

24.193



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



**SERIE DE EJERCICIOS RESUELTOS PARA
LA MATERIA
"PREESFUERZO Y PREFABRICACION"**

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a :

Leopoldo Vázquez Martínez



México, D. F.

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.

INTRODUCCION

I.- Objetivo de la tesis

El objetivo fundamental de ésta tesis, es el de mostrar problemas totalmente resueltos de elementos presforzados, para que así de esta manera los compañeros estudiantes de la materia "Presfuerzo y Prefabricación", conciban de una manera clara y sencilla la metodología del diseño estructural, integrado a la solución de problemas reales.

2.- Descripción de los problemas

Para efecto del desarrollo de la tesis, ésta consta de tres ejercicios resueltos en su totalidad siendo estos los siguientes :

Diseño de una losa presforzada aligerada de sección rectangular

Diseño de una viga doble "T" presforzada de sección simple

Diseño de una viga de sección "I" presforzada trabajando con una losa colada en el lugar

3.- Descripción de los capítulos

Con el objeto de llevar una secuencia clara y sencilla para el entendimiento de los problemas en cuanto a su solución, se ha planteado la siguiente descripción de los capítulos, la cual se respetara en la resolución de los tres problemas planteados y únicamente se pasara por alto algún punto a desarrollar cuando el problema así lo amerite, hecha esta aclaración, procederemos a la descripción de los capítulos.

DISEÑO POR FLEXION

- Dimensionamiento y revisión por esfuerzos permisibles
- Revisión por resistencia y definición del tipo de falla potencial
- Revisión por acero mínimo
- Revisión por izado

DISEÑO POR CORTANTE

- Dimensionamiento y revisión por el método de resistencia

DISEÑO POR ESFUERZO RASANTE

- Dimensionamiento y revisión por el método de resistencia

REVISION DE LOS EXTREMOS EN LOS ELEMENTOS PRESFORZADOS

- Dimensionamiento por el método de resistencia (se utilizara el método de KHACHATURIAN)

CONCLUSIONES

- Se obtendran conclusiones de la tesis en general

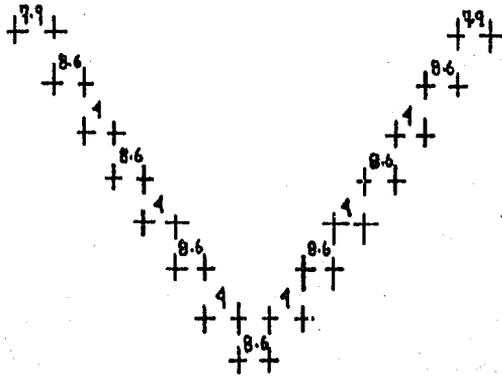
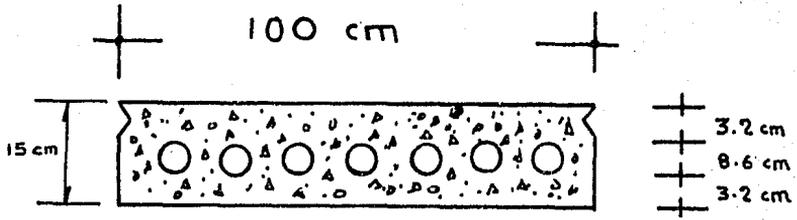
PROBLEMA No. I

ENUNCIADO :

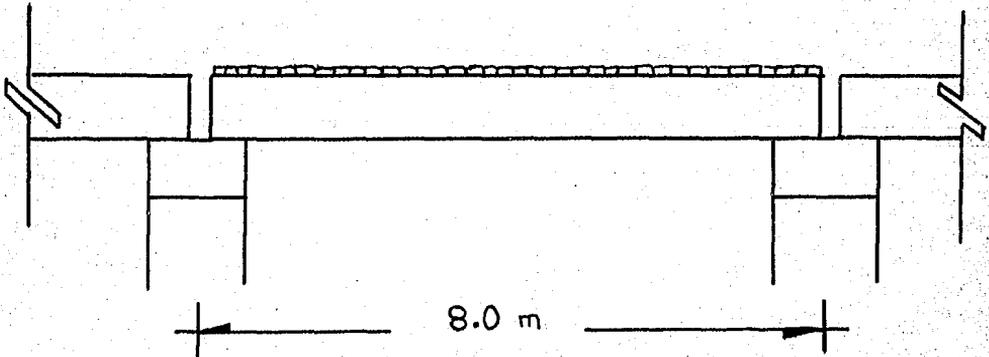
DISEÑO DE UNA LOSA PREFORZADA

ALIGERADA DE SECCION RECTANGULAR

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS



Acotaciones en (cm)



DATOS:

$$W_{cm} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{cv} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sr} = 270 \text{ K}$$

$$= 270\,000 \text{ lb/in}^2$$

$$= 18\,982 \text{ kg/cm}^2$$

torón de ($\phi = 3/8 \text{ in.}$)

(al cual le corresponde una área de 0.55 cm^2)

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

DISEÑO POR FLEXION

I.I) DIMENSIONAMIENTO Y REVISION POR ESFUERZOS PERMISIBLES

a) Características geométricas de la sección

$$A_{ss} = b(h) - \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)7$$

$$I_{ss} = \frac{b(h)^3}{12} - \left(\frac{\pi D^4}{64}\right)7$$

Datos :

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$D = 8.6 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$A_{ss} = 100(15) - \left(\frac{\pi(8.6)^2}{4}\right)7 = 1093.4 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = \frac{100(15)^3}{12} - \left(\frac{\pi(8.6)^4}{64}\right)7 = 26245.4 \text{ cm}^4$$

Conclusión :

$$A_{ss} = 1093.4 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 26245.4 \text{ cm}^4$$

$$y_{sss} = 7.5 \text{ cm}$$

$$y_{iss} = 7.5 \text{ cm}$$

b) Determinación de cargas

Obtención de la carga total por metro lineal :

$$W_{pp} = 2400 \text{ kg/m}^3 \quad (0.10934 \text{ m}^2) = 262.4 \text{ kg/m}$$

$$W_{cv} = 200 \text{ kg/m}^2 \quad (1 \text{ m}) = 200 \text{ kg/m}$$

$$W_{cm} = 150 \text{ kg/m}^2 \quad (1 \text{ m}) = 150 \text{ kg/m}$$

$$W_{total} = 612.40 \text{ kg/m}$$

Nota : La (W_{pp}) se obtuvo de la siguiente manera :

$$W_{pp} = (\gamma^1 \text{ concreto}) \text{ Ass}$$

c) Determinación de momentos actuantes

Sección B-B (segunda etapa)

$$M_{B-B} = 0$$

Sección A-A (tercera etapa)

$$M_{A-A} = \frac{W_{total}(L)^2}{8} = \frac{0.6124(8)^2}{8} = \underline{4.8992 \text{ t-m}}$$

d) Determinación de esfuerzos permisibles

Obtención de la resistencia a compresión del concreto a la edad en que ocurre la transferencia de esfuerzos del acero de presfuerzo al concreto.

Expresión : $f'_{ci} = 0.8 f'_c$

Datos : $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Sustitución : $f'_{ci} = 0.8(350) = 280 \text{ kg/cm}^2$

d.1) En el concreto(inmediatamente después de la transferencia de esfuerzos)

$$\text{compresión} : 0.6 (f'_{ci}) = 0.6(280) = 168 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

$$\text{tensión} : \sqrt{f'_{ci}} = \sqrt{280} = 16.73 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

d.2) En el concreto(después de las pérdidas)

$$\text{compresión} : 0.45 (f'_c) = 0.45(350) = 157.5 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

$$\text{tensión} : 1.6 \sqrt{f'_c} = 1.6 \sqrt{350} = 29.93 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

d.3) En el acero de refuerzo

$$\text{Expresión} : f_p = 0.5(f_y)$$

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

Sustitución :

$$f_p = 0.5(4200) = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

d.4) En el acero de presfuerzo

$$f_o = 0.7 f_{sr} = 0.7(18982) = 13\ 287.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_o = a_{sp}(f_o) = 0.55(13\ 287.4) = 7\ 308.07 \text{ kg}$$

$$F = K(F_o) = 0.8(7\ 308.07) = 5\ 846.46 \text{ kg}$$

Nota : se considero un 20% de pérdidas, luego entonces por ese motivo($K=0.8$)

e) Determinación de esfuerzos actuantes

Sección A-A (tercera etapa)

$$\text{tensión : } f_{iss} = - (M_{A-A} / I_{ss}) y_{iss}$$

compresión :

$$f_{sss} = (M_{A-A} / I_{ss}) y_{sss}$$

Datos : $M_{A-A} = 4.8992 \text{ t-m}$

$$I_{ss} = 26\,245.4 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 7.5 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 7.5 \text{ cm}$$

Sustitución :

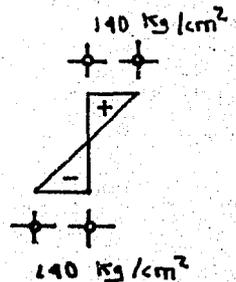
Tensión :

$$f_{iss} = - \frac{4.8992(10)^5}{26\,245.4} (7.5) = -140.0 \text{ kg/cm}^2$$

Compresión :

$$f_{sss} = \frac{4.8992(10)^5}{26\,245.4} (7.5) = 140.0 \text{ kg/cm}^2$$

e.I) Diagrama representativo de los esfuerzos actuantes



f) Determinación de la capacidad de presfuerzo

La capacidad de presfuerzo está dada de acuerdo a las siguientes expresiones :

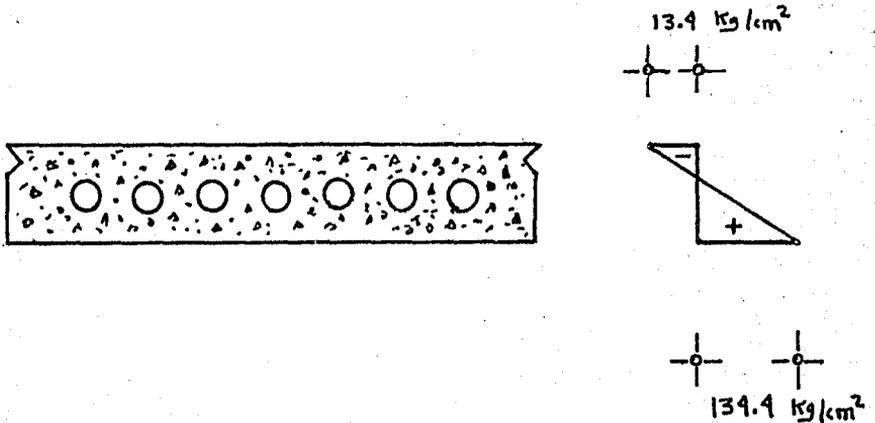
Compresión :

$$0.6(K)(f'_{ci}) = 0.6(0.8)280 = 134.4 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

Tensión :

$$K \sqrt{f'_{ci}} = 0.8 \sqrt{280} = - 13.4 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

f.I) Diagrama representativo de la capacidad de presfuerzo

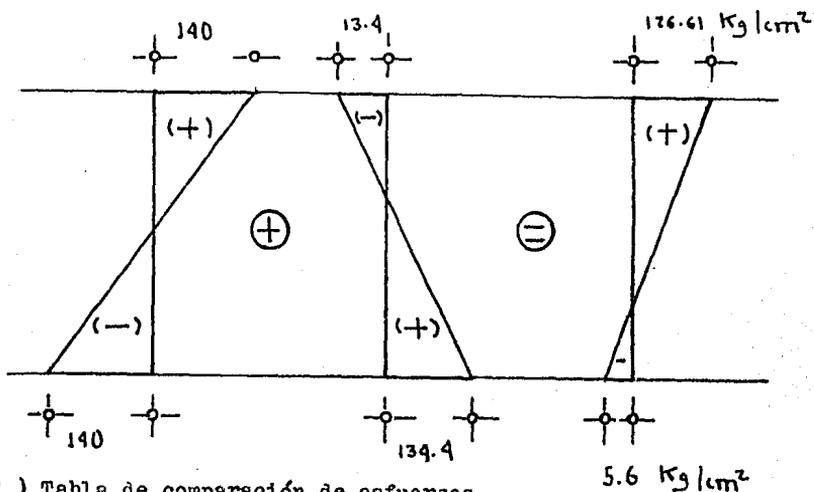


g) Comparación de esfuerzos finales con esfuerzos permisibles después de las pérdidas.

Los esfuerzos finales están dados por la siguiente expresión :

$$\underline{\text{Esfuerzos finales}} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Esfuerzos actuantes} \\ (+) \\ \text{Capacidad de presfuerzo} \end{array} \right.$$

g.1) Diagrama representativo de los esfuerzos finales



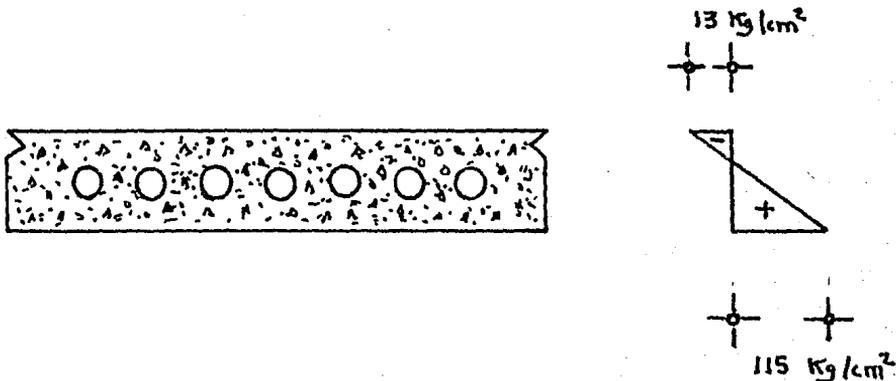
g.2) Tabla de comparación de esfuerzos

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS FINALES	COMPARACION	ESFUERZOS PERMISIBLES DESPUES DE PERDIDAS	COMENTARIO.
COMPRESION	(+)	126.71	<	157.5	CORRECTO
TENSION	(-)	5.6	<	29.93	SOBRADO

De acuerdo a la tabla anterior se puede concluir lo siguiente :

- Se acepta la sección
- Procederemos a disminuir la capacidad de presfuerzo con el objeto de no realizar un diseño tan sobrado

g.3) Considerando un diagrama de capacidad de presfuerzo como el que se muestra a continuación



En base a éste diagrama de capacidad de presfuerzo, se procede a determinar los siguientes incisos :

g.4) Obtención de la relación(P/A)

Expresión :

$$\frac{P}{A} = \left[\frac{f_{pi} + f_{ps}}{h} \right] y_{sss} - f_{ps}$$

Datos :

$$f_{pi} = 115 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ps} = 13.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$y_{sss} = 7.5 \text{ cm}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$(P/A) = \left(\frac{115 + 13}{15} \right) 7.5 - 13 = 51 \text{ kg/cm}^2$$

g.5) Obtención de la fuerza de presfuerzo(P)

Expresión : $P = (P/A) A$

Datos : $(P/A) = 51 \text{ kg/cm}^2$
 $A = 1093.4 \text{ cm}^2$

Sustitución :

$$P = 51(1093.4) = 55763.4 \text{ kg}$$

g.6) Obtención del número de torones(n)

Expresión : $n = (P/F)$

Datos : $P = 55763.4 \text{ kg}$
 $F = 5846.46 \text{ kg}$

Sustitución :

$$n = (55763.4 / 5846.46) = 9.54 \text{ torones}$$

luego entonces tomaremos $n = 10$ torones

g.7) Obtención de la posición de los torones

Nota : para éste problema cabe señalar que todo el acero de presfuerzo trabajara en tensión, puesto que el peralte de la losa es muy pequeño.

g.8) Cálculo de la excentricidad teorica(e_t)

Expresión :
$$e_t = \frac{(f_{pi} - (P/A)) I_{ss}}{y_{iss} (P)}$$

Datos :

f_{pi}	$= 115$	kg/cm^2
(P/A)	$= 51$	kg/cm^2
y_{iss}	$= 7.5$	cm
I_{ss}	$= 26\ 245.4$	cm^4
P	$= 55\ 763.4$	kg

Sustitución :

$$e_t = \frac{(115 - 51) 26\ 245.4}{7.5(55\ 763.4)} = 4.02 \text{ cm}$$

g.9) Separación libre(S_1)

Expresión :

$$S_1 = 3(\phi)$$

Datos :

$$\phi = 0.95 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$S_1 = 3(0.95) = 2.85 \text{ cm}$$

$$\text{tomaremos } S_1 = 3 \text{ cm}$$

Separación total(S_t)

Expresión :

$$S_t = S_1 + \phi$$

Datos :

$$S_1 = 3 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.95 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$S_t = 3 + 0.95 = \underline{4 \text{ cm}}$$

g.I0) Recubrimiento libre(r_1)

Por reglamento y para ésta condición :

$$r_1 = 2.5 \text{ cm}$$

Recubrimiento total(r_t)

$$\text{Expresión : } r_t = r_1 + (\phi/2)$$

$$\text{Datos : } r_1 = 2.5 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.95 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$r_t = 2.5 + (0.95 / 2) = 2.98 \text{ cm}$$

$$\text{tomaremos } \underline{r_t = 3 \text{ cm}}$$

g.II) Cálculo de la excentricidad(e_r^I)

$$\text{Expresión : } e_r^I = y_{iss} - e_t$$

$$\text{Datos : } y_{iss} = 7.5 \text{ cm}$$

$$e_t = 4.02 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$e_r^I = 7.5 - 4.02 = 3.48 \text{ cm}$$

g.I2) Cálculo de la posición del acero de presfuerzo

Aplicando el teorema de varignon(teorema de momentos) :

$$\text{Expresión : } e_r^I = \frac{\sum FY}{\sum F}$$

$$\text{Datos : } \sum FY = 8(3) + 2(Y)$$

$$\sum F = 10 \text{ torones}$$

$$e_r^I = 3.48 \text{ cm}$$

Sustitución :

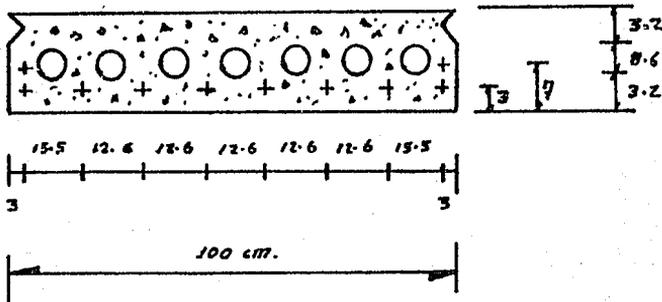
$$3.48 = \frac{8(3) + 2(Y)}{10}$$

de la cual despejaremos la altura "Y"

$$Y = \frac{10(3.48) - 24}{2} = 5.4 \text{ cm}$$

Nota : con ésta distancia vertical "Y", no se cumple el requisito mínimo de separación total entre torones lo cual implica que es necesario colocar dos torones a una distancia vertical " $Y = r_t + S_t = 7 \text{ cm}$ ". Luego entonces conociendo lo anterior, procederemos a obtener los siguientes incisos :

g.13) Diagrama de colocación de torones



Acotaciones en (cm)

g.14) Nuevo cálculo de la excentricidad (e_r^I)

Expresión :
$$e_r^I = \frac{\sum FY}{\sum F}$$

Datos :
$$\sum FY = 8(3) + 2(7) = 38$$

$$\sum F = 10$$

Sustitución :

$$e_r^I = (38/10) = 3.8 \text{ cm}$$

g.I5) Cálculo de la excentricidad(e_r)

Expresión : $e_r = y_{iss} - e_r^i$

Datos :

$$y_{iss} = 7.5 \text{ cm}$$
$$e_r^i = 3.8 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$e_r = 7.5 - 3.8 = \underline{3.7 \text{ cm}}$$

g.I6) Obtención de la fuerza de presfuerzo real inicial(P_{or})

Expresión : $P_{or} = n(F_o)$

Datos :

$$n = 10 \text{ torones}$$
$$F_o = 7 \ 308.07 \text{ kg}$$

Sustitución :

$$P_{or} = 10(7 \ 308.07) = \underline{73 \ 080.7 \text{ kg}}$$

g.I7) Obtención de la fuerza de presfuerzo real(P_r)

Expresión : $P_r = n(F)$

Datos :

$$n = 10 \text{ torones}$$
$$F = 5 \ 846.46 \text{ kg}$$

Sustitución :

$$P_r = 10(5 \ 846.46) = \underline{58 \ 464.6 \text{ kg}}$$

h) Revisión por esfuerzos permisibles

h.I) Esfuerzos del presfuerzo inmediatamente después de la transferencia

Expresiones :

compresión :

$$f_{iss} = (P_{or} / A_{ss}) + \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{iss}$$

tensión :

$$f_{sss} = (P_{or} / A_{ss}) - \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{sss}$$

Datos :

$$P_{or} = 73\ 080.7 \text{ kg}$$

$$A_{ss} = 1\ 093.4 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 26\ 245.4 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 7.5 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 7.5 \text{ cm}$$

$$e_r = 3.7 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$f_{iss} = \frac{73\ 080.7}{1\ 093.4} + \frac{73\ 080.7(3.7)}{26\ 245.4}(7.5) = 144.11 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = \frac{73\ 080.7}{1\ 093.4} - \frac{73\ 080.7(3.7)}{26\ 245.4}(7.5) = -10.43 \text{ kg/cm}^2$$

h.2) Esfuerzos del presfuerzo en condiciones de servicio
(después de las pérdidas)

Expresiones :

compresión :

$$f_{iss} = (P_r / A_{ss}) + \left[\frac{P_r (e_r)}{I_{ss}} \right] y_{iss}$$

tensión :

$$f_{sss} = (P_r / A_{ss}) - \left[\frac{P_r (e_r)}{I_{ss}} \right] y_{sss}$$

Datos :

$$P_r = 58\ 464.6 \text{ kg}$$
$$A_{ss} = 1\ 093.4 \text{ cm}^2$$
$$I_{ss} = 26\ 245.4 \text{ cm}^4$$
$$y_{iss} = 7.5 \text{ cm}$$
$$y_{sss} = 7.5 \text{ cm}$$
$$e_r = 3.7 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$f_{iss} = \frac{58\ 464.6}{1\ 093.4} + \frac{58\ 464.6(3.7)}{26\ 245.4}(7.5) = 115.29 \text{ kg/cm}^2$$

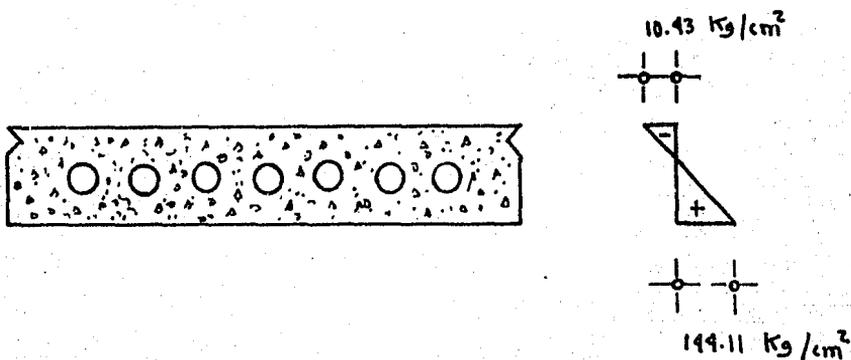
$$f_{sss} = \frac{58\ 464.6}{1\ 093.4} - \frac{58\ 464.6(3.7)}{26\ 245.4}(7.5) = -8.35 \text{ kg/cm}^2$$

h.3) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección B-B
(segunda etapa)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZO QUE SE PRESENTA	COMPARACION	ESFUERZO PERMISIBLE (I.D.T)	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	144.11	<	168	CORRECTO
TENSION	(-)	10.43	<	16.73	CORRECTO

con : (I.D.T); Inmediatamente después de la transferencia

h.4) Diagrama representativo de esfuerzos en la sección B-B
(segunda etapa)



h.5) Comparación de esfuerzos en la sección A-A (tercera etapa)

Los esfuerzos que se presentan están dados por la siguiente expresión :

Esfuerzos que se presentan

- .) Esfuerzos del presfuerzo en condiciones de servicio
- .) Esfuerzos actuantes

luego entonces :

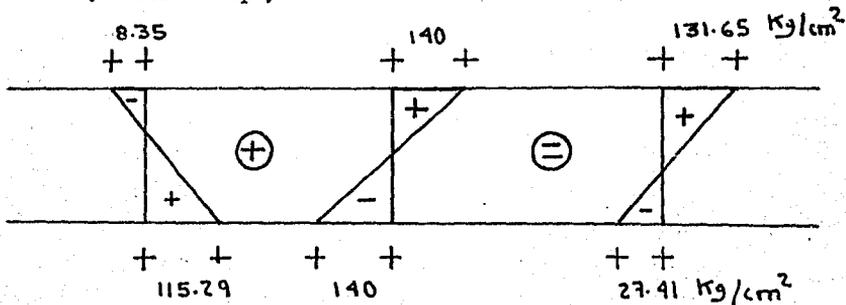
compresión : $f_{sbb} = - 8.35 + 140 = 131.65 \text{ kg/cm}^2$

tensión : $f_{lbb} = 115.29 - 140 = - 27.41 \text{ kg/cm}^2$

h.6) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección A-A (tercera etapa)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZO QUE SE PRESENTA	COMPARACION	ESFUERZO PERMISIBLE DESPUES DE LAS PERDIDAS	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	131.65	<	157.5	CORRECTO
TENSION	(-)	27.41	<	29.93	CORRECTO

h.7) Diagrama representativo de esfuerzos en la sección A-A (tercera etapa)



I.2) REVISION POR RESISTENCIA Y DEFINICION DEL TIPO DE FALLA POTENCIAL

a) Obtención del momento último actuante

Expresión : $M_{ua} = FC (M_{A-A})$

Datos : $FC = 1.4$ (por condición de CV)

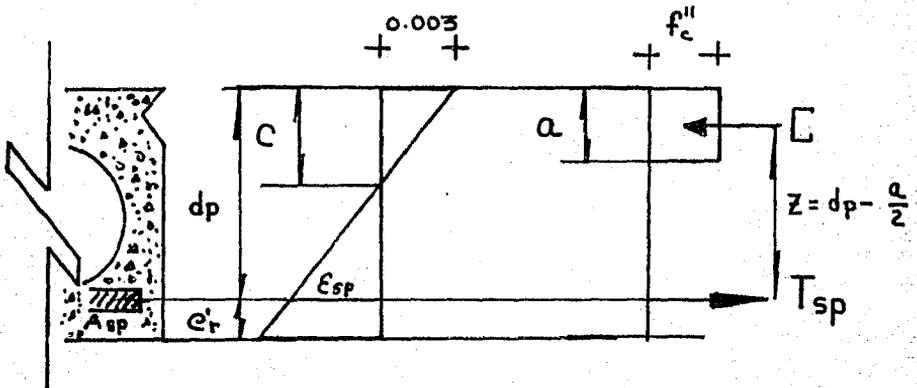
$M_{A-A} = 4.8992 \text{ t-m}$

Sustitución :

$M_{ua} = 1.4(4.8992) = \underline{6.8588 \text{ t-m}}$

b) Obtención del momento último resistente (M_{uR})

Equilibrio interno :



b.I) Cálculo del área de acero de presfuerzo (A_{sp})

Expresión : $A_{sp} = (a_{sp}) \text{ No. de torones}$

Nota : para efectuar éste cálculo, únicamente se toma en cuenta el acero de presfuerzo en tensión, lo cual implica que para éste caso tomaremos todo el acero de presfuerzo.

Luego entonces :

Datos : No. de torones = 10

$$a_{sp} = 0.55 \text{ cm}^2$$

Sustitución :

$$A_{sp} = 10(0.55) = 5.5 \text{ cm}^2$$

b.2) Cálculo del esfuerzo del acero de presfuerzo en tensión que se presenta en el momento en que se presenta la resistencia.

$$\text{Expresión : } f_{sp} = f_{sr} \left(1 - 0.5 pp \frac{f_{sr}}{f_c''} \right)$$

$$\text{Datos : } A_{sp} = 5.5 \text{ cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d_p = 11.2 \text{ cm}$$

$$pp = \frac{A_{sp}}{b(d_p)} = \frac{5.5}{100(11.2)} = 0.0049107$$

$$f_{sr} = 18982 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c'' = \left(1.05 - \frac{f_c^*}{1250} \right) f_c^*$$

con :

$$f_c^* = 0.8(f_c') = 0.8(350) = 280 \text{ kg/cm}^2$$

luego entonces :

$$f_c'' = \left(1.05 - \frac{280}{1250} \right) 280 = 231.28 \text{ kg/cm}^2$$

puesto que $f''_c > 250 \text{ kg/cm}^2$

Sustitución :

$$f_{sp} = 18982(1 - 0.5(0.0049107) \frac{18982}{231.28}) = 15\ 156.744$$

$$f_{sp} = \underline{15\ 156.744 \text{ kg/cm}^2}$$

b.3) Equilibrio de fuerzas internas

compresión : $C = A_1 (f''_c)$

tensión : $T_{sp} = A_{sp} (f_{sp})$

igualando "C" con "T_{sp}", se tiene lo siguiente :

$$A_1 (f''_c) = A_{sp} (f_{sp})$$

despejando A_1 (área de losa comprimida), se tiene :

$$A_1 = \frac{A_{sp} (f_{sp})}{f''_c}$$

Datos : $A_{sp} = 5.5 \text{ cm}^2$

$f_{sp} = 15\ 156.744 \text{ kg/cm}^2$

$f''_c = 231.28 \text{ kg/cm}^2$

Sustitución :

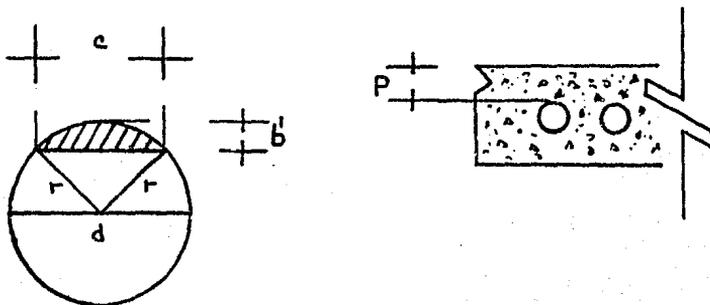
$$A_1 = \frac{5.5(15\ 156.744)}{231.28} = \underline{360.44 \text{ cm}^2}$$

pero como $A_1 = a(b)$, luego entonces procederemos a la siguiente explicación :

La profundidad del bloque de esfuerzos(a), varia inversamente proporcional al ancho(b), puesto que existen ductos circulares huecos en la losa, que hacen que el ancho (b) también varie, luego entonces (a) y (b) son dependientes entre si.

Luego entonces para calcular la profundidad del bloque de esfuerzos (a), procederemos por medio de iteraciones.

Para el proceso iterativo se hace necesario utilizar las siguientes expresiones :



$$b^1 = (a - p)$$

$$c = \sqrt{4(r^2) - [2(x - b^1)]^2}$$

$$A_0 = \frac{I}{16} [\pi (4(b^1)^2 + c^2)]$$

$$A_e = (a \times b) - N (A_0)$$

donde:

$(a \times b)$; Area total

$N (A_0)$; Area de los ductos circulares

N ; Número de ductos

Datos conocidos :

$$p = 3.2 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$N = 7 \text{ dúctos}$$

$$r = d/2 = 8.6/2 = 4.3 \text{ cm}$$

Se comienza suponiendo valores de profundidad del bloque de esfuerzos(a), y de ésta manera se determina la área efectiva (A_e), la cual se compara con la área de la losa comprimida (A_1). El problema de determinar la profundidad del bloque de esfuerzos(a) se termina cuando " $A_e = A_1$ ".

a	r	b	N	b'	c	A_o	A_e	COMPARACION	A_1
5	4.3	100	7	1.8	6.99	12.179	414.68	>	360.44
4	4.3	100	7	0.8	4.9959	5.40	362.175	>	360.44
3.9	4.3	100	7	0.7	4.703	4.7281	356.983	<	360.44
3.967	4.3	100	7	0.767	4.9025	5.181379	360.44	=	360.44

Resultado que : $a = 3.967109 \text{ cm}$

Comprobación del equilibrio interno :

$$T_{sp} = A_{sp} (f_{sp}) = 5.5(15\ 156.744) = 83\ 362.091\ \text{kg}$$

$$C = A_1 (f_c) = 360.44(231.28) = 83\ 362.05\ \text{kg}$$

$$C = A_e (f_c) = 360.44(231.28) = 83\ 362.05\ \text{kg}$$

resultando que $T_{sp} = C$, comprobándose así el equilibrio interno.

Conclusión :

$$\left[\begin{array}{l} a = 3.967109\ \text{cm} \\ c = a/0.8 = 4.9589\ \text{cm} \end{array} \right.$$

Finalmente para calcular el momento último resistente se podrá utilizar cualquiera de las siguientes expresiones:

$$M_{uR} = FR (C \times Z) \quad \text{ó} \quad M_{uR} = FR (T_{sp} \times Z)$$

Datos : $FR = 0.9$

$$C = 83\ 362.05\ \text{kg}$$

$$T_{sp} = 83\ 362.05\ \text{kg}$$

$$Z = d_p - (a/2) ;$$

$$= 9.22\ \text{cm}$$

$$\left[\begin{array}{l} d_p = 11.2\ \text{cm} \\ a = 3.967109\ \text{cm} \end{array} \right.$$

Sustitución :

$$M_{uR} = 0.9(83\ 362.05 \times 9.22) = 691\ 738.3 \text{ kg-cm}$$

$$\underline{M_{uR} = 6.917 \text{ t-m}}$$

b.4) Comparación de momentos

$$M_{uR} = 6.917 \text{ t-m}$$

$$M_{ua} = 6.8588 \text{ t-m}$$

como resultado que $M_{uR} > M_{ua}$, luego entonces
concluimos que ésta bien diseñada la sección.

c) Obtención del tipo de falla potencial

Los reglamentos proponen que para que la falla que se presenta sea potencialmente DUCTIL, se debiera cumplir la siguiente condición :

$$\boxed{\epsilon_i + \epsilon_{sp} \leq \epsilon_{yp}/0.75}$$

En donde :

ϵ_i ; deformación en el centroide del acero de presfuerzo debido al tensado de los cables, tomando en cuenta las pérdidas.

ϵ_{sp} ; deformación del centroide del acero de presfuerzo debido a la flexión, al momento de llegar a la resistencia.

ϵ_{yp} ; 0.01 (valor que propone el ASTM)

c.1) Obtención de la deformación(ϵ_i)

Expresión :

$$\epsilon_i = \frac{0.7(K)f_{sr}}{E_{sp}}$$

Datos : K = 0.8

$f_{sr} = 18982 \text{ kg/cm}^2$

$E_{sp} = 1.9(10)^6 \text{ kg/cm}^2$

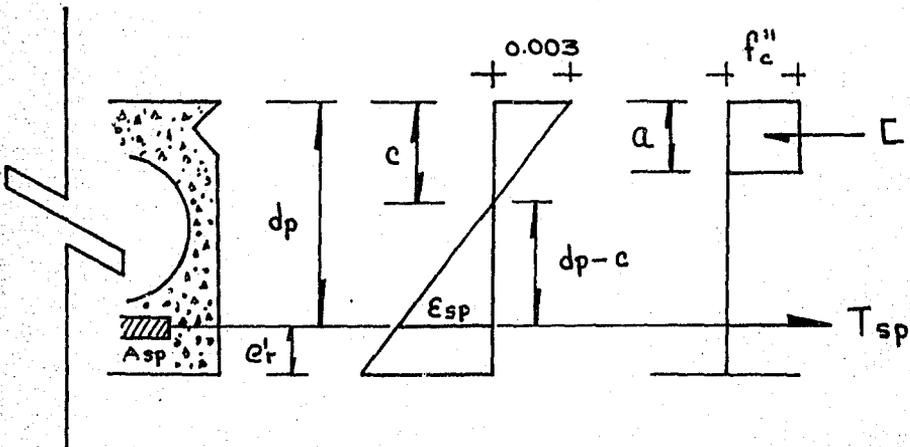
(POR SER TACÓN)

Sustitución :

$$\epsilon_i = \frac{0.7(0.8)18\ 982}{1.9(10)^6} = 0.006$$

c.2) Obtención de la deformación(ϵ_{sp})

Para obtener ésta deformación se hará uso del equilibrio interno



Por triangulos semejantes :

$$\frac{0.003}{c} = \frac{\epsilon_{sp}}{d_p - c}$$

de ésta relación despejaremos a la deformación(ϵ_{sp})

$$\epsilon_{sp} = \frac{d_p - c}{c} (0.003)$$

Datos: $d_p = 11.2$ cm

$c = 4.9589$ cm

Sustitución :

$$\epsilon_{sp} = \frac{11.2 - 4.9589}{4.9589} (0.003) = 0.004$$

Luego entonces, se tiene que :

$$\epsilon_i = 0.006$$

$$\epsilon_{sp} = 0.004$$

$$\epsilon_{yp} = 0.01$$

haciendo la suma se tiene :

$$\epsilon_i + \epsilon_{sp} = 0.01$$

haciendo la división se tiene :

$$(\epsilon_{yp} / 0.75) = 0.01$$

c.3) Comparación de deformaciones

como resultado que $(\epsilon_i + \epsilon_{sp}) = (\epsilon_{yp} / 0.75)$, luego entonces se concluye lo siguiente :

" LA FALLA ES POTENCIALMENTE DUCTIL "

1.3) REVISION POR ACERO MINIMO

El reglamento del ACI propone que para hacer la revisión por acero mínimo, se realice considerando la siguiente expresión :

$$M_{uR} \geq 1.2 (M_{\text{agrietamiento}})$$

Lo cual implica que si ésta condición se cumple, se considera que el diseño es bueno.

a) Cálculo del momento de agrietamiento ($M_{\text{agrietamiento}}$)

Expresión :

$$M_{\text{agrietamiento}} = \left[\frac{P_r}{A_{ss}} + (P_r e_r) / I_{ss} \right] y_{iss} + 2 \sqrt{f'_c} \left[\frac{I_{ss}}{y_{iss}} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Datos : } P_r &= 0.7(K) f_{sr} (A_{sp}) \\ &= 0.7(0.8) 18\ 982(5.5) = 58\ 464.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$A_{ss} = 1\ 093.4 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 26\ 245.4 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 7.5 \text{ cm}$$

$$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$e_r = 3.7 \text{ cm}$$

Sustitución :

El momento de agrietamiento es igual a :

$$\begin{aligned} &= \left[\frac{58\ 464.6}{1\ 093.4} + \frac{58\ 464.6(3.7)}{26\ 245.4} \right] (7.5) + 2 \sqrt{350} \left[\frac{26\ 245.4}{7.5} \right] \\ &= 534\ 367.89 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

Multiplicando el momento de agrietamiento por 1.2, se tiene:

$$1.2(M_{\text{agrietamiento}}) = \underline{641\ 241.47\ \text{kg-cm}}$$

a.1) Comparación de momentos

$$M_{\text{uR}} = 6.917\ \text{t-m}$$

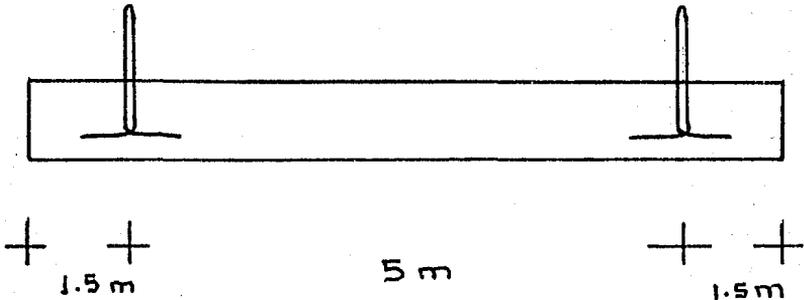
$$1.2(M_{\text{agrietamiento}}) = 6.41\ \text{t-m}$$

como resultado que $M_{\text{uR}} > 1.2(M_{\text{agrietamiento}})$, luego

entonces se concluye que se cumple la condición para la revisión por acero mínimo, lo cual implica que es correcta la cantidad de acero de presfuerzo que tiene la sección.

