

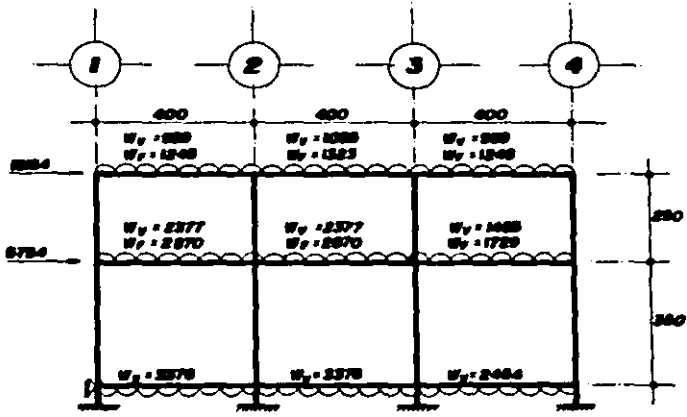
### APOYOS

NUDO	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
1	•	•	•
2	•	•	•
3	•	•	•
4	•	•	•
5	•	•	•

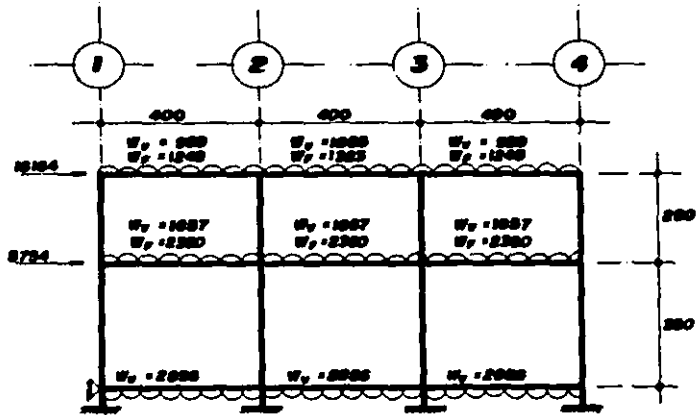
### BARRAS TIPO

TIPO	LONGITUD	CC	A	A <sub>0</sub>	NERCIA	SECCION
1	100	90	10000	10000	0.081	—
2	280	90	625	521	32,562	25 x 25
3	280	90	625	521	32,562	25 x 25
4	400	0	1875	1563	878,906	85 x 75
5	600	0	1875	1563	878,906	85 x 75

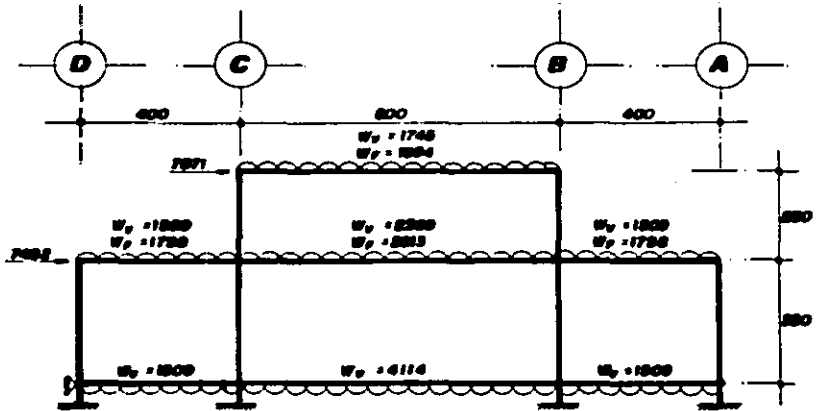
**MARCO EJE A****MARCO EJE D**



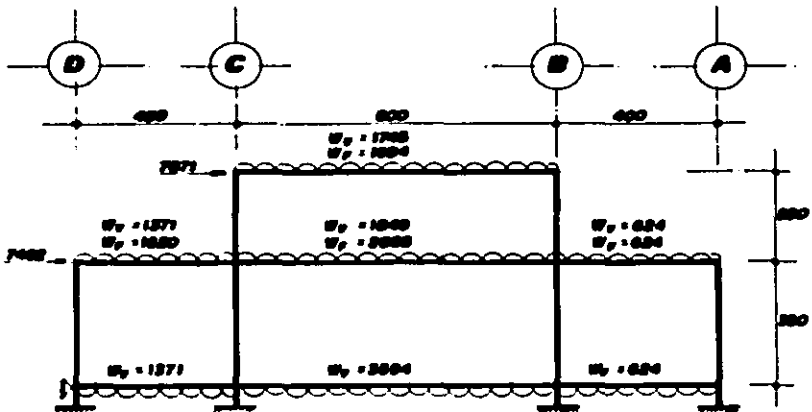
**MARCO EJE B**



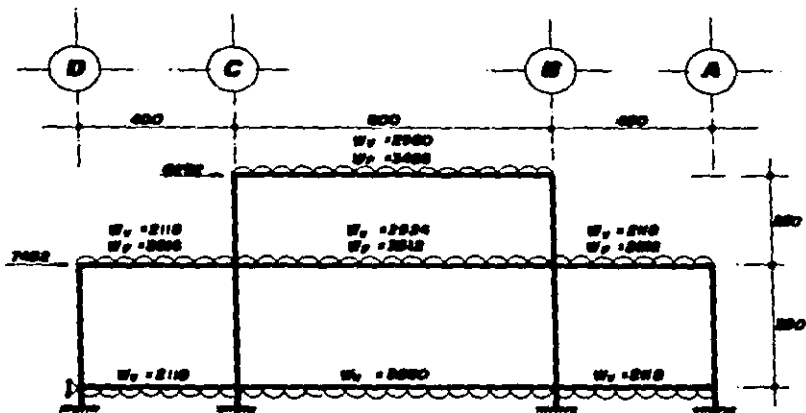
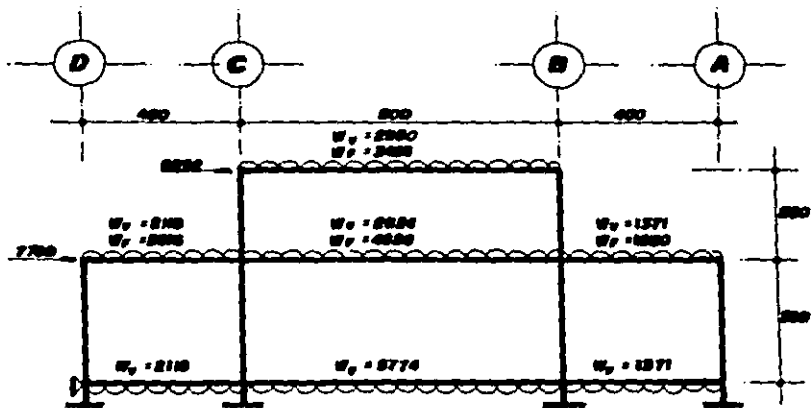
**MARCO EJE C**



**MARCO EJE 1**



**MARCO EJE 4**

**MARCO EJE 2****MARCO EJE 3**



## 8.2 ANALISIS PRELIMINAR

A partir de las bajadas de cargas se obtiene que el nivel de cubierta pesa 100.0 Ton, y el nivel de entrepiso pesa 162.0 Ton; por lo que el peso total de la estructura es de 262.0 Ton.

De acuerdo al tipo de estructuración y localización de la estructura, se eligió un coeficiente sísmico  $C = 0.40$  y un factor de ductilidad  $Q = 2$ , por lo que el coeficiente sísmico reducido tiene un valor de  $C_s = 0.20$ . A continuación se presenta el análisis sísmico por el método estático.

Nivel	W	H	WH	F	V
Cubierta	100	6.00	600	26.94	26.94
Entrepiso	162	3.50	567	25.46	52.40
$\Sigma$	262	----	1167	52.40	-----

En las páginas # 172 y # 173 se presenta el listado de los datos generales y la geometría del " Marco Ejes 2 y 3 ".

Para poder distribuir el efecto del sismo en cada uno de los marcos, se aplicó el total de la fuerza del sismo a cada marco para conocer sus desplazamientos y, por medio de la rigidez relativa de cada marco obtener la fuerza sísmica correspondiente. En la página # 174 se muestra la corrida con el resultado de los desplazamientos del " Marco Ejes 2 y 3 "

E = 126491 G = 50596

# BARRAS = 17

# NUDOS = 14

# APOYOS = 5

BARRAS TIPO = 5

CONDICIONES DE CARGA = 1

GRADOS DE LIBERTAD = 29

ANCHO DE BANDA = 15

BARRA TIPO # 1

LONGITUD = 100  
 ANGULO = 90  
 AREA AXIAL = 10000  
 AREA CORTE = 10000  
 INERCIA = .001

BARRA TIPO # 2

LONGITUD = 350  
 ANGULO = 90  
 AREA AXIAL = 625  
 AREA CORTE = 521  
 INERCIA = 32552

BARRA TIPO # 3

LONGITUD = 250  
 ANGULO = 90  
 AREA AXIAL = 625  
 AREA CORTE = 521  
 INERCIA = 32552

BARRA TIPO # 4

LONGITUD = 400  
 ANGULO = 0  
 AREA AXIAL = 1875  
 AREA CORTE = 1563  
 INERCIA = 878906

BARRA TIPO # 5

LONGITUD = 800  
 ANGULO = 0  
 AREA AXIAL = 1875  
 AREA CORTE = 1563  
 INERCIA = 878906

RETRICCIONES EN APOYOS

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	S	S	S
2	S	S	S
3	S	S	S

4  
5

S  
S

S  
N

S  
N

173

INCIDENCIA DE BARRAS

BARRA	TIPO	I - J
1	1	1 - 5
2	1	2 - 6
3	1	3 - 7
4	1	4 - 8
5	2	5 - 9
6	2	6 - 10
7	2	7 - 11
8	2	8 - 12
9	3	10 - 13
10	3	11 - 14
11	4	5 - 6
12	5	6 - 7
13	4	7 - 8
14	4	9 - 10
15	5	10 - 11
16	4	11 - 12
17	5	13 - 14

\*\*\* CONDICION DE CARGA # 1 \*\*\*

174

CONDICION \*\*\* SISMO \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	1.73E-03	-1.88E-03
6	6.62E-02	-9.63E-04	-7.83E-04
7	1.54E-01	9.34E-04	-7.80E-04
8	1.76E-01	-1.70E-03	-1.83E-03
9	1.22E+01	5.43E-02	-1.84E-03
10	1.22E+01	-1.77E-02	-1.87E-03
11	1.22E+01	1.69E-02	-1.86E-03
12	1.21E+01	-5.34E-02	-1.59E-03
13	1.71E+01	-4.42E-03	-2.06E-03
14	1.70E+01	3.58E-03	-2.06E-03

Con base en los desplazamientos obtenidos al aplicar el total de la fuerza sísmica a cada uno de los marcos se procede al cálculo de las fuerzas directas.

