

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

COMPARACION ENTRE LOSAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS Y
LOSAS NERVURADAS EN UN SENTIDO

T E S I S

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

POR

EDWIN DAVID SANCHINELLI RODRIGUEZ
AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

Guatemala, julio de 1,989

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
T(1300)C

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**COMPARACION ENTRE LOSAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS Y
LOSAS NERVURADAS EN UN SENTIDO**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil.

con fecha de 4 de Agosto de 1987

A handwritten signature in cursive script, reading "Edwin David Sanchinelli".

Edwin David Sanchinelli Rodríguez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. MARIO MORALES
VOCAL PRIMERO	ING. JACINTO CUAN
VOCAL SEGUNDO	
VOCAL TERCERO	ING. RENE DE LEON
VOCAL CUARTO	BR. ALFREDO VIDAL
VOCAL QUINTO	BR. DANILO MEJIA
SECRETARIO	ING. EDGAR BRAVATTI

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. ROBERTO MAYORGA
EXAMINADOR	ING. RICARDO IBARRA
EXAMINADOR	ING. EDGAR DE LEON
EXAMINADOR	ING. RAFAEL BOLAÑOS
SECRETARIO	ING. RENE ANDRINO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, abril 04 de 1.989.-

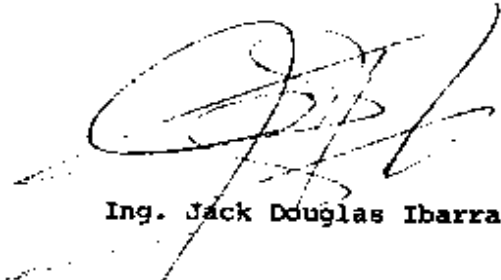
Señor:
Jefe del Departamento de
Estructuras de Ingeniería
Universidad de Sn. Carlos
Ing. Juan Miguel Rubio Romero
Presente.-

Apreciable Ing. Rubio:

Por medio de la presente, me permito informarle que he re-
visado el trabajo de tesis del alumno EDWIN DAVID SANCHINELLI RO-
DRIGUEZ, titulado COMPARACION ENTRE LOSAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS
Y LOSAS NERVURADAS EN UN SENTIDO; previo a optar el Título de In-
geniero Civil, y habiéndolo encontrado satisfactorio; me hago co-
rresponsable de dicho trabajo.-

Sin otro particular, quedo de usted su atento y seguro ser-
vidor:

Deferentemente:



Ing. Jack Douglas Ibarra S.

JDIS/bdei

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
17 de abril de 1,989

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

Ingeniero
Domingo Samayoa Flores,
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil,
Universidad de San Carlos.

Ingeniero Samayoa,

Por este medio tengo el gusto de informarle que he revisado el trabajo de tesis titulado **COMPARACION ENTRE LOSAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS Y LOSAS NERVURADAS EN UN SENTIDO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edwin David Sanchinelli Rodríguez, quien contó con la asesoría del Ingeniero Jack Douglas Ibarra Solórzano.

Habiéndola encontrado bien desarrollada y considerándola un buen aporte a la Ingeniería Nacional, la recomiendo para su aprobación.

Atentamente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Juan Miguel Rubio Romero
Jefe Departamento Estructuras

JMRR/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA




FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
& Especial de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, Zona 18
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de
conocer el dictamen del Asesor Ing. Jack Douglas Ibarra y
del Jefe del Departamento de Estructuras, al trabajo de
tesis del estudiante Edwin David Sanchinelli Rodríguez
titulado COMPARACION ENTRE LOSAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS
Y LOSAS NERVURADAS, da por este medio su aprobación a
dicha tesis.


Ing. Domingo Samayoa Flores



Guatemala, mayo de 1, 1989

DSE/bbdeh.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-Grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Domingo Samayoa Flores, al trabajo de tesis COMPARACION ENTRE LOSAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS Y LOSAS NERVURADAS del estudiante Edwin David Sanchinelli Rodríguez procede a la autorización para la impresión de la misma.

Ing. Jorge Mario Morales G. 
DECANO



Guatemala, junio de 1,989

/bbdeb.

DEDICO ESTA TESIS

A JESUCRISTO
mi SEÑOR Y SALVADOR

Y

A MIS PADRES

Ramiro Sanchinelli Paz

Marta Alejandrina Rodríguez de Sanchinelli

A MI ABUELITA

Amanda Fernández de Rodríguez

A MIS HERMANOS

Mayra Elizabeth, Sergio, Harry

Julio, Brenda y Salvador

A MIS AMIGOS

A

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Y LA FACULTAD DE INGENIERIA

RECONOCIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a
mi gran Amigo

Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
Por sus Valiosos Consejos y por
su Ayuda en la Asesoría del
presente trabajo de tesis.

Y

Al Ing. Juan Miguel Rubio Romero
por su Valiosa Ayuda en las Pruebas
de Laboratorio realizadas en este trabajo
de tesis.

INDICE

	PAG
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
3. LOS SISTEMAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS	3
3.1 Como funcionan (análisis y diseño)	3
3.2 Métodos de construcción	21
3.3 Pruebas de laboratorio	31
3.4 Ventajas y desventajas	40
4. LOSAS NERVURADAS CON RELLENO EN UN SENTIDO	41
4.1 Como funcionan (análisis y diseño)	41
4.2 Métodos de construcción	57
4.3 Pruebas de laboratorio	65
4.4 Ventajas y desventajas	74
5. COMPARACION ENTRE LOS DOS SISTEMAS	75
5.1 Ventajas	75
5.2 Desventajas	76
5.3 Costos	76
6. EJEMPLO COMPARATIVO	79
6.1 Losa de viguetas y bovedillas	79
6.2 Losa nervurada con relleno en un sentido	97
7. ANEXOS	108
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
9. BIBLIOGRAFIA	138

1. INTRODUCCION

Hace algún tiempo se vienen utilizando en Guatemala nuevos sistemas de construcción de losas, con el propósito de encontrar ventajas económicas en materiales y mano de obra, buscándose menores tiempos en su construcción y comportamientos estructurales más eficientes.

Resulta de gran beneficio al Ingeniero constructor conocer las grandes ventajas y facilidades que un sistema semi-prefabricado de losas de viguetas y bovedillas o de losas nervuradas con relleno en un sentido, fundidas en el lugar, puede ofrecerle en relación a los sistemas tradicionales de losas planas macizas.

2. OBJETIVOS

Esta tesis tiene como objetivos primordiales, la comparación de las características básicas de los sistemas semi-prefabricados de viguetas y bovedillas y los sistemas de losas nervuradas con relleno en un sentido, fundidas en el lugar; presentando las ventajas y desventajas técnicas, estructurales y económicas de cada sistema en relación al otro, proporcionando así parámetros de comparación cuantitativos y cualitativos de ambos sistemas que permitirán al ingeniero constructor que desconozca o que tenga poca experiencia en estos sistemas de losas, obtener la suficiente información, la cual le permitirá utilizar, adecuadamente, estos sistemas constructivos de losas.

3. LOS SISTEMAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS

3.1 COMO FUNCIONAN (ANALISIS Y DISEÑO)

Los sistemas para losas de viguetas y bovedillas están formados por elementos estructurales (viguetas) y elementos de relleno no estructurales (bovedillas) estos sistemas llevan, además, un refuerzo por temperatura, para absorber los esfuerzos provocados por cambios de temperatura y para proveer continuidad a la losa evitándose así el agrietamiento de ésta; luego se funden 5 cms de concreto, como mínimo sobre el sistema de viguetas y bovedillas.

Viguetas

Son los elementos estructurales en los sistemas de viguetas y bovedillas, están formadas por un refuerzo en diagonal (zig-zag), en acero de grado 40, para proporcionar continuidad entre el patín (pastilla) precolado que, generalmente, tienen 5 cms de espesor y el resto de la fundición, para absorber los esfuerzos de compresión y formar con la fundición final una viga "T" de las siguientes características

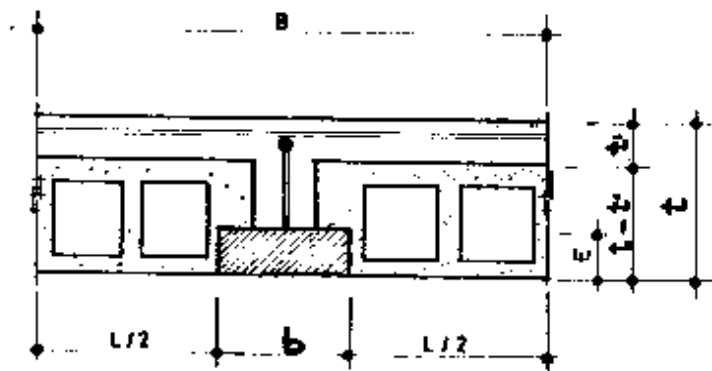


Fig. 3.1-A
Sección nervio típico, vigueta

Las viguetas son elementos que trabajan a flexión, las cuales deben analizarse y diseñarse como vigas rectangulares o vigas en "T", según el comportamiento de las viguetas bajo la acción de carga y momento,

Análisis de viguetas típicas

Para techo y entrepiso:

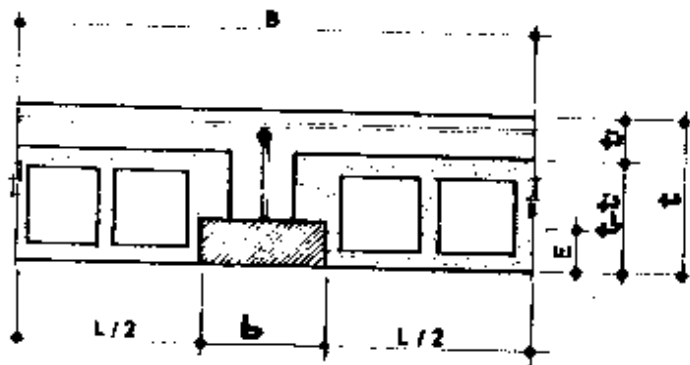


Fig. 3.1-B
Sección nervio típico, vigueta

Las viguetas se analizan como vigas en "T", cuyas alas quedan formadas por la mitad de la longitud de cada bovedilla a uno y otro lado de las

viguetas. El eje neutro de una viga en "T" puede estar en el nervio o en el ala dependiendo de las proporciones de la sección transversal, la cuantía de acero de tracción y la resistencia de los materiales.

Si la profundidad calculada hasta el eje neutro es menor o igual que el espesor de la losa de distribución t' , puede estudiarse la viga como que fuera una viga rectangular de sección " Bd ", cuando se calcula el acero para el momento positivo.

Para el cálculo del acero para el momento negativo, se calculará como una viga rectangular de sección " bed " donde b_e es el ancho equivalente del nervio.

Para momento negativo $M(-)$

Tensión arriba y compresión abajo:

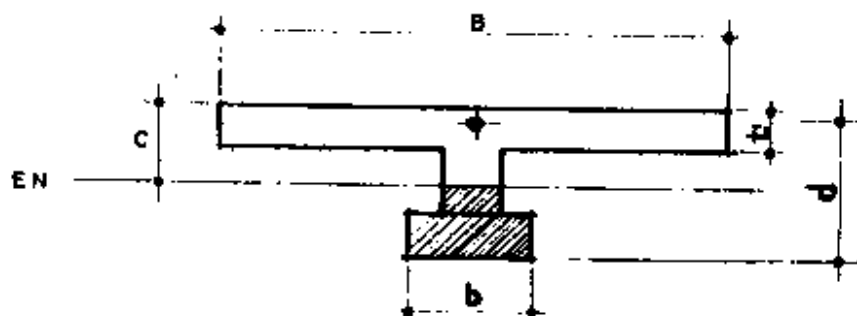


Fig. 3.1-C
Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos negativos.

Se diseñará como una viga rectangular de sección bed .

Para momento positivo $M(+)$

Tensión abajo y compresión arriba:

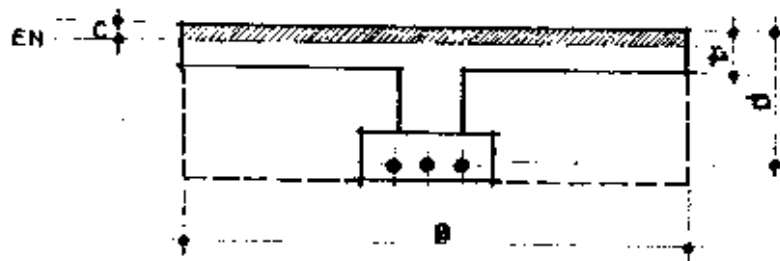


Fig. 3.1-D

Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos positivos

Si $C < t'$ entonces se diseñará como una viga rectangular de sección Bd .

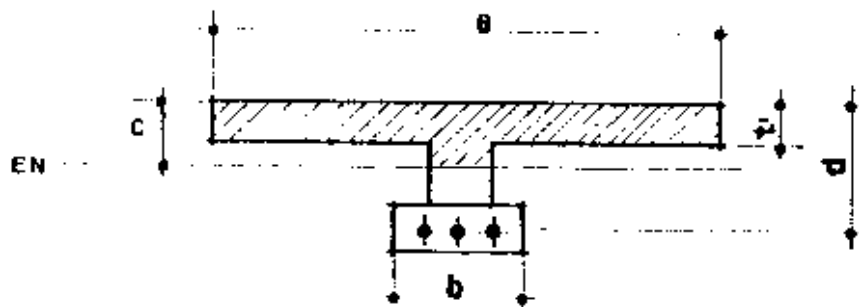


Fig. 3.1-E

Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos positivos

Si $C > t'$ se diseñará como una viga "T".

