

870115

2  
2ej'

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DISEÑO PLASTICO DE TRABES Y COLUMNAS DE CONCRETO  
REFORZADO POR COMPUTADORA

T E S I S

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

FERNANDO BORJA MARTINEZ

GUADALAJARA, JALISCO. 1986



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.

## 1.- INTRODUCCION.

Este trabajo pretende dar a conocer las ventajas del uso de un microprocesador en el diseño de elementos de concreto reforzado.

Con la aparición del microprocesador, el ingeniero cuenta con este instrumento que realiza las operaciones matemáticas derivadas del diseño con rapidez y precisión.

En nuestros días es muy común el uso de las "ayudas de diseño" o gráficas que simplifican el trabajo. Ahora puede programarse una computadora para que a diferencia de las ayudas de diseño, atiendan específicamente las necesidades de la sección particular del miembro estructural que ha de diseñarse, y aunque el procesamiento de datos pueda tomar un poco más de tiempo que el requerido para llegar a una solución por medio de un método simplificado (gráfico), el uso del microprocesador redundará en una mayor economía y exactitud, debido a que estaremos más cerca del diseño ideal.

Por otra parte, el microprocesador, ofrece también la oportunidad de jugar con los números, como por ejemplo, variar las propiedades del concreto y del acero de refuerzo, y o las dimensiones de la sección, para de esta manera poder contar rápidamente con un grupo de soluciones que podamos comparar y así optar por el mejor diseño.

Debido a la complejidad de un diseño completo (estructuración, análisis de cargas, análisis estructural, dimensionamiento y revisión), este trabajo se enfoca únicamente al dimensionamiento de algunos de los elementos estructurales, más específicamente, secciones de vigas rectangulares y vigas T, simple y doblemente armadas. Además, secciones rectangulares de columnas.

En el caso del diseño de estos elementos, la aportación más grande de la computadora la encontramos en el cálculo de numerosas iteraciones, las cuales efectuarlas sin el uso de esta herramienta, nos llevaría algún tiempo, resultan engorrosas y puede incurrirse en algún error. El programa, facilita también la elección de diámetros para el acero de refuerzo y su distribución.

En este trabajo, el diseño se basa en el sistema del DISEÑO AL LIMITE (sistema plástico), y me rijo por las especificaciones del Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI-77).

Antes que nada, expongo una idea general sobre la teoría del diseño, elaborando un ejemplo de cada concepto, mismos ejemplos que en otro capítulo son resueltos mediante el programa correspondiente para que podamos comparar resultados.

El funcionamiento de cada programa puede analizarse mediante los diagramas de flujo y sus correspondientes listados, en los cuales se menciona el objetivo de cada rutina o sub-rutina. Con los listados, incluyo manuales que explican al usuario, paso por paso el correcto empleo del programa.

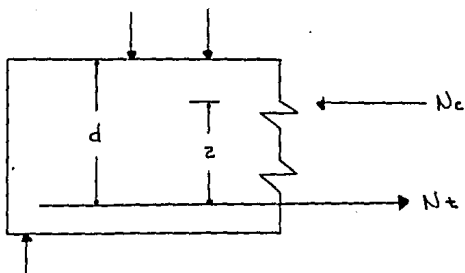
Por último, encontramos algunos ejemplos del diseño de secciones de vigas y columnas por medio de la computadora, y unas palabras sobre los resultados obtenidos.

Los programas corren en un sistema Commodore 64 con un cartucho de expansión de comandos "Simons' basic".

## 2.- TEORIA DEL DISEÑO.

### EL PAR RESISTENTE.

El momento flexionante de cualquier viga debe ser resistido por esfuerzos internos, que se pueden indicar como una tensión resultante  $N_t$  y una compresión resultante  $N_c$ , las cuales serán iguales para formar un par de fuerzas si no existe carga axial. Si suponemos que el concreto no resiste tensión alguna,  $N_t$  se localiza al nivel del acero. La compresión  $N_c$  resultante de los esfuerzos de compresión que actúan en alguna porción del peralte de la viga se analizará posteriormente.



$Z$  es el brazo de palanca o distancia que separa las fuerzas  $N_t$  y  $N_c$ . El espesor de concreto que queda por abajo del acero se usa principalmente para protegerlo contra el fuego y la humedad, y para ayudar a adherir el acero con el concreto; no influye en estos cálculos sobre resistencia a flexión.

Para el diseño de elementos sujetos a flexión o a compresión o a la combinación de ambas, se consideran las siguientes

suposiciones.

Debido a que la forma de distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto varía en todos sus puntos, desde el eje neutro hasta la fibra más alejada en compresión, un esfuerzo en el concreto de  $0.85 f'c$  se supondrá uniformemente distribuido en una zona de compresión equivalente, que esté limitada por los extremos de la sección transversal y una línea recta paralela al eje neutro, a una distancia

$$a = B_1 c$$

a partir de la fibra de deformación unitaria máxima de compresión. (Reglamento 10.2.7).

Donde  $c$  es igual a la distancia del eje neutro a la fibra más alejada en compresión y  $B_1$  es igual a  $0.85$  si  $f'c$  es menor o igual a  $280 \text{ kg/cm}^2$ . Si  $f'c$  es mayor que  $280 \text{ kg/cm}^2$  reducimos  $B_1$  en  $0.05$  en forma uniforme por cada  $70 \text{ kg/cm}^2$  de aumento sobre  $280 \text{ kg/cm}^2$ , sin llegar a ser menor que  $0.65$ .

Las deformaciones en el acero y en el concreto se suponen directamente proporcionales a la distancia del eje neutro. (Reglamento 10.2.2).

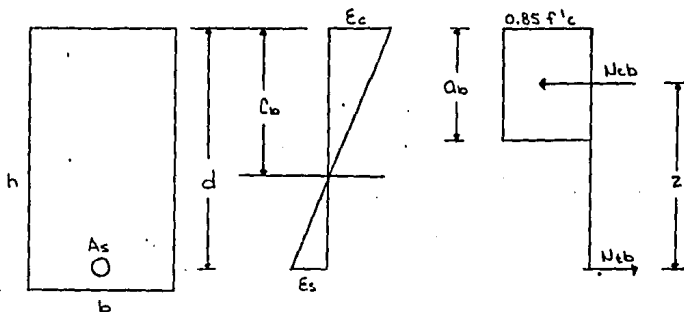
Por resultados obtenidos en laboratorios se toma  $0.003$  como la deformación máxima en la fibra extrema a compresión. (Reglamento 10.2.3).

Cuando el esfuerzo al que trabaja el acero es mayor al de  $f_y$ , el esfuerzo será igual al módulo de elasticidad del acero multiplicado por la deformación unitaria de éste. Si el esfuerzo es mayor a  $f_y$  se tomará como  $f_y$ . (Reglamento 10.2.5).

#### SECCION BALANCEADA.

Se dice que la sección está balanceada, cuando el concreto alcanza toda su resistencia a la compresión al mismo tiempo que el acero alcanza el esfuerzo de su límite elástico. (Reglamento 10.3.2).

De los triángulos de las deformaciones unitarias obtenemos la siguiente expresión.



$$\frac{c_b}{0.003} = \frac{d}{0.003 + f_y/E_s}$$

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} d,$$

$$\text{con } E = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_b = \frac{6000}{0.003 + f_y} d$$

El siguiente paso sería encontrar la altura del rectángulo equivalente de compresión  $a_b = \beta_1 c_b$ .

La compresión balanceada la definimos como

$$N_{cb} = 0.85 f'_c b a_b$$

y la tensión balanceada en el acero

$$N_{tb} = A_s f_y.$$

Para garantizar que la falla se produzca en el acero, evitando la falla súbita del concreto a compresión sólo se permite un área de acero menor o igual al 75% del área de acero

requerida para que la sección sea balanceada. (Reglamento 10.3.3).

$$As fy = 0.75 Ncb.$$

y despejando encontramos el área de acero  $As = 0.75 Ncb/fy$ .

Para calcular el momento resistente (nominal), encontramos el brazo de palanca

$$z = d - \frac{0.75 ab}{2}$$

$$Mn = 0.75 Ncb z$$

$$Md = \phi Mn$$

donde  $\phi$  es el factor de reducción de resistencia. (Reglamento 9.3.2).

$Mn$  es el momento nominal y  $Md$  el momento de diseño.

#### ACERO LONGITUDINAL.

Así como el reglamento impone un máximo de área de acero longitudinal (para flexión), también lo hace con un área de acero mínima que no debe ser menor a  $14 bd/fy$ . Para este propósito, el reglamento especifica que en vigas T se utilice el ancho del alma. (Reglamento 10.5.1).

La separación entre varillas de refuerzo no debe ser menor que el diámetro de la varilla ni de 2.5 cm. ni del tamaño máximo del agregado grueso. (Reglamento 7.6.1).

Cuando se utilicen paquetes de varillas, éstos tienen un límite de cuatro varillas por paquete. (Reglamento 7.6.6.1).

El máximo diámetro utilizable en paquetes de varillas, es el de la varilla # 11. (Reglamento 7.6.6.3).

El diámetro del paquete se considera como el equivalente al área total de las varillas del paquete. (Reglamento 7.6.6.5).



## CONTROL DE DEFLEXIONES.

El reglamento en la sección 9.5, nos dice que los miembros de concreto reforzado sujetos a flexión, deben diseñarse para tener una rigidez adecuada, a fin de limitar las deflexiones o cualquier deformación que pudiese afectar adversamente la resistencia o la funcionalidad de la estructura para las cargas de servicio.

De la tabla 9.5 (a) del reglamento obtenemos los siguientes datos:

Vigas simplemente apoyadas,  $h$  (min) =  $1/20$ .

Vigas con un extremo continuo,  $h$  (min) =  $1/24$ .

Vigas con ambos extremos continuos,  $h$ (min) =  $1/28$ .

Vigas en voladizo,  $h$  (min) =  $1/8$ .

donde  $h$  es igual al peralte total de la sección.

Para valores distintos de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  los valores de peralte mínimo deberán multiplicarse por

$$0.4 + (f_y/7000), \text{ } f_y \text{ en kg/cm}^2.$$

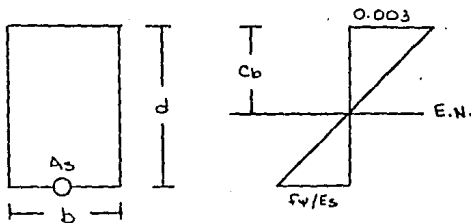
Ejemplo 1. Diseñar la sección rectangular de una viga apoyada libremente.

$$l = 400 \text{ cms.}$$

$$M_d = 4000 \text{ kg.m}$$

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$



$$c_b = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 4200} d = 0.59 d$$

$$\text{para } f'c \text{ no mayor que } 280 \text{ kg/cm}^2, B_1 = 0.85$$

$$a_b = B_1 c_b = 0.85 (0.59) = 0.5 d$$

$$N_{cb} = 0.85 f'c b a_b = 0.85 (280) b (0.5 d) = 119 b d$$

$$0.75 N_{cb} = 0.75 (119 b d) = 89.25 b d$$

$$M_n = 0.75 N_{cb} z$$

$$M_n = 89.25 b d (d - 0.75 \times 0.5 d/2) = 72.51 b d^2$$

$$M_n = M_d/\phi = 4000 (100)/0.9 = 444,444 \text{ kg.cm}$$

$$d = \sqrt{\frac{444,444}{72.51}}$$

con  $b = 15$  cms. resulta  $d = 21$  cms.

peralte mínimo por flecha  $= 1/16 = 400/16 = 25$  cms.

con un recubrimiento de 3 cms.,  $d = 25 - 3 = 22$  cms

dejamos 22 cms. de peralte.

Cálculo del acero:

suponiendo  $a = 8$  cms.,  $z = 22 - 8/2 = 18$  cms.

$$A_s = M_n/(f_y z) = 444,444/(4200 \times 18) = 5.88 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{5.88 (4200)}{0.85 (280) (15)} = 6.91 \text{ cms.}$$

la aproximación la logramos por medio de iteraciones.

$$z = 22 - 6.91/2 = 18.54 \text{ cms.}$$

$$A_s = 444,444/(4200 \times 18.54) = 5.7 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{5.7 (4200)}{0.85 (280) (15)} = 6.71 \text{ cms.}$$

$$z = 22 - 6.71/2 = 18.64 \text{ cms.}$$

$$A_s = 444,444/(4200 \times 18.64) = 5.67 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{5.67 (4200)}{0.85 (280) (15)} = 6.67 \text{ cms}$$

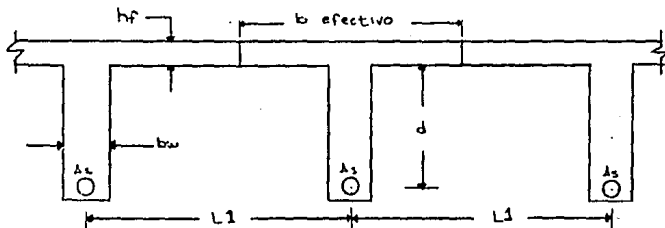
la cual difiere de la anterior en 0.04 cms.

Con varillas del # 3,  $A = 0.71 \text{ cm}^2$  tenemos:

$$5.67/0.71 = 7.99, \text{ dejamos 8 varillas del \# 3.}$$

## VIGAS T.

Al colar una losa conjuntamente con las vigas, resultan vigas con sección T. (Reglamento 8.10.1).



El diseño de la viga T, es efectuado con el mismo principio de la sección balanceada utilizado en vigas rectangulares, aunque con alguna variación.

Existen limitaciones para el ancho del patín como las que siguen:

El ancho efectivo de la losa usada como patín de las vigas T no debe exceder de  $1/4$  de la longitud del claro de la viga. El ancho efectivo de la losa en voladizo a cada lado del alma no debe exceder de:

- 8 veces el peralte de la losa, ni
- $1/2$  de la distancia libre a la siguiente viga.

Las restricciones anteriores son especificaciones del reglamento 8.10.2.

Para diseñar la viga T, se propone una sección dentro de las especificaciones anotadas en el párrafo anterior.

Generalmente, el espesor del patín está dado por el espesor de la losa calculada con anterioridad.

Al igual que la sección rectangular, restringimos el área del rectángulo de esfuerzos de compresión a 0.75 de la correspondiente a al de la sección balanceada.

Si el área del patín es suficiente para resistir la compresión, calculamos la sección T como una sección rectangular ancha.

Por el contrario, si fuera requerida parte del alma de la viga para resistir el esfuerzo de compresión, procedemos a calcular la sección como una verdadera viga T.

Proponemos un 90% de peralte efectivo como brazo de palanca entre la tensión y la compresión.  $z = 0.9 d$ .

Con esta  $z$  y el momento nominal  $M_n$  calculamos la compresión  $N_c = M_n/z$ , y la comparamos con el 75% de la compresión de la sección balanceada.

$N_c$  no mayor que  $0.75 N_{cb}$ .

Como la idea es hacer  $N_c = 0.75 N_{cb}$ , calculamos la altura de el rectángulo equivalente de esfuerzos de compresión a:

$$a = N_c / (0.85 f'c b).$$

Con esta  $a$ , calculamos nuevamente  $z$  y  $N_c$ . Seguimos haciendo iteraciones hasta quedar satisfechos con la comparación  $N_c$  no mayor que  $N_{cb}$ .

El método para calcular el área de acero es el mismo que el utilizado en la sección rectangular.

Debe tomarse en cuenta que en secciones T, la altura del rectángulo de esfuerzos de compresión a limitada por ductilidad, no será usualmente 0.75  $ab$ , debido a la discontinuidad entre el ancho del patín y el del alma.

Ejemplo 2. Diseñar por flexión la sección de una simplemente apoyada, colada conjuntamente con la losa.

$$l = 360 \text{ cms.}$$

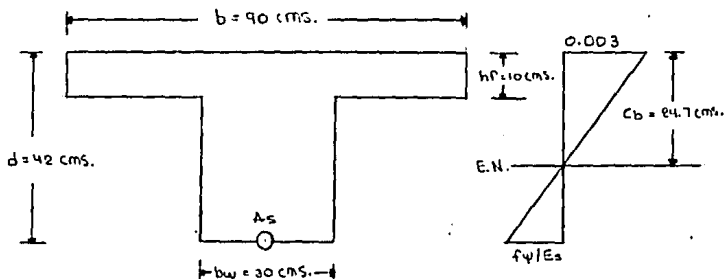
$$M_d = 52,000 \text{ kg.m}$$

$$f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Espesor de la losa = 10 cms.

Separación entre vigas = 220 cms.



Con una base  $b_w = 30 \text{ cms}$ , y  $d = 42 \text{ cms}$ , nos queda:

$$b = l/4 = 360/4 = 90 \text{ cms.} \quad \text{RIGE.}$$

$$b = b_w + 2 (8 h_f) = 30 + 2 (8 \times 10) = 190 \text{ cms.}$$

$$b = 11 = 220 \text{ cms.}$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 4200} (42) = 24.7 \text{ cms.}$$

para  $f'c$  menor que  $280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $B1 = 0.85$

$$a_b = 0.85 (24.7) = 21 \text{ cms.}$$

$$N_{cb} = 0.85 (200) (90 \times 10 + (21 - 10) \times 30) = 209,100 \text{ kg.}$$

$$N_{c \text{ max.}} = 0.75 (209,100) = 156,825 \text{ kg.}$$

$$M_n = M_d / \phi = 52,000 (100) / 0.9 = 5'777,777 \text{ kg.cm}$$

$$\text{con } z = 0.9 d = 0.9 (42) = 37.8 \text{ cms.}$$

$$N_c = M_n / z = 5'777,777 / 37.8 = 152,851 \text{ kg.}$$

$$N_c (\text{patin}) = 0.85 (200) (90) (10) = 153,000 \text{ kg.} \quad \text{MAYOR QUE } N_c.$$

$$a = 152,851 / (0.85 \times 200 \times 90) = 9.99 \text{ cms.}$$

$$z = d - a/2 = 42 - 9.99/2 = 37 \text{ cms.}$$

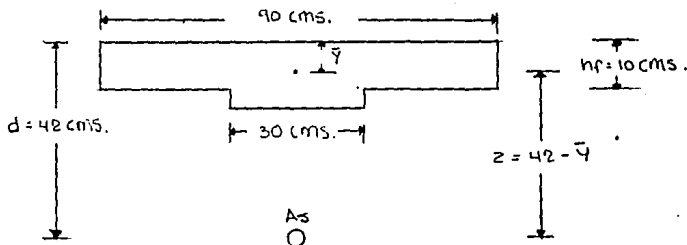
$$A_s = M_n / (f_y z) = 5'777,777 / (4200 \times 37) = 37.18 \text{ cm}^2$$

$$N_c = 37.18 (4200) = 156,156 \text{ kg.} \quad \text{MAYOR QUE } N_c (\text{patin}).$$

$$\text{Area de compresión} = 156,156 / (0.85 \times 200) = 918.56 \text{ cm}^2$$

$$\text{Peralte del alma} = (918.56 - 900) / 30 = 0.62 \text{ cms.}$$

Cálculo de z.



$$y = \frac{(900 \times 5) + 30 \times 0.62 (10 + 0.62/2)}{900 + (30 \times 0.62)} = 5.10 \text{ cms.}$$

$$z = 42 - 5.12 = 36.9 \text{ cms.}$$

$$A_s = 5'777,777 / (4200 \times 36.9) = 37.28 \text{ cm}^2$$

$$N_c = 37.28 (4200) = 156,579 \text{ kg.} \quad \text{MAYOR QUE } N_c \text{ (patín).}$$

$$\text{Area de compresión} = 156,579 / (0.85 \times 200) = 921 \text{ cm}^2$$

$$\text{Peralte del alma} = (921 - 900) / 30 = 0.7 \text{ cms.}$$

$$y = \frac{(900 \times 5) + 30 \times 0.7 (10 + 0.7/2)}{900 + (30 \times 0.7)} = 5.12 \text{ cms.}$$

$$z = 42 - 5.12 = 36.87 \text{ cms.}$$

Si nos conformamos con esta aproximación tenemos que

$$A_s = 5'777,777 / (4200 \times 36.87) = 37.3 \text{ cm}^2$$

$$N_c = 37.3 (4200) = 156,660 \text{ kg.} \quad \text{MENOR QUE } 0.75 N_{cb}.$$

Con varillas del # 7, con un área cada una de  $3.87 \text{ cm}^2$ ;

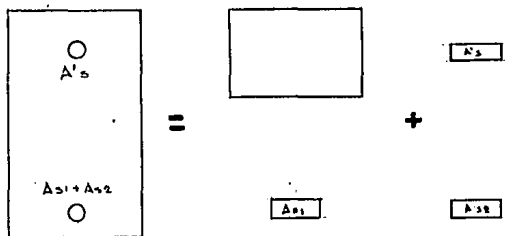
$$37.3 / 3.87 = 9.6, \text{ ponemos } 10 \text{ varillas del } \# 7.$$



## VIGAS DOBLEMENTE ARMADAS.

En ocasiones por razones arquitectónicas o de algún otro tipo, se restringen las dimensiones de la sección de las vigas por lo que se hace necesario utilizar acero para ayudar a soportar los esfuerzos de compresión.

Para el diseño de vigas doblemente armadas o vigas con acero de refuerzo a compresión, consideramos un momento  $M_1$  y su respectivo par de fuerzas que son proporcionadas, una por el concreto a compresión  $N_{c1}$  y la otra  $N_{t1}$  por el área de acero a tensión  $A_{s1}$ . Consideramos también un momento  $M_2$  producto del par de fuerzas  $N_{c2}$  y  $N_{t2}$ , que a su vez dependen de el área de acero a compresión  $A'_s$  y el área restante de acero a tensión  $A_{s2}$ .



Con las propiedades de los materiales, obtenemos las características balanceadas de la sección como en el caso de una viga rectangular simple, encontrando  $N_{cb}$  en función de  $d$ .