Nivel	F.	Ejes A y D			Ejes B y C			Σk
		δ	k	f	δ	k	f	
Cubierta	13470	----	----	----	19.5	875	13470	875
Entrepiso	12730	9.3	1369	7938	15.4	827	4795	2195

Nivel	F.	Ejes 1 y 4			Ejes 2 y 3			Σk
		δ	k	f	δ	k	f	
Cubierta	13470	18.0	748	6559	17.1	788	6910	1536
Entrepiso	12730	12.7	1002	6235	12.2	1043	6490	2046

Después de haber obtenido el centro de rigidez y la excentricidad para cada nivel se determinan las fuerzas por torsión, que sumadas a las fuerzas directas generan las fuerzas sísmicas finales.

Ejes	A y D	B y C	1 y 4	2 y 3
Nivel	F	F	F	F
Cubierta	----	16164	7871	8292
Entrepiso	9526	5754	7482	7788

Las condiciones de carga del " Marco Ejes 2 y 3 " se muestran en las páginas # 176 y # 177. Los desplazamientos y los elementos mecánicos correspondientes se presentan en las páginas # 178, # 179 y # 180.

CONDICION DE CARGA # 1 VERTICAL

CARGAS EN BARRAS

CARGA TIPO # 1	W =	34.66
P= 1726 X= 350	P= 1726 X= 450	
CARGA TIPO # 2	W =	26.16
CARGA TIPO # 3	W =	33.12
CARGA TIPO # 4	W =	-21.18
CARGA TIPO # 5	W =	-57.74

INCIDENCIA DE CARGAS

BARRA	TIPO
11	4
12	5
13	4
14	2
15	3
16	2
17	1

CONDICION DE CARGA # 2 V + SISMO

CARGAS EN BARRAS

CARGA TIPO # 1	W =	34.66
P= 1726 X= 350	P= 1726 X= 450	
CARGA TIPO # 2	W =	26.16
CARGA TIPO # 3	W =	33.12
CARGA TIPO # 4	W =	-21.18
CARGA TIPO # 5	W =	-57.74

INCIDENCIA DE CARGAS

BARRA	TIPO
11	4
12	5
13	4
14	2
15	3
16	2
17	1

CARGAS EN NUDOS

NUDO	FX	FY	MZ
13	8292	0	0
9	7788	0	0

CONDICION DE CARGA # 3 V - SISMO

## CARGAS EN BARRAS

CARGA TIPO # 1		W =	34.66
P= 1726	X= 350	P= 1726	X= 450
CARGA TIPO # 2		W =	26.18
CARGA TIPO # 3		W =	33.12
CARGA TIPO # 4		W =	-21.18
CARGA TIPO # 5		W =	-57.74

## INCIDENCIA DE CARGAS

BARRA	TIPO
11	4
12	5
13	4
14	2
15	3
16	2
17	1

## CARGAS EN NUDOS

NUDO	FX	FY	MZ
13	-8292	0	0
9	-7788	0	0

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 1 \*\*\*

CONDICION \*\*\* VERTICAL \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	-3.28E-04	-7.70E-04
6	3.70E-04	-2.83E-04	2.35E-03
7	3.54E-04	-2.83E-04	-2.35E-03
8	7.23E-04	-3.28E-04	7.70E-04
9	-4.08E-03	-1.10E-02	-3.10E-04
10	-4.45E-03	1.64E-01	-1.20E-03
11	5.17E-03	-1.64E-01	1.20E-03
12	4.80E-03	-1.10E-02	3.10E-04
13	5.16E-03	-2.13E-01	-6.29E-03
14	-4.44E-03	-2.13E-01	6.29E-03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 1 \*\*\*

CONDICION \*\*\* VERTICAL \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

BARRA	AXIAL	MI	MJ	VI	VJ
1	41.52E+02	19.47E-04	-38.95E-04	-58.42E-06	58.42E-06
2	35.82E+02	-59.81E-04	11.93E-03	17.92E-05	-17.92E-05
3	35.82E+02	59.26E-04	-11.88E-03	-17.81E-05	17.81E-05
4	41.52E+02	-20.02E-04	39.50E-04	59.52E-06	-59.52E-06
5	24.17E+02	42.03E+03	-32.91E+03	-18.45E+01	19.45E+02
6	36.88E+03	-80.95E+03	-26.23E+02	22.38E+01	-22.38E+01
7	36.88E+03	80.95E+03	26.23E+02	-22.38E+01	22.38E+01
8	24.17E+02	-43.75E+03	32.94E+03	21.91E+01	-21.91E+01
9	15.59E+03	27.18E+04	-43.96E+04	-28.45E+02	28.45E+02
10	15.59E+03	-27.18E+04	43.96E+04	28.45E+02	-28.45E+02
11	-21.91E+01	-43.78E+03	23.44E+05	17.35E+02	-10.21E+03
12	46.75E-01	24.25E+05	24.25E+05	-23.10E+03	-23.10E+03
13	-21.91E+01	23.44E+05	-43.75E+03	-10.21E+03	17.35E+02
14	21.91E+01	-32.94E+03	-11.59E+05	24.17E+02	80.47E+02
15	-28.50E+02	-14.33E+05	-14.33E+05	13.25E+03	13.25E+03
16	21.91E+01	-11.59E+05	-32.94E+03	80.47E+02	24.17E+02
17	28.45E+02	-43.96E+04	-43.96E+04	15.59E+03	15.59E+03



## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 2 \*\*\*

CONDICION \*\*\* V + SISMO \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	2.02E-04	-1.35E-03
6	2.07E-02	-5.78E-04	2.11E-03
7	4.76E-02	3.12E-06	-2.59E-03
8	5.46E-02	-8.50E-04	2.07E-04
9	3.74E+00	5.63E-03	-8.11E-04
10	3.74E+00	-1.69E-01	-1.77E-03
11	3.73E+00	-1.56E-01	6.26E-04
12	3.73E+00	-2.74E-02	-1.76E-04
13	5.25E+00	-2.14E-01	-6.93E-03
14	5.23E+00	-2.12E-01	5.66E-03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 2 \*\*\*

CONDICION \*\*\* V + SISMO \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

BARRA	AXIAL	MJ	MJ	VI	VJ
1	-25.56E+02	34.06E-04	-88.11E-04	-10.22E-05	10.22E-05
2	73.15E+02	-69.14E-04	12.26E-03	19.17E-05	-19.17E-05
3	-39.52E+00	29.49E-04	-95.08E-04	-12.48E-05	12.48E-05
4	10.75E+03	-46.68E-04	51.93E-04	98.62E-06	-98.62E-06
5	-12.26E+02	-66.43E+04	67.52E+04	38.57E+02	-20.98E+02
6	38.04E+03	-79.60E+04	70.45E+04	42.87E+02	-42.87E+02
7	35.78E+03	-62.62E+04	70.20E+04	37.95E+02	-37.95E+02
8	60.05E+02	-73.53E+04	72.62E+04	41.76E+02	-41.76E+02
9	14.30E+03	-24.76E+04	77.85E+03	13.02E+02	-13.02E+02
10	16.88E+03	-79.09E+04	95.67E+04	69.90E+02	-69.90E+02
11	-12.26E+03	66.26E+04	18.25E+05	-13.30E+02	-71.42E+02
12	-79.70E+02	26.21E+05	22.30E+05	-23.58E+03	-22.61E+03
13	-41.76E+02	28.56E+05	-73.53E+04	-13.22E+03	47.43E+02
14	39.66E+02	67.52E+04	-19.06E+05	-12.26E+02	11.69E+03
15	98.04E+01	-95.58E+04	-19.10E+05	12.06E+03	14.44E+03
16	41.76E+02	-41.71E+04	-72.62E+04	44.59E+02	60.05E+02
17	69.90E+02	77.85E+03	-95.87E+04	14.30E+03	16.88E+03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 3 \*\*\*

CONDICION \*\*\* V - SISMO \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	-8.59E-04	-1.93E-04
6	-1.89E-02	1.20E-05	2.59E-03
7	-4.69E-02	-5.69E-04	-2.11E-03
8	-5.32E-02	1.93E-04	1.33E-03
9	-3.75E+00	-2.77E-02	1.91E-04
10	-3.75E+00	-1.58E-01	-8.24E-04
11	-3.72E+00	-1.69E-01	1.77E-03
12	-3.72E+00	5.37E-03	7.96E-04
13	-5.24E+00	-2.12E-01	-5.66E-03
14	-5.24E+00	-2.14E-01	6.93E-03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 3 \*\*\*

CONDICION \*\*\* V - SISMO \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