Análisis del sistema de losas de viguetas y bovedillas

Integración de cargas:

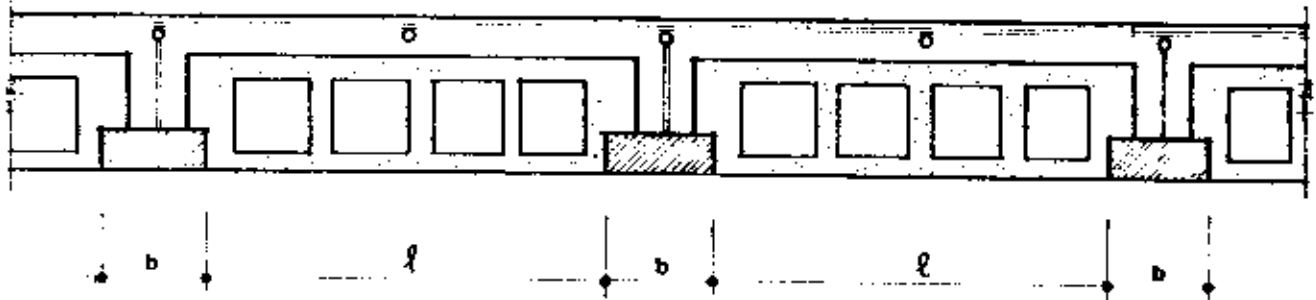


Fig. 3.1-F
Corte transversal de una losa de vigueta y bovedilla

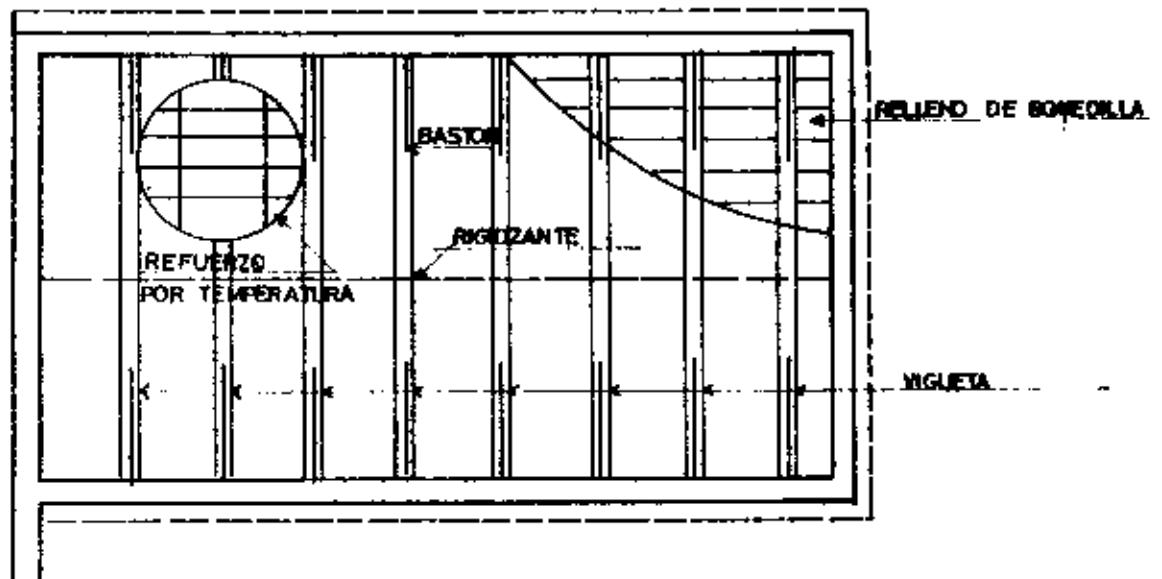


Fig. 3.1-G
Losa de viguetas y bovedillas vista de planta

Debe determinarse el ancho tributario sobre la vigueta, para determinar la carga por unidad de longitud a todo lo largo de la vigueta, la cual afectada por los factores de carga muerta y carga viva será la carga total última para la determinación del momento de diseño.

Determinación del ancho tributario

Este se obtiene trazando líneas paralelas a las viguetas a la mitad de la distancia que las separa (ver Fig. 3.1-B) es decir que el ancho tributario es igual a "B" donde:

$$B = b + \frac{l}{2} + \frac{l}{2}$$

$$B = b + l$$

donde $\frac{l}{2}$ es igual a la mitad de la longitud de una bovedilla.

Determinación de carga muerta: W_m

$$W_m = W_{\text{losa}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{bovedillas}} + W_{\text{nervios}}$$

$$W_{\text{losa}} = \gamma_{\text{concreto}} \times t' \times B$$

$$W_{\text{acabados}} = W_{\text{acabados}} \times B$$

$$W_{\text{bovedillas}} = W_{\text{bovedillas}} \times \# \text{ bovedillas/ML}$$

$$W_{\text{nervios}} = [E \times b + (b - 2a'') \times (t - t' - E)] \gamma_{\text{concreto}}$$

Determinación de carga viva: W_v

$$W_v = W_v \times B$$

Determinación de W_u u carga última por unidad de longitud en la vigueta

$$u = 1.4 W_m + 1.7 W_v$$

Requisitos que deben cumplir las viguetas armadas a flexión

Para el diseño

1. El porcentaje mínimo de acero a colocar será de $14.1/f_y$, calculado in dependientemente para las varillas de abajo y las de arriba.
2. El porcentaje máximo será $0.5 b$ calculado independientemente para las varillas de abajo y las de arriba.

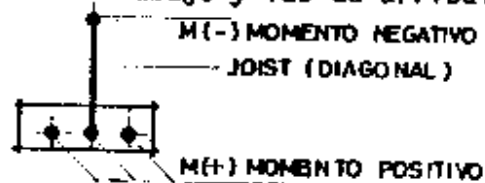


Fig. 3.1-H
Sección vigueta transversal

3. El acero negativo, $A_s(-)$ se concentrará siempre en los puntos en don de los momentos negativos sean máximos.
4. El acero positivo, $A_s(+)$ se concentrará siempre en los puntos en don de los momentos positivos sean máximos.
5. Del área de acero negativo, $A_s(-)$ concentrada, prolongar siempre como mínimo el 33%, comparándolo con el acero mínimo negativo $A_s(-)_{min}$ y colocar la mayor de las dos.
6. Del área de acero positiva $A_s(+)$ concentrada, prolongar siempre como mínimo el mayor de:
el 50% del área de acero positiva

el 33% del área de acero negativa
el área de acero mínima positiva,
y poner corrida la mayor de las tres.

Diseño del refuerzo de las viguetas típicas sometidas a flexión

Para este diseño debe tomarse muy en cuenta si las viguetas, debido a la acción de las cargas y momentos, funcionan como vigas rectangulares o vigas en "T".

Para momento positivo

a) Como viga rectangular

Cuando la zona de compresión se encuentra en el ala (losa de distribución t') es decir $C < t'$ entonces para calcular el acero se calculará como una viga rectangular de sección BO .

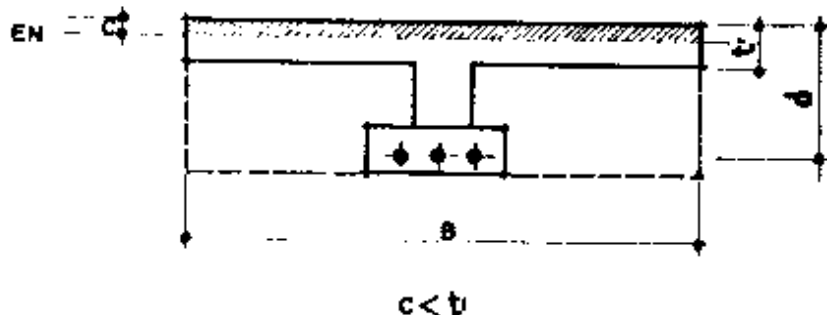


Fig. 3.1-1
Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos positivos

b) Como viga "T"

Cuando la zona de compresión se encuentra en el nervio, es decir, $C > t'$, entonces para calcular el acero se considerará como una viga "T".

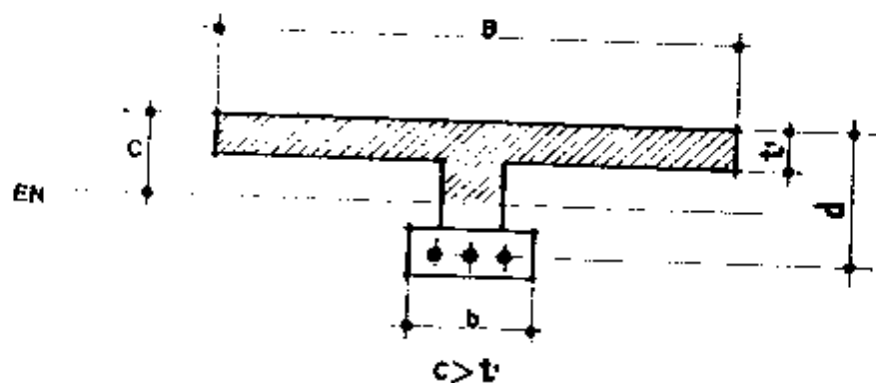


Fig. 3.1-J

Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos positivos.

c) Para momento negativo

Se diseñará como una viga rectangular de sección bed .

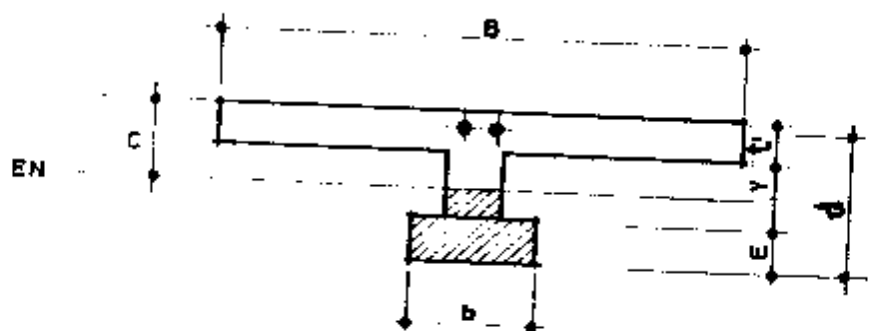


Fig. 3.1-K

Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos negativos.

$$b_e = \frac{b n y + E b}{E + y}$$

b_e = ancho equivalente del nervio.

Determinación de momentos de diseño

$$M_u (+) = \frac{W u l^2}{8} \quad \text{Caso crítico de discontinuidad.}$$

$$M_u (-) = \frac{W u l^2}{12} \quad \text{Caso crítico de continuidad.}$$

Nota

Estos son los momentos que se toman para el diseño de las viguetas, es decir, para momentos positivos se tomarán igual al momento crítico de discontinuidad y para momentos negativos se tomarán igual al momento crítico de continuidad.

Cálculo del refuerzo para el momento negativo

Se diseñará como una viga rectangular de sección $b \times d$ (ver inciso anterior) de diseño del refuerzo). Se utilizan las fórmulas siguientes:

$$M_u (-) = \frac{W u l^2}{12}$$

$$M_u = \phi [A_s f_y (d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c b e})] \quad (1)$$

Se despeja A_s y se obtiene la siguiente expresión de segundo grado:

$$\frac{f_y^2}{1.7 f'_c b e} A_s^2 - f_y d A_s + \frac{M_u}{\phi} = 0 \quad (2)$$

La cual, al resolverla para " A_s ", se obtiene el área de acero, también puede hacerse por tanteos para valores de " a " hasta lograr converger por iteraciones sucesivas y así se obtendrá A_s o, bien, utilizando las ta-

blas de $K' = M_u / (B \cdot x \cdot d)$ de las cuales se obtiene la cuantía de acero "p" y con ella "As"; en lo sucesivo se utilizarán programas o tablas para determinar el área de acero "As"; ver anexos; "A" para esto.

Chequeo de la cuantía de acero "p"

$$P_{\text{mfn}} = \frac{14.1}{f_y}$$

$$P_{\text{calculado}} = \frac{A_s}{b \cdot e \cdot d}$$

$$P_{\text{máx}} = 0.5 P_b$$

$$P_{\text{bal}} = 0.85 p_c \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{6117}{6117 + f_y}$$

Donde: P_{mfn} = cuantía mínima de acero

$p_{\text{calculado}}$ = cuantía calculada de acero

$P_{\text{máx}}$ = cuantía máxima de acero

P_{bal} = cuantía de falla balanceada de acero

$B_1 = 0.85$ para concretos con $f'_c \leq 281 \text{ kg/cm}^2$ y disminuye en 0.05 por cada 70.31 kg/cm^2 que f'_c sobrepase 281 kg/cm^2 .

$P_{\text{mfn}} \leq P_{\text{calculado}} \leq P_{\text{máx}} \Rightarrow A_s(-)$ está correctamente calculado
si $P_{\text{cal}} > P_{\text{máx}}$; cambiar peralte de losa.

Cálculo del refuerzo para el momento positivo

Comprobar si la vigueta trabaja como una viga rectangular o como viga "T".

Si $C > t' \Rightarrow$ trabaja como viga "T"

Si $C < t' \Rightarrow$ trabaja como rectangular de sección BD.

Donde: $C = \frac{a}{0.85}$

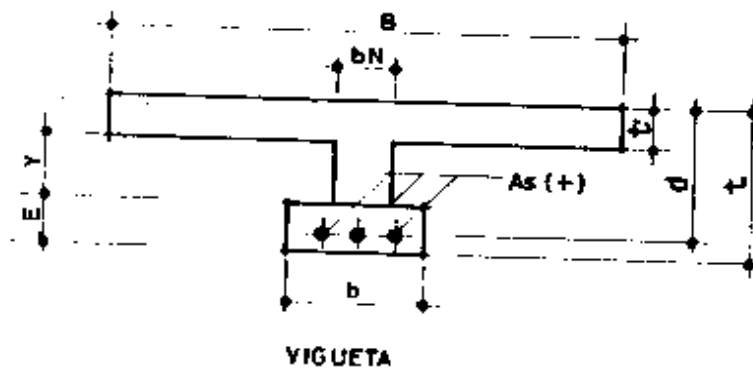


Fig. 3.1-L
Sección transversal del nervio típico de las losas de viguetas y bovedillas.
Deducción del ancho equivalente del nervio "be"

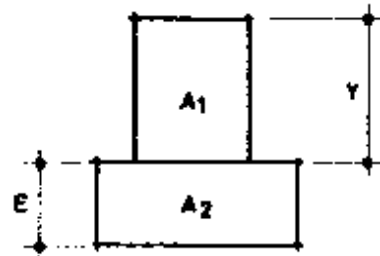


Fig. 3.1-M
Area del nervio y área de la pastilla de la vigueta

$$A_T = bn y + Eb \quad (1)$$

$$be = \frac{A_T}{E + y} \quad (2)$$

Sustituyendo "A_T" de (1) en (2), se tiene

$$be = \frac{bn y + Eb}{E + y}$$

Cálculo del área de acero para momento positivo, cuando la viga trabaja como viga rectangular

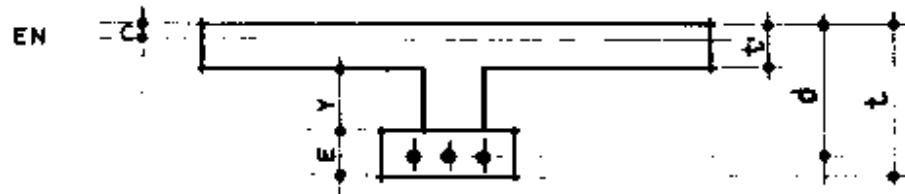


Fig. 3.1-N

Posición del eje neutro, cuando la viga trabaja como rectangular, para momento positivo.

Se diseñará como viga rectangular de sección BD, $M_u(+)$ = $\frac{W u l^2}{8}$

Utilizando programa o tablas para determinar el acero A (ver referencia en anexo A).

Calculamos área de acero $A_s(+)$.

Comprobación de la cuantía de acero.

$$p_{\text{mín}} = \frac{14.1}{f_y} \times 0.4 = p_{\text{mín losas.}}$$

ya que es una losa formada por viguetas (vigas T) la cuantía de acero mínima será igual a la cuantía mínima para losas.

$$p_{\text{calculado}} = \frac{A_s}{BD}$$

$$p_{\text{máx}} = 0.5 p b$$

$$p_{\text{bal}} = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{6117}{6117 + f_y}$$

$$p_{\text{mín}} \leq p_{\text{cal}} \leq p_{\text{máx}}$$

El peralte de la losa está bien y si $\rho_{cal} > \rho_{m\acute{a}x}$ cambiar peralte de losa.