Con el 75% de la compresión balanceada, dejamos  $M_1$  en función de la base y el peralte.

Proponemos diferentes bases y peraltes para calcular los momentos  $M_1$  correspondientes.

Buscamos una combinación satisfactoria tomando en cuenta que la diferencia entre el momento nominal  $M_n$  y el momento  $M_1$  de estos pretanteos, deberá ser una cantidad congruente para asignarsela a  $M_2$ .

Para el momento  $M_1$ , el brazo de palanca está dado por la expresión  $z = d - (0.75 ab/2)$ , y para el momento  $M_2$ , por la diferencia entre el peralte efectivo  $d$ , y el recubrimiento del acero a compresión  $d'$ .

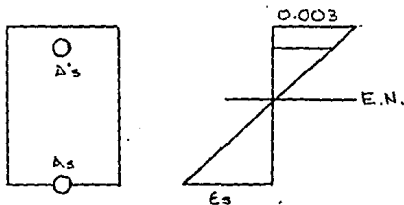
Calculamos  $A_{s1} = M_1 / (f_y z)$ , y el siguiente paso es encontrar  $A_{s2}$  y  $A's$  a partir de  $M_2$ .

$$N_t2 = M_2 / (d - d')$$

$$A_{s2} = N_t2 / f_y$$

$A's = N_t2 / (f_y - (0.85 f'c))$ , tomando en cuenta el área de concreto desalojada por las varillas.

Por último, debemos verificar si el acero de compresión  $A's$  fluye. Esto lo determinamos a partir de los triángulos de deformaciones.



$$\epsilon's = \frac{0.003 (cb - d')}{cb}, \quad A's \text{ fluye si } \epsilon's \text{ es mayor que } \epsilon_s.$$

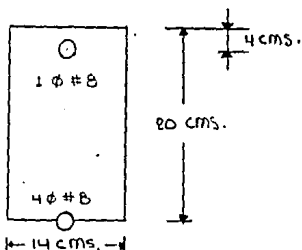
Ejemplo 3. Diseñar por flexión una sección rectangular para una viga con un extremo continuo, si el peralte total no puede ser mayor de 24 cms.

$$l = 350. \text{ cms.}$$

$$M_d = 5000 \text{ kg.m}$$

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 1800 \text{ kg/cm}^2$$



$$c_b = \frac{6000}{6000 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + 1800} d = 0.77 d$$

$$\text{para } f'c = 280 \text{ kg/cm}^2, B1 = 0.85$$

$$a_b = B1 c_b = 0.85 (0.77 d) = 0.65 d$$

$$N_{cb} = 0.85 f'c b a_b = 0.85 (250) b (0.65 d) = 139 b d$$

Para garantizar ductilidad limitamos la compresión a  $0.75 N_{cb}$ .

$$0.75 N_{cb} = 0.75 (139 b d) = 104 b d$$

$$M1 = 0.75 N_{cb} (d - 0.75 a_b/2)$$

$$M1 = 104 b d \left( d - \frac{0.75 (0.65 d)}{2} \right) = 78.65 b d^2$$

Con  $b = 14$  cms. y  $d = 20$  cms. nos queda:

$$M1 = 440,445 \text{ kg.cm.}$$

$$a = 0.75 ab = 0.75 (0.65 d) = 0.75 (0.65) (20) = 9.75 \text{ cms.}$$

$$z = d - a/2 = 20 - 9.75/2 = 15.1 \text{ cms.}$$

$$As1 = \frac{M1}{f_y z} = \frac{440,445}{1800 (15.1)} = 16.17 \text{ cm}^2$$

$$M2 = Mn - M1 = 555,555 - 440,445 = 115,110 \text{ kg.cm.}$$

$$Nt2 = M2/(d - d') = 115,110/(20 - 4) = 7,194.38 \text{ kg.}$$

$$As2 = Nt2/f_y = 7,194.38/1,800 = 3.99 \text{ cm}^2$$

Magnitud del esfuerzo en el acero de compresión.

$$\frac{E's}{cb - d'} = \frac{0.003}{cb}, \quad cb = 0.77 d = 0.77 (20) = 15.4 \text{ cms.}$$

$$E's = \frac{0.003 (15.4 - 4)}{15.4} = 0.0022$$

$$E_y = f_y/E_s = 1,800/2,000,000 = 0.0009$$

Puesto que  $E's$  ES MENOR QUE  $E_y$ , A's FLUYE.

$$A's = \frac{Nt2}{f_y - 0.85 f'c} = \frac{7194.38}{1800 - (0.85 \times 200)} = 4.53 \text{ cm}^2$$

$$As = As1 + As2 = 16.17 + 3.99 = 20.16 \text{ cm}^2$$

Para cubrir  $As$  ponemos 4 varillas del # 8 con un área total de  $20.26 \text{ cm}^2$ .

Para  $A's$  dejamos 1 varilla del # 8 y un área de  $5.08 \text{ cm}^2$ .

Ejemplo 4. Diseñar por flexión la sección de una viga T con ambos extremos continuos, y un peralte no mayor de 50 cms.

$$l = 320 \text{ cms.}$$

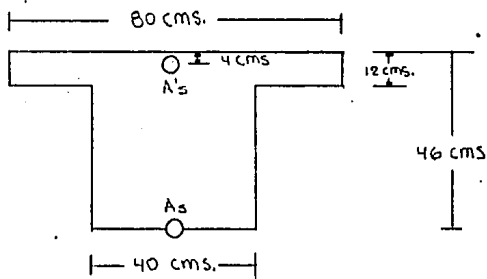
$$M_d = 81,000 \text{ kg.m}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Separación entre vigas} = 240 \text{ cms.}$$

$$\text{Espesor de la losa} = 12 \text{ cms.}$$



Con un recubrimiento para el acero de 4 cms. nos queda

$$d = 50 - 4 = 46 \text{ cms.}$$

$$b = l/4 = 320/4 = 80 \text{ cms.} \quad \text{RIGE}$$

$$b = b_w + 16 h_f, \quad \text{con } b_w = 40 \text{ cms.}$$

$$b = 40 + 16 (12) = 232 \text{ cms.}$$

$$b = l_1 = 240 \text{ cms.}$$

$$c_b = \frac{6000}{600 + f_y} \quad d = \frac{6000}{6000 + 4200} (46) = 27 \text{ cms.}$$

$$a_b = b_l c_b, \quad b_l = 0.85, \quad a_b = 0.85 (27) = 23 \text{ cms.}$$

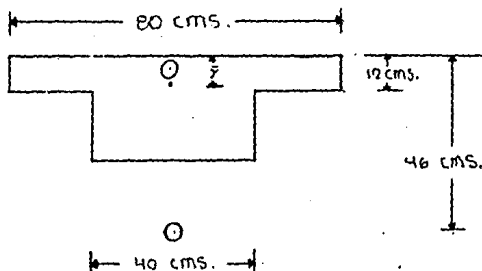
$$N_{cb} = 0.85 (210) ((12 \times 80) + 40 (23 - 12)) = 249,900 \text{ kg.}$$

$$0.75 N_{cb} = 0.75 (249,900) = 187,425 \text{ kg.}$$

$$\text{Area de compresión} = 0.75 N_{cb} / (0.85 f'c)$$

$$= 187,425 / (0.85 \times 210) = 1,050 \text{ cm}^2$$

Feralte del patin en compresión.



$$\frac{1050 - 960}{40} = 2.25 \text{ cms.}$$

$$y = \frac{(12 \times 80 \times 6) + (2.25 \times 40 \times 13.125)}{(12 \times 80) + (2.25 \times 40)} = 6.61 \text{ cms.}$$

$$z = d - y = 46 - 6.61 = 39.39 \text{ cms.}$$

$$M_l = 0.75 N_c z = 187,425 (39.39) = 7,382,671 \text{ kg.cm}$$

$$M_n = M_d / \phi = 81,000 (100) / 0.9 = 9,000,000 \text{ kg.cm}$$

El momento que deberá ser resistido unicamente por acero será

$$M2 = Mn - M1 = 9'000,000 - 7'382,671 = 1'617,329 \text{ kg.cm.}$$

$$As1 = M1/(fy z) = 7'382,671/(4200 \times 39.39) = 44.62 \text{ cm}^2$$

$$As2 = \frac{M2}{fy (d - d')} = \frac{1617,329}{4200 (46 - 4)} = 9.17 \text{ cm}^2$$

$$As = As1 + as2 = 44.62 + 9.17 = 53.79 \text{ cm}^2$$

Para obtener  $f's$ :

$$\frac{E's}{cb - d'} = \frac{0.003}{cb}$$

$$E's = \frac{0.003 (27 - 4)}{27} = 0.0025$$

$$Ey = fy/Es = 4200/2'000,000 = 0.0021, \quad E's \text{ MENOR QUE } Ey \text{ FLUYE}$$

$$f'á = fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A's = \frac{M2}{(fy - 0.85 f'c) (d - d')}$$

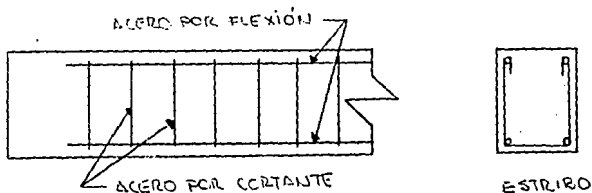
$$A's = \frac{1617,329}{(4200 - 0.85 \times 210) (46 - 4)} = 9.57 \text{ cm}^2$$

Con 14 varillas del # 7, con un área de 3.87 cm<sup>2</sup> cada una, tenemos un área de acero total de 54.19 cm<sup>2</sup> para As.

Con 5 varillas del # 5, con un área de 1.99 cm<sup>2</sup> cada una, tenemos un área de acero total de 9.95 cm<sup>2</sup> para A's.

## CORTANTE.

Para resistir el cortante (tensión diagonal) en elementos de concreto reforzado se utilizan los estribos.



El diseño de los estribos se basa en la expresión "cortante último menor o igual a cortante nominal".

$V_u$  menor o igual que  $V_n$ .

Donde  $V_u$  es igual a la fuerza cortante afectada por un factor de carga y  $V_n$  la resistencia nominal al cortante.

$$V_n = V_c + V_s$$

En la que  $V_c$  es igual a la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto y  $V_s$  la resistencia nominal al cortante proporcionada por el acero de los estribos.

Además de estas fórmulas debemos tomar en cuenta las especificaciones del reglamento que aparecen a continuación.

las secciones localizadas a una distancia menor que  $d$ , desde el paño del apoyo se pueden diseñar para el mismo cortante  $V_u$  que el calculado a una distancia  $d$ . (Reglamento 11.1.3.1).

$$V_c = 0.53 f'c b d. \quad (\text{Reglamento 11.3.1.1}).$$

La resistencia a la fluencia de diseño del refuerzo por cortante no debe exceder de  $4200 \text{ kg/cm}^2$ . (Reglamento 11.5.2).



La separación entre estribos no excederá de  $d/2$  ni de 60 cms. (Reglamento 11.5.4.3).

Si  $V_s$  es mayor que  $1.1 f'c b d$ , entonces la separación se reduce a la mitad. (Reglamento 11.5.4.3).

Debe colocarse un refuerzo mínimo por cortante cuando la fuerza del cortante afectada por el factor de carga  $V_u$  exceda  $1/2$  a la resistencia al cortante proporcionada por el concreto. (Reglamento 11.5.5.2).

La resistencia nominal al cortante proporcionada por el acero debe calcularse con la ecuación  $V_s = A_v f_y d/s$ . (Reglamento 11.10.9.1).

Donde  $A_v$  es igual al área de refuerzo por cortante y  $s$  la separación entre estribos.

Finalmente la resistencia al cortante  $V_s$  no debe exceder de  $2.1 f'c b d$ . (Reglamento 11.5.6.8).

Ejemplo 5. Diseñar por cortante para la siguiente sección si  $V_u = 10,000$  kg. a una distancia  $d$  del apoyo.

$$b = 15 \text{ cms.}$$

$$d = 22 \text{ cms.}$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_n = V_u/\phi = 10,000/0.85 = 11,764.7 \text{ kg.}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b d = 0.53 \sqrt{280} (15) (22) = 2926.6 \text{ kg.}$$

$$V_s = V_n - V_c = 11764.7 - 2926.6 = 8838 \text{ kg.}$$

$$2.1 \sqrt{280} (15) (22) = 11,596.1 \text{ kg. menor que } V_s. \quad \text{CORRECTO}$$

Separación entre estribos.

$$s = d/2 = 22/2 = 11 \text{ cms. menor que } 60 \text{ cms.} \quad \text{CORRECTO}$$

$$1.1 \sqrt{f'_c} b d = 1.1 \sqrt{280} (15) (22) = 6074.1 \text{ kg. cantidad menor que } V_s \text{ por lo que } s = s/2 = 11/2 = 5.5 \text{ cms.}$$

$$A_v = \frac{V_s s}{f_y d} = \frac{8838 (5.5)}{4200 (22)} = 0.526 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area de la varilla} = \frac{A_v}{2} = \frac{0.526}{2} = 0.263 \text{ cm}^2$$

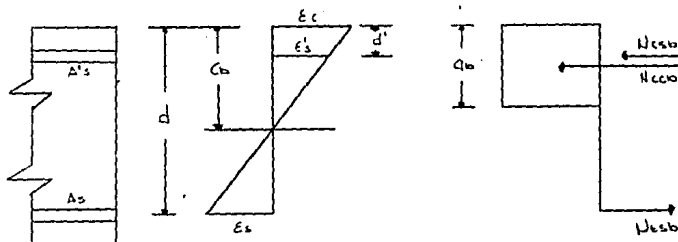
Ponemos estribos con varillas del # 2.5 con un área de 0.49 cms., espaciados a cada 5.5 cms.

## ELEMENTOS A FLEXOCOMPRESION.

Los elementos de las estructuras que trabajan con esfuerzos combinados de flexión y compresión reciben el nombre de columnas.

Condición balanceada en elementos a flexocompresión.

Para la condición balanceada, la deformación unitaria en el concreto es  $c = u = 0.003$  y simultáneamente la deformación unitaria en el acero de tensión, en el momento en el cual el acero comienza a fluir es  $s = y = f_y/E_s$ . Con estos valores de la geometría de la siguiente figura se deduce la profundidad del eje neutro.



$$\frac{c_b}{0.003} = \frac{d}{0.003 + f_y/E_s}$$

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} d, \quad \text{con } E_s = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

Por definición la altura del rectángulo equivalente de

compresión es  $a = B1 \text{ cb}$ .

Para encontrar  $P_{nb}$ , primero calculamos la magnitud de las demás fuerzas que actúan en la columna.

$$N_{ccb} = 0.85 f'c b a$$

Para el cálculo de la compresión balanceada proporcionada por  $A's$  verificamos si el acero fluye por medio del diagrama de deformaciones unitarias.

$$\frac{\epsilon'_{s}}{cb - d} = \frac{0.003}{cb}, \quad \epsilon' = \frac{0.003 (cb - d)}{cb}$$

Si  $\epsilon'_{s}$  es mayor que  $\epsilon_y$  entonces  $A's$  fluye y  $f'_{s} = f_y$ . Si  $\epsilon'_{s}$  es menor o igual a  $\epsilon_y$ ,  $f'_{s}$  será igual a  $\epsilon'_{s} E_s$ .

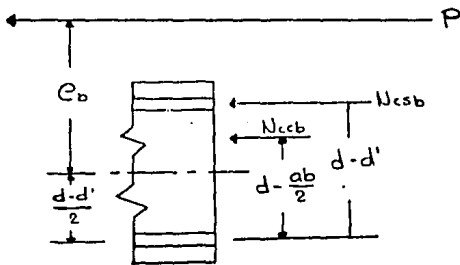
$N_{csb} = A_s (f_s - 0.85 f'c)$ , tomando en cuenta el área que es desalojada por las varillas.

$$N_{tsb} = A_s f_y$$

Por suma de fuerzas igual a cero tenemos que

$$P_{nb} = N_{ccb} + N_{csb} - N_{tsb}$$

Para determinar la excentricidad balanceada, hacemos suma de momentos con respecto al centro de gravedad del acero a tensión e igualamos a cero.



$$Pnb \left( eb + \frac{d - d'}{2} \right) - Nccb \left( d - \frac{ab}{2} \right) - Ncsb \cdot (d - d')$$

Despejando para eb, obtenemos la excentricidad balanceada.

Ejemplo 6. Encontrar la excentricidad balanceada de la siguiente sección.

$$f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

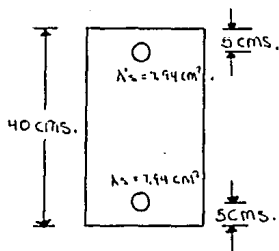
$$fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 30 \text{ cms.}$$

$$d = 35 \text{ cms.}$$

$$d' = 5 \text{ cms.}$$

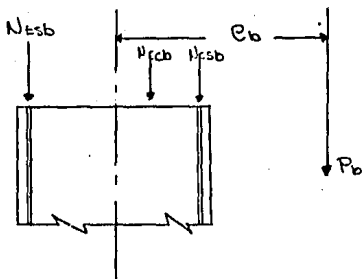
$$As = A's = 7.94 \text{ cms.}$$



$$cb = \frac{6000}{6000 + fy} \quad d = \frac{6000}{6000 + 4200} (35) = 20.59 \text{ cms.}$$

$$ab = B1 \quad cb, \quad B1 = 0.85$$

$$ab = 0.85 (20.59) = 17.5 \text{ cms.}$$



$$Nccb = 0.85 f'c b ab = 0.85 (280) (30) (17.5) = 89,250 \text{ kg.}$$

Esfuerzo en el acero de compresión.

$$\epsilon's = \frac{0.003 (cb - d)}{cb} = \frac{0.003 (20.59 - 5)}{20.59} = 0.0022$$

$$\epsilon y = fy/Es = 4200/2'000,000 = 0.0021$$

$\epsilon's$  mayor que  $\epsilon y$  por lo que  $A's$  fluye y  $f's = fy$ .

$$Ncsb = A's (f's - 0.85 f'c)$$

$$= 7.94 (4200 - 0.85 \times 200) = 31,998 \text{ kg.}$$

$$Ntsb = As fy = 7.94 (4200) = 33,348 \text{ kg.}$$

$$Pnb + Ntsb - Nccb - Ncsb = 0$$

$$Pnb + 33,348 - 89,250 - 31,990 = 0$$

$$Pnb = 87,900 \text{ kg.}$$

$$Pnb \left( e + \frac{d - d'}{2} \right) - Nccb \left( d - \frac{ab}{2} \right) - Ncsb (d - d')$$

$$87,900 \left( eb + \frac{35 - 5}{2} \right) - 89,250 \left( 35 - \frac{17.5}{2} \right) - 31,998 (35 - 5)$$

$$eb = 22.57 \text{ cms.}$$

#### FALLA POR TENSION.

La falla por tensión se produce cuando  $e$  es mayor que  $eb$ . Para excentricidades mayores de  $eb$ , la falla se inicia en el acero de tensión, el cual cede provocando que el eje neutro se deslice hacia el lado de compresión.

Debido a este deslizamiento del eje neutro hacia el lado de compresión, podemos estar seguros de que el acero a tensión fluye y por lo tanto  $f_s = f_y$ . En el caso del acero a compresión, es necesario obtener su deformación unitaria para saber si este fluye o no y utilizar un  $f'_s$  correcto.

$P_n$  la encontramos suponiendo un  $a$  menor que  $ab$  y haciendo sumatoria de momentos con respecto al centro de gravedad del acero a tensión igual a cero.

$$P_n = \frac{N_{cc} (d - a/2) + N_{cs} (d - d')}{e + (d - d')/2}$$

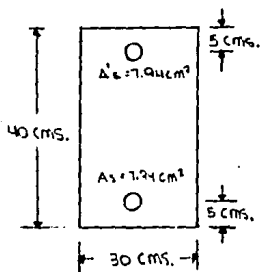
Por sumatoria de fuerzas igual a cero encontramos  $a$ .

$$a = \frac{N_{ts} + P_n - N_{cs}}{0.85 f'_c b}$$

Con esta  $a$  calculamos nuevamente  $P_n$  y con esta  $P_n$  calculamos nuevamente  $a$ , repitiendo el procedimiento hasta quedar satisfechos con la diferencia entre la última  $a$  y la anterior.

Ejemplo 7. Encontrar  $P_n$  para la sección del ejemplo 6 con  $e = 45.45$  cms.

$$ab = 17.5 \text{ cms.}$$



Proponemos  $a = 8 \text{ cms.}$

$$N_{cc} = 0.85 (200) (30) (8) = 40,800 \text{ kg.}$$

$$c = a/B1 = 8/0.85 = 9.4 \text{ cms.}$$

$$\epsilon'_s = \frac{0.003 (9.4 - 5)}{9.4} = 0.0014 \quad \text{menor que } 0.0021 \text{ no fluye.}$$

$$f'_s = 0.0014 (2'000,000) = 2808 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_{cs} = 7.94 (2808 - 0.85 \times 200) = 20,946 \text{ kg.}$$

$$N_{ts} = 7.94 (4200) = 33,348 \text{ kg.}$$

$$P_n = \frac{40,800 (35 - 8/2) + 20,946 (35 - 5)}{4.45 + (35 - 5)/2} = 31,318 \text{ kg.}$$

$$a = \frac{33,340 = 31,318 - 20,946}{0.85 (200) (30)} = 8.57 \text{ cms.}$$

La diferencia entre esta  $a$  y la anterior es de 0.57 cms. por lo que buscando una mayor aproximación:

$$N_{cc} = 0.85 (200) (30) (8.57) = 43,707 \text{ kg.}$$



$$c = 8.57/0.85 = 10 \text{ cms.}$$

$$e's = \frac{0.003 (10 - 5)}{10} = 0.0015$$

$$f's = 0.0015 (2'000,000) = 3000 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ncs = 7.94 (3000 - 0.85 \times 200) = 22,470 \text{ kg.}$$

$$P_n = \frac{43,707 (35 - 8.57/2) + 22,470 (35 - 5)}{45.45 + (35 - 5)/2} = 33,359 \text{ kg.}$$

La diferencia entre esta  $n$  y la anterior es de 0.10 cms. por lo que terminamos el problema con esta aproximación.

$$P_n = 33,359 \text{ kg.}$$

#### FALLA POR COMPRESIÓN.

Para excentricidades pequeñas, cuando  $e$  es menor que  $eb$  la falla se inicia por el aplastamiento del concreto. Esto es que el concreto ha alcanzado su deformación unitaria última igual a 0.003, y el acero de tensión no ha alcanzado su punto de fluencia, por lo que  $f_s$  es menor que  $f_y$ .