BARRA	AXIAL	MI	MJ	VI	VJ
1	10.86E+03	48.91E-05	-97.82E-05	-14.67E-06	14.67E-06
2	-15.12E+01	-50.48E-04	11.81E-03	16.68E-05	-16.68E-05
3	72.03E+02	89.03E-04	-14.25E-03	-23.15E-05	23.15E-05
4	-24.44E+02	66.38E-05	27.06E-04	20.43E-05	-20.43E-05
5	60.60E+02	74.84E+04	-74.10E+04	-42.26E+02	59.86E+02
6	35.73E+03	63.40E+04	-70.97E+04	-38.39E+02	38.39E+02
7	37.99E+03	76.81E+04	-69.67E+04	-42.42E+02	42.42E+02
8	-11.70E+02	64.77E+04	-66.04E+04	-37.37E+02	37.37E+02
9	16.88E+03	79.11E+04	-95.70E+04	-69.92E+02	69.92E+02
10	14.30E+03	24.73E+04	-77.56E+03	-13.00E+02	13.00E+02
11	11.82E+03	-75.01E+04	28.64E+05	47.99E+02	-13.27E+03
12	79.80E+02	22.30E+05	26.21E+05	-22.61E+03	-23.58E+03
13	37.37E+02	18.33E+05	64.77E+04	-71.98E+02	-12.74E+02
14	-35.28E+02	-74.10E+04	-40.96E+04	60.60E+02	44.04E+02
15	-66.81E+02	-19.11E+05	-95.64E+04	14.44E+03	12.06E+03
16	-37.37E+02	-19.00E+05	66.04E+04	11.83E+03	-11.70E+02
17	-13.00E+02	-95.70E+04	77.56E+03	16.88E+03	14.30E+03

### 8.3 DISEÑO PRELIMINAR

A partir de los resultados obtenidos de la ejecución de los cuatro marcos, se diseñaron once traveses agrupadas de la siguiente manera :

- Ejes A y D : 2 traveses páginas # 182 y # 183
- Ejes B y C : 3 traveses páginas # 184, # 185 y # 186
- Ejes 1 y 4 : 3 traveses páginas # 187, # 188 y # 189
- Ejes 2 y 3 : 3 traveses páginas # 190, # 191 y # 192

En el caso de las columnas se diseñaron cuatro cruceros, que se agrupan de la siguiente manera :

- Cruceros 1 - A y 2 - A página # 193
- Crucero 1 - B página # 194
- Crucero 2 - B página # 195

	M A R C O E J E S				A y D		N I V E L ENTREPISO			
BARRA	12				13		14			
LONG =	4.00				4.00		4.00			
W	1386				1386		390			
MV	-821	1366	-2307	-2223	1016	-1323	-1068	274	-96	
MV + S	2856	3075	-5108	-59	1266	-3480	1657	0	-3437	
MV - S	-4097	1445	493	-4388	1608	835	-3792	0	3245	
MR(+)	2147	2312	371	0	1209	628	1246	274	2440	
MR(-)	-3081	0	-3841	-3299	0	-2617	-2851	0	-2584	
VV	2350	3194	2897		2547	1023		537		
VV + S	781	4763	1917		3627	-494		2054		
VV - S	3920	1624	4078		1466	2539		-979		
VR	2947	3581	3066		2727	1909		1544		

## SECCION 20 X 30

As Sup	4.48	4.82	1.24	0.54	2.52	1.74	2.60	0.54	5.09
As Inf	-6.43	-0.54	-7.95	-6.87	-0.54	-5.46	-5.95	-0.54	-5.39
e 1/4@	16		16	16		16	16		16
e5/16@	20		20	20		20	20		20

BARRA	M A R C O E J E S A y D				N I V E L C I M E N T A C I O N				
	9			10				11	
LONG =	4.00			4.00				4.00	
W	-1138			-1138				-390	
MV	432	-1156	1923	1863	-820	1081	993	-297	100
MV + S	3914	-1395	-889	4017	-1507	-1067	3729	0	-3246
MV - S	-3050	-3093	4735	-290	-1147	3228	-1742	0	3446
MR(+)	2943	0	3560	3020	0	2427	2604	0	2591
MR(-)	-2293	-2325	-869	-218	-1133	-802	-1310	-297	-2441
VV	-1903		-2649	-2472		-2080	-1003		-557
VV + S	-3477		-1075	-3547		-1005	-2524		964
VV - S	-330		-4222	-1397		-3155	517		-2077
VR	2614		3174	2667		2373	1698		1562

## SECCION 20 X 30

As Sup	8.14	0.54	7.39	6.30	0.54	5.06	5.85	0.54	5.41
As Inf	-4.78	-4.85	-0.54	-1.26	-2.36	-1.01	-2.73	-0.54	-5.09
w 1/4"	18		16	16		16	16		16
w 5/16"	20		20	20		20	20		20

BARRA	M A R C O E J E S				B y C		N I V E L C U B I E R T A			
	19				20		21			
LONG =	4.00				4.00		4.00			
M	1248				1323		1248			
MV	-999	1097	-1832	-1683	853	-1903	-1648	1161	-869	
MV + S	3638	3658	-5443	1302	1759	-4883	1701	1910	-5392	
MV - S	-5638	1939	1778	-4669	1625	1077	-5398	3675	3653	
MR(+)	2736	2751	1337	979	1322	810	1279	2763	2747	
MR(-)	-4238	0	-4092	-3511	0	-3871	-4059	0	-4054	
VV	2288		2704	2591		2701	2741		2251	
VV + S	228		4766	1100		4192	723		4289	
VV - S	4350		842	4082		1210	4759		233	
VK	3270		3584	3089		3152	3578		3210	

## SECCION 20 X 30

As Sup	5.71	5.74	2.79	2.04	2.78	1.80	2.67	5.78	5.73
As Inf	-8.74	-1.15	-8.45	-7.29	-0.54	-7.61	-8.38	-1.15	-8.37
1/4"	16		16	16		16	16		16
5/16"	20		20	20		20	20		20

	M A R C O E J E S				B y C		N I V E L ENTREPISO			
BARRA	16				17		18			
LONG =	4.00				4.00		4.00			
W	2870				2870		1729			
MV	-1848	2754	-4496	-4290	1900	-3389	-3091	1501	-970	
MV + S	9975	0	-13731	2956	3914	-10622	5995	0	-12319	
MV - S	-13287	5005	4739	-11537	4465	3844	-12178	0	10379	
MR(+)	7500	3763	3563	2222	3357	2891	4508	1501	7804	
MR(-)	-9975	0	-10324	-6674	0	-7987	-9158	0	-9262	
VV	5028		8452	5965		5515	3988		2928	
VV + S	-187		11667	2345		9135	-1120		8036	
VV - S	10242		1238	9585		1895	9097		-2181	
VR	7700		8772	7207		6868	6840		6042	

## SECCION 20 X 45

As Sup	10.08	5.05	4.78	2.98	4.50	3.88	6.04	2.68	10.46
As Inf	-13.11	-1.01	-13.54	-11.52	-0.81	-10.68	-12.11	-0.81	-12.24
e 1/4@	13		9	18		16	15		16
e5/16@	31		22	32		32	32		32

	M A R C O E J E S				B y C		N I V E L C I M E N T A C I O N			
BARRA	13				14		15			
LONG =	4.00				4.00		4.00			
M	-3376				-3432		-2464			
MV	933	-3684	5594	5345	-2023	4336	4452	-2567	702	
MV + S	9685	-3420	-934	9753	-2889	-70	10878	-7853	-7845	
MV - S	-7819	-8271	12121	938	-2577	8742	-1973	-2909	9248	
MKI(+)	7282	0	9113	7333	0	6573	8179	0	6954	
MKI(-)	-5879	-6219	-702	0	-2172	-53	-1484	-5904	-5899	

VV	-5587		-7917	-7116		-6612	-5906		-4030
VV + S	-9407		-4097	-9320		-4408	-9649		-287
VV - S	-1767		-11737	-4913		-8815	-2163		-7773
VW	7073		8825	7116		6628	7255		5845

## SECCION 20 X 45

An Sup	9.77	1.67	12.08	9.83	0.81	8.61	10.92	1.58	9.32
An Inf	-7.88	-8.34	-1.83	-1.97	-2.91	-1.76	-2.65	-7.92	-7.91
n 1/4"	16		10	16		16	14		16
n 5/16"	32		23	32		32	32		32



	M A R C O E J E S 1 y 4		N I V E L C U B I E R T A
BARRA		17	
LONG =		8.00	
W		1994	
MV	-3636	12316	-3636
MV + S	1262	12658	-8533
MV - S	-8535	12658	1260
MR(+)	949	12316	947
MR(-)	-6417	0	-6416
VV	7976		7976
VV + S	6752		9200
VV - S	9200		6752
VR	7976		7976

## SECCION 20 X 50

As Sup	1.54	16.48	1.54
As Inf	-7.69	-2.79	-7.69
ø 1/4"	14		14
ø 5/16"	33		33
ø 3/8"	35		35

BARRA	M A R C O E J E S 1 y 4				N I V E L ENTREPISO					
	14				15					16
LONG =	4.00				8.00					4.00
W	1758				2613					1758
MV	-243	245	-9054	-11641	9263	-11641	-9054	245	-243	
MV + S	6524	0	-16368	-7262	9494	-16015	-1829	0	-6643	
MV - S	-7010	0	-1740	-16020	9489	-7267	-16279	0	6356	
MR(+)	4905	245	0	0	9263	0	0	245	4779	
MR(-)	-5271	0	-12307	-12045	0	-12041	-12240	0	-5145	
VV	1313		5719	10452		10452	5719		1313	
VV + S	-2207		9239	9358		11546	2263		4769	
VV - S	4834		2198	11546		9358	9175		-2143	
VR	3634		6946	10452		10452	6898		3586	

## SECCION 20 X 50

As Sup	5.88	0.90	2.76	2.50	11.10	2.49	2.71	0.90	5.73
As Inf	-6.32	-0.90	-14.45	-14.17	-2.22	-14.16	-14.36	-0.90	-6.17
.. 1/4#	16		16	8		8	16		16
.. 5/16#	33		33	19		19	33		33
.. 3/8#	35		35	27		27	35		35

BARRA	M A R C O E J E S				N I V E L C I M E N T A C I O N				
	11		1	2	12			13	
LONG =	4.00				8.00			4.00	
M	-1509				-4114			-1509	
MV	-488	0	16390	17470	-15442	17470	16390	0	-488
MV + S	6234	0	11353	19322	-15441	15821	21338	0	-7041
MV - S	-7209	0	21427	15618	-15444	19319	11442	0	6066
MR(+)	4667	0	16390	17470	0	17470	16390	0	4561
MR(-)	-5420	0	0	0	-15442	0	0	0	-5294