Cálculo del área de acero para momento positivo cuando la vigueta trabaja como viga "T"

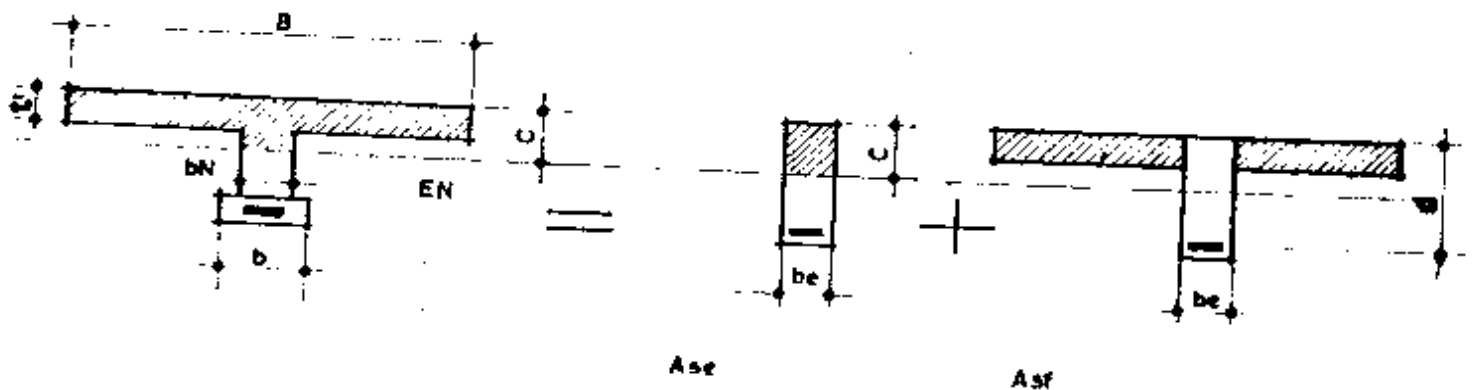


Fig. 3.1-0

$$b_e = \frac{bN y + E_b}{E + y}$$

b_e = Ancho del nervio equivalente

A_{se} = Área de acero para resistir el momento en el nervio

A_{sf} = Área de acero para resistir el momento en las alas

M_{ue} = Momento último resistido por el nervio

M_{uf} = Momento último resistido por las alas

$M_u(+)$ = Momento último total positivo.

Procedimiento

1. $M_u(+)$ = $\frac{W_u l^2}{8}$
2. M_{uf} = $\phi 0.85 f'c t' (B-be) (d - \frac{t'}{2})$
3. A_{sf} = $\frac{0.85 f'c t' (B-be)}{f_y}$
4. M_{ue} = $M_u = M_{uf}$
5. Calcular el refuerzo para una viga rectangular de ancho "be" y momento "Mue" usando programa o tablas para el cálculo del área de acero A_{se} .

6. A_s = $A_{se} + A_{sf}$
7. Comprobación cuantía de acero

$$p = A_s / bed$$

$$P = A_{sf} / bed$$

$$P_{eb} = P_b + P_f$$

$$P_{emáx} = 0.5 (P_b + P_f)$$

$$P_b = 0.85 \frac{f'c}{f_y} \frac{6117}{6117 + f_y}$$

$$\text{Si } P_e \leq P_{emáx}$$

Entonces queda asegurada una rotura por fluencia del acero, con lo que el cálculo queda terminado.

Cálculo del acero de temperatura para la losa de viguetas y bovedillas

$$A_{s \text{ temp}} = 0.0020 100 \text{ cms } bt'$$

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

Comprobación de espaciamiento máximo

$$S_{\text{máx}} \leq 5 t'$$

$$S \leq S_{\text{máx}}$$

Comprobación de corte para losas de viguetas y bovedillas

1. Será resistido por el alma o nervio.
2. En caso de no resistir, entonces, se tendrá que incrementar el espesor de la losa.

Chequeo de corte

$$V_u = \frac{W_u L}{2}$$

$$V_u = \frac{V_u}{b_{ed}}$$

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \sqrt{f'c}$$

Si $V_c \leq V_u$ bien

Si $V_c > V_u$

Cambiar peralte de losa donde:

W_u = carga última en kg/m²

V_u = esfuerzo de corte último en kg/cm²

V_c = esfuerzo resistido por el concreto en kg/cm²

V_u = corte último en kg

b_e = ancho equivalente del nervio, ver para referencia en: Fig. 3.1-M.

Comprobación de esbeltez y compresión de montaje del refuerzo diagonal (Joist) de una vigueta típica.

Diagrama cuerpo libre refuerzo diagonal (Ver Fig. 3.1-P en página siguiente).

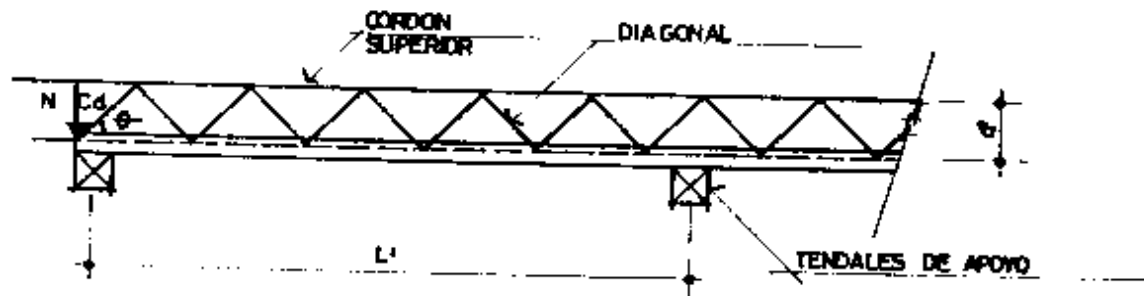


Fig. 3.1-P
Diagrama Joist+ (refuerzo diagonal)

$$F_y = 0$$

$$V_{Tr} - N = 0 \quad (1)$$

$$N = Cd \times \text{Sen } \theta \quad (2)$$

$$V_{Tr} = W_{Trabajo} \times L'/2 \quad (3)$$

Sustituyendo el valor de N de (2) en (1) y con $\theta = 45^\circ$ tenemos:

$$V_{Tr} = Cd \times \text{Sen } 45^\circ = 0$$

Despejando "Cd"

$$Cd = \frac{V_{Tr}}{\text{Sen } 45^\circ}$$

Diagrama cuerpo libre diagonal (Joist)

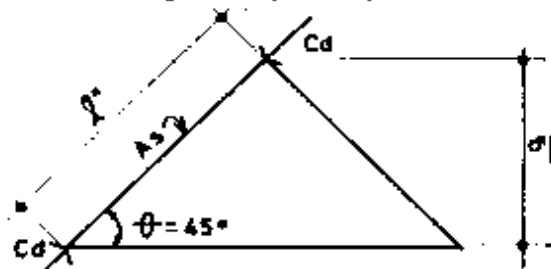


Fig. 3.1-Q
Diagrama cuerpo libre refuerzo diagonal (Joist)

A_s = Area de acero a comprobar de la diagonal.

$$l'' = \frac{d'}{\text{Sen } 45^\circ}$$

$$F_a = \frac{P}{A} = \frac{C_d}{A_{sc}}$$

Despejando "Asc"

$$A_{sc} = \frac{C_d}{F_a}$$

Con $\frac{Kl''}{r}$ buscar en el código de acero (Aisc) "Fa", donde:

$K = 1$ para miembros secundarios

$$l'' = \frac{d'}{\text{Sen } 45^\circ}$$

$r = 0.25 \times \text{diámetro varilla (As)}$

Comparar el valor de Asc con A_s .

Si $A_{sc} \leq A_s$ está bien.

Si $A_{sc} > A_s$ cambiar área de acero de diagonal.

Donde:

$$V_{Tr} = W_{Trabajo} \cdot L'/2$$

$$V_{Tr} = (PP_{vigueta} + PP_{bovedilla} + C_{vtrabajo})/2$$

V_{Tr} = Corte de trabajo sobre la vigueta

$W_{Trabajo}$ = carga de trabajo sobre la vigueta

C_d = Area de acero de la diagonal a chequear

A_{sc} = Area de acero necesaria para esfuerzo de cedencia

$\frac{Kl}{r}$ = Relación de esbeltez

l'' = Longitud de pandeo

r = Radio de giro = $0.25 \times db$

db = Diámetro de varilla usado en la diagonal el cual se comprobará.

L' = Distancia máxima entre tendales para apoyar las viguetas, pre
vio a la fundición.

L_{diag} = Longitud diagonal del Joist

$PP_{vigueta}$ = Peso propio vigueta

$PP_{bovedilla}$ = Peso propio bovedillas

$Cv_{trabajo}$ = Carga viva de montaje de viguetas.

3.2 METODOS DE CONSTRUCCION

En el proceso previo a la fundición de los sistemas de losas nervuradas con relleno en un sentido y de viguetas y bovedillas, así como soleiras y/o vigas y muros de carga a utilizar apoyos, es necesario tomar muy en cuenta los aspectos principales de la estructura que servirá de soporte a dichos sistemas; el conjunto de dicha estructura constituye la llamada "obra falsa", de la construcción por su carácter temporal y en general está constituida por los siguientes elementos: tarima (tablas, tabloncillos y tablones), tendales, parales, polines, breizas, etc.; también se utilizan elementos de metal llamados puntales extensibles (Triquets) que son de uso sencillo y son muy útiles, además según sea necesario, se utilizan elementos transversales de unión para asegurar los parales entre sí, llamados "Breizas".

El espaciamiento máximo admisible entre parales dependerá del uso de tabla, tablón o tabloncillo que en cada caso será:

Tabla	0.70 m
-------	--------

Tabloncillo	0.95 m
Tablón	1.20 m

Las características básicas de los elementos utilizados como estructura de soporte son:

tipo de madera a usar, dimensiones de las secciones de los elementos (tarima, tendales, parales, polines, etc.), distancia entre elementos tales como: tendales, parales, etc.) que están especificados en el plano constructivo de acuerdo con el diseño correspondiente; también es importante la compactación adecuada del suelo en donde irán colocadas las estructuras de soporte con el objetivo de evitar cualquier hundimiento.

Además, dicha estructura deberá quedar totalmente nivelada y la cota que localiza el nivel de la losa a fundir deberá estar bien definida respecto del nivel tomado de referencia.

Proceso constructivo del sistema de losas de viguetas y bovedillas

Este es un sistema semi-prefabricado, formado por viguetas (elementos estructurales) y bovedillas (elementos de relleno) sobre el cual se coloca el refuerzo por temperatura y se funden 5 cms de concreto como máximo sobre este sistema.

Las viguetas y bovedillas

El Ingeniero encargado de la obra debe tomar muy en cuenta, el tiempo de fabricación de viguetas y bovedillas y encargarlos a las empresas fabricantes con suficiente tiempo de antelación para evitar atrasos en la

programación de su obra.

Entre estas empresas fabricantes tenemos a: PRECAST, S.A., MONOLIT, PRECON, PREASA, COPRECA, etc.

Para amarrar las losas de viguetas y bovedillas, es necesario levantar los muros de corona (de remate), ya que estos servirán de apoyos a dicho sistema; luego, es necesario amarrar primero las soleras de corona y/o vigas usadas como apoyos, sobre los cuales se amarrará el sistema.

Este sistema resulta muy sencillo y económico de amarrar ya que la estructura de madera que utiliza como soporte es muy sencilla (parales, tendales, tablas, tabloncillos, tablones, polines, breizas, etc.) y que dependiendo de sus secciones así será el espaciamiento entre ellos.

Esta estructura debe tenerse el cuidado de colocarla a nivel y que la cota que localiza el nivel inferior de la losa (en este caso de las viguetas y bovedillas) esté bien definido en relación al nivel tomado de referencia. Para detalle de estructura de soporte, ver figuras 3.2-A y detalle de losa de viguetas y bovedillas, figura 3.2-B.

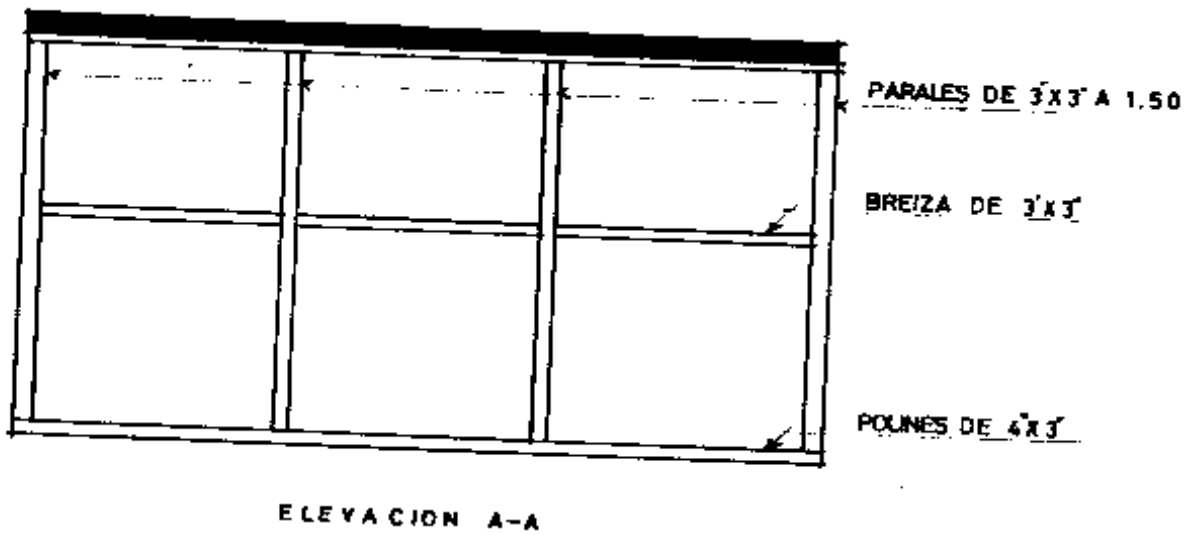
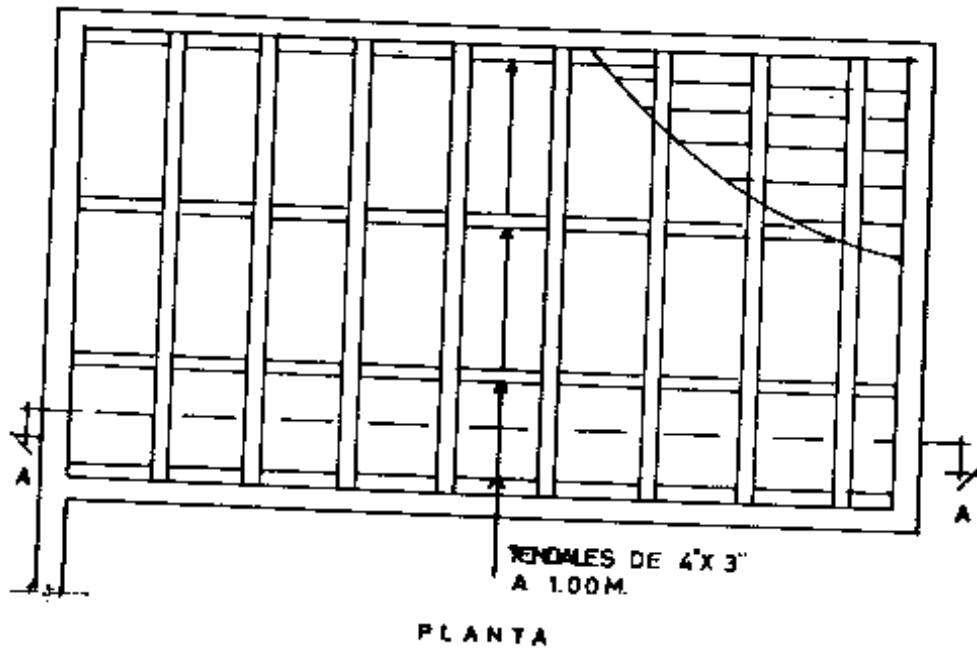