I.4) REVISION POR IZADO

consideremos la siguiente separación entre ganchos de izado :



a) Cálculo del diámetro del torón para los ganchos de izado

Expresión :
$$a_{sp} = \frac{4(P \text{ viga})}{2(2) f_{sp}}$$

Datos : $P \text{ viga} = W_{pp} (L) = 0.2624(8) = 2.0992 \text{ ton.}$

$$f_{sp} = 15\ 156.744 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 15.156744 \text{ t/cm}^2$$

Sustitución :

$$a_{sp} = \frac{4(2.0992)}{2(2) 15.156744} = 0.14 \text{ cm}^2$$

Luego entonces como se requiere una área de acero de prefuerzo de (0.14 cm^2) , resolveremos el problema

utilizando torones de 3/8 de pulgada.

b) Cálculo de la longitud de anclaje para el torón

Por especificación se requiere lo siguiente :

$$L_{\text{anclaje}} \geq 40 \text{ diámetros}$$

Datos : torón de $3/8'' \longrightarrow \phi = 0.95 \text{ cm}$

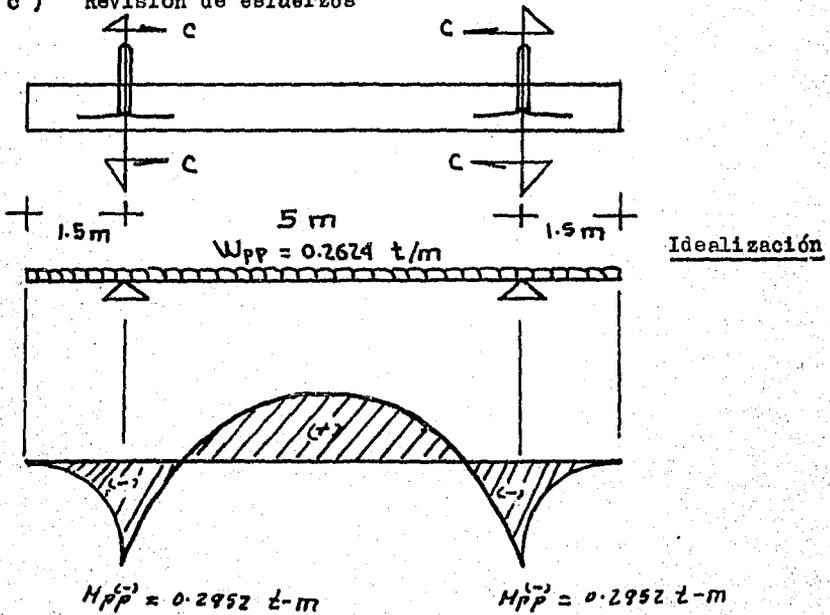
Luego entonces, la longitud de anclaje sera :

$$L_{\text{anclaje}} = 40(0.95) = 38 \text{ cm}$$

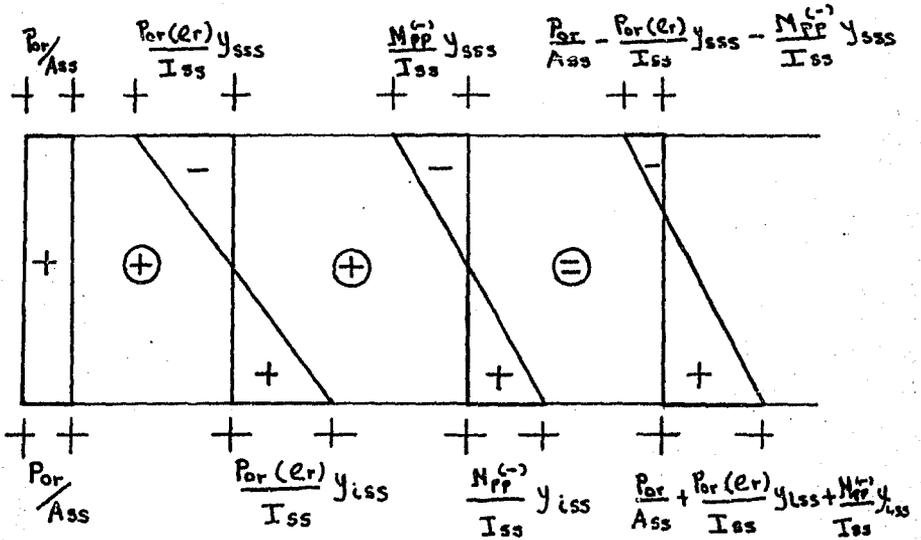
Para mayor seguridad tomaremos :

$$L_{\text{anclaje}} = 100 \text{ cm}$$

c) Revisión de esfuerzos



c.1) Diagrama representativo de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (sección de los apoyos)



c.2) Determinación de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (sección de los apoyos)

Expresiones :

compresión :

$$f_{iss} = (P_{or} / A_{ss}) + \left[P_{or}(e_r) / I_{ss} \right] y_{iss} + (M_{pp}^{(-)} / I_{ss}) y_{iss}$$

tensión :

$$f_{sss} = (P_{or} / A_{ss}) - \left[P_{or}(e_r) / I_{ss} \right] y_{sss} - (M_{pp}^{(-)} / I_{ss}) y_{sss}$$

Datos :

$$P_{or} = 73\ 080.7\ \text{kg}$$

$$A_{ss} = 1\ 093.4\ \text{cm}^2$$

$$I_{ss} = 26\ 245.4\ \text{cm}^4$$

$$y_{SSS} = 7.5 \text{ cm}$$

$$y_{ISS} = 7.5 \text{ cm}$$

$$M_{pp}^{(-)} = 0.2952 \text{ t-m}$$

$$e_r = 3.7 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$f_{ISS} = \frac{73\ 080.7}{1\ 093.4} + \frac{73\ 080.7(3.7)}{26\ 245.4}(7.5) + \frac{0.2952(10)^5}{26\ 245.4}(7.5)$$

$$\underline{152.54 \text{ kg/cm}^2}$$

$$f_{SSS} = \frac{73\ 080.7}{1\ 093.4} - \frac{73\ 080.7(3.7)}{26\ 245.4}(7.5) - \frac{0.2952(10)^5}{26\ 245.4}(7.5)$$

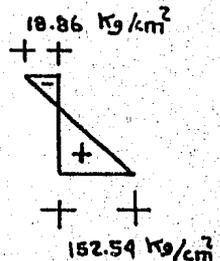
$$- \underline{18.86 \text{ kg/cm}^2}$$

Determinación de esfuerzos permisibles

$$\text{compresión : } 0.6 (f_{ci}) = 0.6(280) = 168 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

$$\text{tensión : } \sqrt{f_{ct}} = \sqrt{280} = 16.73 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

o.3) Diagrama representativo de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (sección de los ganchos de izado)



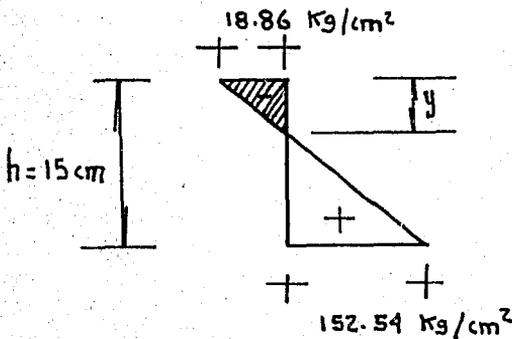
c.4) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección C-C
(sección de los ganchos de izado)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZO QUE SE PRESENTA	COMPARACION	ESFUERZO PERMISIBLE	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	152.54	<	168	CORRECTO
TENSION	(-)	18.86	>	16.73	CORRECTO

Nota : de acuerdo a la tabla anterior , se puede observar que se presentan problemas con las tensiones, pues to que se presentan esfuerzos mayores a los permisibles. Luego entonces procederemos a corregir las tensiones colocando acero de refuerzo suficiente - para tomar la totalidad de las tensiones que se - presentan.

c.5) Cálculo del área de acero de refuerzo

Esfuerzos que se presentan :



Por triangulos semejantes se tiene :

$$\frac{152.54 + 18.86}{15} = \frac{18.86}{Y}$$

efectuando el despeje se tiene :

$$Y = 1.65 \text{ cm}$$

luego entonces la fuerza de refuerzo ésta dada por la siguiente expresión :

$$F_{\text{refuerzo}} = (\text{Area del triangulo ashurado})(100)$$

$$= \frac{18.86 (1.65)}{2} (100) = \underline{1555.95 \text{ kg}}$$

conociendo ya la fuerza de refuerzo, procederemos a calcular el Area de acero de refuerzo, la cual ésta dada por la siguiente expresión :

$$a_s(\text{refuerzo}) = \frac{F_{\text{refuerzo}}}{0.5(f_y)}$$

sustitución :

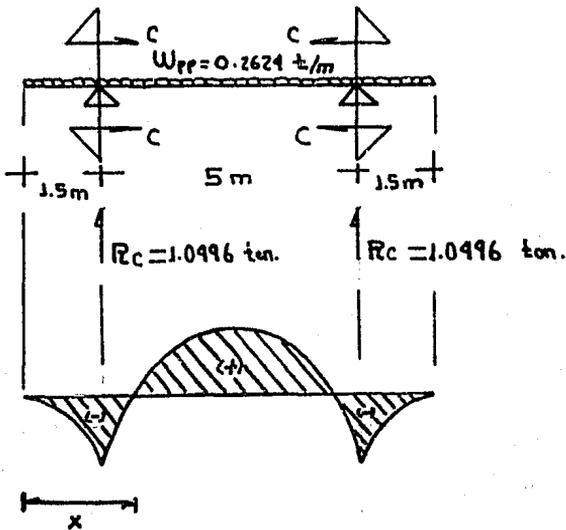
$$a_s(\text{refuerzo}) = \frac{1555.95}{0.5(4200)} = \underline{0.74 \text{ cm}^2}$$

la cuál se resuelve con I V. # . 4
(una varilla del número 4)

Nota : las barras de acero de refuerzo se cortaran cuando ya no sean necesarias por momento flexionante, más una longitud de anclaje.

c.6) Cálculo de la distancia de corte del acero de refuerzo

Diagrama de momento flexionante :



El punto teórico donde ya no se necesita el acero de refuerzo es en donde hay cambio de momento ($M=0$).

Obtención de momentos flexionantes :

para $X = 1.5 \text{ m}$ \longrightarrow $M = -0.2952 \text{ t-m}$

para $X = 2.0 \text{ m}$ \longrightarrow $M = 0 \text{ t-m}$

para $X = 2.5 \text{ m}$ \longrightarrow $M = 0.2296 \text{ t-m}$

Longitud de anclaje para varilla del No. 4 \longrightarrow 32 cm

Finalmente la longitud de corte para las barras de acero de refuerzo sera :

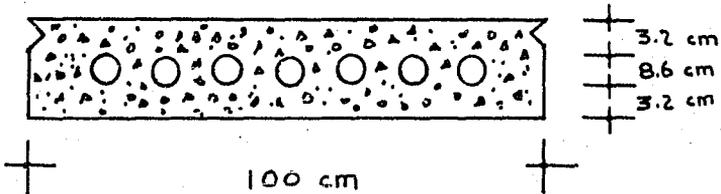
Longitud de corte $= 50 + 32 = 82 \text{ cm}$

tomaremos : Longitud de corte $= \underline{100 \text{ cm}}$

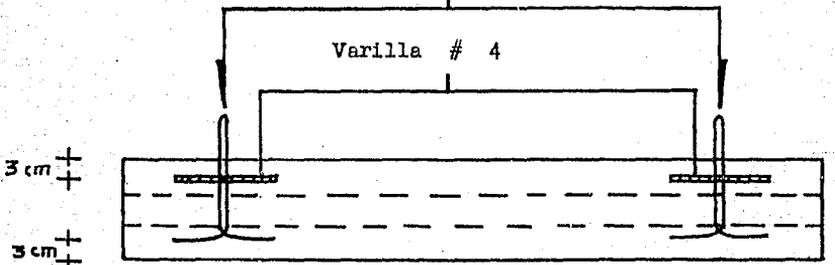
c.7) De la revisión por izado se llega a lo siguiente

- Se colocaran ganchos de izado (los cuales se haran con torones de diámetro igual a 3/8 de pulgada)
- Se colocara una varilla del número 4, en la parte superior de la sección de los ganchos de izado, con una longitud - de corte a ambos lados igual a 1 metro.

Armado :



Ganchos de izado
(torón de 3/8 in.)



+ + + +
0.5 1m 1m
m

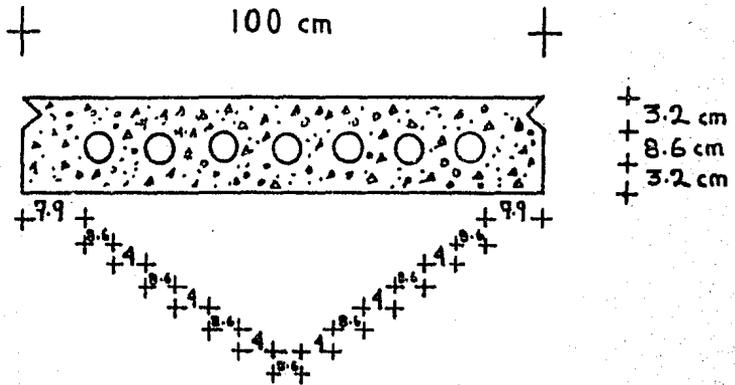
3 m

+ + + +
1m 1m 0.5m

DISEÑO POR CORTANTE

I.1) DIMENSIONAMIENTO Y REVISION POR EL METODO DE RESISTENCIA

a) Características geométricas de la sección



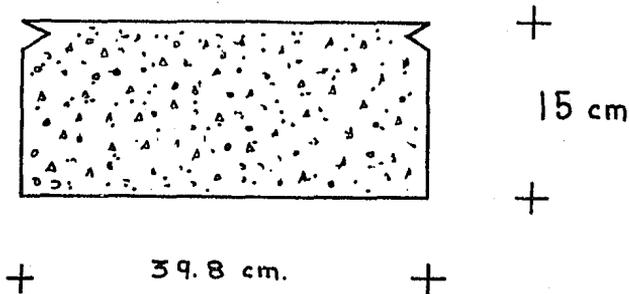
Nota: como la losa no es maciza, se hace necesario obtener un ancho equivalente (b), para obtener la resistencia que toma el concreto .

donde $b = 100 - (\text{diámetro} \times \text{No. de ductos})$

datos : diámetro = 8.6 cm
No. de ductos = 7

luego entonces : $b = 100 - (8.6)7 = 39.8 \text{ cm}$

Sección equivalente :



b) Obtención de la fuerza cortante que toma el concreto (V_c)

Nota: la fuerza cortante que toma el concreto ésta determinada por el tipo de sección, para ésta sección rectangular se utilizara la siguiente expresión:

$$V_c = FR (b \times d) \left[0.15 \sqrt{f_c^{*1}} + 50(d_t) \frac{V_a}{M_a} \right]$$

Datos : $FR = 0.8$

$b = 0.398 \text{ m}$

$d = 11.2 \text{ cm} = 0.112 \text{ m}$

$d_t = 11.2 \text{ cm} = 0.112 \text{ m}$

— [puesto que
todo el acero
trabaja a
tensión

con :

d ; distancia de la fibra extrema en compresión, al centroide del acero de presfuerzo en tensión.

d_t ; distancia de la fibra extrema en compresión, al centroide del acero de presfuerzo total.

$$f^*c = 0.8 (f_c) = 0.8(350) = 280 \text{ kg/cm}^2$$

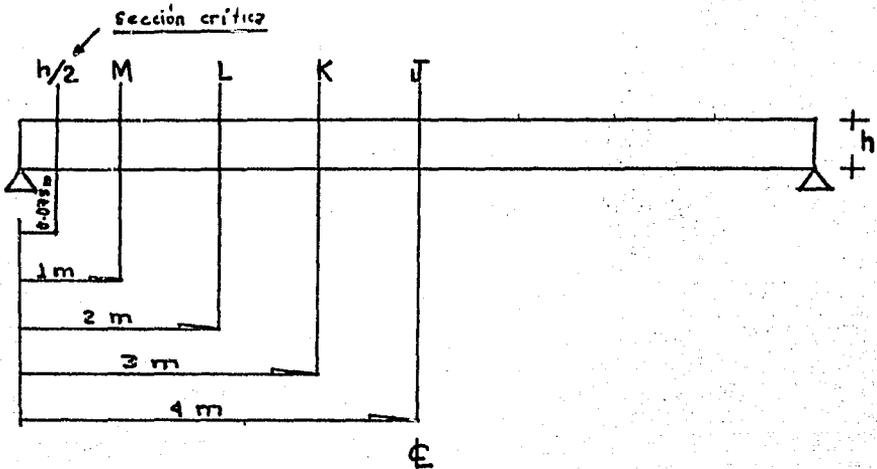
$$= \underline{2800} \text{ t/m}^2$$

Sustitución :

$$V_c = 0.8(0.398 \times 0.112) \left[0.15 \sqrt{2800} + 50(0.112) \frac{V_a}{M_a} \right]$$

$$V_c = \left[0.283 + 0.1997 \frac{V_a}{M_a} \right]$$

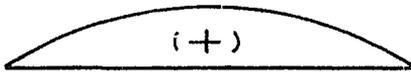
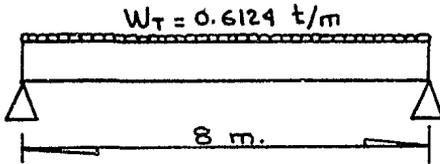
c) Secciones que hay que revisar por cortante



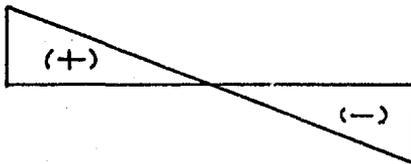
Sección	h/2	M	L	K	J
distancia	0.075 m	1 m	2 m	3 m	4 m

d) Obtención de los elementos mecánicos actuantes

Condición de apoyo :



(D.M.F)



(D.F.V)

Los diagramas anteriores están dados por las siguientes ecuaciones :

Para momento	Para cortante
$M = R(X) - w_t \left(\frac{X^2}{2} \right)$	$V = R - w_t (X)$
$R = w_t (L/2) = 0.6124(8/2) = 2.4496 \text{ ton.}$	
$M = 2.4496(X) - (0.6124/2)X^2$	$V = 2.4496 - 0.6124(X)$
$M = 2.4496(X) - 0.3062(X)^2$	$V = 2.4496 - 0.6124(X)$

Unidades : la distancia; X \longrightarrow m
 el momento F.; M \longrightarrow t-m
 la fuerza C. ; V \longrightarrow ton.

Luego entonces, ya conocidas las tres ecuaciones siguientes (Vc, V, M), procederemos al dimensionamiento y revisión por fuerza cortante.

Ecuaciones conocidas :

$V_c = 0.283 + 0.1997 \frac{V_u}{M_u}$
$V = 2.4496 - 0.6124(X)$
$M = 2.4496(X) - 0.3062(X^2)$

d.1) Datos

Utilizaremos estribos de 5/16 in. (4 ramas)

$$E = (g = 5/16 \text{ in.}); (4 \text{ ramas}) ; (a_g = 0.49 \text{ cm}^2)$$

$$d = 11.2 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

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

$$f_c^* = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$FR = 0.8$$

d.2) Separación de estribos

Separación requerida para cálculo

Expresión:

$$S_I = \frac{FR(A_v)(f_y)d}{V_{ua} - V_c}$$

Datos : $FR = 0.8$

$$A_v = 4(0.49) = 1.96 \text{ cm}^2$$

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

$$d = 11.2 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$s_1 = \frac{0.8(1.96)(4200)11.2}{v_{ua} - v_c} = \frac{73\,758.72}{v_{ua} - v_c} \quad (\text{cm})$$

Separación de estribos por especificación
(área mínima).

Expresión :

$$s_2 = \frac{FR(A_v)f_y}{3.5(b)}$$

Sustitución :

$$s_2 = \frac{0.8(1.96)4200}{3.5(100)} = 18.82 \text{ cm}$$

Separación de estribos (s_3)

Expresión : $s_3 = 0.75(h)$

Sustitución :

$$s_3 = 0.75(15) = 11.25 \text{ cm}$$

$$\text{si } v_{ua} \leq 1.5 FR bd \sqrt{f'_c}$$

Separación de estribos (s_4)

Expresión : $s_4 = 0.375(h)$

Sustitución : $S_4 = 0.375(15) = 5.63 \text{ cm}$

$$\text{si } V_{ua} > 1.5 \text{ FR bd } \sqrt{f_c'}$$

d.3) Especificaciones generales de cortante

$$\text{si } V_{ua} \leq 2.5 \text{ FR bd } \sqrt{f_c'} \longrightarrow \text{sección correcta}$$

$$\text{si } V_{ua} > 2.5 \text{ FR bd } \sqrt{f_c'} \longrightarrow \text{sección insuficiente}$$

d.4) Constantes de cálculo

$$(h=15 \text{ cm}) < 1 \text{ m}$$

$$(h/b = 15/100 = 0.15) < 6$$

$$\begin{aligned} 1.5 \text{ FR bd } \sqrt{f_c'} &= 1.5(0.8)(39.8 \times 11.2) \sqrt{280} = 8 \text{ 951 kg} \\ &= \underline{8.95 \text{ ton.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.5 \text{ FR bd } \sqrt{f_c'} &= 2.5(0.8)(39.8 \times 11.2) \sqrt{280} = 14 \text{ 918 kg} \\ &= \underline{14.918 \text{ ton.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c \text{ máx.} &= 1.3 \text{ FR bd } \sqrt{f_c'} = 1.3(0.8)(39.8 \times 11.2) \sqrt{280} \\ &= 7 \text{ 757.4 kg} \\ &= \underline{7.76 \text{ ton.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c \text{ mín.} &= 0.3 \text{ FR bd } \sqrt{f_c'} = 0.3(0.8)(39.8 \times 11.2) \sqrt{280} \\ &= 1 \text{ 790.2 kg} \\ &= \underline{1.79 \text{ ton.}} \end{aligned}$$

d.5) Opciones para separación de estribos

$$S_1 = \frac{73\,758.72}{V_{ua} - V_c} \quad (\text{cm})$$

$$S_2 = 18.82 \text{ cm}$$

$$S_3 = 11.25 \text{ cm} \longrightarrow \text{si } V_{ua} \leq \underline{8.95 \text{ ton.}}$$

$$S_4 = 5.63 \text{ cm} \longrightarrow \text{si } V_{ua} > \underline{8.95 \text{ ton.}}$$

SECCION CONCEPTO	h/2	M	L	K	J	ESPECIFICACIONES
V_a	2.40	1.84	1.22	0.61	0.00	Ver inciso (d).
$V_{ua} = 1.4 V_a$	3.36	2.58	1.71	0.85	0.00	
CONCENTRADO	SECCION CONCRETO	SECCION CONCRETO	SECCION CONCRETO	SECCION CONCRETO	SECCION CONCRETO	2.5FR bd $\sqrt{f_c}$
M_a	0.18	2.14	3.67	4.59	4.90	Ver inciso (d)
V_a/M_a (1/m)	13.33	0.86	0.33	0.13	0.00	
V_c	2.95	0.45	0.35	0.31	0.28	Ver inciso (d)
$V_{c \text{ min.}}$	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	$0.3FRbd \sqrt{f_c}$
$V_{c \text{ msa.}}$	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	$1.3FRbd \sqrt{f_c}$
$V_c \text{ comp.}$	2.95	1.79	1.79	1.79	1.79	
$V_c \text{ definitiva}$	2.95	1.79	1.79	1.79	1.79	si cumple $\begin{cases} h < 1 \\ h/b < 6 \end{cases}$
$V' = V_{ua} - V_c$	0.41	0.79	—	—	—	
separacion requerida (S_1) (m)	1.80	0.93	—	—	—	Ver inciso (d-5)
separacion por especificacion (S_2) (m)	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	Ver inciso (d-5)
$1.5FRbd \sqrt{f_c}$	8.95	8.95	8.95	8.95	8.95	$V_{comparacion}$
separacion (S_3) (m)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	si $V_{ua} \leq V_{comparacion}$
separacion (S_4) (m)	—	—	—	—	—	si $V_{ua} > V_{comparacion}$
separacion practica $S_T = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
separacion definitiva "5 esp." (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	Puede ser 100 o 11 m $\sqrt{f_c}$ $\sqrt{f_c}$
$V'_{real} = \frac{F.R. Av f_y d}{S_{def.}}$	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	
$V_{UR} = \begin{cases} V_c \text{ DEFINITIVO} \\ + \\ V'_{real} \end{cases}$	4.43	3.27	3.27	3.27	3.27	controla ultima practica
COMPARACION V_{UR} CONTRA V_{ua}	>	>	>	>	>	si CORRECTO.

DIMENSIONAMIENTO

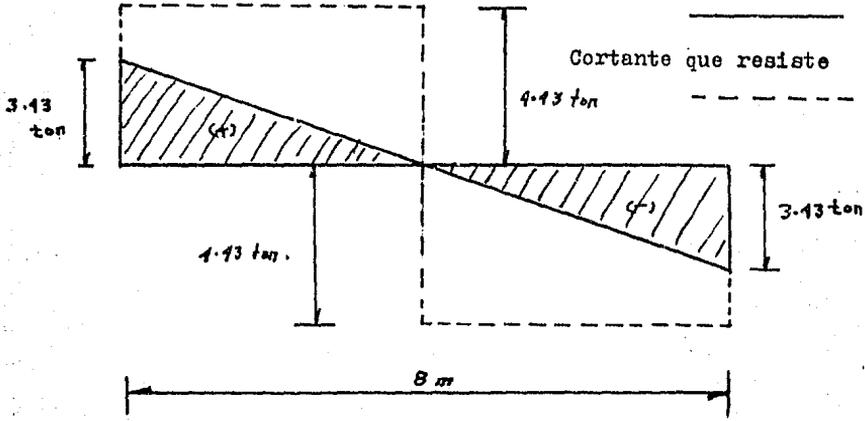
REVISION

d.6) Diagrama de capacidad a cortante

Simbología:

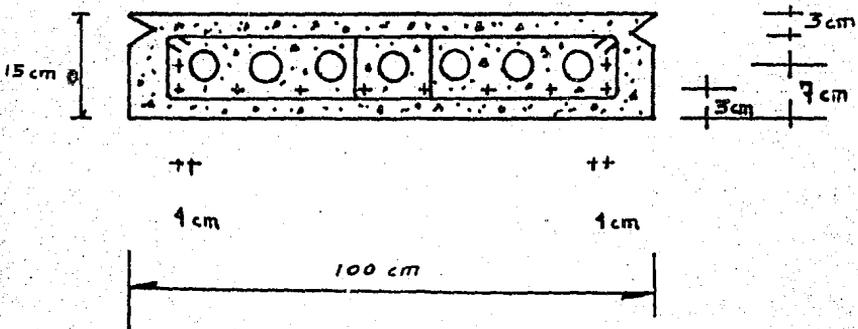
Cortante que se presenta

Cortante que resiste

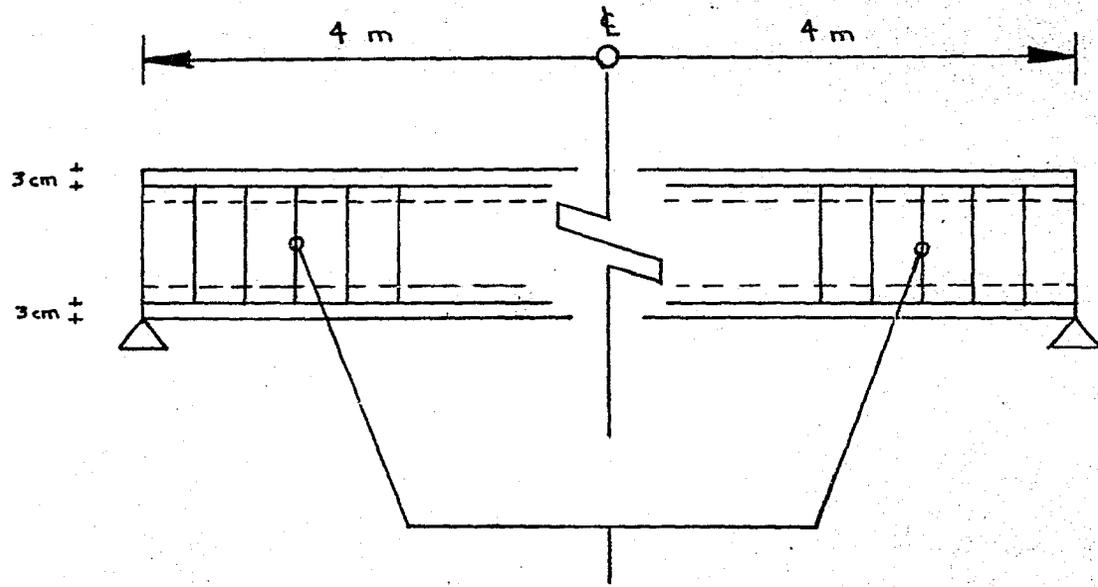


d.7) Armado por cortante

Sección transversal



Sección longitudinal



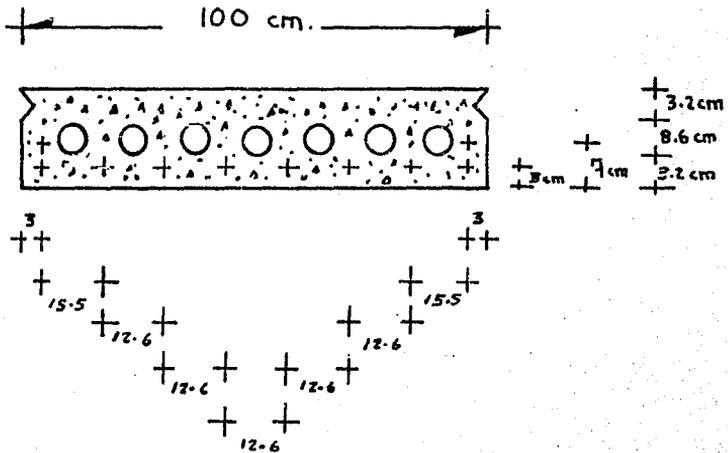
E - (5/16)" @ 50 cm.

REVISION DE LOS EXTREMOS DE LA LOSA

Nota: se utilizara el procedimiento de "KHACHATURIAN" para reforzar los extremos de la losa.

El refuerzo en los extremos consiste en colocar estribos adicionales a los requeridos por cortante.

a) Características de la sección



Acotaciones en (cm)

Datos : $L = 8$ m (simplemente apoyada)

$$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sr} = 18982 \text{ kg/cm}^2$$

Estribos de $I/2$ in.

Ancho máximo de grietas : $w = 0.01$ cm

$$A_{ss} = 1093.4 \text{ cm}^2$$

$$y_{iss} = 7.5 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 7.5 \text{ cm}$$

$$I_{ss} = 26245.4 \text{ cm}^4$$

Nota: para esta revisión únicamente se toma en cuenta el acero de presfuerzo que no se engrasa, luego entonces para este ejemplo se tomara en cuenta todo el acero de presfuerzo.

Luego entonces procederemos a determinar el refuerzo vertical en la zona de transferencia ($h/2$).

b) Cálculo del centroide del acero de presfuerzo

$$\text{Expresión : } e_r = \frac{\sum FY}{\sum F}$$

Datos :

$$\sum FY = 8(3) + 2(7) = 38$$

$$\sum F = 10$$

Sustitución :

$$e_r = 38/10 = 3.8 \text{ cm}$$

luego como :

$$e_r = y_{iss} - e_r'$$

entonces :

$$e_r = 7.5 - 3.8 = \underline{3.7 \text{ cm}}$$

c) Cálculo de la relación (e_r / h)

$$\text{Datos : } e_r = 3.7 \text{ cm}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$(e_r / h) = 3.7/15 = \underline{0.25}$$

d) Cálculo de las relaciones (y/h)

se consideraran 10 secciones, luego entonces el incremento de "y" sera :

$$\Delta y = (h/10) = 15/10 = 1.5 \text{ cm}$$

tabla de relaciones :

sección	y	h	y/h
1	1.5	15	0.1
2	3.0	15	0.2
3	4.5	15	0.3
4	6.0	15	0.4
5	7.5	15	0.5
6	9.0	15	0.6
7	10.5	15	0.7
8	12.0	15	0.8
9	13.5	15	0.9
10	15.0	15	1.0

e) Cálculo de la fuerza de presfuerzo total (P_T)

Expresión :
$$P_T = n(F)$$

Datos : $n = 10$ torones

$$F = 7\,308.07 \text{ kg}$$

Sustitución :

$$P_T = 10(7\,308.07) = \underline{73\,080.7 \text{ kg}}$$

f) Cálculo del momento ($P_T \cdot e_r$)

Datos : $P_T = 73\,080.7 \text{ kg}$

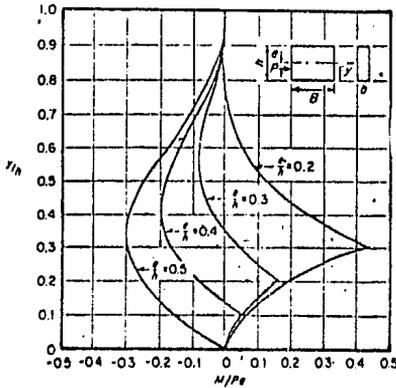
$$e_r = 3.7 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$73\,080.7(3.7) = \underline{270\,398.59 \text{ kg-cm}}$$

g) Cálculo del momento máximo en valor absoluto

haciendo uso de la gráfica siguiente :



procederemos a calcular la siguiente tabla :

y	h	y/h	M/(P _T ·e _x)	M
0	15	0.0	0.0	0.0
1.5	15	0.1	0.07	18 927.90
3.0	15	0.2	0.19	51 375.73
4.5	15	0.3	0.20	54 079.72
6.0	15	0.4	0.09	24 335.87
7.5	15	0.5	0.02	5 407.97
9.0	15	0.6	-0.01	-2 703.99
10.5	15	0.7	-0.02	-5 407.97
12.0	15	0.8	-0.01	-2 703.99
13.5	15	0.9	0.0	0.0
15.0	15	1.0	0.0	0.0

Luego entonces :

$$M \text{ máx.} = \underline{54\,079.72 \text{ kg-cm}}$$

h) Cálculo de la fuerza de tensión máxima (T)

$$\text{Expresión : } T = \frac{M \text{ máx}}{h - Z}$$

$$\text{Datos : } M \text{ máx.} = 54\,079.72 \text{ kg-cm}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$Z = h/4 = 15/4 = 3.75 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$T = \frac{54\,079.72}{15 - 3.75} = 4\,807.09 \text{ kg}$$

i) Cálculo del esfuerzo permitido en estribos

Expresión :

$$f_B = 1.67 \sqrt{\left(\frac{E_B \sqrt{f'_c}}{a_B} \right) w} \leq 0.5 f_y$$

$$\text{Datos : } E_B = 2(10)^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$w = 0.01 \text{ cm}$$

$$a_B = 1.27 \text{ cm}^2 \text{ — para estribos de } 1/2 \text{ in.}$$

Sustitución :

$$f_B = 1.67 \sqrt{\frac{2(10)^6 \sqrt{350}}{1.27} (0.01)} = 906.5 \text{ kg/cm}^2$$

por otra parte :

$$0.5 f_y = 0.5(4200) = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

Comparación :

como $f_s < 0.5 f_y$; luego entonces
estamos bien.

j) Cálculo del área de acero para estribos

Expresión :
$$A_s = \frac{T}{f_s}$$

Datos : $T = 4\ 807.09\ \text{kg}$

$$f_s = 906.5\ \text{kg/cm}^2$$

Sustitución :

$$A_s = \frac{4\ 807.09}{906.5} = \underline{5.3\ \text{cm}^2}$$

k) Cálculo del número de estribos requeridos para la zona de transferencia(h/2)

Expresión : $n = (A_s / A_v)$

Datos : $A_s = 5.3\ \text{cm}^2$

$$A_v = 4(a_s) = 4(1.27) = 5.08\ \text{cm}^2$$

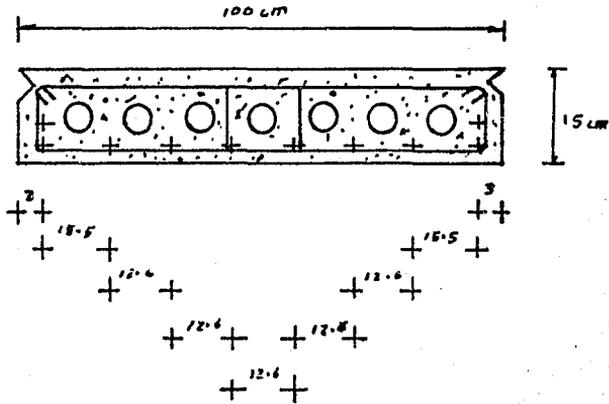
Sustitución :

$$n = \frac{5.3}{5.08} = \underline{1\ \text{estribo}}$$

Luego entonces, para una distancia "h" del extremo hacia el centro del claro se necesitaran 2 estribos.