Ejemplo 8. Encontrar  $P_n$  para la siguiente sección si  $e = 13.56$  cms.

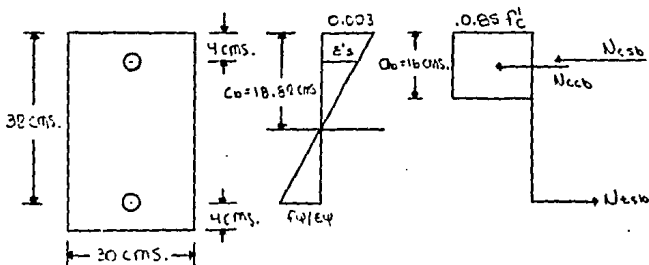
$$f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 25 \text{ cms.}$$

$$d' = 4 \text{ cms.}$$

$$A_s = A's = 10.13 \text{ cms.}$$



$$c_b = \frac{6000}{6000 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + 4200} (32) = 18.82 \text{ cms.}$$

$$a_b = B1 c_b = 0.85 (18.82) = 16 \text{ cms.}$$

$$N_{ccb} = 0.85 f'_c b a_b = 0.85 (200) (25) (16) = 68,000 \text{ kg.}$$

$$\epsilon'_s = \frac{0.003 (c_b - d')}{c_b} = \frac{0.003 (18.82 - 4)}{18.82} = 0.0023$$

$$\epsilon_y = f_y/E_y = 4200/2'000,000 = 0.0021 \text{ mayor que } \epsilon'_s \text{ fluye.}$$

$$N_{csb} = A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)$$

$$= 10.13 (4200 - 0.85 \times 200) = 40,824 \text{ kg.}$$

$$N_{tsb} = A_s f_y = 10.13 (4200) = 42,546 \text{ kg.}$$

Por sumatoria de fuerzas igual a cero.

$$P_{nb} = N_{tsb} - N_{ccb} - N_{csb} = 0$$

$$P_{nb} + 42,546 - 68,000 - 40,824 = 0$$

$$P_n = 66,278 \text{ kg.}$$

Por sumatoria de momentos con respecto al centro de gravedad del acero de tensión.

$$e_b = \frac{N_{csb} (d - d') + N_{ccb} (d - a/2)}{P_{nb}} - \frac{d - d'}{2}$$

$$e_b = \frac{40,824 (32 - 4) + 68000 (32 - 16/2)}{66,278} - \frac{32 - 4}{2}$$

$$j_b = 27.87 \text{ cms.}$$

e menor que  $e_b$ , la falla se produce por compresión.

Proponiendo  $a = 20$  cms.

Como  $A's$  fluye en la condición balanceada, podemos estar seguros que para toda  $c$  mayor que  $c_b$ ,  $A's$  fluye.

$$c = a/B1 = 20/0.85 = 23.53 \text{ cms.}$$

$$\epsilon_s = \frac{0.003 (d - c)}{c} = \frac{0.003 (32 - 23.53)}{23.53} = 0.00108$$

$$f_s = s E_s = 0.00108 (2'000,000) = 2160 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_{cc} = 0.85 f'c b a = 0.85 (200) (25) (20) = 85,000 \text{ kg.}$$

$$N_{cs} = N_{csb} = 40,824 \text{ kg.}$$

$$N_{ts} = A_s f_s = 10.13 (2160) = 21,881 \text{ kg.}$$

$$P_n = \frac{N_{cc} (d - a/2) + N_{cs} (d - d')}{e + (d - d')/2}$$

$$P_n = \frac{85,000 (32 - 20/2) + 40,824 (32 - 4)}{13.56 + (32 - 4)/2} = 109,328 \text{ kg.}$$

$$a = \frac{N_{ts} + P_n - N_{cc}}{0.85 f'c b}$$

$$a = \frac{21,881 + 109,328 - 40,826}{0.85 (200) (25)} = 21.26 \text{ cms.}$$

Con tres iteraciones más encontramos que:

$$a = 20.78 \text{ cms.,}$$

$$P_n = 110,982 \text{ kg.}$$

## EFFECTOS DE ESBELTEZ EN LAS COLUMNAS.

Como ya vimos anteriormente, la rigidez en los elementos de concreto reforzado es determinante en el buen funcionamiento de una estructura. Tratándose de las columnas, el problema es más delicado y se atiende de diferente manera, así, por su rigidez, nos encontramos con dos tipos de columnas: columnas cortas y columnas largas.

El diseño de la columna es alterado, cuando nos encontramos que estamos tratando con una columna larga, en cuyo caso afectamos el momento último de diseño  $M_u$  por un factor de amplificación de momento.

Que se considere de un tipo u otro, depende de la deflexión que produce el momento en la columna, lo que a su vez depende de la curvatura de la columna y de las restricciones de las juntas en los extremos.

Veamos el procedimiento para encontrar los efectos de la esbeltez en una columna.

Tomamos como longitud no apoyada  $l$ , la distancia libre entre losas de entrepisos, vigas u otros miembros capaces de proporcionar un apoyo lateral para el miembro sujeto a compresión, (Reglamento 10.11.1.1).

Para miembros contraventeados, tomamos el factor de longitud efectiva  $k$  como 1.0, a menos que el análisis demuestre que se puede usar un valor menor. (Reglamento 10.11.2.1).

Para miembros no contraventeados, deberá determinarse el valor de  $k$ , y éste será siempre mayor que 1.0. (Reglamento 10.11.2.2).

El radio de giro  $r$ , en una columna rectangular, puede considerarse igual a 0.3 veces la dimensión total en que se considere la estabilidad. (Reglamento 10.11.3).

Para miembros contraventeados, pueden no tomarse en cuenta

los efectos de esbeltez cuando

$$\frac{k l}{r} \text{ menor que } \frac{34 - 12 M_1}{M_2}$$

Para miembros no contraventeados, pueden no tomarse en cuenta los efectos de la esbeltez cuando

$$\frac{k l}{r} \text{ menor que } 22$$

(Reglamento 10.11.4.1 y 10.11.4.2 respectivamente).

En caso de que deban tomarse en cuenta los efectos de esbeltez, diseñamos con la carga factorizada  $P_u$  y un momento amplificado  $M_c = \delta M_2$ .

$$\delta = \frac{C_m}{1 - (P_u / \phi P_c)}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 E I}{(k l)^2} \quad (\text{Reglamento 10.11.5.1}).$$

$$E I = \frac{E_c I_g / 2.5}{1 + \beta_d} \quad (\text{Reglamento 10.11.5.2}).$$

Para miembros contraventeados

$$c_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_1}{M_2}$$

Para los demás miembros  $c_m = 1.0$ . (Reglamento 10.11.5.3).

El módulo de elasticidad del concreto lo podemos calcular con la fórmula  $E_c = 15,000 f'_c$ . (Reglamento 8.5.1).

$I_c$  es el momento de inercia de la sección total del concreto

con respecto al eje centroidal, sin tomar en consideración el refuerzo. Cuando se trate de una columna con sección rectangular  $I_g = b h^3/12$ .

$B_d$  es la relación entre el momento máximo debido a la carga muerta afectada por el factor de carga y el momento máximo debido a la carga total afectada por el factor de carga, siempre positivo.

$M_1$  es igual al momento menor de extremo, positivo en curvatura simple y negativo en curvatura doble.

$M_2$  es el momento mayor de extremo, siempre positivo.

#### FACTOR DE LONGITUD EFECTIVA.

Para encontrar el factor de longitud efectiva  $k$ , podemos valernos de nomogramas (para marcos contraventados y sin contraventear) diseñados para determinar rápidamente el valor de  $k$ . Existen además, las fórmulas simplificadas que nos proporciona el reglamento en su sección de comentarios que se encuentran en el capítulo 10 y a continuación enumero.

$$k = 0.7 + 0.005 (\Psi_a + \Psi_b), \quad k \text{ siempre menor o igual a } 1.0.$$

$$k = 0.85 + 0.005 \Psi_{\min}, \quad k \text{ siempre menor o igual a } 1.0.$$

Donde  $\Psi$  es igual a la relación de  $\sum(EI/l)$  de los miembros en compresión a  $\sum(EI/l)$  de los miembros en flexión dispuestos en un plano, en el extremo de un miembro en compresión.

$\Psi_a$  y  $\Psi_b$  son los valores de  $\Psi$  en los dos extremos de la columna y  $\Psi_{\min}$  es el menor de los dos valores.

Para miembros sin contraventear sujetos a compresión empotrados en ambos extremos, la longitud efectiva se puede tomar como

$$k = \frac{20 - m}{20} \quad 1 + \Psi_m, \quad \text{para } \Psi_m \text{ menor que } 2.$$

$k = 0.9 \sqrt{1 + \Psi_m}$  , para  $\Psi_m$  mayor o igual a 2.  
donde  $\Psi_m$  es el promedio de los valores de  $\Psi$  en los dos extremos del miembro a compresión.

Para miembros sin contraventear sujetos a compresión con un extremo articulado, el factor de longitud efectiva se puede tomar como

$$k = 2.0 + 0.3\Psi$$

donde  $\Psi$  es el valor del extremo empotrado.

El método para encontrar  $k$  por medio de nomogramas o de las fórmulas simplificadas, es explicado en el reglamento, en su parte para comentarios del capítulo 10.

Ejemplo 9. Diseñar la columna de un marco contraventado con ambos extremos empotrados. Utilizar la sección del ejemplo 6.

$$f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 30 \text{ cms.}$$

$$d = 35 \text{ cms.}$$

$$d' = 5 \text{ cms.}$$

$$A_s = A's = 7.94 \text{ cm}^2$$

Las siguientes son las cargas y los momentos factorizados.

$$W_m = 8 (1.4) = 11.2 \text{ ton.}$$

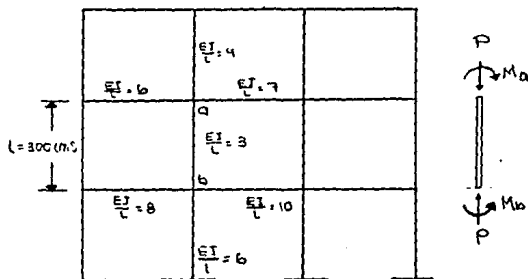
$$W_v = 6 (1.7) = 10.2 \text{ ton.}$$

$$M_{ma} = 4 (1.4) = 5.6 \text{ ton.m}$$

$$M_{va} = 3 (1.7) = 5.1 \text{ ton.m}$$

$$M_{mb} = 2 (1.4) = 2.8 \text{ ton.m}$$

$$M_{vb} = 3 (1.7) = 5.1 \text{ ton.m}$$



$$P_u = W_u + W_v = 11.2 + 10.2 = 21.4 \text{ ton.}$$

$$M_2 = M_{ma} + M_{va} = 5.6 + 5.1 = 10.7 \text{ ton.m}$$

$$M_1 = M_{mb} = M_{vb} = 2.8 + 5.1 = 7.9 \text{ ton.m}$$

$M_1$  es positivo por la curvatura simple de la columna.

Límites para  $A_s$ .

$$0.01 b h \text{ menor que } A_s + A'_s \text{ menor que } 0.08 b h$$

$$0.01 (30) (40) \text{ menor que } 15.88 \text{ menor que } 0.08 (30) (40)$$

$$12 \text{ menor que } 15.88 \text{ menor que } 96 \quad \text{correcto.}$$

Obtención de  $k$ .

$$a = \frac{\sum(EI/l)_{\text{col.}}}{\sum(EI/l)_{\text{trabes}}} = \frac{4 + 3}{6 + 7} = 7/13$$

$$b = \frac{\sum(EI/l)_{\text{col.}}}{\sum(EI/l)_{\text{trabes}}} = \frac{3 + 6}{8 + 10} = 9/18$$



Utilizamos la menor de:

$$k = 0.7 + 0.005 (\Psi_a + \Psi_b) \\ = 0.7 + 0.005 (7/13 + 1/2) = 0.7 \quad \text{RIGE.}$$

$$k = 0.85 + 0.005 \Psi_{\min.} = 0.85 + 0.005 (1/2) = 0.85$$

Para marcos contraventeados:

$$C_m = 0.6 + 0.4 (M_1/M_2) = 0.6 + 0.4 (7.9/10.7) = 0.895$$

$$E_c = 15,000 \text{ f'c (200)} = 212,132 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = b h^3/12 = 30 (40)^3/12 = 160,000 \text{ cm}^4$$

$$B_d = M_{ms}/M_2 = 5.6/10.7 = 0.52$$

$$EI = \frac{E_c I_g / 2.5}{1 + B_d} = \frac{212,132 (160,000) / 2.5}{1 + 0.52} = 8,912,146,847 \text{ kg.cm}^2$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl)^2} = \frac{(3.14)^2 8,912,146,847}{(0.7 \times 300)^2} = 1,994,543 \text{ kg.}$$

$$\delta = \frac{C_m}{1 - (P_u / \phi P_c)}$$

$$\delta = \frac{0.895}{1 - \frac{21,400}{0.7 \times 1,994,543}} = 0.909$$

$$M_2 = .909 (10.7) = 9.7263 \text{ ton.m}$$

$$e = M_2 / P_u = 9.7263 / 21.4 = 0.4545 \text{ m.} = 45.45 \text{ cms.}$$

Del ejemplo 7, sabemos que  $P_n = 33,359 \text{ kg.}$

$$P_u = \phi P_n, \quad P_u \text{ resistente} = 0.7 (33,359) = 23,351 \text{ kg.}$$

$$P_u \text{ actuante} = 21,000 \text{ kg. menor que } 23,351 \quad \text{correcto.}$$

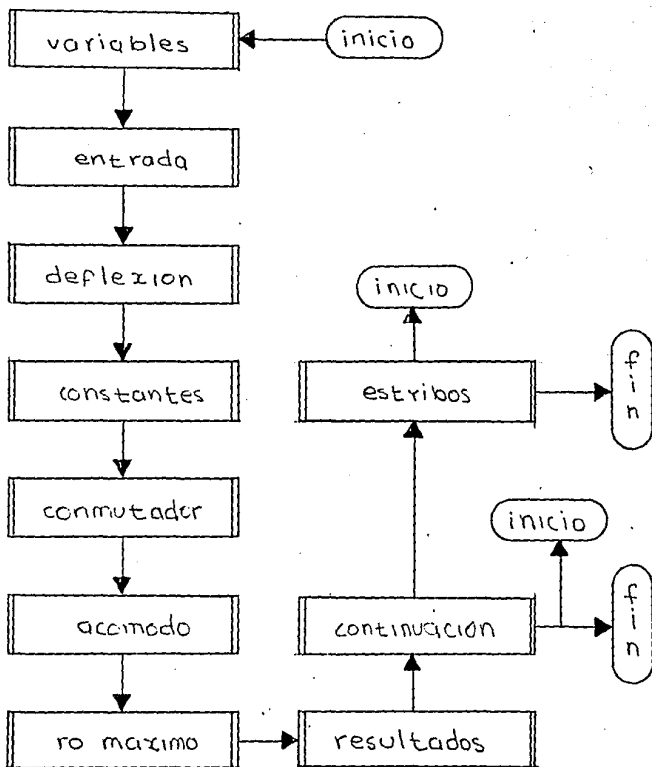
$$M_u = P_u e, \quad M_u \text{ resistente } 23,351 (45.45) = 1,061,316 \text{ kg.cm}$$

$$M_u \text{ actuante} = 972,630 \text{ kg.cm menor que } 1,061,316 \text{ kg.cm CORRECTO.}$$

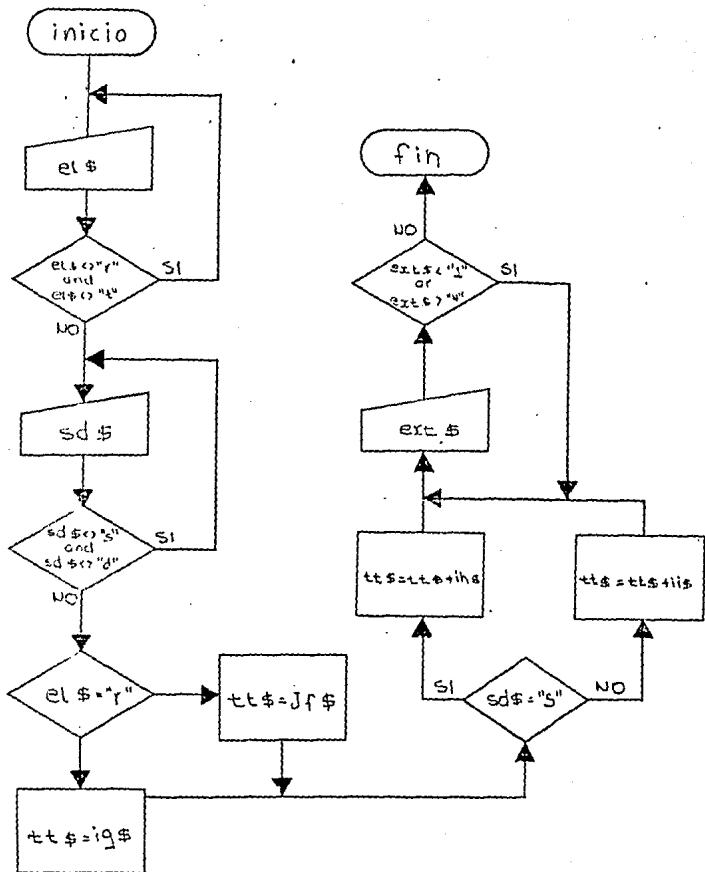
### 3.- DIAGRAMAS DE FLUJO.

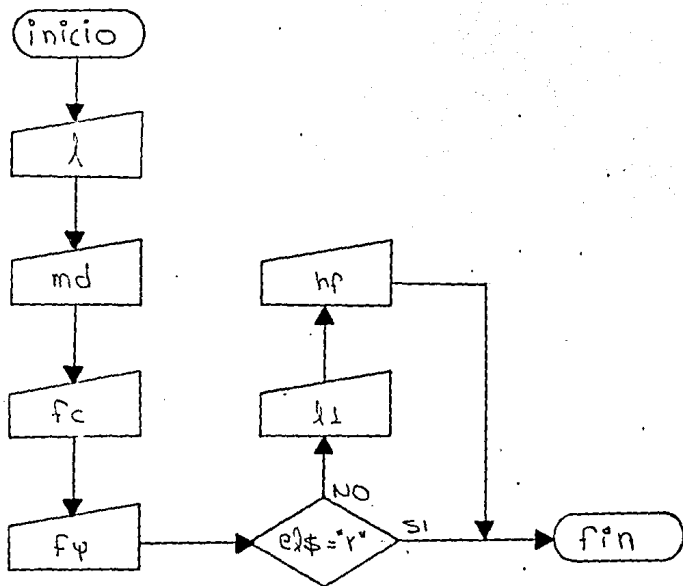
DIAGRAMAS DE FLUJO DE LA TRABE.

PROGRAMA PRINCIPAL.

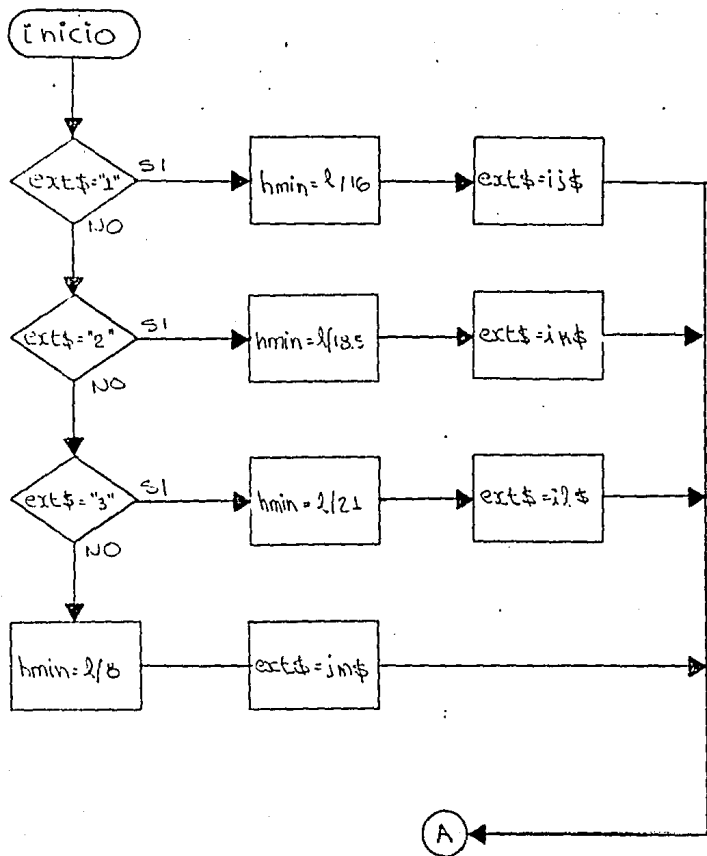


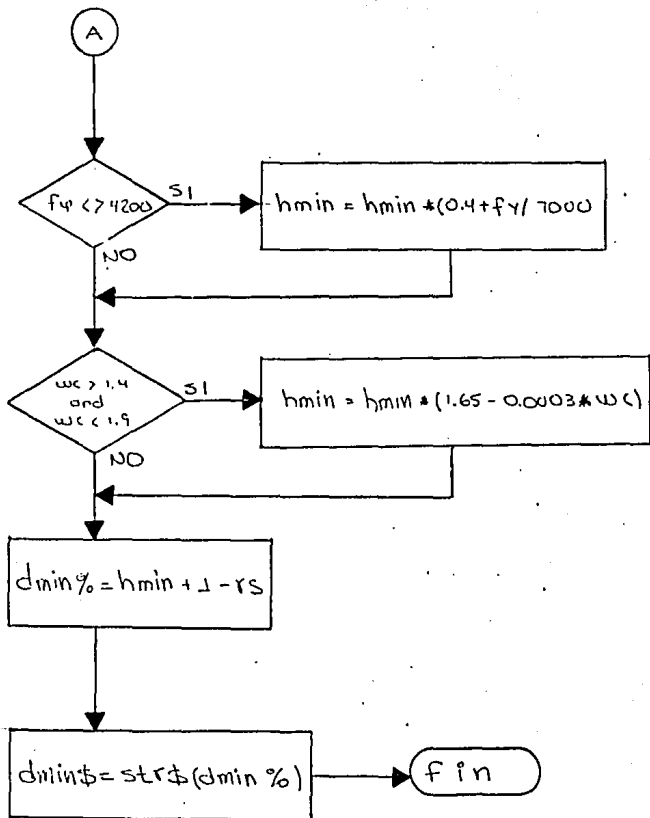
ELECCION.