Fig. 3.2-A
Detalle estructura de soporte

1/4" @ 0.25, 0 MALLA
ELECTROSOLDADA

Ø 1/4" @ 1/2 DEL BLOCK, 0
MALLA ELECTROSOLDADA

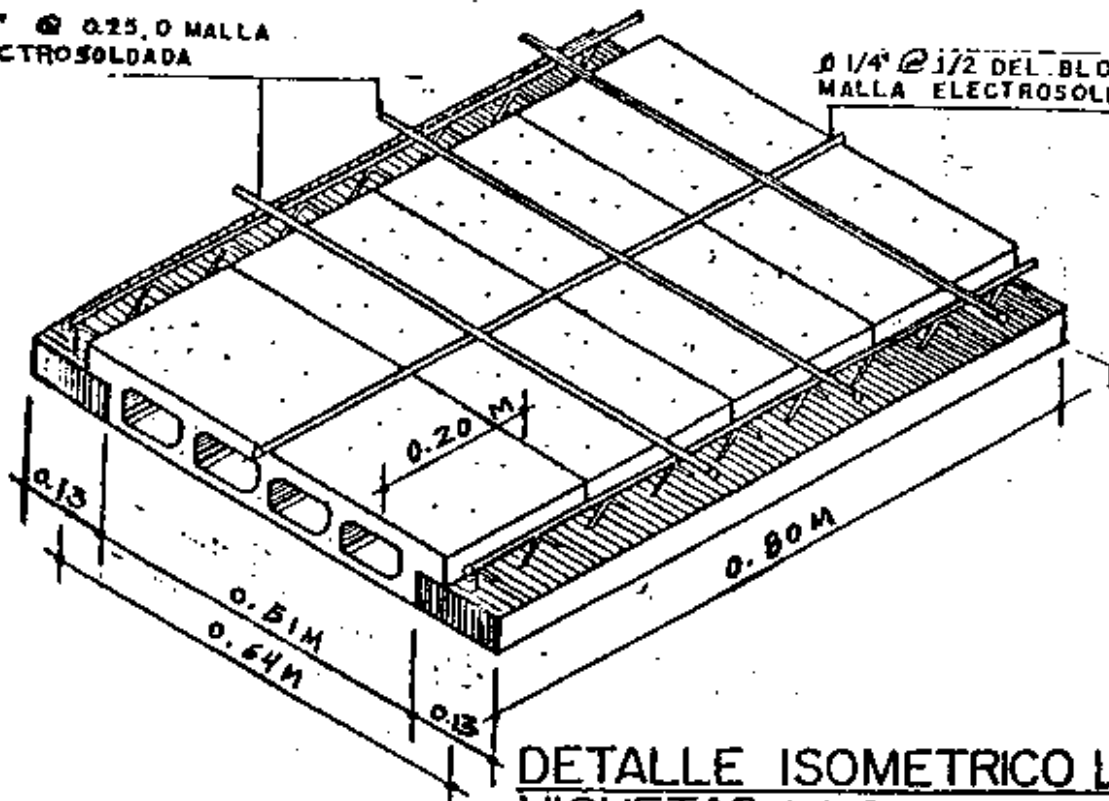


Fig. 3.2-B
Detalle de losa de viguetas y bovedillas

Para la colocación de las viguetas, éstas siempre irán en el sentido corto de la luz de la losa, rellenándose con bovedillas entre una y otra vigueta, armándose también un rigidizante (un nervio generalmente formado de dos hierros con eslabones) en sentido perpendicular a las viguetas, con el fin de evitar el alabeo y, por consecuencia, grietas en la losa, deberá colocarse siempre, como máximo, rigidizantes a cada dos metros distribuidos simétricamente. Sobre las viguetas y las bovedillas se coloca el refuerzo por temperatura en el cual se podrá usar electromalla de 6 x 6 o acero de ϕ 1/4" de diámetro 0.25 mts, en sentido perpendicular a las viguetas y entre viguetas en sentido paralelo a ellas; tanto las viguetas como el acero de temperatura deberá ir debidamente anclado a las soleras y/o vigas usadas como apoyos, con su respectivo gancho standard, para ganchos standard y longitud de desarrollo ver: anexo "B" longitud de desarrollo y ganchos estándar .

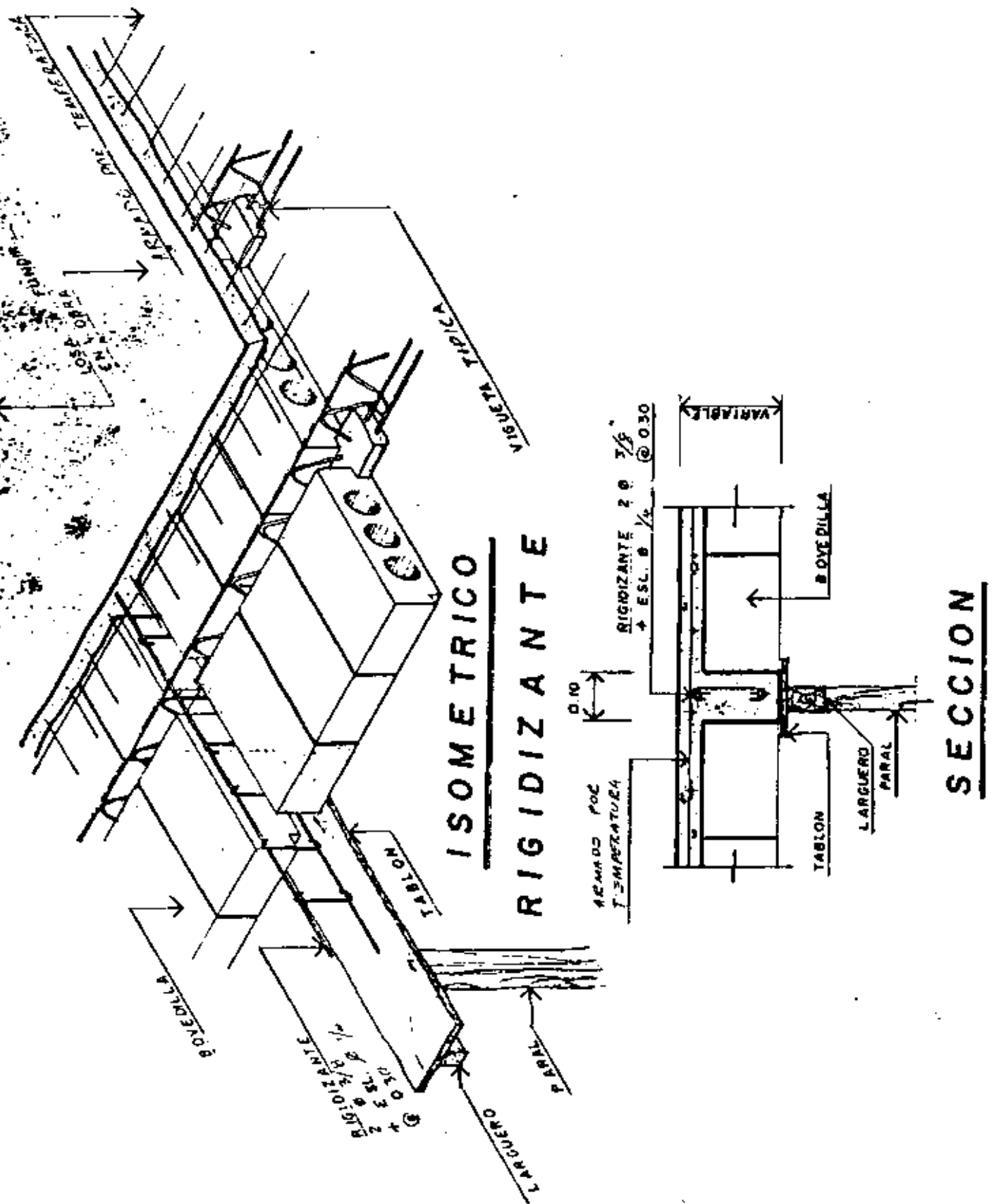


Fig. 3.2-C
Detalle rigidizantes y refuerzo por temperatura en los
sas de viguetas y bovedillas

Instalaciones en losas de viguetas y bovedillas

Previo a colocar la armadura por temperatura debe colocarse la tubería que se usará como ducto para las instalaciones eléctricas, la cual es recomendable conducirla a través de los espacios vacíos de las bovedillas y rigidizantes.

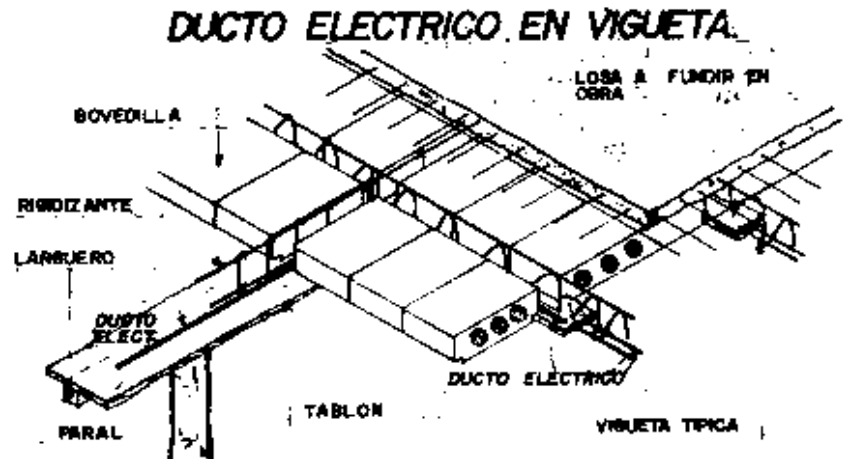


Fig. 3.2-D
Detalle ductos para instalaciones eléctricas en los sistemas de losas de viguetas y bovedillas

Los ductos utilizados para instalaciones eléctricas pueden ser ducto, Conduit, Poliducto, etc.; también deberán colocarse todas las cajas octogonales o de control; así como las bajadas pluviales y bajadas de drenajes si las hubiere.

En los extremos donde la losa no es continua, deberán colocarse faldones de madera, generalmente, para evitar que el concreto se derrame, es decir, servirán de formaleta a la losa. Sobre la losa totalmente armada y con todas sus instalaciones debidamente colocadas y supervisadas se fundirán cinco centímetros de concreto como mínimo, el concreto podrá ser hecho en obra o pedido a Mixto Listo o Rentaco, según la decisión del ingeniero encargado.

Curado

Este es un proceso fundamental para garantizar una buena resistencia del concreto utilizado y en especial para este tipo de fundición, que se encuentra suspendida sobre el suelo; para evitar daños en el concreto debe protegerse contra los cambios de humedad y temperatura aplicándole agua o algún químico como el antisol.

Esta humedad debe ser controlada, por lo menos, durante los primeros 14 días a partir de la fundición ya que debe recordarse que el concreto alcanza el 70% de su resistencia total durante la primera semana; la resistencia total del concreto se logra a los 28 días; la resistencia final del concreto dependerá pues de manera determinante de las condiciones de humedad y temperatura durante la primera semana desde su colocación. Por lo tanto, si el curado es deficiente y ocurre un secado prematuro del concreto, la resistencia de éste disminuirá significativamente (en un porcentaje del 30% o más).

El curado efectivo puede lograrse manteniendo las superficies visibles continuamente mojadas por riego, formación de estanques o cubriéndolas con sacos vacíos de cemento o cal, humedecidos y sobre éstos, arena, la cual deberá mantenerse siempre húmeda esto se hace, generalmente, en losas inclinadas o bien puede hacerse uso de químicos.

Aspectos principales de concreto usados

- Deberá verificarse la consistencia del concreto utilizado, según las especificaciones, así como la granulometría del mismo;

- Deberá verificarse la consistencia del concreto mediante el cono de revenimiento (ver Fig. 4.2-F) dicho revenimiento deberá variar entre 2 y 4 pulgadas.
- Cuidar que se haga la adecuada compactación del concreto, preferentemente usando vibrador.
- Vigilar el adecuado curado diario del concreto durante los primeros 14 días.

Desencofrado

Esta es la fase en que se procede a desarmar la estructura que ha servido como soporte y molde al concreto, durante y después de la fundición. El desencofrado se efectuará después de un tiempo mínimo de 10 días, tiempo que puede ser mayor, según lo delicado de la obra, esto con el propósito de tener un buen margen de seguridad, lo cual dependerá grandemente de las luces de las losas fundidas.

Acabados en sistemas de losas de viguetas y bovedillas

Sobre la losa de techo fundida se aplicará el mezclón más el blanqueado y/o un impermeabilizante como en una losa convencional, mientras que en el cielo deberá tenerse sumo cuidado al aplicar los repellos y cernidos de bido a que en la unión de viguetas con bovedillas suelen aparecer ciertas grietas, debido a la diferencia de módulo de elasticidad de las bovedillas y el concreto el cual se resuelve cumpliendo todos los requisitos de acabados.

Características

1a. mano: ensabietado	Arena de río	Cemento	
	3	1	
2a. mano: repello	Arena amarilla	Cal	Cemento
	3	1	1/2
3a. mano: lechada	Cemento	Agua	
	1	4	
4a. mano: cernido	Arena blanca	Cal	Cemento
	3	1	1/2 litro
o blanqueado	Cal	Arena blanca	Cemento
	5	1	1/2 litro

En este tipo de losas, es recomendable la utilización de acabados plásticos en cielos, por la mayor flexibilidad de éstos en relación con los tradicionales, evitándose así problemas de agrietamiento en éstos.

3.3 PRUEBAS DE LABORATORIO LOSA DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS

Estos se hicieron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, sección de Prefabricados de la Universidad de San Carlos de Guatemala y de acuerdo a lo recomendado en el Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI 318-83) en su capítulo 8.

Se ensayó una losa de viguetas y bovedillas de 3 mts de luz de la siguiente manera:

1. Se determinó la carga total de prueba: W_p en kilogramos.

$$W_p = 0.85 (1.4 W_M + 1.7 W_V - W_M) A_L$$

Siendo W_M = carga muerta de la losa en kg/m²

A_L = Area de la losa ensayada.

2. Determinación de la carga de prueba por incremento W_{pN} : ésta dependerá del número de incrementos que se hagan, se harán 4 incrementos

como mínimo, por lo que:

$$W_{p4} = \frac{W_p}{4} \quad \text{como mínimo}$$

3. Determinación de las deformaciones de la losa de viguetas y bovedillas: se utilizó la carga de prueba por incremento "W_p" con la cual se cargó la losa de viguetas y bovedillas en cuatro incrementos, determinándose la deformación al centro de la luz de losa en la vigueta central. Se dejó la losa cargada durante 24 horas y se midió su deformación; luego, se procedió a descargarla en 4 decrementos iguales, determinándose la deformación respectiva, se dejó la losa descargada por 24 horas y se midió su deformación, para determinar la recuperación de la losa la cual deberá ser $\geq 75\%$.