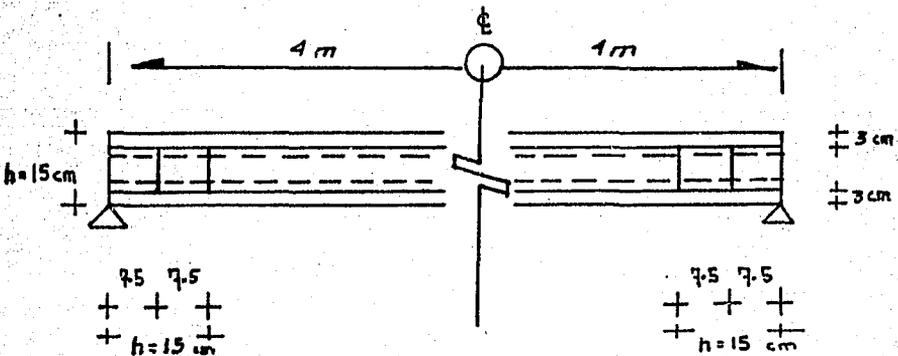
1) Armado de los extremos

sección transversal



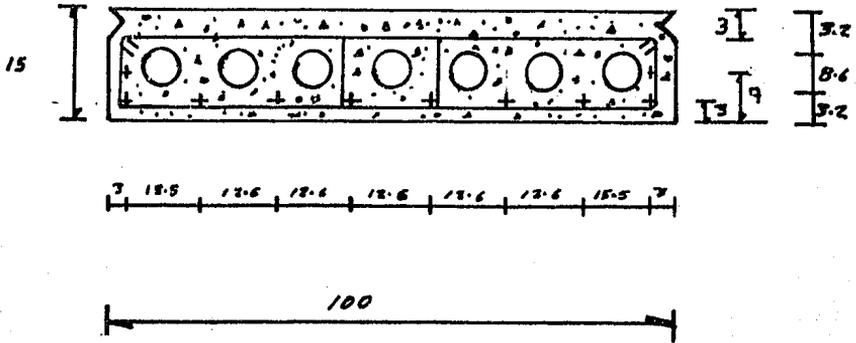
ACOTACIONES EN (cm)

sección longitudinal

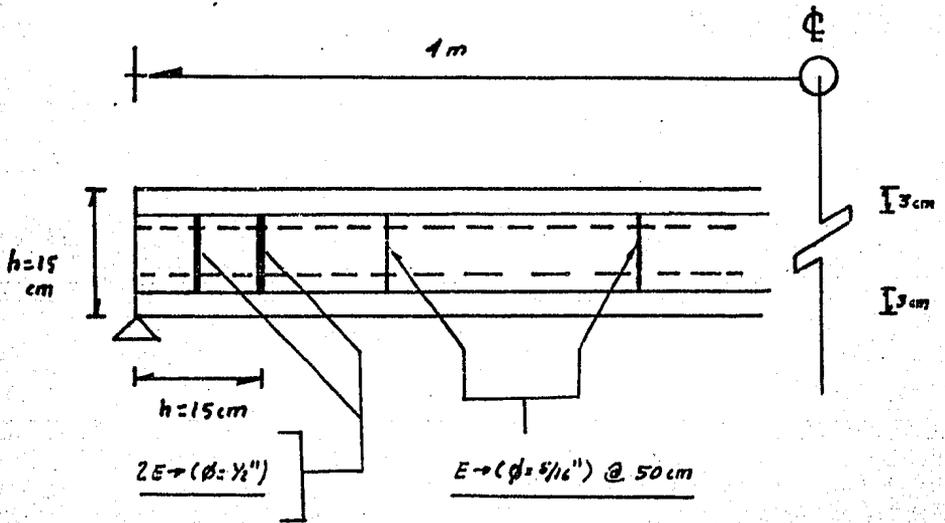


2 E - (1/2") EN AMBOS EXTREMOS

ARMADO FINAL DE LA LOSA



Acotaciones en (cm)



EN AMBOS EXTREMOS

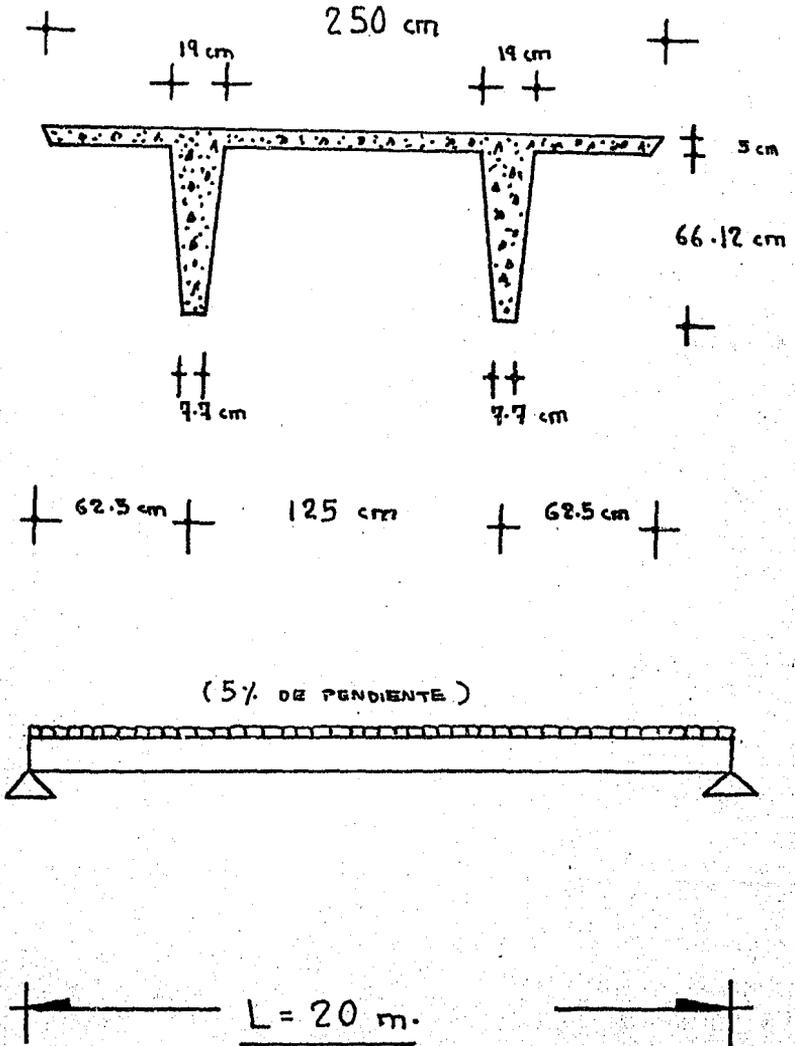
PROBLEMA No. 2

ENUNCIADO :

DISÑO DE UNA VIGA DOBLE "T" PRESFORZADA

DE SECCION SIMPLE

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS



DATOS :

$$W_{ov} = 70 \text{ kg/m}^2 \text{ (por reglamento)}$$

$$W_{scm} = 40 \text{ kg/m}^2 \text{ (por reglamento)}$$

$$W_{imp.} = 15 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{enla-}} \\ \text{drillado} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{pp} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 \left[\text{Atm}^2 \right]$$

$$f'_{c} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sr} = 270 \text{ K}$$

$$= 270\,000 \text{ lb/in}^2$$

$$= 18\,982 \text{ kg/cm}^2$$

torón de ($\varnothing = 1/2 \text{ in.}$)

(al cual le corresponde una área de 1.03 cm^2)

DISEÑO POR FLEXION

2. I) DIMENSIONAMIENTO Y REVISION POR ESFUERZOS PERMISIBLES

a) Características geométricas de la sección

ELEME- NTO	(A) AREA (cm) ²	(y) (cm)	Ay (cm) ³	d (cm)	d ² (cm) ²	Ad ² (cm) ⁴	I _o (cm) ⁴
1	1018.248	33.06	33663.279	17.47	305.2009	310790.21	378969.33
2	1250	68.62	85775	18.09	327.2481	407435.13	2601.1667
3	747.156	44.08	32934.636	6.45	41.6025	31083.557	181464.85

$$\Sigma A = 3\ 015.404\ \text{cm}^2$$

$$\Sigma AY = 152\ 372.92\ \text{cm}^3$$

$$\Sigma Ad^2 = 751\ 288.89\ \text{cm}^4$$

$$\Sigma I_o = 555\ 043.34\ \text{cm}^4$$

luego entonces : $y = (\Sigma AY / \Sigma A) = 50.53\ \text{cm}$

$$I = \Sigma Ad^2 + \Sigma I_o = 1\ 306\ 332.2\ \text{cm}^4$$

Conclusión :

$$A_{SS} = 3\ 015.404\ \text{cm}^2$$

$$I_{SS} = 1\ 306\ 332.2\ \text{cm}^4$$

$$y_{ISS} = 50.53\ \text{cm}$$

$$y_{SSS} = 71.12 - 50.53$$

$$= 20.59\ \text{cm}$$

b) Determinación de cargas

Obtención de la carga total por metro lineal :

$$W_{pp} = 2400 \text{ kg/m}^3 (0.3015404 \text{ m}^2) = 724 \text{ kg/m}$$

$$W_{cv} = 70 \text{ kg/m}^2 (2.5 \text{ m}) = 175 \text{ kg/m}$$

$$W_{scm} = 40 \text{ kg/m}^2 (2.5 \text{ m}) = 100 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{enla-}} \\ \text{drillado} = 50 \text{ kg/m}^2 (2.5 \text{ m}) = 125 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{imp.}} = 15 \text{ kg/m}^2 (2.5 \text{ m}) = 38 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{total}} = 1162 \text{ kg/m}$$

c) Determinación de momentos actuantes

Sección B-B (segunda etapa)

$$M_{B-B} = 0$$

Sección A-A (tercera etapa)

$$M_{A-A} = \frac{W_{\text{total}}(L)^2}{8} = \frac{1.162(20)^2}{8} = \underline{\underline{58.1 \text{ t-m}}}$$

d) Determinación de esfuerzos permisibles

Obtención de la resistencia a compresión del concreto a la edad en que ocurre la transferencia de esfuerzos del acero de presfuerzo al concreto.

$$\text{Expresión : } f'_{ci} = 0.8 f'_c$$

$$\text{Datos : } f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Sustitución : } f'_{ci} = 0.8(350) = 280 \text{ kg/cm}^2$$

d.1) En el concreto (inmediatamente después de la transferencia de esfuerzos)

$$\text{compresión : } 0.6(f'_{ci}) = 0.6(280) = 168 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

$$\text{tensión : } \sqrt{f'_{ci}} = \sqrt{280} = 16.73 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

d.2) En el concreto (después de las pérdidas)

$$\text{compresión : } 0.45 f'_c = 0.45(350) = 157.5 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

$$\text{tensión : } 1.6 \sqrt{f'_c} = 1.6 \sqrt{350} = 29.93 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

d.3) En el acero de refuerzo

$$\text{Expresión : } f_p = 0.5 f_y$$

$$\text{Datos : } f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

Sustitución :

$$f_p = 0.5(4\,200) = 2\,100 \text{ kg/cm}^2$$

d.4) En el acero de prefuerzo

$$f_o = 0.7 f_{sr} = 0.7(18\,982) = 13\,287.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_o = a_{sp}(f_o) = 1.03(13\,287.4) = 13\,686.022 \text{ kg}$$

$$F = K(F_o) = 0.8(13\,686.022) = 10\,948.818 \text{ kg}$$

Nota: se concidero un 20% de pérdidas, luego entonces por ese motivo ($K=0.8$)

e) Determinación de esfuerzos actuantes

Sección A-A (tercera etapa)

$$\text{tensión : } f_{iss} = - (M_{A-A} / I_{ss}) y_{iss}$$

$$\text{compresión: } f_{sss} = (M_{A-A} / I_{ss}) y_{sss}$$

$$\text{Datos : } M_{A-A} = 58.1 \text{ t-m}$$

$$I_{ss} = 1\,306\,332.2 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 50.53 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 20.59 \text{ cm}$$

Sustitución :

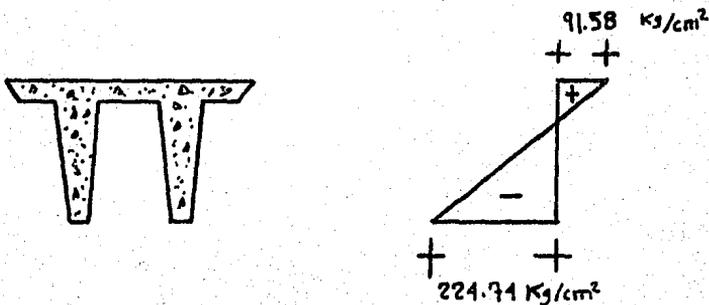
tensión :

$$f_{iss} = - \frac{58.1(10)^5}{1\,306\,332.2} (50.53) = - 224.74 \text{ kg/cm}^2$$

compresión:

$$f_{sss} = \frac{58.1(10)^5}{1\,306\,332.2} (20.59) = 91.58 \text{ kg/cm}^2$$

e.I) Diagrama representativo de los esfuerzos actuantes



f) Determinación de la capacidad de presfuerzo

La capacidad de presfuerzo ésta dada de acuerdo a las siguientes expresiones :

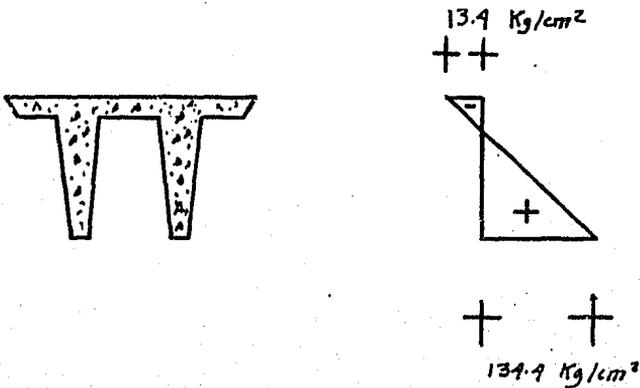
compresión :

$$0.6 K(f'_{ci}) = 0.6(0.8)280 = 134.4 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

tensión :

$$K \sqrt{f'_{ci}} = 0.8 \sqrt{280} = - 13.4 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

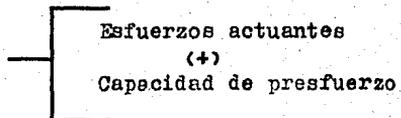
f.I) Diagrama representativo de la capacidad de presfuerzo



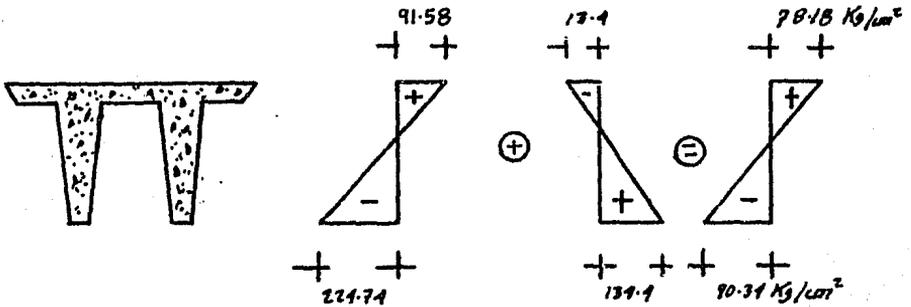
g) Comparación de esfuerzos finales con esfuerzos permisibles después de las pérdidas

Los esfuerzos finales estan dados por la siguiente expresión :

Esfuerzos finales



g.1) Diagrama representativo de los esfuerzos finales



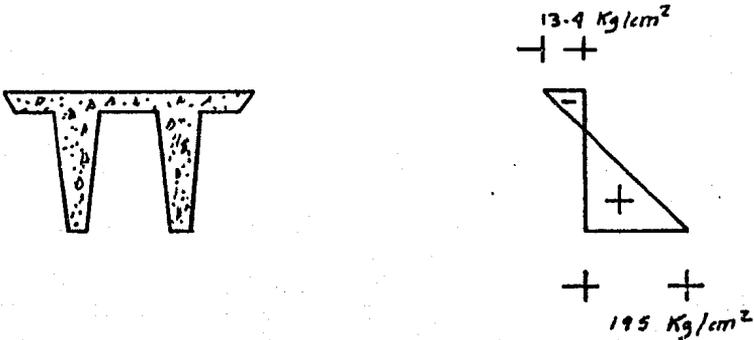
g.2) Tabla de comparación de esfuerzos

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS FINALES	COMPARACION	ESFUERZOS PERMISIBLES DESPUES DE LAS PERDIDAS.	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	78.18	<	157.5	CORRECTO
TENSION	(-)	224.74	>	90.39	CORREGIR

De acuerdo a la tabla anterior se puede concluir lo siguiente :

- Se acepta la sección
- Procederemos a aumentar la capacidad de presfuerzo, con el objeto de reducir los esfuerzos de tensión que se presentan , los cuales son mayores que los permisibles.

g.3) Considerando un diagrama de capacidad de presfuerzo como el que se muestra



En base a éste diagrama de capacidad de presfuerzo, se procede a determinar los siguientes incisos :

g.4) Obtención de la relación (P/A)

$$\text{Expresión : } \frac{P}{A} = \left[\frac{f_{pi} + f_{ps}}{h} \right] y_{sss} - f_{ps}$$

Datos :

$$f_{pi} = 195 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ps} = 13.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$y_{sss} = 20.59 \text{ cm}$$

$$h = 71.12 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$(P/A) = \left(\frac{195 + 13.4}{71.12} \right) 20.59 - 13.4 = 46.93 \text{ kg/cm}^2$$

g.5) Obtención de la fuerza de presfuerzo (P)

Expresión : $P = (P/A) A$

Datos : $(P/A) = 46.93 \text{ kg/cm}^2$

$A = 3 \text{ 015.404 cm}^2$

Sustitución :

$$P = 46.93(3 \text{ 015.404}) = 141 \text{ 512.91 kg}$$

g.6) Obtención del número de torones (n)

Expresión : $n = (P/F)$

Datos : $P = 141 \text{ 512.91 kg}$

$F = 10 \text{ 948.818 kg}$

Sustitución :

$$n = (141 \text{ 512.91} / 10 \text{ 948.818}) = 13 \text{ torones}$$

Nota: como no es recomendable colocar un número impar de torones , luego entonces tomaremos :

$$n = \underline{14 \text{ torones}}$$

g.7) Obtención de la posición de los torones

Se recomienda :

zona en compresión : 20% $\longrightarrow 0.2(14) = 2 \text{ torones}$

zona en tensión : 80% $\longrightarrow 0.8(14) = 12 \text{ torones}$

14 torones

g.8) Cálculo de la excentricidad teórica(e_t)

Expresión :

$$e_t = \frac{(f_{pi} - (P/A)) I_{ss}}{y_{iss} (P)}$$

Datos :

$$f_{pi} = 195 \text{ kg/cm}^2$$
$$(P/A) = 46.93 \text{ kg/cm}^2$$
$$y_{iss} = 50.53 \text{ cm}$$
$$I_{ss} = 1\ 306\ 332.2 \text{ cm}^4$$
$$P = 141\ 512.91 \text{ kg}$$

Sustitución :

$$e_t = \frac{(195 - 46.93) 1\ 306\ 332.2}{50.53 (141\ 512.91)} = \underline{27.05 \text{ cm}}$$

g.9) Separación libre(S_1)

Expresión :

$$S_1 = 3(\emptyset)$$

Datos :

$$\emptyset = 1.27 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$S_1 = 3(1.27) = 3.81 \text{ cm}$$

Separación total(S_t)

Expresión :

$$S_t = S_1 + \emptyset$$

Datos : $S_1 = 3.81$ cm

$\emptyset = 1.27$ cm

Sustitución :

$$S_t = 3.81 + 1.27 = \underline{5 \text{ cm}}$$

g.I0) Recubrimiento libre(r_1)

Por reglamento y para ésta condición : $r_1 = 2.5$ cm

Recubrimiento total(r_t)

Expresión : $r_t = r_1 + (\emptyset/2)$

Datos :

$$r_1 = 2.5 \text{ cm}$$

$$\emptyset/2 = 1.27/2 = 0.635 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$r_t = 2.5 + 0.635 = 3.135 \text{ cm}$$

tomaremos $r_t = \underline{4 \text{ cm}}$

g.II) Cálculo de la excentricidad (e_r^I)

Expresión : $e_r^I = y_{iss} - e_t$

Datos : $y_{iss} = 50.53$ cm

$$e_t = 27.05 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$e_r^I = 50.53 - 27.05 = 23.48 \text{ cm}$$

g.I2) Cálculo de la posición del acero de presfuerzo

Aplicando el teorema de varignon (teorema de momentos) :

$$\text{Expresión : } e'_r = \frac{\sum FY}{\sum F}$$

Datos :

$$\sum FY = 2(5) + 2(10) + 2(15) + 2(20) + 2(25) + 2(30) + 2(Y) = 210 + 2Y$$

$$\sum F = 14 \text{ torones}$$

$$e'_r = 23.48 \text{ cm}$$

Sustitución :

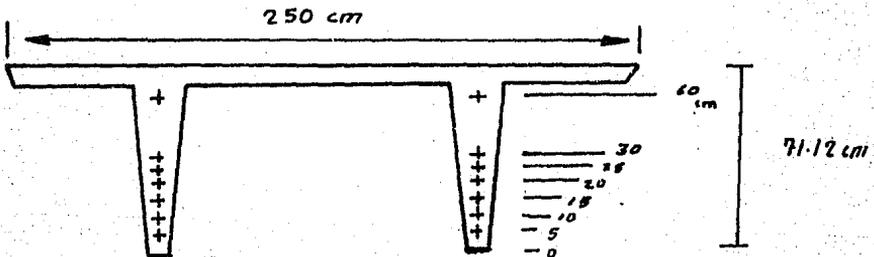
$$23.48 = \frac{210 + 2Y}{14}$$

de la cual despejaremos la altura "Y"

$$Y = (23.48(14) - 210) / 2 = 59.36 \text{ cm}$$

tomaremos Y = 60 cm

g.I3) Diagrama de colocación de torones



RESERVAS EN (cm).

g.I4) Nuevo cálculo de la excentricidad(e_r^1)

Expresión : $e_r^1 = \frac{\Sigma FY}{\Sigma F}$

Datos : $\Sigma FY = 210 + 2(60) = 330$

$\Sigma F = 14$

Sustitución : $e_r^1 = \frac{330}{14} = \underline{23.57 \text{ cm}}$

g.I5) Cálculo de la excentricidad(e_r)

Expresión : $e_r = y_{iss} - e_r^1$

Datos : $y_{iss} = 50.53 \text{ cm}$

$e_r^1 = 23.57 \text{ cm}$

Sustitución :

$e_r = 50.53 - 23.57 = \underline{26.96 \text{ cm}}$

g.I6) Obtención de la fuerza de presfuerzo real inicial(P_{or})

Expresión : $P_{or} = n(F_o)$

Datos : $n = 14 \text{ torones}$

$F_o = 13 \ 686.022 \text{ kg}$

Sustitución :

$P_{or} = 14(13 \ 686.022) = \underline{191 \ 604.31 \text{ kg}}$

g.I7) Obtención de la fuerza de presfuerzo real(P_r)

Expresión : $P_r = n(F)$

Datos : $n = 14 \text{ torones}$

$F = 10 \ 948.818 \text{ kg}$

Sustitución : $P_r = 14(10\ 948.818) = \underline{153\ 283.45\ \text{kg}}$

h) Revisión por esfuerzos permisibles

h.I) Esfuerzos del presfuerzo inmediatamente después de la transferencia

Expresiones :

compresión :

$$f_{iss} = (P_{or} / A_{ss}) + \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{iss}$$

tensión :

$$f_{sss} = (P_{or} / A_{ss}) - \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{sss}$$

- Datos :
- $P_{or} = 191\ 604.31\ \text{kg}$
 - $A_{ss} = 3\ 015.404\ \text{cm}^2$
 - $I_{ss} = 1\ 306\ 332.2\ \text{cm}^4$
 - $y_{iss} = 50.53\ \text{cm}$
 - $y_{sss} = 20.59\ \text{cm}$
 - $e_r = 26.96\ \text{cm}$

Sustitución :

$$f_{iss} = \frac{191\ 604.31}{3\ 015.404} + \frac{191\ 604.31(26.96)}{1\ 306\ 332.2}(50.53)$$

$$= 263.35\ \text{kg/cm}^2$$

$$f_{SSS} = \frac{191\ 604.31}{3\ 015.404} - \frac{191\ 604.31(26.96)}{1\ 306\ 332.2} (20.59)$$

$$= - 17.88 \text{ kg/cm}^2$$

h.2) Esfuerzos del presfuerzo en condiciones de servicio (después de las pérdidas)

Expresiones:

compresión :

$$f_{iSS} = (P_r / A_{SS}) + \left[\frac{P_r (e_r)}{I_{SS}} \right] y_{iSS}$$

tensión :

$$f_{SSS} = (P_r / A_{SS}) - \left[\frac{P_r (e_r)}{I_{SS}} \right] y_{SSS}$$

Datos :

P_r	=	153 283.45 kg
A_{SS}	=	3 015.404 cm ²
I_{SS}	=	1 306 332.2 cm ⁴
y_{iSS}	=	50.53 cm
y_{SSS}	=	20.59 cm
e_r	=	26.96 cm

Sustitución :

$$f_{iSS} = \frac{153\ 283.45}{3\ 015.404} + \frac{153\ 283.45(26.96)}{1\ 306\ 332.2} (50.53)$$

$$= 210.68 \text{ kg/cm}^2$$

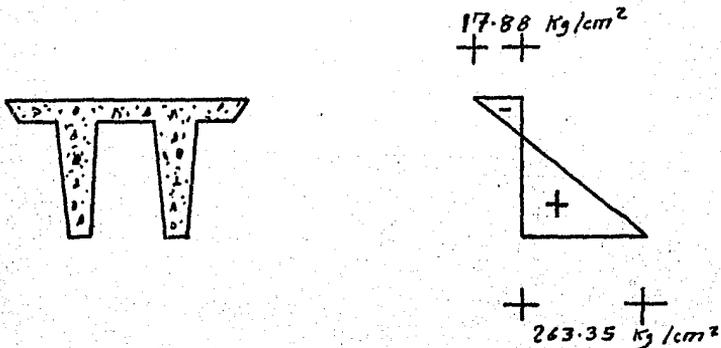
$$P_{\text{SSS}} = \frac{153\,283.45}{3\,015.404} - \frac{153\,283.45(26.96)}{1\,306\,332.2} (20.59)$$

$$= - 14.30 \text{ kg/cm}^2$$

h.3) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección E-B (segunda etapa)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS FINALES	COMPARACION	ESFUERZOS PERMISIBLES (INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA TRANSFORMACION)	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	263.35	>	168	CORREGIR
TENSION	(-)	17.88	>	16.73	CORREGIR

h.4) Diagrama representativo de esfuerzos en la sección B-B (segunda etapa)



h.5) Comparación de esfuerzos en la sección A-A (tercera etapa)

Los esfuerzos que se presentan están dados por la siguiente expresión :

Esfuerzos que se presentan

- .) Esfuerzos del prefuerzo en condiciones de servicio (+)
- .) Esfuerzos actuantes

luego entonces :

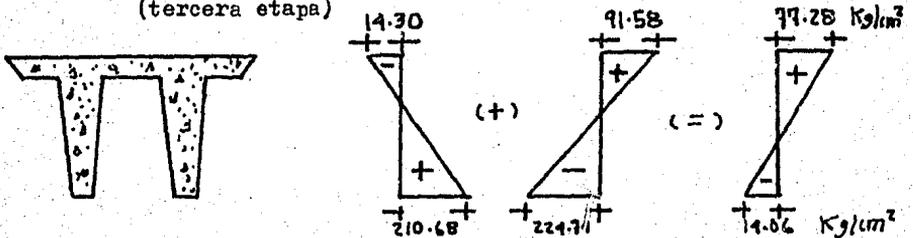
$$\text{compresión : } f_{\text{SSB}} = - 14.30 + 91.58 = 77.28 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{tensión : } f_{\text{ISS}} = 210.68 - 224.74 = - 14.06 \text{ kg/cm}^2$$

h.6) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección A-A (tercera etapa)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS QUE SE PRESENTAN	COMPARACION	ESFUERZOS PERMISIBLES (DESPUES DE LAS PERDIDAS).	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	77.28	<	157.5	CORRECTO
TENSION	(-)	14.06	<	29.93	CORRECTO

h.7) Diagrama representativo de esfuerzos en la sección A-A (tercera etapa)



i) Corrección de esfuerzos

como únicamente existen problemas en la sección B-B (segunda etapa), procederemos a corregir los esfuerzos.

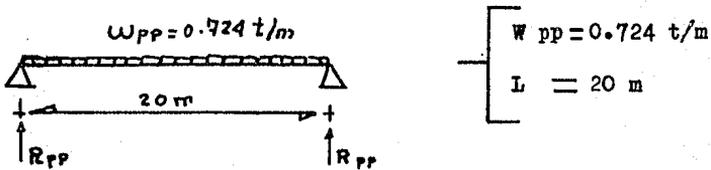
i.I) Obtención de la longitud de engrase(X)

como en la segunda etapa solamente actúan :

- El peso propio
- La fuerza de presfuerzo

luego entonces procederemos a obtener la ecuación de momento por peso propio (M_{pp})

condición de apoyo de la viga :



reacción por peso propio (R_{pp}) :

$$R_{pp} = \frac{w_{pp} (L)}{2} = \frac{0.724(20)}{2} = \underline{7.24 \text{ ton.}}$$

finalmente la ecuación de momento por peso propio (M_{pp}) estará dada por la siguiente expresión :

$$M_{pp} = 7.24(X) - 0.362(X)^2$$

i.I.I) Esfuerzos permitidos

compresión: $0.6(f'_{ci}) = 0.6(280) = 168 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$

tensión : $\sqrt{f'_{ci}} = \sqrt{280} = 16.73 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$

i.I.2) Corrección de la fibra en compresión

Esfuerzo permitido: $f_{\text{permitido}} = 168 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo que se presenta:

$$f_{\text{iss}} = (P_{\text{or}} / A_{\text{ss}}) + \left[P_{\text{or}}(e_r) / I_{\text{ss}} \right] y_{\text{iss}} - (M_{\text{pp}} / I_{\text{ss}}) y_{\text{iss}}$$

igualando el esfuerzo que se presenta con el esfuerzo permitido, se tiene :

$$263.35 - \frac{M_{\text{pp}}}{I_{\text{ss}}} (y_{\text{iss}}) = 168$$

de donde despejaremos al momento por peso propio (M_{pp}):

$$M_{\text{pp}} = (263.35 - 168) \frac{I_{\text{ss}}}{y_{\text{iss}}}$$

Datos : $I_{\text{ss}} = 1\,306\,332.2 \text{ cm}^4$

$$y_{\text{iss}} = 50.53 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$M_{\text{pp}} = (263.35 - 168) \frac{1\,306\,332.2}{50.53} = 2\,465\,046.0 \text{ kg-cm}$$

$$\boxed{M_{\text{pp}} = 24.65 \text{ t-m}}$$

Conociendo ya el valor del momento por peso propio (M_{pp}) se igualara con la ecuación de momento por peso propio ya planteada antes, de donde se despejara la longitud de engrase (X)

Igualdad : $24.65 = 7.24(X) - 0.362(X)^2$

Ordenando términos y haciendo las operaciones necesarias resulta una ecuación de segundo grado de la forma:

$$X^2 + B(X) + C = 0$$

cuya solución está dada por la siguiente expresión :

$$X_{1,2} = (-B/2) \pm \sqrt{(-B/2)^2 - C}$$

Ecuación :

$$X^2 - 20(X) + 68.1 = 0$$

en donde : $B = -20$

$$C = 68.1$$

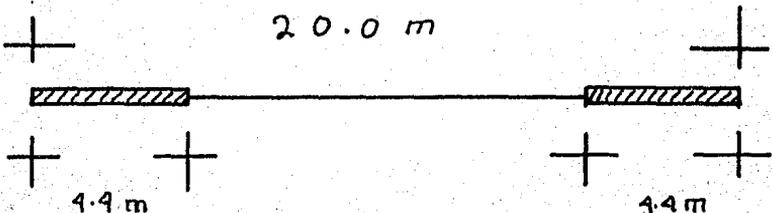
sustitución :

$$X_1 = 10 + \sqrt{100 - 68.1} = \underline{15.65 \text{ m}}$$

$$X_2 = 10 - \sqrt{100 - 68.1} = \underline{4.35 \text{ m}}$$

luego entonces la longitud de engrase es: $X = 4.35 \text{ m}$

Representación gráfica de la longitud de engrase



1.1.3) Corrección de la fibra en tensión

$$\underline{\text{Esfuerzo permitido: } f_{\text{permitido}}} = - 16.73 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo que se presenta:

$$f_{\text{SSS}} = (P_{\text{OR}} / A_{\text{SS}}) - \left[P_{\text{OR}}(e_r) / I_{\text{SS}} \right] y_{\text{SSS}} + (M_{\text{PP}} / I_{\text{SS}}) y_{\text{SSS}}$$

igualando el esfuerzo que se presenta con el esfuerzo permitido, se tiene:

$$- 17.88 + \frac{M_{\text{PP}}}{I_{\text{SS}}}(y_{\text{SSS}}) = - 16.73$$

de donde despejaremos al momento por peso propio (M_{PP})

$$M_{\text{PP}} = (17.88 - 16.73) \frac{I_{\text{SS}}}{y_{\text{SSS}}}$$

$$\text{Datos : } I_{\text{SS}} = 1\,306\,332.2 \text{ cm}^4$$

$$y_{\text{SSS}} = 20.59 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$M_{\text{PP}} = (17.88 - 16.73) \frac{1\,306\,332.2}{20.59} = 72\,961.73 \text{ kg-cm}$$

$$\boxed{M_{\text{PP}} = 0.73 \text{ t-m}}$$

conociendo ya el valor del momento por peso propio (M_{PP})

se igualara con la ecuación de momento por peso propio ya planteada antes, de donde se despejara la longitud de engrase (X)

Igualdad: $0.73 = 7.24(x) - 0.362(x)^2$

Ordenando términos y haciendo las operaciones necesarias resulta una ecuación de segundo grado de la forma:

$$x^2 + B(x) + C = 0$$

cuya solución ésta dada por la siguiente expresión:

$$x_{1,2} = (-B/2) \pm \sqrt{(-B/2)^2 - C}$$

Ecuación :

$$x^2 - 20(x) + 2.02 = 0$$

en donde : $B = -20$

$$C = 2.02$$

Sustitución :

$$x_1 = 10 + \sqrt{100 - 2.02} = 19.90 \text{ m}$$

$$x_2 = 10 - \sqrt{100 - 2.02} = 0.10 \text{ m}$$

luego entonces la longitud de engrase es: $x = 10 \text{ cm}$

Nota: como es muy poca la longitud de engrase, concluimos que no es necesario engrasar torones en la zona de tensión.

j) Revisión de esfuerzos

Sección B-B (segunda etapa)

Expresiones:

compresión :

$$f_{iss} = (P_{or} / A_{ss}) + \left[P_{or} (e_r) / I_{ss} \right] y_{iss}$$

tensión :

$$f_{sss} = (P_{or} / A_{ss}) - \left[P_{or}(e_r) / I_{ss} \right] y_{sss}$$

Datos : Probaremos engrasando 6 torones, luego entonces

$$P_{or} = n(F_o) \quad \text{con} \quad \begin{cases} n = 14 - 6 = 8 \text{ torones} \\ F_o = 13\,686.022 \text{ kg} \end{cases}$$

$$P_{or} = 8(13\,686.022) = \underline{109\,488.18 \text{ kg}}$$

$$A_{ss} = 3\,015.404 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 1\,306\,332.2 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 50.53 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 20.59 \text{ cm}$$

$$e_r = 26.96 \text{ cm}$$

Sustitución :

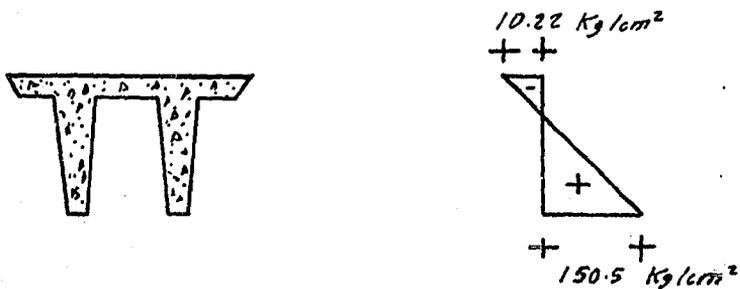
$$f_{iss} = \frac{109\,488.18}{3\,015.404} + \frac{109\,488.18(26.96)}{1\,306\,332.2} (50.53) = 150.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = \frac{109\,488.18}{3\,015.404} - \frac{109\,488.18(26.96)}{1\,306\,332.2} (20.59) = -10.22 \text{ kg/cm}^2$$

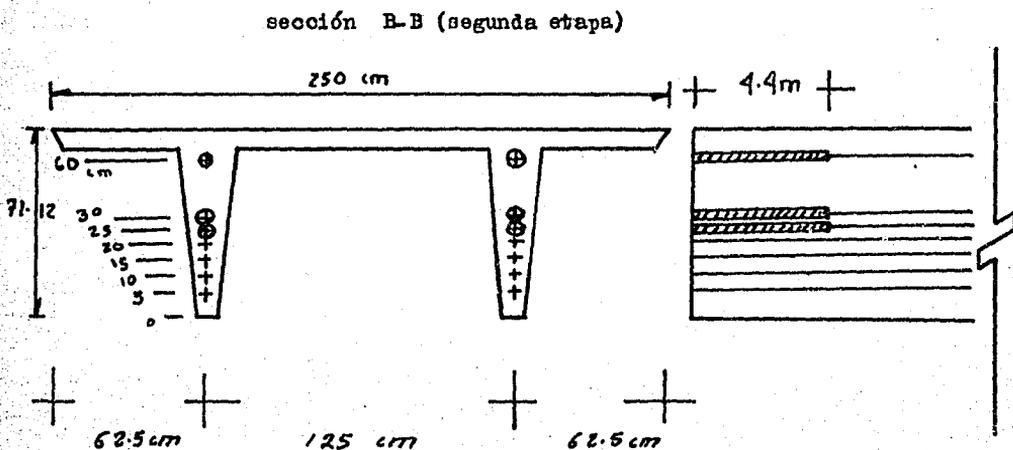
j.I) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección B-B
(segunda etapa)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS FINALES	COMP. ERACION.	ESFUERZOS PERMI- SIBLES (INMEDIATA- MENTE DESPUES DE LA TRANSFERENCIA).	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	150.5	<	168.0	CORRECTO
TENSION	(-)	10.22	<	16.73	CORRECTO

j.2) Diagrama representativo de esfuerzos en la sección B-B (segunda etapa)



j.3) Corte para la visualización del engrase



Nota: se engrasara en ambos extremos de la viga.

