

19 870115
24

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

" DISEÑO POR COMPUTADORA DE COLUMNAS RECTANGULARES
DE CONCRETO REFORZADO "

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

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

P R E S E N T A

RUBEN ANTONIO SANCHEZ ORTIZ

GUADALAJARA, JALISCO

1 9 8 7



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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

I.-	INTRODUCCION	
	GENERALIDADES	2
II.-	METODO DE DISEÑO	
	-- INTRODUCCION	5
	- PROPOSICION DE SECCIONES	6
	- REVISION POR ESBELTEZ	8
	- ACERO DE REFUERZO LONGITUDINAL	11
	- COMBINACION DE CARGAS Y MOMENTOS RESISTENTES POR LA SECCION	11
III.-	DIAGRAMA DE FLUJO	14
IV.-	LISTADO DEL PROGRAMA	23
V.-	APLICACIONES	
	- GENERALIDADES	38
	- EJEMPLOS	39
VI.-	CONCLUSIONES	68
	 BIBLIOGRAFIA	

CAPITULO I

INTRODUCCION

En el amplio campo de la Ingeniería Civil, una de las partes fundamentales que podemos considerar, es la edificación de estructuras, para la cual el Ingeniero debe tratar de prevenir el comportamiento de los elementos de la estructura; es decir, abarca la elección del sistema de cargas que se pueden llegar a presentar, hasta el diseño de los elementos. Enfocándonos al diseño, los elementos que se pueden considerar, por su función, con mayor importancia, son las columnas, debido a que estos elementos son los encargados de recibir las cargas del sistema de entrespaño y transmitir dichas cargas a la subestructura, por lo que, aparte de las zapatas, son los elementos encargados de mantener en pie la estructura. Por estos motivos, y tomando en cuenta la importancia del concreto actualmente en la construcción, este programa se enfoca al diseño de columnas rectangulares de concreto reforzado, buscando con este una obtención rápida y precisa de resultados a problemas de diseño de columnas.

Este programa no se limita a recibir datos y entregar resultados, sino por el contrario, considera importante la intervención del diseñador por su experiencia, es decir, debido a que los problemas de diseño no suelen tener soluciones únicas, el programa orienta al usuario y le permite decidir por una solución razonable y que considere conveniente, además, el diseño debe satisfacer otros requisitos, tales como el costo dentro de límites económicos y satisfacer determinadas exigencias del proyecto, permitiendo al usuario elegir secciones que cumplan con estos aspectos.

También este programa se realizó para facilitar el diseño de estos elementos, considerando la situación por la que atraviesa el país, es necesario economizar el proceso de diseño, permitiendo con este programa la utilización de menor personal y la disminución del tiempo para la obtención de resultados.

El programa que a continuación se presenta se basa en el diseño plástico para la revisión y diseño de la columna, así como se complementa con los límites que marca el Reglamento de Diseño de Concreto Reforzado (ACI 318-83). También es necesario aclarar, que el programa sólo determina el dimensionamiento de la sección y acero de refuerzo longitudinal, excluyendo la obtención del acero

de refuerzo transversal, ya que éste, en algunos casos se determina mediante tablas, como la siguiente:

- 1.- Estribo de varilla del No.3 por lo menos para varillas del No.10 o menores del acero de refuerzo longitudinal.
- 2.- Estribo de varilla del No.4 para varillas mayores del No.10 en el acero de refuerzo longitudinal.
- 3.- Máxima separación entre los estribos es la menor de:
 - A) 16 veces el diámetro de las varillas de la columna.
 - B) 48 veces el diámetro del estribo.
 - C) El espesor mínimo de la columna.

En otros casos, su obtención, proviene de un análisis previo, por lo que se consideró dejar al diseñador elegir por su cuenta la manera más conveniente, o más segura, forma de determinarlo, limitando de esta manera, el arduo trabajo del diseñador a sólo determinar por su cuenta el acero de refuerzo transversal, que se simplifica con reglas o tablas ya existentes (como la mencionada anteriormente) que se pueden considerar como seguras.

CAPITULO II

M E T O D O D E D I S E N O

El método de diseño utilizado por este programa se basa en el diseño plástico y consiste principalmente en proponer secciones y revisión hasta encontrar una que se considere conveniente, auxiliándose para ello del diagrama de interacción para facilitar la decisión de obtención de una sección óptima.

Los datos que son necesarios para tener disponibles al correr el programa son los siguientes:

- 1.- Resistencia del concreto (F_c) en kg/cm^2
- 2.- Resistencia del acero (F_y) en kg/cm^2
- 3.- Longitud de la columna en cm
- 4.- Carga axial que actúa sobre la columna en ton.
- 5.- De acuerdo a reglamento, el momento se clasifica de 2 tipos:
 - A) Momentos que no producen desplazamiento apreciable
 - B) Momentos que producen desplazamiento apreciable (debido a cargas de sismo, transversales, etc.).

Los momentos ingresan en $\text{Ton}\cdot\text{m}$. Para los momentos del caso (A) ingresan: el momento del extremo superior y el inferior, el caso (B) si existe sólo ingresa el mayor de los dos. Para ambos casos se debe conocer el sentido de los momentos ya sea horario o antihorario.

- 6.- Valor del coeficiente de longitud efectiva si lo tiene, o si desea calcularlo deberá contar con la sumatoria de la relación de inercia y longitud de columnas sobre la sumatoria de la relación de inercia y longitud de las vigas, en ambos extremos, es decir:

$$\frac{\sum (I_c/L_c)}{\sum (I_v/L_v)}$$

- 7.- Se deberá conocer a que tipo de marco pertenece el elemento:
 - A) Marco contraventeado
 - B) Marco no contraventeado
- 8.- El porcentaje del momento que es debido a la carga muerta, este dato es necesario si considera efectos de esbeltez.
- 9.- Si existe momento del caso (B) y forma parte de un marco contraventeado, será necesario contar con el número de columnas que forma el marco, así como la carga última de cada una. Si el diseñador no quiere considerar la carga crítica igual para todas, deberá contar con esta información.
- 10.- El diseñador podrá contar con el dimensionamiento de la columna y/o porcentaje de acero si existen límites de proyecto; de no existir éstos, podrá utilizar la información que presenta el programa.

A continuación se explicará siguiendo la secuencia lógica del programa, la forma de obtención del diseño por este programa, refiriéndose a las consideraciones y límites en los cuales se basa:

I.- PROPOCICION DE SECCIONES.

La obtención de secciones probables se determina considerando, primeramente que la sección trabaja a compresión pura, para este caso el reglamento (ACI-318-83) en la sección 10.3 especifica que la máxima capacidad para carga axial que pueda atribuirse a una columna con estribos se puede determinar mediante la siguiente expresión

$$\phi P_n = 0.80 \phi [0.85 f_c (A_g - A_s) + A_s f_y]$$

El programa toma las siguientes consideraciones debido a que los valores determinados no intervienen en el diseño

- ϕP_n = Carga última
- ϕ = 0.70 para columnas con estribos
- El área de concreto se considera tomando en cuenta el área del acero.
- El área de acero la consideramos como el 1% del área de concreto.

Con las consideraciones anteriores la expresión queda:

$$P_U = 0.70(0.80) [0.85 f_c A_g + A_g(0.01) f_y]$$

Donde: A_g : área del concreto (cm²)
 F_y : resistencia del concreto (kg/cm²)
 F_c : resistencia del acero (kg/cm²)
 P_U : carga última (kg)

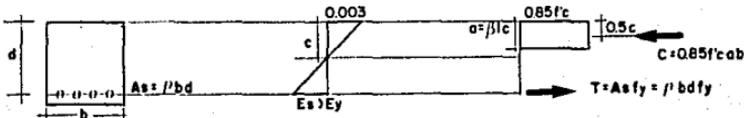
Despejando el área de concreto (A_g)

$$A_g = P_U / [0.80(0.70)(0.85 F_c + 0.01 F_y)]$$

Mediante esta expresión y sustituyendo los valores conocidos obtenemos el área de concreto necesaria por compresión; la dimensión de la sección la obtenemos

suponiendo valores de la base determinando de esta manera la altura de la sección. Cabe aclarar que el programa sólo presenta las secciones probables siempre y cuando la base sea menor o igual a la altura de la sección.

La segunda consideración consiste en dejar a la columna, ahora, trabajando únicamente a flexión, para lo cual el momento resistente nominal para elementos rectangulares con refuerzo de tensión únicamente y de acuerdo al reglamento ACI-318-83 se toma la siguiente suposición:



Considerando el punto balanceado, es decir, $C = T$

$$0.85f_c ab = \rho bdf_y$$

Despejando (a):

$$a = \rho d f_y / 0.85 f_c$$

$$\text{si } W = \rho f_y / f_c$$

$$a = dW / 0.85$$

Tomando momentos respecto al acero de tensión

$$M_n = C(d - a/2) = 0.85f_c ab d (1 - a/2d)$$

Sustituyendo (a) e incorporando el factor ϕ y considerando

$$M_n = M_u :$$

$$M_u = \phi b d^2 f_c w (1 - 0.59w) \dots (1)$$

Donde:

b = base de la sección (cm)

d = peralte de la sección (cm)

f_c = resistencia del concreto (kg/cm²)

ϕ = 0.90 considera el programa

M_u = momento último, al iniciar el programa

es la suma del momento máximo del caso

A y el momento del caso B si existe

posteriormente se incorporan los factores

λ_B y λ_S respectivamente si es necesario.

considerarlos.

W = índice de refuerzo dado por la siguiente

expresión:

$$W = \rho f_y / f_c$$

ρ = porcentaje de acero. El programa considera

el 50% de ρ_B

$$\rho_B = \frac{\phi 0.85 f_c}{f_y} \left[\frac{6115}{6115 + f_y} \right]$$

De la expresión (1) despejamos bd^2 obteniendo:
 $bd^2 = \mu / (0.90) W f \epsilon (1 - 0.59w)$

Una vez que obtenemos el valor de bd^2 , se procede a suponer valores de b para encontrar los valores correspondientes del peralte, con esto obtenemos una segunda serie de posibles dimensiones de la sección, las cuales sirven para que el diseñador elija la sección que considere conveniente.

11.- REVISION POR ESBELTEZ.

Se entiende por efecto de esbeltez la reducción de resistencia de un elemento sujeto a compresión axial o a flexocompresión, debida a la relación de la longitud del elemento y las dimensiones de la sección transversal. el reglamento (ACI-318-83) para determinar la necesidad de efecto de esbeltez toma las siguientes consideraciones:

- 1.- La longitud efectiva debe tomarse como la distancia libre entre losas de entrepiso, vigas u otro elemento que proporcione apoyo lateral.
- 2.- El radio de giro lo considera igual 0.30 veces la dimensión total de la sección en que se considere la estabilidad del elemento; en este programa la dimensión que considera para determinar el radio de giro es la altura de la sección.
- 3.- Dependiendo de las condiciones del elemento el cálculo del factor de longitud efectiva (K) se obtiene de la siguiente manera:
 Para columna perteneciente a un marco contraventeado, el factor de longitud efectiva se toma como la menor de las 2 expresiones siguientes.
 $K = 0.7 + 0.5(\psi_A + \psi_B) < 1.0$
 $K = 0.85 + 0.05 \psi_{\min} < 1.0$

Donde: ψ_B y ψ_A : es la relación de sumatoria de inercias entre longitud de elementos de compresión y sumatoria de inercias entre longitud de elementos dispuestos en un plano en el extremo.
 ψ_{\min} : es la menor de los 2 valores.

Para elementos sin contraventear el factor de la longitud efectiva se puede tomar como:

$$\text{Para } \psi_m < 2 \quad K = \frac{20 - \psi_m}{20} \sqrt{1 + \psi_m}$$

$$\text{Para } \psi_m \geq 2 \quad K = 0.9 \sqrt{1 + \psi_m}$$

Donde: ϕ_m : es el promedio de los valores de ϕ_A y ϕ_B en los dos extremos del elemento.

El programa también considera la posibilidad de que el diseñador cuente o prefiera elegir el valor de longitud efectiva.

Con lo anterior, para elementos contraventeados para evitar desplazamiento lateral, puede pasarse por alto los efectos de esbeltez si cumple lo siguiente:

$$KL/r = < 34 - 12M1b/M2b$$

Donde: K = Longitud efectiva
L = Longitud
r = Radio de giro
M1b = Momento menor que no produzca desplazamiento apreciable,
M2b = Momento mayor que no produzca desplazamiento apreciable.
M1b/M2b = Es (+) si produce curvatura simple y (-) si produce curvatura doble.

Y para elementos sin contraventear, puede pasarse por alto los efectos de esbeltez si cumple lo siguiente:

$$KL/r = < 22$$

Este programa no contempla los casos en que la relación de esbeltez es mayor de 100.

4.- Si se presenta la necesidad de considerar el efecto de esbeltez es necesario amplificar el momento de diseño de la siguiente manera:

$$M_u = \delta_B M_{2b} + \delta_s M_{2s}$$

Donde: M2b = Momento mayor que no produce desplazamiento apreciable.
M2s = Momento mayor que produce desplazamiento apreciable.

En el caso de que la excentricidad, tanto para M2b como para M2s, sea menor a la siguiente ecuación:

$$(1.5 + 0.03H)$$

Será necesario considerar al momento con excentricidad m_f nima como se indica en las siguientes expresiones:

$$M_{2b} = (1.5 + 0.03H) * P_U$$

$$M_{2s} = (1.5 + 0.03H) * P_U$$

Para determinar el factor de amplificación δ_B se utiliza la siguiente ecuación:

$$\delta B = \frac{CM}{1 - (Pu/\delta Pc)} \geq 1.0$$

Donde: CM para elementos contraventeados y sin carga transversal puede considerarse como:

$$CM = 0.6 + 0.4 \frac{M1b}{M2b} \geq 0.4$$

Para los demás casos CM puede considerarse como 1.0
Pu = carga última factorizada

$$Pc = 1/2 EI / (KL)^2$$

$$\delta = 0.7$$

$$\text{Donde: } EI = \frac{Ec Ig / 2.5}{1 + \beta d}$$

$$\text{Donde: } Ec = 15000 \sqrt{f'c}$$

Ig = Momento de inercia de la sección total del concreto respecto al eje centroidal, sin tomar en cuenta el refuerzo.

βd = Valor absoluto de la relación entre el momento máximo debido a la carga muerta factorizada y el momento máximo debido a la carga total factorizada. Para este término el programa considera al momento sin factorizar y pregunta el porcentaje de carga muerta determinándolo de la siguiente forma:

$$\beta d = \frac{1.4(\%cm)Mu}{1.4(\%cm)Mu + 1.7(1-\%cm)Ml}$$

En el caso de que exista momento que produzca desplazamiento apreciable el factor de amplificación δ_s se calcula la siguiente forma:

Para marcos contraventeados $\delta_s = 1$

Y para marcos no contraventeados el factor se calcula de la siguiente forma:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - (\Sigma Pu / \delta \Sigma Pc)} \geq 1.0$$

Donde: ΣPc = Sumatoria de cargas críticas de todas las columnas del marco

Para simplificar, el programa puede considerar, si lo desea el usuario, las cargas críticas iguales en todas las columnas.