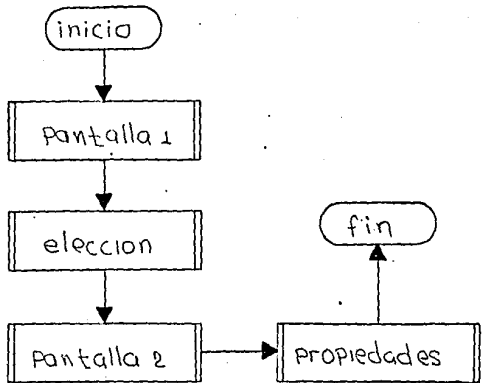
DEFLEXION.



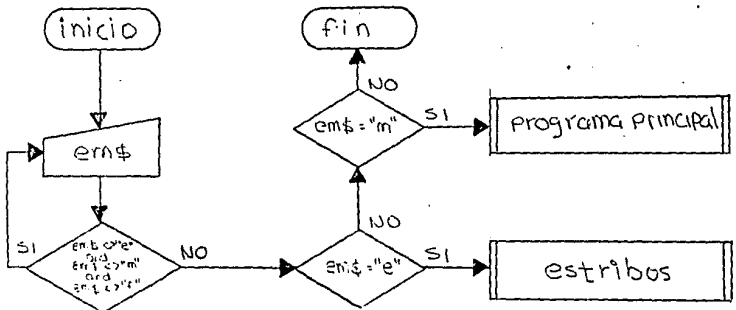


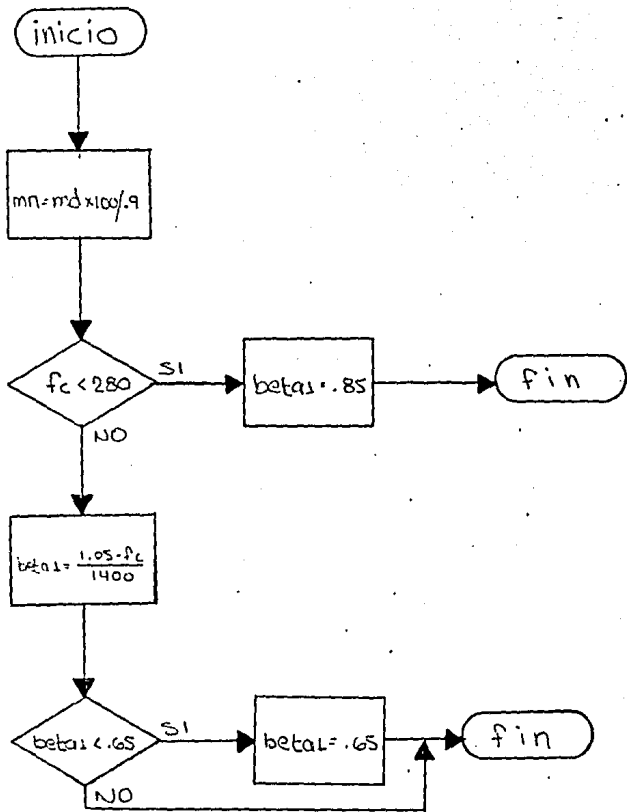


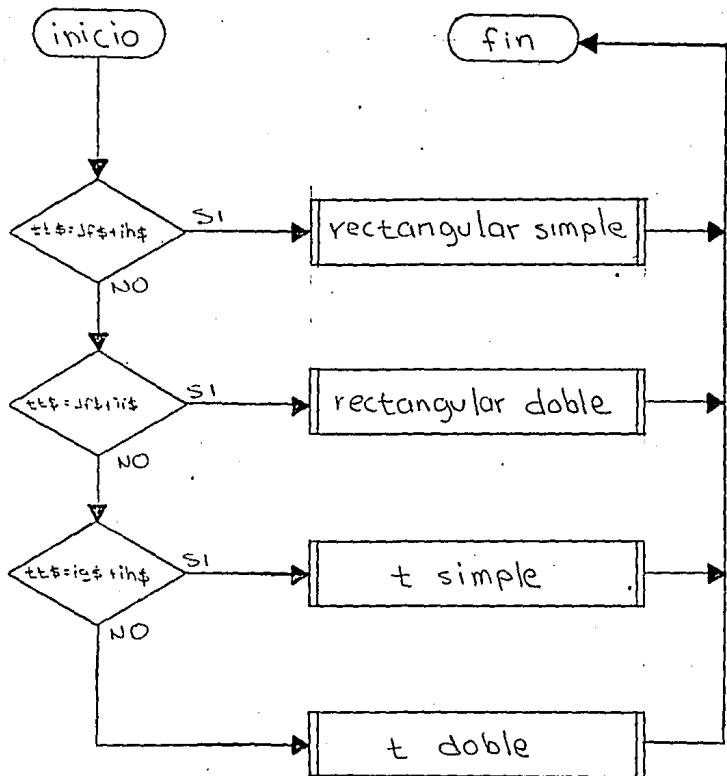
ENTRADA.



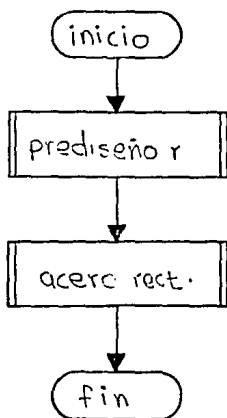
CONTINUACION.



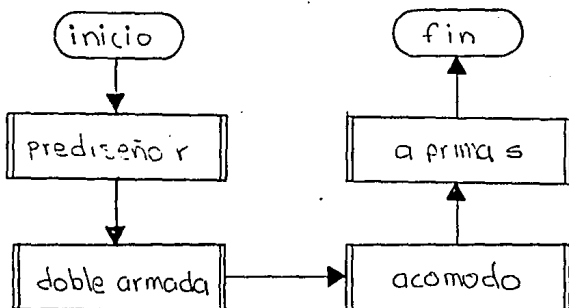




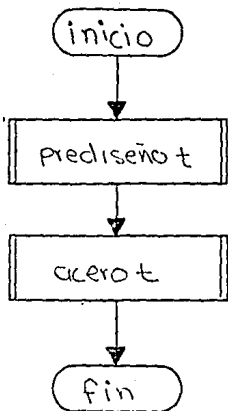
RECTANGULAR SIMPLE.



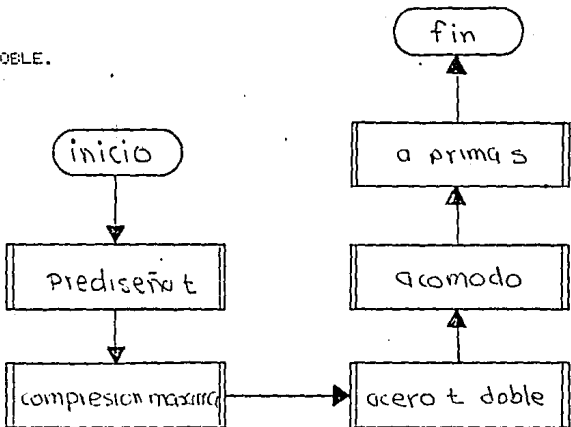
RECTANGULAR DOBLE.

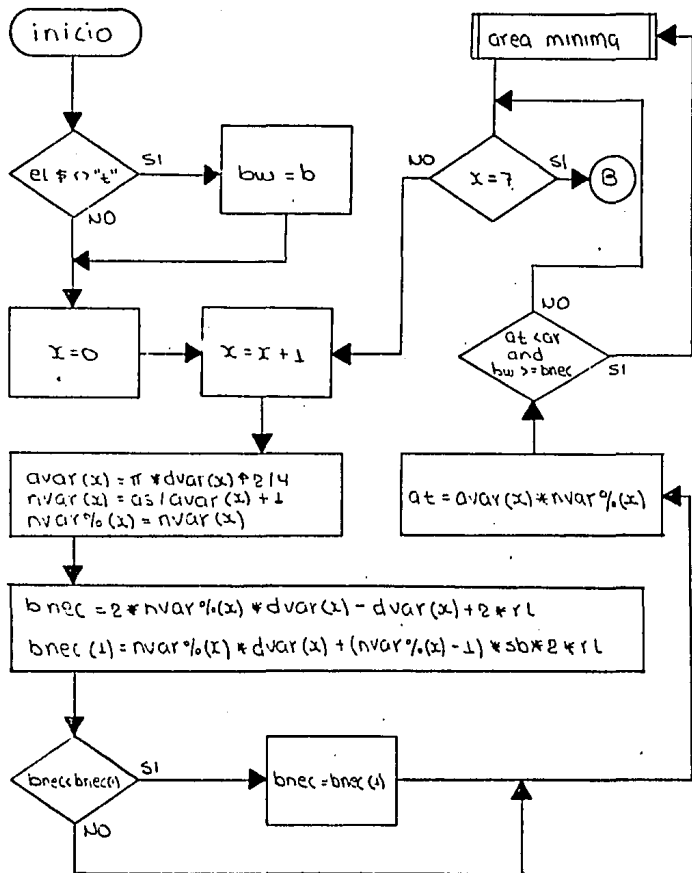


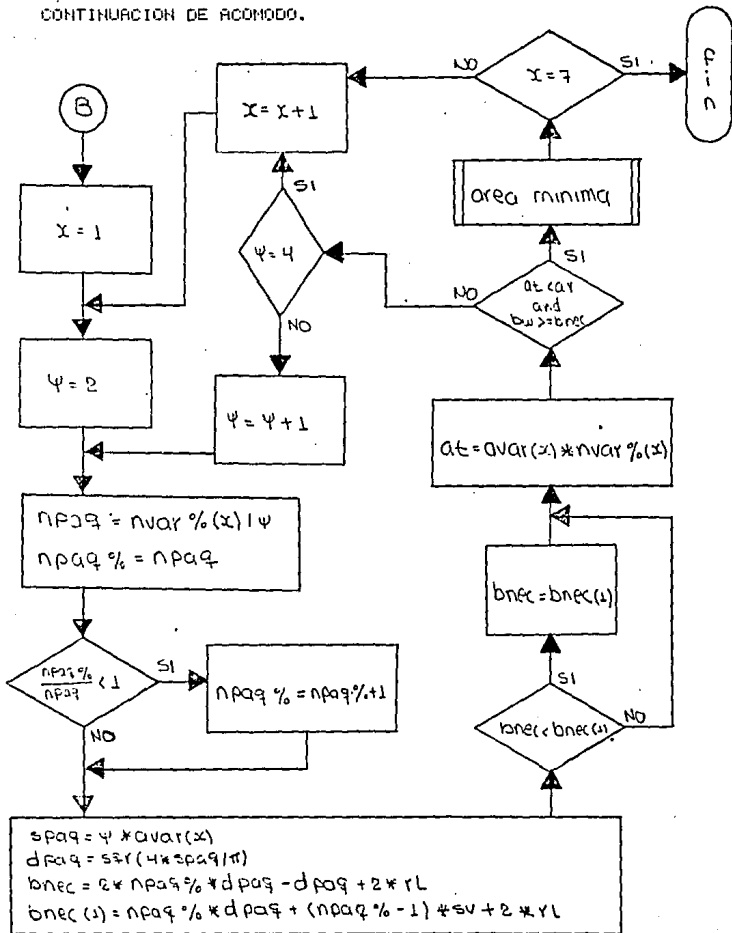
T SIMPLE.

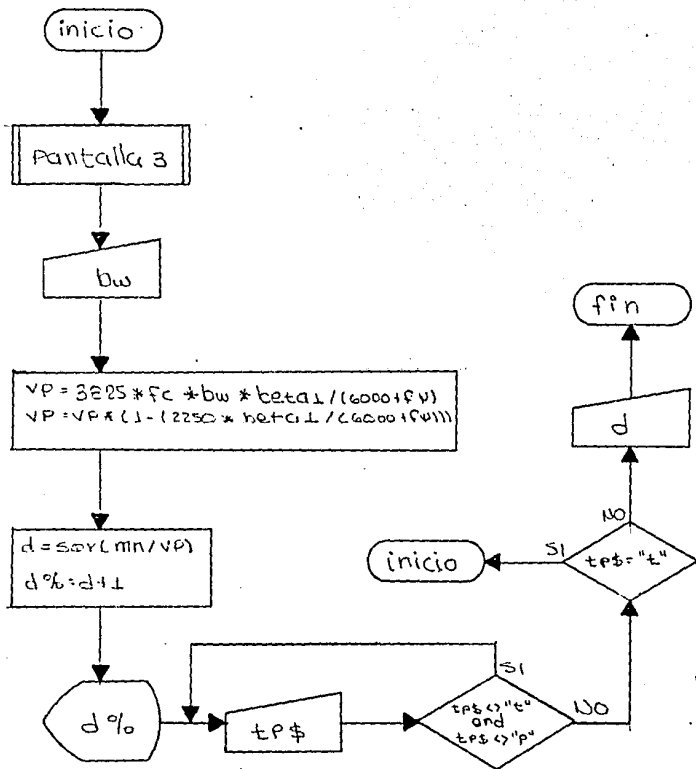


T DOBLE.



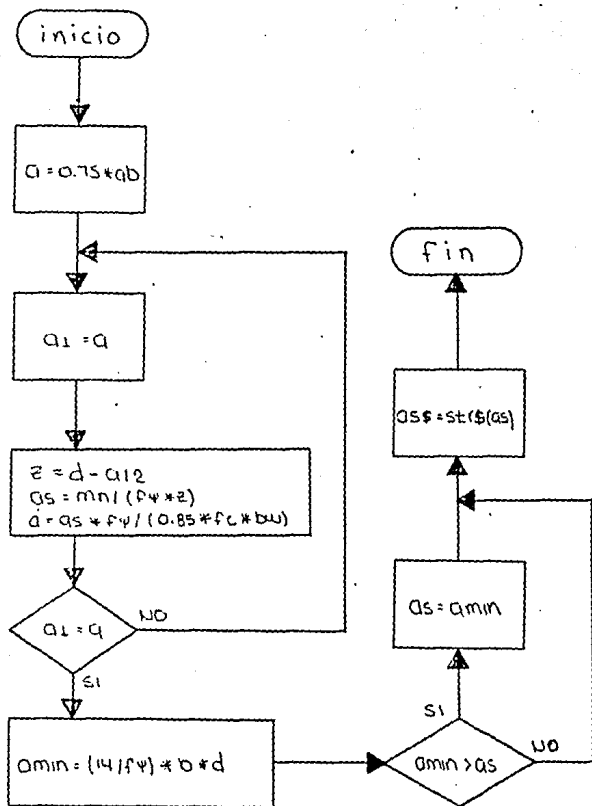


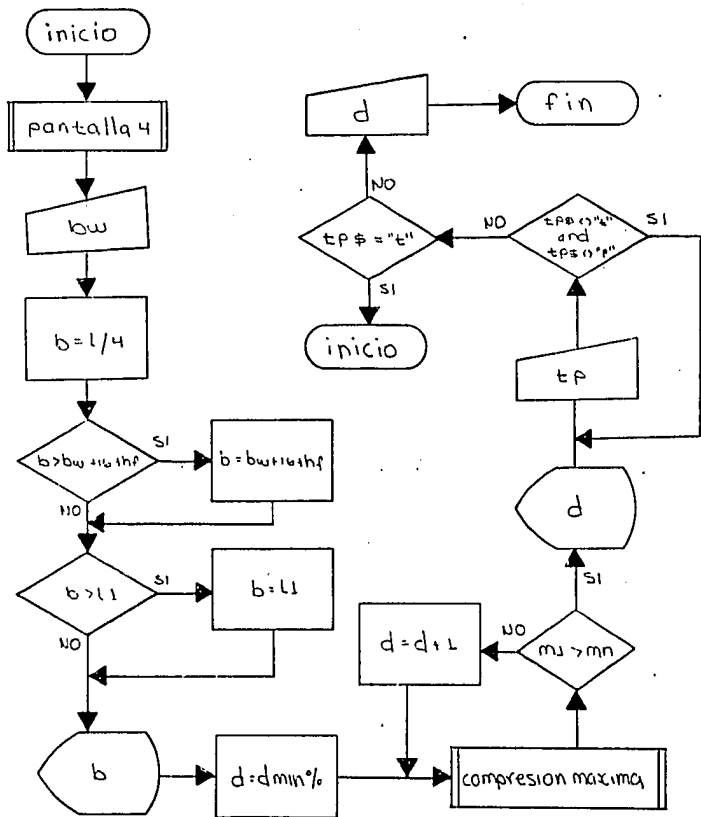




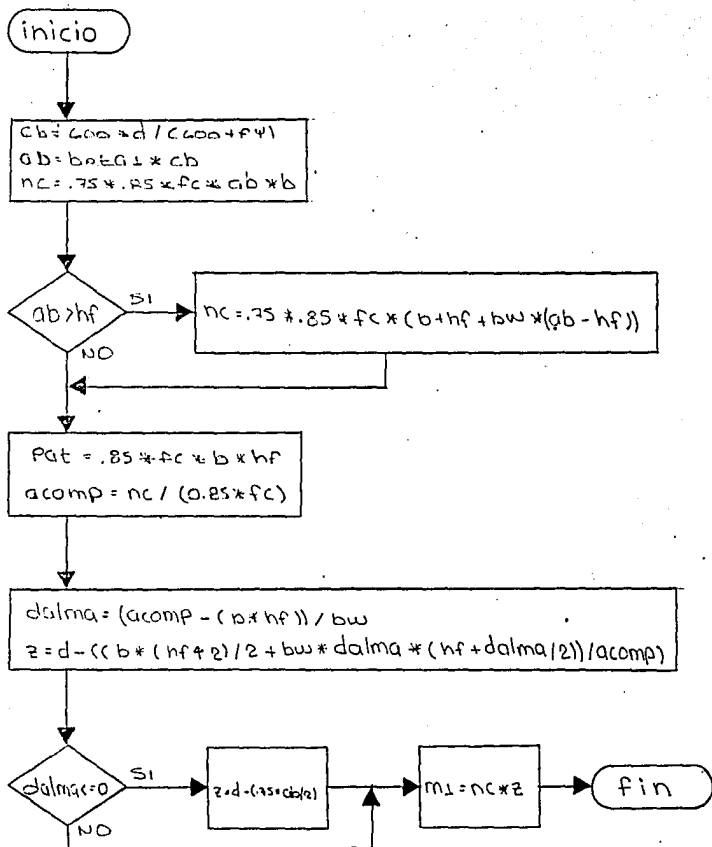


ACERO RECTANGULAR.

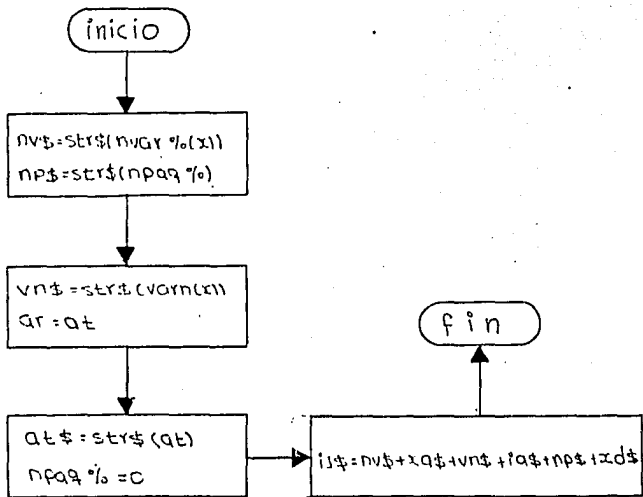




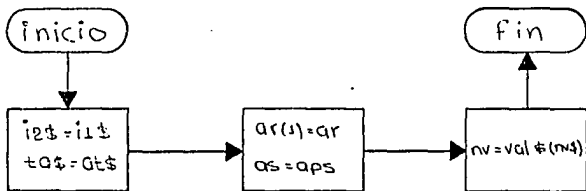
COMPRESION MAXIMA.