2.2) REVISION POR RESISTENCIA Y DEFINICION DEL TIPO DE FALLA POTENCIAL

a) Obtención del momento último actuante

Expresión : $M_{ua} = FC (M_{A-A})$

Datos : $FC = 1.4$ (por condición de CV)

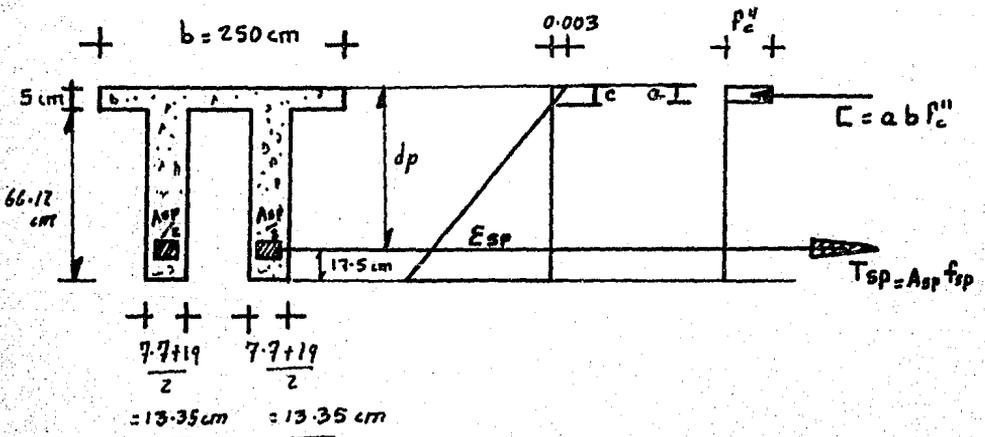
$M_{A-A} = 58.1 \text{ t-m}$

Sustitución :

$M_{ua} = 1.4(58.1) = 81.34 \text{ t-m}$

b) Obtención del momento último resistente (M_{UR})

Equilibrio interno :



b.1) Cálculo del área de acero de presfuerzo (A_{sp})

Expresión : $A_{sp} = (a_{sp}) \text{ No. de torones}$

Nota: para efectuar éste cálculo, únicamente se toma en cuenta el acero de presfuerzo en tensión.

luego entonces :

Datos : No. de torones = 12

$a_{sp} = 1.03 \text{ cm}^2$

Sustitución :

$A_{sp} = 1.03(12) = 12.36 \text{ cm}^2$

b.2) Cálculo del esfuerzo del acero de presfuerzo en tensión que se presenta en el momento en que se presenta la resistencia.

Expresión : $f_{sp} = f_{sr} \left(1 - 0.5 pp \frac{f_{sr}}{f_c} \right)$

Datos : $A_{sp} = 12.36 \text{ cm}^2$

$b = 250 \text{ cm}$

$d_p = 71.12 - 17.5 = 53.62 \text{ cm}$

d_p ; distancia del centriodo del acero de presfuerzo en tensión a la fibra extrema en compresión.

$pp = \left(\frac{A_{sp}}{b \times d_p} \right) = \frac{12.36}{250(53.62)}$

$= 0.000922$

$f_{sr} = 18\ 982 \text{ kg/cm}^2$

$$f''_c = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$$

puesto que $f_c^* = 0.8 f'_c = 0.8(350) = 280 \text{ kg/cm}^2$

$$> \underline{250 \text{ kg/cm}^2}$$

luego entonces:

$$f''_c = (1.05 - \frac{280}{1250}) 280 = 231.28 \text{ kg/cm}^2$$

Sustitución :

$$f_{sp} = 18\,982(1 - 0.5(0.000922) \frac{18\,982}{231.28})$$

$$f_{sp} = \underline{18\,263.763 \text{ kg/cm}^2}$$

b.3) Equilibrio de fuerzas internas

compresión: $C = a(b) f''_c$

tensión : $T = A_{sp}(f_{sp})$

igualando "C" con "T_{sp}", se tiene lo siguiente:

$$a(b) f''_c = A_{sp}(f_{sp})$$

de aquí despejaremos a la profundidad del bloque de esfuerzos(a), :

$$a = \frac{A_{sp}(f_{sp})}{(b) f''_c}$$

Datos: $A_{sp} = 12.36 \text{ cm}^2$
 $f_{sp} = 18\,263.763 \text{ kg/cm}^2$
 $b = 250 \text{ cm}$
 $f'_c = 231.28 \text{ kg/cm}^2$

Sustitución :

$$a = \frac{12.36(18\,263.763)}{250(231.28)} = \underline{3.9 \text{ cm}}$$

luego entonces :

$$c = a/0.8 = \underline{4.875 \text{ cm}} \text{ (profundidad del eje-neutro)}$$

comparando "a" contra "t" , resulta lo siguiente:

$$[a = (3.9 \text{ cm})] < [t = (5 \text{ cm})]$$

luego entonces la viga trabaja como "RECTANGULAR"

Por otra parte , conociendo lo anterior procederemos a calcular el momento último resistente dado por la expresión :

$$M_{uR} = FR \left[A_{sp} (f_{sp}) \left(d_p - \frac{a}{2} \right) \right]$$

Datos : $FR = 0.9$
 $A_{sp} = 12.36 \text{ cm}^2$
 $f_{sp} = 18\,263.763 \text{ kg/cm}^2$
 $d_p = 53.62 \text{ cm}$
 $a = 3.9 \text{ cm}$

Sustitución :

$$M_{uR} = 0.9 \left[(12.36 \times 18\,263.763) \left(53.62 - \frac{3.9}{2} \right) \right]$$

$$= 10\,497\,592.0 \text{ kg-cm}$$

$$= \underline{104.97 \text{ t-m}}$$

b.4) Comparación de momentos

$$M_{uR} = 104.97 \text{ t-m}$$

$$M_{ua} = 81.34 \text{ t-m}$$

Como resultado que $M_{uR} > M_{ua}$, luego entonces concluimos que ésta bien diseñada la sección

c) Obtención del tipo de falla potencial

Los reglamentos proponen que para que la falla que se presenta sea potencialmente DUCTIL, se debiera cumplir la siguiente condición :

$$E_i + E_{sp} \geq E_{yp}/0.75$$

En donde :

E_i ; deformación en el centroide del acero de presfuerzo debido al tensado de los cables, tomando en cuenta las pérdidas

ϵ_{sp} ; deformación del centroide del acero de presfuerzo debido a la flexión , al momento de llegar a la resistencia

ϵ_{yp} ; 0.01 (valor que propone el ASTM)

c.1) Obtención de la deformación (ϵ_i)

Expresión :

$$\epsilon_i = \frac{0.7(K)f_{sr}}{E_{sp}}$$

Datos : $K = 0.8$

$$f_{sr} = 18\,982 \text{ kg/cm}^2$$

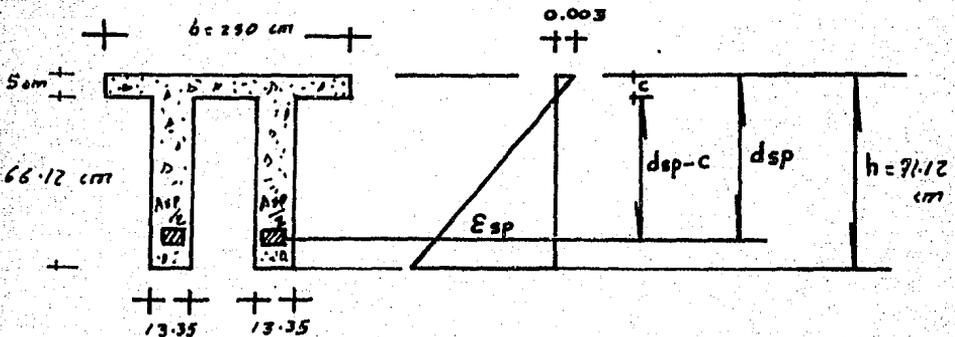
$$E_{sp} = 1.9(10)^6 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{POR SEA TORÓN})$$

Sustitución :

$$\epsilon_i = \frac{0.7(0.8)18\,982}{1.9(10)^6} = 0.0056$$

c.2) Obtención de la deformación (ϵ_{sp})

Para obtener ésta deformación se hará uso del equilibrio interno



Por triangulos semejantes :

$$\frac{0.003}{c} = \frac{\epsilon_{sp}}{d_{sp} - c}$$

de ésta relación despejaremos a la deformación (ϵ_{sp})

$$\epsilon_{sp} = \frac{d_{sp} - c}{c} (0.003)$$

Datos : $d_{sp} = 53.62$ cm

$c = 4.875$ cm

Sustitución :

$$\epsilon_{sp} = \frac{53.62 - 4.875}{4.875} (0.003) = 0.02999$$

luego entonces, se tiene que :

$$\epsilon_i = 0.0056$$

$$\epsilon_{sp} = 0.02999$$

$$\epsilon_{yp} = 0.01$$

haciendo la suma se tiene :

$$\epsilon_i + \epsilon_{sp} = 0.0356$$

haciendo la división se tiene :

$$(\epsilon_{yp} / 0.75) = 0.013$$

c.3) Comparación de deformaciones

como resultado que $(\epsilon_i + \epsilon_{sp}) > (\epsilon_{yp}/0.75)$, luego entonces se concluye lo siguiente :

" LA FALLA ES POTENCIALMENTE DUCTIL "

2.3) REVISION POR ACERO MINIMO

El reglamento del AGI propone que para hacer la revisión por acero mínimo, se realice considerando la siguiente expresión :

$$M_{uR} \geq 1.2 (M_{\text{agrietamiento}})$$

Lo cual implica que si ésta condición se cumple, se considera que el diseño es bueno.

a) Cálculo del momento de agrietamiento ($M_{\text{agrietamiento}}$)

Expresión :

$$M_{\text{agrietamiento}} = \frac{P_r}{A_{ss}} + \frac{P_r (e_r)}{I_{ss}} (y_{iss}) + 2 \sqrt{f_c'} \frac{I_{ss}}{y_{iss}}$$

$$\text{Datos : } P_r = 0.7(K) f_{sr} (A_{sp})$$

$$= 0.7(0.8) 18\ 982 (12.36) = 131\ 385.81 \text{ kg}$$

$$A_{ss} = 3\ 015.404 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 1\ 306\ 332.2 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 50.53 \text{ cm}$$

$$f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$e_r = 26.96 \text{ cm}$$

Sustitución :

El momento de agrietamiento es igual a :

$$= \left[\frac{131\ 385.81}{3\ 015.404} + \frac{131\ 385.81(26.96)}{1\ 306\ 332.2} (50.53) + 2 \sqrt{350} \right] \frac{1\ 306\ 332.2}{50.53}$$

$$= \underline{5\ 635\ 915.4 \text{ kg-cm}}$$

Multiplicando el momento de agrietamiento por 1.2, se tiene :

$$\begin{aligned} 1.2(M_{\text{agrietamiento}}) &= 6\,763\,098.5 \text{ kg-cm} \\ &= \underline{\underline{67.7 \text{ t-m}}} \end{aligned}$$

a.I) Comparación de momentos

$$M_{uR} = 104.97 \text{ t-m}$$

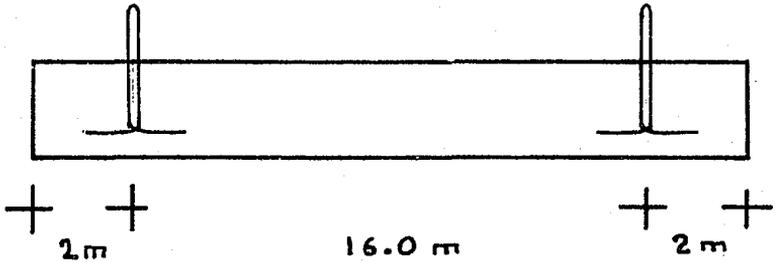
$$1.2(M_{\text{agrietamiento}}) = 67.7 \text{ t-m}$$

como resultado que $M_{uR} > 1.2(M_{\text{agrietamiento}})$, luego

entonces se concluye que se cumple la condición para la revisión por acero mínimo, lo cual implica que es correcta la cantidad de acero de presfuerzo que tiene la sección.

2.4) REVISION POR IZADO

consideremos la siguiente separación entre ganchos de izado :



a) Cálculo del diámetro del torón para los ganchos de izado

Expresión :
$$a_{sp} = \frac{4(P_{viga})}{2(2) f_{sp}}$$

Datos : $P_{viga} = w_{pp}(L) = 0.724(20) = 14.48 \text{ ton.}$

$$f_{sp} = 18\,263.763 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 18.263763 \text{ t/cm}^2$$

Sustitución :

$$a_{sp} = \frac{4(14.48)}{2(2)18.263763} = 0.8 \text{ cm}^2$$

Luego entonces como se requiere una área de acero de presfuerzo de (0.8 cm^2) , resolveremos el problema

utilizando torones de 1/2 in.

b) Cálculo de la longitud de anclaje para el torón

Por especificación se requiere lo siguiente :

$$L_{\text{anclaje}} \geq 40 \text{ diámetros}$$

Datos: torón de 1/2 in. $\longrightarrow \phi = 1.27 \text{ cm}$

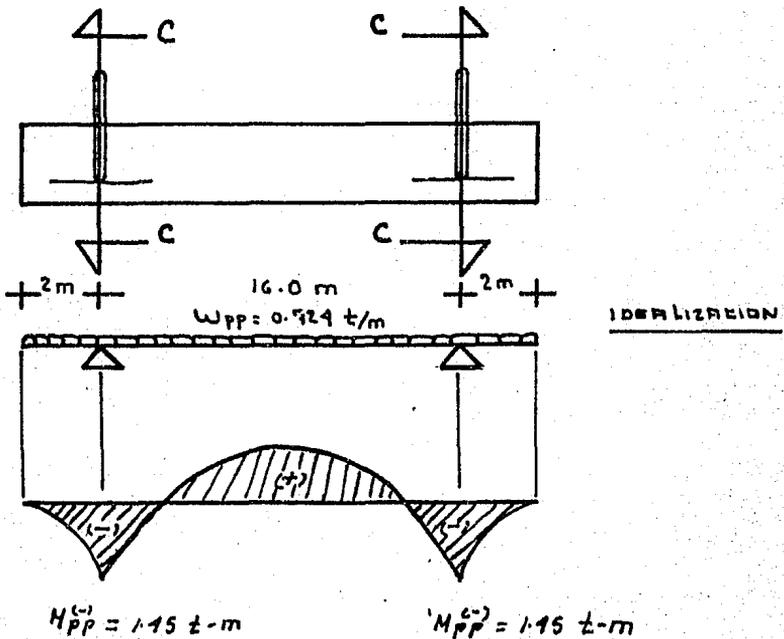
luego entonces, la longitud de anclaje sera :

$$L_{\text{anclaje}} = 40(1.27) = 50.8 \text{ cm}$$

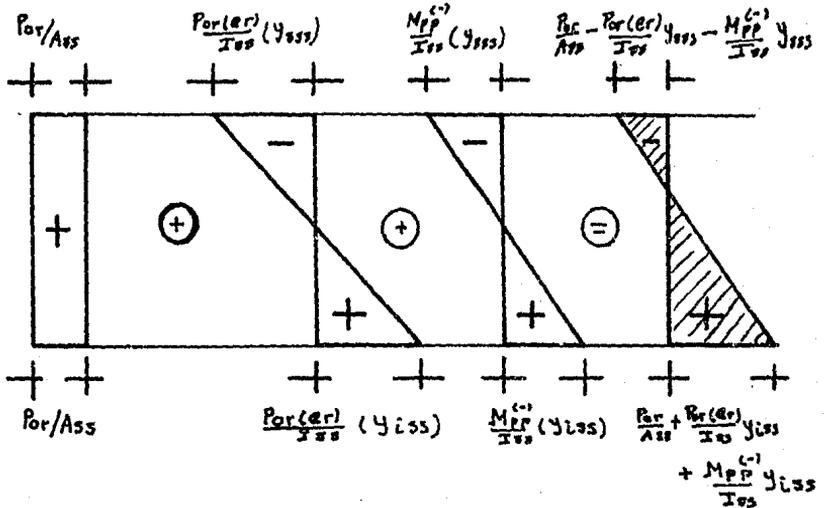
para mayor seguridad tomaremos :

$$L_{\text{anclaje}} = 100 \text{ cm}$$

c) Revisión de esfuerzos



c.1) Diagrama representativo de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (sección de los ganchos de izado)



c.2) Determinación de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (sección de los ganchos de izado)

Expresiones:

compresión:

$$f_{iss} = (P_{or} / A_{ss}) + \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{iss} + (M_{pp}^{(c)} / I_{ss}) y_{iss}$$

tensión :

$$f_{sss} = (P_{or} / A_{ss}) - \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{sss} - (M_{pp}^{(c)} / I_{ss}) y_{sss}$$

Datos : $P_{or} = 109\,488.18 \text{ kg}$ (puesto que a dos metros del apoyo, únicamente están trabajando 8 torones).

$$A_{ss} = 3\,015.404 \text{ cm}^2$$

$$I_{SS} = 1\,306\,332.2 \text{ cm}^4$$

$$y_{SS} = 20.59 \text{ cm}$$

$$y_{ISS} = 50.53 \text{ cm}$$

$$M_{pp}^{(-)} = 1.45 \text{ t-m}$$

$$e_r = 26.96 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$\begin{aligned} f_{ISS} &= \frac{109\,488.18}{3\,015.404} + \frac{109\,488.18(26.96)}{1\,306\,332.2}(50.53) \\ &+ \frac{1.45(10)^5}{1\,306\,332.2}(50.53) \\ &= \underline{156.1} \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

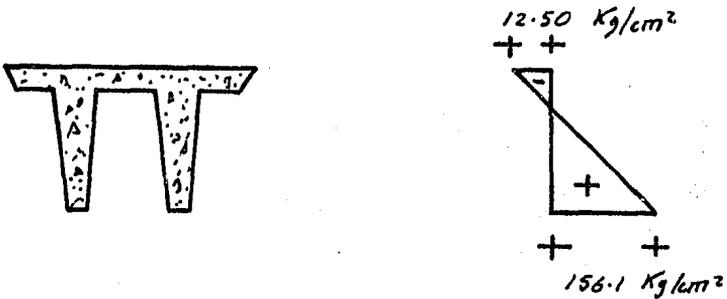
$$\begin{aligned} f_{SSS} &= \frac{109\,488.18}{3\,015.404} - \frac{109\,488.18(26.96)}{1\,306\,332.2}(20.59) \\ &- \frac{1.45(10)^5}{1\,306\,332.2}(20.59) \\ &= \underline{-12.50} \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Determinación de esfuerzos permisibles

$$\text{compresión: } 0.6 (f_{ci}) = 0.6(280) = 168 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

$$\text{tensión : } \sqrt{f_{ci}} = \sqrt{280} = 16.73 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

c.3) Diagrama representativo de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (sección de los ganchos de izado)



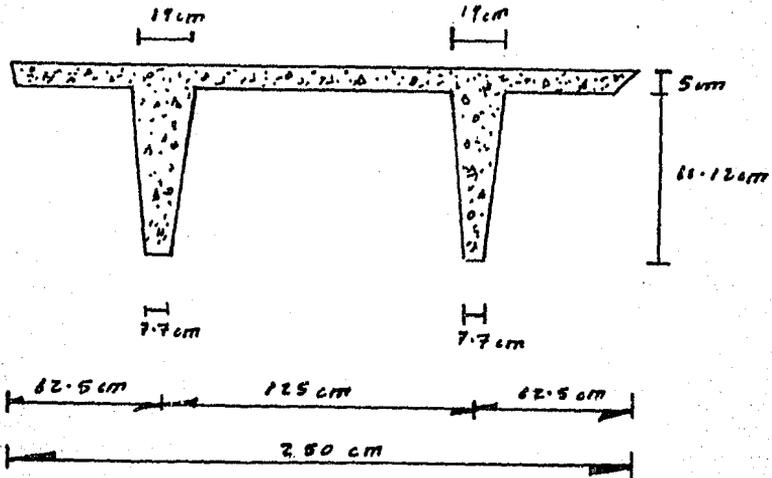
c.4) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección C-C (sección de los ganchos de izado)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS QUE SE PRESENTAN	COMPARACION	ESFUERZOS PERMISIBLES (INMEDIATAMENTE DESPUES DE INSTALARSE.)	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	156.1	<	168.0	CORRECTO
TENSION	(-)	12.50	<	16.73	CORRECTO

c.5) De la revisión por izado se llega a lo siguiente

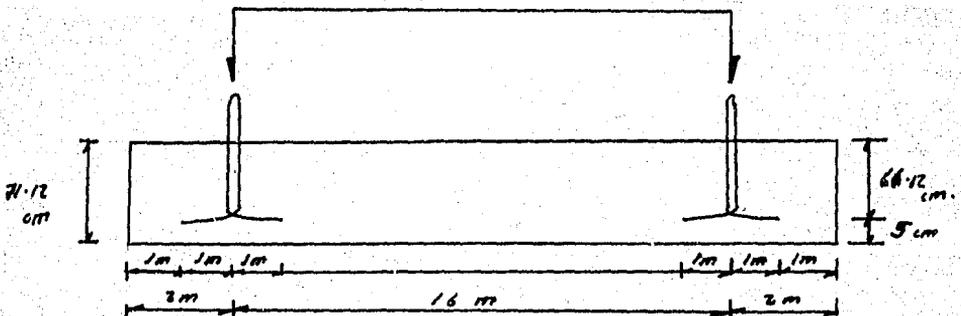
se colocaran ganchos de izado (los cuales se haran con torones de diámetro igual a 1/2 in.)

Armado :



Ganchos de izado

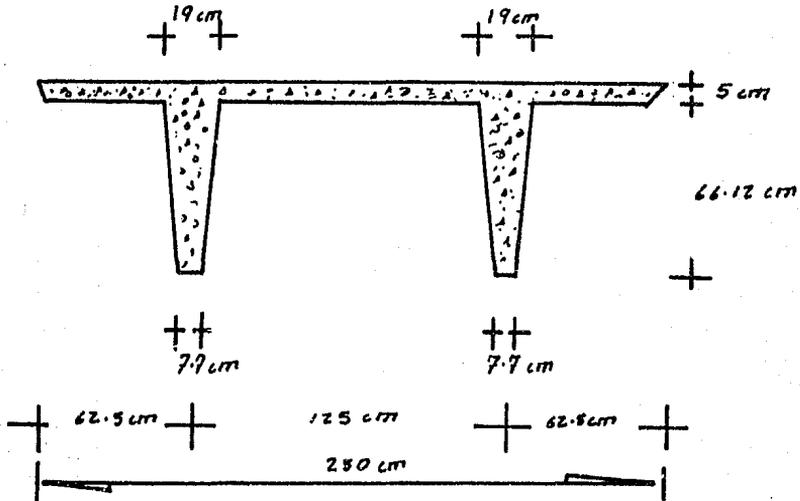
(torón de 1/2 in.)



DISEÑO POR CORTANTE

2.1) DIMENSIONAMIENTO Y REVISIÓN POR EL METODO DE RESISTENCIA

a) Características geométricas de la sección



b) Obtención de la fuerza cortante que toma el concreto (V_c)

Nota: la fuerza cortante que toma el concreto ésta determinada por el tipo de sección, para ésta sección doble "T" se utilizara la siguiente expresión :

$$V_c = FR (b' d + a^2) \left[0.15 \sqrt{f_c} + 50 (d_t) \frac{V_a}{M_a} \right]$$

Datos : FR = 0.8

b = 2.5 m

$d_t = 71.12 - 23.57 = 47.55 \text{ cm} = 0.4755 \text{ m}$

$$d = 71.12 - 17.5 = 53.62 \text{ cm} = 0.5362 \text{ m}$$

con : d_t ; distancia de la fibra extrema en compresión, al centroide del acero de presfuerzo total.

d ; distancia de la fibra extrema en compresión, al centroide del acero de presfuerzo en tensión.

$$a = 3.9 \text{ cm} = 0.039 \text{ m}$$

$$f_c^* = 280 \text{ kg/cm}^2 = 2800 \text{ t/m}^2$$

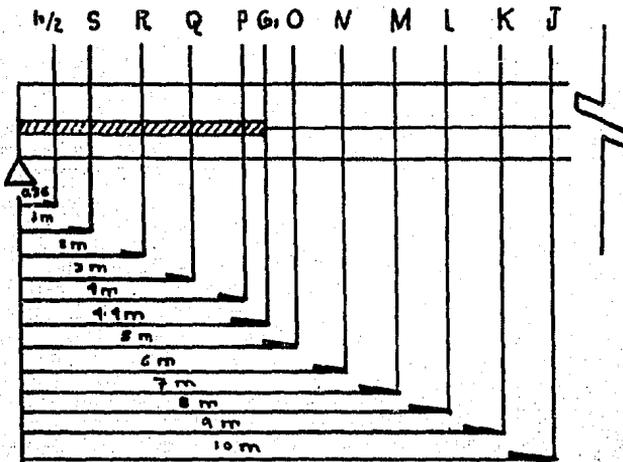
$$b^1 = 2((7.7 + 19) / 2) = 26.7 \text{ cm} = 0.267 \text{ m}$$

Sustitución :

$$V_c = 0.8 \left[0.267(0.5362) + (0.039)^2 \right] \left[0.15 \sqrt{2800} + 50(0.4755) \frac{V_a}{M_a} \right]$$

$$V_c = \left[0.920 + (2.750 \frac{V_a}{M_a}) \right]$$

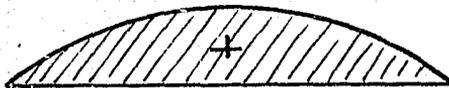
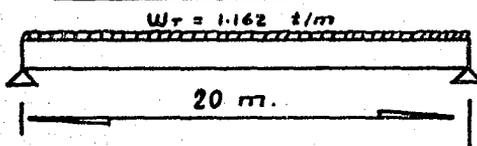
c) Secciones que hay que revisar por cortante



Sección	Distancia
h/2	0.36 m
S	1.0 m
R	2.0 m
Q	3.0 m
P	4.0 m
G	4.4 m
O	5.0 m
N	6.0 m
M	7.0 m
L	8.0 m
K	9.0 m
J	10.0 m

d) Obtención de los elementos mecánicos actuantes

condición de apoyo :



(D.M.F)



(D.F.V)

Los diagramas anteriores están dados por las siguientes ecuaciones :

Para momento	Para cortante
$M = R(X) - W_t \left(\frac{X^2}{2} \right)$	$V = R - W_t(X)$
$R = W_t(L/2) = 1.162(20/2) = 11.62 \text{ ton.}$	
$M = 11.62(X) - 0.581(X)^2$	$V = 11.62 - 1.162(X)$

Unidades : La distancia : X  m
 El momento F. : M  t-m
 La fuerza G. : V  ton.

Luego entonces , ya conocidas las tres ecuaciones siguientes (Vc, V, M) , procederemos al dimensionamiento y revisión por fuerza cortante

Ecuaciones conocidas :

$V_c = 0.920 + \left(2.750 \frac{V_a}{M_a} \right)$
$V = 11.62 - 1.162(X)$
$M = 11.62(X) - 0.581(X)^2$

d.1) Datos

Utilizaremos estribos de 5/16 in. (2 ramas)

$$E \rightarrow \phi = 5/16 \text{ in. (2 ramas) ; } (a_s = 0.49 \text{ cm}^2)$$

$$d = 53.62 \text{ cm}$$

$$b = 26.7 \text{ cm}$$

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$FR = 0.8$$

$$a = 3.9 \text{ cm}$$

$$A_v = 2(a_s) = 2(0.49) = 0.98 \text{ cm}^2$$

$$h = 71.12 \text{ cm}$$

d.2) Separación de estribos

Separación de estribos requerida para cálculo

Expresión :

$$S_I = \frac{FR (A_v) (f_y) d}{V_{ua} - V_c}$$

Sustitución :

$$S_I = \frac{0.8(0.98)(4\,200)53.62}{V_{ua} - V_c} = \frac{176\,559.94}{V_{ua} - V_c} \quad (\text{cm})$$

Separación de estribos por especificación
(área mínima)

Expresión:

$$s_2 = \frac{FR (A_v) f_y}{3.5(b)}$$

Sustitución :

$$S_2 = \frac{0.8(0.98)4200}{3.5(26.7)} = \underline{35.23} \text{ cm}$$

Separación de estribos(S_3)

Expresión : $S_3 = 0.75(h)$ /

Sustitución:

$$S_3 = 0.75(71.12) = 53.34 \text{ cm}$$

$$\text{si } V_{ua} \leq 1.5 \text{ FR } (b'd + a^2) \sqrt{f_c^*}$$

Separación de estribos(S_4)

Expresión: $S_4 = 0.375(h)$ /

Sustitución:

$$S_4 = 0.375(71.12) = 26.67 \text{ cm}$$

$$\text{si } V_{ua} > 1.5 \text{ FR } (b'd + a^2) \sqrt{f_c^*}$$

d.3) Especificaciones generales de cortante

$$\text{si } V_{ua} \leq 2.5 \text{ FR } (b'd + a^2) \sqrt{f_c^*} \longrightarrow \boxed{\text{sección correcta}}$$

$$\text{si } V_{ua} > 2.5 \text{ FR } (b'd + a^2) \sqrt{f_c^*} \longrightarrow \boxed{\text{sección insuficiente}}$$

d.4) Constantes de cálculo

$$(h = 71.12 \text{ cm}) < 1 \text{ m}$$

$$(h/b = 2.66) < 6$$

$$\begin{aligned} 1.5 \text{ FR } (b^3 d + a^2) \sqrt{f_c^*} &= 1.5(0.8) \left[26.7(53.62) + (3.9)^2 \right] \sqrt{280} \\ &= 29\,052.8 \text{ kg} \\ &= \underline{29.05 \text{ ton.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.5 \text{ FR } (b^3 d + a^2) \sqrt{f_c^*} &= 2.5(0.8) \left[26.7(53.62) + (3.9)^2 \right] \sqrt{280} \\ &= 48\,421.33 \text{ kg} \\ &= \underline{48.42 \text{ ton.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c \text{ máx.} &= 1.3 \text{ FR } (b^3 d + a^2) \sqrt{f_c^*} \\ &= 1.3(0.8) \left[26.7(53.62) + (3.9)^2 \right] \sqrt{280} \\ &= 25\,179.1 \text{ kg} \\ &= \underline{25.17 \text{ ton.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c \text{ mín.} &= 0.3 \text{ FR } (b^3 d + a^2) \sqrt{f_c^*} \\ &= 0.3(0.8) \left[26.7(53.62) + (3.9)^2 \right] \sqrt{280} \\ &= 5\,810.6 \text{ kg} \\ &= \underline{5.80 \text{ ton.}} \end{aligned}$$

d.5) Opciones para separación de estribos

$$S_1 = \frac{176\,559.94}{V_{ua} - V_c}$$

$$S_2 = 35.23 \text{ cm}$$

$$S_3 = 53.34 \text{ cm} \longrightarrow \text{si } V_{ua} \leq \underline{29.05 \text{ ton.}}$$

$$S_4 = 26.67 \text{ cm} \longrightarrow \text{si } V_{ua} > \underline{29.05 \text{ ton.}}$$

FACCION CONCEPTO	h/2	S	R	Q	P	G ₁	O	N	M	L	K	J	apropiado
V _a	11.10	10.16	9.30	8.13	6.97	6.51	5.81	4.65	3.49	2.32	1.16	0.00	VER INCISO (d)
V _{ua} = 1.4 V _a	15.68	14.69	13.02	11.38	9.74	9.11	8.13	6.51	4.89	3.25	1.62	0.00	
COMENTARIO	S.C	S.C	S.C	S.C	S.C	S.C	S.C	S.C	S.C	S.C	S.C	S.C	ESTRUC(4+17) ² /16
M _a	4.11	11.04	20.92	29.63	37.18	39.88	43.58	48.80	52.87	55.70	57.22	58.10	VER INCISO (d)
V _a /M _a (1/m)	2.75	1.95	0.44	0.27	0.19	0.16	0.13	0.10	0.07	0.04	0.02	0.00	
V _c	6.43	3.53	2.13	1.66	1.49	1.36	1.28	1.20	1.11	1.03	0.98	0.92	VER INCISO (d)
V _c mín.	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	ESTRUC(4+17) ² /16
V _c máx.	25.17	25.17	25.17	25.17	25.17	25.17	25.17	25.17	25.17	25.17	25.17	25.17	ESTRUC(4+17) ² /16
V _c comp.	6.43	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	
V _c definitivo	6.43	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	Se cumple $\frac{h}{4} \geq 6$
V' = V _{ua} - V _c	7.25	8.84	7.22	5.58	3.96	3.31	2.33	0.71	-	-	-	-	
Separación requerida (S _r) m	0.29	0.20	0.24	0.32	0.45	0.53	0.76	2.49	-	-	-	-	VER INCISO (d.5)
Separación por especificación (S _e) m	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	VER INCISO (d.5)
V _{comparación}	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	ESTRUC(4+17) ² /16
Separación (S _g) m	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	SI V _{ua} > V _{comparación}
Separación (S _f) m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SI V _{ua} > V _{comparación}
Separación mínima S _r = 2(1.1, 1.4, 1.7, 2.1)	0.29	0.20	0.24	0.32	0.45	0.53	0.76	2.49	0.75	0.75	0.75	0.75	
Separación definitiva S _e comp.	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
V' _{real} = $\frac{F_R A_v f_y d}{S_{comp}}$	8.83	8.83	8.83	8.83	8.83	8.83	8.83	8.83	8.83	8.83	8.83	8.83	
V _{ua} = $\begin{cases} V_c \text{ mínimo (c)} \\ V'_{real} \end{cases}$	17.26	14.63	14.63	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	compara ultimo resistente
V _{ua} contra V _{ua}	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	correcto

DIMENSIONAMIENTO

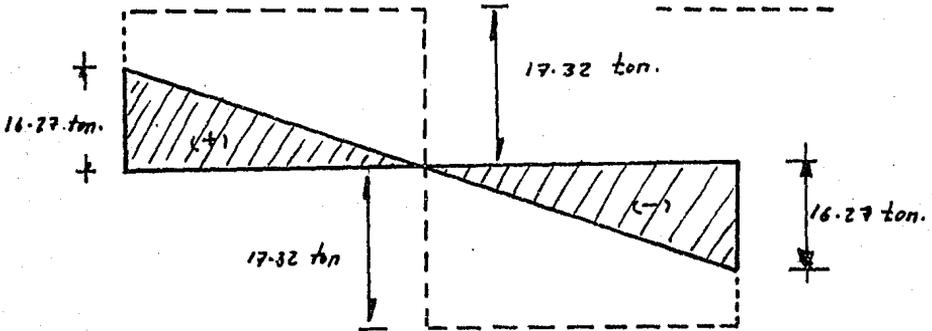
REVISIÓN

d.6) Diagrama de capacidad a cortante

Simbología:

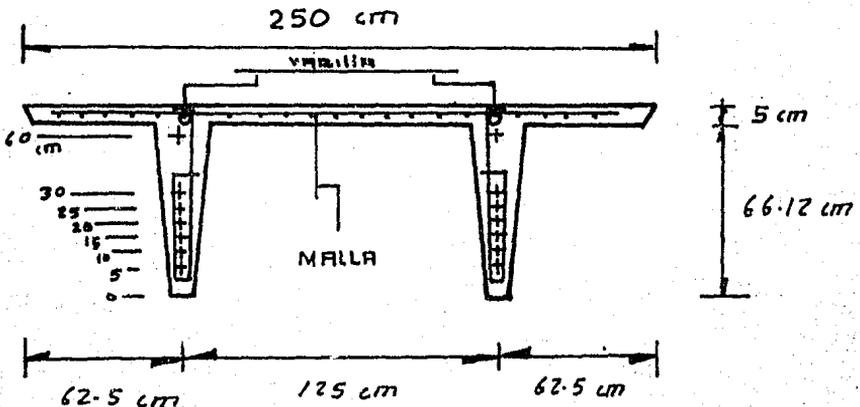
Cortante que se presenta

Cortante que resiste



d.7) Armado por cortante

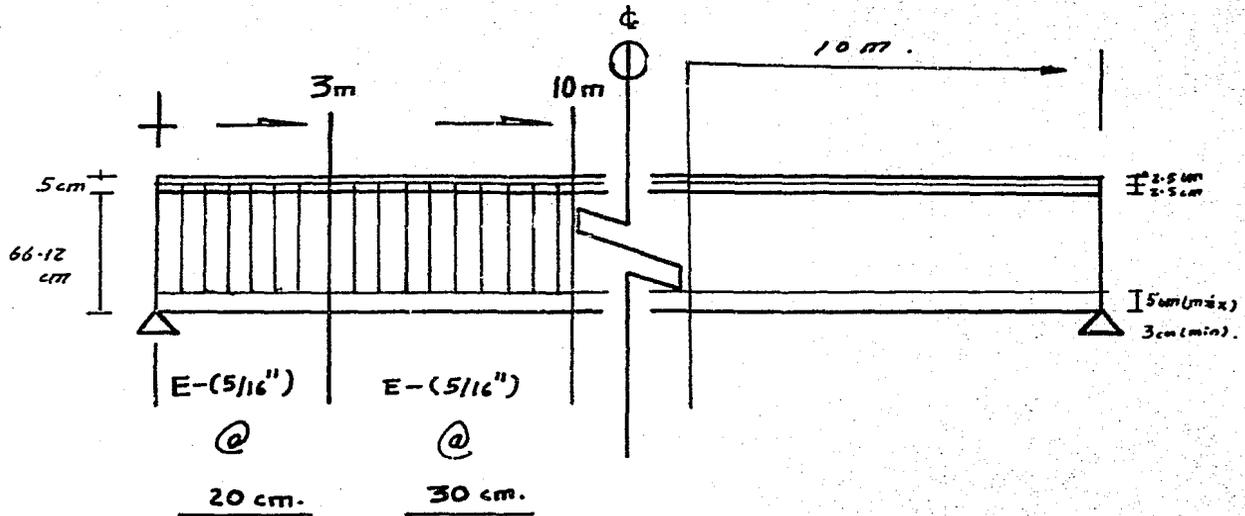
sección transversal



Nota: por especificación se colocara lo siguiente :

- *) Malla (6 x 6 x 6/6) ; para evitar el agrietamiento de los patines. ($f_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$).
- *) V. # 4 (para facilitar el armado)

Sección longitudinal

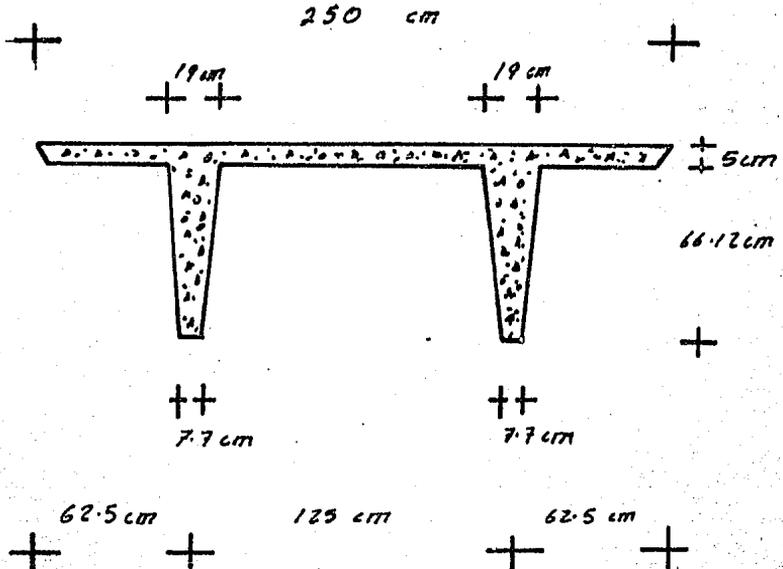


REVISION DE LOS EXTREMOS DE LA VIGA DOBLE "T"

Nota: se utilizara el procedimiento de KHACHATURIAN para reforzar los extremos de la viga.