VV	1201		-7237	-16456		-16456	-7237		1201
VV + S	-1738		-4298	-16919		-15983	-10113		4077
VV - S	4141		-10177	-15993		-16919	-4362		-1674
VR	3113		7652	16456		16456	7603		3065

## SECCION 20 X 55

As Sup	5.08	0.99	17.25	18.30	3.42	16.30	17.25	0.99	4.94
As Inf	-5.87	-0.99	-4.34	-5.38	-16.33	-5.38	-4.34	-0.99	-5.73
ø 1/4ø	16		16	4		4	16		16
ø5/16ø	33		33	11		11	33		33
ø 3/8ø	39		39	15		15	39		39

## M A R C O EJES 2 y 3

## N I V E L CUBIERTA

BARRA		17	
LONG =		8.00	
W		3468	
MV	-4396	27214	-4396
MV + S	778	28295	-9587
MV - S	-9570	29812	778
MR(+)	585	27214	583
MR(-)	-7195	0	-7193
VV	15590		15590
VV + S	14297		18883
VV - S	18883		14297
VK	15590		15590

## SECCION 20 X 70

Aa Sup	1.26	22.18	1.26
Aa Inf	-6.05	-5.52	-6.05
" 1/4"	8		8
" 5/16"	18		18
" 3/8"	27		27
" 1/2"	48		48

	M A R C O E J E S 2 y 3				N I V E L ENTREPISO				
BARRA	14				15				
LONG =	4.00				6.00				
W	2616				3312				
	16				16				
MV	-329	780	-11588	-14332	12164	-14332	-11588	780	-329
MV + S	6752	0	-19079	-9558	12379	-19100	-4171	0	-7262
MV - S	-7410	0	-4096	-19105	12374	-9564	-19004	0	6604
MR(+)	5076	780	0	0	12164	0	0	780	4965
MR(-)	-5572	0	-14345	-14365	0	-14361	-14289	0	-5480
VV	2417		8047	13248		13248	8047		2417
VV + S	-1226		11690	12055		14441	4459		6005
VV - S	6060		4404	14441		12055	11834		-1170
VR	4557		8769	13248		13248	8747		4515
SECCION 20 X 50									
As Sup	6.08	1.24	4.98	5.01	14.30	5.00	4.92	1.24	5.95
As Inf	-6.68	-0.90	-16.66	-16.66	-2.62	-16.67	-16.59	-0.90	-6.54
o 1/4	16		12	5		5	12		16
o 5/16	33		28	12		12	29		33
o 3/8	35		35	18		18	35		35

BARRA	M A R C O E J E S				N I V E L C I M E N T A C I O N				
	11		2	y	3	12		13	
LONG =	4.00					8.00		4.00	
W	-2118					-5774		-2118	
MV	-438	0	23445	24254	-21938	24254	23445	0	-438
MV + S	6628	0	18250	26210	-21936	22302	26564	0	-7353
MV - S	-7501	0	28640	22299	-21939	26207	18326	0	6477
MR(+)	4982	0	23445	24254	0	24254	23445	0	4670
MR(-)	-5640	0	0	0	-21938	0	0	0	-5528
VV	1735		-10207	-23096		-23096	-10207		1735
VV + S	-1330		-7142	-23585		-22607	-13215		4743
VV - S	4799		-13271	-22608		-23585	-7198		-1274
VR	3608		10207	23096		23096	10207		3566

## SECCION 20 X 65

As Sup	4.53	1.17	20.64	21.29	4.03	21.29	20.64	1.17	4.42
As Inf	-5.12	-1.17	-5.24	-5.90	-19.42	-5.90	-5.24	-1.17	-6.02
.. 1/40	16		16	4		4	16		16
.. 5/100	33		33	9		9	33		33
.. 3/80	47		47	13		13	47		47

CRUCERO	NIVEL	Px	Py	Pcx	Pcy	P30Lx	P30Ly	Rx	Ry	Rcx	Rcy	R30Lx	R30Ly
1 - A	CIR - E	2350	1313	3920	476V	-471	1037	688	632	7041	3050	1966	1045
								243	621	6843	4097	1900	1043

SECCION 25 I 25

000 NIVEL CIR - E 000

REL. INTERACCION	AG
0.81	4.50
0.56	3.19
0.43	2.47
0.35	2.01
0.29	1.69
0.25	1.46
0.22	1.29
0.20	1.15
0.76	5.16
0.53	3.66
0.41	2.83
0.33	2.31
0.28	1.95
0.24	1.68
0.21	1.48
0.19	1.32

CRUCERO	NIVEL	Px	Py	Pcx	Pcy	P30Lx	P30Ly	Rx	Ry	Rcx	Rcy	R30Lx	R30Ly
2 - A	CIR - E	4191	2417	6680	6005	147	1076	458	59	7353	4906	2076	1690
								329	84	7212	5049	2080	1690

SECCION 25 I 25

000 NIVEL CIR - E 001

REL. INTERACCION	AG
0.38	5.43
0.27	3.97
0.21	3.12
0.18	2.57
0.15	2.18
0.13	1.89
0.11	1.66
0.10	1.49
0.32	5.46
0.23	3.99
0.18	3.14
0.15	2.58
0.12	2.19
0.11	1.90
0.09	1.67
0.08	1.50

CRUCEO	NIVEL	Px	Py	Pxx	Pyy	P301x	P301y	Rx	Ry	Rxx	Ryy	R301x	R301y	194
1 - 0	CIR - E	7315	24167	39	23009	-2163	-341	1080	933	5717	9685	2039	2425	
	E - CUB	7288	2976	226	9290	-619	367	39	239	6877	8127	1998	2510	
								3636	999	8533	3630	1669	1391	

SECCION 25 1 25

000 NIVEL CIR - E 000

000 NIVEL E - CUB 000

REL. INTERACCION AS

REL. INTERACCION AS

0.90	6.89	6.60	6.25
0.76	5.81	5.67	9.38
0.63	4.43	3.04	12.50
0.56	3.76	2.50	15.62
0.47	3.23	2.24	18.75
0.42	2.83	1.97	21.87
0.37	2.52	1.76	25.00
0.33	2.27	1.50	28.12
0.33	5.46	6.69	6.25
0.10	6.29	3.76	9.38
0.09	3.52	3.10	12.50
0.07	2.97	2.63	15.62
0.06	2.56	2.20	18.75
0.06	2.25	2.01	21.87
0.05	2.00	1.79	25.00
0.05	1.69	1.61	28.12

2.89	4.50	7.10	6.25
2.11	3.25	5.21	9.38
1.64	2.54	4.11	12.50
1.37	2.00	3.38	15.62
1.16	1.76	2.87	18.75
1.01	1.52	2.49	21.87
0.89	1.34	2.20	25.00
0.79	1.20	1.97	28.12
3.39	6.69	7.86	6.25
2.48	6.83	5.77	9.38
1.95	3.77	6.55	12.50
1.66	3.99	3.76	15.62
1.36	2.62	3.18	18.75
1.18	2.26	2.76	21.87
1.04	2.00	2.43	25.00
0.93	1.78	2.18	28.12



CRUCERO	NIVEL	P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>xx</sub>	P <sub>yy</sub>	P301 <sub>x</sub>	P301 <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	W <sub>xx</sub>	W <sub>yy</sub>	W301 <sub>x</sub>	W301 <sub>y</sub>
2 - B	CIR - E	17713	36865	15549	35783	649	-530	810	268	6262	11183	2122	3200
	E - CUB	5295	15510	4725	16883	171	580	26	30	7620	10624	2098	3181
								4396	149	9567	6447	1552	1979

SECCION 25 I 25

888 NIVEL CIR - E 888

888 NIVEL E - CUB 888

REL. INTERACCION AS				REL. INTERACCION BS			
1.63	17.26	14.55	6.25	1.68	3.68	5.49	6.25
0.96	10.92	9.62	9.38	1.31	4.60	6.20	9.38
0.64	7.78	5.95	12.50	1.06	3.38	3.50	12.50
0.49	5.96	4.87	15.62	0.89	3.01	2.94	15.62
0.39	4.78	3.54	18.75	0.77	2.38	2.54	18.75
0.32	3.96	2.98	21.87	0.67	2.26	2.22	21.87
0.27	3.36	2.45	25.00	0.60	2.01	1.98	25.00
0.23	2.91	2.11	28.12	0.54	1.80	1.78	28.12
0.09	15.60	15.20	6.25	2.59	7.10	6.48	6.25
0.05	9.87	9.01	9.38	2.01	5.50	5.06	9.38
0.03	7.04	6.22	12.50	1.64	4.47	4.13	12.50
0.03	5.38	4.67	15.62	1.37	3.76	3.48	15.62
0.02	6.32	3.89	18.75	1.18	3.23	2.99	18.75
0.02	3.58	3.43	21.87	1.03	2.83	2.62	21.87
0.01	3.04	2.56	25.00	0.92	2.51	2.33	25.00
0.01	2.63	2.21	28.12	0.83	2.25	2.10	28.12

#### 8.4 ANALISIS DEFINITIVO

Debido a que las secciones resultantes del proceso de diseño no coinciden con las secciones propuestas en el proceso de análisis, se deberán efectuar otra vez los procesos de análisis y diseño con nuevas secciones.

En el caso de las trabes se propondrán las secciones resultantes del proceso de diseño, debido a que disminuyeron las dimensiones de la sección transversal original, y las secciones de las columnas deberán incrementarse.