El programa presenta en pantalla si fué o no necesario considerar efectos de esbeltez, al igual que aparecen los factores de βd , CM, δB , δ_s , así como las cargas de

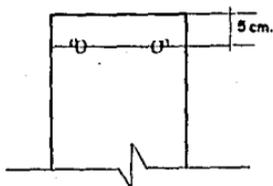
diseño, es decir, momento último (ya afectado por sus correspondientes factores si fué necesario), carga crítica y carga de diseño, ésto con el fin de que el usuario tenga conocimiento de los factores y cargas considerados para el diseño.

III. ACERO DE REFUERZO LONGITUDINAL.

Siguiendo con las bases del reglamento ACI-318-83, el acero de refuerzo longitudinal tiene los siguientes límites:

- 1.- 0.01 veces el área de concreto como mínima área de acero de refuerzo.
- 2.- 0.08 veces el área de concreto como máxima área de acero de refuerzo.
- 3.- 4 varillas como mínimo.

El programa permite al usuario elegir el porcentaje de acero que quiera utilizar (entre el 1% y 8%) y presenta en pantalla todas las posibilidades de utilizar varillas individuales para el porcentaje de acero que eligió. En el caso de considerar paquete de varillas tendrá que separar las varillas como hileras independientes y con una misma distancia al paño superior, por ejemplo:



2 paquetes de varillas formado por 1 varilla del No.3 y 1 del No. 9 c/u.

En el programa se tomarán de la siguiente manera:

1a. hilera 2 varillas del No.3 distancia 5 cm.

2a. hilera 2 varillas del No.9 distancia 5 cm.

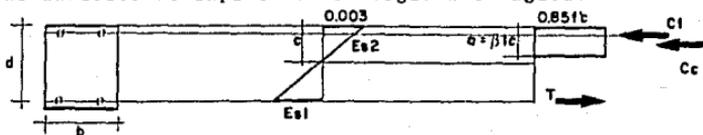
IV. COMBINACION DE CARGAS Y MOMENTOS RESISTENTES POR LA SECCION.

Para la obtención de la combinación de cargas y momentos resistentes de la sección se basa en el diseño plástico siguiendo estas suposiciones de acuerdo al reglamento (ACI 318-83).

- Las deformaciones en el refuerzo y en el concreto se suponen directamente proporcionales a la distancia del eje neutro.
- La máxima deformación utilizable en la fibra extrema a compresión del concreto se supondrá a 0.003.
- El esfuerzo en el refuerzo inferior a la resistencia de la fluencia especificada f_y , para el grado de acero usa

do, debe tomarse como el módulo de elasticidad del refuerzo (2039000 kg/cm²), por la deformación del acero. Para mayores deformaciones que las correspondientes a f_y , el esfuerzo se considera independiente de la deformación, e igual a f_y .

- La distribución del esfuerzo por compresión en el concreto la consideramos rectangular, es decir, se utilizará un esfuerzo del concreto de 0.85 f'_c ; se supondrá uniformemente distribuido en la zona de compresión desde la fibra de máxima deformación unitaria de compresión, hasta una línea recta paralela al eje neutro a una distancia $a = \beta_1 c$
- C = distancia de la fibra de máxima deformación unitaria al eje neutro y perpendicular a dicho eje.
- El valor de β_1 será 0.85 para $f'_c \leq 280$ kg/cm² para resistencias superiores se disminuirá 0.05, por cada 70 kg/cm² de aumento sobre 280 kg/cm² sin ser menor de 0.65.
- Lo anterior se explica en la siguiente figura:



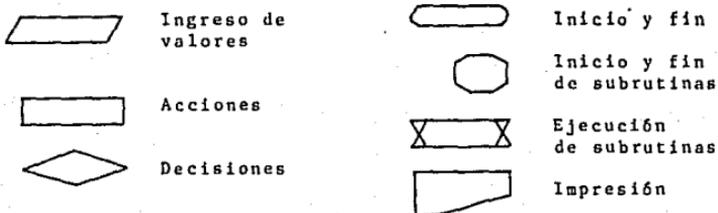
Los momentos resistentes los determina respecto al centro de la sección y las cargas resistentes como la diferencia de fuerzas de compresión y tensión, variando la distancia C de 0 al valor de la altura de la sección presentando en pantalla estos valores al igual que la excentricidad en el intervalo que desee el usuario, el programa determina si el momento último y la carga última están dentro de los valores resistentes al igual que presenta en pantalla el mensaje correspondiente.

Si los valores resistentes y las cargas últimas están dentro de los límites de la gráfica, presenta en pantalla el diagrama de interacción para determinar con mayor facilidad lo cercano o alejado de una sección óptima o en su defecto de una sección que cumpla.

CAPITULO III

DIAGRAMA DE FLUJO

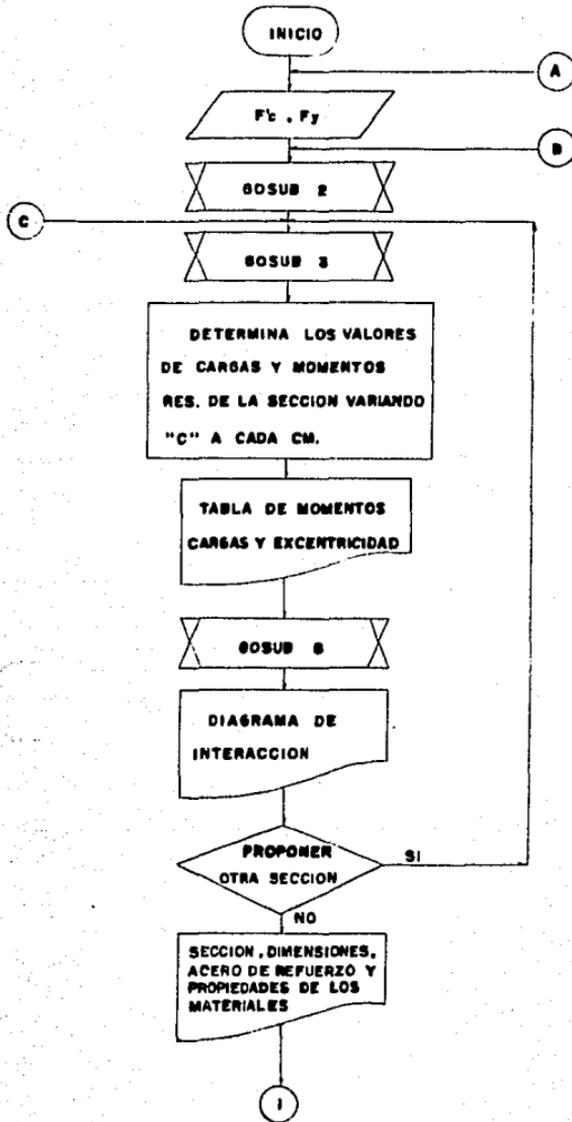
En este capítulo se presenta en forma general la secuencia lógica que se siguió para la elaboración del programa para el diseño de columnas, en el diagrama de flujo se indican datos que ingresan al programa, acciones que ejecuta así como la impresión de resultados y tablas. Las representaciones gráficas del diagrama de flujo tienen el siguiente significado:



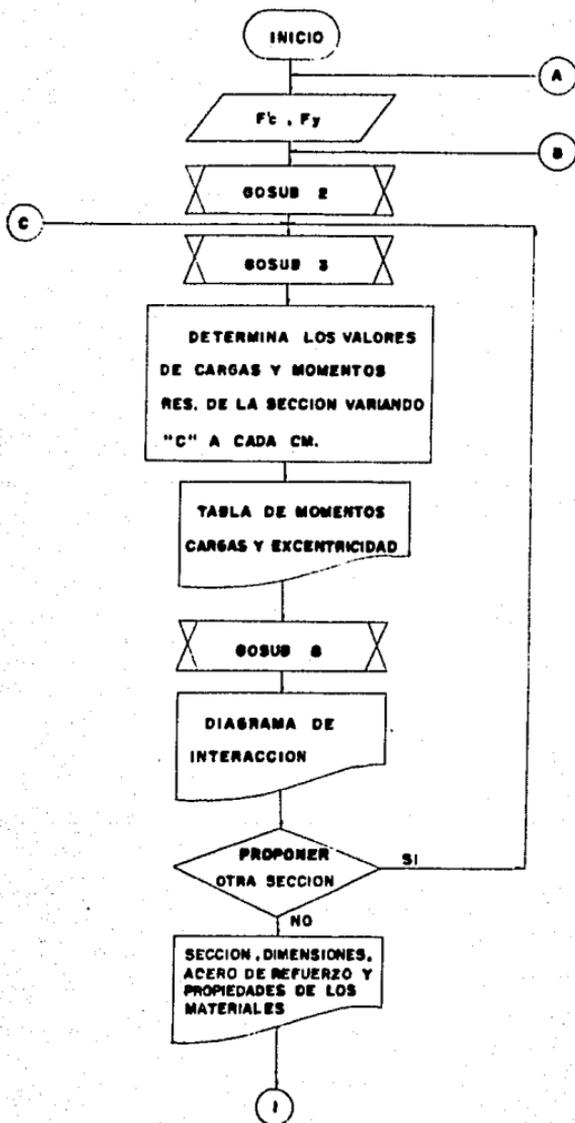
En los diagramas que a continuación se presentan no incluyen la subrutina 1 y 5 debido a que éstas subrutinas no intervienen en el diseño, tienen la siguiente función:

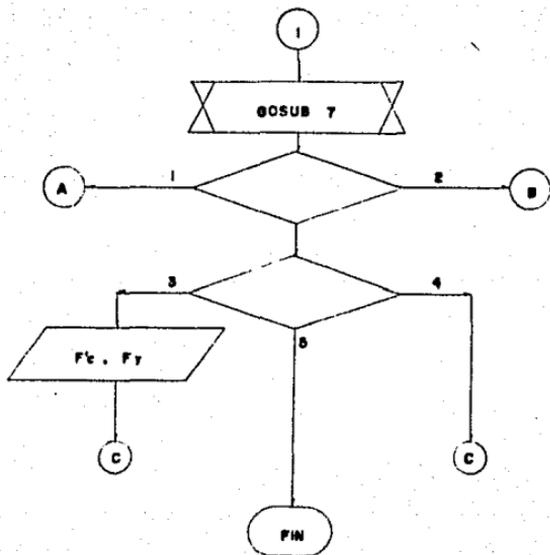
- Subrutina 1 : Presentación del programa.
- Subrutina 5 : Marco de presentación de tablas y resultados.