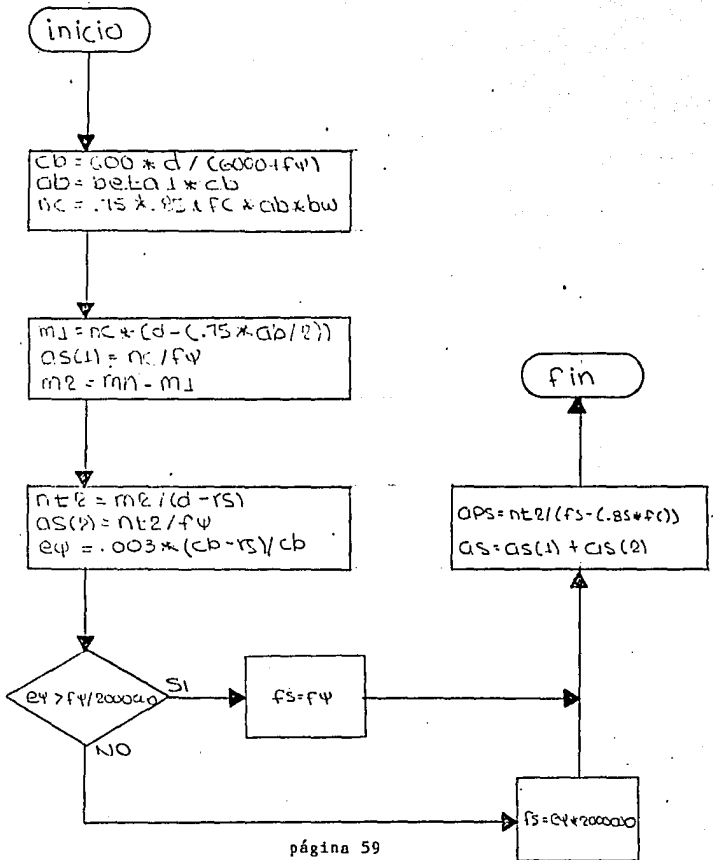
AREA MINIMA.



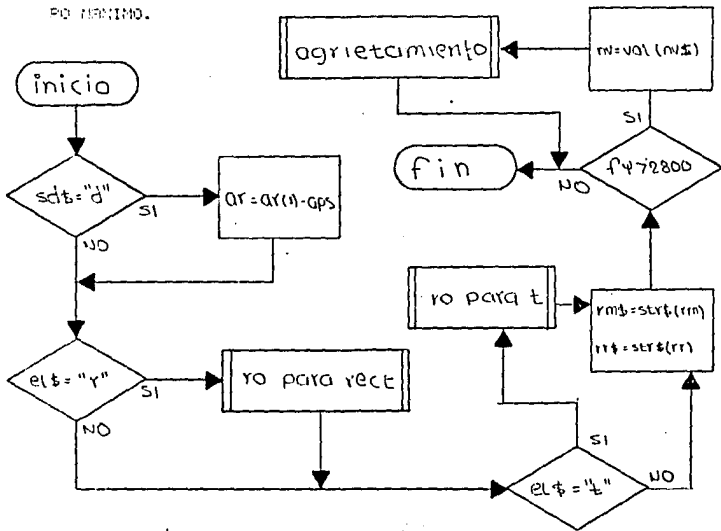
A PRIMA S.



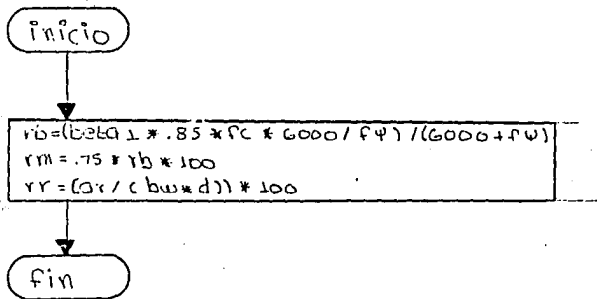
DOBLE ARMADA.



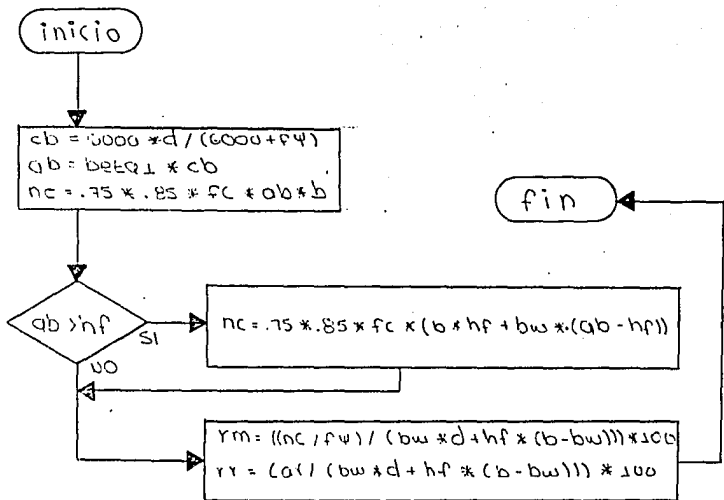
PO MINIMO.



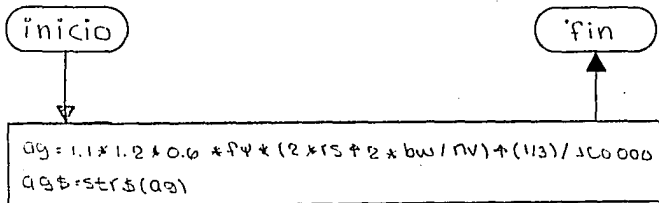
PO PARA RECT.



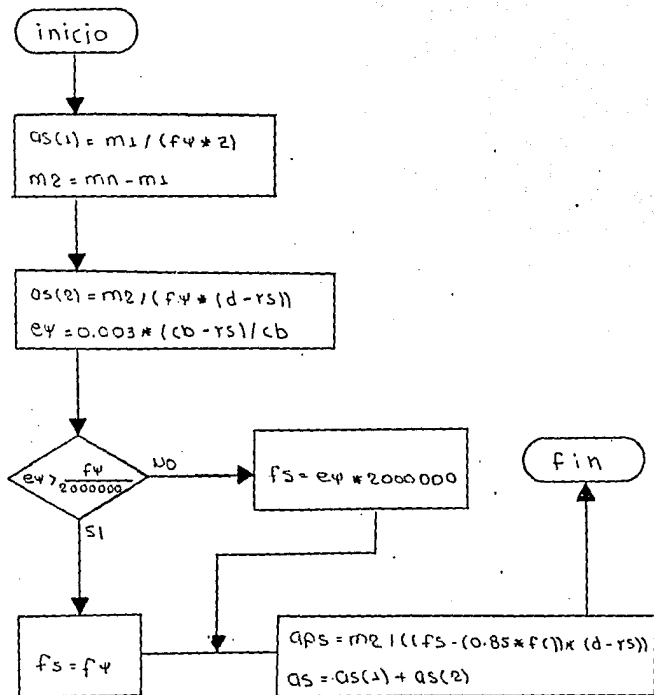
RO PARA T.



AGRIETAMIENTO.

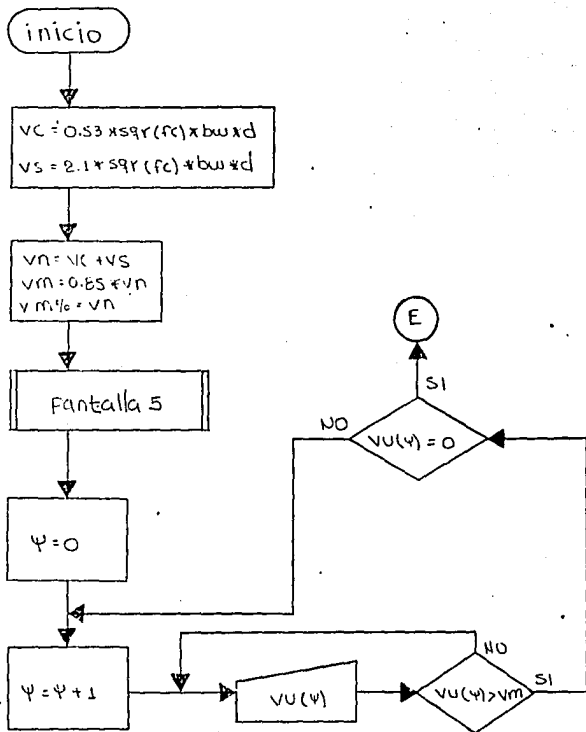


FIGERO T DOBLE.

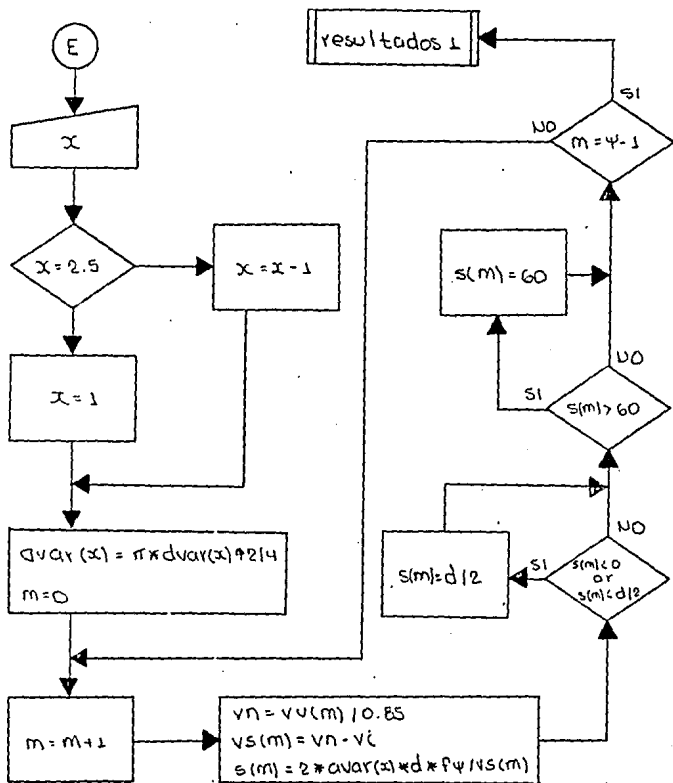




ESTRIBOS.



CONTINUACION DE ESTRIBOS.



## RESULTADOS 1.

~~XX~~

f<sub>t</sub> (p/estribos) en KG/cm<sup>2</sup> = 4200

| Cortante<br>(Vu en KG) | Separacion<br>(s en cm) | Varilla<br>del # |
|------------------------|-------------------------|------------------|
| 37000                  | 7                       | 3                |
| 25000                  | 12                      | 3                |
| 14000                  | 21                      | 3                |

~~XX~~

## RESULTADOS.

Viga simplemente apoyada.

Sección rectangular simplemente armada.

|       |                            |       |                             |
|-------|----------------------------|-------|-----------------------------|
| $l$   | $= 500$ cm.                | $M_d$ | $= 30000$ K9.m              |
| $f'c$ | $= 280$ K9/cm <sup>2</sup> | $f_y$ | $= 4200$ K9/cm <sup>2</sup> |
| $b_w$ | $= 30$ cm.                 | $r_1$ | $= 2$ cm.                   |
| $d$   | $= 42$ cm.                 | $s_v$ | $= 2.5$ cm.                 |
| $d'$  | $= 4$ cm.                  | $h$   | $= 45$ cm.                  |

$A_s = 22.41$  cm<sup>2</sup>

18 var. del # 4 en 6 Paq.  
con un área de acero = 22.80 cm<sup>2</sup>

$\rho_{max.} = 2.12$  %       $\rho_{real} = 1.80$  %

ancho de grietas = .12 mm.

~~RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS~~





~~XX~~  
Viga con un extremo continuo.

$M_d = 54900 \text{ Kg.m}$        $l = 600 \text{ cms.}$

$f'c = 270 \text{ Kg/cm}^2$

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

$d_{min}$ , Por flecha = 29 cms.

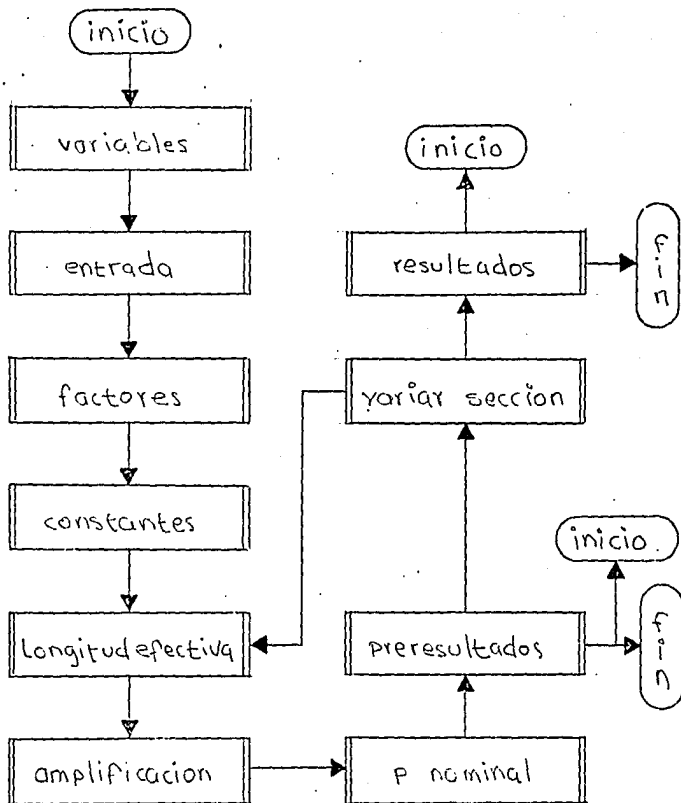
~~XX~~  
b en cms. =



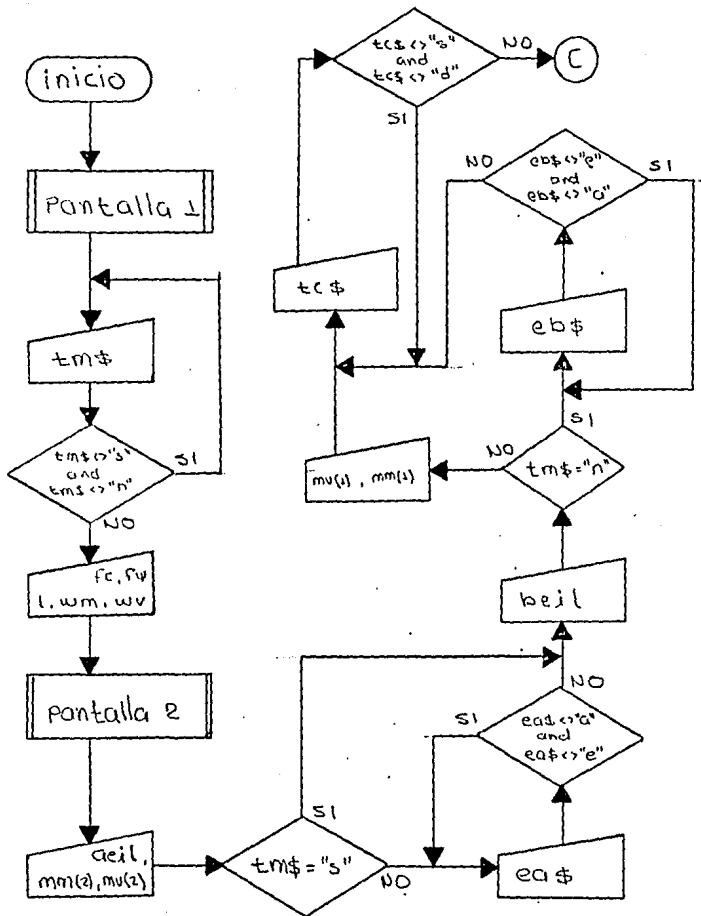




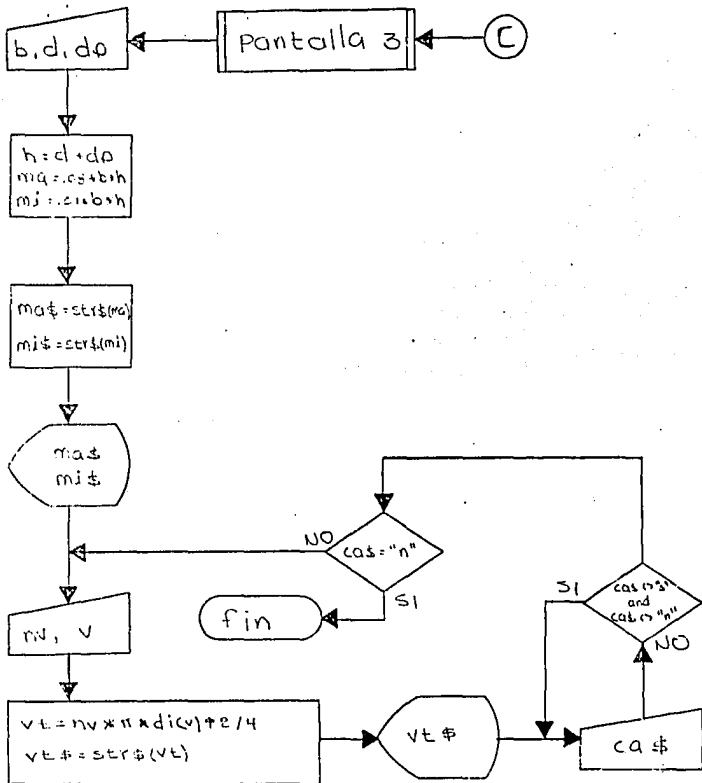
DIAGRAMAS DE FLUJO PARA COLUMNAS.



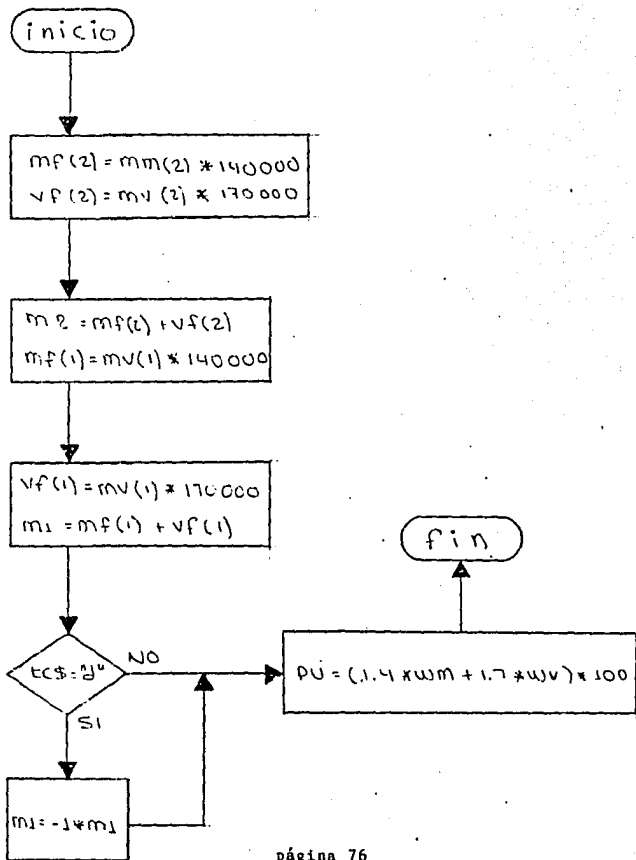
ENTRADA.



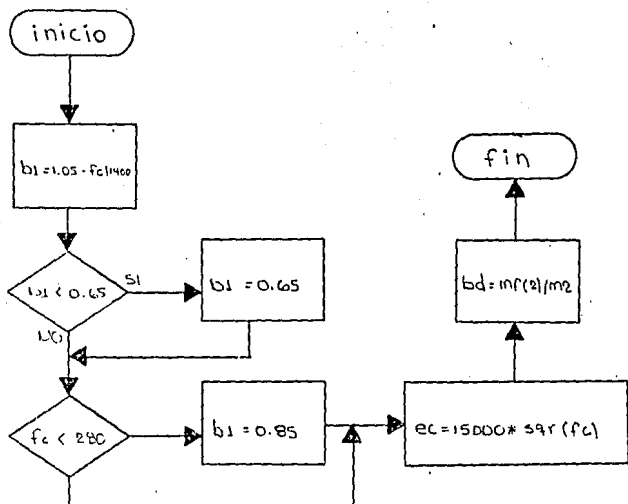
CONTINUACION DEL PROCEDIMIENTO ENTRADA.



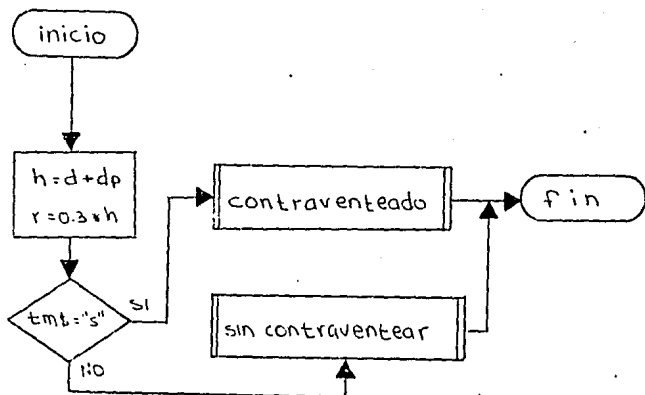
FACTORES.



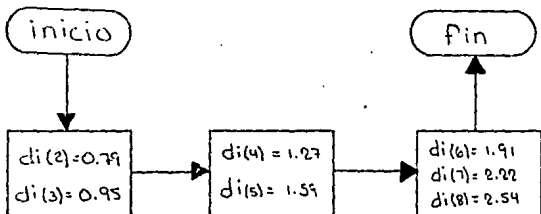
CONSTANTES.