El refuerzo en los extremos conciste en colocar estribos adicionales a los requeridos por cortante.

a) Características de la sección



Datos : $L = 20$ m (simplemente apoyada)

$$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sr} = 18\,982 \text{ kg/cm}^2$$

Ancho máximo de grietas : $w = 0.01$ cm

Estribos de 1/2 in.

$$A_{ss} = 3\,015.404 \text{ cm}^2$$

$$y_{1ss} = 50.53 \text{ cm}$$

$$I_{BE} = 1\,306\,332.2 \text{ cm}^4$$

$$y = 20.59 \text{ cm}$$

sss

b.3) Cálculo de la relación(e_r / h)

Datos : $e_r = 38.03$ cm

$h = 71.12$ cm

Sustitución :

$$(e_r/h) = (38.03/71.12) = \underline{0.54}$$

b.4) Cálculo de las relaciones (y/h)

se consideraran 10 secciones, luego entonces el incremento de "y" sera :

$$\Delta y = (h/10) = (71.12/10) = 7.112 \text{ cm}$$

tabla de relaciones :

sección	y	h	y/h
1	7.112	71.12	0.1
2	14.224	71.12	0.2
3	21.336	71.12	0.3
4	28.448	71.12	0.4
5	35.56	71.12	0.5
6	42.672	71.12	0.6
7	49.784	71.12	0.7
8	56.896	71.12	0.8
9	64.008	71.12	0.9
10	71.12	71.12	1.0

b.5) Cálculo de la fuerza de presfuerzo total(P_T)

Expresión : $P_T = n(F)$

Datos : $n = 8$ torones
 $F = 10\ 948.818$ kg

Sustitución :

$$P_T = 8(10\ 948.818) = \underline{87\ 590.544 \text{ kg}}$$

b.6) Cálculo del momento ($P_T \cdot e_r$)

Datos : $P_T = 87\ 590.544\ \text{kg}$

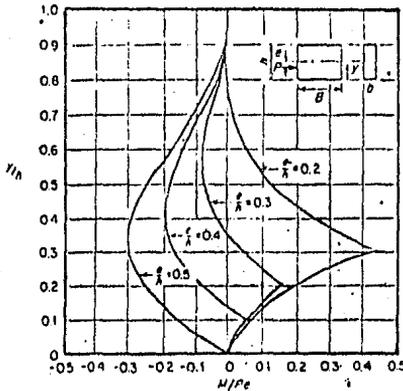
$e_r = 38.03\ \text{cm}$

Sustitución :

$$87\ 590.544(38.03) = \underline{3\ 331\ 068.4\ \text{kg-cm}}$$

b.7) Cálculo del momento máximo en valor absoluto

haciendo uso de la gráfica siguiente:



procederemos a calcular la siguiente tabla :

y	h	y/h	$M/(P_T \cdot e_r)$	M
0	71.12	0.0	0.0	0.0
7.112	71.12	0.1	- 0.04	- 133242.74
14.224	71.12	0.2	- 0.17	- 566281.63
21.336	71.12	0.3	- 0.23	- 766145.73
28.448	71.12	0.4	- 0.22	- 732835.05
35.560	71.12	0.5	- 0.20	- 666213.68
42.672	71.12	0.6	- 0.17	- 566281.63
49.784	71.12	0.7	- 0.10	- 333106.84
56.896	71.12	0.8	- 0.03	- 99932.05
64.008	71.12	0.9	0.00	0.00
71.12	71.12	1.0	0.00	0.00

$$M \text{ máx.} = \underline{766\ 145.73 \text{ kg-cm}}$$

b.8) Cálculo de la fuerza de tensión máxima (T)

$$\text{Expresión : } T = \frac{M \text{ máx.}}{h - z}$$

$$\text{Datos : } M \text{ máx.} = 766\ 145.73 \text{ kg-cm}$$

$$h = 71.12 \text{ cm}$$

$$z = h/4 = 71.12/4 = 17.78 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$T = \frac{766\ 145.73}{71.12 - 17.78} = \underline{14\ 363.44 \text{ kg}}$$

b.9) Cálculo del esfuerzo permitido en estribos

Expresión :

$$f_s = 1.67 \sqrt{\left(E_s \sqrt{f_c'} / a_s \right) (w)} \leq 0.5 f_y$$

$$\text{Datos : } E_s = 2(10)^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$w = 0.01 \text{ cm}$$

$$a_s = 1.27 \text{ cm}^2 \text{ para estribos de } 1/2 \text{ in.}$$

Sustitución :

$$f_s = 1.67 \sqrt{\frac{2(10)^6 \sqrt{350}}{1.27} (0.01)} = 906.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{por otra parte : } 0.5 f_y = 0.5(4\ 200) = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

Comparación :

como $f_s < 0.5 f_y$; luego entonces
estamos bien.

b.IO) Cálculo del área de acero para estribos

Expresión : $A_s = \frac{T}{f_s}$

Datos : $T = 14363.44 \text{ kg}$

$$f_s = 906.5 \text{ kg/cm}^2$$

Sustitución :

$$A_s = \frac{14\,363.44}{906.5} = \underline{15.84 \text{ cm}^2}$$

b.II) Cálculo del número de estribos requeridos para la zona de transferencia(h/2)

Expresión : $n = (A_s / A_v)$

Datos : $A_s = 15.84 \text{ cm}^2$

$$A_v = 2(a_s) = 2(1.27) = 2.54 \text{ cm}^2$$

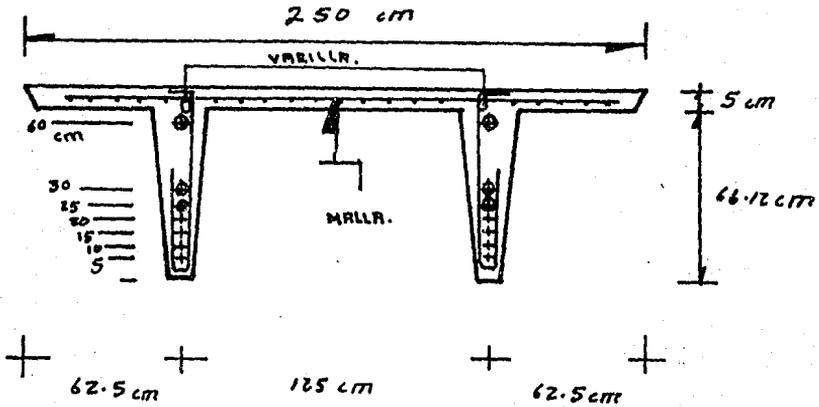
Sustitución :

$$n = \frac{15.84}{2.54} = \underline{8 \text{ estribos}}$$

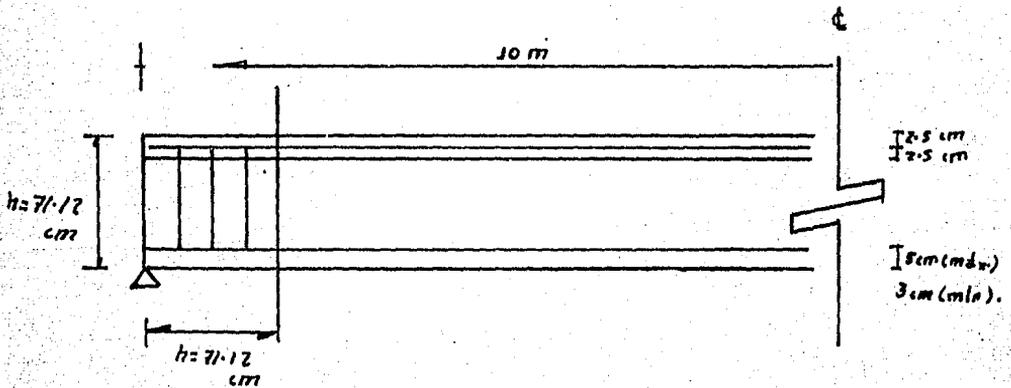
luego entonces, para una distancia "h" del extremo
hacia el centro del claro se necesitaran 16 estribos.

b.I2) Armado de los extremos

sección transversal



sección longitudinal

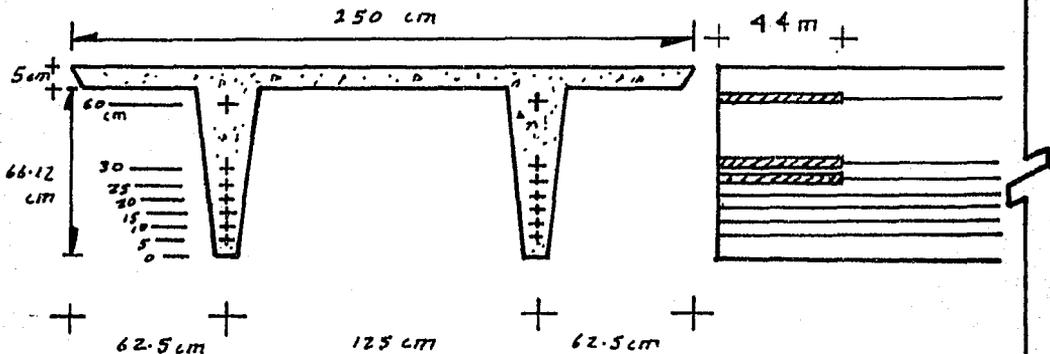


$E \rightarrow (\phi = 1/2") @ 10 \text{ cm}$

} en ambos extremos }
de la viga.

c) Revisión de la sección donde termina el engrase de torones (sección donde trabaja todo el presfuerzo)

c.1) Colocación del acero de presfuerzo



c.2) Cálculo del centroide del acero de presfuerzo

$$\text{Expresión : } e'_r = \frac{\sum FY}{\sum F}$$

$$\text{Datos : } \sum FY = 2(5) + 2(10) + 2(15) + 2(20) + 2(25) + 2(30) + 2(60) \\ = 330$$

$$\sum F = 14$$

$$\text{Sustitución: } e'_r = \frac{330}{14} = 23.57 \text{ cm}$$

$$\text{luego entonces : } e_r = y_{188} - e'_r = 50.53 - 23.57 = \underline{26.96 \text{ cm}}$$

c.3) Cálculo de la relación(e_r / h)

$$\text{Datos : } e_r = 26.96 \text{ cm}$$

$$h = 71.12 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$(e_r / h) = (26.96 / 71.12) = 0.4$$

c.4) Cálculo de las relaciones (y/h)

se consideraran 10 secciones, luego entonces el incremento de "y" sera :

$$\Delta y = (h/10) = (71.12/10) = 7.112 \text{ cm}$$

tabla de relaciones:

sección	y	h	y/h
1	7.112	71.12	0.1
2	14.224	71.12	0.2
3	21.336	71.12	0.3
4	28.448	71.12	0.4
5	35.56	71.12	0.5
6	42.672	71.12	0.6
7	49.784	71.12	0.7
8	56.896	71.12	0.8
9	64.008	71.12	0.9
10	71.12	71.12	1.0

c.5) Cálculo de la fuerza de presfuerzo total (P_T)

Expresión : $P_T = n(F)$

Datos : n = 14 torones
F = 10 948.818 kg

Sustitución : $P_T = 14(10 948.818) = \underline{153 283.45 \text{ kg}}$

c.6) Cálculo del momento ($P_T \cdot e_r$)

Datos: $P_T = 153 283.45 \text{ kg}$

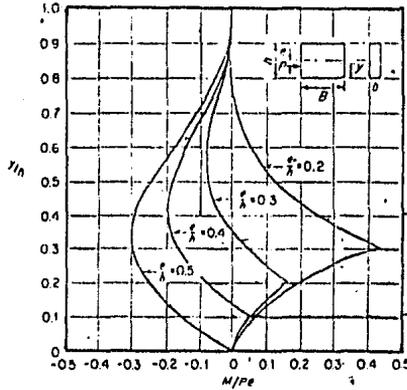
$e_r = 26.96 \text{ cm}$

Sustitución :

$$153 283.45(26.96) = \underline{4 132 521.9 \text{ kg-cm}}$$

c.7) Cálculo del momento máximo en valor absoluto

haciendo uso de la siguiente gráfica :



procederemos a calcular la siguiente tabla :

y	h	y/h	$M/(P_T \cdot e_r)$	M
0	71.12	0.0	0.0	0.0
7.112	71.12	0.1	0.06	247 951.31
14.224	71.12	0.2	- 0.08	- 330 601.75
21.336	71.12	0.3	- 0.17	- 702 528.72
28.448	71.12	0.4	- 0.20	- 826 504.38
35.56	71.12	0.5	- 0.19	- 785 179.16
42.672	71.12	0.6	- 0.13	- 537 227.85
49.784	71.12	0.7	- 0.09	- 371 926.97
56.896	71.12	0.8	- 0.02	- 82 650.44
64.008	71.12	0.9	0.00	0.00
71.12	71.12	1.0	0.00	0.00

M máx. = 826 504.38 kg-cm

c.8) Cálculo de la fuerza de tensión máxima(T)

$$\text{Expresión : } T = \frac{M \text{ máx.}}{h - Z}$$

$$\text{Datos : } M \text{ máx.} = 826 \ 504.38 \text{ kg-cm}$$

$$h = 71.12 \text{ cm}$$

$$Z = h/4 = 71.12/4 = 17.78 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$T = \frac{826 \ 504.38}{71.12 - 17.78} = \underline{15 \ 945 \text{ kg}}$$

c.9) Cálculo del esfuerzo permitido en estribos

se calculo anteriormente y resulto ser :

$$f_s = \underline{906.5 \text{ kg/cm}^2}$$

c.10) Cálculo del área de acero para estribos

$$\text{Expresión : } A_s = \frac{T}{f_s}$$

$$\text{Datos : } T = 15 \ 945 \text{ kg}$$

$$f_s = 906.5 \text{ kg/cm}^2$$

Sustitución :

$$A_s = \frac{15 \ 945}{906.5} = \underline{17 \text{ cm}^2}$$

c.11) Cálculo del número de estribos requeridos para la zona de transferencia(h/2)

$$\text{Expresión : } n = (A_s / A_v)$$

$$\text{Datos : } A_s = 17 \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2(a_s) = 2(1.27) = \underline{2.54 \text{ cm}^2}$$

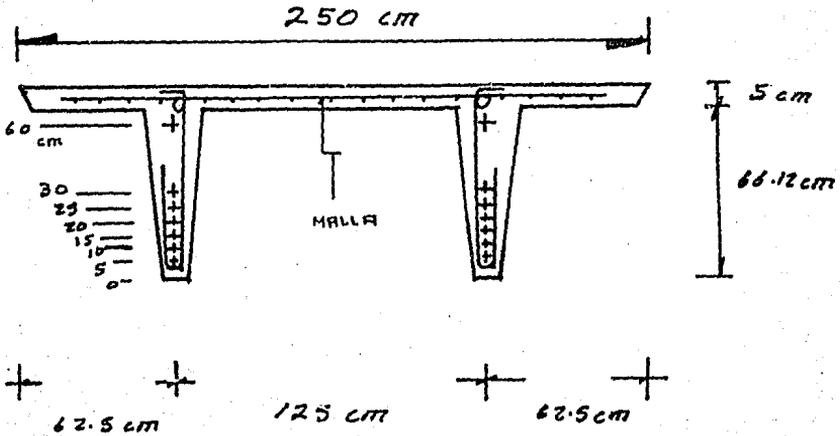
Sustitución:

$$n = \frac{17}{2.54} = 7 \text{ estribos}$$

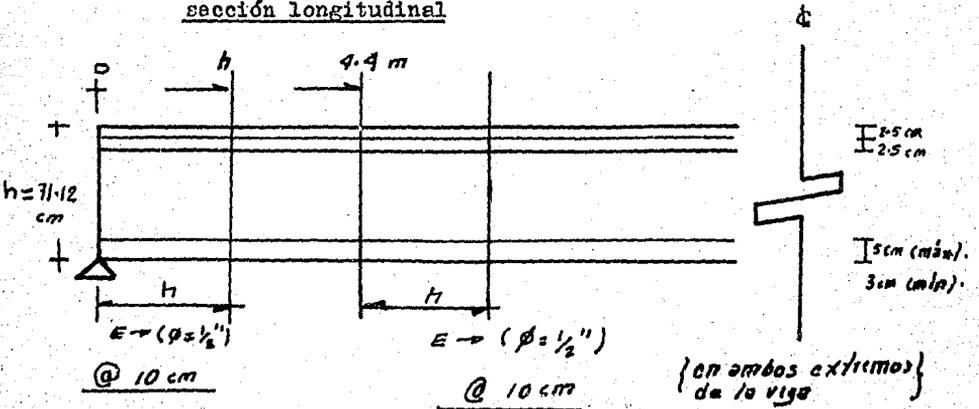
luego entonces para una distancia "h" a partir de donde se termina el engrase, se necesitaran 14 estribos.

c.I2) Armado de los extremos

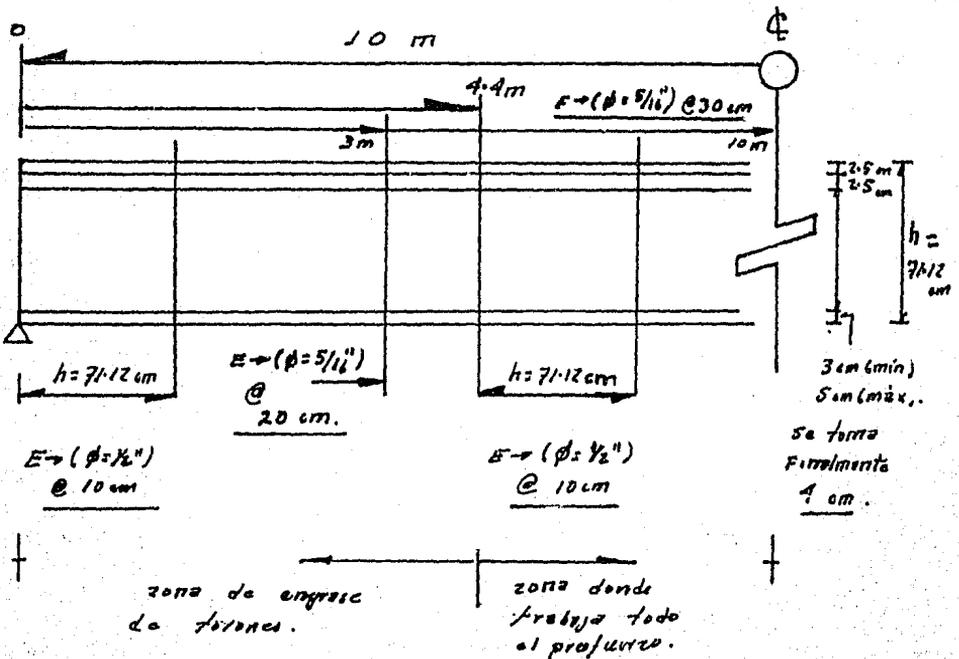
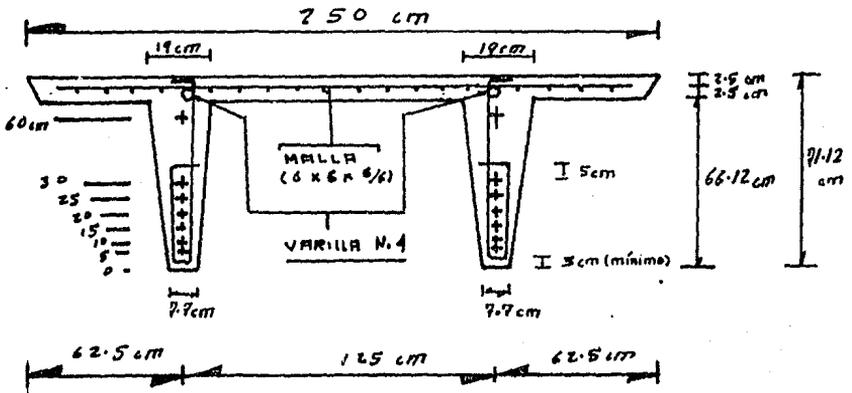
sección transversal



sección longitudinal



ARMADO FINAL DE LA VIGA DOBLE "T"

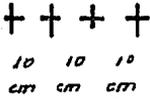
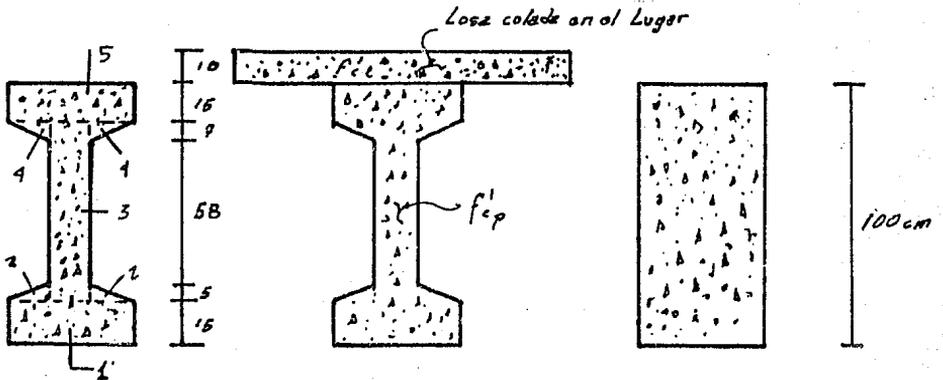


PROBLEMA No. 3

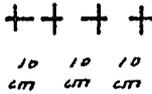
ENUNCIADO:

DISEÑO DE UNA VIGA DE SECCION "I"
PRESFORZADA, TRABAJANDO CON UNA
LOSA COLADA EN EL LUGAR

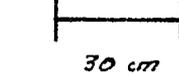
CARACTERISTICAS GEOMETRICAS



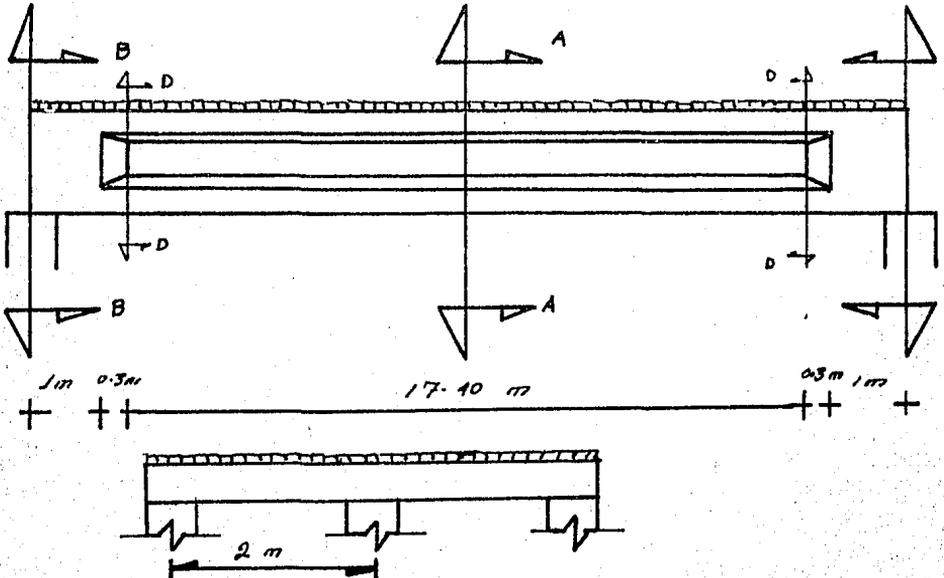
Sección simple
(ϕ)



Sección compuesta
(ϕ)



Sección simple
(en apoyos)



DATOS :

$$W_{cm} = 80 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{cv} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{losa} = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{regl.} = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$f_c = \begin{cases} losa = 200 \text{ kg/cm}^2 \\ viga = 400 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

$$f_{sr} = 270 \text{ K}$$

$$= 270\,000 \text{ lb/in}^2$$

$$= 13\,982 \text{ kg/cm}^2$$

torón de ($\phi = 3/8 \text{ in}$)

(al cual le corresponde una área de 0.55 cm^2)

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_{pp} = 443.5 \text{ kg/m}$$

Nota: la (W_{pp}) se obtuvo de la siguiente manera:

Promedio pesado en función de áreas :

$$\text{sección rectangular} \quad \text{-----} \quad A = 0.3 \text{ m}^2$$

$$\text{sección "I"} \quad \text{-----} \quad A = 0.172 \text{ m}^2$$

$$\text{luego : } W_{pp} \text{ sección rectangular} : 2\,400(0.3) = 720 \text{ kg/m}$$

$$W_{pp} \text{ sección "I"} : 2\,400(0.172) = 412.8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Finalmente: } W_{pp} = \frac{720(2) + (18)412.8}{2+18} = \underline{\underline{443.5 \text{ kg/m}}}$$

DISEÑO POR FLEXION

3.1) DIMENSIONAMIENTO Y REVISION POR ESFUERZOS PERMISIBLES

a) Características geométricas

sección simple VIGA "I"

ELEMENTO.	(A) AREA (cm ²)	(y) (cm)	(AY) (cm ³)	(d) (cm)	(d) ² (cm ²)	(Ad ²) (cm ⁴)	(I _o) (cm ⁴)
1	450	7.5	3375	12.86	163.9796	82640.82	8437.5
2	50	16.67	833.5	33.69	1135.0161	56750.805	69.44
3	700	50	35000	0.36	0.1296	90.72	285833.33
4	70	82.67	5786.9	38.31	1043.9361	72078.529	190.56
5	450	92.5	41625	12.11	146.6421	799100.82	8437.5

$$\Sigma A = 1720 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma AY = 86\ 620.4 \text{ cm}^3$$

$$\Sigma Ad^2 = 1\ 755\ 658.692 \text{ cm}^4$$

$$\Sigma I_o = 302\ 968.33 \text{ cm}^4$$

$$\text{luego: } y = (\Sigma AY / \Sigma A) = 50.36 \text{ cm}$$

$$I = \Sigma Ad^2 + \Sigma I_o = 2\ 058\ 627.022 \text{ cm}^4$$

Conclusión :

$$A_{ss} = 1\ 720 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 2\ 058\ 627.022 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 50.36 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 100 - 50.36 = 49.64 \text{ cm}$$

sección simple VIGA "RECTANGULAR"

Datos : $h = 100 \text{ cm}$
 $b = 30 \text{ cm}$

luego entonces:

$$A = b(h) = 30(100) = 3000 \text{ cm}^2$$

$$I = b(h)^3/12 = 30(100)^3/12 = 2\,500\,000 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = h/2 = 100/2 = 50 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = h/2 = 100/2 = 50 \text{ cm}$$

Conclusión:

$$A_{ss} = 3\,000 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 2\,500\,000 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 50 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 50 \text{ cm}$$

a.I) Sección compuesta

a.I.I) Cálculo del ancho equivalente

Expresiones :

$$b_e \leq \begin{cases} I6(t) + b' \\ \text{centro a centro (c.a.c)} \\ L/4 \end{cases}$$

Datos:

$$t = 10 \text{ cm (espesor de la losa)}$$

$$b' = 10 \text{ cm (espesor del alma)}$$

$$L = 2000 \text{ cm (longitud del claro)}$$

$$E_{cl} = 10\,000 \sqrt{f'_{cl}}$$

$$E_{cp} = 10\,000 \sqrt{f'_{cp}}$$

$$c.a.c. = 200 \text{ cm}$$

$$n = E_{cl} / E_{cp} \text{ (relación de módulos)}$$

Sustitución:

$$b_e \leq \begin{cases} I6(I0) + I0 = 170 \text{ cm} \\ e.a.c = 200 \text{ cm} \\ L/4 = 2000/4 = 500 \text{ cm} \end{cases}$$

luego entonces: $b_e = 170 \text{ cm}$

Relación de módulos:

$$n = \frac{10\ 000 \sqrt{200}}{10\ 000 \sqrt{400}} = 0.7071$$

Nota:

Se concidero el mismo agregado.
Luego entonces conocidos "b_e" y "n", procederemos a calcular el ancho equivalente (nb_e)

Expresión :

$$nb_e = \text{ancho equivalente}$$

Datos :

$$\begin{aligned} n &= 0.7071 \\ b_e &= 170 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sustitución:

$$nb_e = 0.7071(170) = 120.20 \text{ cm}$$

a.I.2) Viga homogénea

SECCION	A (cm ²)	y (cm)	Ay (cm ³)	d (cm)	d ² (cm ²)	Ad ² (cm ⁴)	I _x (cm ⁴)
S. SIMPLE	1920	50.36	86619.2	22.48	505.3504	869202.688	2088427.02
LOSH	1202	105	126210	32.16	1034.2656	1243187.261	10016.67

$$\begin{aligned} \Sigma A &= 2\,922.0 \text{ cm}^2 \\ \Sigma AY &= 212\,829.2 \text{ cm}^3 \\ \Sigma Ad^2 &= 2\,112\,389.939 \text{ cm}^4 \\ \Sigma Io &= 2\,068\,643.692 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

luego :

$$\begin{aligned} y &= (\Sigma AY / \Sigma A) = 72.84 \text{ cm} \\ I &= \Sigma Ad^2 + \Sigma Io = 4\,181\,033.631 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Conclusión:

$$\left[\begin{aligned} A_{sc} &= 2\,922.00 \text{ cm}^2 \\ y_{isc} &= 72.84 \text{ cm} \\ y_{ssc} &= 110 - 72.84 = 37.16 \text{ cm} \\ I_{sc} &= 4\,181\,033.631 \text{ cm}^4 \end{aligned} \right.$$

b) Determinación de cargas

b.1) Sección simple

$$\begin{aligned} W_{lcsa} &= 0.240 \text{ t/m}^2 (2 \text{ m}) = 0.480 \text{ t/m} \\ W_{pp} &= 0.4435 \text{ t/m} = 0.4435 \text{ t/m} \\ \hline W &= 0.9235 \text{ t/m} \end{aligned}$$

b.2) Sección compuesta

$$\begin{aligned} W_{cm} &= 0.080 \text{ t/m}^2 (2 \text{ m}) = 0.160 \text{ t/m} \\ W_{cv} &= 0.200 \text{ t/m}^2 (2 \text{ m}) = 0.400 \text{ t/m} \\ W_{regl.} &= 0.040 \text{ t/m}^2 (2 \text{ m}) = 0.080 \text{ t/m} \\ \hline \Sigma &= 0.640 \text{ t/m} \end{aligned}$$

c) Determinación de momentos actuantes

Sección A-A (cuarta etapa)

$$M_{a\ ss} = \frac{(W_{pp} + W_{losa}) L^2}{8} = \frac{0.9235(20)^2}{8} = \underline{46.175\ t-m}$$

$$M_{a\ sc} = \frac{(W_{cv} + W_{cm} + W_{regl.}) L^2}{8}$$
$$= \frac{0.640(20)^2}{8} = \underline{32\ t-m}$$

d) Determinación de esfuerzos permisibles

Obtención de la resistencia a compresión del concreto a la edad en que ocurre la transferencia de esfuerzos del acero de pretensado al concreto.