PROGRAMA PRINCIPAL

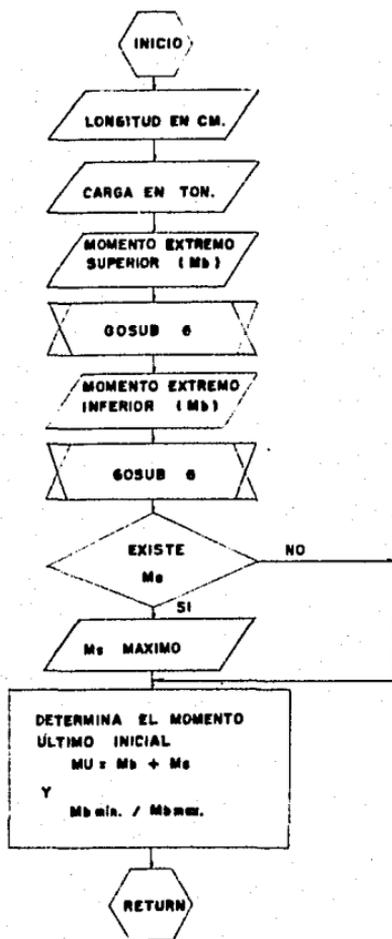


PROGRAMA PRINCIPAL

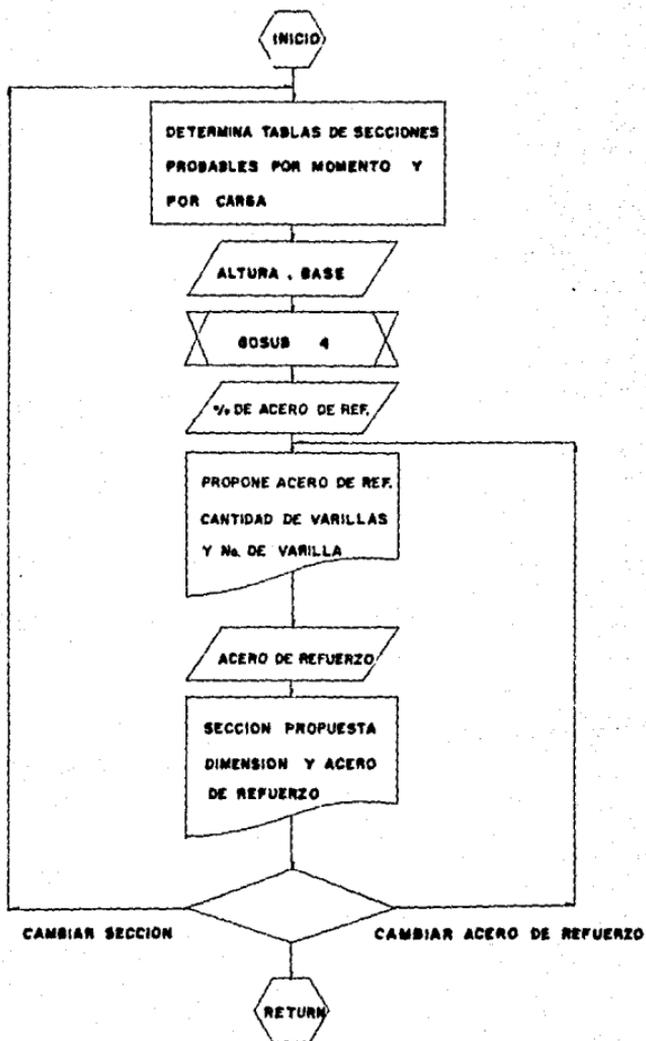




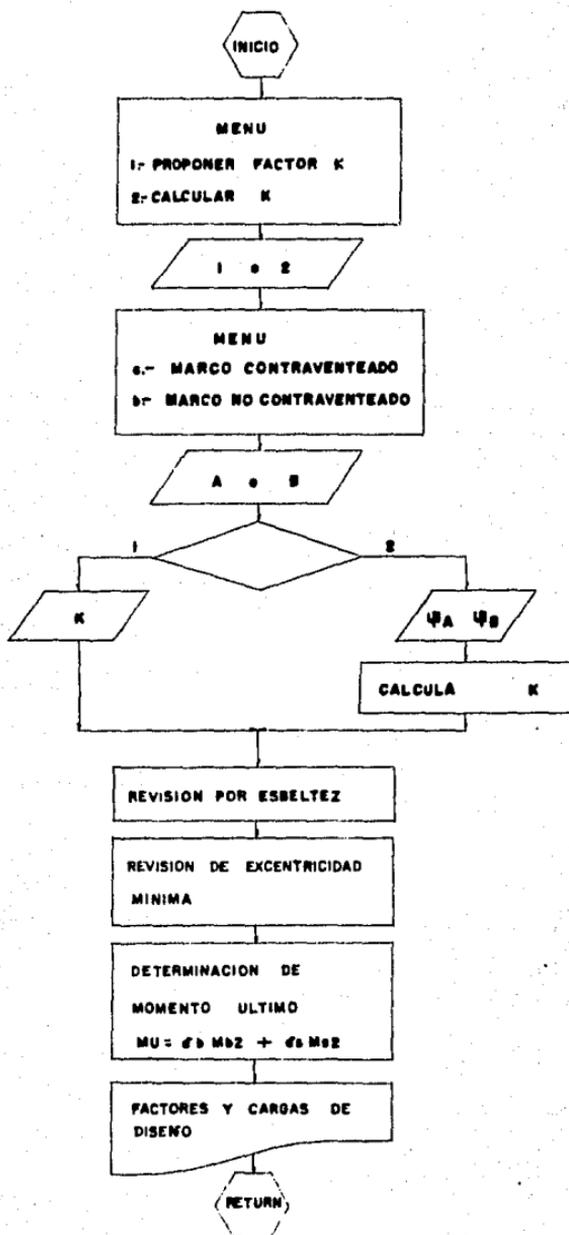
SUBROUTINA 3 : DATOS



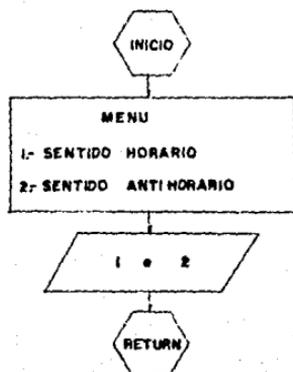
SUBROUTINA 3 : DIMENSIONAMIENTO



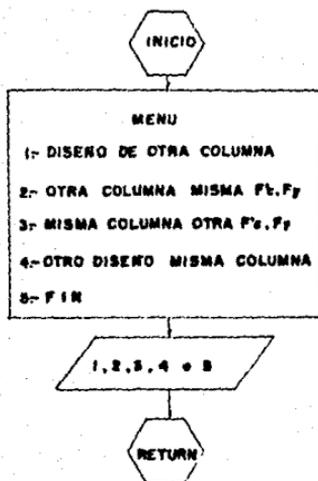
SUBROUTINA 4 : REVISION POR ESBELTEZ



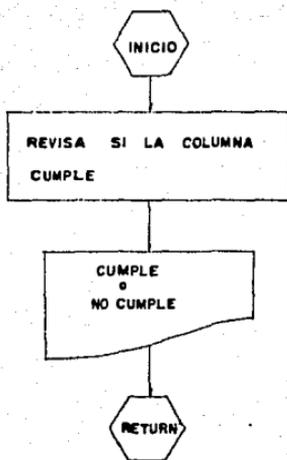
SUBROUTINA 6 : SENTIDO DE LOS MOMENTOS



SUBROUTINA 7 : MENU FINAL



SUBROUTINA 6 : REVISION DE LA COLUMNA



CAPITULO IV

LISTADO DEL PROGRAMA

El programa se realizó en el lenguaje GW-BASIC y es aplicable para computadoras Hewlett Packard y compatibles. A continuación se incluye el listado completo del programa para el diseño de columnas rectangulares de concreto reforzado, en el cual se incluyen comentarios dentro del listado, para diferenciar las subrutinas y el programa principal, así como se indica en la ejecución de las subrutinas a cual de ellas se dirige.

```

10 REM ***** PROGRAMA PRINCIPAL : DIAGRAMA DE INTERACCION *****
20 DIM D(100),M(1000),P(1000),EX(1000),MWC(100),MC(100),ZW(5)
30 CLS
40 SCREEN 1:CLS 1
50 KEY OFF
60 PRINT:PRINT
70 GOSUB 5230:REM *** SUBROUTINA 1,PRESENTACION ***
80 PRINT
90 GOSUB 5860:REM *** SUBROUTINA 5,MAPCO ****
100 LOCATE 10,20 :INPUT "RESISTENCIA DEL CONCRETO EN KG/CM2";S
110 IF S>500 GOTO 130
120 IF S>100 GOTO 160
130 PRINT"EL VALOR DE F'c ES ";S;"KG/CM2":INPUT"QUIERE CAMBIARLO (S/N)";S$
140 CLS:IF S$="S" GOTO 100
150 IF S$(">") THEN PRINT:PRINT"VOLVER A ELEJR (S/N)":GOTO 130
160 LOCATE 12,20 :INPUT "RESISTENCIA DEL ACERO EN KG/CM2";FY
170 IF FY>7000 GOTO 190
180 IF FY>3000 GOTO 220
190 PRINT"EL VALOR DE Fy ES ";FY;"KG/CM2":INPUT"QUIERE CAMBIARLO (S/N)";S$
200 CLS:IF S$="S" GOTO 160
210 IF S$(">") THEN PRINT:PRINT"VOLVER A ELEJR (S/N)":GOTO 190
220 IF M=-3 GOTO 320
230 GOSUB 3720:REM *** SUBROUTINA 2, DATOS ***
240 IF S<=280 THEN BT=.85:GOTO 300
250 RK=1
260 KF=S-280
270 IF KF=70&RK THEN RK=RK+1:GOTO 260
280 BT=.85-(.05*(RK-1))
290 IF BT<=.65 THEN BT=.65
300 BEEP:BEEP
310 PRINT"BT=";BT
320 GOSUB 2170:REM *** SUBROUTINA 3, PROPONER SECCIONES ***
330 IF S<=280 THEN BT=.85:GOTO 390
340 RK=1
350 KF=S-280
360 IF KF=70&RK THEN RK=RK+1:GOTO 350
370 BT=.85-(.05*(RK-1))
380 IF BT<=.65 THEN BT=.65
390 BEEP:BEEP
400 PRINT"BT=";BT
410 MU=M/100000!:MK=MK/100000!:MS=MS/100000!
420 PU=PU/1000
430 IF XK=1 GOTO 2090
440 Y=0
450 Z=1
460 CLS:CLS 1
470 GOSUB 5860:REM *** SUBROUTINA 5,MAPCO ****
480 CIRCLE(256,170),150
490 LOCATE 12,25 :PRINT"ESPERE HASTA ESCUCHAR UN (BEEP)"
500 FOR C=1 TO H
510 Y=Y+1
520 FC=.85*S$B*C$BT
530 CI=FC
540 W=C$BT/2
550 MC=FC*((H/2)-W)

```

```

560 MI=MC
570 TI=0
580 FOR I=1 TO N
590 X=C-D(I)
600 ES=.003X/C
610 IF ES<0 THEN ES=ES+1
620 T=FY/2039000!
630 IF ES>T THEN Q=FY:GOTO 650
640 Q=ES*2039000!
650 F=Q*AS(L)
660 WP=2*W
670 IF WP<=D(I) THEN TI=TI+F: GOTO 690
680 CI=C-I*F
690 E=(H/2)-D(I)
700 IF WP<=D(I) THEN E=E-1
710 M=F*E
720 MI=MI+M
730 NEXT I
740 N(Y)=MI/100000!
750 P(Y)=(CI-TI)/1000
760 EX(Y)=N(Y)/P(Y)
770 NEXT C
780 QA=0
790 CLS:CLS 1:BEEP:BEEP:BEEP:BEEP:BEEP:BEEP:BEEP:BEEP
800 GOSUB 5860:REM *** SUBROUTINA 5, MARCO ***
810 LOCATE 10,10 :INPUT"QUIERE VER TABLA DE MOMENTOS, CARGAS Y EXCENTRICIDADES (
S/N)";A#
820 IF A#="N" THEN PRINT :GOTO 1040
830 IF A#<>"S" THEN PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 810
840 PRINT
850 LOCATE 12,10 :INPUT "INTERVALOS DE C EN CM";K
860 IF K<1 THEN PRINT"ESCOGER INTERVALO MAYOR DE 1 CM":GOTO 850
870 IF K>H THEN PRINT"ESCOGER INTERVALO MENOR A";H;"CM.":GOTO 850
880 CLS:CLS 1
890 PRINT
900 PRINT"*****"
910 PRINT "C EN CM      P EN TON.      M EN TON*CM      e EN M**"
920 PRINT"*****"
930 FOR J=0 TO Y STEP K
940 IF J=0 GOTO 960
950 PRINT J;"      "; P(J);"      "; M(J);"      "; EX(J)
960 NEXT J
970 PRINT"*****"
980 PRINT
990 INPUT "QUIERE CAMBIAR EL INTERVALO DE C (S/N)";A#
1000 IF A#="S" THEN CLS : GOTO 850
1010 IF A#<>"N" THEN PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 990
1020 CLS 1:CLS:PRINT:PRINT
1030 BOSUB 5860:REM *** SUBROUTINA 5, MARCO ***
1040 IF QA=1 THEN CLS 1: GOTO 1470
1050 LOCATE 12,10 :INPUT"QUIERE VER GRAFICA DEL DIAGRAMA DE INTERACCION (S/N)";
V#

```

```

1060 IF V#="M" THEN CLS 1:GOSUB 6220:GOTO 1500:REM **** SUBROUTINA 8,REV ****
1070 IF V#(">"S" THEN PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 1040
1080 GOSUB 6220:REM **** SUBROUTINA 8,REVISION DE COLUMNA ****
1090 IF Q#1 GOTO 790
1100 CLS:CLS 1
1110 LOCATE 1,25 :PRINT** DIAGRAMA DE INTERACCION **
1120 LINE(62,220)-(462,220)
1130 LINE(62,20)-(62,320)
1140 Y=500
1150 FOR I= 20 TO 320 STEP 50
1160 LINE(58,I)-(62,I)
1170 Y=Y-100
1180 IF I=20 THEN W=2: GOTO 1220
1190 IF Y/100>(2*(CINT(Y/200))) THEN JK=3:GOTO 1210
1200 JK=4
1210 W=W+JK
1220 LOCATE W,3 :PRINT;Y
1230 NEXT I
1240 Y=0
1250 FOR I= 62 TO 462 STEP 40
1260 LOCATE 1,5 :PRINT"P(TON)"
1270 LOCATE 15,70 :PRINT"M(TON**)"
1280 LINE(I,220)-(I,224)
1290 X=I
1300 X=X-2
1310 Y=Y+10
1320 IF I=462 GOTO 1360
1330 IF I=62 THEN W=13: GOTO 1350
1340 W=W+7
1350 LOCATE 17,W :PRINT;Y
1360 NEXT I
1370 FOR I=1 TO M
1380 A=62+M(I)*4
1390 T=220-F(I)/2
1400 PSET(A,T)
1410 NEXT I
1420 C=62+M*4
1430 D=220-P*2
1440 LINE(C-3,D)-(C+3,D)
1450 LINE(C,D-3)-(C,D+3)
1460 CIRCLE (C,D),3
1470 LOCATE 24,4 :INPUT"QUIERE PROBAR OTRA SECCION (S/N)":Q#
1480 IF Q#="S" THEN SCREEN 1:CLS 1 :GOTO 320
1490 IF Q#(">"N" THEN PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 1470
1500 SCREEN 1:CLS 1:CLS
1510 K1=H/B
1520 L=B*K1
1530 IF L>90 THEN L=90
1540 IF K1>3 THEN K1=3
1550 V=50*L
1560 U=(L*K1)+40
1570 LINE(50,40)-(V,40)
1580 LINE(50,40)-(50,U)
1590 LINE(V,40)-(V,U)
1600 LINE(50,U)-(V,U)

```

```

1610 Z=V-3
1620 FOR I=1 TO N
1630 R=NO(I)/4
1640 B=(L*IK(1D(I)/H)+40
1650 P=MVO(I)
1660 F=50
1670 FOR J=1 TO P
1680 F=F+(L/(P+1))
1690 CIRCLE(F,D),R
1700 Z=Z+3
1710 NEXT J
1720 LINE(Z,40)-(Z,D)
1730 LINE(Z-2,40)-(Z+2,40)
1740 LINE(Z-2,D)-(Z+2,D)
1750 NEXT I
1760 LINE(35,40)-(35,U)
1770 LINE(31,40)-(39,40)
1780 LINE(31,U)-(39,U)
1790 LINE(50,U+15)-(V,U+15)
1800 LINE(50,U+11)-(50,U+19)
1810 LINE(V,U+11)-(V,U+19)
1820 LINE(50,U+11)-(50,U+19)
1830 LOCATE 2,10:PRINT"SECCION "
1840 LOCATE 2,45 :PRINT" DATOS"
1850 LOCATE 4,45 :PRINT"* PROPIEDADES DE LOS MATERIALES*"
1860 LOCATE 5,42 :PRINT"Res. del concreto de ";S;" kg/cm2"
1870 LOCATE 6,42 :PRINT"Res. del acero de ";FY;" kg/cm2"
1880 LOCATE 7,45 :PRINT"* SECCION"
1890 LOCATE 8,42 :PRINT"Base de ";B;" cm"
1900 LOCATE 9,42 :PRINT"Altura de ";H;" cm"
1910 LOCATE 10,45 :PRINT"* ACERO DE REFUERZO"
1920 D=10
1930 FOR I=1 TO N
1940 A=D+1 : B=D+2 : C=D+3
1950 LOCATE A,42 :PRINT I;"a. linea de refuerzo"
1960 LOCATE B,44 :PRINT"Distancia de ";D(I);" cms"
1970 LOCATE C,44 :PRINT MVO(I);" varillas del No. ";NO(I)
1980 D=C
1990 NEXT I
2000 F=(D+14)+30
2010 IF F<=U THEN F=U+30
2020 LINE(1,1)-(512,1)
2030 LINE(1,25)-(512,25)
2040 LINE(1,1)-(1,F)
2050 LINE(250,1)-(250,F)
2060 LINE(511,1)-(511,F)
2070 LINE(1,F)-(512,F)
2080 LOCATE D+2,42 :INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR";S$
2090 GOSUB 6050:REM **** SUBROUTINA 7,MENU FINAL ****
2100 XK=0
2110 IF AN=1 THEN RP=0:CLS:GOTO 80
2120 IF AN=2 THEN RP=0:GOTO 230
2130 IF AN=3 THEN RP=1:CLS:GOTO 80
2140 IF AN=4 THEN RP=1:GOTO 320
2150 CLS:CLS 1:KEY ON:LOCATE 10,20:PRINT "** FIN DEL PROGRAMA **"