Para obtener la sección de las columnas se emplearán los siguientes criterios; se propondrá una sección para cumplir con los desplazamientos permisibles de la estructura (ya que éstos se encuentran excedidos), y se revisará que esta sección cumpla con las combinaciones de carga requeridas. El proceso es el siguiente :

$$\frac{\delta_a}{\delta_p} = \frac{10.5}{7.2} = 1.46 ; \quad \text{Inec} = 1.46 \times 2 \times 32,552 = 95,051$$

$$\text{Secc. } 35 \times 35 ; \quad I = 125,052 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \text{Int ac.} & \quad 2.91 \\ \text{-----} & \quad \text{-----} = 2.19 \\ \text{Int per} & \quad 1.33 \end{aligned}$$

$$\text{Mo ant.} = 0.4 \times 4200 \times 14.06 \times 19 = 448,795 \text{ Kg-cm}$$

$$\text{Mo nvo.} = 0.4 \times 4200 \times 27.56 \times 29 = 1'342,723 \text{ Kg-cm}$$

$$\text{rel.} = 448,795 / 1'342,723 = 2.99 > 2.19$$

En las siguientes páginas se presentan los listados con las nuevas secciones y los desplazamientos totales del Marco 2y3

E = 126491      G = 50596

# BARRAS = 17

# NUDOS = 14

# APOYOS = 5

BARRAS TIPO = 7

CONDICIONES DE CARGA = 4

GRADOS DE LIBERTAD = 29

ANCHO DE BANDA = 15

BARRA TIPO # 1

LONGITUD = 100  
 ANGULO = 90  
 AREA AXIAL = 10000  
 AREA CORTE = 10000  
 INERCIA = .001

BARRA TIPO # 2

LONGITUD = 350  
 ANGULO = 90  
 AREA AXIAL = 1225  
 AREA CORTE = 1021  
 INERCIA = 125052

BARRA TIPO # 3

LONGITUD = 250  
 ANGULO = 90  
 AREA AXIAL = 1225  
 AREA CORTE = 1021  
 INERCIA = 125052

BARRA TIPO # 4

LONGITUD = 400  
 ANGULO = 0  
 AREA AXIAL = 1400  
 AREA CORTE = 1167  
 INERCIA = 571667

BARRA TIPO # 5

LONGITUD = 800  
 ANGULO = 0  
 AREA AXIAL = 1400  
 AREA CORTE = 1167  
 INERCIA = 571667

BARRA TIPO # 6

LONGITUD = 400  
 ANGULO = 0  
 AREA AXIAL = 1000  
 AREA CORTE = 833  
 INERCIA = 208333

BARRA TIPO # 7

LONGITUD = 800  
 ANGULO = 0  
 AREA AXIAL = 1000  
 AREA CORTE = 833  
 INERCIA = 208333

RETRICCIONES EN APOYOS

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	S	S	S
2	S	S	S
3	S	S	S
4	S	S	S
5	S	N	N

INCIDENCIA DE BARRAS

BARRA	TIPO	I - J
1	1	1 - 5
2	1	2 - 6
3	1	3 - 7
4	1	4 - 8
5	2	5 - 9
6	2	6 - 10
7	2	7 - 11
8	2	8 - 12
9	3	10 - 13
10	3	11 - 14
11	4	5 - 6
12	5	6 - 7
13	4	7 - 8
14	6	9 - 10
15	7	10 - 11
16	6	11 - 12
17	5	13 - 14

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 1 \*\*\*

CONDICION \*\*\* SISMO \*\*\*

M A R C O E J E S 2 y 3

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	1.77E-03	-3.03E-03
6	8.78E-02	-1.00E-03	-1.38E-03
7	2.02E-01	8.93E-04	-1.33E-03
8	2.31E-01	-1.88E-03	-2.77E-03
9	4.87E+00	2.78E-02	-5.75E-03
10	4.84E+00	-9.07E-03	-8.58E-03
11	4.56E+00	7.55E-03	-6.48E-03
12	4.52E+00	-2.81E-02	-5.15E-03
13	7.06E+00	-1.51E-03	-3.50E-03
14	7.00E+00	-5.02E-08	-3.58E-03

Con base en los nuevos desplazamientos obtenidos al aplicar el total de la fuerza sísmica a cada uno de los marcos se procede al cálculo de las nuevas fuerzas directas.

Nivel	F.	Ejes A y D			Ejes B y C			Σk
		δ	k	f	δ	k	f	
Cubierta	13470	----	----	----	8.27	1629	13470	1629
Entrepiso	12730	4.97	2561	6827	5.75	2214	5902	4775

Nivel	F.	Ejes 1 y 4			Ejes 2 y 3			Σk
		δ	k	f	δ	k	f	
Cubierta	13470	8.00	1684	6316	7.06	1908	7156	3592
Entrepiso	12730	4.94	2577	6186	4.67	2726	6544	5303

Después de haber obtenido el centro de rigidez y la excentricidad en cada nivel se procede a evaluar las fuerzas por torsión, y las nuevas fuerzas sísmicas finales son :

Ejes	A y D	B y C	1 y 4	2 y 3
Nivel	F	F	F	F
Cubierta	----	16164	7579	8587
Entrepiso	8192	7082	7423	7853

Las condiciones de carga modificadas del " Marco Ejes 2 y 3 " se muestran en las páginas # 201 y # 202. Los desplazamientos y los elementos mecánicos correspondientes se presentan en las páginas # 203, # 204, # 205 y # 206.

\*\*\* M A R C O E J E S      2 y 3      \*\*\*

CONDICION DE CARGA # 1    VERTICAL

CARGAS EN BARRAS

CARGA TIPO # 1	W =	34.66
P= 1726    X= 350	P= 1726    X= 450	
CARGA TIPO # 2	W =	28.18
CARGA TIPO # 3	W =	33.12
CARGA TIPO # 4	W =	-21.18
CARGA TIPO # 5	W =	-57.74

INCIDENCIA DE CARGAS

BARRA	TIPO
11	4
12	5
13	4
14	2
15	3
16	2
17	1

CONDICION DE CARGA # 2    V + SISMO

CARGAS EN BARRAS

CARGA TIPO # 1	W =	34.66
P= 1726    X= 350	P= 1726    X= 450	
CARGA TIPO # 2	W =	28.18
CARGA TIPO # 3	W =	33.12
CARGA TIPO # 4	W =	-21.18
CARGA TIPO # 5	W =	-57.74

INCIDENCIA DE CARGAS

BARRA	TIPO
11	4
12	5
13	4
14	2
15	3
16	2
17	1

CARGAS EN NUDOS

NUDO	FX	FY	MZ
13	8587	0	0
9	7853	0	0

## CONDICION DE CARGA # 3 V - SISMO

## CARGAS EN BARRAS

CARGA TIPO # 1	W =	34.68
P= 1726 X= 350	P= 1726 X= 450	
CARGA TIPO # 2	W =	28.18
CARGA TIPO # 3	W =	33.12
CARGA TIPO # 4	W =	-21.18
CARGA TIPO # 5	W =	-57.74

## INCIDENCIA DE CARGAS

BARRA	TIPO
11	4
12	5
13	4
14	2
15	3
16	2
17	1

## CARGAS EN NUDOS

NUDO	FX	FY	MZ
13	-8587	0	0
9	-7853	0	0

## CONDICION DE CARGA # 4 30 % SISMO

## CARGAS EN NUDOS

NUDO	FX	FY	MZ
13	2578	0	0
9	2358	0	0



## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 1 \*\*\*

CONDICION \*\*\* VERTICAL \*\*\*

M A R C O E J E S 2 y 3

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	-4.19E-04	-7.59E-04
6	2.05E-03	-1.92E-04	3.09E-03
7	1.67E-03	-1.92E-04	-3.09E-03
8	3.72E-03	-4.19E-04	7.59E-04
9	-2.33E-02	-8.69E-03	-3.13E-04
10	-2.62E-02	-8.05E-02	-1.61E-03
11	2.99E-02	-8.05E-02	1.61E-03
12	2.70E-02	-8.69E-03	3.13E-04
13	2.17E-02	-1.06E-01	-4.69E-03
14	-1.60E-02	-1.06E-01	4.69E-03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 1 \*\*\*

CONDICION \*\*\* VERTICAL \*\*\*

M A R C O E J E S 2 y 3

BARRA	AXIAL	MI	MJ	VI	VJ
1	53.01E+02	19.21E-04	-36.42E-04	-57.62E-06	57.62E-06
2	24.33E+02	-79.72E-04	15.79E-03	23.76E-05	-23.76E-05
3	24.33E+02	76.80E-04	-15.51E-03	-23.20E-05	23.20E-05
4	53.01E+02	-22.03E-04	41.24E-04	63.27E-06	-63.27E-06
5	37.52E+02	17.71E+04	-13.84E+04	-87.17E+01	26.32E+02
6	35.55E+03	-38.57E+04	-39.50E+03	98.90E+01	-98.90E+01
7	35.55E+03	38.57E+04	39.50E+03	-98.90E+01	98.90E+01
8	37.52E+02	-17.86E+04	13.84E+04	80.64E+01	-80.64E+01
9	15.59E+03	89.00E+04	-13.04E+05	-87.78E+02	87.78E+02
10	15.59E+03	-89.00E+04	13.04E+05	87.78E+02	-87.78E+02
11	-90.64E+01	-17.86E+04	21.35E+05	15.49E+02	-10.02E+03
12	82.64E+00	25.21E+05	25.21E+05	-23.10E+03	-23.10E+03
13	-90.64E+01	21.35E+05	-17.86E+04	-10.02E+03	15.49E+02
14	90.64E+01	-13.84E+04	-73.06E+04	37.52E+02	67.12E+02
15	-88.60E+02	-16.80E+05	-16.80E+05	13.25E+03	13.25E+03
16	90.64E+01	-73.06E+04	-13.84E+04	67.12E+02	37.52E+02
17	87.78E+02	-13.04E+05	-13.04E+05	15.59E+03	15.59E+03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 2 \*\*\*