Expresión : $f'_{ci} = 0.8 f'_c$

Datos : $f'_c = 400\ \text{kg/cm}^2$

Sustitución: $f'_{ci} = 0.8(400) = 320\ \text{kg/cm}^2$

d.1) En el concreto (inmediatamente después de la transferencia de esfuerzos)

compresión: $0.6(f'_{ci}) = 0.6(320) = 192\ \text{kg/cm}^2$ (+)

tensión : $\sqrt{f'_{ci}} = \sqrt{320} = 17.89\ \text{kg/cm}^2$ (-)

d.2) En el concreto (después de las pérdidas)

compresión: $0.45(f'_c) = 0.45(400) = 180\ \text{kg/cm}^2$ (+)

tensión : $1.6\sqrt{f'_c} = 1.6\sqrt{400} = 32\ \text{kg/cm}^2$ (-)

d.3) En el acero de refuerzo

$$\text{Expresión : } f_p = 0.5 f_y$$

$$\text{Datos : } f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Sustitución: } f_p = 0.5(4\ 200) = 2\ 100 \text{ kg/cm}^2$$

d.4) En el acero de presfuerzo

Expresión:

$$f_o = 0.7 f_{sr} = 0.7(18\ 982) = 13\ 287.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_o = a_{sp}(f_o) = 0.55(13\ 287.4) = 7\ 308.07 \text{ kg}$$

$$F = K(F_o) = 0.8(7\ 308.07) = 5\ 846.46 \text{ kg}$$

Nota: se considero un 20% de pérdidas, luego entonces por ese motivo(K=0.8).

e) Determinación de esfuerzos actuantes

e.I) Sección simple

$$\text{tensión: } f_{iss} = - (M_{a\ ss} / I_{ss}) y_{iss}$$

$$\text{compresión: } f_{sss} = (M_{a\ ss} / I_{ss}) y_{sss}$$

$$\text{Datos: } M_{a\ ss} = 46.175 \text{ t-m}$$

$$I_{ss} = 2\ 058\ 627.022 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 50.36 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 49.64 \text{ cm}$$

Sustitución:

tensión:

$$f_{iss} = - \frac{46.175(10)^5}{2058627.022} (50.36) = - 112.96 \text{ kg/cm}^2$$

compresión:

$$f_{sss} = \frac{46.175(10)^5}{2058627.022} (49.64) = 111.34 \text{ kg/cm}^2$$

e.2) Sección compuesta

$$\text{tensión: } f_{isc} = - (M_{asc} / I_{sc}) y_{isc}$$

$$\text{compresión: } f_{ssc} = (M_{asc} / I_{sc}) y_{ssc}$$

$$\text{Datos: } M_{asc} = 32 \text{ t-m}$$

$$I_{sc} = 4181033.631 \text{ cm}^4$$

$$y_{isc} = 72.84 \text{ cm}$$

$$y_{ssc} = 37.16 \text{ cm}$$

Sustitución:

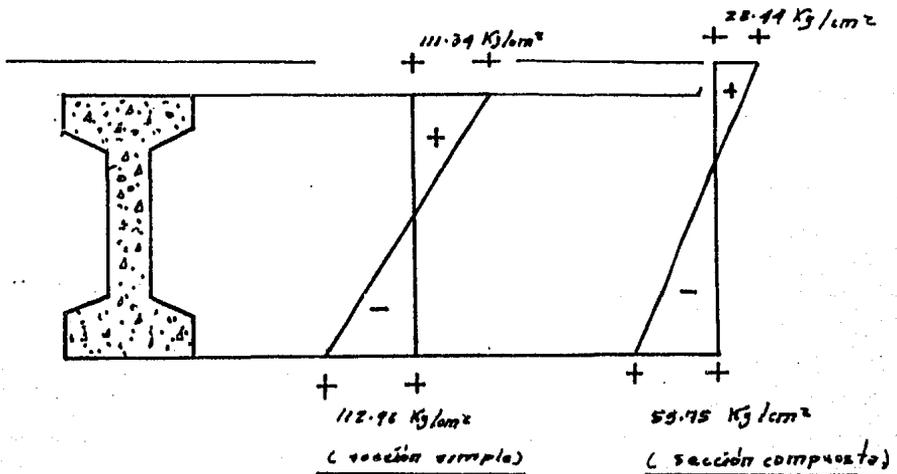
tensión:

$$f_{isc} = - \frac{32(10)^5}{4181033.631} (72.84) = - 55.75 \text{ kg/cm}^2$$

compresión:

$$f_{ssc} = \frac{32(10)^5}{4181033.631} (37.16) = 28.44 \text{ kg/cm}^2$$

e.3) Diagrama representativo de los esfuerzos actuantes



f) Determinación de la capacidad de presfuerzo

La capacidad de presfuerzo está dada de acuerdo a las siguientes expresiones:

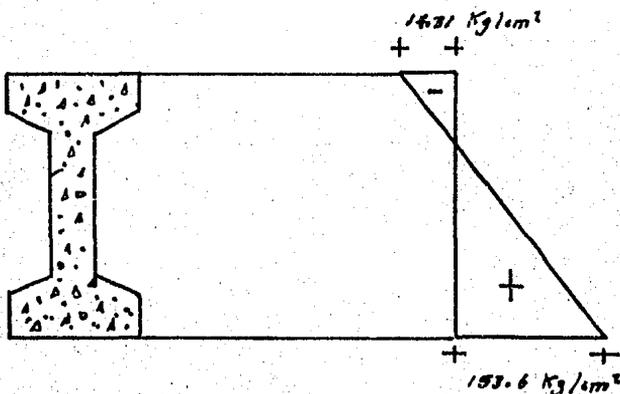
compresión:

$$0.6 (K) (f'_{ci}) = 0.6 (0.8) 320 = 153.6 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

tensión :

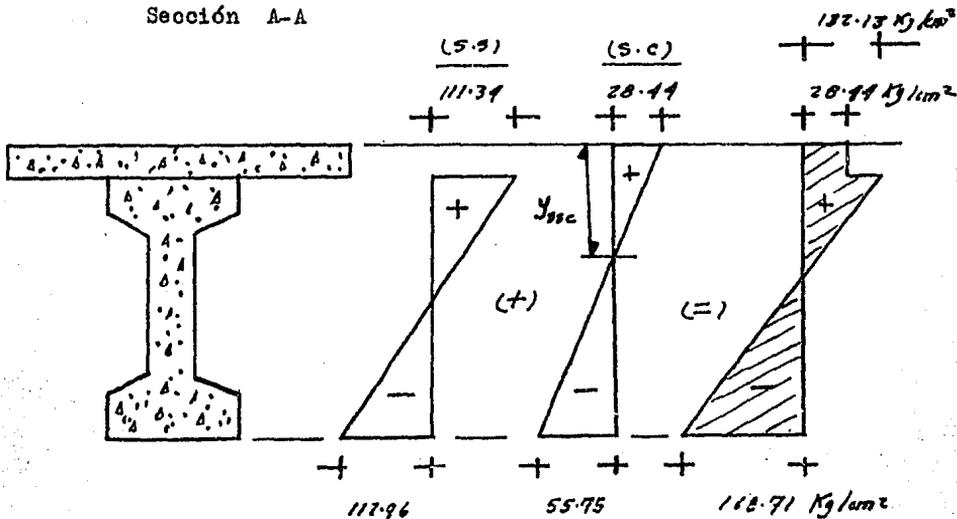
$$K \sqrt{f'_{ci}} = 0.8 \sqrt{320} = 14.31 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

f.I) Diagrama representativo de la capacidad de presfuerzo



f.2) Suma de esfuerzos actuantes

Sección A-A



g) Comparación de esfuerzos finales con esfuerzos permisibles después de las pérdidas

Los esfuerzos finales están dados por la siguiente expresión:

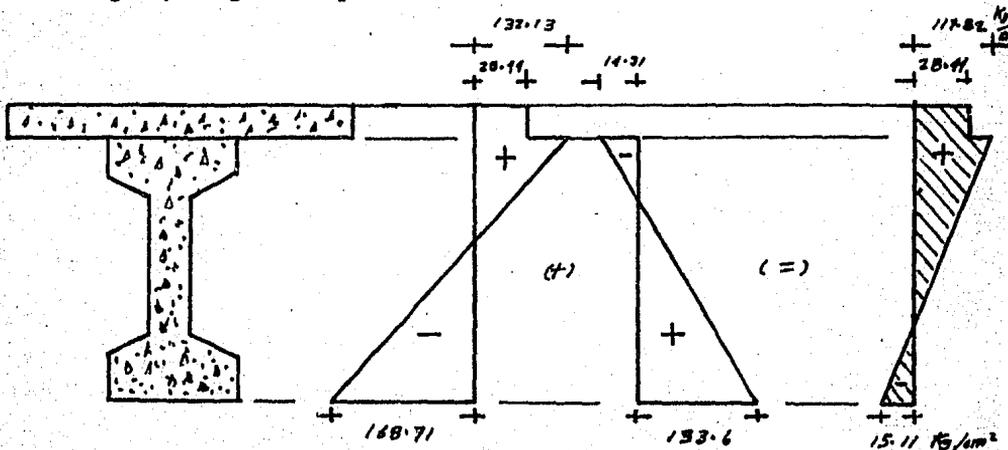
Esfuerzos finales

Diagrama de superposición

(+)

Capacidad de presfuerzo

g.I) Diagrama representativo de los esfuerzos finales



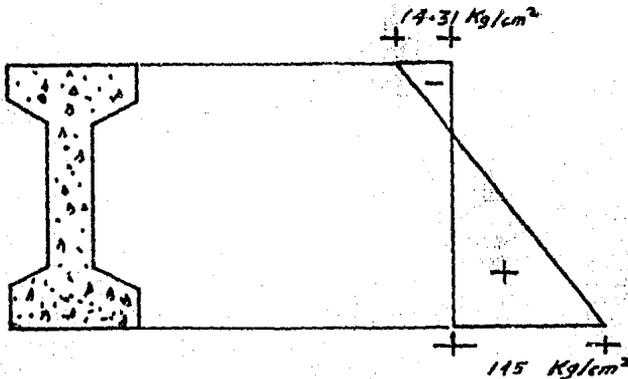
g.2) Tabla de comparación de esfuerzos

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS FINALES	COMPARACION	ESFUERZOS PERMISIBLES (DESPUES DE LAS PERDIDAS)	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	117.82	<	180	KORRECTO
TENSION	(-)	15.11	<	32	SOBRAO

De acuerdo a la tabla anterior se puede concluir lo siguiente:

- Se acepta la sección
- Procederemos a disminuir la capacidad de presfuerzo con el objeto de no realizar un diseño tan sobrado

g.3) Considerando un diagrama de capacidad de presfuerzo como el que se muestra a continuación



En base a éste diagrama de capacidad de presfuerzo, se procedera a determinar los siguientes incisos:

g.4) Obtención de la relación(P/A)

Expresión:

$$(P/A) = \left[\frac{f_{pi} + f_{ps}}{h} \right] y_{sss} - f_{ps}$$

Datos: $f_{pi} = 145 \text{ kg/cm}^2$

$$f_{ps} = 14.31 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 49.64 \text{ cm}$$

Sustitución:

$$(P/A) = \left[\frac{145 + 14.31}{100} \right] 49.64 - 14.31 = 64.77 \text{ kg/cm}^2$$

g.5) Obtención de la fuerza de presfuerzo(P)

Expresión: $P = (P/A) A$

Datos : $(P/A) = 64.77 \text{ kg/cm}^2$

$$A = 1720 \text{ cm}^2$$

Sustitución:

$$P = 64.77(1720) = 111404.4 \text{ kg}$$

g.6) Obtención del número de torones(n)

Expresión: $n = (P / F)$

Datos : $P = 111404.4 \text{ kg}$

$$F = 5846.46 \text{ kg}$$

Sustitución:

$$n = (111404.4 / 5846.46) = \underline{\underline{19 \text{ torones}}}$$

g.7) Obtención de la posición de los torones

Se recomienda:

zona en compresión: 20% \longrightarrow 0.2(I9) = 4 torones

zona en tensión : 80% \longrightarrow 0.8(I9) = 15 torones

19 torones

g.8) Cálculo de la excentricidad teórica(e_t)

Expresión:
$$e_t = \frac{(f_{pi} - (P/A)) I_{ss}}{y_{iss} (P)}$$

Datos: $f_{pi} = 145 \text{ kg/cm}^2$

$(P/A) = 64.77 \text{ kg/cm}^2$

$y_{iss} = 50.36 \text{ cm}$

$I_{ss} = 2\,058\,627.022 \text{ cm}^4$

$P = 111\,404.4 \text{ kg}$

Sustitución:

$$e_t = \frac{(145 - 64.77) 2\,058\,627.022}{50.36(111\,404.4)} = 29.44 \text{ cm}$$

g.9) Separación libre(S_1)

Expresión: $S_1 = 3(\phi)$

Datos : $\phi = 0.95 \text{ cm}$

Sustitución:

$$S_1 = 3(0.95) = 2.85 \text{ cm}$$

tomaremos $S_1 = 3 \text{ cm}$

Separación total(S_t)

Expresión:

$$S_t = S_1 + \phi$$

Datos: $S_1 = 3 \text{ cm}$

$$\phi = 0.95 \text{ cm}$$

Sustitución:

$$S_t = 3 + 0.95 = 3.95 \text{ cm}$$

tomaremos: $S_t = 4 \text{ cm}$

g.IO) Recubrimiento libre(r_1)

Por reglamento y para ésta condición: $r_1 = 2.5 \text{ cm}$

Recubrimiento total(r_t)

Expresión: $r_t = r_1 + (\phi/2)$

Datos : $r_1 = 2.5 \text{ cm}$

$$\phi/2 = 0.95/2 = 0.475 \text{ cm}$$

Sustitución: $r_t = 2.5 + 0.475 = 2.98 \text{ cm}$

tomaremos $r_t = 3 \text{ cm}$

g.II) Cálculo de la excentricidad(e'_r)

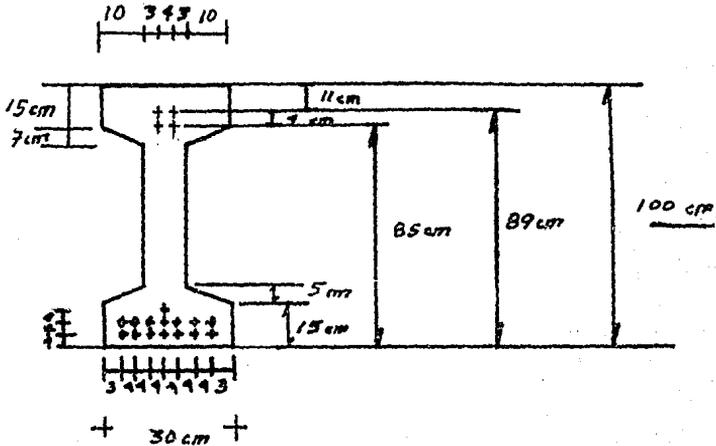
Expresión: $e'_r = y_{iss} - e_t$

Datos : $y_{iss} = 50.36 \text{ cm}$

$$e_t = 29.44 \text{ cm}$$

Sustitución: $e'_r = 50.36 - 29.44 = 20.92 \text{ cm}$

g.I2) Cálculo de la posición del acero de presfuerzo
colocaremos los torones de la siguiente manera:



g.I3) Nuevo cálculo de la excentricidad (e'_r)

Expresión:
$$e'_r = \frac{\sum FY}{\sum F}$$

Datos : $\sum FY = 7(4) + 7(8) + 1(12) + 2(85) + 2(89) = 444$

$\sum F = 19$

Sustitución:

$$e'_r = \frac{444}{19} = 23.37 \text{ cm}$$

g.I4) Cálculo de la excentricidad real (e_r)

Expresión:
$$e_r = y_{iss} - e'_r$$

Datos : $y_{iss} = 50.36 \text{ cm}$

$e'_r = 23.37 \text{ cm}$

Sustitución: $e_r = 50.36 - 23.37 = \underline{26.99 \text{ cm}}$

g.I5) Obtención de la fuerza de presfuerzo real inicial (P_{or})

Expresión: $P_{or} = n(F_0)$

Datos : $n = 19$ torones
 $F_0 = 7\ 308.07 \text{ kg}$

Sustitución:

$P_{or} = 19(7\ 308.07) = \underline{138\ 853.33 \text{ kg}}$

g.I6) Obtención de la fuerza de presfuerzo real (P_r)

Expresión: $P_r = n(F)$

Datos : $n = 19$ torones
 $F = 5\ 846.46 \text{ kg}$

Sustitución:

$P_r = 19(5\ 846.46) = \underline{111\ 082.74 \text{ kg}}$

h) Revisión por esfuerzos permisibles

h.I) Esfuerzos del presfuerzo inmediatamente después de la transferencia

sección B-B (segunda etapa)

Nota: ésta sección es rectangular.

Expresiones:

compresión:

$$f_{iss} = (P_{or} / A_{ss}) + \left[P_{or}(e_r) / I_{ss} \right] y_{iss}$$

tensión:

$$f_{SSS} = (P_{or} / A_{ss}) - \left[P_{or}(e_r) / I_{ss} \right] y_{SSS}$$

Datos: $P_{or} = 138\ 853.33\ \text{kg}$

$$A_{ss} = 3\ 000\ \text{cm}^2$$

$$I_{ss} = 2\ 500\ 000\ \text{cm}^4$$

$$y_{iss} = 50\ \text{cm}$$

$$y_{SSS} = 50\ \text{cm}$$

$$e_r = 26.99\ \text{cm}$$

Sustitución:

$$f_{iss} = \frac{138\ 853.33}{3\ 000} + \frac{138\ 853.33(26.99)}{2\ 500\ 000}(50) = 121.24\ \text{kg/cm}^2$$

$$f_{SSS} = \frac{138\ 853.33}{3\ 000} - \frac{138\ 853.33(26.99)}{2\ 500\ 000}(50) = -28.7\ \text{kg/cm}^2$$

h.2) Esfuerzos del presfuerzo en condiciones de servicio
(después de las pérdidas)

Expresiones: sección A-A (cuarta etapa)

compresión:

$$f_{iss} = (P_r / A_{ss}) + \left[P_r(e_r) / I_{ss} \right] y_{iss}$$

tensión :

$$f_{SSS} = (P_r / A_{ss}) - \left[P_r(e_r) / I_{ss} \right] y_{SSS}$$

Datos: $P_r = 111\ 082.74\ \text{kg}$

$A_{ss} = 1\ 720\ \text{cm}^2$

$I_{ss} = 2\ 058\ 627.022\ \text{cm}^4$

$y_{i_{ss}} = 50.36\ \text{cm}$

$y_{s_{ss}} = 49.64\ \text{cm}$

$e_r = 26.99\ \text{cm}$

Sustitución:

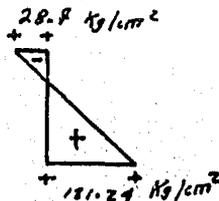
$$f_{i_{ss}} = \frac{111\ 082.74}{1\ 720} + \frac{111\ 082.74(26.99)}{2\ 058\ 627.022}(50.36) = 137.93\ \text{kg/cm}^2$$

$$f_{s_{ss}} = \frac{111\ 082.74}{1\ 720} - \frac{111\ 082.74(26.99)}{2\ 058\ 627.022}(49.64) = -7.71\ \text{kg/cm}^2$$

h.3) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección B-B (segunda etapa)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS QUE SE PRESENTAN	COMPARACION.	ESFUERZOS PERMISIBLES (INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA VERIFICACION).	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	121.24	<	192	CORRECTO
TENSION	(-)	28.7	>	17.89	ERRONEO

h.4) Diagrama representativo de esfuerzos en la sección B-B (segunda etapa)



h.5) Comparación de esfuerzos en la sección A-A (4a. etapa)

Los esfuerzos que se presentan están dados por la siguiente expresión :

Esfuerzos que se presentan

-) Esfuerzos del presfuerzo en condiciones de servicio (+)
-) Esfuerzos actuantes

luego entonces:

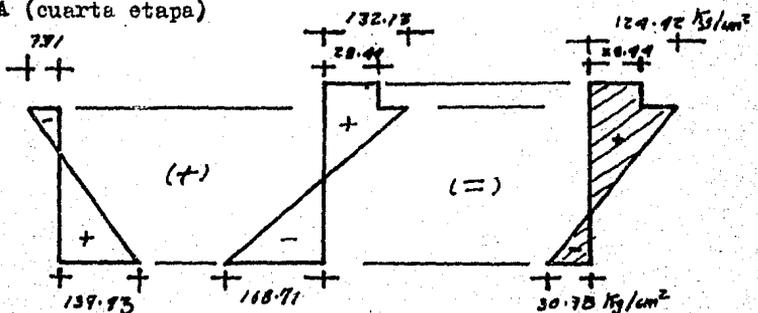
$$\text{compresión: } f_{\text{SSS}} = - 7.71 + 132.13 = 124.42 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{tensión : } f_{\text{ISS}} = 137.93 - 168.71 = - 30.78 \text{ kg/cm}^2$$

h.6) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección A-A (cuarta etapa)

FIBRA	SIÑO	ESFUERZOS QUE SE PRESENTAN	COMPRESIÓN.	ESFUERZOS PERMISIBLES (DESPUÉS DE LOS PUNOS).	COMENTARIO
COMPRESIÓN	(+)	124.42	>	180	CORRECTO
TENSIÓN	(-)	30.78	<	32	CORRECTO

h.7) Diagrama representativo de esfuerzos en la sección A-A (cuarta etapa)



h.8) Esfuerzos del presfuerzo inmediatamente después de la transferencia.

sección D-D (segunda etapa)

Expresiones:

compresión:

$$f_{iss} = (P_{or} / A_{ss}) + \left[P_{or}(e_r) / I_{ss} \right] y_{iss} - \frac{M_{pp}}{I_{ss}}(y_{iss})$$

tensión :

$$f_{sss} = (P_{or} / A_{ss}) - \left[P_{or}(e_r) / I_{ss} \right] y_{sss} + \frac{M_{pp}}{I_{ss}}(y_{sss})$$

Datos: $P_{or} = 138\ 853.33\ \text{kg}$

$A_{ss} = 1\ 720\ \text{cm}^2$

$I_{ss} = 2\ 058\ 627.022\ \text{cm}^4$ es sección "I"

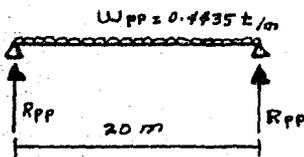
$y_{iss} = 50.36\ \text{cm}$

$y_{sss} = 49.64\ \text{cm}$

$e_r = 26.99\ \text{cm}$

Cálculo del momento por peso propio en esta sección (M_{pp}):

Condición de apoyo de la viga :



luego entonces: $M_{pp} = R_{pp}(X) - W_{pp} \left(\frac{X^2}{2} \right)$

En donde : $R_{pp} = \frac{W_{pp}(L)}{2}$

con:

$$\begin{cases} W_{pp} = 0.4435 \text{ t/m} \\ L = 20 \text{ m} \end{cases}$$

sustitución:

$$R_{pp} = \frac{0.4435(20)}{2} = \underline{4.435 \text{ ton.}}$$

por otra parte la sección D-D se encuentra a una distancia. $X = 1.3$ m del apoyo hacia el centro del claro.

luego entonces sustituyendo valores en la ecuación de momento por peso propio, se tiene:

$$M_{pp} = 4.435(1.3) - 0.22175(1.3)^2 = \underline{5.39 \text{ t-m}}$$

Sustitución:

$$f_{iss} = \frac{138853.33}{1720} + \frac{138853.33(26.99)}{2058627.022}(50.36) - \frac{5.39(10)^5}{2058627.022}(50.36)$$

$$= 159.22 \text{ kg/cm}^2$$

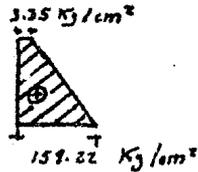
$$f_{sss} = \frac{138853.33}{1720} - \frac{138853.33(26.99)}{2058627.022}(49.64) + \frac{5.39(10)^5}{2058627.022}(49.64)$$

$$= 3.35 \text{ kg/cm}^2$$

h.8.1) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección D-D (segunda etapa)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS QUE SE PRESENTAN	COMPARACION	ESFUERZOS PERMISIBLES (INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA TRANSFERENCIA).	CONTRIBUCION
COMPRESION	(+)	159.22	<	192	EXACTO
TENSION	(-)	(+) 3.35	<	17.89	EXACTO (SOBRADO)

h.8.2) Diagrama representativo de esfuerzos en la sección D-D (segunda etapa)



i) Corrección de esfuerzos

como únicamente se presentan problemas en la sección B-B (segunda etapa), procederemos a corregir los esfuerzos mediante el engrasado de torones

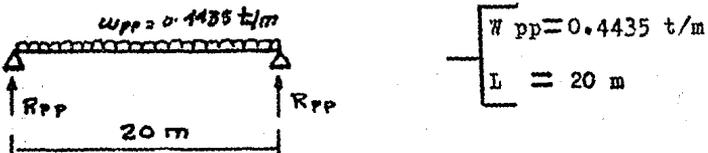
i.I) Obtención de la longitud de engrase(X)

como en la segunda etapa solamente actúan:

- El peso propio
- La fuerza de presfuerzo

sobre la sección simple, luego entonces procederemos a obtener la ecuación de momento por peso propio (M_{pp})

condición de apoyo de la viga:



reacción por peso propio (R_{pp}) :

$$R_{pp} = \frac{w_{pp} (L)}{2} = \frac{0.4453(20)}{2} = \underline{4.435 \text{ ton.}}$$

finalmente la ecuación de momento por peso propio (M_{pp}) estará dada por la siguiente expresión:

$$M_{pp} = 4.435(X) - 0.22175(X)^2$$

i.I.1) Esfuerzos permitidos

$$\text{compresión: } 0.6 (f_{ci}) = 0.6(320) = 192 \text{ kg/cm}^2 \quad (+)$$

$$\text{tensión : } \sqrt{f_{ci}} = \sqrt{320} = 17.89 \text{ kg/cm}^2 \quad (-)$$

i.I.2) Corrección de la fibra en tensión

$$\text{Esfuerzo permitido : } f_{\text{permitido}} = -17.89 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo que se presenta:

$$f_{\text{sss}} = (P_{\text{or}} / A_{\text{ss}}) - \left[\frac{P_{\text{or}}(e_r)}{I_{\text{ss}}} \right] y_{\text{sss}} + (M_{\text{pp}} / I_{\text{ss}}) y_{\text{sss}}$$

igualando el esfuerzo que se presenta con el esfuerzo permitido, se tiene:

$$-28.7 + \frac{M_{\text{pp}}}{I_{\text{ss}}}(y_{\text{sss}}) = -17.89$$

de donde despejaremos al momento por peso propio (M_{pp})

$$M_{\text{pp}} = (28.7 - 17.89) \frac{I_{\text{ss}}}{y_{\text{sss}}}$$

$$\text{Datos : } I_{\text{ss}} = 2\,058\,627.022 \text{ cm}^4$$

$$y_{\text{sss}} = 49.64 \text{ cm}$$

Sustitución:

$$M_{\text{pp}} = (28.7 - 17.89) = \frac{2\,058\,627.022}{49.64} = 41\,893.52 \text{ kg-cm}$$

$$M_{\text{pp}} = 4.42 \text{ t-m}$$

conociendo ya el valor del momento por peso propio (M_{pp})

se igualara con la ecuación de momento por peso propio ya planteada antes, de donde se despejara la longitud de engrase (X)

Igualdad: $4.42 = 4.435(x) - 0.22175(x)^2$

Ordenando términos y haciendo las operaciones necesarias resulta una ecuación de segundo grado de la forma:

$$x^2 + B(x) + C = 0$$

cuya solución está dada por la siguiente expresión:

$$x_{1,2} = (-B/2) \pm \sqrt{(-B/2)^2 - C}$$

Ecuación:

$$x^2 - 20(x) + 19.94 = 0$$

En donde: $B = -20$

$$C = 19.94$$

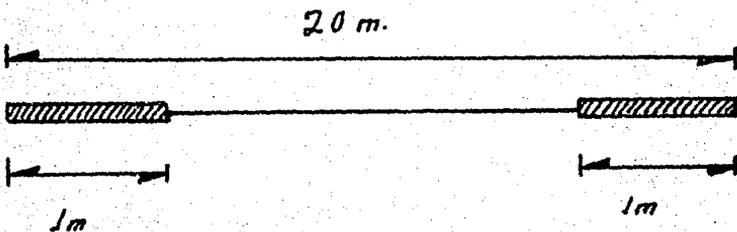
Sustitución:

$$x_1 = 10 + \sqrt{100 - 19.94} = 19.00 \text{ m}$$

$$x_2 = 10 - \sqrt{100 - 19.94} = 1.00 \text{ m}$$

luego entonces la longitud de engrase es $x = 1 \text{ m}$

Representación gráfica de la longitud de engrase



j) Revisión de esfuerzos

Sección B-B (segunda etapa)

Expresiones:

compresión:

$$f_{iss} = (P_{or} / A_{ss}) + \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{iss}$$

tensión :

$$f_{sss} = (P_{or} / A_{ss}) - \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{sss}$$

Datos: Probaremos engrasando 7 torones, luego entonces

$$P_{or} = n(F_o) \quad \text{con} \quad \begin{cases} n = 19 - 7 = 12 \text{ torones} \\ F_o = 7 \, 308.07 \text{ kg} \end{cases}$$

$$P_{or} = 12(7 \, 308.07) = \underline{87 \, 697.00} \text{ kg}$$

$$A_{ss} = 3 \, 000 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 2 \, 500 \, 000 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 50 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 50 \text{ cm}$$

$$e_r = 26.99 \text{ cm}$$

Sustitución:

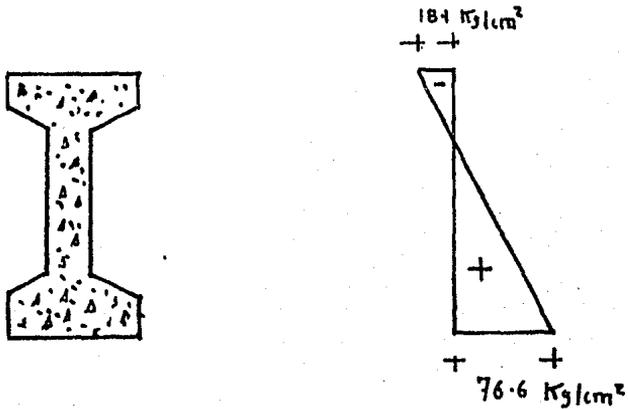
$$f_{iss} = \frac{87 \, 697}{3 \, 000} + \frac{87 \, 697(26.99)}{2 \, 500 \, 000}(50) = 76.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = \frac{87 \, 697}{3 \, 000} - \frac{87 \, 697(26.99)}{2 \, 500 \, 000}(50) = -18.1 \text{ kg/cm}^2$$

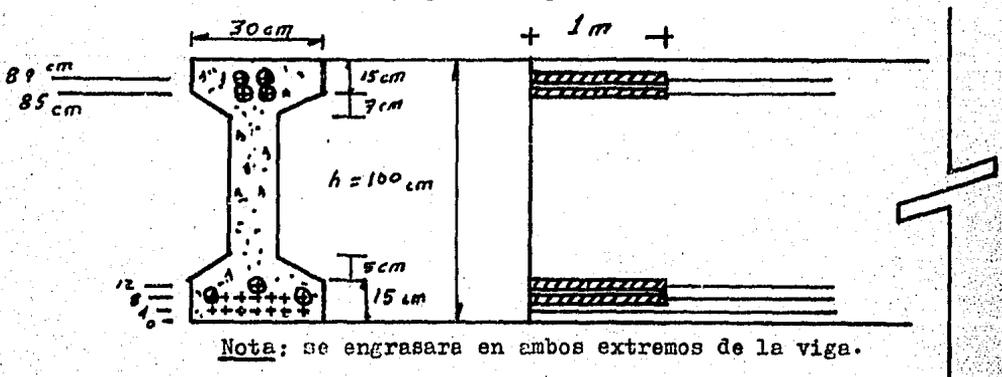
j.1) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección B-B (segunda etapa)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS QUE SE PRESENTAN	COMPRESION.	ESFUERZOS PERMISIBLES (INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA TRANSFERENCIA)	CONDICION
COMPRESION	(+)	76.6	<	192	CUMPLIDA
TENSION	(-)	18.1	>	17.9	BIEN

j.2) Diagrama representativo de esfuerzos en la sección B-B (segunda etapa)



j.3) Corte para la visualización del engrase
sección B-B (segunda etapa)



Nota: se engrasara en ambos extremos de la viga.

3.2) REVISIÓN POR RESISTENCIA Y DEFINICIÓN DEL TIPO DE FALLA POTENCIAL

a) Obtención del momento último actuante

Expresión: $M_{ua} = FC (M_{a A-A})$

Datos :

$FC = 1.4$ (por condición de CV)

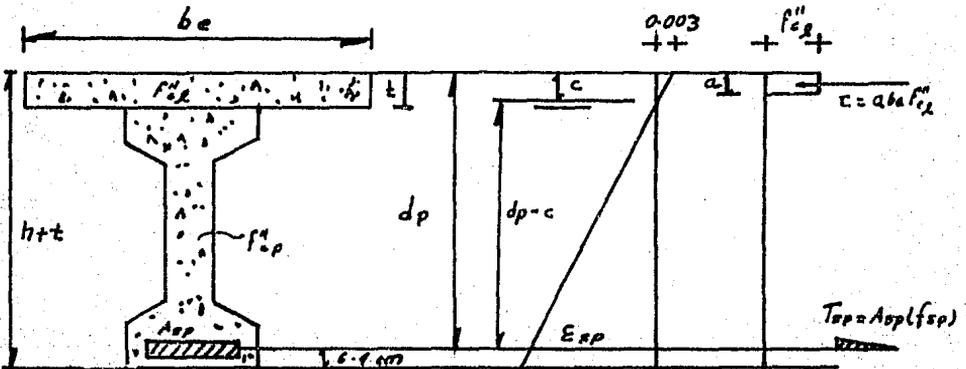
$M_{a A-A} = M_{a ss} + M_{a sc} = 46.175 + 32 = 78.175 \text{ t-m}$

Sustitución:

$M_{ua} = 1.4(78.175) = \underline{109.445 \text{ t-m}}$

b) Obtención del momento último resistente (M_{uR})

Equilibrio interno :



b.1) Cálculo del área de acero de presfuerzo (A_{sp})

Expresión: $A_{sp} = (a_{sp}) \text{ No. de torones}$

Nota: para efectuar éste cálculo únicamente se toma en cuenta el acero de presfuerzo en tensión.

luego entonces:

Datos: No. de torones = 15

$a_{sp} = 0.55 \text{ cm}^2$

Sustitución:

$A_{sp} = 0.55(15) = \underline{8.25 \text{ cm}^2}$

b.2) Cálculo del esfuerzo del acero de presfuerzo en tensión que se presenta en el momento en que se presenta la resistencia.

Expresión: $f_{sp} = f_{sr} \left(1 - 0.5 pp \frac{f_{sr}}{f'_{c1}} \right)$

Datos: $A_{sp} = 8.25 \text{ cm}^2$

$b_e = 170 \text{ cm}$

$d_p = 110 - 6.4 = 103.6 \text{ cm}$

d_p ; distancia del centroide del acero de presfuerzo en tensión a la fibra extrema en compresión.

$pp = \frac{A_{sp}}{b_e(d_p)} = \frac{8.25}{170(103.6)} = 0.0004684$

$f_{sr} = 18\,982 \text{ kg/cm}^2$

$f'_{c1} = 0.85f'_c = 0.85(0.80 \times 200) = 136 \text{ kg/cm}^2$

Sustitución:

$$f_{sp} = 18\,982(1 - 0.5(0.0004684)) \frac{18\,982}{136}$$

$$f_{sp} = \underline{18\,361.474 \text{ kg/cm}^2}$$

b.3) Equilibrio de fuerzas internas

$$\text{compresión: } C = a(b_e) f''_{c_1}$$

$$T_{sp} = A_{sp}(f_{sp})$$

igualando "C" con "T_{sp}", se tiene lo siguiente :

$$a(b_e) f''_{c_1} = A_{sp}(f_{sp})$$

de aquí despejaremos a la profundidad del bloque de esfuerzos(a) :

$$a = \frac{A_{sp}(f_{sp})}{(b_e) f''_{c_1}}$$

$$\text{Datos: } A_{sp} = 8.25 \text{ cm}^2$$

$$f_{sp} = 18\,361.474 \text{ kg/cm}^2$$

$$b_e = 170 \text{ cm}$$

$$f''_{c_1} = 136 \text{ kg/cm}^2$$

Sustitución:

$$a = \frac{8.25(18\,361.474)}{170(136)} = \underline{6.55 \text{ cm}}$$

luego entonces:

$$c = (a/0.8) = \underline{8.1875 \text{ cm}} \text{ (profundidad del eje neutro)}$$

comparando "a" contra "t" , resulta lo siguiente:

$$\boxed{a = (6.55 \text{ cm})} < \boxed{t = (10 \text{ cm})}$$

luego entonces la viga trabaja como "RECTANGULAR"

Por otra parte , conociendo lo anterior procederemos a calcular el momento último resistente dado por la expresión :

$$\boxed{M_{uR} = FR \left[A_{sp} (f_{sp}) \left(d_p - \frac{a}{2} \right) \right]}$$

Datos: $FR = 0.9$

$$A_{sp} = 8.25 \text{ cm}^2$$

$$f_{sp} = 18\,361.474 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_p = 103.6 \text{ cm}$$

$$a = 6.55 \text{ cm}$$

Sustitución :

$$M_{uR} = 0.9 \left[(8.25 \times 18\,361.474) \left(103.6 - \frac{6.55}{2} \right) \right]$$

$$= 13\,677\,703 \text{ kg-cm}$$

$$= \underline{136.78 \text{ t-m}}$$

b.4) Comparación de momentos

$$M_{uR} = 136.78 \text{ t-m}$$

$$M_{uE} = 109.445 \text{ t-m}$$

como resultado que $M_{uR} > M_{uE}$, luego entonces concluimos que ésta bien diseñada la sección.

c) Obtención del tipo de falla potencial

Los reglamentos proponen que para que la falla que se presente sea potencialmente DUCTIL, se debiera cumplir la siguiente condición :

$$\epsilon_i + \epsilon_{sp} \geq \epsilon_{yp}/0.95$$

En donde:

ϵ_i ; deformación en el centroide del acero de presfuerzo debido al tensado de los cables, tomando en cuenta las pérdidas

ϵ_{sp} ; deformación del centroide del acero de presfuerzo debido a la flexión, al momento de llegar a la resistencia

ϵ_{yp} ; 0.01 (valor que propone el ASTM)

c.I) Obtención de la deformación (ϵ_i)

Expresión:

$$\epsilon_i = \frac{0.7(K)f_{sr}}{E_{sp}}$$

Datos : $K = 0.8$

$$f_{sr} = 18\,982 \text{ kg/cm}^2$$

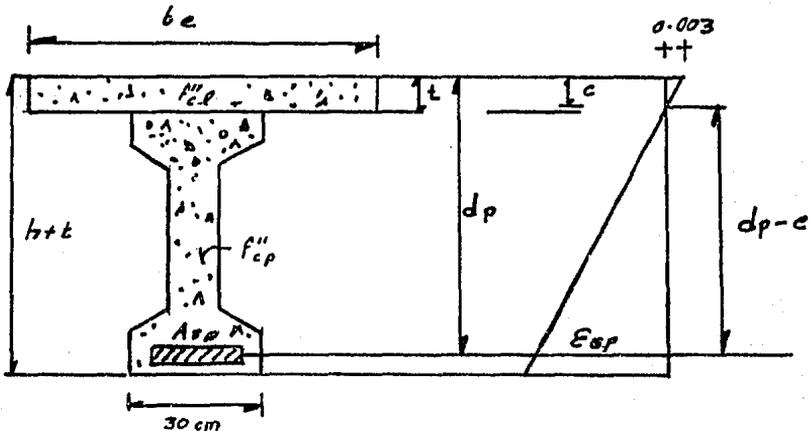
$$E_{sp} = 1.9(10)^6 \text{ kg/cm}^2 \text{ (por ser torón)}$$

Sustitución:

$$\epsilon_i = \frac{0.7(0.8)18\,982}{1.9(10)^6} = \underline{\underline{0.0056}}$$

c.2) Obtención de la deformación (ϵ_{sp})

Para obtener esta deformación se hará uso del equilibrio interno



Por triángulos semejantes :

$$\frac{0.003}{c} = \frac{\epsilon_{sp}}{d_p - c}$$

de ésta relación despejaremos a la deformación (ϵ_{sp})

$$\epsilon_{sp} = \frac{d_p - c}{c} (0.003)$$

Datos: $d_p = 103.6 \text{ cm}$
 $c = 8.1875 \text{ cm}$

Sustitución:

$$\epsilon_{sp} = \frac{103.6 - 8.1875}{8.1875} (0.003) = \underline{0.035}$$

luego entonces se tiene que :

$$\xi_i = 0.0056$$

$$\xi_{sp} = 0.035$$

$$\xi_{yp} = 0.01$$

Haciendo la suma se tiene :

$$\xi_i + \xi_{sp} = 0.0406$$

Haciendo la división se tiene :

$$(\xi_{yp} / 0.75) = 0.013$$

c.3) Comparación de deformaciones

como resultado que $(\xi_i + \xi_{sp}) > (\xi_{yp} / 0.75)$, luego entonces se concluye lo siguiente :

" LA FALLA ES POTENCIALMENTE DUCTIL "

3.3) REVISION POR ACERO MINIMO

El reglamento del ACI propone que para hacer la revisión por acero mínimo, se realice considerando la siguiente expresión :

$$M_{UR} \geq 1.2 (M_{\text{agrietamiento}})$$

lo cual implica que si ésta condición se cumple, se considera que el diseño es bueno.

- a) Cálculo del momento de agrietamiento ($M_{\text{agrietamiento}}$)

Expresión:

$$M_{\text{agrietamiento}} = M_{a\ ss} + M_{a\ sc\ (\text{agrietamiento})}$$

Cálculo del momento actuante se sección compuesta de agrietamiento ($M_{a\ sc\ (\text{agrietamiento})}$).