```

```

2160 END
2170 REM ***** SUBROUTIN 3 : PROPONER SECCION *****
2180 MU=MU*100000!:PU=PU*1000
2190 AH=PU/((.854S)+(FY*.01))*.8*.7)
2200 CLS:CLS 1
2210 PRINT:PRINT"SECCIONES PROPUESTAS POR COMPRESION"
2220 PRINT"*****"
2230 PRINT" B D "
2240 PRINT"*****"
2250 FOR I=20 TO 40 STEP 10
2260 D=AH/I
2270 D=CINT(D)
2280 PRINT I;" ";D
2290 NEXT I
2300 PRINT"*****"
2310 PRINT:PRINT"SECCIONES PROPUESTAS POR MOMENTO"
2320 RO=.5*((BT*.85/FY)*(6115/(6115+FY)))
2330 W=RO*FY/S
2340 BO=MU/(.5*W*(1-.59*W))
2350 PRINT"*****"
2360 PRINT" B D "
2370 PRINT"*****"
2380 FOR I=20 TO 100 STEP 5
2390 D=SQR(BO/I)
2400 D=CINT(D)
2410 IF D<I GOTO 2440
2420 PRINT I;" ";D
2430 NEXT I
2440 PRINT"*****"
2450 INPUT"PRESIONAR (RETURN) PARA CONTINUAR";W#
2460 PRINT:PRINT"PROPONER UNA SECCION":PRINT
2470 INPUT "BASE DE LA SECCION EN CM";B
2480 IF B<20 THEN PRINT"EL LIMITE INFERIOR DE LA BASE ES 20 CM.":GOTO 2470
2490 INPUT "ALTURA DE LA SECCION EN CM";H
2500 IF H<25 THEN PRINT"EL LIMITE INFERIOR DE LA ALTURA ES 25 CM.":GOTO 2490
2510 GOSUB 4180:REM **** SUBROUTINA 4, REVISION POR ESBELTES ****
2520 IF X#=1 THEN W#=#*100000!:M#=#*1000000!:GOTO 3710
2530 CLS
2540 LOCATE 10,10:INPUT"QUE PORCENTAJE DE ACERO QUIERE (1% al 6%):"PA
2550 IF PA<1 THEN PRINT"EL % < 1,VOLVER A PROPONER":GOTO 2540
2560 IF PA>6 THEN PRINT"EL % > 6,VOLVER A PROPONER":GOTO 2540
2570 PA=PA/100
2580 AS=B*H*PA
2590 CLS
2600 PA=PA*100
2610 LOCATE 8,10:PRINT" La cantidad de varillas que a continuation se"
2620 LOCATE 9,10:PRINT"presenta, son las necesarias para cumplir un area"
2630 LOCATE 10,10:PRINT"de acero de refuerzo igual o mayor que el";PA;"%"
2640 LOCATE 11,10:PRINT"del area de la seccion,segun eligio."
2650 LOCATE 16,10:INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR";S#
2660 PA=PA/100:CLS:CLS 1
2670 PRINT"LA SECCION PROPUESTA REQUIERE UN AREA DE ACERO DE";AS;"CM2"
2680 PRINT"*****"
2690 PRINT" No AREA No DE VARILLAS AREA TOTAL"
2700 PRINT"*****"

```

```

2710 FOR I=3 TO 13
2720 IF I=12 THEN V=14: GOTO 2750
2730 IF I=13 THEN V=18: GOTO 2750
2740 V=1
2750 ACV=((V*2.54/8)*2)*3.1416/4
2760 NV=AS/ACV
2770 NV=INT(NV)
2780 NV=NV+1
2790 AN=ACV*NV
2800 PRINT V;"      ";ACV;"      ";NV;"      ";AN
2810 NEXT I
2820 PRINT"*****"
2830 INPUT"QUIERE CAMBIAR EL PORCENTAJE DE ACERO (S/N)";P$
2840 IF P$="S" THEN CLS:GOSUB 5860:GOTO 2540:REM ***** SUB 5, MARCO *****
2850 IF P$(">")="N" THEN PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 2830
2860 PRINT:PRINT"***** NOTA *****"
2870 PRINT" EN CADA HILERA SE DEBE COLOCAR VARILLAS DEL MISMO DIAMETRO"
2880 PRINT"EN EL CASO DE COLOCAR EN UNA HILERA VARILLAS CON DIFERENTE"
2890 PRINT"DIAMETRO , CONSIDERAR LAS VARILLAS DE DIAMETRO SEMEJANTE"
2900 PRINT"COMO OTRA HILERA,ASI COMO PROCURAR SIMETRIA EN LA DISTRIBUCION"
2910 PRINT"DEL ACERO DE REFUERZO."
2920 PRINT:PRINT"*****":PRINT
2930 INPUT "NO. DE HILERAS HORIZONTALES DE ACERO DE REFUERZO";N
2940 FOR I=1 TO N
2950 PRINT "DISTANCIA EN CM. DEL PAGO SUPERIOR A LA";I;"a. HILERA DE ACERO"
2960 INPUT D(I)
2970 IF D(I)<1 THEN PRINT"DISTANCIA MENOR DE 1 CM.":GOTO 2950
2980 IF D(I)>H THEN PRINT "DIST. MAYOR A ALTURA DE";H;"CM":GOTO 2950
2990 PRINT "CUANTAS VARILLAS TIENE EN LA";I;"a. HILERA DE ACERO"
3000 INPUT NVO(I)
3010 INPUT "No DE VARILLA";NO(I)
3020 AS(I)=((NO(I)*2.54/8)*2)*3.1416/4)*NVO(I)
3030 NEXT I
3040 CLS
3050 K1=H/B
3060 L=B*2
3070 IF L>90 THEN L=90
3080 IF K1>3 THEN K1=3
3090 V=50+L
3100 U=(L*K1)+40
3110 LINE(50,40)-(V,40)
3120 LINE(50,40)-(50,U)
3130 LINE(V,40)-(V,U)
3140 LINE(50,U)-(V,U)
3150 Z=V-3
3160 FOR I=1 TO N
3170 R=NO(I)/4
3180 D=(L*K1*40(I)/H)+40
3190 F=NVO(I)
3200 F=50
3210 FOR J=1 TO P
3220 F=F+(L/(P+1))
3230 CIRCLE(F,D),R
3240 Z=Z+3
3250 NEXT J

```

```

3260 LINE(Z,40)-(Z,D)
3270 LINE(Z-2,40)-(Z+2,40)
3280 LINE(Z-2,D)-(Z+2,D)
3290 NEXT I
3300 LINE(35,40)-(35,U)
3310 LINE(31,40)-(39,40)
3320 LINE(31,U)-(39,U)
3330 LINE(50,U+15)-(V,U+15)
3340 LINE(50,U+11)-(50,U+19)
3350 LINE(V,U+11)-(V,U+19)
3360 LOCATE 2,2 :PRINT"SECCION PROPUESTA"
3370 LOCATE 2,45 :PRINT" DATOS"
3380 LOCATE 4,45 :PRINT"* SECCION"
3390 LOCATE 5,42 :PRINT"Base de ";B;" cm"
3400 LOCATE 6,42 :PRINT"Altura de ";H;" cm"
3410 LOCATE 7,45 :PRINT"* ACERO DE REFUERZO"
3420 D=7
3430 FOR I=1 TO N
3440 A=D+1 : E=D+2 : C=D+3
3450 LOCATE A,42 :PRINT I;"a. linea de refuerzo"
3460 LOCATE E,44 :PRINT"Distancia de ";D(I);" cms"
3470 LOCATE C,44 :PRINT NVO(I);" varillas del No. ";NO(I)
3480 D=C
3490 NEXT I
3500 LOCATE D+3,30 :INPUT"QUIERE CAMBIAR DE SECCION (S/N)";A#
3510 IF A#="S" THEN CLS:CLS 1:PU=PU/1000:MU=MU/100000!:GOTO 2170
3520 IF A#<>"N" THEN PRINT"VOLVER A ELEBR (S/N)":GOTO 3500
3530 LOCATE D+5,30 :INPUT"QUIERE CAMBIAR LA DISTRIBUCION DEL ACERO (S/N)";A#
3540 IF A#="S" THEN CLS:CLS 1:GOTO 2830
3550 IF A#<>"N" THEN PRINT"VOLVER A ELEBR (S/N)":GOTO 3530
3560 CLS:CLS 1
3570 AST=0
3580 NT=0
3590 FOR I=1 TO N
3600 AST=AST+AS(I)
3610 NT=NT+NVO(I)
3620 NEXT I
3630 RA=AST
3640 IF RAK.01#B#H THEN PRINT"EL ACERO PROPUESTO ES MENOR AL LIM.MIN.":GOTO 368
0
3650 IF RA.00#B#H THEN PRINT"EL ACERO PROPUESTO ES MAYOR AL LIM.MAX.":GOTO 368
0
3660 IF NT<4 THEN PRINT"CANTIDAD MINIMA DE VARILLAS : 4" :GOTO 3680
3670 GOTO 3710
3680 PRINT"*****"
3690 INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR";H#
3700 GOTO 2590
3710 RETURN
3720 REM ***** SUBROUTINA 2 : D A T O S *****
3730 CLS
3740 GOSUB 5860:REM *** SUBROUTINA 5, MARCO ***
3750 LOCATE 5,12 :INPUT "LONGITUD DE LA COLUMNA EN CM ";LL
3760 IF LL>1000 GOTO 3780
3770 IF LL<200 GOTO 3810
3780 PRINT"LA LONGITUD DE LA COLUMNA ES ";LL;"CM.":INPUT"QUIERE CAMBIARLA (S/N)

```

```

";F#
3790 CLS:IF F#="S" GOTO 3750
3800 IF F#(">"N" THEN PRINT:PRINT:PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 3750
3810 LOCATE 7,12 :INPUT"CARGA CONCENTRADA QUE SE DESEA RESISTIR EN TON.":PU
3820 IF PU>400 GOTO 3840
3830 IF PU>=10 GOTO 3830
3840 PRINT"LA CARGA CONCENTRADA ES ";PU;"TON.":INPUT"QUIERE CAMBIARLA (S/N)":F#
3850 CLS:IF F#="S" GOTO 3810
3860 IF F#(">"N" THEN PRINT:PRINT:PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 3840
3870 CLS:PRINT:PRINT:LOCATE 12,25 :PRINT"LA CARGA NO APARECERA EN LA GRAFICA"
3880 LOCATE 20,20:INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR":H#;CLS
3890 LOCATE 9,12 :PRINT"* MOMENTO EN EL EXTREMO SUPERIOR *"
3900 LOCATE 10,12 :INPUT" MOMENTO QUE NO PRODUCE DESPLAZAMIENTO AFRECIABLE EN TO
NAM":MB1:I=1:GOSUB 5940
3910 REM ***SUBROUTINA 6, SENTIDO DE LOS MOMENTOS ***
3920 IF MB1>90 GOTO 3940
3930 IF MB1<=1 GOTO 3990
3940 PRINT:PRINT"EL MOMENTO ES ";MB1;"TONMM":INPUT"QUIERE CAMBIARLO (S/N)":F#
3950 CLS:IF F#="S" GOTO 3890
3960 IF F#(">"N" THEN PRINT:PRINT:PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 3940
3970 CLS:LOCATE 12,25 :PRINT"EL MOMENTO NO APARECERA EN LA GRAFICA"
3980 LOCATE 20,20 :INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR":H#;CLS
3990 LOCATE 12,12 :PRINT"* MOMENTO EN EL EXTREMO INFERIOR *"
4000 LOCATE 13,12 :INPUT" MOMENTO QUE NO PRODUCE DESPLAZAMIENTO AFRECIABLE EN TO
NAM":MB2:I=2:GOSUB 5940
4010 REM ***SUBROUTINA 6, SENTIDO DE LOS MOMENTOS ***
4020 IF MB2>90 GOTO 4040
4030 IF MB2<=1 GOTO 4090
4040 PRINT:PRINT"EL MOMENTO ES ";MB2;"TONMM":INPUT"QUIERE CAMBIARLO (S/N)":F#
4050 CLS:IF F#="S" GOTO 3990
4060 IF F#(">"N" THEN PRINT:PRINT:PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 4040
4070 CLS:LOCATE 12,25 :PRINT"EL MOMENTO NO APARECERA EN LA GRAFICA"
4080 LOCATE 20,20 :INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR":H#;CLS
4090 LOCATE 15,12 :INPUT"EXISTE MOM. QUE PRODUCA DESPLAZAMIENTO APRECIABLE (S/
N)":C#
4100 IF C#="N" THEN MS=0:GOTO 4130
4110 IF C#(">"S" THEN PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 4090
4120 LOCATE 17,12 :INPUT" MOMENTO MAYOR QUE PRODUCE DESPL. AFRECIABLE EN TONMM":
MS
4130 IF MB1<=MB2 THEN MB=MB1/MB2 :MK=MB2:GOTO 4150
4140 MB=MB2/MB1 :MK=MB1
4150 MI=MK*MS
4160 IF ZV(1)=ZV(2) THEN MB=-1*MB
4170 RETURN
4180 REM ***** SUBROUTINA 4 : REVISION FOR ESSELTZ *****
4190 CLS
4200 LOCATE 8,30 :PRINT"* MENU *"
4210 LOCATE 11,20 :PRINT"1.- Proponer el factor de longitud efectiva (K)"
4220 LOCATE 15,20 :PRINT"2.- Calcular el factor de longitud efectiva (K)"
4230 LOCATE 19,30 :INPUT"QUE OPCION DESEA (1 o 2)":RA
4240 IF RA=1 THEN CLS:LOCATE 15,30 :INPUT"VALOR DE K":K;CLS:PRINT:PRINT:GOTO 43
30
4250 IF RA=2 GOTO 4260
4260 PRINT"OPCION ERRONEA, VOLVER A ELEGIR"
4270 INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR":A#;GOTO 4180

```

```

4280 CLS
4290 PRINT:PRINT
4300 LOCATE 10,10 :INPUT"RELACION ((#)c/Lc)/((#)w/Lv)) EN B: [EXTIENDE SUPERIOR";B
A
4320 LOCATE 12,10 :INPUT"RELACION ((#)c/Lc)/((#)w/Lv)) EN B: [EXTIENDE INFERIOR";B
B
4320 CLS
4330 LOCATE 5,30 :PRINT"3 MEMU *"
4340 LOCATE 10,20 :PRINT"1.- Marco contraveniado*"
4350 LOCATE 15,20 :PRINT"2.- Marco no contraveniado*"
4360 LOCATE 20,30 :INPUT"QUE OPCION DESEA (1 o 2)";R :CLS
4370 IF R=1 GOTO 4410
4380 IF R=2 GOTO 4480
4390 PRINT"OPCION ERRONEA, VOLVER A ELEGIR*"
4400 INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR";AR:GOTO 4320
4410 IF RA=1 GOTO 4520
4420 K1=.7+(.05*(GA+GB))
4430 IF GA<GB THEN K2=.85+(.05*(GA)) :GOTO 4450
4440 K2=.85+(.05*(GB))
4450 K=K2
4460 IF K1<K2 THEN K=K1
4470 GOTO 4520
4480 IF RA=1 GOTO 4520
4490 G=(GA+GB)/2
4500 IF G<2 THEN K=((20-G)/20)*SQRT(1+G):GOTO 4520
4510 K=.9*(SQRT(1+G))
4520 LU=K*LL/(.34H)
4530 W=34-(124MB)
4540 IF R=2 THEN W=22
4550 CLS 1
4560 B0=0
4570 IF LU<W THEN DS=1:DE=1:PRINT"NO CONSIDERA EFECTOS DE ESELETTIZ":GOTO 4970
4580 IF LU>100 THEN PRINT:PRINT"NO SE PUEDE DISEÑAR POR ESTE METODO";KX=1:GOTO
0 5200
4590 CLS 1
4600 PRINT:PRINT"ES NECESARIO CONSIDERAR EFECTO DE ESELETTIZ":PRINT
4610 EC=15000*SQRT(S)
4620 INPUT"QUE PORCENTAJE DEL MOM. ES DEBIDO A LA CARGA MIERZIA";PC
4630 IF PC<1 THEN PRINT"EL PORCENTAJE COMPRENDE DEL 1% AL 100%":GOTO 4620
4640 IF PC>100 THEN PRINT"EL PORCENTAJE COMPRENDE DEL 1% AL 100%":GOTO 4620
4650 B0=1.4*(PC*MK)/((1.4*(PC*MK)+(1.7*(100-PC)*MK))
4660 I6=B*(H^3)/12
4670 EI=(EC*(I6/2.5)/(1+B0)
4680 PC=((3.1416)^2)*EI/((K*LL)^2)
4690 IF R=2 THEN CM=1 :GOTO 4720
4700 CM=.6*(.43MB)
4710 IF CM<.4 THEN CM=.4
4720 DE=CM/(1-(PU/(.7*PC)))
4730 IF MS=0 GOTO 4950
4740 IF R=1 THEN DS=1:GOTO 4950
4750 INPUT"NO DE COLUMNAS DEL MARCO";NC
4760 SPT=0
4770 FOR U=1 TO NC
4780 PRINT"CARGA ULTIMA EN TON. DE LA";U;"a. COLUMNA"
4790 INPUT SP