Finalmente, se procedió a cargar la losa de viguetas y bovedillas agregando el número de incrementos necesarios para obtener el factor de seguridad del sistema ensayado que es igual a:

$$FS = \frac{\text{Carga de Rotura}}{\text{Carga de Diseño}}$$

4. Características de la losa de viguetas y bovedillas ensayadas

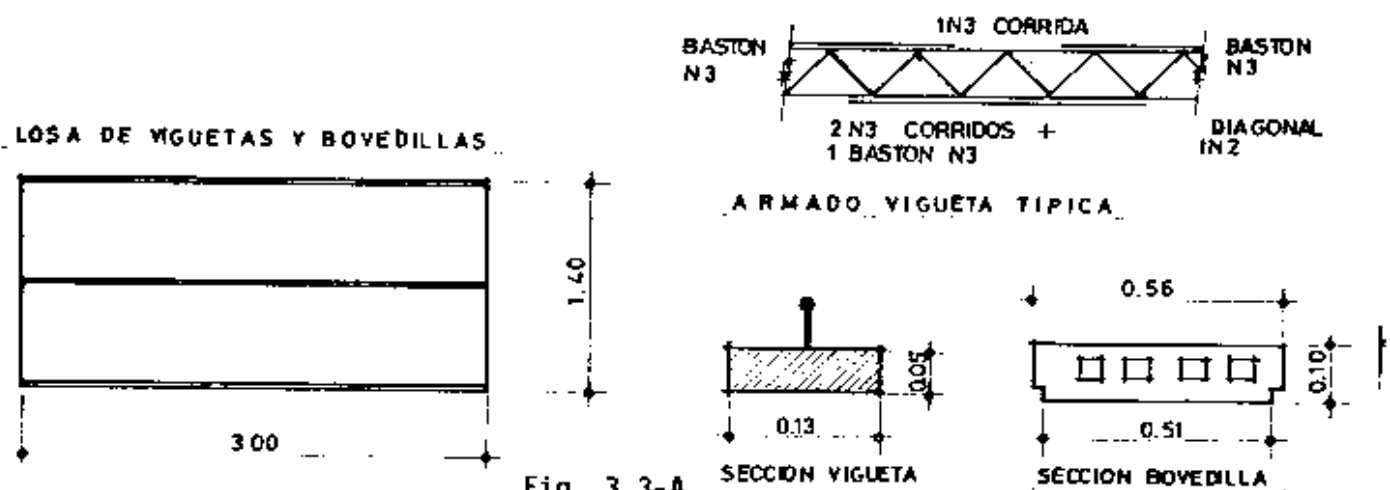


Fig. 3.3-A Detalles losas de prueba, viguetas y bovedillas

$$W_M = 254 \text{ kg/m}^2$$

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

$$W = 454 \text{ kg/m}^2$$

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

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

Determinación de la carga de prueba W_p según código

$$W_p = 0.85 (1.4 \times 254 + 1.7 \times 200 - 254) 1.4 \times 3$$

$$W_p = 1576 \text{ kg} \cdot 11$$

Determinación de la carga para 4 incrementos

$$W_p = \frac{1576}{4} = 394 \text{ kg}$$

La carga de incremento deberá ser 394 kg, la cual deberá distribuirse uniformemente sobre el área de la losa ensayada.

Tabla de resultados

1er. día (día de carga):

Carga en prueba losa de viguetas y bovedillas:

CARGA W EN Kg/M ²	DEFORMACION S EN MM
Pp Losa: 254.00	_____
347.50	1.00
441.00	1.00
534.50	1.00
628.00	2.00
despues de 24 horas	3.00

Fig. 3.3-B
Tabla de Resultados

2do. día (día de descarga):

CARGA W EN Kg/M ²	DEFORMACION δ EN MM
628.00	3.00
534.50	2.00
441.00	2.50
347.50	2.50
254.00	2.00
después de 24 horas	0.50

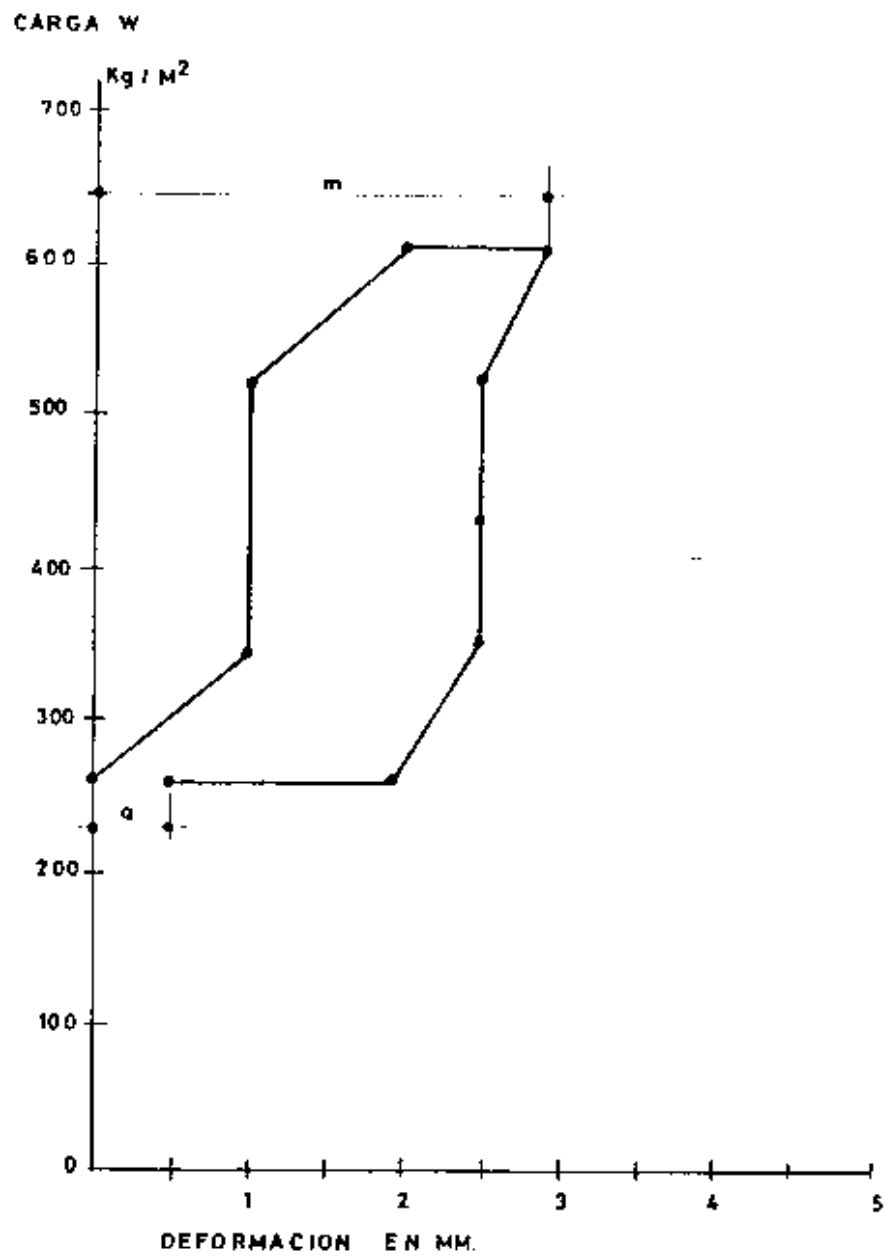
Fig. 3.3-C
Tabla de Resultados

3.3.-D Gráfica de W (Carga de incremento acumulada) en kg/m² - (deformación) en mm. de la losa ensayada de viguetas y bovedillas (página siguiente).

$$\begin{aligned} \text{Carga de Agrietamiento} &= 748.00 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{carga de diseño} &= 200.00 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

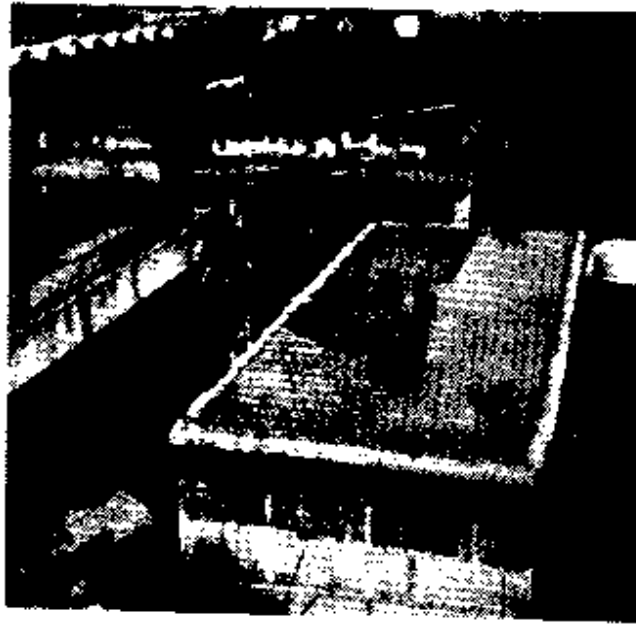
$$F.S. = \frac{748.00 \text{ Kg/m}^2}{200.00 \text{ Kg/m}^2} = 3.74$$

Gráfica: W (carga) en kg/M^2 - (deformación) en mm. Losa viguetas y bovedillas:



$$\% \text{ Rec.} = \frac{3 - 0.5}{3} = 83 \%$$

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio de carga y descarga del sistema de losa de viguetas y bovedillas y analizando la gráfica de carga y/o descarga contra deformación se determina que este sistema de losa es bastante rígido y de excelente resistencia y comportamiento bajo la acción de cargas, siendo un sistema que se recupera mucho a la deformación.



Losa de prueba en etapa de fraguado



Losa con carga de prueba



Losa con carga de prueba total



Losa con carga de prueba total
después de 24 horas



Momentos antes de llegar a
la carga de agrietamiento



vista frontal de losa ensayada
con carga de agrietamiento

3.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Los sistemas de losas de viguetas y bovedillas ofrecen gran cantidad de ventajas en relación a los sistemas tradicionales; la gran facilidad que ofrecen en cuanto al armado y formaletado hace que los tiempos de construcción disminuyan y, por tanto, esto se traduce en economía. Estos sistemas debido a que utilizan como relleno bovedillas, producen cámaras de aire, las cuales permiten un aislamiento térmico y acústico siendo, además, una losa mucho más liviana que la tradicional losa plana maciza y de excelente comportamiento estructural; la desventaja que presentan estos sistemas es en cuanto a los acabados generalmente, en cielos ya que debido a la diferencia de módulos de elasticidad entre las viguetas (elementos estructurales) y las bovedillas (elementos de relleno) se producen ciertas fisuras (pequeños agrietamientos), los cuales pueden prevenirse mediante la aplicación adecuada de los acabados tradicionales y juntando un poco más las vigas rigidizantes, siendo aconsejable la utilización de acabados plásticos por su mayor flexibilidad.

Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio realizadas en estos sistemas de losas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, muestra un excelente comportamiento estructural, con un factor de seguridad bastante alto.

4. LOSAS NERVURADAS CON RELLENO EN UN SENTIDO

4.1 COMO FUNCIONAN (ANALISIS Y DISEÑO)

Este tipo de losas está formada por elementos estructurales (nervios) y elementos de relleno no estructurales (blocks), este sistema lleva, además, un refuerzo por temperatura, para absorber los esfuerzos provocados por cambios de temperatura y para proveer continuidad a la losa evitando así el agrietamiento de ésta y, luego se funden 4 cms de espesor de concreto como mínimo, en este tipo de losas se acostumbra a utilizar rigidizantes, que son elementos estructurales, fundidos perpendicularmente a los nervios, y que se colocan a dos metros como máximo entre sí en la losa, con el objetivo de evitar el agrietamiento en la losa, debido al pandeo y alabeo en los nervios.

Los nervios son elementos estructurales que trabajan a flexión, los cuales deben analizarse y diseñarse como vigas rectangulares o vigas en "T" según sea el comportamiento de los nervios bajo la acción de cargas y momentos.

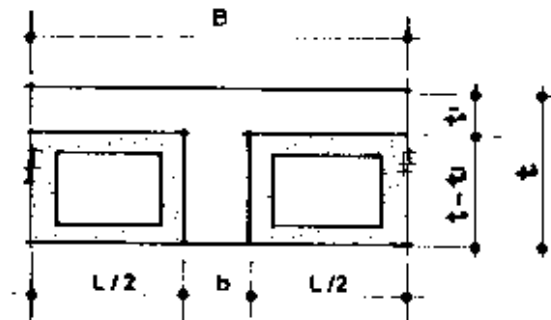


Fig. 4.1-A

Sección nervio típico losa nervurada con relleno en un sentido

Los blocks (bloques) son elementos no estructurales que sirven como relleno en este tipo de losas.

Análisis de nervios típicos para techo y entrepisos

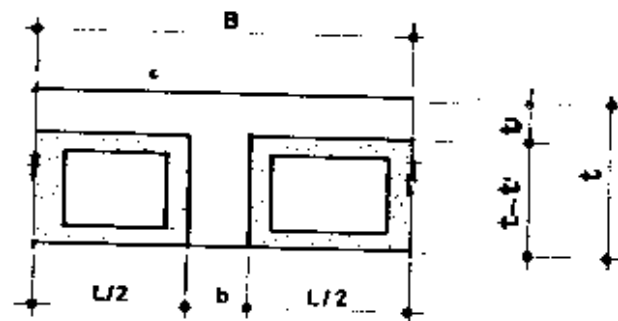


Fig. 4.1-B

Sección nervio típico losa nervurada con relleno en un sentido

Los nervios se analizan como vigas en "T", cuyas alas quedan formadas por la mitad del nervio (Ver Fig. 4.1-B).

El eje neutro de una viga en "T" puede estar en el nervio o en el ala dependiendo de las proporciones de la sección transversal, la cuantía de acero de tracción y la resistencia de los materiales.

Si la profundidad calculada hasta el eje neutro es menor o igual que el espesor de la losa de distribución t' , puede estudiarse la viga como que fuera una viga rectangular de sección BD, cuando se calcula el acero para el momento positivo y para el cálculo del acero, para el momento negativo se calcula como una viga rectangular de sección "bd".

Para momento negativo $M(-)$:

Tensión arriba y compresión abajo

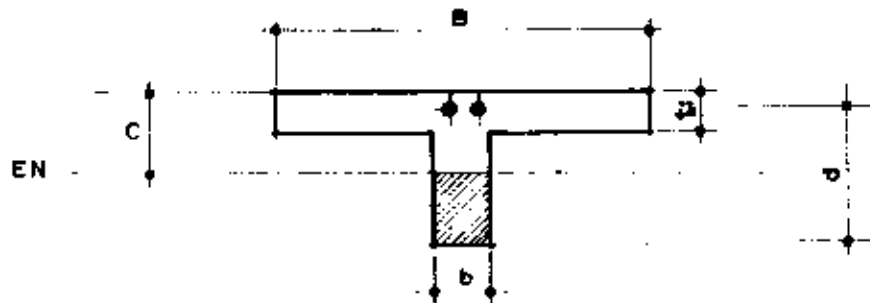


Fig. 4.1-C

Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos negativos.

Se diseñará como una viga rectangular de sección "bd".