Expresión:

$M_{a\ sc\ (\text{agrietamiento})}$ sera igual a:

$$= \left[\frac{P_r}{A_{ss}} + \frac{P_r(e_r)}{I_{ss}} (y_{iss}) - \frac{M_{a\ ss}}{I_{ss}} (y_{iss}) + 2 \sqrt{f_c'} \right] \frac{I_{sc}}{y_{isc}}$$

de ésta expresión todos son datos conocidos

$$P_r = 0.7(K) f_{sr} (A_{sp})$$

$$= 0.7(0.8) 18\ 982(8.25) = 87\ 696.84\ \text{kg}$$

$$A_{ss} = 1\ 720\ \text{cm}^2$$

$$I_{sc} = 2\ 058\ 627.022\ \text{cm}^4$$

$$I_{sc} = 4 \text{ I8I } 033.63\text{I cm}^4$$

$$y_{iss} = 50.36 \text{ cm}$$

$$y_{isc} = 72.84 \text{ cm}$$

$$M_{a\ ss} = 46.175 \text{ t-m}$$

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

$$e_r = 26.99 \text{ cm}$$

Sustitución de valores :

$$\left[\frac{87696.84}{1720} + \frac{87696.84(26.99)}{2058627.022}(50.36) - \frac{46.175(10)^5}{2058627.022}(50.36) \right.$$

$$+ 2 \sqrt{200} \left. \right] \frac{4 \text{ I8I } 033.63\text{I}}{72.84}$$

$$= \underline{\underline{1 \text{ 389 } 976.2 \text{ kg-cm}}}$$

luego entonces:

$$M_{\text{agrietamiento}} = 4 \text{ 6I7 } 500 + 1 \text{ 389 } 976.2$$

$$= \underline{\underline{6 \text{ 007 } 476.2 \text{ kg-cm}}}$$

Multiplicando por I.2, se tiene:

$$I.2(M_{\text{agrietamiento}}) = \underline{\underline{7 \text{ 208 } 971.4 \text{ kg-cm}}}$$

$$= \underline{\underline{72.09 \text{ t-m}}}$$

a.1) Comparación de momentos

$$M_{uR} = 136.78 \text{ t-m}$$

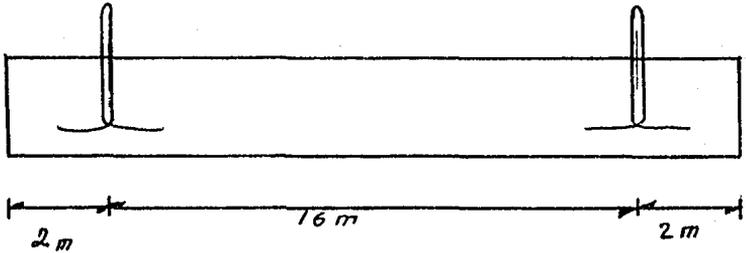
$$1.2(M_{\text{agrietamiento}}) = 72.08 \text{ t-m}$$

como resultado que $M_{uR} > 1.2(M_{\text{agrietamiento}})$, luego

entonces se concluye que se cumple la condición para la revisión por acero mínimo, lo cual implica que es correcta la cantidad de acero de presfuerzo que tiene la sección

3.4) REVISION POR IZADO

consideremos la siguiente separación entre ganchos de izado :



- a) Cálculo del diámetro del torón para los ganchos de izado

Expresión:
$$a_{sp} = \frac{4(P_{viga})}{2(2) f_{sp}}$$

Datos :

$$P_{viga} = W_{pp} (L) = 0.4435(20) = 8.87 \text{ ton.}$$

$$f_{sp} = 18\,361.474 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 18.361474 \text{ t/cm}^2$$

Sustitución:

$$a_{sp} = \frac{4(8.87)}{2(2)18.361474} = 0.48 \text{ cm}^2$$

Luego entonces como se requiere una área de acero de presfuerzo de (0.48 cm^2) , resolveremos el problema

utilizando torones de 3/8 in.

- b) Cálculo de la longitud de anclaje para el torón

Por especificación se requiere lo siguiente:

$$L_{\text{anclaje}} \geq 40 \text{ diámetros}$$

Datos:

torón de $3/8$ in. $\longrightarrow \phi = 0.95$ cm

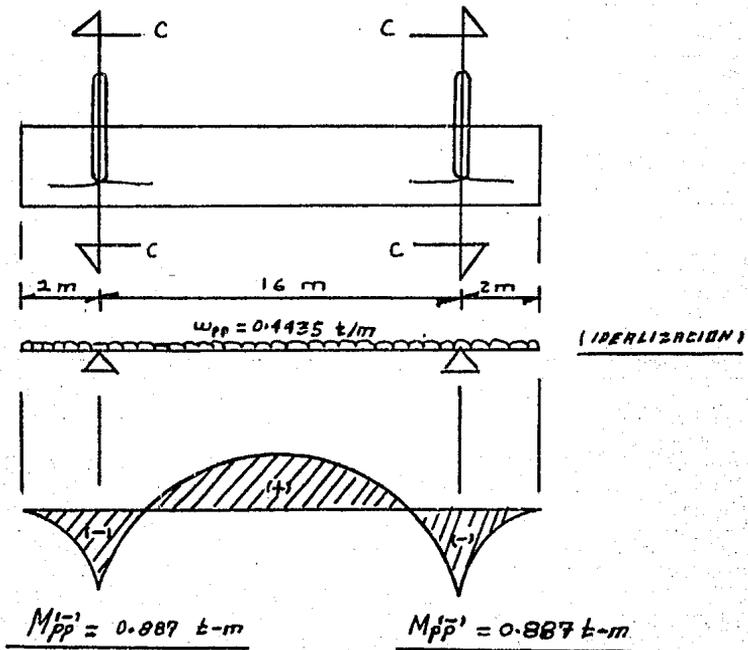
luego entonces la longitud de anclaje sera :

$$L_{\text{anclaje}} = 40(0.95) = 38 \text{ cm}$$

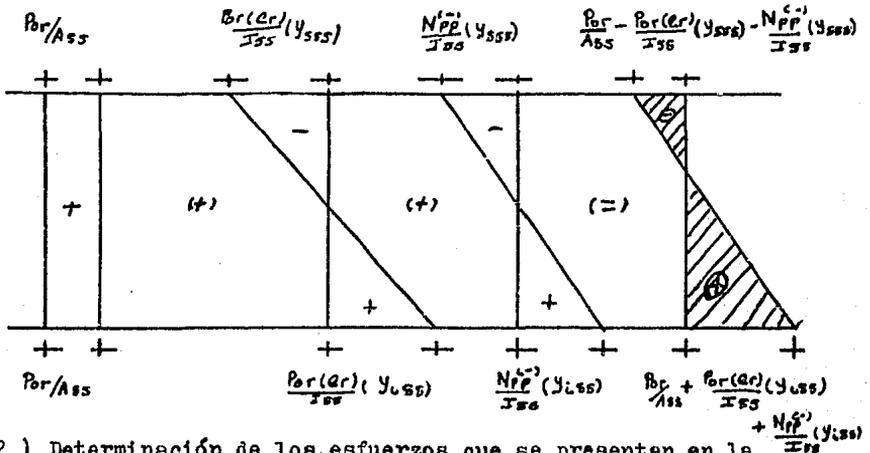
para mayor seguridad tomaremos :

$$L_{\text{anclaje}} = 100 \text{ cm}$$

c) Revisión de esfuerzos



c.1) Diagrama representativo de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (sección de los ganchos de izado)



c.2) Determinación de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (sección de los ganchos de izado)

Expresiones:

compresión:

$$f_{iss} = (P_{or}/A_{ss}) + \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{iss} + (M_{pp}^{(-)}/I_{ss}) y_{iss}$$

tensión :

$$f_{sss} = (P_{or}/A_{ss}) - \left[\frac{P_{or}(e_r)}{I_{ss}} \right] y_{sss} - (M_{pp}^{(-)}/I_{ss}) y_{sss}$$

Datos: $P_{or} = 138\ 853.33\ \text{kg}$

$$A_{ss} = 1\ 720\ \text{cm}^2$$

$$I_{ss} = 2\ 058\ 627.022\ \text{cm}^4$$

$$y_{iss} = 50.36\ \text{cm}$$

$$y_{sss} = 49.64\ \text{cm}$$

$$M_{pp}^{(-)} = 0.887\ \text{t-m}$$

$$e_r = 26.99\ \text{cm}$$

Sustitución:

$$f_{iss} = \frac{138853.33}{I 720} + \frac{138853.33(26.99)}{2 058 627.022} (50.36) + \frac{0.887(10)^5}{2058627.022} (50.36)$$

$$= \underline{174.58} \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ssb} = \frac{138853.33}{I 720} - \frac{138853.33(26.99)}{2 058 627.022} (49.64) - \frac{0.887(10)^5}{2058627.022} (49.64)$$

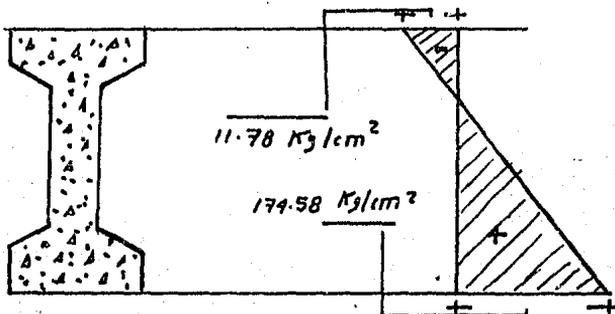
$$= - \underline{11.78} \text{ kg/cm}^2$$

Determinación de esfuerzos permisibles

compresión: $0.6(f_{ci}) = 0.6(320) = 192 \text{ kg/cm}^2$ (+)

tensión : $\sqrt{f_{ci}} = \sqrt{320} = 17.89 \text{ kg/cm}^2$ (-)

c.3) Diagrama representativo de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (sección de los ganchos de izado)



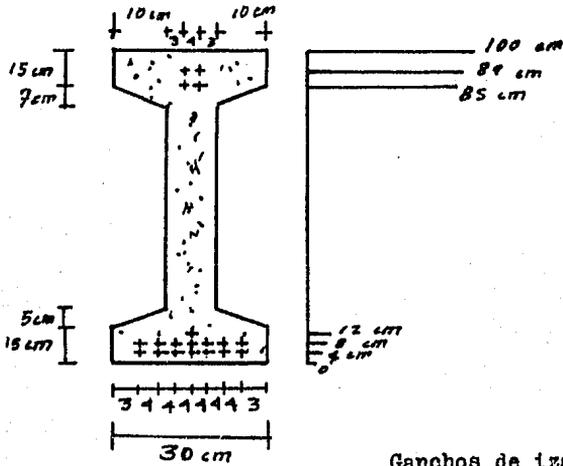
c.4) Tabla de comparación de esfuerzos en la sección C-C (sección de los ganchos de izado)

FIBRA	SIGNO	ESFUERZOS QUE SE PRESENTAN	COMPARACION	ESFUERZOS PERMISIBLES (INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA TRANSFERENCIA)	COMENTARIO
COMPRESION	(+)	174.58	<	192	CORRECTO
TENSION	(-)	11.78	<	17.89	CORRECTO

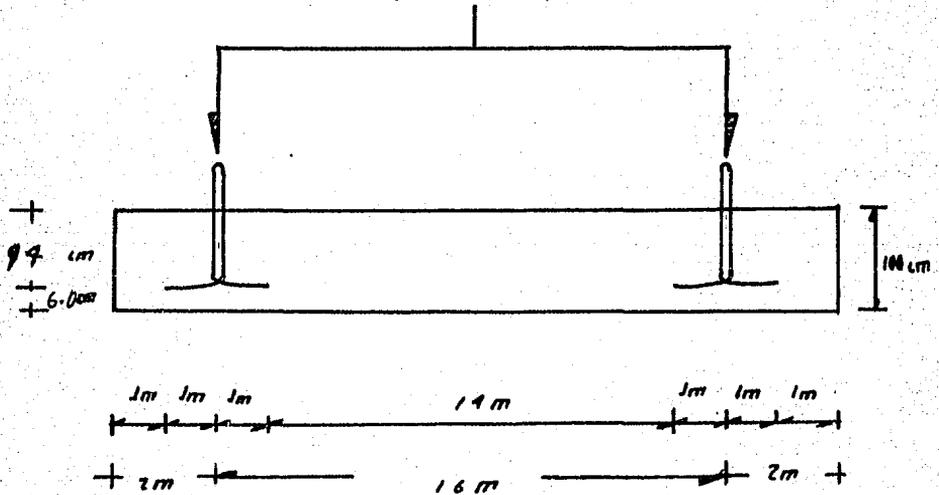
c.5) De la revisión por izado se llega a lo siguiente

Se colocaran ganchos de izado (los cuales se haran con torones de diámetro igual a 3/8 in.)

Armado:



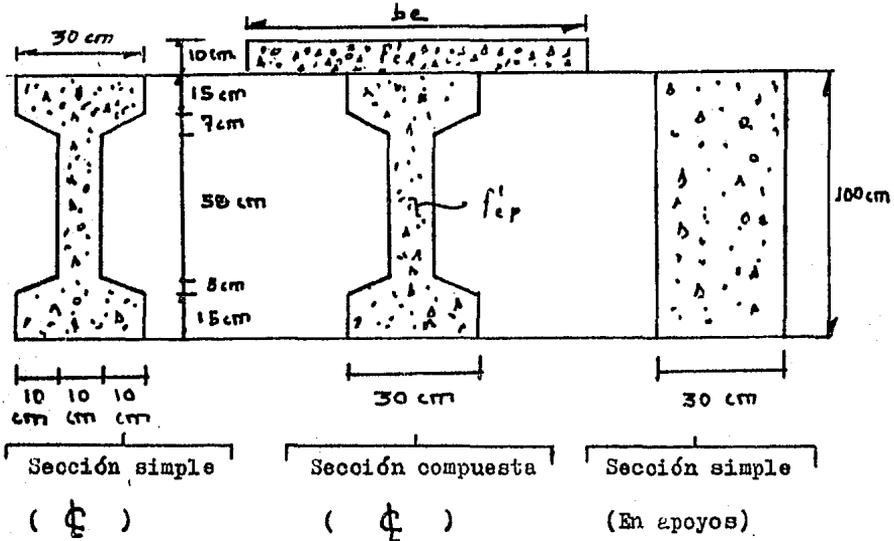
Ganchos de izado
(torón de 3/8 in.)



BISEÑO POR CORTANTE

3.1) DIMENSIONAMIENTO Y REVISIÓN POR EL METODO DE RESISTENCIA

a) Características geométricas de la sección



b) Obtención de la fuerza cortante que toma el concreto (V_c)

Nota: la fuerza cortante que toma el concreto (V_c), ésta determinada en función del tipo de sección. Luego entonces para éste caso, como tenemos dos tipos de secciones diferentes :

- Rectangular en los apoyos
- Sección "I" al centro del claro

Procederemos a utilizar las siguientes expresiones

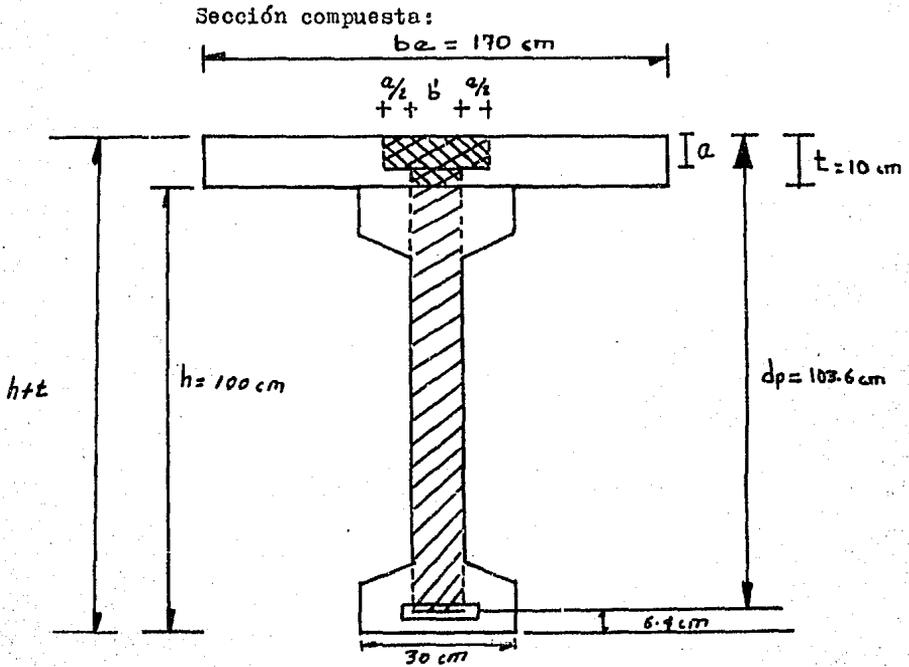
Sección rectangular:

$$V_c = FR (bd) \left[0.15 \sqrt{f'_c} + 50(d_t) \frac{V_u}{M_u} \right]$$

Sección "I"

$$V_c = FR (b'd + a^2) \left[0.15 \sqrt{f'_c} + 50(d_t) \frac{V_u}{M_u} \right]$$

Nota: como para el diseño por cortante se toma en cuenta la sección compuesta, luego entonces procederemos a determinar f_c representativo de la sección compuesta.



Para el diseño por cortante únicamente participa la zona ashurada.

Simbología:

Aportación de la losa \longrightarrow

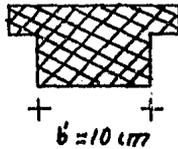


Aportación de la viga \longrightarrow



b.I) Cálculo de las áreas de aportación

Losa :



$$a = 6.55 \text{ cm}$$

$$t - a = 10 - 6.55 = 3.45 \text{ cm}$$

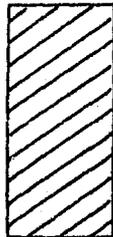
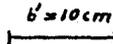
$$f'_{c_l} = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{c_l}^* = 0.8 f'_{c_l} = 0.8(200) = 160 \text{ kg/cm}^2$$

luego entonces:

$$A_{\text{losa}} = (10 \cdot 6.55 \times 6.55) + (10 \times 3.45) = \underline{104.29 \text{ cm}^2}$$

Viga :



$$100 - 6.4 = 93.6 \text{ cm}$$

$$f'_{c_p} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{c_p}^* = 0.8(400) = \underline{320 \text{ kg/cm}^2}$$

luego entonces:

$$A_{\text{viga}} = 10(93.6) = \underline{936 \text{ cm}^2}$$

Finalmente :

$$f_c^* = \frac{f_{c1}^* (A_{\text{losa}}) + f_{cp}^* (A_{\text{viga}})}{A_{\text{losa}} + A_{\text{viga}}}$$

Datos :

$$f_{c1}^* = 160 \text{ kg/cm}^2$$
$$f_{cp}^* = 320 \text{ kg/cm}^2$$
$$A_{\text{losa}} = 104.29 \text{ cm}^2$$
$$A_{\text{viga}} = 936 \text{ cm}^2$$

Sustitución:

$$f_c^* = \frac{160(104.29) + 320(936)}{104.29 + 936} = \underline{304 \text{ kg/cm}^2}$$

b.1) Expresiones de cortante

Sección rectangular

$$FR = 0.8$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

$$d = 1.036 \text{ m (distancia del centroide del acero de
presfuerzo en tensión, a la fibra extrema
en compresión)}$$

$$d_t = 110 - 23.37 = 86.63 \text{ cm} = 0.8663 \text{ m}$$

(distancia de la fibra extrema en compresión, al centroide del acero de presfuerzo total)

$$f_c^* = 304 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \underline{3040 \text{ t/m}^2}$$

Sustitución:

$$V_c = 0.8 (0.3 \times 1.036) \left[0.15 \sqrt{3040} + 50(0.8663) \frac{V_a}{M_a} \right]$$

$$V_c = 2.06 + 10.77 \frac{V_a}{M_a}$$

Sección "I"

$$FR = 0.8$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

$$b' = 0.10 \text{ m}$$

$$d = 1.036 \text{ m}$$

$$d_t = 0.8663 \text{ m}$$

$$a = 6.55 \text{ cm} = 0.0655 \text{ m}$$

$$f_c = 204 \text{ kg/cm}^2$$

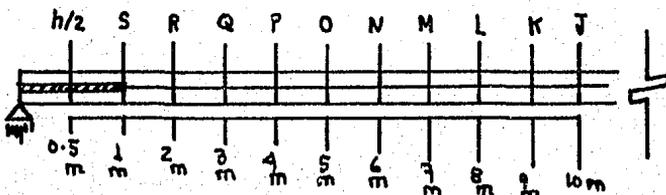
$$= 3040 \text{ t/m}^2$$

Sustitución:

$$V_c = 0.8 [0.10(1.036) + (0.0655)^2] \left[0.15 \sqrt{3040} + 50(0.8663) \frac{V_a}{M_a} \right]$$

$$V_c = 0.71 + 3.74 \frac{V_a}{M_a}$$

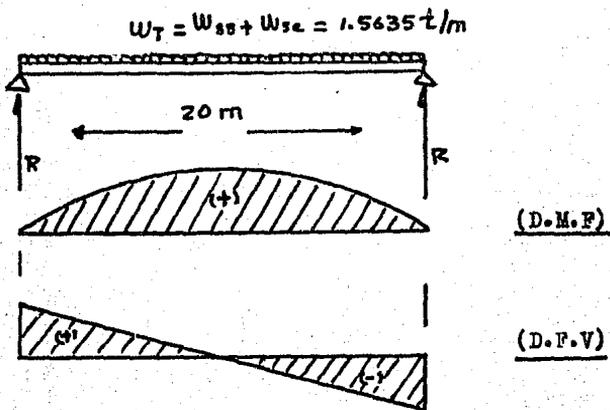
c) Secciones que hay que revisar por cortante



Sección	Distancia	
h/2	0.50 m	sección rectangular
T	1.00 m	
S	1.30 m	
R	2.00 m	
Q	3.00 m	
P	4.00 m	sección " I "
O	5.00 m	
N	6.00 m	
M	7.00 m	
L	8.00 m	
K	9.00 m	
J	10.00 m	

d) Obtención de los elementos mecánicos actuantes

condición de apoyo :



Los diagramas anteriores están dados por las siguientes ecuaciones:

Para momento	Para cortante
$M = R(X) - W_t \left(\frac{X^2}{2} \right)$	$V = R - W_t(X)$
$R = W_t(L/2) = 1.5635(20/2) = 15.635 \text{ ton.}$	
$M = 15.635(X) - 0.78175(X)^2$	$V = 15.635 - 1.5635(X)$

Unidades: La distancia : X  m
 El momento F. : M  t-m
 La fuerza C. : V  ton.

Luego entonces, ya conocidas las tres ecuaciones siguientes (Vc, V, M), procederemos al dimensionamiento y revisión por fuerza cortante

Ecuaciones conocidas:

Vc	sección rectangular $\left[Vc = 2.06 + \left(10.77 \frac{Va}{Ma} \right) \right]$
	sección "I" $\left[Vc = 0.71 + \left(3.74 \frac{Va}{Ma} \right) \right]$
$V = 15.635 - 1.5635(X)$	
$M = 15.635(X) - 0.78175(X)^2$	

d.I) Datos

Utilizaremos estribos de 5/16 in. (2 ramas)

$$E \rightarrow \phi = 5/16 \text{ in. (2 ramas) ; } (a_g = 0.49 \text{ cm}^2)$$

$$d = 103.6 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$b' = 10 \text{ cm}$$

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

$$f_c = 304 \text{ kg/cm}^2$$

$$FR = 0.8$$

$$e = 6.55 \text{ cm}$$

$$A_v = 2(a_g) = 2(0.49) = 0.98 \text{ cm}^2$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

d.2) Separación de estribos

Separación de estribos requerida para cálculo

$$\text{Expresión: } S_I = \frac{FR (A_v) f_y (d)}{V_{ua} - V_c}$$

Sustitución:

$$S_I = \frac{0.8(0.98)(4200)103.6}{V_{ua} - V_c} = \frac{341134.08}{V_{ua} - V_c} \quad (\text{cm})$$

Separación de estribos por especificación
(área mínima)

Sección	Separación
rectangular	$S_2 = \frac{FR(A_v)f_y}{3.5(b)} = \frac{0.8(0.98)4200}{3.5(30)} = 31.36 \text{ cm}$
sección "I"	$S_2 = \left[\frac{FR(A_v)f_y}{(3.5b')} \right] = \frac{0.8(0.98)4200}{3.5(10)} = 94.08 \text{ cm}$

Separación de estribos(S_3)

Sección	Separación	Condición
rectangular	$S_3 = 0.75(h)$ $= 0.75(100)$ $= \underline{75} \text{ cm}$	$\underline{\text{si}} \quad V_{ua} \leq 1.5 \text{ FR } bd \sqrt{f_c}$
sección "I"	$S_3 = 0.75(h)$ $= 0.75(100)$ $= \underline{75} \text{ cm}$	$\underline{\text{si}} \quad V_{ua} \leq 1.5 \text{ FR}(b' d + a^2) \sqrt{f_c}$

Separación de estribos(S_4)

Sección	Separación	Condición
rectangular	$S_4 = 0.375(h)$ $= 0.375(100)$ $= \underline{37.5} \text{ cm}$	$\underline{\text{si}} \quad V_{ua} > 1.5 \text{ FR } bd \sqrt{f_c}$
Sección "I"	$S_4 = 0.375(h)$ $= 0.375(100)$ $= \underline{37.5} \text{ cm}$	$\underline{\text{si}} \quad V_{ua} > 1.5 \text{ FR}(b' d + a^2) \sqrt{f_c}$

d.3) Especificaciones generales de cortante

Sección	Condición	Comentario
rectangular	$\underline{\text{si}} \quad V_{ua} \leq 2.5 \text{ FR } bd \sqrt{f_c}$	sección correcta
	$\underline{\text{si}} \quad V_{ua} > 2.5 \text{ FR } bd \sqrt{f_c}$	sección insuficiente

Sección	Condición	Comentario
sección "I"	$\underline{\text{si}} V_{ua} \leq 2.5 FR(bd + a^2) \sqrt{f_c^*}$	sección correcta
	$\underline{\text{si}} V_{ua} > 2.5 FR(bd + a^2) \sqrt{f_c^*}$	sección insuficiente

d.4) Constantes de cálculo

$$(h=100 \text{ cm}) = 1 \text{ m}$$

$$(h/b=3.33) < 6$$

$$\begin{aligned} 1.5 FR bd \sqrt{f_c^*} &= 1.5(0.8)(30 \times 103.6) \sqrt{304} \\ &= 65\,027.798 \text{ kg} \\ &= \underline{65} \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.5 FR(bd + a^2) \sqrt{f_c^*} &= 1.5(0.8) [(10 \times 103.6) + (6.55)^2] \sqrt{304} \\ &= 22\,573.6 \text{ kg} \\ &= \underline{22.5} \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.5 FR bd \sqrt{f_c^*} &= 2.5(0.8)(30 \times 103.6) \sqrt{304} \\ &= 108\,379.7 \text{ kg} \\ &= \underline{108.4} \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.5 FR(bd + a^2) \sqrt{f_c^*} &= 2.5(0.8) [(10 \times 103.6) + (6.55)^2] \sqrt{304} \\ &= 37\,622.7 \text{ kg} \\ &= \underline{37.6} \text{ ton.} \end{aligned}$$

d.5) Cortantes máximas y mínimas que resiste el concreto

Sección rectangular

$$\begin{aligned} V_c \text{ máx.} &= 1.3 \text{ FR bd } \sqrt{f_c^*} = 1.3(0.8)(30 \times 103.6) \sqrt{304} \\ &= 56\,357.43 \text{ kg} \\ &= \underline{56.3} \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c \text{ mín.} &= 0.3 \text{ FR bd } \sqrt{f_c^*} = 0.3(0.8)(30 \times 103.6) \sqrt{304} \\ &= 13\,005.6 \text{ kg} \\ &= \underline{13} \text{ ton.} \end{aligned}$$

Sección "I"

$$\begin{aligned} V_c \text{ máx.} &= 1.3 \text{ FR}(bd + a^2) \sqrt{f_c^*} \\ &= 1.3(0.8) \left[(10 \times 103.6) + (6.55)^2 \right] \sqrt{304} \\ &= 19\,563.8 \text{ kg} \\ &= \underline{19.5} \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c \text{ mín.} &= 0.3 \text{ FR}(bd + a^2) \sqrt{f_c^*} \\ &= 0.3(0.8) \left[(10 \times 103.6) + (6.55)^2 \right] \sqrt{304} \\ &= 4\,514.7 \text{ kg} \\ &= \underline{4.5} \text{ ton.} \end{aligned}$$

d.6) Opciones para separación de estribos

$$S_I = \frac{341\,134.08}{V_{ua} - V_c} \quad (\text{cm})$$

$S_2 = \begin{cases} \text{rectangular} & : 31.36 \text{ cm} \\ \text{sección "I"} & : 94.08 \text{ cm} \end{cases}$

$S_3 = \begin{cases} \text{rectangular} & : 75 \text{ cm} \text{ si } V_{ua} \leq 65 \text{ ton.} \\ \text{Sección "I"} & : 75 \text{ cm} \text{ si } V_{ua} \leq 22.5 \text{ ton.} \end{cases}$

$S_4 = \begin{cases} \text{rectangular} & : 37.5 \text{ cm} \text{ si } V_{ua} > 65 \text{ ton.} \\ \text{sección "I"} & : 37.5 \text{ cm} \text{ si } V_{ua} > 22.5 \text{ ton.} \end{cases}$

Sección Rectangular

Sección "I"

SECCIÓN CONCEPTO	h/2	T	S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	ESPECIFICACION
Va	14.85	14.07	12.60	12.51	10.91	9.38	7.82	6.25	4.69	3.12	1.56	0.00	ver inciso (d)
Vua = 1.4 Va	20.79	19.70	14.04	17.51	15.22	13.13	10.91	8.76	6.57	4.38	2.19	0.00	
CONCRETO	5.C	ver inciso (d.3)											
Ma	7.62	14.85	19.00	20.14	39.87	50.03	58.63	68.67	71.14	75.05	77.39	78.18	Ver inciso (d)
Va/Ma (1/m)	1.95	0.95	0.72	0.49	0.27	0.19	0.13	0.10	0.07	0.04	0.02	0.00	
Vc	23.06	12.29	3.40	2.36	1.72	1.42	1.20	1.08	0.97	0.86	0.78	0.71	Ver inciso (d)
Vc mín.	13.00	13.00	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	Ver inciso (d.5)
Vc máx	56.3	56.3	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	Ver inciso (d.5)
Vc comp.	23.06	13.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
Vc DEFINITIVA	23.06	13.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	Se cumple { h/2 < 6
V' = Vua - Vc	-	6.7	14.54	13.01	10.82	8.63	6.99	4.26	2.07	-	-	-	
separación Esp. (S1) m.	-	0.51	0.23	0.26	0.32	0.40	0.53	0.80	1.45	-	-	-	Ver inciso (d.6)
separación por especificación (S2) m.	0.31	0.31	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	Ver inciso (d.6)
V comparación	65	65	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	Ver inciso (d.4)
separación (S3) m	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	Ver inciso (d.6)
separación (S4) m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ver inciso (d.6)
separación mínima S1 < S2, S3, S4	0.31	0.31	0.28	0.26	0.32	0.40	0.53	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
separación definitiva S5 = S1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25	0.30	0.30	0.50	0.50	0.50	0.60	0.50	
V' = Pu Av Fyd / Scomp	17.06	17.06	17.06	17.06	13.65	11.77	11.37	6.82	6.82	6.82	6.82	6.82	
Vua = { Vc DEFINITIVA } { V' } { Vc } comparación	40.12	30.06	21.56	21.06	18.15	15.87	15.87	11.72	11.32	11.32	11.32	11.32	cortante último Resistente
VuR contra Vua	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	CORRECTO

DIMENSIONAMIENTO

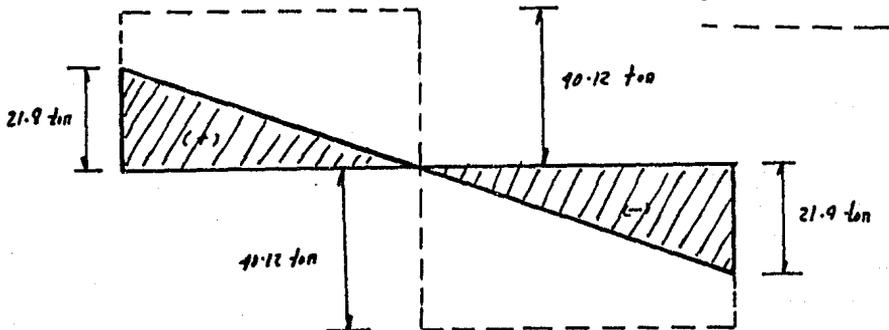
REVISIÓN

d.7) Diagrama de capacidad a cortante

Simbología :

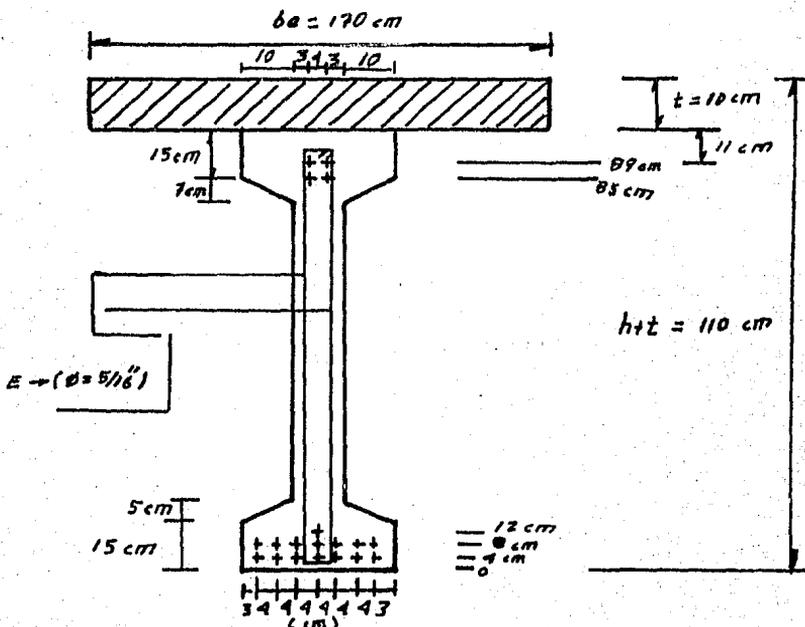
Cortante que se presenta

Cortante que resiste

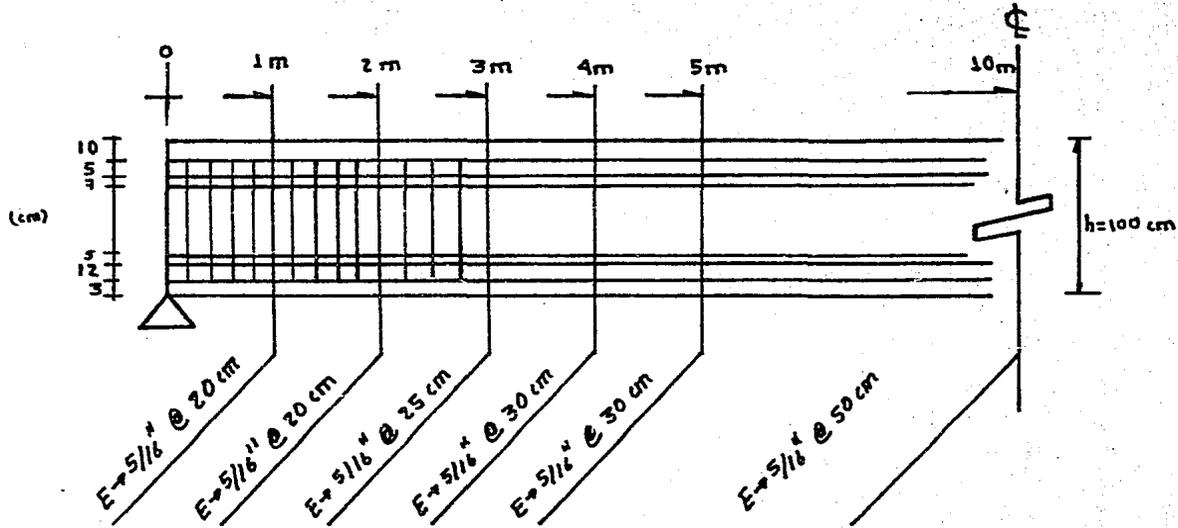


d.8) Armado por cortante

Sección transversal



Sección longitudinal



a.I) Datos

$$f_{cl}^I = 200 \text{ kg/cm}^2 \longrightarrow f_{cl}^{II} = 136 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cp}^I = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sr} = 18\,982 \text{ kg/cm}^2 \longrightarrow \text{torones de } (\varnothing = 3/8 \text{ in.})$$

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2 \longrightarrow \text{acero de refuerzo } (\varnothing = 3/8 \text{ in.})$$

$$L = 20 \text{ m}$$

Simplemente apoyada

$$f_{sp} = 18\,361.474 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{sp} = 8.25 \text{ cm}^2$$

$$b_e = 170 \text{ cm}$$

$$a = 6.55 \text{ cm}$$

$$c = 8.1875 \text{ cm}$$

$$t = 10 \text{ cm}$$

b) Determinación de la fuerza horizontal (F_h)

Condición	Fuerza horizontal
para $a < t$	$F_h = a(b_e) f_{cl}^{II}$
para $a = t$	$F_h = t(b_e) f_{cl}^{II}$
para $a > t$	$F_h = t(b_e) f_{cl}^{II}$

para nuestro caso resultado que ($a < t$), luego entonces la fuerza horizontal esta dada por la expresión:

$$F_h = a(b_e) f_{cl}^{II}$$

Sustitución:

$$F_h = 6.55(170)136 = \underline{151\ 436\ kg}$$

c) Determinación de la necesidad de colocar conectores

La determinación de colocar conectores se tomara de acuerdo a la siguiente tabla:

Condición	Especificación
si $F_h \leq 2.8 FR(b_v)(l_{vh})$	No se requieren conectores
si $F_h > 2.8 FR(b_v)(l_{vh})$	Si se requieren conectores

Determinación de la condición:

Expresión: $\frac{2.8 FR (b_v)(l_{vh})}{}$

Datos : $FR = 0.8$

$$b_v = 30\ cm ; \text{ (ancho de la superficie en contacto)}$$

$$l_{vh} = L/2 = 20/2 = 10\ m = 1000\ cm$$

(longitud efectiva en contacto)

Nota: Se tomo como L/2, por ser la condición de viga simplemente apoyada.