```

```

4800 SPT=SPT+(SP*1000)
4810 NEXT U
4820 PRINT:PRINT:PC=PC/1000
4830 PRINT"CARGA CRITICA DE LA COLUMNA QUE SE ESTA DISEÑANDO ";PC;" TON."
4840 PRINT:PRINT:PC=PC*1000
4850 INPUT"¿QUIERE CONSIDERAR LA PC IGUAL EN TODAS LAS COLUMNAS (S/N)";A#
4860 IF A#="S" THEN SPC=MC*PC:GOTO 4940
4870 IF A#("<"N" THEN PRINT"VOLVER A ELEGIR (S/N)":GOTO 4850
4880 SPC=0
4890 FOR U=1 TO NC
4900 PRINT"CARGA CRITICA EN TON. DE LA ";U;"a. COLUMNA"
4910 INPUT SC
4920 SPC=SPC+(SC*1000)
4930 NEXT U
4940 DS=1/(1-(SPT/(L.7*SPC)))
4950 IF DB<1 THEN DB=1
4960 IF DS<1 THEN DS=1
4970 EW=MK*100000!/PU :EK=MS*100000!/PU
4980 EM=1.5*(.034H)
4990 IF EW=EM THEN MK=MK*100000!:GOTO 5020
5000 MK=PUREM
5010 PRINT"EL M2S AUMENTA DEVIDO A QUE LA EXCENTRICIDAD ES MENOR AL LIM."
5020 IF MS=0 GOTO 5060
5030 IF EK=EM THEN MS=MS*100000!:GOTO 5060
5040 MS=PUREM
5050 PRINT"EL M2S AUMENTA DEVIDO A QUE LA EXCENTRICIDAD ES MENOR AL LIM."
5060 MU=((OB*MK)+(DS*MS))
5070 CLS
5080 LOCATE 7,20 :PRINT" * FACTORES CALCULADOS *"
5090 LOCATE 9,15 :PRINT"valor de beta d ('d) =" ;DB
5100 LOCATE 10,15 :PRINT"valor de cm =" ;CM
5110 LOCATE 11,15 :PRINT"factor de longitud efectiva (K) =" ;K
5120 LOCATE 12,15 :PRINT"factor de amplificacion de M2S (delta b) =" ;DB
5130 LOCATE 13,15 :PRINT"factor de amplificacion de M2S (delta s) =" ;DS
5140 MU=MU/100000!:PU=PU/1000:PC=PC/1000
5150 LOCATE 15,20 :PRINT" * CARGAS DE DISEÑO *"
5160 LOCATE 17,15 :PRINT"carga critica =" ;PC;" ton."
5170 LOCATE 18,15 :PRINT"carga ultima =" ;PU;" ton."
5180 LOCATE 19,15 :PRINT"momento ultimo =" ;MU;" ton.* mts."
5190 MU=MU*100000!:PU=PU*1000:PC=PC*1000
5200 LOCATE 22,15 :INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR";S#
5210 CLS:GOSUB 5860:REM *** SUBROUTINA 5, MARCO ***
5220 RETURN
5230 REM ***** SUBROUTINA 1 : PRESENTACION *****
5240 LINE(55,40)-(95,40)
5250 LINE(115,40)-(155,40)
5260 LINE(205,40)-(305,40)
5270 LINE(355,40)-(455,40)
5280 LINE(55,140)-(155,140)
5290 LINE(205,140)-(245,140)
5300 LINE(265,140)-(305,140)
5310 LINE(355,140)-(455,140)
5320 LINE(245,90)-(265,90)
5330 LINE(405,90)-(455,90)
5340 LINE(55,40)-(55,140)

```

```

5350 LINE(95,40)-(95,140)
5360 LINE(115,40)-(115,140)
5370 LINE(155,40)-(155,140)
5380 LINE(205,40)-(205,140)
5390 LINE(245,40)-(245,140)
5400 LINE(265,40)-(265,140)
5410 LINE(305,40)-(305,140)
5420 LINE(355,40)-(355,140)
5430 LINE(395,40)-(395,140)
5440 LINE(415,90)-(415,140)
5450 LINE(455,90)-(455,140)
5460 FOR I=1 TO 10000 STEP 30
5470 IF I<9800 GOTO 5490
5480 BEEP :BEEP
5490 NEXT I
5500 CLS 1
5510 LOCATE 5,30 :PRINT* ** T E S I S **
5520 LOCATE 8,8 :PRINT*TEMA :*
5530 LOCATE 10,14 :PRINT*"" APLICACION DE LAS COMPUTADORAS EN EL DISEÑO DE ""
5540 LOCATE 11,14 :PRINT*          COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO. *
5550 LOCATE 13,8:PRINT*REALIZADA POR :*
5560 LOCATE 14,14 :PRINT*Ing. RUBEN ANTONIO SANCHEZ ORTIZ*
5570 LOCATE 16,8 :PRINT*ASESOR :*
5580 LOCATE 17,14 :PRINT*Ing. MARTIN LOPEZ GUDIÑO*
5590 LOCATE 19,8 :PRINT*GENERACION :*
5600 LOCATE 20,14 :PRINT*83-87 Ing. RAMON SOLIS ARESTEGUI*
5610 LOCATE 24,8 :INPUT*PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR;*
5620 CLS 1:CLS:PRINT:PRINT
5630 PRINT* **** N O T A **** *
5640 PRINT
5650 PRINT*1.- Este programa considera que se tiene un analisis previo del *
5660 PRINT* marco o elemento a diseñar, por lo que la carga concentrada *
5670 PRINT* asi como los momentos deben estar factorizados.*
5680 PRINT
5690 PRINT*2.- Este programa considera solo columnas rectangulares y la altura*
5700 PRINT* de la seccion como la dimension en la direccion en que se con-*
5710 PRINT* sidera la estabilidad del elemento para determinar inercia y*
5720 PRINT* radio de giro.*
5730 PRINT
5740 PRINT*3.- Los valores que aparecen en la grafica estan limitados para*
5750 PRINT* momentos de 90 tonm y para carga de 400 ton.*
5760 PRINT
5770 PRINT*4.- Las secciones propuestas por el programa asi como la cantidad*
5780 PRINT* de acero solo orienta al usuario, se esta en completa libertad*
5790 PRINT* de variarlos, dentro de los limites, a criterio del usuario.*
5800 PRINT
5810 PRINT* *****
5820 PRINT
5830 INPUT*PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR;*
5840 CLS
5850 RETURN
5860 REM ***** SUBROUTINA 5 : MARCO DE PRESENTACION *****
5870 FOR I=1 TO 3
5880 LINE(12,8+I)-(500,8+I)
5890 LINE(497+I,10)-(497+I,330)

```

```

5900 LINE(12,327+I)-(500,327+I)
5910 LINE(11+I,10)-(11+I,330)
5920 NEXT I
5930 RETURN
5940 CLS
5950 REM ***** SUBROUTINA 6 : SENTIDO DE LOS MOMENTOS *****
5960 LOCATE 8,30 :PRINT*# MENU #*
5970 LOCATE 12,20 :PRINT*1.- Sentido Horario*
5980 LOCATE 16,20 :PRINT*2.- Sentido anti horario*
5990 LOCATE 20,30 :INPUT*QUE SENTIDO TIENE EL MOMENTO (1 o 2)*;ZV(1)
6000 IF ZV(1)=1 GOTO 6040
6010 IF ZV(1)=2 GOTO 6040
6020 PRINT*OPCION ERRONEA, VOLVER A ELEGIR*
6030 INPUT*PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR*;H8;GOTO 5940
6040 CLS:RETURN
6050 REM ***** SUBROUTINA 7 : MENU FINAL *****
6060 CLS I:CLS
6070 GOSUB 5860:REM *** SUBROUTINA 5, MARCO ***
6080 LOCATE 4,30 :PRINT*# MENU #*
6090 LOCATE 6,20 :PRINT*1.- Quiere dise7ar otra columna *
6100 LOCATE 8,20 :PRINT*2.- Quiere dise7ar otra columna con las mismas propieda
des*
6110 LOCATE 10,20 :PRINT*3.- Quiere dise7ar la misma columna con otras propieda
des*
6120 LOCATE 12,20 :PRINT*4.- Quiere otro dise7o para la misma columna*
6130 LOCATE 14,20 :PRINT*5.- FIN*
6140 LOCATE 20,20 :INPUT*QUE OPSION DESEA (1,2,3,4 o 5)*;AV
6150 FOR P=1 TO 5
6160 IF AV=P GOTO 6210
6170 NEXT P
6180 CLS:PRINT*OPCION ERRONEA, VOLVER A ELEGIR*
6190 INPUT*PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR*;Q8
6200 GOTO 6050
6210 RETURN
6220 REM ***** SUBROUTINA 8 : REVISION DE COLUMNA *****
6230 CLS
6240 QA=0:I=0
6250 FOR P= 1 TO H
6260 IF P(P)>400 THEN I=I+1
6270 IF H(P)=90 THEN I=I+1
6280 NEXT P
6290 IF I<=H/2 GOTO 6330
6300 QA=1
6310 PRINT:PRINT* Los valores resistentes de la seccion no aparecen en el*
6320 PRINT*diagrama de interaccion.*
6330 IF PU= 400 GOTO 6350
6340 IF HJ<=90 GOTO 6380
6350 QA=1
6360 PRINT:PRINT* Los valores de carga ultima y momento ultimo no aparecen*
6370 PRINT*en el diagrama de interaccion.*
6380 FOR J=1 TO H
6390 IF P(I)=PU GOTO 6420
6400 IF H(I)=HJ THEN PRINT:PRINT*LA SECCION CUMPLE*:GOTO 6430
6410 NEXT I
6420 PRINT:PRINT*LA SECCION NO CUMPLE*

```

```
6430 PRINT:INPUT "PRESTONE (RETURN) PARA CONTINUAR";H$  
6440 CLS:RETURN
```

CAPITULO V

A P L I C A C I O N E S

Este programa es aplicable al diseño de columnas de la mayoría de las estructuras, es decir, sbarca columnas cortas (aquellas donde la deflexión lateral no es importante), columnas largas (donde las deflexiones tienen un efecto importante en la resistencia del elemento), así como las que forman parte de marcos contraventeados y las de marcos no contraventeados.

Después de largos estudios sobre las columnas, se estimó que la mayoría trabajan a flexocompresión por lo que, en este programa considera a todas las columnas trabajando con momento y carga, si el momento es pequeño o no existe, lo considera siempre al momento como, la carga por la excentricidad mínima que marca el reglamento.

A continuación se mostrarán 2 ejemplos, los cuales se desarrollarán manualmente y con ayuda del programa, esto se hizo para tener una comparación del tiempo en obtener una solución, los ejemplos se resolvieron siguiendo la lógica del programa, para poder comparar resultados.

Los datos necesarios se indicaron en el capítulo III, por lo que en los ejemplos resueltos con la computadora, sólo lo indicamos en orden los valores necesarios para correr el programa.

EJEMPLO 1

Diseñar la columna de la figura 1 que forma parte de un marco contraventeado utilizando concreto con una resistencia 250 kg/cm^2 y acero de refuerzo con una $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y un factor de longitud efectiva de 1.00. El 60% del momento es debido a la carga muerta. Los momentos que se indican en la figura no producen desplazamiento apreciable.

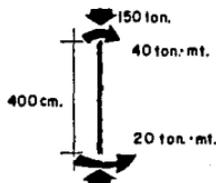


FIGURA 1

1er. Paso: Determinar secciones probables.
 MU = 40 ton·m como $f_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$
 PU = 150 ton $\beta_1 = 0.85$

Como se explicó en el capítulo III considerando a la columna trabajando solamente a compresión se utiliza la siguiente expresión:

$$PU = 0.80(0.70)[0.85 f_c A_g + f_y 0.01 A_g]$$

donde despejando A_g y sustituyendo valores obtenemos que necesitamos para este caso un área de concreto de 1052.48 cm^2 , ahora proponemos valores de la base y obtenemos el peralte necesario para cumplir con esta área.

B	d
20	53
30	35
40	26

Ahora consideramos a la columna trabajando a compresión utilizando la siguiente expresión:

$$MU = \phi b d^2 f_c w (1 - 0.59 w) \quad \text{donde } w = \rho \frac{f_y}{f_c}$$

Donde:

$$\rho = \left[\frac{\beta_1 0.85 f_c}{f_y} \left(\frac{6115}{6115 + f_y} \right) \right] 0.50 = 0.013$$

$$w = \frac{\rho f_y}{f_c} = 0.214$$

Sustituyendo valores y despejando bd^2 obtenemos que vale $95,018.161$ donde suponemos valores de b obteniendo la siguiente

te tabla:

b	d
20	69
30	56
40	49
50	44

Con los siguientes valores obtenidos elegimos una sección probable:

40 cm x 45 cm

2do. Paso: Revisión por esbeltez.

Una vez elegida una sección procedemos a revisar si es necesario considerar efectos de esbeltez.

El radio de giro se considera 0.3 veces la dimensión total en la dirección en que se considera la estabilidad del elemento; en nuestro caso la dimensión es la altura de la sección.

$$r = 0.30h = 13.5$$

Por lo tanto la relación de esbeltez es:

$$\frac{KL}{r} = 29.63$$

Para elementos contraventeados los efectos de esbeltez pueden pasarse por alto si la relación de esbeltez es menor de la siguiente expresión:

$$34 - 12 M1b/M2b$$

Donde: $M1b/M2b = + 0.5$ (El valor es positivo porque produce curvatura simple.)

$$34 - 12 M1b/M2b = 28$$

Por lo que es necesario considerar efectos de esbeltez.

Primeramente determinamos el factor de amplificación (δB) para momentos que no producen desplazamiento apreciable.