Para momento positivo $M(+)$

Tensión abajo y compresión arriba

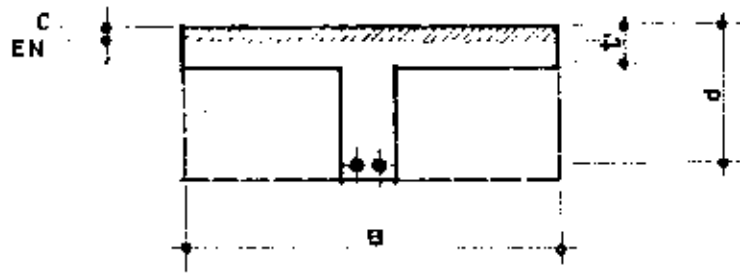


fig. 4.1-D
Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos positivos.

Si $C < t'$, entonces, se diseñará como una viga rectangular de sección BD.

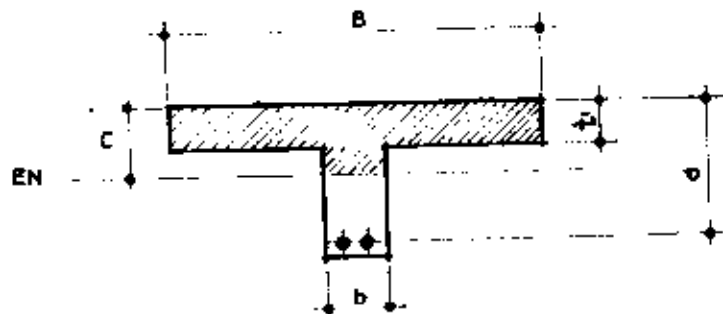


Fig. 4.1-F
Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos positivos.

Si $C > t'$ se diseñará como una viga "T".

Análisis del sistema de losas nervuradas con relleno en un sentido:

Integración de cargas

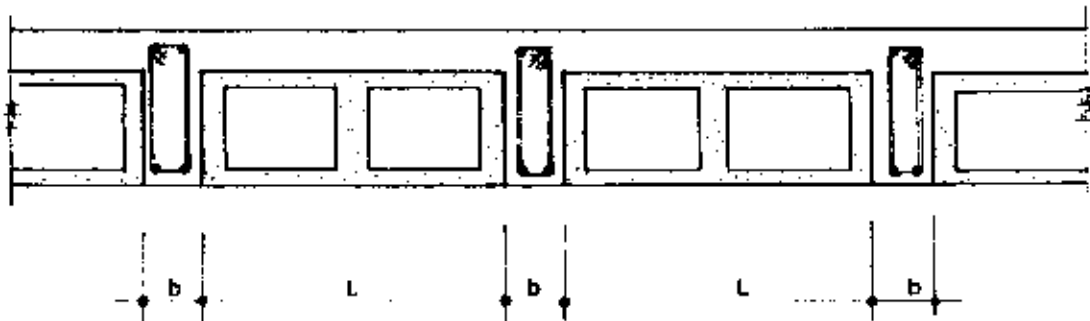


Fig. 4.1-F

Corte transversal de una losa nervurada con relleno en un sentido.

Debe determinarse el ancho tributario sobre el nervio para determinar la carga por unidad de longitud a lo largo del nervio, la cual afectada por los factores de carga muerta y carga viva será nuestra W_u (carga última) para la determinación de nuestro momento de diseño.

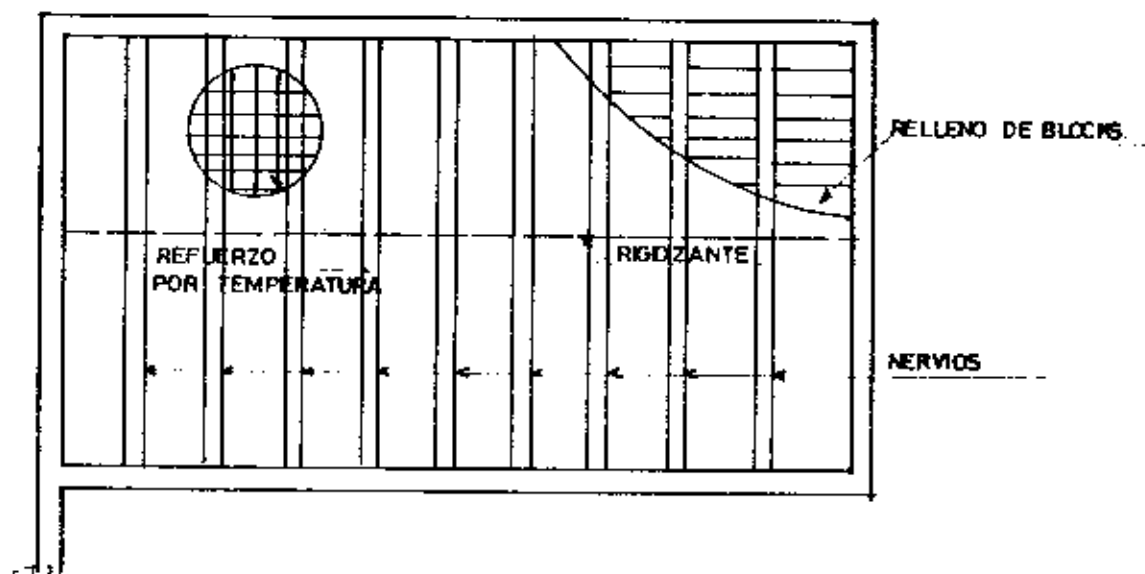


Fig. 4.1-G

Losa nervurada con relleno en un sentido vista de planta.

Determinación del ancho tributario

Este se obtiene trazando líneas paralelas a los nervios a la mitad de la distancia que las separa; ver Fig. (4.1.b, 4.1.c) es decir que el ancho tributario es igual a: $B = b + 1/2 + 1/2 \Rightarrow B = b + 1$, donde $1/2$ es igual a la mitad de la longitud de un block.

Determinación de carga muerta W_M

$$W_M = W_{\text{losa}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{blocks}} + W_{\text{nervios}}.$$

$$W_{\text{losa}} = \text{concreto} \times t' \times B.$$

$$W_{\text{acabados}} = W_{\text{acabados}} \times B$$

$$W_{\text{blocks}} = W_{\text{blocks}} \times \# \text{ blocks/ML}$$

$$W_{\text{nervios}} = (t - t') b \times \bar{\sigma} \text{ concreto}$$

Determinación de carga viva W_V

$$W_V = W_V \times B$$

Determinación de W_V (carga última por unidad de longitud en el nervio)

$$W_V = 1.4 W_M + 1.7 W_V$$

Requisitos "ACI" que deben cumplir los nervios armados a flexión en una losa nervurada con relleno en un sentido para el diseño

- t' mfn = 4 cms para losas con relleno
- Espaciamiento uniforme de nervios (S)
- $S \leq 12 t'$
- b mfn = 10 cms.

- $t \leq 3.5 h$

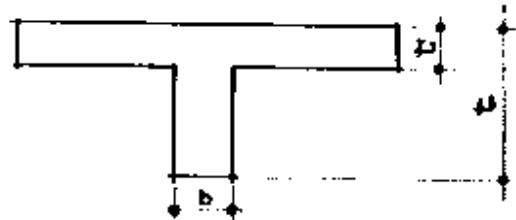


Fig. 4.1-H
Sección nervio típico losa nervurada

- El acero estructural estará colocado en los nervios y la losa de distribución solamente se reforzará por temperatura.
- Los nervios se diseñarán como viga "T" y dependiendo de su área tributaria de carga.

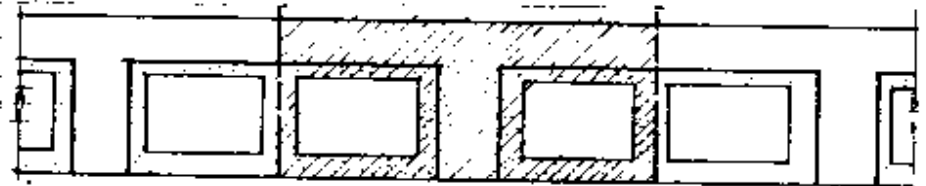


Fig. 4.1-I
Area tributaria en nervio de losa nervurada con relleno en un sentido.
Condición de apoyos y espesores para losas nervuradas en un sentido

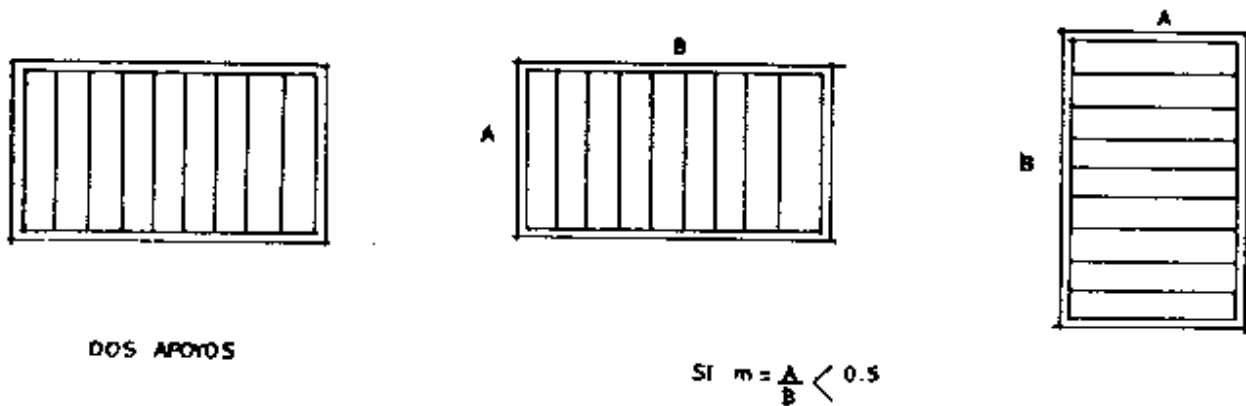


Fig. 4.1-J
Condiciones de apoyos losas nervuradas con relleno en un sentido.

A = lado corto losa
B = lado largo losa
m = relación entre lado corto y largo.

Estarán estructuradas perpendicularmente a sus apoyos o perpendicularmente al lado corto por economía.

Espesor mínimo de losas cuando no se comprueban deflexiones

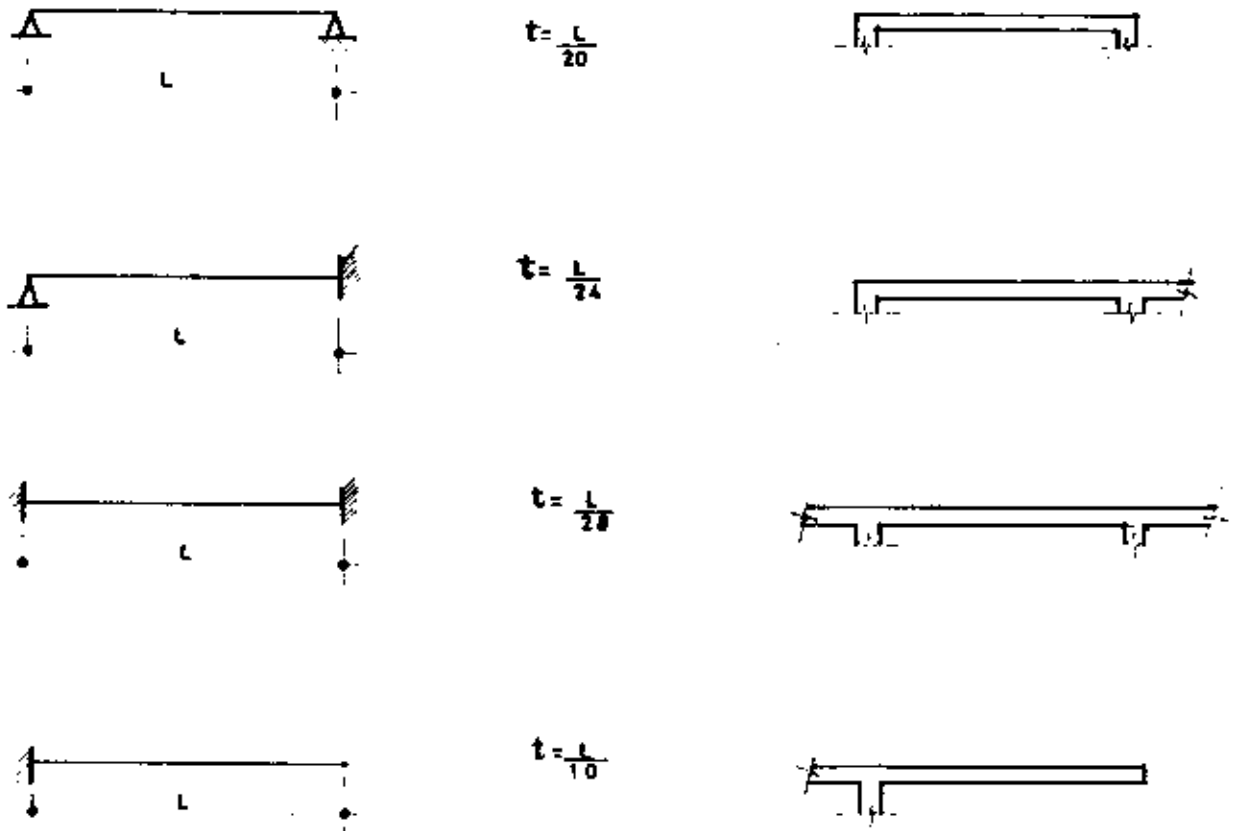


Fig. 4.1-K
Espesores mínimos de losas en un sentido

Los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en miembros de concreto reforzado no pre-esforzado hechos con concreto normal de ($\gamma_{con} = 2.4 \text{ T/M}^3$) y acero de refuerzo grado 40 para otras condiciones los valores deben modificarse como sigue:

- a) Para concreto estructural ligero de peso volumétrico dentro del in-

intervalo de 1.4 y 1.9 Ton/M³, los valores de la tabla deberán multiplicarse por (1.65 - 0.3 con), pero no menos de 1.09, estando " con." medida en Ton/M³.

- b) Para refuerzo no pre-esforzado que tenga una resistencia a la fluencia distinta de 4200 kg/cm² los valores de esta tabla deberán multiplicarse por (0.4 + fy/7000) donde fy está en kg/cm².

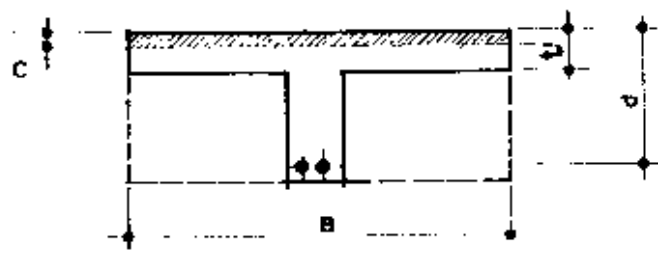
Diseño del refuerzo de los nervios típicos sometidos a flexión en una losa nervurada con relleno en un sentido

Para este diseño debe tomarse muy en cuenta si los nervios debido a la acción de las cargas y momentos, funcionan como una viga rectangular o como T.

Para momento positivo.

- a) Como viga rectangular.