CONDICION \*\*\* V + SISMO \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	1.37E-04	-1.71E-03
6	2.96E-02	-5.06E-04	2.66E-03
7	6.52E-02	8.70E-05	-3.51E-03
8	7.61E-02	-9.41E-04	-1.12E-04
9	1.44E+00	-1.99E-04	-2.11E-03
10	1.43E+00	-8.33E-02	-3.69E-03
11	1.46E+00	-7.62E-02	-4.35E-04
12	1.45E+00	-1.71E-02	-1.30E-03
13	2.25E+00	-1.06E-01	-6.00E-03
14	2.19E+00	-1.06E-01	3.76E-03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 2 \*\*\*

CONDICION \*\*\* V + SISMO \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

BARRA	AXIAL	MI	MJ	VI	VJ
1	-17.29E+02	43.29E-04	-66.58E-04	-12.99E-05	12.99E-05
2	64.01E+02	-89.70E-04	15.69E-03	24.66E-05	-24.66E-05
3	-11.00E+02	39.23E-04	-12.79E-03	-16.71E-05	16.71E-05
4	11.90E+03	-54.89E-04	52.05E-04	10.69E-05	-10.69E-05
5	14.68E+01	-60.23E+04	56.42E+04	33.63E+02	-16.02E+02
6	36.65E+03	-12.04E+05	63.06E+04	52.42E+02	-52.42E+02
7	34.64E+03	-39.34E+04	67.10E+04	30.41E+02	-30.41E+02
8	71.59E+02	-89.88E+04	79.14E+04	46.29E+02	-46.29E+02
9	14.10E+03	41.70E+04	-71.02E+04	-45.08E+02	45.08E+02
10	17.06E+03	-13.72E+05	19.02E+05	13.10E+03	-13.10E+03
11	-13.11E+03	60.06E+04	15.44E+05	-18.78E+02	-65.94E+02
12	-76.70E+02	27.48E+05	22.97E+05	-23.66E+03	-22.53E+03
13	-46.29E+02	26.91E+05	-89.88E+04	-13.21E+03	47.37E+02
14	45.25E+02	56.42E+04	-14.69E+05	14.88E+01	10.32E+03
15	-52.25E+02	-12.55E+05	-20.63E+05	12.24E+03	14.26E+03
16	46.29E+02	-20.42E+03	-79.14E+04	33.05E+02	71.59E+02
17	13.10E+03	-71.02E+04	-19.02E+05	14.10E+03	17.06E+03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 3 \*\*\*

CONDICION \*\*\* V - SISMO \*\*\*

M A R C O E J E S 2 y 3

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	-8.75E-04	1.93E-04
8	-2.55E-02	1.21E-04	3.52E-03
7	-8.18E-02	-4.72E-04	-2.67E-03
8	-8.86E-02	1.02E-04	1.63E-03
9	-1.49E+00	-1.76E-02	1.49E-03
10	-1.48E+00	-7.77E-02	4.59E-04
11	-1.40E+00	-8.26E-02	3.66E-03
12	-1.39E+00	-8.74E-04	1.93E-03
13	-2.20E+00	-1.05E-01	-3.77E-03
14	-2.22E+00	-1.06E-01	8.02E-03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 3 \*\*\*

CONDICION \*\*\* V - SISMO \*\*\*

M A R C O E J E S 2 y 3

BARRA	AXIAL	MI	MJ	VI	VJ
1	12.33E+03	-48.73E-05	97.47E-05	14.62E-06	-14.62E-06
2	-15.34E+02	-89.74E-04	15.88E-03	22.86E-05	-22.86E-05
3	59.87E+02	11.46E-03	-16.22E-03	-29.68E-05	29.68E-05
4	-12.95E+02	10.63E-04	30.43E-04	19.80E-06	-19.80E-06
5	73.54E+02	95.85E+04	-84.10E+04	-51.06E+02	66.67E+02
6	34.45E+03	43.27E+04	-70.86E+04	-32.64E+02	32.64E+02
7	36.46E+03	11.65E+05	-59.20E+04	-50.19E+02	50.19E+02
8	34.37E+01	54.12E+04	-51.45E+04	-30.16E+02	30.16E+02
9	17.08E+03	13.63E+05	-18.99E+05	-13.05E+03	13.05E+03
10	14.10E+03	-40.82E+04	70.88E+04	44.80E+02	-44.80E+02
11	11.30E+03	-95.82E+04	27.27E+05	49.77E+02	-13.45E+03
12	80.36E+02	22.94E+05	27.45E+05	-22.53E+03	-23.68E+03
13	30.16E+02	15.80E+05	54.12E+04	-66.33E+02	-16.39E+02
14	-27.12E+02	-84.11E+04	78.41E+02	73.54E+02	31.10E+02
15	-12.50E+03	-20.65E+05	-12.57E+05	14.26E+03	12.24E+03
16	-30.16E+02	-14.41E+05	51.45E+04	10.12E+03	34.37E+01
17	44.60E+02	-18.99E+05	-70.68E+04	17.08E+03	14.10E+03

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 4 \*\*\*

CONDICION \*\*\* 30 % SISMO \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

NUDO	DESP. X	DESP. Y	GIRO
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	1.87E-04	-2.86E-04
6	8.27E-03	-9.41E-05	-1.30E-04
7	1.90E-02	8.38E-05	-1.25E-04
8	2.17E-02	-1.56E-04	-2.62E-04
9	4.40E-01	2.61E-03	-5.40E-04
10	4.37E-01	-8.42E-04	-6.22E-04
11	4.30E-01	8.99E-04	-8.15E-04
12	4.26E-01	-2.47E-03	-4.84E-04
13	6.68E-01	-1.20E-04	-3.34E-04
14	6.62E-01	-2.19E-05	-3.40E-04

## \*\*\* CONDICION DE CARGA # 4 \*\*\*

CONDICION \*\*\* 30 % SISMO \*\*\*

M A R C O EJES 2 y 3

BARRA	AXIAL	MI	MJ	VI	VJ
1	-21.09E+02	72.24E-05	-14.45E-04	-21.67E-06	21.67E-06
2	11.90E+02	-29.95E-05	-28.74E-06	27.07E-07	-27.07E-07
3	-10.60E+02	-11.30E-04	81.43E-05	19.44E-06	-19.44E-06
4	19.79E+02	-98.59E-05	32.42E-05	13.10E-06	-13.10E-06
5	-10.81E+02	-23.38E+04	21.08E+04	12.70E+02	-12.70E+02
6	33.09E+01	-24.55E+04	20.10E+04	12.76E+02	-12.76E+02
7	-27.25E+01	-23.37E+04	18.94E+04	12.08E+02	-12.08E+02
8	10.22E+02	-21.60E+04	19.59E+04	11.77E+02	-11.77E+02
9	-44.70E+01	-14.19E+04	17.83E+04	12.81E+02	-12.81E+02
10	44.70E+01	-14.45E+04	17.93E+04	12.95E+02	-12.95E+02
11	-36.82E+02	23.38E+04	-17.75E+04	-10.28E+02	10.28E+02
12	-23.86E+02	68.04E+03	-67.14E+03	-16.90E+01	16.90E+01
13	-11.77E+02	16.86E+04	-21.60E+04	-95.65E+01	95.65E+01
14	10.86E+02	21.08E+04	-22.15E+04	-10.81E+02	10.81E+02
15	10.91E+02	12.14E+04	-12.09E+04	-30.29E+01	30.29E+01
16	11.77E+02	21.31E+04	-19.59E+04	-10.22E+02	10.22E+02
17	12.95E+02	17.83E+04	-17.93E+04	-44.70E+01	44.70E+01

## 8.5 DISEÑO DEFINITIVO

A partir de los nuevos resultados obtenidos de la ejecución de los cuatro marcos, se rediseñaron las once trabes que se encuentran agrupadas de la siguiente manera:

- Ejes A y D : 2 trabes páginas # 208 y # 209
- Ejes B y C : 3 trabes páginas # 210, # 211 y # 212
- Ejes 1 y 4 : 3 trabes páginas # 213, # 214 y # 215
- Ejes 2 y 3 : 3 trabes páginas # 216, # 217 y # 218

En el caso de las columnas se rediseñaron los cuatro cruceros, mismos que se agrupan de la siguiente manera :

- Cruceros 1 - A y 2 - A página # 219
- Crucero 1 - B página # 220
- Crucero 2 - B página # 221

	M A R C O E J E S A y D				N I V E L ENTREPISO				
BARRA	12				13				
LONG =	4.00				4.00				
W	1386				1386				
MV	-1194	1130	-2128	-2043	995	-1512	-900	249	-232
MV + S	1513	2071	-4571	134	1325	-3669	1424	0	-2756
MV - S	-3901	1379	315	-4219	1514	644	-3224	0	2291
MR(+)	1137	1557	237	100	1138	485	1071	249	1723
MR(-)	-2933	0	-3437	-3172	0	-2759	-2424	0	-2072
VV	2539		3005	2905	2639		947		613
VV + S	1251		4293	1821	3723		-265		1825
VV - S	3826		1718	3988	1556		2158		-599
VR	2877		3228	2998	2799		1623		1372

## SECCION 20 X 30

An Sup	2.37	3.25	0.54	1.32	2.37	1.34	2.23	0.54	3.59
An Inf	-6.12	-0.54	-7.15	-8.82	-0.54	-5.75	-5.06	-0.54	-4.32
e 1/40	16		16	16		16	16		16
e 5/160	20		20	20		20	20		20

BARRA	M A R C O EJES A y D				N I V E L CIMENTACION				
	8		10		11				
LONG =	4.00		4.00		4.00				
W	-1138		-1138		-380				
MV	820	-848	1774	1704	-817	1218	868	-280	258
MV + S	3831	-1305	-874	3877	-1440	-838	3198	0	-2281
MV - S	-1781	-2050	4222	-469	-1229	3372	-1460	0	2763
MR(+)	2730	0	3174	2815	0	2555	2403	0	2077
MR(-)	-1347	-1541	-507	-353	-1083	-704	-1088	-280	-1723
VV	-2083		-2488	-2387		-2155	-938		-822
VV + S	-3352		-1200	-3479		-1073	-2152		582
VV - S	-773		-3779	-1318		-3238	278		-1838
VR	2521		2842	2818		2433	1818		1380