Primeramente determinamos los factores necesarios.

$$E_c = 15000 \sqrt{f_c} = 237,170.8 \text{ kg/m}^2$$

$$\beta d = \frac{1.4 M_{cv}}{1.4 M_{cm}} = 0.553$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = 303,750 \text{ m}^4$$

El valor de CM para elementos contraventeados es:

$$CM = 0.6 + 0.4 \frac{M1b}{M2b} = 0.80$$

El valor de EI conservadoramente se puede considerar como:

$$EI = \frac{E_c I_g / 2.5}{1 + \beta d} = 1.856 \times 10^{10}$$

$$P_c = \frac{1/2 EI}{(KL)^2} = 1,144,579 \text{ kg.}$$

$$\delta B = \frac{CM}{1 - (PU/\theta P_c)} = 0.984$$

$$\lambda_B = 1$$

Para elementos contraventeados $\lambda_s = 1$, una vez calculados los factores de amplificación determinamos el momento de diseño.

$$MU = \lambda_B M_{2b} + \lambda_s M_{2s} = 40 \text{ ton}\cdot\text{M}$$

Revisando excentricidades

$$\text{Excentricidad mínima} = (1.5 + 0.03h) = 2.85 \text{ cm}$$

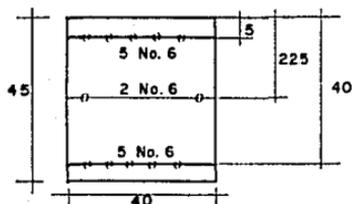
$$\text{Excentricidad de trabajo} = MU/PU = 26.7 \text{ cm}$$

3er. Paso: Acero de refuerzo.

Tomando el área de acero como el 2% del área de concreto encontramos que necesitamos un área de acero de refuerzo de 36 cm².

No. Varilla	Cantidad	Area c/u	Area total
5	18	2.00	36
6	13	2.84	36.92
7	10	3.87	38.87

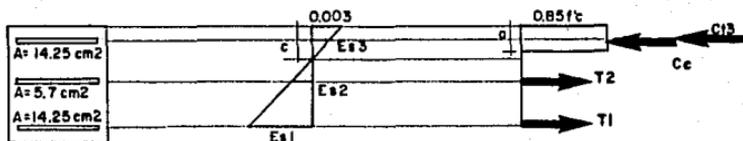
Elegimos utilizar 12 varillas del No.6; la sección propuesta queda:



4to. Paso: Calcular valores resistentes de la sección.

Para elaborar el diagrama de interacción variaremos el valor de C cada 5 cm.

$$\text{1er. Tanteo } C = 10 \text{ cm} \quad a = 8.5$$



$$f_{s1} = \frac{0.003 (30)}{10} = 0.011 > 0.0021 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s2} = \frac{0.003 (12.5)}{10} = 0.0038 > 0.0021 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es3 = \frac{0.003(5)}{10} = 0.0015 < 0.0021 \quad fy = 3058.5 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerzas por compresión

$$Ct3 = 14.25 (3,058.5) = 43,503.6 \text{ kg.}$$

$$Cc = 0.85 (250)(8.5)(40) = 72,250.0 \text{ kg.}$$

$$T o t a l = 115,833.6 \text{ kg.}$$

Fuerzas por tensión

$$T1 = 14.25 (4200) = 59,850 \text{ kg.}$$

$$T2 = 5.70 (4200) = 23,940 \text{ kg.}$$

$$T o t a l = 83,790 \text{ kg.}$$

Carga resistente de 32,043.6 kg.

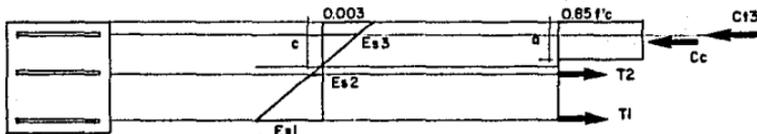
Momento resistente respecto al centro de la sección.

$$Mr = 43,583.6 (17.5) + 72,250 (18.25) + 59,850 (17.5)$$

$$Mr = 3,128,650.5 \text{ kg*cm}$$

Carga 32.04 ton
Momento 31.28 ton*m

$$2do. tanteo: C = 20 \quad a = 17$$



$$ES1 = \frac{0.003(20)}{20} = 0.003 > 0.0021 \quad Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$ES2 = \frac{0.003(2.5)}{20} = 0.0004 < 0.0021 \quad fy = 764.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es3 = \frac{0.003(15)}{20} = 0.0023 > 0.0021 \quad fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerzas por compresión

$$Ct3 = 4200 (14.25) = 59,850 \text{ kg}$$

$$Cc = 0.85 (250)(17)(40) = 144,500 \text{ kg}$$

$$T o t a l = 204,350 \text{ kg}$$

Fuerza por tensión

$$T1 = 4200 (14.25) = 59,850 \text{ kg}$$

$$T2 = 764.6 (5.7) = 4,358 \text{ kg}$$

$$T o t a l = 64,208 \text{ kg}$$

Carga resistente de la sección = 140,142 kg.

Momento resistente al centro de la sección

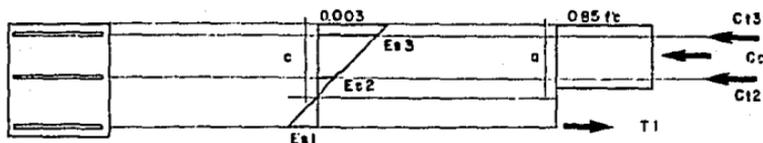
$$M0 = 59,850 (17.5) + 144,500 (14) + 59,850 (17.5)$$

$$M0 = 4,117,750 \text{ kg*cm}$$

Carga 140.14 ton
Momento 41.17 ton*m

3er. tanteo: C = 30

a = 25.5



$$Es1 = \frac{0.003 (10)}{30} = 0.0010 < 0.0021 \quad fy = 2039 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es2 = \frac{0.003 (7.5)}{30} = 0.0008 < 0.0021 \quad fy = 1529.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es3 = \frac{0.003 (25)}{30} = 0.0025 > 0.0021 \quad fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerzas de compresión

$$CT3 = 14.25 (4200) = 59,850 \text{ kg}$$

$$CT2 = 5.7 (1529.25) = 8,716.70 \text{ kg}$$

$$Cc = 0.85(250)(25.5)(40) = 216,750 \text{ kg}$$

$$\text{T o t a l} = 285,316.70 \text{ kg}$$

Fuerzas de tensión

$$T1 = 14.25 (2039) = 29,055.75 \text{ kg}$$

$$\text{T o t a l} = 29,055.75 \text{ kg}$$

Fuerza resistente = 256,260.95 kg

Momento resistente al centro de la sección

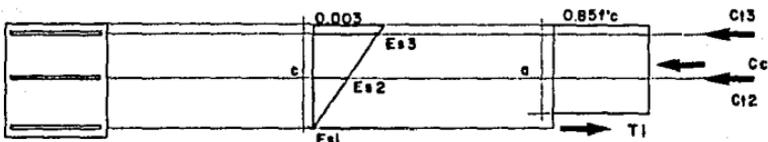
$$MO = 59,850 (17.5) + 216,750 (9.75) + 29,055.75 (17.5)$$

$$MO = 3,669,163.125 \text{ kg*cm}$$

Carga 256.26 ton
Momento 36.69 ton*M

4to. Tanteo: C = 40

a = 34



$$Es3 = \frac{0.003 (35)}{40} = 0.0026 > 0.0021 \quad fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es2 = \frac{0.003 (17.5)}{40} = 0.0013 < 0.0021 \quad fy = 2676 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerzas de compresión

$$CT1 = 4200 (14.25) = 59,850 \text{ kg}$$

$$CT2 = 2676 (5.7) = 15,253.20 \text{ kg}$$

$$Cc = 0.85(250)(34)(40) = 289,000 \text{ kg}$$

$$\text{T o t a l} = 364,103.20 \text{ kg}$$

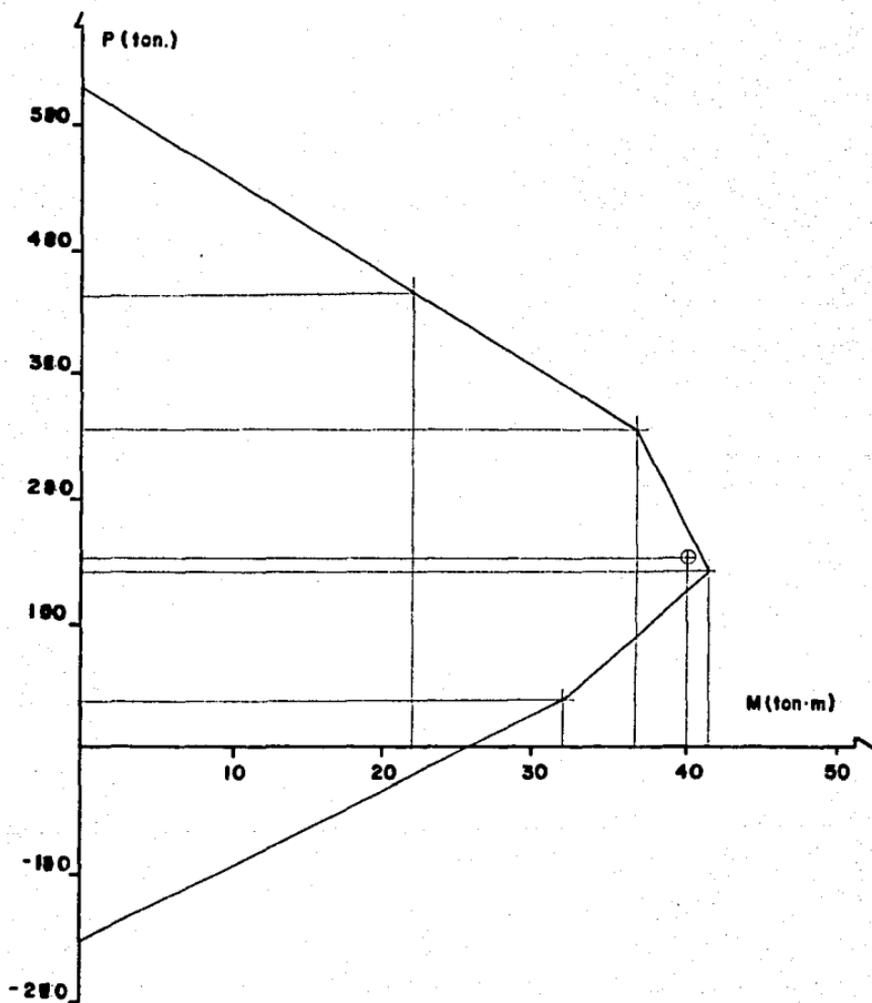
Fuerzas de tensión igual a cero
Momento resistente al centro de la sección
 $M = 59,850 (17.5) + 289,000 (5.5)$
 $M = 2,636,875 \text{ kg*cm}$

Carga 36.41 ton
Momento 26.36 ton*M

- Carga a compresión pura
 $P = 0.85 f_c A_g + f_y A_s = 525,636 \text{ kg}$
- Carga a tensión pura
 $P = f_y A_s = 143,136 \text{ kg}$

Con los valores anteriores dibujamos diagrama de interacción

DIAGRAMA DE INTERACCION



LA SECCION CUMPLE

EJEMPLO 2

Diseñar la columna (H, K) que forma parte de un marco no contraventado, el 50% del momento es debido a la carga muerta, las propiedades de los materiales son las siguientes. concreto con una $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. El análisis previo del marco dió como resultado el siguiente sistema de cargas:

PU (columnas interiores) = 200 ton
 PU (columnas exteriores) = 150 ton

Momentos;

Extremo superior (H):

Momento que produce desplazamiento apreciable

(MHKS) = 10 ton*M

Momento que no produce desplazamiento apreciable

(MHKB) = 30 ton*M

Extremo inferior (K):

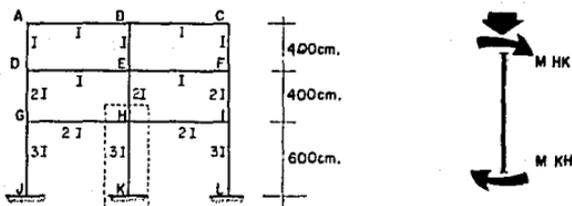
Momento que produce desplazamiento apreciable

(MKHS) = 5 ton*M

Momento que no produce desplazamiento apreciable

(MKHB) = 40 ton*M

El sentido de los momentos se indica en la figura:



SOLUCION:

1er. Paso: Determinar secciones probables.

PU = 200 ton $f_c < 280$ $\beta_1 = 0.85$

MU = M2b + M2s = 40 + 10 = 50 ton*MT.

Determinamos el área de concreto por compresión de la siguiente expresión:

$A_g = PU/0.80 (0.70) [0.85 f_c + 0.01 f_y]$

Sustituyendo valores obtenemos un área de concreto mínima de 1684.64 cm², de la cual suponemos valores de b y calculamos los valores de d correspondientes dando como resultado la siguiente tabla:

b	d
20	84
30	56
40	42
50	34

Calculamos el valor de bd2 considerando a la columna tra bajando a flexión:

Primeramente calculamos los factores

$$\rho = \left[\frac{\beta_1}{f_y} \frac{0.85 f_c}{6115 + f_y} \right]^{0.50} = 0.0102$$

$$W = \rho \frac{f_y}{f_c} = 0.2142$$

Después determinamos el valor de bd2:
 $bd2 = MU / [0.90 f_c W (1 - 0.59 W)]$

Sustituyendo valores encontramos que necesitamos por fle xión un valor de bd2 de 148,465.88, suponiendo valores de b obtenemos el valor de d correspondiente dando como resultado la siguiente tabla:

b	d
20	86
30	70
40	61
50	54
60	50

De las tablas anteriores elegimos una sección probable con las siguientes dimensiones:

50 cm x 60 cm

2do. Paso: Revisión por esbeltez.

Una vez elegida una sección revisamos si es necesario considerar este punto. Primeramente determinamos el radio de giro, siguiendo las consideraciones del programa:

$$r = 0.30 (60) = 18$$

Posteriormente determinamos el coeficiente de longitud efectiva, primeramente encontramos la relación de $(\Sigma I/L)$ de elementos a compresión a $(\Sigma I/L)$ de elementos a flexión dispuestos en un plano (φ) en ambos extremos:

Extremo superior

$$\text{columnas: } \Sigma I/L = \frac{3I}{6} + \frac{2I}{4} = 1$$

$$\text{vigas: } \Sigma I/L = \frac{2I}{6} + \frac{2I}{6} = \frac{2I}{3}$$

$$\varphi_H = \frac{1}{2/3 \cdot 1} = \frac{3}{2} = 1.5$$

Extremo inferior

Por ser un apoyo empotrado el valor de la relación es:

$$\varphi = 0$$

Con los valores de φ en el nomograma respectivo a marcos no contraventados el coeficiente de longitud efectiva es:

$$K = 1.2 \text{ aprox.}$$

Utilizando las fórmulas que indica el reglamento del ACI-318-83 para marcos no contraventeados el coeficiente de longitud efectiva (K) se considera para $\psi_M < 2$.

$$K = \frac{20 - \psi_M}{20} \sqrt{1 + \psi_M} \quad (1)$$

Para $\psi_M \geq 2$

$$K = 0.9 \sqrt{1 + \psi_M} \quad (2)$$

En nuestro caso $\psi_M = 0.75$ por lo que el valor de K es el siguiente:

$$K = \frac{20 - 0.75}{20} \sqrt{1 + 0.75} = 1.2733$$

NOTA: El reglamento también considera otra expresión para determinar el valor de K cuando se tiene un extremo articulado.

$$K = 2.0 + 0.3\psi \quad \text{donde } \psi = \text{valor en el extremo empotrado}$$

El programa no toma en cuenta esta expresión por considerarla menos exacta, debido a que se podría reducir en la mayoría de los casos a $K = 2.0$.