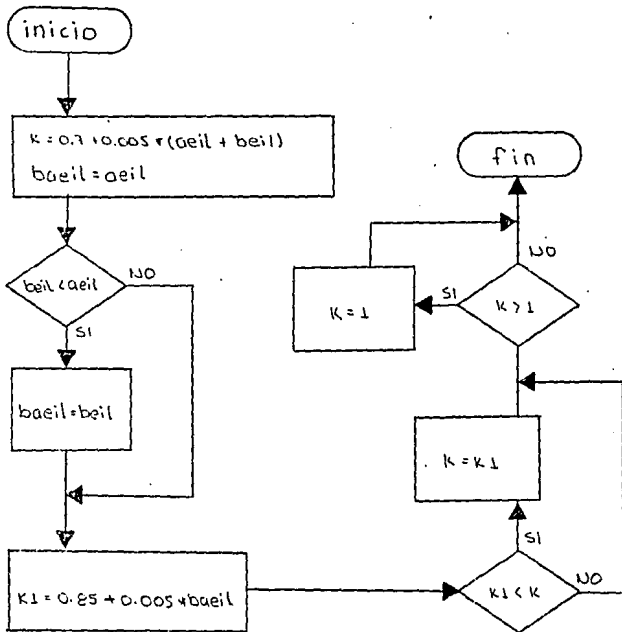
LONGITUD EFECTIVA.

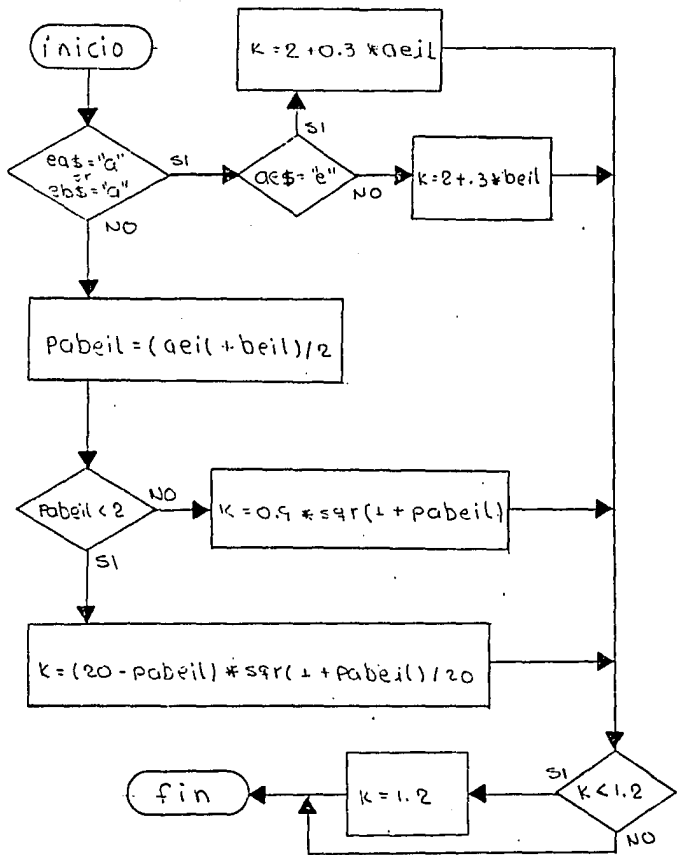


VARIABLES.

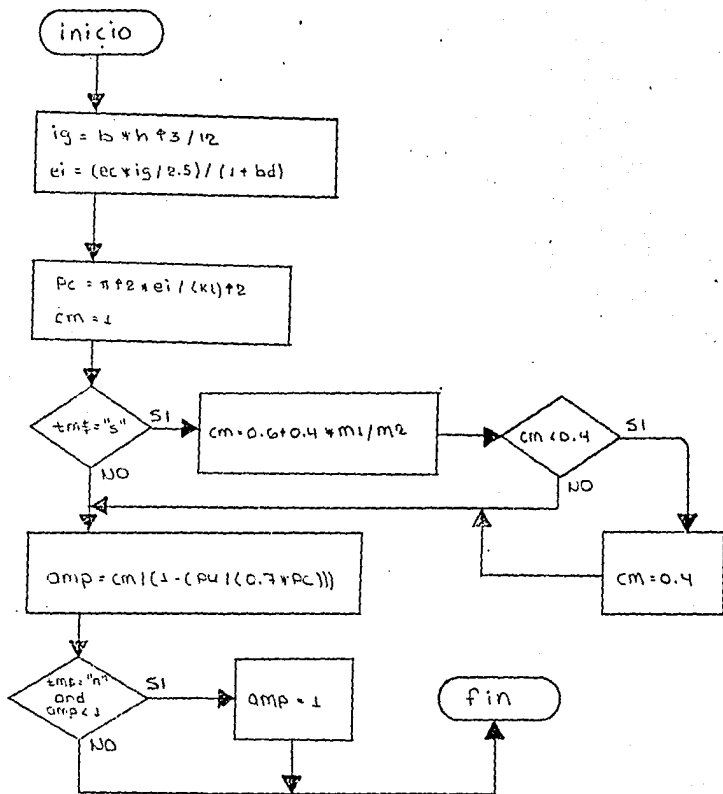


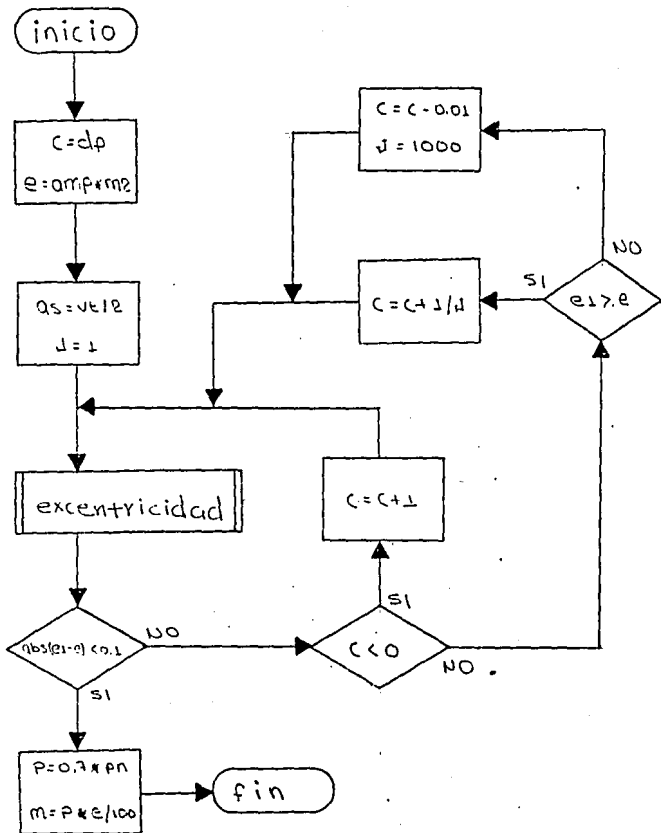




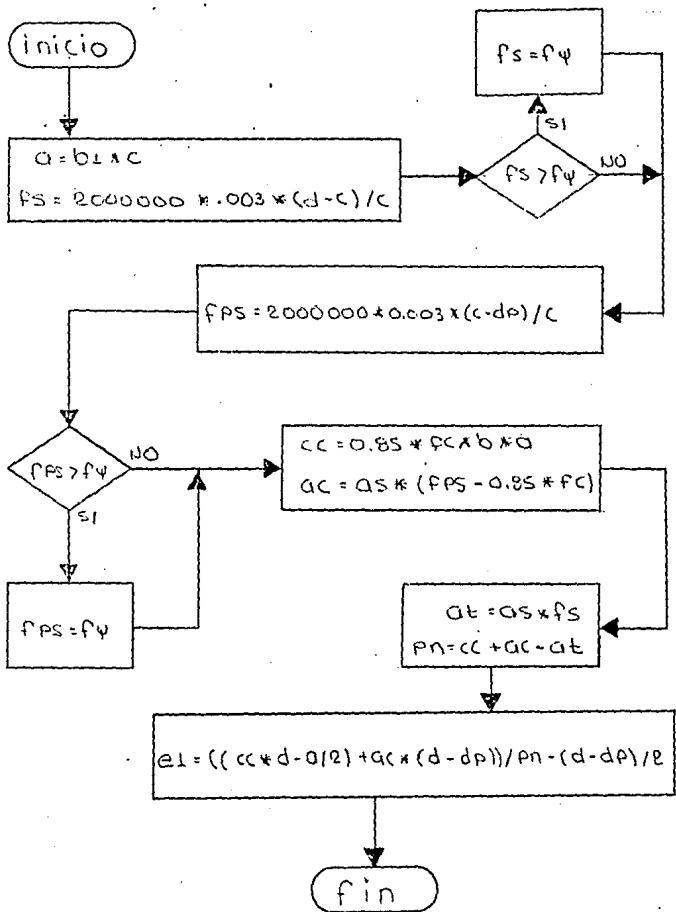


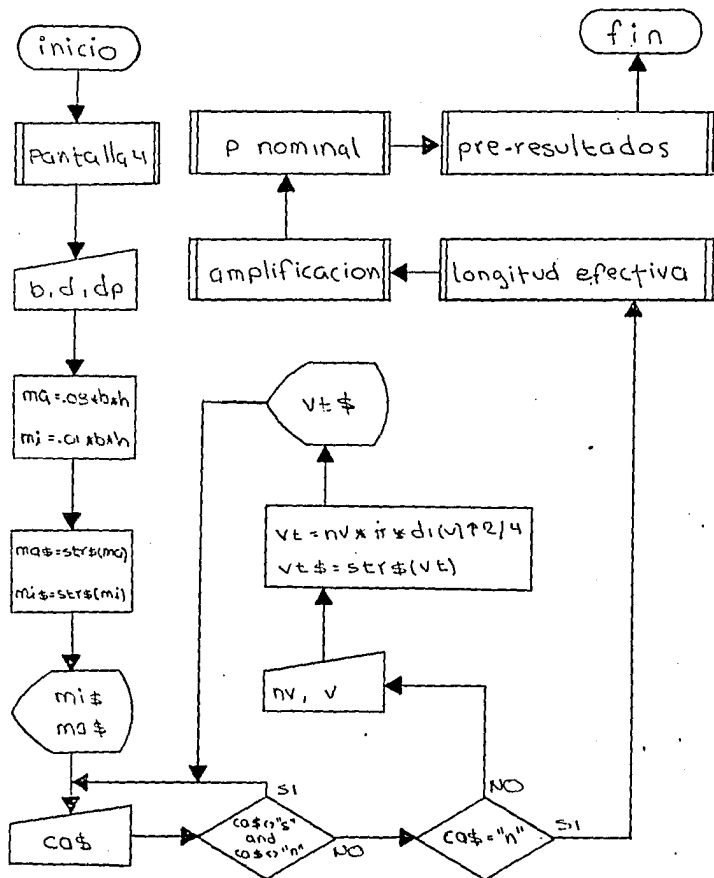
AMPLIFICACION





ENCENTRICIDAD.







XX

Marco contraventado. [33/79]

$f_{ic}$  en  $\text{kg/cm}^2$  =

$f_y$  en  $\text{kg/cm}^2$  =

$l$  en cms. =

$W_u$  en ton. =

$W_o$  en ton. =



PANTALLA 2.

-----

Sum(EI/l)c/Sum(EI/l)t =

Mx(2) en ton.m =

Mx(2) en ton.m =

-----

Sum(EI/l)c/Sum(EI/l)t =

Mx(1) en ton.m =

Mx(1) en ton.m =

Curvatura simple o doble. (3320)





PANTALLA 5.

APLICADOS

Pu = 21400 KG

Mu = 9731 KG.m

RESISTENTES

Pu = 23709 KG

Mu = 10781 KG.m

- 
- 1- Variar seccion o acero.
  - 2- Resultados.
  - 3- Inicio.
  - 4- Fin.

06/2/2025

4.- PROGRAMAS.

```

100 rem *****
110 rem *
120 rem * trabas *
130 rem * Programa para el diseno *
140 rem * de trabas por flexion y *
150 rem * Por cortante. *
160 rem *
170 rem *****
180
190
200
210
220 rem *****
230 rem Programa Principal *
240 rem *****
250
260 Proc Programa Principal
270
280 exec variables
290 exec entrada
300 exec deflexion
310 exec constantes
320 exec conmutador
330 exec acomodo
340 exec no maximo
350 exec resultados
360 call continuacion
370 end
380
390 rem *****
400 rem conmutador *
410 rem *****
420
430 rem dirigir el Programa al tipo
440 rem de seccion y armado elegido.
450
460 Proc conmutador
470 if ttr = jfi+ind then exec rectangular simple
480 if ttr = ifi+iif then exec rectangular doble
490 if ttr = igf+iif then exec t simple
500 if ttr = igf+iif then exec t doble
510 end Proc
520
530 rem *****
540 rem rectangular simple *
550 rem *****
560
570 rem controla la seccion rect.
580 rem simplemente armada.
590
600 Proc rectangular simple
610 exec Prediseno r

```

```

600  exec acero rect.
601  end Proc
602
603  rem *****
604  rem   rectangular doble *
605  rem *****
606  rem
607  rem   controls la seccion rect.
608  rem   doblemente armada.
609  rem
610  Proc rectangular doble
611  exec Prediseño r
612  exec doble armada.
613  exec acomodo
614  exec s Prims s
615  end Proc
616
617  rem *****
618  rem   t simple t
619  rem *****
620  rem
621  rem   controls la seccion t
622  rem   simplemente armada.
623  rem
624  Proc t simple
625  exec Prediseño t
626  exec acero t
627  end Proc
628
629  rem *****
630  rem   t doble *
631  rem *****
632  rem
633  rem   controls la seccion t
634  rem   doblemente armada.
635  rem
636  Proc t doble
637  exec Prediseño t
638  exec compresion maxima
639  exec acero t doble
640  exec acomodo
641  exec s Prims s
642  end Proc
643
644  rem *****
645  rem   eleccion t
646  rem *****
647  rem
648  rem   eleccion del tipo de seccion
649  rem   t armada.
650  rem
651  Proc eleccion
652  Print at(24,4) "";
653  Input el$:if el$ <> "r" and el$ <> "t" then call eleccion
654  Proc sd
655  Print at(25,6) "";
656  Input sd$:if sd$ <> "s" and sd$ <> "d" then call sd
657  if el$ = "r" then ttf = jfi;else:ttf = isf
658  if sd$ = "s" then ttf = ttf+iif;else:ttf = ttf+iir
659  Proc ext
660  Print at(20,20) "";
661  Input ext$:if ext$ <> "1" or ext$ <> "d" then call ext
662  Print at(10,24) "Todo correcto (s/n)?";
663  Proc tc
664  Get tc$:if tc$ <> "s" and tc$ <> "n" then call tc
665  if tc$ = "s" then end Proc
666  Print at(10,24) " ";call eleccion
667  end Proc
668

```

```

11100 rem *****
11101 rem Propiedades *
11102 rem *****
11103
11104 rem Preguntas cloro, momento,
11105 rem fatigas, sep. de vigas
11106 rem y espesor de los.
11107
11108 Proc Propiedades
11109 print at(10,4) " "; input l
11110 print at(10,5) " "; input md
11111 print at(10,8) " "; input fc
11112 print at(10,10) " "; input fy
11113 if e1f = "n" then call Pro r
11114 print at(10,12) " "; input li
11115 print at(10,14) " "; input hf
11116 Proc Pro r
11117 print at(10,24) "¿todo correcto (s/n)?";
11118 get to:if tof < "s" and tof <> "n" then call Pro r
11119 if tof = "s" then end Proc
11120 print at(10,24) " ";
11121 call Propiedades
11122
11123 rem *****
11124 rem deflexion *
11125 rem *****
11126
11127 rem Preguntas condiciones de apoyo
11128 rem y calcula el Penalte minimo.
11129
11130 Proc deflexion
11131 if extf = "1" then hmin = 1/16*extf = i1f:call afin
11132 if extf = "2" then hmin = 1/18.5*extf = i2f:call afin
11133 if extf = "3" then hmin = 1/21*extf = i3f:call afin
11134 hmin = 1/20*extf = imf
11135 Proc afin
11136 if fy < 4300 then hmin = hmin*(0.4+fy/7800)
11137 if wd > 1.4 and wd < 1.9 then hmin = hmin*(1.65-0.0003*wd)
11138 dmin1 = hmin1-r1
11139 dmin2 = s*r1(dmin1)
11140 end Proc
11141
11142 rem *****
11143 rem constantes *
11144 rem *****
11145
11146 rem calculo de beta sub-uno
11147 rem y momento nominal.
11148
11149 Proc constantes
11150 m1 = mg*100/0.9
11151 if fc < 280 then beta1 = 0.85 end Proc
11152 beta1 = 1.05 - fc/1400
11153 if beta1 < 0.65 then beta1 = 0.65
11154 end Proc
11155
11156 rem *****
11157 rem Prediseño r *
11158 rem *****
11159
11160 rem Preguntas la base y calcula
11161 rem el Penalte seccion rect.
11162
11163 Proc Prediseño r
11164 exec pantalla 3
11165 print at(15,14) " "; input b
11166 op = 3825+fc*b+beta1/(6000+fy)
11167 up = op*(1-(2250+beta1/(6000+fy)))
11168 d = s*r(m/op)*d1 = d+1

```



```

2000 Print at(23,14) "d en cms. ="&d;
2010 Print at(3,23) "tanteos o Peralte definitivo ¿(t/P)?"
2020 Proc ts
2030 Get ts:if ts <> "t" and ts <> "p" then call ts
2040 if ts = "t" then call Prediseno r
2050 Print at(0,23) " "
2060 Print at(0,17) " " Peralte definitivo
2070 Print at(3,19) "d en cms. ="
2080 Proc candidato 1
2090 Print at(16,19) "":input d
2100 if d# = "d" and d < dmin% and d < d% then call escape 1
2110 if d < dmin% then call candidato 1
2120 if d# = "s" and d < d% then call candidato 1
2130 if d# = "d" and d >= d% then call candidato 2
2140 Print "d" Print at(5,10) "...calculando area de acero.";
2150 end Proc
2160
2170 rem *****
2180 rem Prediseno t *
2190 rem *****
2200
2210 rem Preguntas la base, calcula
2220 rem el ancho de Patin y Peralte.
2230
2240 Proc Prediseno t
2250 exec Pintalla d
2260 Print at(15,14) "":input bu
2270 b = 1/4
2280 if b < bu*16#f then b = bu*16#f
2290 if b > 11 then b = 11
2300 Print at(0,16) "b ="&b "cms."
2310 Print at(8,24) "¿...calculando d%";
2320 d = dmin%
2330 loop
2340 exec compresion maxima
2350 exit if m1 > mn
2360 d = d+1
2370 end loop
2380 d% = d
2390 Print at(24,16) "d ="&d " cms."
2400 Print at(3,24) "tanteos o Peralte definitivo ¿(t/P)?"
2410 Proc ts(1)
2420 Get ts:if ts <> "t" and ts <> "p" then call ts(1)
2430 if ts = "t" then call Prediseno t
2440 Print at(0,18) " " Peralte definitivo
2450 Print at(3,20) "d en cms. ="
2460 Print at(0,24) " "
2470 Proc candidato t
2480 Print at(16,20) "":input d
2490 if d < dmin% then call candidato t
2500 if d# = "s" and d < d% then call candidato t
2510 if d# = "d" and d >= d% then call candidato 2
2520 Print "d" Print at(5,10) "...calculando area de acero.";
2530 end Proc
2540
2550 rem *****
2560 rem compresion maxima *
2570 rem *****
2580
2590 rem calculo del momento con la
2600 rem maxima compresion disponible
2610 rem en el concreto seccion t.
2620
2630 Proc compresion maxima
2640 cb = 8000*d/(2000+f%)
2650 ab = beta1*cb
2660 nc = 0.75*0.85*f*c*ab*b
2670 if ab > bf then nc = 0.75*0.85*f*c*(b#f+bu*(ab-hf))
2680 Est = 0.85*f*c/b#f

```

```

acomo = hc/(0.85*fc)
dvar = (3*acomp*(b+hf))/bw
z = d/(b*(12/23*bu+dvar*(hf+dvar/2)))/acomp
if dvar <= 0 then z = d-(0.75*ab/2)
a1 = hc*z
end Proc
:
rem *****
rem acomodo rect. +
rem *****
:
rem calculo del area de acero
rem seccion rectangular.
:
Proc acero rect.
s = 0.
repeat
  s = s+ab
  a1 = s
  z = d-s/2
  as = hc/(0.85*fc)
  s = s+fc/(0.85*fc+b)
until a1 = 3
  avin = (14/8)*b+d
  if amin > as then as = amin
  av = avin/8
end Proc
:
rem *****
rem acomodo +
rem *****
:
rem calculo del numero de
rem varillas y su diametro.
:
rem varillas esidadas.
:
Proc acomodo
if eif C "5" then bu = b
for k = 1 to 7
  avar(k) = Wdvar(k)/4
  nvar(k) = av/avar(k)+1
  nvar2(k) = nvar(k)
  bnc = 2*nvar(k)*dvar(k)-dvar(k)+2*r1
  bnc(1) = nvar(k)*dvar(k)+(nvar(k)-1)*sv+2+2*r1
  if bnc < bnc(1) then bnc = bnc(1)
  st = avar(k)*nvar(k)
  if st < ar and bu >= bnc then exec area minima
next k
:
rem varillas en Paquetes.
:
for v = 1 to 7
  of v = 4
  for v = 2 to 4
  nPad = WPad(v)/W = nPad
  nPadInt = WPadInt(v)/W = nPadInt+1
  nPad = (nPad+1)
  WPad = WPadInt
  bnc = 2*nPad*WPad+2*r1
  bnc(1) = nPad*WPad+(nPad-1)*sv+2*r1
  if bnc < bnc(1) then bnc = bnc(1)
  st = WPad*nPad
  if st < ar and bu >= bnc then exec area minima
next v
next k
if nuf = "" then call escape P/acomodo
end Proc
:
:
:

```

```

3380 rem *****
3390 rem   area minima *
3400 rem *****
3410 :
3420 rem   retiene los datos de area
3430 rem   minima calculada en acomodo.
3440 :
3450 Proc area minima
3460 nu = str$(nuv*(x))
3470 npi = str$(npi*(x))
3480 nps = str$(nps*(x))
3490 ar = str$(ar) = str$(ar)
3500 iif = nps*(x) + npi*(x)
3510 if nps*(x) < 0 then iif = nu*(x)+nps*(x)+iif+npi*(x)
3520 nps*(x) = 0
3530 end Proc
3540 :
3550 rem *****
3560 rem   no maximo f
3570 rem *****
3580 :
3590 rem   calcula Porcentajes de acero.
3600 :
3610 Proc no maximo
3620 if adf = "d" then ar = ar(1)-sPa
3630 if aif = "p" then exec no Para rect
3640 if aif = "t" then exec no Para t
3650 npi = str$(npi)
3660 nps = str$(nps)
3670 if f > 2000 then nu = val(nu)*exec aBrietamiento
3680 end Proc
3690 :
3700 rem *****
3710 rem   no Para rect *
3720 rem *****
3730 :
3740 rem   % de acero Para rectangular.
3750 :
3760 Proc no Para rect
3770 rb = (beta1+0.85*fc+6000/fy)/(6000+fy)
3780 ra = 0.75*rb+100
3790 rh = (ar/(bu+d))*100
3800 end Proc
3810 :
3820 rem *****
3830 rem   no Para t *
3840 rem *****
3850 :
3860 rem   % de acero Para t.
3870 :
3880 Proc no Para t
3890 cb = 6000*d/(6000+fy)
3900 ab = beta1*cb
3910 nc = 0.75*0.85*fc+ab*b
3920 if ab > hf then nc = 0.75*0.85*fc*(b+hf+bu*(ab-hf))
3930 ra = (nc/fy)/(bu*d+hf*(b-bu))*100
3940 rh = (ar/(bu*d+hf*(b-bu)))*100
3950 end Proc
3960 :
3970 rem *****
3980 rem   aBrietamiento *
3990 rem *****
4000 :
4010 rem   calcula el ancho de Brietas.
4020 :
4030 Proc aBrietamiento
4040 ad = 1.1*1.2*(0.6+fy)/(2*rs*(2+bu/nu))*(1/3)/10000
4050 aB = str$(ad)
4060 end Proc

```

```

414100 rem *****
414110 rem   doble aranda *
414120 rem *****
414130 :
414140 rem   calculo del acero a tension
414150 rem   N a compresion Para rect.
414160 :
414170 Proc doble aranda
414180   cu = 5000*(d-(5000+f))
414190   cb = geta(1,cb)
414200   m1 = 0.15*(0.85*fc)*b*b
414210   m1 = m1*(d-(0.75*b/2))
414220   z(1) = cu/fy
414230   z1 = int(z1)
414240   m2 = m2*(d-rs)
414250   z(2) = cu/fy
414260   ex = 0.003*(cb-rs)/cb
414270   if ex > fy/2000000 then fs = fy else fs = ex*2000000
414280   z2 = m2/(fs*(0.85*fc))
414290   z2 = z(1)+z2(2)
414300 end Proc
414310 :
414320 rem *****
414330 rem   acero t doble *
414340 rem *****
414350 :
414360 rem   calculo del acero en tension
414370 rem   N en compresion Para t.
414380 :
414390 Proc acero t doble
414400   z(1) = m1/(fy*z)
414410   m2 = m1-m1
414420   z(2) = m2/(fy*(d-rs))
414430   ex = 0.003*(cb-rs)/cb
414440   if ex > fy/2000000 then fs = fy else fs = ex*2000000
414450   z2 = m2/(fs*(0.85*fc))*(d-rs)
414460   z2 = z(1)+z2(2)
414470 end Proc
414480 :
414490 rem *****
414500 rem   a Prima s *
414510 rem *****
414520 :
414530 rem   PrePara el Programa Para
414540 rem   volver a acomodo.
414550 :
414560 Proc a Prima s
414570   t1f = 11f
414580   t2f = 3*f
414590   z2 = z2s
414600   z(1) = z1r
414610   m1 = m1(not)
414620 end Proc
414630 :
414640 rem *****
414650 rem   resultados *
414660 rem *****
414670 :
414680 rem   Displaya resultados Por
414690 rem   Flexion en Pantalla y PaPel.
414700 :
414710 Proc resultados
414720 Print chr$(147)
414730 headers
414740 if eof <> "t" then but=bt
414750 Print at(1,1) extf
414760 Print at(1,3) ttf

```

```

4760 Print at(1,5) int:1;ibf:Print at(22,5) icf:md;idf
4770 if e1f < "t" then bw = b
4780 Print at(1,6) iF:fcl:icf:Print at(22,6) icf:fv:ief
4790 Print at(1,7) iF:bu:ibf:Print at(22,7) icf:rl:ibf
4800 Print at(1,8) iF:ld:ibf:Print at(22,8) icf:sv:ibf
4810 Print at(1,9) iF:rs:icf:Print at(22,9) icf:h:ibf
4820 if a1 = "t" then call resultados t
4830 Print at(22,11) "Rz = ";
4840 call resultados s
4850 Proc resultados t
4860 Print at(1,10) iF:b;ibf:Print at(22,10) iF:hf;ibf
4870 Print at(1,11) iF:l;ibf
4880 Print at(22,12) "Rz = ";
4890 Proc resultados s
4900 if sdr="d" then xs = s(1)+s(2);else:icf = i1f;taf = atf
4910 sif = str(icf)
4920 use of:icf:Print
4930 Print "R" icf:Print xF:;use ut:taf:Print
4940 if sdr = "d" then exec subresultados
4950 Print "R max. =";use "##.## R";icf:Print;
4960 Print "      prec. =";use "##.## R";icf:Print
4970 if R = 2000 then call Rf
4980 Print "R ancho de 20letas      =";
4990 use "##.## mm.";sdr:Print
5000 Proc Rf
5010 Print at(3,24) "Resultados a Papel. (s/n)?R";
5020 Get Rf: if Rf < "s" and Rf > "n" then call Rf
5030 if Rf = "n" then end Proc
5040 Print at(3,24) "      ";hrdcxy
5050 end Proc
5060
5070 rem *****
5080 rem subresultados *
5090 rem *****
5100
5110 rem desPlic3 resultados comple-
5120 rem mentarios Para doble armadas.
5130
5140 Proc subresultados
5150 ap1 = str(ap3):Print tab(22) "Rr's =";use ut,ap1:Print
5160 end Proc "R" i1f:Print xF:;use ut,atf:Print
5170 end Proc
5180
5190 rem *****
5200 rem estribos *
5210 rem *****
5220
5230 rem diseño de los estribos.
5240
5250 Proc estribos
5260 uc = 0.53+29r(fc)*bu+d
5270 us = 2.1+3r(fc)*bu+d
5280 um = uc+us
5290 vm = 1.85+om;vm = int(vm)
5300 Proc Pantalla 5
5310 Print at(23,4) "":input fy: Print "EETI"
5320 Y = 0
5330 loop
5340 Y = Y+1
5350 Proc vu(Y)
5360 Print "      Vu = ";input vu(Y)
5370 if vu(Y) > um then Print "N";call vu(Y)
5380 exit if vu(Y) = 0
5390 end loop
5400 Proc separacion
5410 Print "EETI Verilla del #(2.5 - 8) ";
5420 input x
5430 if x = 2.5 then s = 1;else:x = x-1
5440 sdr(x) = Wdscr(x)/12.4

```

```

for m = 1 to V-1
  w(m) = w(m-1)*0.85
  h(m) = w(m-1)
  s(m) = 2*(w(m-1)+d+fy)/w(m)
  if s(m) < 0 then s(m) = d/2
  if s(m) > 50 then s(m) = 50
  if s(m) > d/2 then s(m) = d/2
next m
call resultados 1
.
rem *****
rem resultados 1 *
rem *****
.
rem despliega resultados Por
rem constante en Pantalla y Papel.
.
Proc resultados 1
Print "E" ESTRIBOS
Print at(0,2) "fy (p/estribos) en kg/cm2 = " fy
Print at(0,4) " Constante Separacion Varilla"
Print at(0,5) "(Vu en kg) (s en cm) del #"
for m = 1 to V-1
  Print "R:tab(9) cu(m);tab(18) int(s(m));tab(35) varn(x)
  tab(m)
  Print "E" Probar con otro # de varilla. (s/n);
Proc out
set out:if out <> "s" and out <> "n" then call out
if out = "s" then call separacion
Print "E"
Print at(3,23) "E-resultados a Papel. (s/n)?"
Proc rpt
set rpt:if rpt <> "s" and rpt <> "n" then call rpt
if rpt = "n" then call continuation
hndprt
call continuation
.
rem *****
rem acero t. *
rem *****
.
rem calculo del area de acero
rem Para seccion t.
.
Proc acero t
cb = x000+d/(c000+fy)
so = beta1*cb
z = 0.9*d
refoct
z1 = z
nc = mn/z
acompr = nc/(0.85*fc)
d1ma = (acompr-(b*hf))/bw
y' = (b*hf*(2.2+bu)*d1ma*(hf+d1ma/2))/acompr
if d1ma <= 0 then y' = (nc/(2*.85*fc*b))
z = d-y'
until z = z1
z2 = mn/(fy*z)
end Proc
.
rem *****
rem variables *
rem *****
.
rem asignacion y lectura de
rem variables.
.
Proc variables
reset 0

```



```

rem *****
rem Pantalla 1
rem *****
rem Pantalla de entrada de datos.
Proc Pantalla 1
Print chr(14) " TRABES "
Print at(8,2) "TIPO DE SECCION Y ARMADO."
Print at(1,4) "Viga rectangular o Viga T. (r/t)"
Print at(1,6) "Simple o doblemente armada. (s/d)"
Print at(5,10) "CONDICIONES DE APOYOS."
Print at(1,12) "1" "1"
Print at(1,14) "2" "1"
Print at(1,16) "3" "1"
Print at(1,18) "4" "1"
Print at(5,20) "VIGA (1/2/3/4)r ";
end Proc
rem *****
rem Pantalla 2
rem *****
rem Pantalla de entrada de datos.
Proc Pantalla 2
Print "a" chr(14)
Print at(2,4) "Claro en cms. = "
Print at(2,6) "Md. en KG.m = "
Print at(2,8) "f'c en KG/cm2 = "
Print at(2,10) "fy en KG/cm2 = "
if chr(1) = "r" then end Proc
Print at(2,12) "L1 en cms. = "
Print at(2,14) "hf en cms. = "
end Proc
rem *****
rem entrada
rem *****
rem entrada de datos.
Proc entrada
e=cc Pantalla 1
e=cc eleccion
e=cc Pantalla 2
e=cc Propiedades
end Proc
rem *****
rem Pantalla 3
rem *****
rem Pantalla de entrada de datos.
Proc Pantalla 3
Print "a" chr(14)
Print at(3,2) chr(14)
Print at(3,4) "Md "kg.m"
Print at(3,6) "f'c =" "kg/cm2"
Print at(3,8) "fy =" "kg/cm2"
Print at(24,4) "l =" "cms."
Print at(3,10) "dmin. Por flecha =" dmin% "cms."
Print at(0,12) "a"
Print at(3,14) "b en cms. ="
end Proc

```



```

7520 rem *****
7530 rem Pantalla 4 *
7540 rem *****
7550 :
7560 rem Pantalla de entrada de datos.
7570 :
7580 Proc Pantalla 4
7590 Print "SG",ttt
7600 Print at(3,2) ext$
7610 Print at(3,4) "hd =" md "kg.m"
7620 Print at(3,6) "fc =" fc "kg/cm2"
7630 Print at(3,8) "fy =" fy "kg/cm2"
7640 Print at(3,4) "l =" l "cm."
7650 Print at(3,6) "L1 =" l1 "cms."
7660 Print at(3,8) "hf =" hf "cms."
7670 Print at(3,10) "dmin. Por flecha =" dmin% "cms."
7680 Print at(3,12) "n" tanteos
7690 Print at(3,14) "bu en cms ="
7700 End Proc
7710 :
7720 rem *****
7730 rem Pantalla 5 *
7740 rem *****
7750 :
7760 rem Pantalla de entrada de datos.
7770 :
7780 Proc Pantalla 5
7790 Print "SG", ESTRIBOS
7800 Print at(2,2) "Vu max. admisible ="/um;" K9."
7810 Print at(2,4) "fy (P/estribos) en kg/cm2 =" fy
7820 Print at(5,7) "Constante en K9."
7830 Print at(10,23) "Para salir Vu = 0"
7840 End Proc
7850 :
7860 rem *****
7870 rem condado 2 *
7880 rem *****
7890 :
7900 rem impide el calculo de una
7910 rem seccion con armado simple.
7920 :
7930 Proc condado 2
7940 Print at(3,22) "Para que la seccion trabaje como";
7950 Print " do- blemente armada d C"/d%;
7960 if el1 = "r" then call condado 1
7970 call condado t
7980 :
7990 rem *****
8000 rem escape 1 *
8010 rem *****
8020 :
8030 rem despliega informacion sobre
8040 rem imposibilidad de diseno.
8050 :
8060 Proc escape 1
8070 Print "d"
8080 Print at(3,10) "El diseno de esta seccion no es fac- ";
8090 Print " tible Puesto que Para que trabaje ";
8100 Print " como doblemente armada d C"/d% " cms."
8110 Print "R " el Peralte minimo Por flecha"
8120 Print at(3,10) "d C=" dmin% " cms."
8130 Print at(1,23) "TECLA CONTINUAR: TECLA PARA CONTINUAR";
8140 Proc ezc
8150 set escf:if escf = "" then call ezc
8160 Run
8170 :
8180 rem *****
8190 rem escape 5/condado *
8200 rem *****

```

```

rem  despliega informacion sobre
rem  imposibilidad de diseno.
:
proc escape p/acomodo
print "4"
print "(3,8)"El acomodo de las varillas en un so-
print "lo hecho no es posible. Podemos ";
print "sumar- tar la base, el Peralte y/o ";
print "la resistencia, a la fluencia del acero fy."
print "(1,23)"TECLER CARLOUIER TECLA PARA CONTINUAR";
proc escape
set espf:if espf = "" then call escape
run
:
rem *****
rem  valores de las variables. *
rem *****
:
rem  diametros de las varillas.
data 0.79, 0.95, 1.27, 1.59, 1.91, 2.22, 2.54
:
rem  numero de las varillas.
data 2.5, 3, 4, 5, 6, 7, 8
:
rem  variables Para impresion.
data 2 rem  rl = recubrimiento lateral.
data 0.5 rem  sv = separacion minima entre varillas.
data 4 rem  rs = recubrimiento superior.
data 2.3 rem  wc = Peso del concreto.
:
data 10000
:
data " en"
data "ca."
data "cm2"
data "3.14"
data "pi/cm2"
data "seccion rectangular"
data "seccion T"
data " simplemente armada."
data " simplemente armada."
data " simplemente armada."
data " con un extremo continuo."
data " con ambos extremos continuos."
data " en voladizo."
data "l" ==
data "Md" ==
data "Fy" ==
data "fy" ==
data "bu" ==
data "rl" ==
data "d" ==
data "ag" ==
data "d'" ==
data "h" ==
data "b" ==
data "bf" ==
data "Li" ==
data " var. del #"
data " del #"
data " P.d."
data " con un area de acero    ="
data " de"
data "###.## cm2"

```

## MANUAL PARA EL MANEJO DEL PROGRAMA TRABES.

Existen dentro del programa variables con valores asignados de antemano, como los recubrimientos superior y lateral para varillas, el peso volumétrico del concreto, y la separación entre varillas determinada por el tamaño máximo del agregado grueso del concreto. El usuario deberá familiarizarse con estos datos y en todo caso corregirlos.

Después de cargar y correr el programa, este nos pide información sobre el tipo de diseño deseado, con las opciones de sección rectangular o sección t, ambas con armado sencillo o doble.

Nos pide además las condiciones de apoyo que determinan, junto con las fatigas de los materiales y el peso volumétrico del concreto, un peralte mínimo para no revisar por flecha.

Al final de cada pantalla de entrada de datos, podemos verificar si estos están correctos pudiendo rectificarlos si esto fuera necesario.

El siguiente paso es alimentar la computadora con el claro, momento, las propiedades de los materiales (fatigas), y en el caso de la sección T, la separación entre vigas (distancia de centro a centro), y el espesor de la losa.

El programa despliega toda la información que hasta ahora le hemos dado, además del resultado del cálculo del peralte mínimo permitido por deflexión.

En este momento el programa pasa a la parte de tanteos, donde nosotros proponemos una base y la computadora calcula el peralte correspondiente, con la posibilidad de seguir adelante con otros tanteos o proponer una sección definitiva.

Aquí debo hacer notar que al introducir el peralte

definitivo, el programa sigue sus cálculos con el ancho del alma propuesto en el último tanteo.

También es preciso señalar que no puede aceptarse un peralte menor que el calculado por deflexión.

En el diseño de la sección T, al proponer una base, el programa calcula el ancho del patín y despliega el resultado.

Cuando se trate de una sección doblemente armada, debemos recordar que el peralte resultante es el correspondiente al de una sección simplemente armada, lo cual nos da una idea sobre la reducción de peralte que daremos a la sección. En este caso, cuando el peralte por flecha sea mayor que el calculado por flexión, no podemos seguir adelante con el diseño.

Al tener la computadora la sección definitiva, calcula el acero necesario y selecciona el diámetro y la cantidad de varillas que proporcionen el área de acero real más cercana al área necesaria, comprobando si es posible el acomodo de varillas en un solo lecho, ya sea por medio de elementos separados o en paquetes de acuerdo con las limitaciones al respecto.

Después de unos segundos, son desplegados los datos de entrada, la sección diseñada, el acero necesario, el número de varillas y su distribución, los porcentajes de acero (máximo y real), y si procede, el ancho de grietas.

Con los resultados en pantalla, podemos imprimirlos en papel, diseñar estribos, pasar al diseño de otra sección o finalizar el programa.

En estribos, se nos da el cortante máximo admisible limitado por nuestra sección de concreto y su fatiga. Se nos cuestiona sobre la fatiga del acero de refuerzo para cortante, y se nos piden los diferentes cortantes para los cuales deseamos diseñar. Una vez introducidos estos datos, le damos un cortante igual a cero y proponemos un diámetro de varilla, tras lo

cual obtenemos una separación para cada cortante. De aquí escogemos proponer otro diámetro buscando separaciones diferentes, o mandar resultados a papel, o un nuevo diseño de estribos, o un nuevo diseño de sección por flexión, o finalizar el programa.

```

ren          *****
ren          *
ren          * columnas:
ren          *
ren          * Programa Para el
ren          * diseño de columnas
ren          * rectangulares armadas
ren          * simetricamente.
ren          *
ren          *****

ren          *****
ren          * Programa Principal *
ren          *****

ren          * controla la secuencia inicial del Programa.

Proc Programa Principal
e=ed variables
e=ed entrada
e=ed factores
e=ed constantes
e=ed longitud efectiva
e=ed simplificacion
e=ed P nominal
call Pre-resultados
:
ren          *****
ren          * entrada *
ren          *****

ren          * entrada de datos.
:
Proc entrada
e=ed pantalla 1
tm:=tm
Print at(29,2) "";
input tm; if tm# 0 "s" and tm# 0 "n" then call tm
Print at(17,5) "";input fc
Print at(17,7) "";input fv
Print at(17,9) "";input l
Print at(17,11) "";input um
Print at(17,13) "";input uu
Print at(8,24) "¿todo correcto (s/n)?";
Proc ct
set cti
if cti = "s" then call entrada 2
if cti 0 "n" then call ct
Print at(8,24) " ";call tm

Proc entrada 2
e=ed pantalla 2
Proc suben
Print at(29,3) "";input seil
Print at(29,5) "";input mm(2)
Print at(29,7) "";input mv(2)
if tm = "s" then call cc
Proc es
Print at(31,9) "";
input es; if es# 0 "e" and es# 0 "a" then call ea
Proc cc
Print at(25,15) "";input beil
if tm = "n" then call eb
Print tab(25) "R";input mv(1)
Print tab(25) "H";input mv(1)
call ec

```

```

799 Proc eb
800 Print tab(31) "2";input ebf
810 If ebf <> "a" and ebf <> "s" then Print "###";call eb
820 Proc tc
830 Print tab(33) "3";input tcf
840 If tcf <> "a" and tcf <> "d" then Print "###";call tc
850 Print at(8,24) "¿modo correcto (s/n)?";
860 Proc ctf
870 Set ctf
880 If ctf = "s" then call entrada 3
890 If ctf <> "n" then call ctf
900 Print at(8,24) " " "*/call suben
910
920 Proc entrada 3
930 Proc Pantalla 3
940 Proc seccion 1
950 Print at(14,1) " ";input b
960 Print at(14,5) " ";input d
970 Print at(14,9) " ";input de
980 Print at(8,24) "¿modo correcto (s/n)?";
990 Proc ct1
1000 Set ct1;If ct1 <> "s" and ct1 <> "n" then call ct2
1010 Print at(8,24) " "
1020 If ct1 <> "n" then call seccion 1
1030 Proc Pantalla 3
1040 n = ct1
1050 m = 0.03+de*n1 = 0.01+b*n
1060 mi1 = str(m);mi2 = str(n1)
1070 Print at(22,10) " ";use " ###.## cm2",mi1;Print
1080 Print at(22,12) " ";use " ###.## cm2",mi2;Print
1090 Proc scero
1100 Print at(2,17) " ";input nv
1110 Print at(10,17) " ";input o
1120 ut = nv*(3.141592)/2*o;ctf = str(ut)
1130 Print at(20,17) " ";use "###.##"/ctf;Print
1140 Proc ca
1150 Print at(10,24) "¿cambiar scero. (s/n)?";
1160 Set ccf; If ccf <> "s" and ccf <> "n" then call ca
1170 If ccf = "n" then end Proc
1180 Print at(0,17) "3"
1190 Print at(10,24) " "
1200 call scero
1210
1220 rem *****
1230 rem constantes
1240 rem *****
1250
1260 rem calculo de las constantes del Programa.
1270
1280 Proc constantes
1290 b1 = 1.05-fc/1400
1300 If b1 < 0.85 then b1 = 0.85
1310 If tc < 280 then b1 = 0.85
1320 cc = 15000+3n*(fc)
1330 cd = 6*(20+cc)
1340 end Proc
1350
1360 rem *****
1370 rem longitud efectiva
1380 rem *****
1390
1400 rem calculo de k.
1410
1420 Proc longitud efectiva
1430 n = d/8
1440 r = 0.2*n
1450 If b1 = "s" then Proc contraventado
1460 If b1 = "n" then Proc sin contraventado