Sustitución:

$$2.8 FR (b_v)(l_{vh}) = 2.8(0.8)(30)1\ 000 = \underline{67\ 200\ kg}$$

d) Comparación de fuerzas

Fuerza horizontal	Comparación	Condición	Especificación
151 436.0 kg	>	67 200 kg	Si se requieren conectores

e) Determinación del área de acero requerida para conectores

Expresión:

$$A_{vf} = \frac{F_h}{FR(\mu_e)f_y}$$

(requerida)

Simbología:

A_{vf} ; Área de conectores requerida en la longitud (l_{vh})

f_y ; Límite de fluencia del conector ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$)

μ_e ; Coeficiente de cortante de fricción efectivo

Expresión:

$$\mu_e = \frac{70(\lambda)^2(b_v)(l_{vh})}{F_h \text{ lím.}}$$

Donde:

$F_h \text{ lím.}$; fuerza horizontal limitada

Se calcula como sigue:

$$F_h \text{ lím.} \leq \begin{cases} \cdot) F_h \\ \cdot) 0.25(f'_{cl})(l_{vh})(b_v) \\ \cdot) 70(b_v)(l_{vh}) \end{cases}$$

$\lambda = 1$; para concretos de peso normal

Determinación de la fuerza horizontal limitada ($F_h \text{ lím.}$)

Datos: $F_h = 151\,436 \text{ kg}$

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

$l_{vh} = 1\,000 \text{ cm}$

$b_v = 30 \text{ cm}$

Sustitución:

$$F_h \text{ lfm.} \leq \begin{cases} .) 151\,436 \text{ kg} \\ .) 0.25(200)(1\,000)30 = 1\,500\,000 \text{ kg} \\ .) 70(30)(1\,000) = 2\,100\,000 \text{ kg} \end{cases}$$

luego entonces se toma:

$$F_h \text{ lfm.} = \underline{151\,436 \text{ kg}}$$

Ahora pasaremos a determinar el coeficiente de cortante de fricción efectivo (μ_e)

$$\text{Expresión: } \mu_e = \frac{70(\lambda)^2(b_v)(l_{vh})}{F_h \text{ lfm.}}$$

$$\text{Datos : } \lambda = 1$$

$$b_v = 30 \text{ cm}$$

$$l_{vh} = 1\,000 \text{ cm}$$

$$F_h \text{ lfm} = 151\,436 \text{ kg}$$

Sustitución:

$$\mu_e = \frac{70(1)^2(30)(1\,000)}{151\,436} = \underline{13.87}$$

Finalmente pasaremos a determinar el área de acero requerida para conectores.

$$\text{Expresión: } A_{vf} \text{ (requerida)} = \frac{F_h}{FR(\mu_e)f_y}$$

$$\text{Datos : } F_h = 151\,436 \text{ kg}$$

$$FR = 0.8$$

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mu_e = 13.87$$

Sustitución:

$$A_{vf} \text{ (requerida)} = \frac{151\,436}{0.8(13.87)4\,200} = \underline{3.2 \text{ cm}^2}$$

f) Determinación del área de acero mínima(I) para conectores

Expresión:

$$A_{vf} \text{ (mín.)}_I = \frac{8.4(b_v)(l_{vh})}{f_y}$$

Datos :

$$b_v = 30 \text{ cm}$$

$$l_{vh} = 1\,000 \text{ cm}$$

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

Sustitución:

$$A_{vf} \text{ (mín.)}_I = \frac{8.4(30)1\,000}{4\,200} = \underline{60 \text{ cm}^2}$$

g) Tabla de comparación de áreas de acero para conectores

Area (cm ²)	Comparación	Area (cm ²)	Especificación
si A_{vf} (requerida)	\geq	A_{vf} (mín.) _I	se toma A_{vf} (requerida)
si A_{vf} (requerida)	$<$	A_{vf} (mín.) _I	se toma A_{vf} (mín.) _I y se procede a calcular: A_{vf} (mín.) ₂

Luego entonces como :

$$\left[A_{vf} \underset{\text{(requerida)}}{=} 3.2 \text{ cm}^2 \right] < \left[A_{vf} \underset{\text{(mín)}_I}{=} 60 \text{ cm}^2 \right]$$

procederemos a calcular una área de acero mínima(2) para conectores

h) Determinación del área de acero mínima(2) para conectores

Expresión:
$$A_{vf} \underset{\text{(mín)}_2}{=} 1.33 A_{vf} \text{ (requerida)}$$

Datos :

$$A_{vf} \underset{\text{(requerida)}}{=} 3.2 \text{ cm}^2$$

Sustitución:

$$A_{vf} \underset{\text{(mín)}_2}{=} 1.33(3.2) = \underline{4.256 \text{ cm}^2}$$

i) Tabla de comparación para áreas de acero mínimas(I,2) para conectores

Area (cm ²)	Comparación	Area (cm ²)	Especificación
si $A_{vf} \underset{\text{(mín)}_2}$	<	$A_{vf} \underset{\text{(mín)}_I}$	se toma $A_{vf} \underset{\text{(mín)}_2}$ y se procede a calcular: $A_{vf} \underset{\text{(mín)}_3}$
si $A_{vf} \underset{\text{(mín)}_2}$	>	$A_{vf} \underset{\text{(mín)}_I}$	se toma $A_{vf} \underset{\text{(mín)}_I}$

Luego entonces como:

$$\left[\begin{array}{l} A_{vf} = 4.256 \text{ cm}^2 \\ (\text{mín}) 2 \end{array} \right] < \left[\begin{array}{l} A_{vf} = 60 \text{ cm}^2 \\ (\text{mín}) 1 \end{array} \right]$$

procederemos a calcular una área de acero mínima(3) para conectores

j) Determinación del área de acero mínima(3) para conectores

Expresión:

$$A_{vf} (\text{mín}) 3 = \frac{3.5(b_v)(l_{vh})}{f_y}$$

Datos :

$$b_v = 30 \text{ cm}$$

$$l_{vh} = 1000 \text{ cm}$$

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

Sustitución:

$$A_{vf} (\text{mín}) 3 = \frac{3.5(30)(1000)}{4200} = 25 \text{ cm}^2$$

Finalmente el área de acero para conectores estara dada por :

$$A_s (\text{conectores}) \geq \begin{cases} A_{vf} (\text{requerida}) \\ A_{vf} (\text{mín}) 2 \\ A_{vf} (\text{mín}) 3 \end{cases}$$

Sustitución:

$$\frac{A_s}{\text{(conectores)}} \geq \begin{cases} .) 3.2 \text{ cm}^2 \\ .) 4.256 \text{ cm}^2 \\ .) 25 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

Luego entonces se elige a: A_{vf} (mín) 3

Siendo así de ésta manera que:

$$\frac{A_s}{\text{(conectores)}} = 25 \text{ cm}^2$$

k) Determinación del número y separación de conectores

Nota: Para la longitud (l_{vh}) se requieren los siguientes conectores:

Expresión:

$$n = \frac{A_s(\text{conectores})}{2 (a_s(\text{conectores}))}$$

Donde:

$$A_s(\text{conectores}) = 25 \text{ cm}^2$$

$a_s(\text{conectores})$; Area de la sección transversal de un conector

Para varilla de $\phi = 3/8 \text{ in.}$:

$$(a_s = 0.71 \text{ cm}^2)$$

Sustitución:

$$n = \frac{25}{2(0.71)} = 18 \text{ conectores}$$

Finalmente en la longitud $L=20$ m, se requieren un número de conectores igual a : $2(n)$

Número de conectores en la longitud L :

$$2(n) = 2(18) = 36 \text{ conectores}$$

Separación entre conectores

Nota: La separación máxima entre conectores deberá ser $4(t)$, siendo "t" el espesor de la losa colada en el lugar .

Para éste caso ($t = 10$ cm)

Luego entonces:

$$S_{\text{máx.}} = 4(10) = \underline{40 \text{ cm}}$$

Por otra parte , la separación entre conectores estara dada por la siguiente expresión:

$$S_{\text{con.}} = \frac{L}{2(n)}$$

Datos:

$$L = 20 \text{ m} = 2000 \text{ cm}$$

$$2 = 18 \text{ conectores}$$

Sustitución:

$$S_{\text{con.}} = \frac{2000}{2(18)} = \underline{55 \text{ cm}}$$

Comparación de separaciones entre conectores

$$\text{como: } \left[S_{\text{con.}} = 55 \text{ cm} \right] > \left[S_{\text{máx.}} = 40 \text{ cm} \right]$$

Luego entonces, se tomara como separación definitiva entre conectores a: $S_{\max.} = \underline{\underline{40 \text{ cm}}}$

l) Cálculo de la longitud de anclaje para el conector

Datos : Varilla → de 3/8 in.

$$f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$$

Varillas con más de 30 cm de concreto colado bajo de ellas

Con estos datos entramos a la tabla No. 3 del reglamento 40I (RCDF - 76), para así obtener que:

$$L_d = \underline{33 \text{ cm}} \quad ; \text{ tomaremos: } L_d = \underline{35 \text{ cm}} /$$

m) Conclusión

Se colocaran conectores de las siguientes características

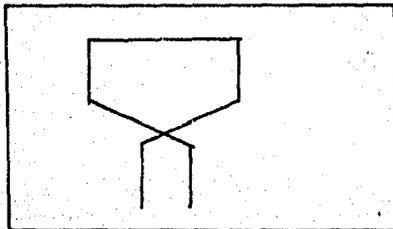
→ $f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$

→ diámetro igual a 3/8 in.

→ separación entre conectores igual a 40 cm

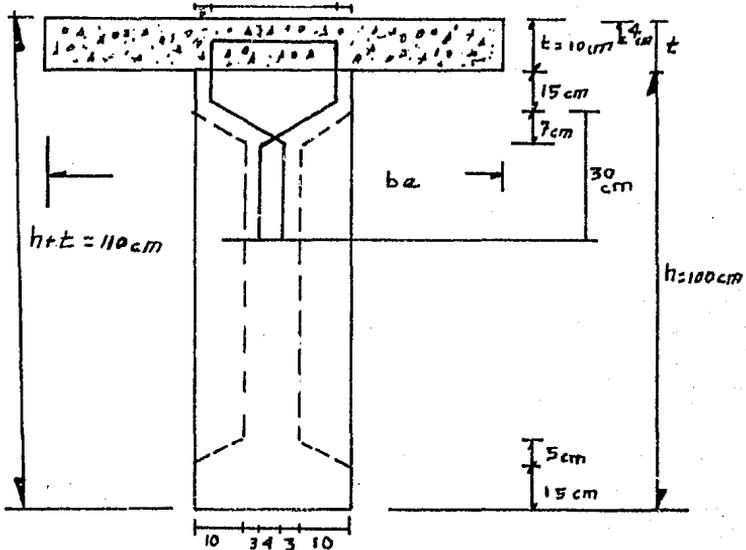
→ anclados en el alma de la viga una longitud igual a 35 cm

→ serán de la siguiente sección:

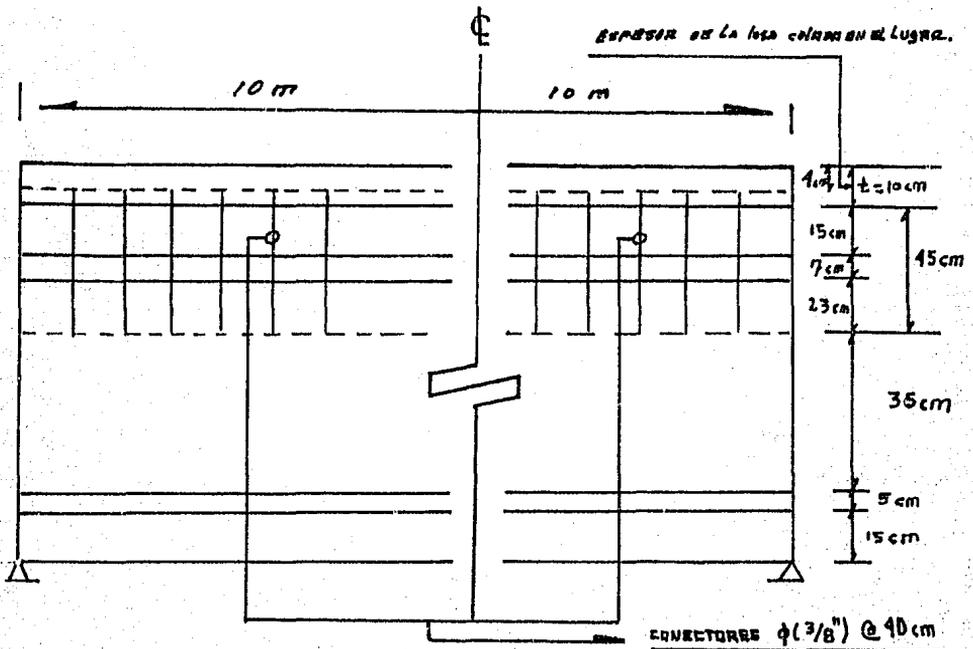


n) Armado por esfuerzo rasante

Sección transversal



Sección longitudinal

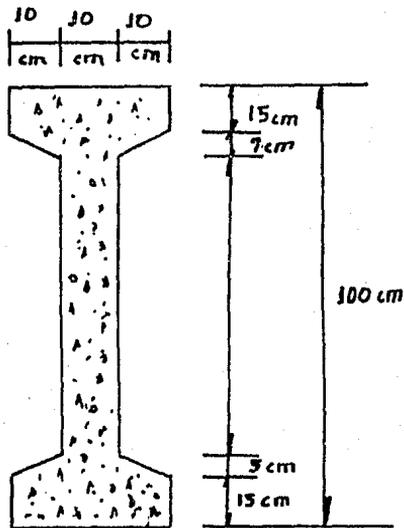


REVISION DE LOS EXTREMOS EN LA VIGA DE SECCION "I"

Nota: se utilizara el procedimiento de KHACHATURIAN para reforzar los extremos de la viga

El refuerzo en los extremos conciste en colocar estribos adicionales a los requeridos por cortante.

a) Características de la sección



Datos : $L = 20$ m (simplemente apoyada)

$f_c = 400$ kg/cm²

$f_{sr} = 18\ 982$ kg/cm²

Ancho máximo de grietas : $w = 0.01$ cm

Estribos de 1/2 in.

Nota: para éste ejemplo se tendran que revisar dos secciones, las cuales son :

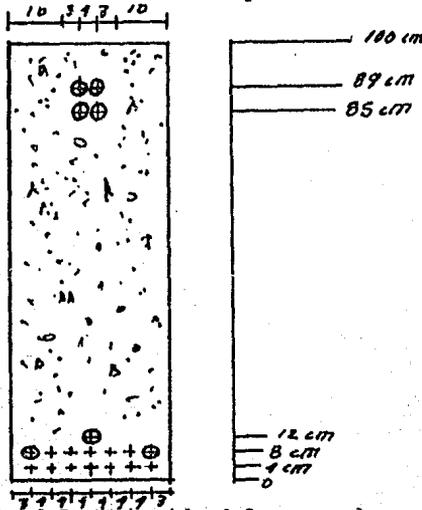
Extremo de la viga(sección rectangular)
(no trabaja todo el presfuerzo)

Sección donde termina el engrase de torones
(sección "I" , trabaja todo el presfuerzo)

Luego entonces procederemos a determinar el refuerzo vertical :

b) Revisión del extremo de la viga(sección rectangular)
(sección donde no trabaja todo el presfuerzo)

b.I) Colocación del acero de presfuerzo



b.2) Cálculo del centroide del acero de presfuerzo

Expresión:
$$e'_r = \frac{\sum FY}{\sum F}$$

Datos :
$$\begin{aligned} \sum FY &= 7(4) + 5(8) = 68 \\ \sum F &= 12 \end{aligned}$$

Sustitución:
$$e'_r = (68/12) = 5.67 \text{ cm}$$

Luego entonces:
$$e_r = y_{iss} - e'_r$$

Datos: $y_{iss} = 50 \text{ cm}$
 $e_r^l = 5.67 \text{ cm}$

Sustitución: $e_r = 50 - 5.67 = \underline{44.33 \text{ cm}}$

b.3) Cálculo de la relación (e_r / h)

Datos: $e_r = 44.33 \text{ cm}$
 $h = 100 \text{ cm}$

Sustitución: $(e_r / h) = (44.33/100) = \underline{0.44}$

b.4) Cálculo de las relaciones (y/h)

se consideraran 10 secciones, luego entonces el incremento de "y" sera :

$$\Delta y = (h/10) = (100/10) = 10 \text{ cm}$$

Tabla de relaciones:

sección	y	h	y/h
1	10	100	0.1
2	20	100	0.2
3	30	100	0.3
4	40	100	0.4
5	50	100	0.5
6	60	100	0.6
7	70	100	0.7
8	80	100	0.8
9	90	100	0.9
10	100	100	1.0

b.5) Cálculo de la fuerza de presfuerzo total (P_T)

Expresión: $P_T = (n)F$

Datos : $n = 12 \text{ torones}$
 $F = 5 \ 846.46 \text{ kg}$

Sustitución: $P_T = 12(5 \ 846.46) = \underline{70 \ 157.52 \text{ kg}}$

b.6) Cálculo del momento ($P_T \cdot e_r$)

Datos: $P_T = 70\ 157.52\ \text{kg}$

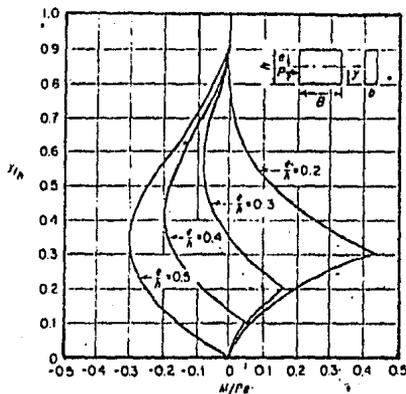
$e_r = 44.33\ \text{cm}$

Sustitución:

$70\ 157.52(44.33) = \underline{3\ 110\ 082.9\ \text{kg-cm}}$

b.7) Cálculo del momento máximo en valor absoluto

haciendo uso de la gráfica siguiente:



procederemos a calcular la siguiente tabla:

y	h	y/h	$M / (P_T \cdot e_r)$	M
0.0	100	0.0	0.0	0.0
10	100	0.1	- 0.06	- 186 604.97
20	100	0.2	- 0.18	- 559 814.92
30	100	0.3	- 0.23	- 715 319.07
40	100	0.4	- 0.22	- 648 218.24
50	100	0.5	- 0.21	- 653 117.41
60	100	0.6	- 0.18	- 559 814.92
70	100	0.7	- 0.10	- 311 008.29
80	100	0.8	- 0.04	- 124 403.32
90	100	0.9	0.0	0.0
100	100	1.0	0.0	0.0

$$M \text{ máx.} = \underline{715\ 319.07 \text{ kg-cm}}$$

b.8) Cálculo de la fuerza de tensión máxima(T)

$$\text{Expresión: } T = \frac{M \text{ máx.}}{h - Z}$$

$$\text{Datos : } M \text{ máx} = 715\ 319.07 \text{ kg-cm}$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

$$Z = (h/4) = (100/4) = 25$$

$$\text{Sustitución: } T = \frac{715\ 319.07}{100 - 25} = \underline{9\ 537.59 \text{ kg.}}$$

b.9) Cálculo del esfuerzo permitido en estribos

Expresión:

$$f_s = 1.67 \sqrt{\frac{E_s \sqrt{f_c'} (w)}{a_s}} \leq 0.5 f_y$$

$$\text{Datos: } E_s = 2(10)^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$w = 0.01 \text{ cm}$$

$$a_s = 1.27 \text{ cm}^2 \longrightarrow \text{para estribos de } \underline{1/2 \text{ in.}}$$

Sustitución:

$$f_s = 1.67 \sqrt{\frac{2(10)^6 \sqrt{400} (0.01)}{1.27}} = \underline{937.23 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\text{por otra parte: } 0.5 (f_y) = 0.5(4\ 200) = \underline{2100 \text{ kg/cm}^2}$$

Comparación:

como $f_s < 0.5(f_y)$; luego entonces
estamos bien.

b.I0) Cálculo del área de acero para estribos

Expresión:
$$A_s = \frac{T}{f_s}$$

Datos : $T = 9\ 537.59\ \text{kg}$

$f_s = 937.23\ \text{kg/cm}^2$

Sustitución:

$$A_s = \frac{9\ 537.59}{937.23} = 10.2\ \text{cm}^2$$

b.II) Cálculo del número de estribos requeridos para la zona de transferencia ($h/2$)

Expresión:
$$n = \frac{A_s}{A_v}$$

Datos : $A_s = 10.2\ \text{cm}^2$

$A_v = 2(a_s) = 2(1.27) = 2.54\ \text{cm}^2$

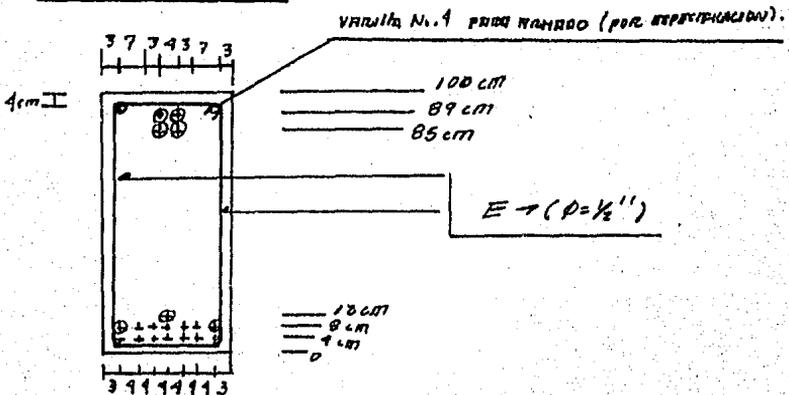
Sustitución:

$$n = \frac{10.2}{2.54} = 4\ \text{estribos}$$

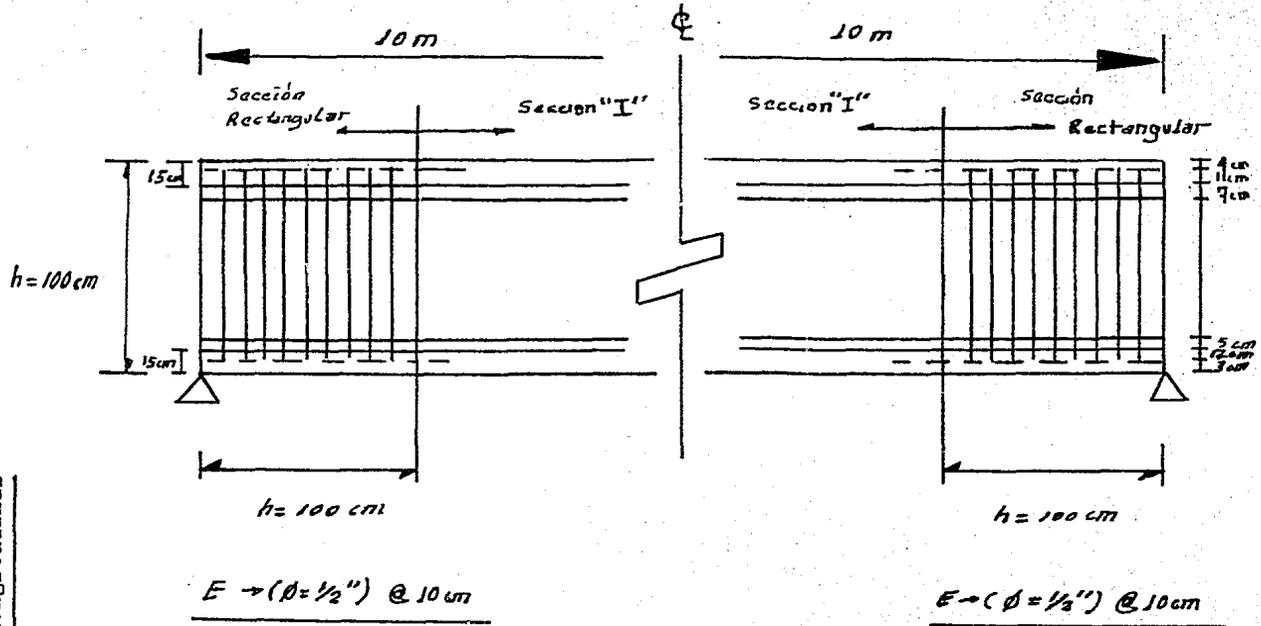
luego entonces para una distancia "h" del extremo hacia el centro del claro se necesitaran 8 estribos.

b.I2) Armado de los extremos

Sección transversal

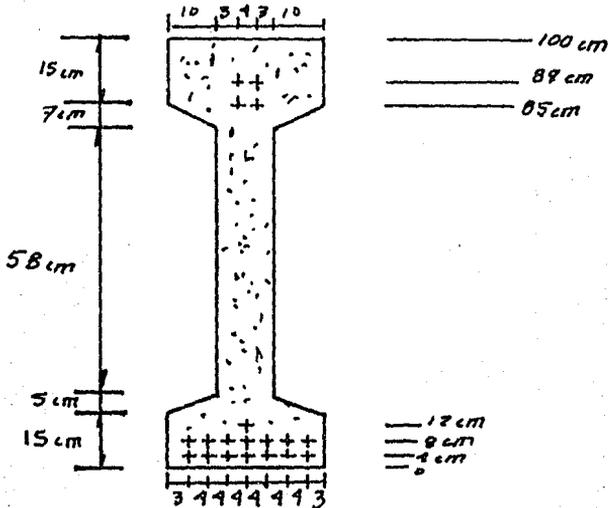


Sección longitudinal



c) Revisión de la sección donde termina el engrase de torones (sección "I", trabaja todo el presfuerzo)

c.1) Colocación del acero de presfuerzo



c.2) Cálculo del centroide del acero de presfuerzo

$$\text{Expresión: } e_r^I = \frac{\sum FY}{\sum F}$$

$$\text{Datos : } \sum FY = 7(4) + 7(8) + 1(12) + 2(85) + 2(89) = 444$$

$$\sum F = 19$$

$$\text{Sustitución: } e_r^I = \frac{444}{19} = 23.37 \text{ cm}$$

$$\text{luego entonces: } e_r = y_{iss} - e_r^I$$

$$\text{Datos : } y_{iss} = 50.36 \text{ cm}$$

$$e_r^I = 23.37 \text{ cm}$$

$$\text{Sustitución: } e_r = 50.36 - 23.37 = \underline{26.99 \text{ cm}}$$

c.3) Cálculo de la relación (e_r / h)

$$\text{Datos: } e_r = 26.99 \text{ cm}$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

Sustitución:

$$(e_r / h) = (26.99/100) = \underline{0.27}$$

c.4) Cálculo de las relaciones(y/h)

se consideraran 10 secciones, luego entonces el incremento de "y" sera:

$$\Delta y = (h/100) = (100/10) = 10 \text{ cm}$$

Tabla de relaciones

sección	y	h	y/h
1	10	100	0.1
2	20	100	0.2
3	30	100	0.3
4	40	100	0.4
5	50	100	0.5
6	60	100	0.6
7	70	100	0.7
8	80	100	0.8
9	90	100	0.9
10	100	100	1.0

c.5) Cálculo de la fuerza de presfuerzo total(P_T)

Expresión: $P_T = n(F)$

Datos : $n = 19$ torones
 $F = 5\ 846.46$ kg

Sustitución: $P_T = 19(5\ 846.46) = \underline{111\ 082.74}$ kg

c.6) Cálculo del momento($P_T \cdot e_r$)

Datos: $P_T = 111\ 082.74$ kg

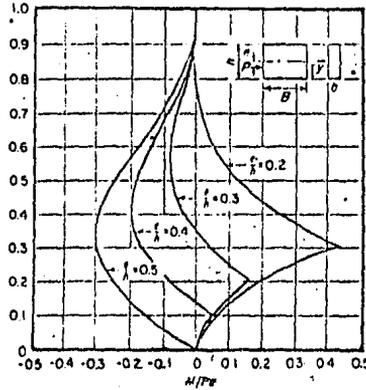
$e_r = 26.99$ cm

Sustitución:

$$111\ 082.74(26.99) = \underline{2\ 998\ 123.2} \text{ kg-cm}$$

c.7) Cálculo del momento máximo en valor absoluto

haciendo uso de la siguiente gráfica:



procederemos a calcular la siguiente tabla :

y	h	y/h	$M/(P_T \cdot e_r)$	M
0.0	100	0.0	0.0	0.0
10	100	0.1	0.06	179 887.39
20	100	0.2	0.19	569 643.41
30	100	0.3	0.14	419 737.25
40	100	0.4	0.04	119 924.93
50	100	0.5	- 0.01	- 29 981.23
60	100	0.6	- 0.03	- 89 943.69
70	100	0.7	- 0.02	- 59 962.46
80	100	0.8	- 0.01	- 29 981.23
90	100	0.9	0.00	0.00
100	100	1.0	0.00	0.00

luego entonces:

$$M \text{ máx.} = \underline{569\ 643.41 \text{ kg-cm}}$$

c.8) Cálculo de la fuerza de tensión máxima(T)

Expresión:
$$T = \frac{M \text{ máx.}}{h - Z}$$

Datos : $M \text{ máx.} = 569\ 643.41 \text{ kg-cm}$

$h = 100 \text{ cm}$

$Z = (h/4) = (100/4) = 25 \text{ cm}$

Sustitución:

$$T = \frac{569\ 643.41}{100 - 25} = 7\ 595.25 \text{ kg}$$

c.9) Cálculo del esfuerzo permitido en estribos

Se calculo anteriormente y resulto ser:

$$f_s = 937.23 \text{ kg/cm}^2$$

c.10) Cálculo del área de acero para estribos

Expresión:
$$A_s = \frac{T}{f_s}$$

Datos : $T = 7\ 595.25 \text{ kg}$

$f_s = 937.23 \text{ kg/cm}^2$

Sustitución:

$$A_s = \frac{7\ 595.25}{937.23} = 8.10 \text{ cm}^2$$

c.II) Cálculo del número de estribos requeridos para la zona de transferencia(h/2)

Expresión:
$$n = \frac{A_s}{A_v}$$

Datos : $A_s = 8.10 \text{ cm}^2$

$A_v = 2(a_s) = 2(1.27) = 2.54 \text{ cm}^2$

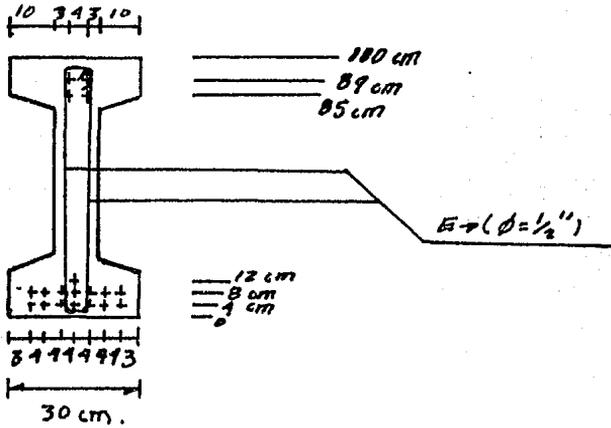
Sustitución:

$$n = (8.10 / 2.54) = 4 \text{ estribos}$$

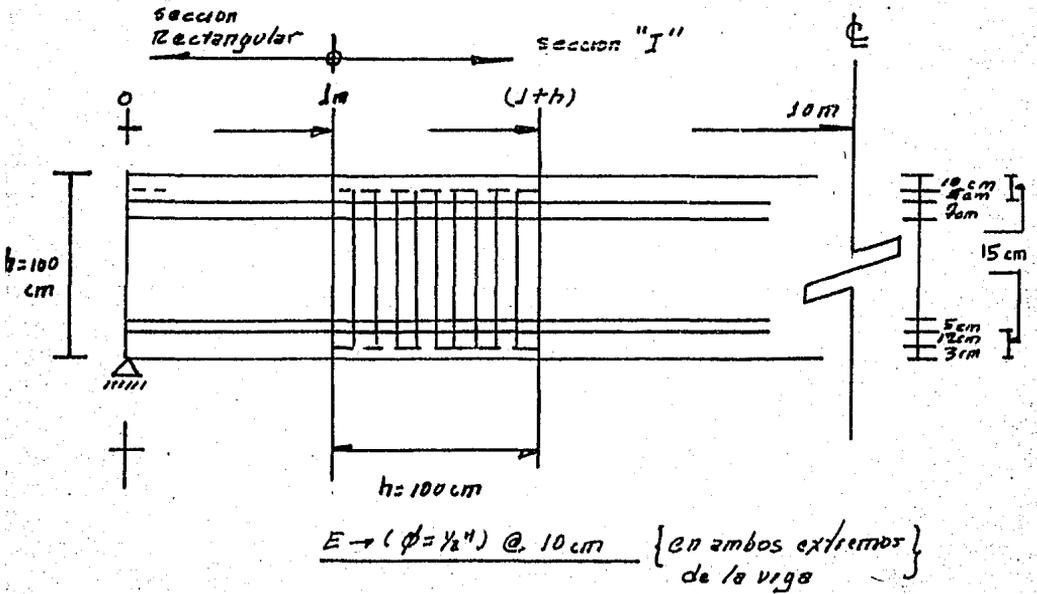
Luego entonces para una distancia "h" a partir de donde se termina el engrase, se necesitaran 8 estribos.

c.I2) Armado de los extremos

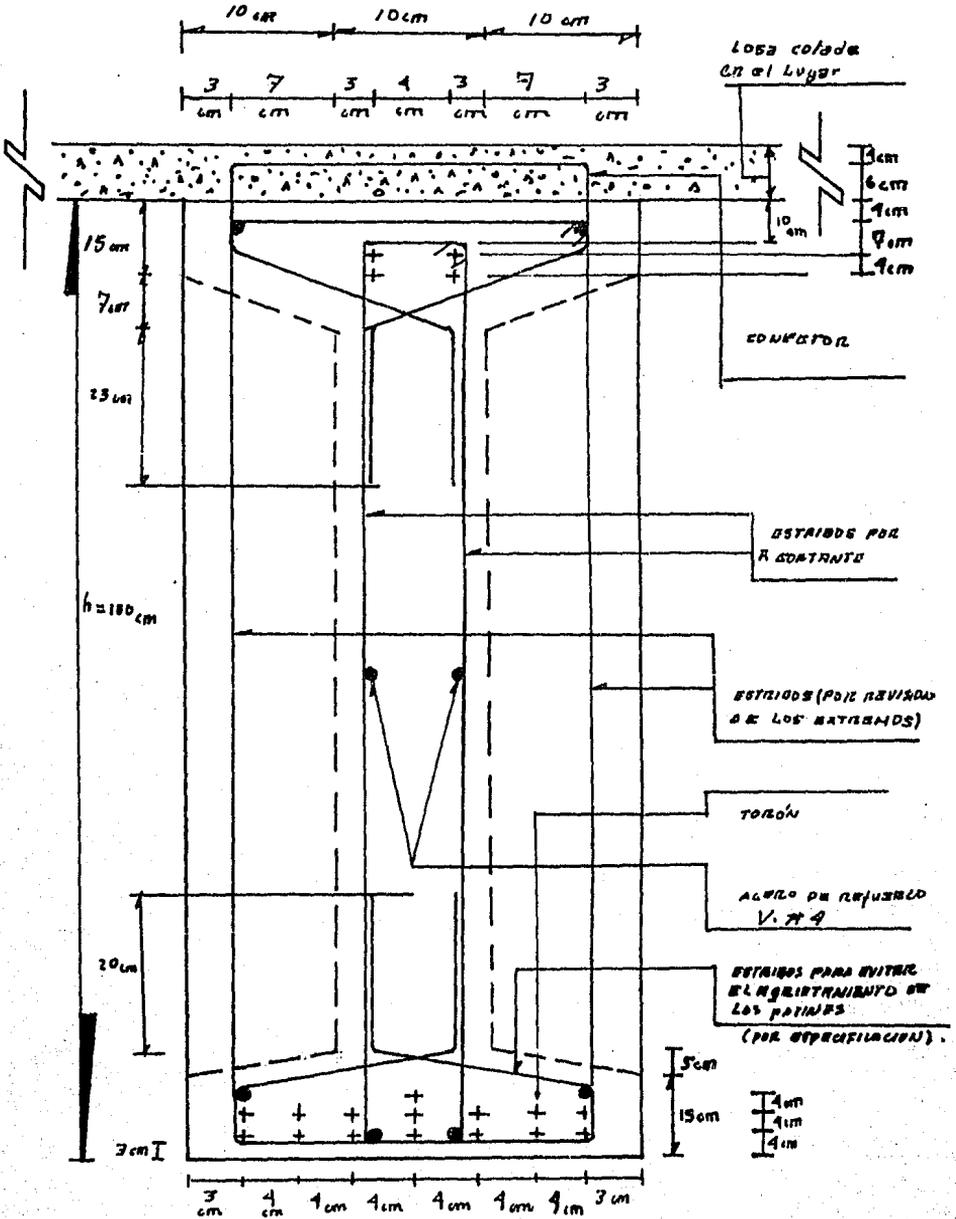
Sección transversal



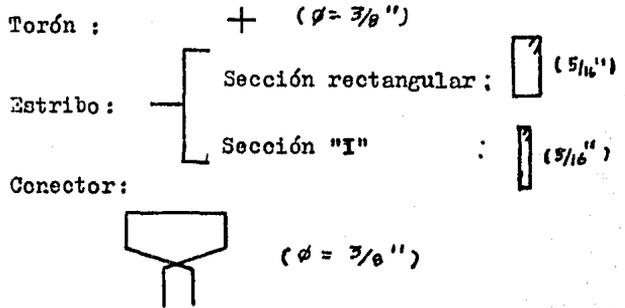
Sección longitudinal



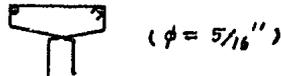
ARMADO FINAL DE LA VIGA DE SECCION "I".



Simbología :



Estribo para evitar el agrietamiento de los patines:



Estribos necesarios debidos a la revisión de los extremos de la viga



Especificaciones:

- 1.- Se colocaran estribos adicionales ($E = 5/16$ in.) @ 50cm para evitar el agrietamiento de los patines
- 2.- Se colocaran varillas (V. No. 4) para evitar complicaciones en el armado (facilitar el armado)
- 3.- Se colocaran como conectores ($E = 3/8$ in.) a cada 40 cm, a todo lo largo de la viga.

CONCLUSIONES

Como es del conocimiento de todas las personas que de alguna manera estan relacionadas directa ó indirectamente con el mundo de las Estructuras que se debiera de utilizar el reglamento vigente de la región , me es grato hacer de su conocimiento las siguientes observaciones :

- 1.-- A falta de información reglamentada en nuestro pais(México) acerca del "Presfuerzo y la Prefabricación" , se utilizaron los siguientes criterios de diseño Americanos, los cuales son:

Normas	ACI
Normas	PCI
Normas	ASTM

- 2.-- En cuanto a cada problema en particular, se realizaron observaciones en su correspondiente inciso de desarrollo

- 3.-- Esperamos que en realidad este trabajo sea una herramienta de estudio para las futuras generaciones que ingresen a la facultad de ingeniería en la carrera de Ingeniero Civil, teniendo como objetivo principal emprender el camino del conocimiento de las estructuras. Para que así de ésta manera éste trabajo pueda cumplir la labor de introducirlos en el estudio del diseño del: "Presfuerzo y la Prefabricación"