Como el programa determina el valor del coeficiente de longitud efectiva con las expresiones (1) y (2) seguiremos la revisión por esbeltez con el valor obtenido por este método.

Con los valores encontrados determinamos la relación de esbeltez de la columna.

$$\frac{K L}{r} = \frac{(1.2733)(600)}{18} = 42.33$$

El reglamento especifica que los efectos de esbeltez para elementos no contraventeados pueden pasar por alto si la relación de esbeltez es menor que 22, por lo que en este problema es necesario considerar efectos de esbeltez.

Por lo que: $MU = \delta B MB2 + \delta S Ms2$

Primeramente determinamos el factor de amplificación para momentos que no produce desplazamiento apreciable (δB)

$$\delta B = \frac{CM}{1 - (PU / \phi PC)} \geq 1.0$$

Calculando primeramente las constantes:

$$CM = 1 \quad \text{Para elementos contraventeados}$$

$$\beta d = \frac{(1.4) 0.50 MU}{(1.4)(0.50)MU + 1.7(0.5)MU} = 0.4516$$

$$EC = 15000 \sqrt{fc} = 212,132$$

$$I_g = \frac{50 (60)^3}{12} = 900,000 \text{ cm}^4$$

$$\frac{Ec I_g / 2.5}{1 + \beta d} = 5.2609 \times 10^{10}$$

$$PC = \frac{1/2 EI}{(KL)^2} = 889,605.57 \text{ kg}$$

Con los valores anteriores calculamos δB :

$$\delta B = \frac{1}{1 - [200,000/0.7(889,605.57)]} = 1.4731$$

Posteriormente calculamos el factor de amplificación para momentos que producen desplazamiento apreciable (δ_s)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma PU}{\phi \Sigma P_c}} = 1.0$$

Donde:

$$\Sigma PU = (200 \times 3) + (150 \times 6) = 1,500 \text{ ton}$$

Por facilidad, considerando la carga crítica igual en todas las columnas:

$$\Sigma P_c = 889.605 \times 9 = 8,006.45 \text{ ton}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{1500}{0.7(8,006.45)}} = 1.3655$$

Revisando excentricidades

$$\text{Excentricidad de MB2} = 4000000/200000 = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Excentricidad de M2s} = 1000000/200000 = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Excentricidad mínima} = (1.5 + 0.03(60)) = 3.3 \text{ cm}$$

Con lo anterior el momento de diseño es el siguiente:

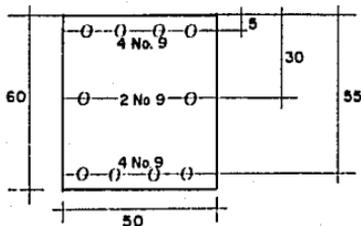
$$M = 1.4731(40) + 1.3655(10) = 72.579 \text{ ton}\cdot\text{M}$$

3er. Paso: Acero de refuerzo.

Considerando el área total de acero de refuerzo como el 2% del área del concreto, obtenemos un área necesaria de 60 cm² con el cual calculamos la siguiente tabla de opciones de acero de refuerzo:

No. varilla	Area individual	Cantidad	Area total
7	3.87	16	61.92
8	5.10	12	61.20
9	6.45	10	64.50

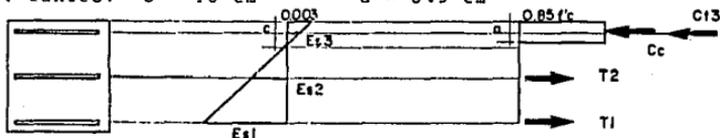
De la tabla anterior elegimos utilizar 10 varillas del No. 9 con la siguiente distribución:



4to. Paso: Cálculo de momentos y cargas resistentes.

Ahora debemos determinar los valores resistentes de momentos y cargas de la sección propuesta, estos valores los determinamos variando C a cada 10 cm.

1er. Tanteo: C = 10 cm a = 8.5 cm



$$Es3 = \frac{0.003 (5)}{10} = 0.0015 < 0.0021 \quad fy = 3058.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es2 = \frac{0.003 (20)}{10} = 0.0060 > 0.0021 \quad fy = 4200.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es1 = \frac{0.003 (45)}{10} = 0.0135 > 0.0021 \quad fy = 4200.0 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza por compresión

$$Cc = 0.85 (200) (8.5) (50) = 72,250.0 \text{ kg}$$

$$CT3 = 25.8 (3058.5) = 78,909.3 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 151,159.3 \text{ kg}$$

Fuerza por tensión

$$T2 = 12.0 (4200) = 54,180 \text{ kg}$$

$$T1 = 25.8 (4200) = 108,360 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 162,540 \text{ kg}$$

Fuerza resistente: - 11,380.7

Momento resistente

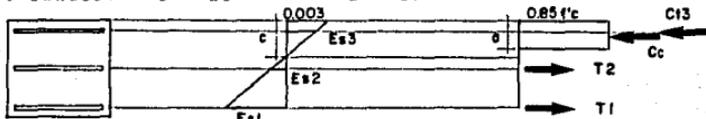
$$M = 78,909.3 (25) + 72,250 (25.75) + 108,360 (25)$$

$$M = 6,542,170 \text{ kg}^2\text{cm}$$

$$P = - 11.38 \text{ ton}$$

$$M = 65.42 \text{ ton}^*\text{M}$$

2do. Tanteo: C = 20 a = 17



$$Es1 = \frac{0.003 (35)}{20} = 0.0053 > 0.0021 \quad fy = 4200.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es2 = \frac{0.003 (10)}{20} = 0.0015 < 0.0021 \quad fy = 3058.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es3 = \frac{0.003 (15)}{20} = 0.0023 > 0.0021 \quad fy = 4200.0 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza por compresión

$$C_c = 0.85 (200) (17) (50) = 144,500 \text{ kg}$$

$$CT3 = 25.8 (4200) = 108,360 \text{ kg}$$

$$\text{T o t a l} = 252,860 \text{ kg}$$

Fuerza por tensión

$$T1 = 25.8 (4200) = 108,360.0 \text{ kg}$$

$$T2 = 12.9 (3058.5) = 39,454.7 \text{ kg}$$

$$\text{T o t a l} = 147,814.7 \text{ kg}$$

Fuerza resistente = 105,045.3 kg

Momento resistente

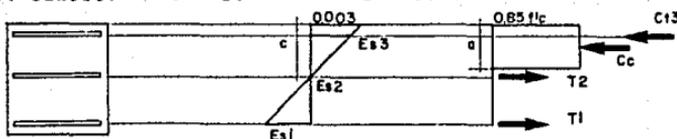
$$M = 108,360 (25) + 144,500 (21.5) + 108,360 (25)$$

$$M = 8,524,750 \text{ kg*cm}$$

$$P = 105.04 \text{ ton}$$

$$M = 85.24 \text{ ton*M}$$

3er. Tanteo: $C = 30$ $a = 25.5$



$$Es1 = \frac{0.003 (25)}{30} = 0.0025 > 0.0021 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es2 = \frac{0.003 (0)}{30} = 0 < 0.0021 \quad f_y = 0$$

$$Es3 = \frac{0.003 (25)}{30} = 0.0025 > 0.0021 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza por compresión

$$C_c = 0.85 (200) (25.5) (50) = 216,750 \text{ kg}$$

$$CT3 = 25.8 (4200) = 108,360 \text{ kg}$$

$$\text{T o t a l} = 325,110 \text{ kg}$$

Fuerza por tensión

$$T1 = 25.8 (4200) = 108,360 \text{ kg}$$

$$T2 = 0 = 0 \text{ kg}$$

$$\text{T o t a l} = 108,360 \text{ kg}$$

Fuerza resistente: 216,750 kg

Momento resistente

$$M = 108,750 (25) + 216,750 (17.25) + 108,750 (25)$$

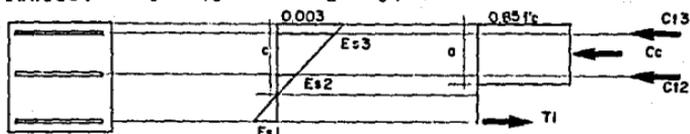
$$M = 9,176,437.5 \text{ kg*cm}$$

$$P = 216.75 \text{ ton}$$

$$M = 91.76 \text{ ton*M}$$

4to. Tanteo: C = 40

a = 34



$$Es1 = \frac{0.003 (15)}{40} = 0.0011 < 0.0021 \quad fy = 2,293.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es2 = \frac{0.003 (10)}{40} = 0.0008 < 0.0021 \quad fy = 1,529.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es3 = \frac{0.003 (35)}{40} = 0.0026 > 0.0021 \quad fy = 4,200.0 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza por compresión

$$Cc = 0.85 (200) (34) (50) = 289,000.00 \text{ kg}$$

$$Ct3 = 25.8 (4200) = 108,360.00 \text{ kg}$$

$$Ct2 = 12.9 (1529.3) = 19,727.97 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 417,087.97 \text{ kg}$$

Fuerza por tensión

$$T1 = 25.8 (2293.9) = 59,182.6 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerza resistente} = 357,905.37 \text{ kg}$$

Momento resistente

$$M = 108,360 (25) + 289,000 (13) + 59,182.6 (25)$$

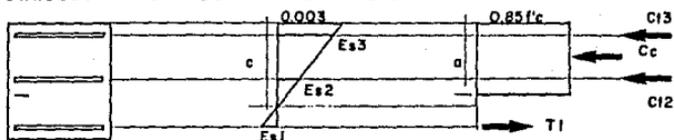
$$M = 7,945,565 \text{ kg*cm}$$

$$P = 357.90 \text{ ton}$$

$$M = 79.45 \text{ ton*M}$$

5to. Tanteo: C = 50

a = 42.5



$$Es1 = \frac{0.003 (5)}{50} = 0.0003 < 0.0021 \quad fy = 611.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es2 = \frac{0.003 (20)}{50} = 0.0012 < 0.0021 \quad fy = 2,446.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es3 = \frac{0.003 (45)}{50} = 0.0027 > 0.0021 \quad fy = 4,200.0 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza de compresión

$$Cc = 0.85 (200) (42.5) (50) = 361,250.00 \text{ kg}$$

$$Ct3 = 25.8 (4200) = 108,360.00 \text{ kg}$$

$$Ct2 = 12.9 (2446.8) = 31,563.72 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 501,173.72 \text{ kg}$$

Fuerza de tensión

$$T1 = 25.8 (611.7) = 15,781.86 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerza resistente} = 485,391.86$$

Momento resistente

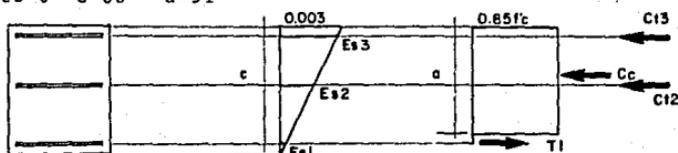
$$M = 108,360 (25) + 361,250 (8.75) + 15,781.86 (25)$$

$$M = 6,264,484 \text{ kg*cm}$$

$$P = 485.39 \text{ ton}$$

$$M = 62.64 \text{ ton*M}$$

Tanteo 6 C=60 a=51



$$Es1 = \frac{0.003 (5)}{60} = 0.0003 < 0.0021 \dots fy = 509.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es2 = \frac{0.003 (30)}{60} = 0.0015 < 0.0021 \dots fy = 3,058.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$Es3 = \frac{0.003 (55)}{60} = 0.0028 > 0.0021 \dots fy = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza de Compresión

$$Cc = 0.85 (200) (51) (50) = 433,500 \text{ kg}$$

$$Ct3 = 25.8 (4,200) = 108,360 \text{ kg}$$

$$Ct2 = 12.9 (3,058.5) = 39,454.65 \text{ kg}$$

$$\text{T o t a l} = 581,314.65 \text{ kg}$$

Fuerza por Tensión

$$T1 = 25.8 (509.75) = 13,151.55 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerza resistente} = 568,163.10 \text{ kg}$$

Momento resistente

$$M = 108,360 (25) + 433,500 (4.5) + 13,151.55 (25)$$

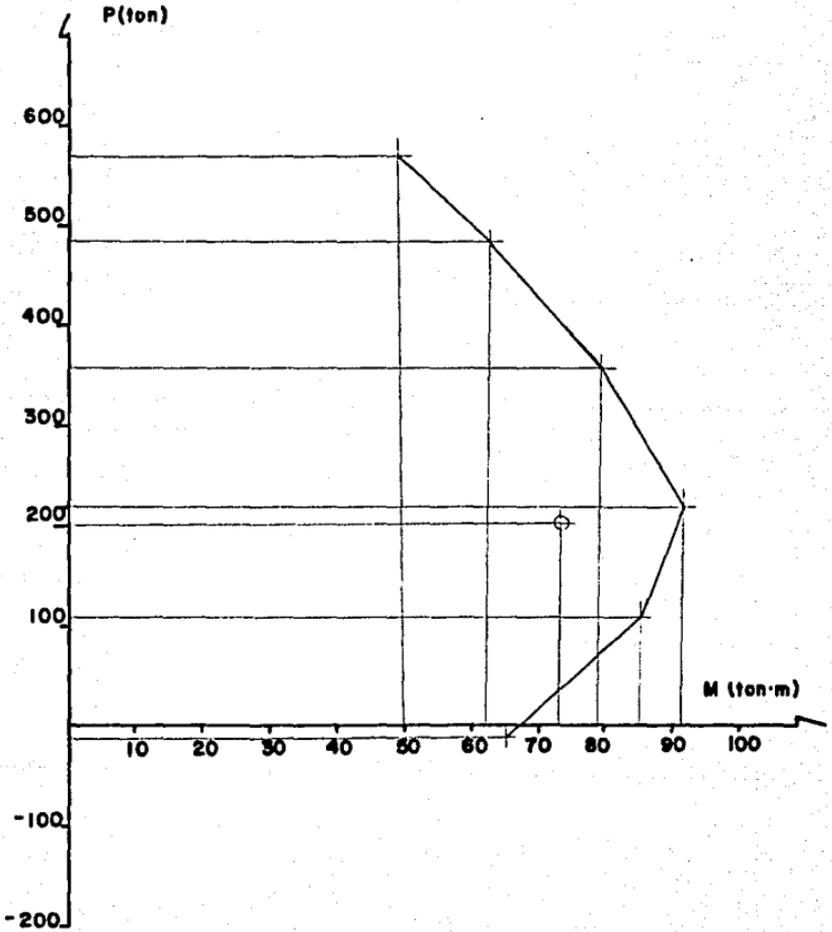
$$M = 4,988,538.75 \text{ kg * cm}$$

$$P = 568.16 \text{ ton}$$

$$M = 49.88 \text{ ton*M}$$

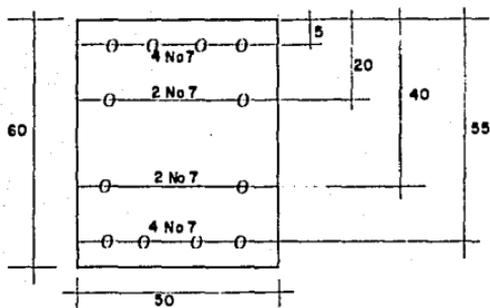
Con los valores obtenidos dibujamos el diagrama de interacción.