## SECCION 20 X 30

As Sup	5.89	0.54	8.82	8.08	0.54	5.29	5.01	0.54	4.33
As Inf	-2.81	-3.22	-1.41	-1.22	-2.28	-1.08	-2.28	-0.54	-3.89
ø 1/40	16		16	16		16	16		16
ø5/160	20		20	20		20	20		20

BARRA	M A R C O E J E S				B y C		N I V E L C U B I E R T A			
	19				20		21			
LONG =	4.00				4.00		4.00			
M	1248				1323		1248			
MV	-1500	870	-1751	-1700	890	-1813	-1727	902	-1460	
MV + S	2047	2252	-5071	1435	1857	-4924	1468	1807	-4817	
MV - S	-5048	1850	1589	-4835	1765	1298	-4920	2147	1898	
MR(+)	1539	1693	1180	1079	1398	976	1102	1614	1426	
MR(-)	-3795	0	-3813	-3635	0	-3702	-3699	0	-3622	
VV	2433		2559	2818		2874	2583		2429	
VV + S	718		4278	1056		4236	925		4087	
VV - S	4150		842	4179		1113	4200		792	
VR	3121		3215	3142		3185	3158		3058	

## SECCION 20 X 30

As sup	3.21	3.53	2.48	2.25	2.91	2.04	2.30	3.37	2.97
As inf	-7.88	-0.54	-7.89	-7.54	-0.54	-7.87	-7.67	-0.54	-7.51
n 1/40	16		16	16		16	16		16
n 5/160	20		20	20		20	20		20



	M A R C O E J E S				B y C		N I V E L ENTREPISO			
BARRA	16				17		18			
LONG =	4.00				4.00		4.00			
W	2870				2870		1728			
MV	-2455	2404	-4285	-4109	1949	-3473	-2892	1333	-1435	
MV + S	9030	0	-14332	4895	5085	-12218	8773	0	-12303	
MV - S	-13940	5889	5783	-12912	5519	5271	-12557	0	9432	
MR(+)	8790	4413	4333	3530	4150	3963	5093	1333	7092	
MR(-)	-10481	0	-10776	-9708	0	-9186	-9442	0	-9250	
VV	5283		8197	5899		5581	3822		3094	
VV + S	-101		11581	1512		9868	-1311		8227	
VV - S	10866		814	10286		1194	8955		-2039	
VR	8019		8707	7734		7495	6733		8186	

## SECCION 20 X 45

As Sup	9.10	5.92	5.81	4.73	5.58	5.31	6.83	2.38	9.51
As Inf	-13.73	-1.18	-14.09	-12.79	-1.11	-12.15	-12.46	-0.81	-12.23
e 1/40	11		9	13		14	16		16
e 5/160	28		23	31		32	32		32

BARRA	M A R C O E J E S				B y C		N I V E L C I M E N T A C I O N			
	13				14		15			
LONG =	4.00				4.00		4.00			
W	-3376				-3432		-2484			
MV	1853	-3212	5451	5081	-2198	4272	4330	-2223	1358	
MV + S	10754	-3676	-1734	10812	-3460	-1254	11245	-7089	-7080	
MV - S	-7048	-7539	12636	-489	-3169	9798	-2584	-3292	9775	
MR(+)	8088	0	9501	7979	0	7387	8455	0	7350	
MR(-)	-5299	-5668	-1304	-368	-2602	-943	-1943	-5330	-5308	
VV	-5853		-7851	-7081		-6667	-5711		-4225	
VV + S	-9874		-3630	-9831		-3897	-9544		-392	
VV - S	-1831		-11673	-4292		-9438	-1878		-8058	
VR	7424		8777	7391		7094	7176		6058	

## SECCION 20 X 45

An Sup	10.81	1.52	12.53	10.66	0.81	9.68	11.26	1.43	9.86
An Inf	-7.11	-7.60	-2.33	-0.81	-3.49	-1.98	-0.81	-7.15	-7.12
→ 1/40	18		10	16		18	15		16
→ 1/160	32		23	32		32	32		32

## M A R C O E J E S 1 y 4

## N I V E L C U B I E R T A

BARRA		17	
LONG =		8.00	
W		1994	
MV	-8828	7324	-8828
MV + S	-4084	7618	-13175
MV - S	-13173	7819	-4082
MR(+)	0	7324	0
MR(-)	-8905	0	-9906
VV	7976		7976
VV + S	8840		9112
VV - S	8112		6840
VR	7976		7976

## SECCION 20 X 50

As Sup	0.80	8.78	0.90
As Inf	-11.85	-1.78	-11.85
e 1/40	14		14
e 5/160	33		33
e 3/80	35		35

BARRA	M A R C O E J E S 1 y 4				N I V E L ENTREPISO				
	14				15				16
LONG =	4.00				8.00				4.00
W	1758				2813				1758
MV	-797	817	-5929	-12901	8003	-12901	-5929	617	-797
MV + S	5799	0	-13039	-8925	8201	-16855	882	1576	-6900
MV - S	-7399	1717	1181	-16677	8179	-8948	-12740	0	5306
MR(+)	4360	1291	888	0	8003	0	683	1185	3990
MR(-)	-5559	0	-9804	-12901	0	-12901	-9579	0	-5188
VV	2233		4799	10452		10452	4799		2233
VV + S	-1194		8228	9461		11443	1570		5462
VV - S	5880		1372	11443		9461	8028		-998
VR	4255		6165	10452		10452	6038		4106

## SECCION 20 X 50

An Sup	5.22	2.08	1.42	3.42	9.58	3.42	2.30	1.89	4.78
An Inf	-8.68	-0.90	-11.74	-15.09	-1.92	-15.09	-11.48	-0.90	-6.22
" 1/4"	16		16	8		8	16		16
" 1/2"	33		33	19		19	33		33
" 3/4"	35		35	27		27	35		35

BARRA	M A R C O E J E S 1 y 4				N I V E L C I M E N T A C I O N				
	11			12			13		
LONG =	4.00			8.00			4.00		
W	-1509			-4114			-1509		
MV	-1419	0	14288	18339	-14573	18339	14288	0	-1419
MV + S	5494	0	8887	20417	-14559	16290	19301	0	-7779
MV - S	-8331	0	19649	16261	-14588	20387	9235	0	4942
MR(+)	4131	0	14774	18339	0	18339	14512	0	3718
MR(-)	-6264	0	0	0	-14573	0	0	0	-5849
VV	904		-8940	-18458		-16456	-8940		904
VV + S	-2170		-3866	-18972		-15940	-9788		3752
VV - S	3977		-10013	-15940		-16972	-4091		-1945
VR	2990		7528	16456		16456	7359		2821

## SECCION 20 X 60

As Sup	4.08	1.08	14.55	17.68	1.08	17.69	14.32	1.08	3.80
As Inf	-8.19	-1.08	-1.08	-3.54	-14.37	-3.54	-1.08	-1.08	-5.76
e 1/40	16		16	5		5	16		16
e 5/160	33		33	13		13	33		33
e 3/80	43		43	18		18	43		43

## M A R C O E J E S 2 y 3

## N I V E L C U B I E R T A

BARRA		17	
LONG ±		8.00	
W		3468	
MV	-13045	18565	-13045
MV + S	-7102	19529	-19021
MV - S	-18988	21060	-7068
MR(+)	0	18565	0
MR(-)	-14277	0	-14302
VV	15590		15590
VV + S	14100		17080
VV - S	17080		14100
VR	15590		15590

## SECCION 20 X 70

As Sup	2.40	15.61	2.40
As Inf	-12.00	-3.12	-12.02
• 1/4•	8		8
• 5/16•	18		18
• 3/8•	27		27
• 1/2•	48		48

	M A R C O EJES 2 y 3				N I V E L ENTREPISO					
BARRA	14				15					
					16					
LONG =	4.00				8.00					4.00
W	2816				3312					2816
MV	-1384	1304	-7308	-16601	9895	-16601	-7306	1304	-1384	
MV + S	5642	5642	-14691	-12554	10042	-20631	-204	1878	-7914	
MV - S	-8411	1927	78	-20647	10026	-12570	-14408	5162	5145	
MR(+)	4242	4242	59	0	9895	0	0	3881	3868	
MR(-)	-6324	0	-11046	-16601	0	-16601	-10833	0	-5850	
VV	3752		8712	13248		13248	8712		3752	
VV + S	149		10315	12238		14258	3305		7159	
VV - S	7354		3110	14258		12238	10120		344	
VR	5529		7758	13248		13248	7609		5383	

## SECCION 20 X 50

As Sup	5.08	5.08	1.41	7.43	11.84	7.43	1.18	4.85	4.64
As Inf	-7.58	-1.02	-13.08	-19.10	-0.80	-19.10	-12.85	-0.90	-7.13
o 1/4	18		18	5		5	18		18
e5/16	33		33	12		12	33		33
e 3/8	35		35	18		18	35		35

BARRA	M A R C O E J E S 2 y 3				N I V E L C I M E N T A C I O N				
	11				12		13		
LONG =	4.00				8.00		4.00		
W	-2118				-5774		-2118		
MV	-1788	0	21353	25209	-20983	25209	21353	0	-1788
MV + S	6008	0	15437	27477	-20988	22971	26905	0	-8988
MV - S	-9582	0	27268	22941	-20998	27447	15800	0	5412
MR(+)	4516	0	21353	25209	0	25209	21353	0	4089
MRI(-)	-7204	0	0	0	-20983	0	0	0	-8758
VV	1549		-10021	-23098		-23098	-10021		1549
VV + S	-1878		-6594	-23859		-22533	-13209		4737
VV - S	4977		-13449	-22533		-23859	-6833		-1639
VK	3742		10112	23098		23098	10021		3562

## SECCION 20 X 70

As Sup	4.47	1.26	17.80	20.67	1.26	20.67	17.80	1.26	4.47
As Inf	-8.06	-1.26	-1.26	-4.03	-17.52	-4.03	-1.26	-1.26	-5.68
" 1/4"	16		16	4		4	16		16
" 3/8"	33		33	10		10	33		33
" 1/2"	47		47	15		15	47		47
" 3/4"	50		50	26		26	50		50