Cuando la zona de compresión se encuentra en el ala (losa de distribución t') es decir $c < t'$, entonces, para calcular el acero se calculará como una viga rectangular de sección BD.



$$c < t'$$

Fig. 4.1-L
Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos positivos.

b) Como viga "T":

Cuando la zona de compresión se encuentra en el nervio es decir $c < t'$, entonces, para calcular el acero se calculará como una viga T.

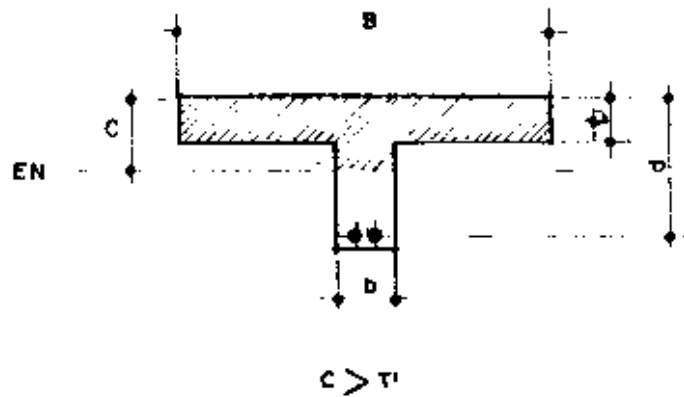


Fig. 4.1-M

Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos positivos

c) Para momento negativo.

Se diseñará como una viga rectangular de sección bd.

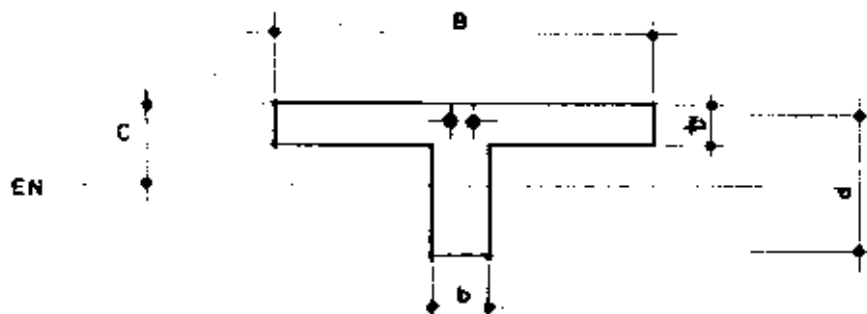


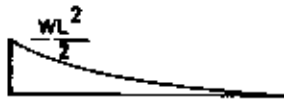
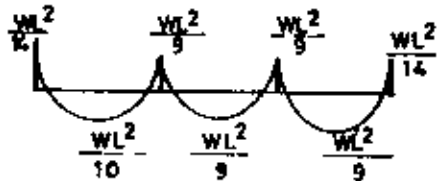
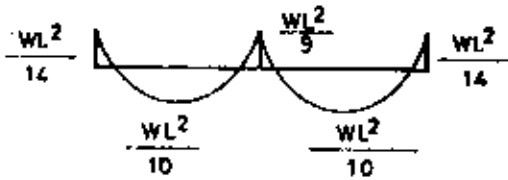
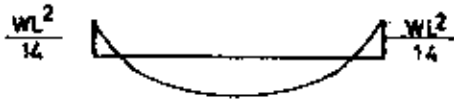
Fig. 4.1-N

Sección transversal eficaz de las vigas en "T" para momentos negativos

Determinación de momentos de diseño: Según el Código ACI

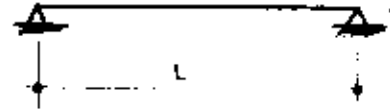
Los momentos de diseño según las condiciones de apoyos serán: para losas nervuradas en un sentido.

MOMENTOS DE DISEÑO:

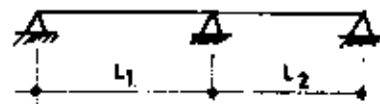


CARACTERÍSTICAS:

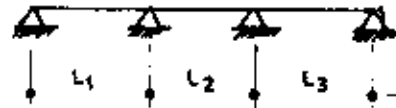
CON DOS APOYOS DISCONTINUOS



CON DOS APOYOS DISCONTINUOS Y UN CONTINUO



CON DOS APOYOS DISCONTINUOS Y DOS CONTINUOS.



EN VOLADIZO

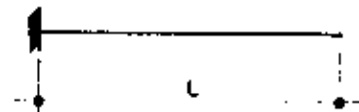


Fig. 4.1-0

Momentos de diseño para losas nervuradas con relleno en un sentido según las condiciones de apoyos.

Cálculo del refuerzo para el momento negativo

Se diseñará como una rectangular de sección bd (ver inciso c), de d_i (señal del refuerzo) se utiliza la fórmula siguiente:

$$M_u = \phi [A_s u (d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c b})] \quad (1)$$

Se despeja A_s y se obtiene la siguiente expresión de segundo grado:

$$\frac{f_y^2}{1.7 f'_c b} A_s^2 - f_y d A_s + \frac{M_u}{\phi} = 0 \quad (2)$$

La cual al resolverla para A_s se obtiene el área de acero. También puede hacerse por tanteos para valores de "a" hasta lograr converger con iteraciones sucesivas y así se obtendrá A_s .

En lo sucesivo sólo se utilizará programa o tablas para cálculo del acero " A_s ", ver anexo A para esto.

Chequeo de la cuantía de acero " "

$$P_{\text{mín}} = \frac{14.1}{f_y}$$

$$P_{\text{calculado}} = \frac{A_s}{bd}$$

$$P_{\text{máx}} = 0.5 \quad b$$

$$P_{\text{bal}} = 0.85 B_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{6117}{6117 + f_y}$$

Donde $B_1 = 0.85$ para concretos con $f'_c \leq 281 \text{ kg/cm}^2$ y disminuye en 0.05 por cada 70.31 kg/cm^2 que f'_c sobrepese 281 kg/cm^2 .

$$P_{\text{mín}} \leq P_{\text{calculado}} \leq P_{\text{máx}}$$

A_s (-) está correctamente calculado, si $P_{\text{cal}} > P_{\text{máx}}$, cambiar peralte de losa.

Cálculo del refuerzo para el momento positivo:

Comprobar si el nervio trabaja como una viga rectangular o como viga

"T".

Si $C > t'$ + trabaja como "T"

Si $C < t'$ + trabaja como rectangular de sección BD.

$$\text{Donde } C = \frac{a}{0.85}$$

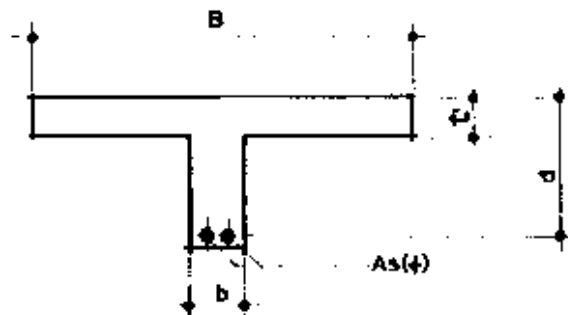


Fig. 4.1-P

Sección transversal del nervio típico de las losas nervuradas con relleno en un sentido

Cálculo del área de acero para momento positivo, cuando el nervio trabaja como viga rectangular:

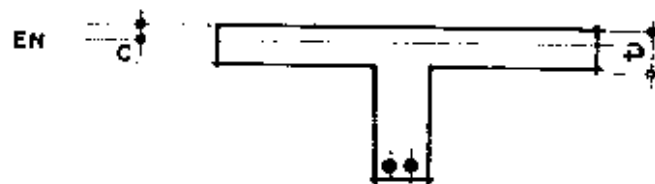


Fig. 4.1-Q

Sección transversal eficaz del nervio

Se diseñará como viga rectangular de sección BD utilizando programa o tablas para determinar "P" y así área de acero "As" (Ver referencia en Anexo "A") calculamos As (+) área de acero positivo.

Comprobación de la cuantía de acero

$$P_{mfn} = \frac{14.1}{f_y} \times 0.4$$

ya que es una losa formada por nervios (vigas T) la cuantía mínima de acero para estos nervios será igual a la cuantía mínima para losas.

$$P_{cal} = \frac{As}{BD}$$

$$P_{máx} = 0.5 P_b$$

$$P_b = 0.85 B_c \frac{f'_c}{f_y} \frac{6117}{6117 + f_y}$$

$$P_{mfn} \leq P_{cal} \leq P_{máx}$$

El peralte de la losa está bien y si $P_{cal} > P_{máx}$ cambiar peralte de losa.

Cálculo del área de acero para momento positivo cuando la viga trabaja como T.

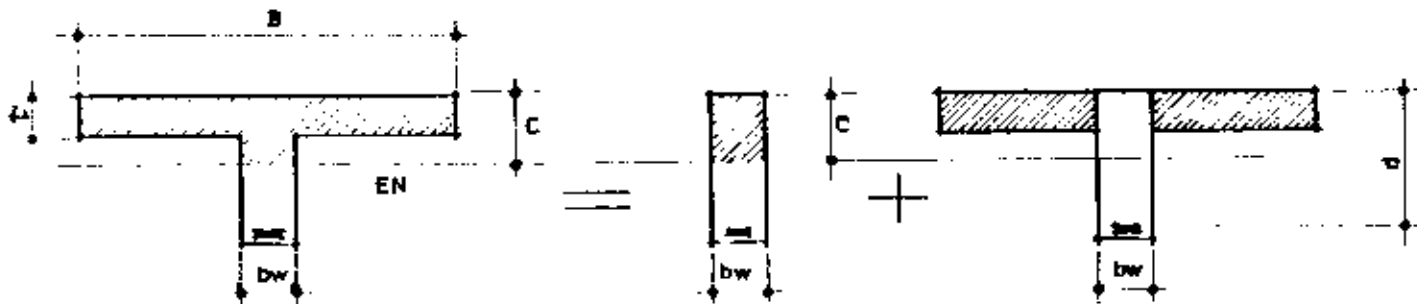


Fig. 4.1-R

Donde:

b_w = Ancho del nervio

A_{sw} = Acero para resistir el momento en el nervio

A_{sf} = Acero para resistir el momento en las alas

M_{uw} = Momento último resistido por el nervio

M_{uf} = Momento último resistido por las alas

$M_u(+)$ = Momento último total positivo

1. $M_u(+)$ = Según condición de apoyos, para esto ver: (Determinación de momentos de diseño)
2. $M_{uf} = \phi 0.85 f'c t' (B - b_w) (d - \frac{t'}{2})$
3. $A_{sf} = \frac{0.85 f'c t' (B - b_w)}{f_y}$
4. $M_{uw} = M_u - M_{uf}$
5. Calcular el refuerzo para una viga rectangular de ancho b_w y momento M_{uw} usando programa referido en apéndice I-II.
6. $A_s = A_{sw} + A_{sf}$
7. Chequeo cuantía de acero

$$P_w = A_s / t_w d$$

$$P_f = A_{sf} / b_w d$$

$$P_{wb} = P_b + P_f$$

$$P_{w\text{máx}} = 0.50 (b + f)$$

$$P_b = 0.85 B_r \frac{f'c}{f_y} \frac{6117}{6117 + f_y}$$

$$\text{Si } P_w \leq P_{w\text{máx.}}$$

Entonces queda asegurada una rotura por fluencia del acero, con lo que el cálculo queda terminado.

Cálculo del acero de temperatura para la losa nervurada

$$A_s \text{ temp.} = 0.0020 \times b \text{ para } 1 \text{ m de ancho } t'$$

$$b = 100 \text{ cms.}$$

$$S \text{ máx} \leq 5 t'$$

Si $S < S \text{ máx}$, está bien.

Se permite el uso de hierro # 2.

8. Cálculo del refuerzo de corte para los nervios

- 1) Este será resistido por el alma o nervio.
- 2) En caso de no resistir entonces proveer estribos.
- 3) Se permiten estribos de 1/4" de diámetro.
- 4) Su espaciamiento máximo podrá ser "d".

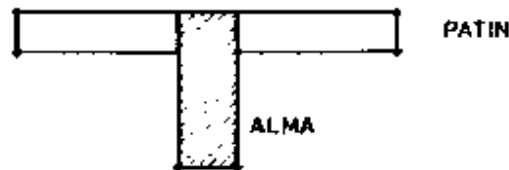


Fig. 4.1-S
Sección nervio losa nervurada

Chequeo por corte en el nervio.

$$V_u = \frac{W_u L}{2}$$

$$V_v = \frac{V_u}{bd}$$

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \sqrt{f'c}$$

Si $V_c > V_u \Rightarrow$ usar estribos # 2 a $S \text{ máx}$.

Si $V_c < V_u$

Calcular refuerzo de corte para nervios.

$$S = \frac{A_s f_y}{V b}$$

Donde $A_s = 2 A_v$

$$V = V_a - V_r$$

A_s = Area de acero del estribo

A_v = Area de la varilla

V_a = Esfuerzo de corte actuante

V_r = Esfuerzo de corte resistente por el concreto

V = Diferencia entre corte actuante y corte resistente por el concreto

b = Ancho del nervio

f_y = Esfuerzo del acero

d = Peralte efectivo nervio

Chequear S con $S_{\text{máx}}$.

Donde: $S_{\text{máx}} = d/2$

Si $S \leq S_{\text{máx}}$ está bien.

Si $S > S_{\text{máx}}$ hacer $S = S_{\text{máx}}$.

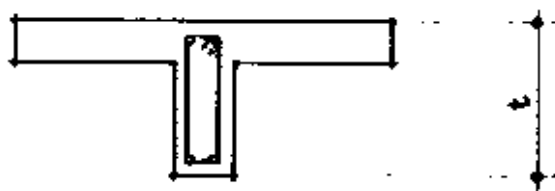


Fig. 4.1-T
Refuerzo de corte en el nervio

4.2 METODOS DE CONSTRUCCION VER INCISO 3.2 CAPITULO 3

Proceso constructivo del sistema, losas nervuradas con relleno en un sentido: Éste es un sistema tradicional que tiene mucha similitud al siste-

ma Semi-prefabricado de viguetas y bovedillas tratado en el capítulo anterior y muchas ventajas sobre el sistema tradicional de losas planas macizas. Este sistema está formado por nervios fundidos en el lugar (elementos estructurales) y bloques (elementos de relleno) sobre el cual se coloca refuerzo para absorber los cambios de temperatura, generalmente, electromealla o acero de 1/4" de diámetro y se funden 4 centímetros de concreto como mínimo sobre éste sistema, el espesor de la losa de distribución dependerá de las cargas de diseño.

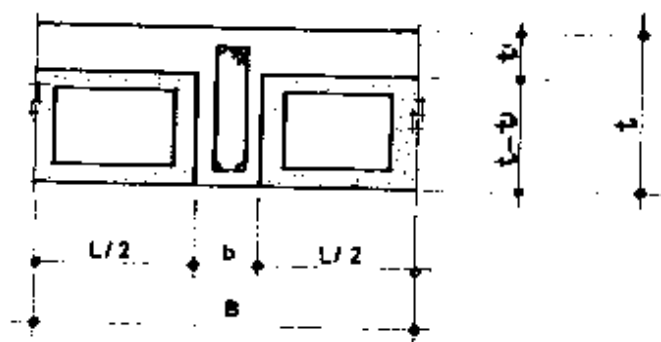


Fig. 4.2-A'
Nervio típico losa nervurada con relleno en un sentido

El procedimiento para armar los sistemas de losas nervuradas con relleno en un sentido es exactamente igual que con el sistema de losas de viguetas y bovedillas con la diferencia que en lugar de viguetas tenemos que armar los nervios y fundirlos monolíticamente en el lugar con todo el sistema y en lugar de las bovedillas tendremos que usar bloques (bloks), lo cual nos obligará a usar más madera como tarima que para el sistema de losas de viguetas y bovedillas.