DIAGRAMA DE INTERACCION



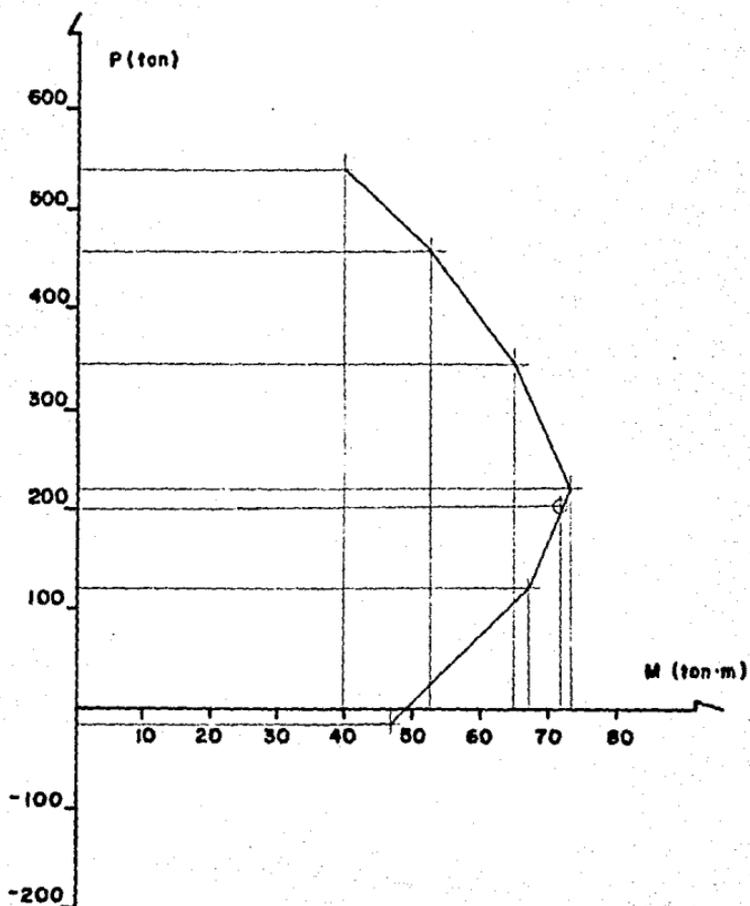
Como podemos apreciar en el diagrama de interacción, la sección propuesta cumple, pero no se puede considerar aún como la sección óptima, por lo que si se desea obtener otra sección, es necesario proponer y revisar, como se hizo en este caso hasta lograr que el punto de momento y carga de diseño se aproxime al diagrama de interacción, lo cual implica una serie de cálculos, hasta lograr esto.

Después de proponer y revisar secciones se llegó a la siguiente solución que podemos considerar como óptima:



Su respectivo diagrama de interacción es el siguiente:

DIAGRAMA DE INTERACCION



LA SECCION CUMPLE

SOLUCION POR COMPUTADORA

EJEMPLO 1

DATOS:

- 1.- $f_x = 250 \text{ kg/cm}^2$
- 2.- $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- 3.- Longitud = 400 cm
- 4.- Carga = 150 ton
- 5.- Momento ext. superior = 40 ton*M
Sentido horario
- 6.- Momento extremo inferior = 20 ton*M
Sentido antihorario
- 7.- No existe momento que produzca desplazamiento apreciable
- 8.- Valor del coeficiente de longitud efectiva (K) = 1.00
- 9.- Forma parte de un marco contraventado
- 10.- El 60% del momento es debido a la carga muerta

*** FACTORES CALCULADOS ***

valor de beta d (β_d) = .5526316

valor de c_m = .8

factor de longitud efectiva (K) = 1

factor de amplificacion de M2B (δ_b) = 1

factor de amplificacion de M2S (δ_s) = 1

*** CARGAS DE DISEÑO ***

carga critica = 1144.856 ton.

carga ultima = 150 ton.

momento ultimo = 40 ton.* mts.

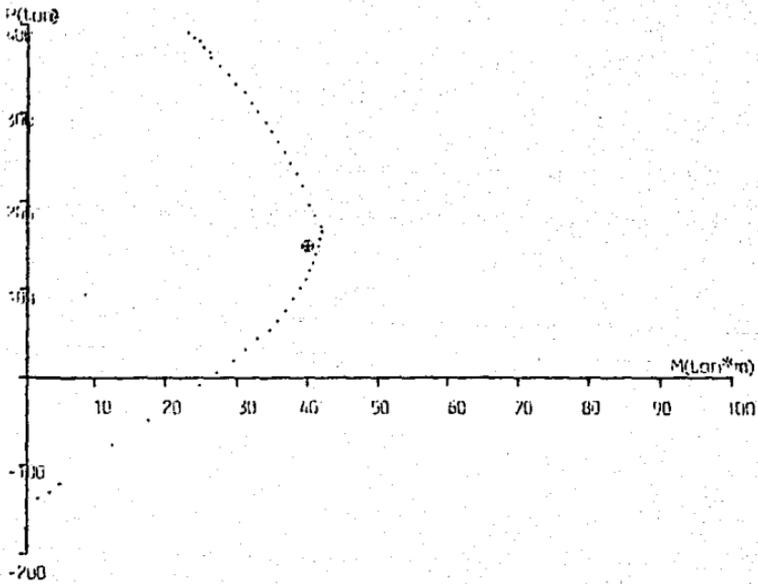
```
*****
C EN CM      P EN TON.      M EN TON*M      e EN M
*****
```

C EN CM	P EN TON.	M EN TON*M	e EN M
2	-129.2019	3.128425	-2.421346E-02
4	-76.69056	12.67194	-.1652346
6	-25.91786	21.66553	-.8359305
8	6.693493	27.23524	4.068914
10	32.0403	31.28801	.9765206
12	53.75485	34.45948	.6410488
14	76.16483	37.02207	.4860783
16	101.4341	39.09844	.3854564
18	121.3326	40.26166	.331829
20	140.1413	41.17923	.2938409
22	158.1575	41.85116	.264617
24	172.9593	41.97317	.2426766
26	196.0709	40.19796	.2050175
28	231.6439	38.4565	.1660156
30	256.2643	36.69292	.1431839
32	279.6133	34.8653	.1246911
34	301.9154	32.94159	.1091087
36	323.3451	30.89688	9.55389E-02
38	344.0401	28.71147	8.345385E-02
40	364.1105	26.36962	7.242202E-02
42	375.3433	25.3115	6.743558E-02
44	386.8687	23.94168	6.188581E-02

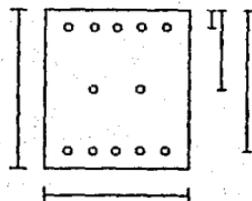
```
*****
```

QUIERE CAMBIAR EL INTERVALO DE C (S/N)? N

**** DIAGRAMA DE INTERACCION ****



SECCION



DATOS

* PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Res. del concreto de 250 kg/cm²

Res. del acero de 4200 kg/cm²

* SECCION

Base de 40 cm

Altura de 45 cm

* ACERO DE REFUERZO

1 a. linea de refuerzo

Distancia de 5 cms

5 varillas del No. 6

2 a. linea de refuerzo

Distancia de 22.5 cms

2 varillas del No. 6

3 a. linea de refuerzo

Distancia de 40 cms

5 varillas del No. 6

EJEMPLO 2

DATOS:

- 1.) $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$
- 2.) $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- 3.) Longitud = 600 cm
- 4.) Carga = 200 ton
- 5.) Momento extremo superior = 30 ton * m
sentido horario
- 6.) Momento extremo inferior = 40 ton * m
sentido horario
- 7.) Si existe momento que produce desplazamiento apreciable
momento mayor = 10 ton * m
- 8.) El valor del coeficiente de longitud efectiva es necesario calcularlo
extremo superior = 1.5 según se calculó
extremo inferior = 0 según se calculó
- 9.) Forma parte de un marco no contraventeado
- 10.) El 50% del momento es debido a la carga muerta
- 11.) El marco está formado por 9 columnas
6 columnas tienen carga última de 150 ton
3 columnas tienen carga última de 200 ton
- 12.) Por facilidad se considera la carga crítica igual para todas las columnas

*** FACTORES CALCULADOS ***

valor de beta d (Bd) = .4516129

valor de cm = 1

factor de longitud efectiva (K) = 1.273268

factor de amplificacion de M2B (delta b) = 1.47309

factor de amplificacion de M2S (delta s) = 1.365428

*** CARGAS DE DISEÑO ***

carga critica = 889.6469 ton.

carga ultima = 200 ton.

momento ultimo = 72.57788 ton.* mts.

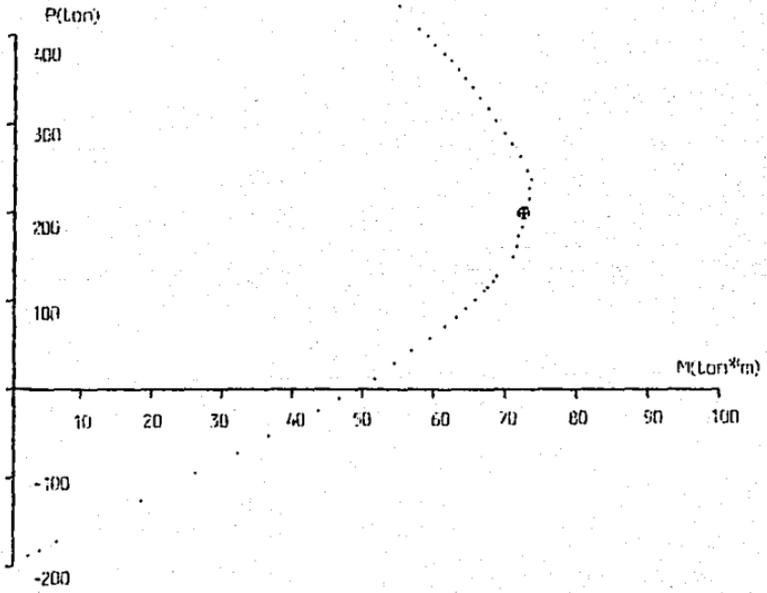
```

*****
C EN CM      P EN TON.      M EN TON*M      e EN M
*****
 2          -181.0762          4.212175          -.0232619
 4          -125.1816          18.53984          -.1481036
 6          -71.18024          32.14856          -.4516501
 8          -36.95455          40.56771          -1.097773
10          -10.63913          46.76364          -4.395437
12          12.66773          51.81979          4.090691
14          44.06833          57.10065          1.29573
16          71.14689          61.47913          .8641156
18          92.18879          64.3853          .698407
20          111.9123          66.91397          .5979143
22          122.0476          68.23817          .5591111
24          149.6692          70.87603          .4735513
26          173.2464          71.83616          .4146474
28          195.5198          72.59411          .3712879
30          216.75          73.14118          .3374449
32          237.1327          73.47085          .3098301
34          263.3637          71.94156          .2731643
36          290.9975          69.68991          .2394863
38          317.2436          67.43343          .2125604
40          342.3099          65.13599          .1902837
42          361.8452          63.22037          .1747167
44          380.918          61.16954          .1605845
46          399.5889          58.96909          .1475744
48          433.7287          55.02496          .1268649
50          454.9024          52.17477          .1146944
52          475.5589          49.16868          .1033914
54          495.7557          45.99672          9.278103E-02
56          512.1519          43.49787          8.493158E-02
58          525.1406          41.57708          7.917323E-02
60          538.2268          39.36097          7.313084E-02
*****

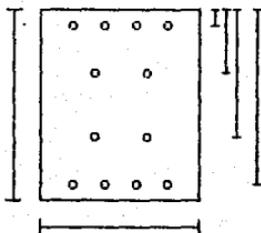
```

QUIERE CAMBIAR EL INTERVALO DE C (S/N)? N

**** DIAGRAMA DE INTERACCION ****



SECCION



DATOS

* PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Res. del concreto de 200 kg/cm²

Res. del acero de 4200 kg/cm²

* SECCION

Base de 50 cm

Altura de 60 cm

* ACERO DE REFUERZO

1 a. linea de refuerzo

Distancia de 5 cms

4 varillas del No. 7

2 a. linea de refuerzo

Distancia de 20 cms

2 varillas del No. 7

3 a. linea de refuerzo

Distancia de 40 cms

2 varillas del No. 7

4 a. linea de refuerzo

Distancia de 55 cms

4 varillas del No. 7

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

El programa tiene gran utilidad, ya que abarca la mayoría de las columnas rectangulares de concreto reforzado, como se explicó en el capítulo anterior, considera columnas largas, cortas, pertenecientes a marcos contraventeados así como a marcos no contraventeados, teniendo las siguientes ventajas:

- 1) Economía en el proceso de diseño reduciendo el personal dedicado al diseño y el tiempo de obtención de resultados.
- 2) Economía en el diseño ya que obtenemos resultados mas exactos y con la ayuda del diagrama de interacción el usuario puede llegar a soluciones mas óptimas.
- 3) Debido al tiempo relativamente breve se puede obtener mayor número de diseños y obtener varias alternativas para un mismo diseño.
- 4) Presentación de resultados impresos, para tener accesibles los resultados cuando se requiera.
- 5) Libertad al usuario de elegir sección y acero de refuerzo logrando con eso, la posibilidad de limitar una sección dada por el proyecto.

Este programa presenta también las siguientes desventajas:

- 1) Solo diseña columnas rectangulares de concreto reforzado.
- 2) No diseña acero de refuerzo transversal.
- 3) El diagrama de interacción se limita para cargas menores de 400 ton y momentos de 90 ton*m.
- 4) Los datos necesarios implican un análisis previo del marco al que pertenece la columna, para determinar cargas, momentos y factores de $(\Sigma Ic/Lc)/(\Sigma Iv/Lv)$ o valor de coeficiente de longitud efectiva (k).

Una vez analizado las ventajas y desventajas podemos considerar al programa como, sumamente útil para el diseño de columnas rectangulares, principalmente por la rapidez de obtención de una solución aceptable, de lo cual derivan todas las ventajas antes descritas.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Con lo anterior podemos concluir que este programa logra alcanzar las perspectivas que se esperaban de él y del cual se tiene una eficiencia aceptable; lo único que limita al programa, son los límites de cargas, y momento de diagrama de interacción, lo cual obliga al usuario a diseñar auxiliándose de las tablas de cargas, momentos y excentricidades, sin embargo, se tienen muchas alternativas antes de llegar a estos límites.