CRUCERO	NIVEL	Px	Py	Pcx	Pcy	P302x	P302y	Nx	Ny	Ncx	Ncy	N302x	N302y
1 - A	CIN - E	2539	2233	3826	5462	-386	919	1619	920	7779	1791	1908	813
								797	1394	6900	3991	1821	812

SECCION JS z 35

880 NIVEL CIN - E 688

REL. INTERACCION		AS	
0.72	1.33	2.82	12.25
0.50	1.06	1.95	18.38
0.38	0.81	1.89	28.50
0.30	0.65	1.21	30.62
0.25	0.55	1.01	36.75
0.22	0.47	0.87	42.87
0.19	0.41	0.76	49.00
0.17	0.37	0.68	55.12
0.62	1.95	2.64	12.25
0.42	1.35	1.83	18.38
0.32	1.03	1.80	28.50
0.26	0.85	1.13	30.62
0.22	0.70	0.95	36.75
0.19	0.60	0.82	42.87
0.16	0.52	0.72	49.00
0.16	0.47	0.64	55.12

CRUCERO	NIVEL	Px	Py	Pcx	Pcy	P302x	P302y	Nx	Ny	Ncx	Ncy	N302x	N302y
2 - A	CIN - E	3916	3732	6116	7159	61	1022	1780	70	8908	4351	2160	1387
								1304	85	7814	4705	1959	1386

SECCION JS z 35

880 NIVEL CIN - E 688

REL. INTERACCION		AS	
0.33	2.40	2.86	12.25
0.37	1.69	2.03	18.38
0.29	1.56	1.57	28.50
0.23	1.95	1.28	30.62
0.20	0.89	1.07	36.75
0.17	0.76	0.93	42.87
0.15	0.67	0.82	49.00
0.13	0.60	0.73	55.12
0.42	2.37	2.57	12.25
0.50	1.60	1.87	18.38
0.23	1.23	1.41	28.50
0.18	1.00	1.15	30.62
0.15	0.84	0.97	36.75
0.15	0.72	0.83	42.87
0.12	0.64	0.73	49.00
0.10	0.57	0.65	55.12

CONCRETE	LEVEL	Px	Py	Pcx	Pcy	PWZx	PWZy	Rx	Ry	Rcx	Rcy	WZLx	WZLy
1 - 0	C18 - E	7716	23227	616	22126	-2136	-230	6671	1853	3611	16796	2125	2670
	E - CUB	2633	7976	716	9112	-915	361	269	389	6622	7795	1766	2631
								6763	2166	11715	1236	1486	1816
								8628	1300	13175	2047	1366	1664

SECTION 25 1 35

316 LEVEL C18 - E 100

340 LEVEL E - CUB 100

REL. INTERSECTION				00	REL. INTERSECTION				00
1.30	0.88	1.71	12.25		2.83	2.78	4.19	12.25	
0.98	2.00	1.28	18.38		1.78	1.92	2.95	18.38	
0.78	2.38	1.61	24.36		1.37	1.67	2.27	24.36	
0.68	1.93	0.84	36.62		1.11	1.19	1.86	36.62	
0.25	1.64	0.71	36.75		0.93	1.00	1.28	36.75	
0.60	1.42	0.62	42.87		0.80	0.86	1.34	42.87	
0.62	1.25	0.25	49.88		0.71	0.76	1.17	49.88	
0.38	1.12	0.49	55.12		0.63	0.67	1.05	55.12	
0.11	2.33	1.99	12.25		2.88	3.38	4.64	12.25	
0.89	1.71	1.48	18.38		2.62	2.44	3.12	18.38	
0.67	1.35	1.18	24.36		1.25	1.87	2.60	24.36	
0.66	1.11	0.97	36.62		1.26	1.51	1.95	36.62	
0.65	0.94	0.83	36.75		1.06	1.27	1.64	36.75	
0.66	0.82	0.72	42.87		0.91	1.09	1.41	42.87	
0.66	0.72	0.64	49.88		0.88	0.96	1.20	49.88	
0.63	0.64	0.37	55.12		0.71	0.86	1.11	55.12	

CRUCERO	NIVEL	P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>cx</sub>	P <sub>cy</sub>	P302 <sub>x</sub>	P302 <sub>y</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>cx</sub>	R <sub>cy</sub>	R302 <sub>x</sub>	R302 <sub>y</sub>
Z - B	CIM - E	17273	33550	16121	34642	346	-272	3857	390	3934	13125	2337	3821
	E - CUB	5176	13590	5021	17080	47	447	395	93	6710	11769	1894	3503
								8900	269	13717	6907	1443	2152
								13045	51	19021	6404	1793	1937

SECCION 35 E 35

888 NIVEL CIM - E 888

888 NIVEL E - CUB 888

REL. INTERACCION	AS	REL. INTERACCION	AS
0.72	3.31	1.39	12.25
0.56	2.59	1.09	18.38
0.46	2.12	0.89	24.50
0.39	1.78	0.75	30.62
0.33	1.53	0.64	36.75
0.29	1.33	0.56	42.87
0.26	1.18	0.50	49.00
0.23	1.06	0.45	55.12
0.09	2.41	1.75	12.25
0.06	1.89	1.38	18.38
0.05	1.54	1.12	24.50
0.04	1.29	0.96	30.62
0.04	1.11	0.81	36.75
0.03	0.97	0.71	42.87
0.03	0.86	0.63	49.00
0.03	0.77	0.56	55.12
		0.08	1.33
		0.02	1.31

## CONCLUSIONES

El presente trabajo permite realizar las siguientes conclusiones :

La integración de programas de computadora que permitan realizar el Análisis y Diseño de Estructuras trae consigo una disminución en el tiempo empleado, ya que se reducen las horas/hombre utilizadas y también las horas/máquina.

El tiempo necesario para realizar el Diseño Estructural es aproximadamente el 13 % del tiempo utilizado mediante programas separados.

En el ejemplo anterior se requirió de cuatro horas para realizar el análisis y diseño preliminar, y tres horas para realizar el análisis y diseño definitivo. Mediante procedimientos separados se hubiera necesitado por lo menos de ocho días para realizar los dos procesos.

Trabajar con programas de Análisis y Diseño integrados permite homogenizar los tiempos empleados para cada uno de los procesos.

El modificar las secciones de las barras provoca distribuciones de los elementos mecánicos diferentes de las originales.

Las trabes en las que se modificó su sección transversal en un 13 % presentaron diferencias en los momentos máximos de diseño del 11 %. Sin embargo en los demás momentos se presentaron diferencias del 50 al 60 % en algunos casos (Ejes 1 y 4 nivel cubierta páginas # 187 y # 213); hasta llegar al 100 % en otros (Ejes 2 y 3 nivel cubierta páginas # 190 y # 216). Además de provocar grandes diferencias en los elementos mecánicos, pues en secciones en donde regía el momento al centro del claro debido al cambio de la sección el momento más desfavorable se presentó en los extremos.

En el caso de las columnas se presentó una situación similar; los momentos máximos sólo cambiaron un 10 % aproximadamente, pero se presentaron diferencias del 300 % en unos casos (Mx crucero 1 - A páginas # 193 y # 219), y del 400 % en otros casos (Mx crucero 2 - A páginas # 193 y # 219). Además de esto los momentos máximos no siempre se localizaron en los mismos puntos.

Los datos anteriores confirman la importancia que tiene el diseñar las trabes y columnas con las secciones provenientes del análisis (aunque el cambio sea del 10 o 15% como en el ejemplo anterior), ya que de otra manera algunas secciones tendrán el refuerzo excedido, pero otras quedarán escasas.

Al tener integrados los programas de Análisis y Diseño Estructural se pueden realizar todas las modificaciones necesarias para lograr la armonía entre los datos del análisis y los resultados del diseño, en un tiempo corto.

Además de lo anterior, como se disminuye grandemente el tiempo que se emplea en procedimientos tediosos y donde no se necesita emplear mucho criterio, se puede emplear este tiempo en mejorar los tipos de estructuración, o bien en proponer nuevos modelos que optimicen la respuesta estructural de las construcciones.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANALISIS DE ESTRUCTURAS ESQUELETALES PLANAS EMPLEANDO  
UNA MICROCOMPUTADORA  
Piñon Blanco, Gabriel  
Tesis profesional  
Universidad La Salle
  
- 2.- ANALISIS LINEAL DE ESTRUCTURAS MURO-MARCO POR EL METODO  
DEL ELEMENTO FINITO  
Athie Ghanem, Alfredo  
Tesis profesional  
Universidad La Salle
  
- 3.- ANALISIS ESTRUCTURAL AVANZADO  
Apuntes de la Maestría de Estructuras  
Universidad Nacional Autónoma de México
  
- 4.- MATRIX COMPUTATION FOR ENGINEERS AND SCIENTISTS  
Jennings, Alan  
Wiley - Interscience Publication  
London, Great Britain 1977
  
- 5.- ANALISIS NUMERICO  
Curtis F., Gerald  
Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A.  
México D.F. 1982

- 6.- ANALISIS ESTRUCTURAL  
Luthe García, Rodolfo  
Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A.  
México D.F. 1971
  
- 7.- CONCRETO. TEORIA ELASTICA. DISEÑO AL LIMITE  
Torres H., Marco Aurelio  
Editorial Patria S.A.  
México D.F. 1962
  
- 8.- ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO  
González Cuevas, Oscar M.  
Robles F.-V., Francisco  
Editorial Limusa  
México D.F. 1986
  
- 9.- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal  
Diario Oficial de la Federación  
México D.F. Julio 1987
  
- 10.- Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y  
Construcción de Estructuras de Concreto  
Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal  
México D.F. Noviembre 1987



**11.- Normas Técnicas Complementarias para el Diseño  
por Sismo**

**Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal  
México D.F. Noviembre 1987**