```

```

end Proc
rem *****
rem   contraentado +
rem *****
rem   calculo de K Para marcos contraentados.
Proc contraentado
k = 0.7+0.005*(seil+beil)
bseil = seil
if beil < seil then bseil = beil
k1 = 0.85+0.035*bseil
if k1 < k then k = k1
if k < 1 then k = 1
end Proc
rem *****
rem   sin contraentear +
rem *****
rem   calculo de K Para marcos sin Contraentear.
Proc sin contraentear
if sei = "a" or ebf = "a" then call articulado
pseil = (seil+beil)/2
k = 0.9+sqn(1+pseil)
if pbeil < 2 then k = (20-pseil)+sqn(1+pseil)/20
call kmin
Proc articulado
if sei = "a" then k = 2+0.3*seil;else;k = 2+0.3*beil
Proc kmin
if k < 1.2 then k = 1.2
end Proc
rem *****
rem   amplificacion +
rem *****
rem   calculo del factor de amplificacion de momento.
Proc amplificacion
ip = b+h/13/13
ei = (ed+ip/2.5)/(1+bd)
pc = M12*ei/(k*1)12
cm = 1
if tcf = "a" then cm = 0.6+0.4*m1/m2
if cm < 0.4 then cm = 0.4
smp = cm*(1-(pu/(0.7+pc)))
if tcf = "a" and smp < 1 then smp = 1
end Proc
rem *****
rem   factores de carga +
rem *****
rem   Factorizacion de cargas.
Proc Factores
Print "a"
Print at(13,10) "un momento..."
mf(2) = mw(2)+140000
of(2) = mw(2)+170000
m2 = mf(2)+of(2)
mf(1) = mw(1)+140000
of(1) = mw(1)+170000
m1 = mf(1)+of(1)
if tcf = "d" then m1 = -1*m1

```



```

2150 Pu = (1.4*um+1.7*uv)*1000
2160 end Proc
2170
2180 rem *****
2190 rem resultados *
2200 rem *****
2210
2220 rem despliega resultados en
2230 rem Pantalla Y PapeL.
2240
2250 Proc resultados
2260 tcf(1) = "contraventado."
2270 if tcf = "n" then tcf(1) = "sin contraventear."
2280 print "columna de un marco ",tcf(1)
2290 if tcf = "a" then call ni
2300 ecf(1) = "Un extremo empotrado y otro articulado."
2310 ecf = "ambos extremos empotrados."
2320 if ecf = "e" and ecf1 = "e" then ecf(1) = ecf
2330 print at(1.1) ecf(1)
2340 Proc ni
2350 tcf(1) = "Curvatura simple."
2360 if tcf = "d" then tcf(1) = "Curvatura doble."
2370 print at(1.2) tcf(1)
2380 print at(1.3) "fc = " fc "kg/cm2"
2390 print at(1.4) "fi = " fi "kg/cm2"
2400 print at(1.5) "la = " la "ton."
2410 print at(1.6) "Ma = " Ma "ton.m"
2420 print at(1.7) "Ma2 = " Ma2 "ton.m"
2430 print at(1.7) "Ma2 = " Ma2 "ton.m"
2440 if tcf = "n" then call ni(1)
2450 print at(1.8) "M1 = " M1 "ton.m"
2460 print at(1.8) "M1 = " M1 "ton.m"
2470 Proc ni(1)
2480 print at(2.10) "l = " l "cms."
2490 print at(2.10) "d = " d "cms."
2500 print at(2.11) "b = " b "cms."
2510 print at(2.11) "d' = " dP "cms."
2520 print at(2.12) "h = " h "cms."
2530 print at(1.14) "As + A's = " w "varillas del # " v
2540 print "SSR APLICADOES RESISTENTES"
2550 print at(1.19) "Pu = " Pu "kg"
2560 print at(2.19) "Pu = " int(P) "kg"
2570 print at(1.21) "Mu = " int(amp*H/100) "kg.m"
2580 print at(2.21) "Mu = " int(M) "kg.m"
2590 print at(10.24) "Resultados a PapeL. (s/n)?";
2600 Proc rp
2610 set rpf:if rpf @ "s" and rpf @ "n" then call rp
2620 if rpf = "n" then call cf
2630 print at(10.24) "s
2640 raddr
2650 Proc cf
2660 print at(10.24) "Otras columnas o fin. (c/f)?";
2670 set cff:if cff @ "c" and cff @ "f" then call cf
2680 if cff = "f" then print "s"end
2690 rem
2700 end Proc
2710
2720 rem *****
2730 rem pre-resultados *
2740 rem *****
2750
2760 rem despliega en Pantalla los
2770 rem resultados Parciales Y menu.
2780
2790 Proc Pre-resultados
2800 a:ec Pantalla: S
2810 Proc wrof
2820 if wof = "1" or wof = "4" then call wrof
2830 if wof = "1" then call wof:or seccion

```

```

00000000 if vnf = "0" then call resultados
00000000 if vnf = "0" then run
00000000 print "#"end
00000000
00000000 rem *****
00000000 rem  variables seccion ↑
00000000 rem *****
00000000
00000000 rem  variacion de seccion
00000000 rem  o cero en entrada de datos.
00000000
00000000 Proc variar seccion
00000000 exec Pantalla 4
00000000 print st(13,4) "":input b
00000000 print st(13,6) "":input d
00000000 print st(13,8) "":input ds
00000000 m = 0.03*b+0.01 = 0.01*b+h
00000000 m1 = str(m) m11 = str(m1)
00000000 print st(22,10) "":use "###.## cm2",m11:Print
00000000 print st(22,12) "":use "###.## cm2",m1:Print
00000000 Proc call
00000000 print st(10,24) "¿Cambiar cero. (s/n)?";
00000000 get c1:if c1 < "s" and c1 < "n" then call cal
00000000 if c1 = "n" then call continuacion
00000000 print st(10,17) "R"
00000000 print st(10,24) " ";
00000000 print st(2,17) "":input no
00000000 print st(18,17) "":input v
00000000 ut = no*0.01+12.4:ot = str(ut)
00000000 print st(10,17) "":use "###.##",ot:Print
00000000 call cal
00000000 Proc continuacion
00000000 print "S"
00000000 print st(13,10) "un momento..."
00000000 exec longitud efectiva
00000000 exec simplificacion
00000000 exec P nominal
00000000 call pre-resultados
00000000
00000000 rem *****
00000000 rem  P nominal ↑
00000000 rem *****
00000000
00000000 rem  calcula Pn, P y m para
00000000 rem  satisfacer las condiciones
00000000 rem  de equilibrio.
00000000
00000000 Proc P nominal
00000000 c = 20
00000000 e = 300*π/2/Pu
00000000 va = ut/2
00000000 i = 1
00000000 Proc ciclo
00000000 exec excentricidad
00000000 if abs(e1-e) < .1 then call momento
00000000 if e1 > 0 then c = c+1:call ciclo
00000000 if e1 < 0 then c = c+1/2:call ciclo
00000000 c = c-.01: i = 1000:call ciclo
00000000 Proc momento
00000000 P = 0.2*en
00000000 m = 0.7*en*te/100
00000000 end Proc
00000000
00000000 rem *****
00000000 rem  variables ↓
00000000 rem *****
00000000
00000000 rem  lectura de variables.
00000000

```

```

0500 Proc Variables
0510 read di(2,5)
0520 read di(3)
0530 read di(4)
0540 read di(5)
0550 read di(6)
0560 read di(7)
0570 read di(8)
0580 end Proc
0590
0600 rem *****
0610 rem e. centración *
0620 rem *****
0630
0640 rem calculo de Pn.
0650
0660 Proc e. centración
0670 y = B1*c
0680 fs = 2000000+0.003*(d-c)/c
0690 if fs > 12 then fs = 12
0700 fps = 2000000+0.003*(c-dp)/c
0710 if fps > 12 then fps = 12
0720 cc = 0.85*fc+bt*
0730 cd = cc*(fps-0.85*fc)
0740 at = y+fs
0750 Pn = cc+ac-at
0760 ei=(cc*(d-s/2)+ac*(d-dp))/Pn)-(d-dp)/2
0770 end Proc
0780
0790 rem *****
0800 rem pantalla 1*
0810 rem *****
0820
0830 rem despliega Pantalla Para entrada de datos.
0840
0850 Proc Pantalla 1
0860 Print chr(14)
0870 Print "***** COLUMNA RECTANGULAR *****"
0880 Print at(1,2) "Marco contraventeado. 3(c/s/n)"
0890 Print at(1,5) "f'c en kg/cm2 ="
0900 Print at(1,7) "f' en kg/cm2 ="
0910 Print at(1,9) "l en cms. ="
0920 Print at(1,11) "Mu en ton. ="
0930 Print at(1,13) "Nu en ton. ="
0940 end Proc
0950
0960 rem *****
0970 rem pantalla 2*
0980 rem *****
0990
1000 rem despliega Pantalla Para entrada de datos.
1010
1020 Proc Pantalla 2
1030 Print "*****"
1040 Print at(1,1) "2Extremo A"
1050 Print at(1,3) "Sum(EI/l)c/Sum(EI/l)t ="
1060 Print at(1,5) "Mu(2) en ton.m ="
1070 Print at(1,7) "Nu(2) en ton.m ="
1080 if tab = "1" then call ccl
1090 Print at(1,9) "Empotrado o articulado. 3(c/a)"
1100 Proc ccl
1110 Print at(1,13) "2Extremo B"
1120 Print at(1,15) "Sum(EI/l)c/Sum(EI/l)t ="
1130 if tab = "2" then call ebl
1140 Print "R Mu(1) en ton.m ="
1150 Print "R Nu(1) en ton.m ="
1160 call ccl
1170 Proc ebl
1180 Print "R Empotrado o articulado. 3(c/a)"

```

```

44000 Proc P01
44001 Print "R Curvatura simple o doble. (Ks/d)"
44002 End Proc
44003
44004 Rem *****
44005 Rem Pantalla 3 *
44006 Rem *****
44007
44008 Rem despliega Pantalla Para entrada de datos.
44009
44010 Proc Pantalla 3
44011 Print "R"
44012 Print "Seccion Propuesta:"
44013 Print st(1,4) "b en cms. ="
44014 Print st(1,6) "d en cms. ="
44015 Print st(1,8) "d' en cms. ="
44016 End Proc
44017
44018 Proc Comp Pantalla 3
44019 Print st(1,10) "Rs (min) = 0.01*b+h ="
44020 Print st(1,12) "Rs (max) = 0.08*b+h ="
44021 Print st(1,14) "Varillas del # Rs + R's"
44022 Print st(1,15) "(min. 4) (2.5 - 8) (en cm2)"
44023 End Proc
44024
44025 Rem *****
44026 Rem Pantalla 4 *
44027 Rem *****
44028
44029 Rem despliega Pantalla Para entrada de datos.
44030
44031 Proc Pantalla 4
44032 Print "R"
44033 Print "Seccion Propuesta:"
44034 Print st(1,4) "b en cms. ="
44035 Print st(1,6) "d en cms. ="
44036 Print st(1,8) "d' en cms. ="
44037 Print st(1,10) "Rs (min) = 0.01*b+h ="
44038 Use "###.## cm2",ut1:Print
44039 Print st(1,12) "Rs (max) = 0.08*b+h ="
44040 Use "###.## cm2",ut2:Print
44041 Print st(1,14) "Varillas del # Rs + R's"
44042 Print st(1,15) "(min. 4) (2.5 - 8) (en cm2)"
44043 Print st(2,17) "v"
44044 Print st(3,17) "u"
44045 Print st(3,17) "":use "###.##",ut3:Print
44046 End Proc
44047
44048 Rem *****
44049 Rem Pantalla 5 *
44050 Rem *****
44051
44052 Rem despliega informacion en Pantalla Y menu.
44053
44054 Proc Pantalla 5
44055 Print "R"
44056 Print "RPL10000 RESISTENTES"
44057 Print st(1,4) "Fu ="
44058 Print st(2,4) "Fu ="
44059 Print st(1,6) "Mu ="
44060 Print st(2,6) "Mu ="
44061 Print st(3,8) "a"
44062 Print st(1,10) "1- Verificar seccion o acero."
44063 Print st(1,12) "2- Resultados."
44064 Print st(1,14) "3- Inicio."
44065 Print st(1,16) "4- Fin."
44066 Print st(27,23) "1/2/3/4)?"
44067 End Proc
44068
44069
44070
44071

```

```
4210 rem *****
4220 rem data *
4230 rem *****
4240
4250 data . . .
4260 data 1.000
4270 data 1.000
4280 data 1.000
4290 data 1.000
4300 data 1.000
4310 data 1.000
```

ready

## MANUAL PARA EL MANEJO DEL PROGRAMA COLUMNAS.

Al correr el programa aparece una pantalla pidiendo las propiedades de los materiales, la longitud libre de la columna, la carga muerta y la carga viva.

En esta primera pantalla se requiere además el tipo de marco que puede ser contraventeado o no contraventeado, lo cual determina algunas variantes en la información que a continuación se pide.

Al final de cada pantalla tenemos la oportunidad de rectificar cualquier error en la entrada de datos.

La siguiente pantalla nos pide información sobre los extremos de la columna, como los momentos debidos a las cargas vivas y muertas, la rigidez relativa con respecto a los demás elementos que llegan a este extremo, y el tipo de curvatura de la columna, simple o doble. En el caso del marco no contraventeado, debemos incluir las características de los apoyos, que pueden ser empotrados o articulados.

Posteriormente, otra pantalla nos pide las dimensiones de la sección incluyendo el recubrimiento de las varillas. Nos da el diámetro y cantidad de varilla desplegando el área de acero que estas proporcionan, el cual comparamos con las áreas de acero extremas y decidimos si variamos la cantidad de acero o no.

Transcurridos unos segundos (que pueden ser pocos minutos), en la pantalla aparecen las cargas y los momentos tanto aplicados como resistentes, junto con un menú que nos permite variar la sección y o el área de acero, desplegar una pantalla con todos los datos de la sección y los resultados, o, iniciar o finalizar el programa.

Al llegar a resultados, el usuario tiene la oportunidad de imprimir los resultados en papel y o iniciar o finalizar el programa.

5.- APLICACIONES.



Viga simplemente apoyada.

Sección rectangular simplemente armada.

|        |                         |       |                          |
|--------|-------------------------|-------|--------------------------|
| $l$    | $= 400 \text{ cm.}$     | $M_d$ | $= 4000 \text{ Kg.m}$    |
| $f'_c$ | $= 300 \text{ Kg/cm}^2$ | $f_y$ | $= 4200 \text{ Kg/cm}^2$ |
| $b_w$  | $= 15 \text{ cm.}$      | $r_1$ | $= 2 \text{ cm.}$        |
| $d$    | $= 22 \text{ cm.}$      | $s_v$ | $= 2.5 \text{ cm.}$      |
| $d'$   | $= 4 \text{ cm.}$       | $h$   | $= 26 \text{ cm.}$       |

$A_s = 5.66 \text{ cm}^2$

8 var. del # 3 en 3 Paq.  
con un área de acero  $= 5.67 \text{ cm}^2$

$f_{max} = 2.12 \%$   $f_{real} = 1.71 \%$

ancho de bridas  $= .13 \text{ mm.}$

Viga con un extremo continuo.

Sección rectangular doblemente armada.

|        |                         |       |                          |
|--------|-------------------------|-------|--------------------------|
| $l$    | $= 350 \text{ cm.}$     | $M_d$ | $= 5000 \text{ Kg.m}$    |
| $f'_c$ | $= 250 \text{ Kg/cm}^2$ | $f_y$ | $= 1800 \text{ Kg/cm}^2$ |
| $b_w$  | $= 14 \text{ cm.}$      | $r_1$ | $= 2 \text{ cm.}$        |
| $d$    | $= 20 \text{ cm.}$      | $s_v$ | $= 2.5 \text{ cm.}$      |
| $d'$   | $= 4 \text{ cm.}$       | $h$   | $= 24 \text{ cm.}$       |

$A_s = 20.20 \text{ cm}^2$

4 var. del # 8 en 1 Paq.  
con un área de acero  $= 20.26 \text{ cm}^2$

$A'_s = 4.53 \text{ cm}^2$

10 var. del # 2.5 en 3 Paq.  
con un área de acero  $= 4.90 \text{ cm}^2$

$f_{max} = 5.78 \%$   $f_{real} = 5.62 \%$

Viga simplemente apoyada.

Sección T simplemente armada.

|       |                         |       |                          |
|-------|-------------------------|-------|--------------------------|
| $l$   | $= 360 \text{ cm.}$     | $M_d$ | $= 52000 \text{ Kg.m}$   |
| $f'c$ | $= 200 \text{ Kg/cm}^2$ | $f_y$ | $= 4200 \text{ Kg/cm}^2$ |
| $b_w$ | $= 30 \text{ cm.}$      | $r_1$ | $= 2 \text{ cm.}$        |
| $d$   | $= 42 \text{ cm.}$      | $s_v$ | $= 2.5 \text{ cm.}$      |
| $s$   | $= 4 \text{ cm.}$       | $h$   | $= 46 \text{ cm.}$       |
| $b$   | $= 90 \text{ cm.}$      | $h_f$ | $= 10 \text{ cm.}$       |
| $l_1$ | $= 220 \text{ cm.}$     |       |                          |
|       |                         | $A_s$ | $= 37.31 \text{ cm}^2$   |

10 var. del # 7 en 3 Paq.  
con un área de acero  $= 38.70 \text{ cm}^2$

$r_{max.} = 2.00 \%$        $r_{real} = 2.08 \%$

ancho de grietas  $= .15 \text{ mm.}$

Viga con ambos extremos continuos.

Sección T doblemente armada.

|       |                         |       |                          |
|-------|-------------------------|-------|--------------------------|
| $l$   | $= 320 \text{ cm.}$     | $M_d$ | $= 81000 \text{ Kg.m}$   |
| $f'c$ | $= 210 \text{ Kg/cm}^2$ | $f_y$ | $= 4200 \text{ Kg/cm}^2$ |
| $b_w$ | $= 40 \text{ cm.}$      | $r_1$ | $= 2 \text{ cm.}$        |
| $d$   | $= 46 \text{ cm.}$      | $s_v$ | $= 2.5 \text{ cm.}$      |
| $s$   | $= 4 \text{ cm.}$       | $h$   | $= 50 \text{ cm.}$       |
| $b$   | $= 80 \text{ cm.}$      | $h_f$ | $= 12 \text{ cm.}$       |
| $l_1$ | $= 240 \text{ cm.}$     |       |                          |
|       |                         | $A_s$ | $= 53.79 \text{ cm}^2$   |

14 var. del # 7 en 5 Paq.  
con un área de acero  $= 54.19 \text{ cm}^2$

$A's = 9.57 \text{ cm}^2$

20 var. del # 2.5 en 10 Paq.  
con un área de acero  $= 9.80 \text{ cm}^2$

$r_{max.} = 1.92 \%$        $r_{real} = 1.92 \%$

Columna de un marco contraventado.

Cubierta simple.

$f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$        $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$M_u = 8 \text{ ton.}$        $M_v = 6 \text{ ton.}$

$M_{u2} = 4 \text{ ton.m}$        $M_{v2} = 3 \text{ ton.m}$

$M_{u1} = 2 \text{ ton.m}$        $M_{v1} = 3 \text{ ton.m}$

$l = 300 \text{ cms.}$        $d = 35 \text{ cms.}$

$l_v = 30 \text{ cms.}$        $d_v = 5 \text{ cms.}$

$h = 40 \text{ cms.}$

$A_s + A'_s = 8 \text{ varillas del } \# 5$

APLICADOS

RESISTENTES

$P_u = 21400 \text{ kg}$

$P_u = 23708 \text{ kg}$

$M_u = 9731 \text{ kg.m}$

$M_u = 10781 \text{ kg.m}$

## 6.- CONCLUSIONES.

Puesto que los mismos problemas utilizados para ejemplificar la teoría, están resueltos por medio de los programas, podemos observar que la diferencia en cuanto a resultados es pequeña, no siendo así en lo que respecta al tiempo, lo cual se hace más notable si tomamos en cuenta que el diseño de un elemento, comprende el análisis de varias secciones, según la variación del momento a lo largo del claro o la longitud de dicho elemento.

La rapidez para procesar información, nos permite también proponer variantes para obtener un grupo de soluciones que nos brinden la oportunidad de compararlas, analizarlas, y en base a esto tomar la que de acuerdo a nuestro criterio, proporcione la solución más conveniente.

Mediante el diseño de programas como estos, con más o menos limitaciones según las necesidades particulares, el ingeniero puede hacer funcionar una valiosa herramienta de trabajo como lo es la computadora, y ponerla a su servicio para solucionar problemas más agilmente.

Es importante señalar por otro lado, que la calidad de trabajo que obtengamos de la máquina, está en función tanto de la calidad de la concepción del programa, como el criterio empleado para su elaboración y manejo.

BIBLIOGRAFIA.

Fill M. Ferguson.  
Fundamentos De Concreto Reforzado.  
SECSA, 1983.

George Winter, Arthur H. Nilson.  
Design Of Concrete Structures.  
McGraw-Hill, 1979..

American Concrete Institute.  
Reglamento De las Construcciones De Concreto Reforzado.  
IMCYC, 1979.