Para armar el sistema de losas nervuradas con relleno en un sentido, es necesario levantar los muros completamente hasta solera de corona (de

remate) ya que éstos servirán de apoyos a dicho sistema; luego es necesario amarr primero las soleras de corona y/o vigas usadas como apoyos, sobre los cuales se amarrará el sistema. Este sistema resulta más económico de amarr en relación al convencional de losa plana macisa, pero menos económico en comparación con el sistema de losas de viguetas y bovedillas y esto se debe a la mayor cantidad de madera que se utilizará como tarima y formaleta para dicho sistema (parales, tendales, tabla, tabloncillo, tablón, polines, breizas, etc.) y que, dependiendo de las secciones usadas así será el espaciamiento entre ellos.

Esta estructura debe tenerse el cuidado de colocarla a nivel y que la cota que localiza el nivel inferior de la losa (en éste caso la losa nervurada con relleno en un sentido) esté bien definido en relación al nivel tomado de referencia; para detalle de estructura de soporte ver Fig. 4.2-A y detalle de losas nervuradas con relleno en un sentido, Fig. 4.2-B.

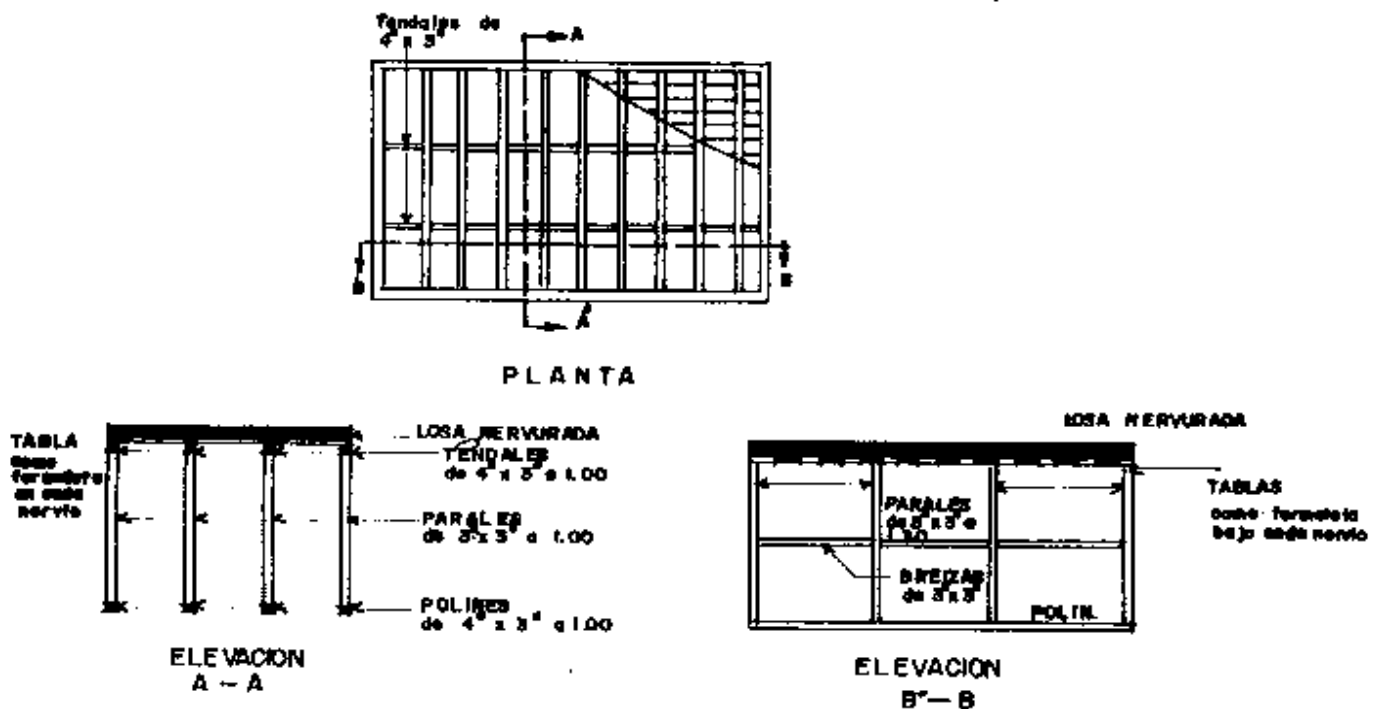


Fig. 4.2-A
Detalle estructura de soporte

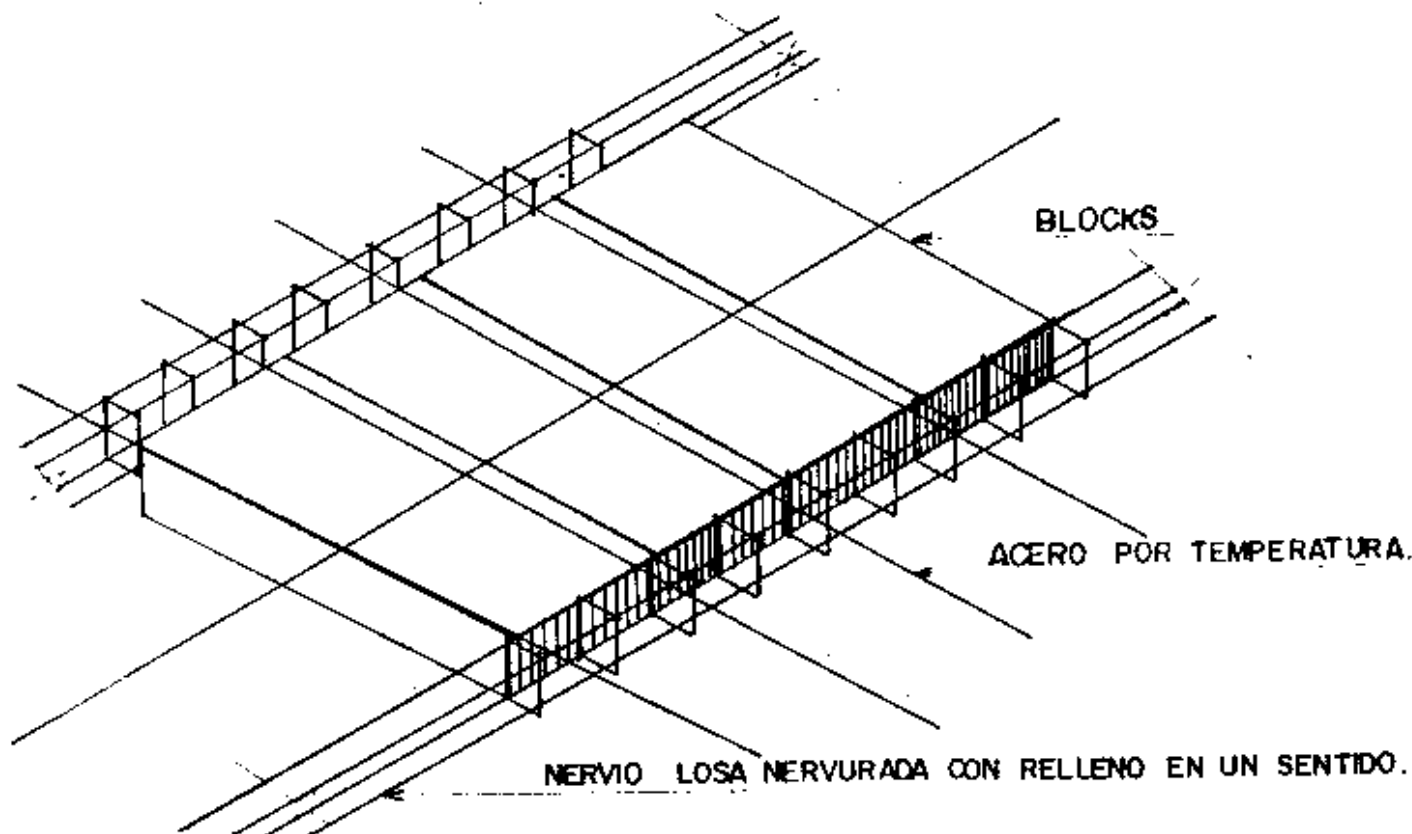


Fig. 4.2-B
Detalle de losa nervurada con relleno en un sentido

Para el armado de los nervios se amarán en obra y siempre sobre el sentido corto de la luz de la losa relleniéndose con bloques (blocks) entre uno y otro nervio, los cuales serán de 10 cms como mínimo de espesor armándose también rigidizantes con eslabones en sentido perpendicular a los nervios, con el objetivo de evitar el alabeo y pandeo de éstos y, por consiguiente, grietas en la losa, deberá colocarse siempre rigidizantes a cada 2 metros como máximo, distribuidos simétricamente.

Sobre el armado de los nervios y los bloques (blocks) se coloca el re fuerzo por temperatura en el cual se podrá usar electromalla generalmente de 6 x 6 o acero de \emptyset 1/4", paralelo y perpendicular a los nervios, tanto el armado de los nervios como el acero por temperatura y/o los rigidizantes deberán ir debidamente anclados a las soleras y/o vigas usadas como

apoyos con su respectivo gancho standard; para ganchos standard, longitud de anclaje y longitud de desarrollo ver en anexos, Anexo "B".

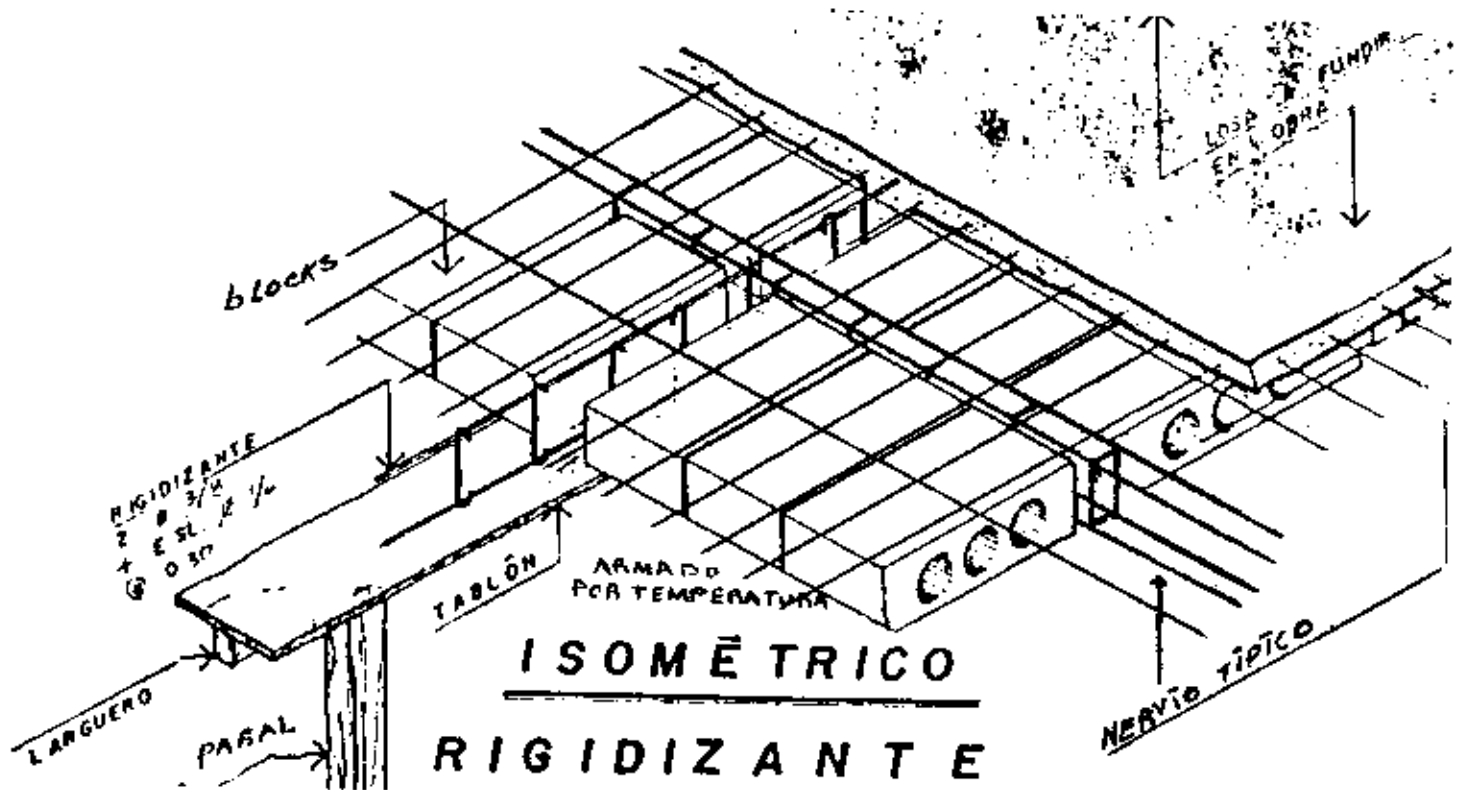


Fig. 4.2-C
Detalle rigidizante y refuerzo por temperatura en losas nervuradas con relleno en un sentido

Previo a colocarse la armadura por temperatura deberán colocarse las instalaciones eléctricas, es decir, la tubería que se usará como ducto para las instalaciones eléctricas, pudiendo ser éstas de ducton, conduit, poliducto, etc., también deberán colocarse todas las cajas octogonales o de control, así como las bajadas pluviales y las bajadas de drenaje, si las hubiere.

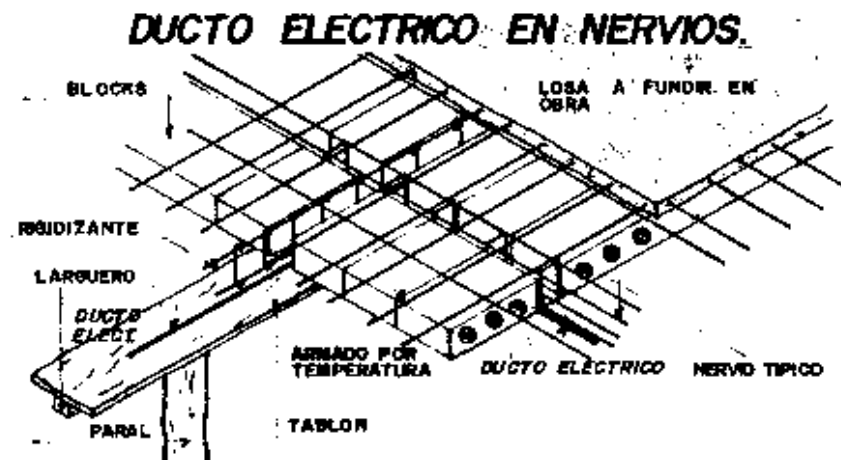


Fig. 4.2-D

Detalle ductos para instalaciones eléctricas en losas nervuradas con relleno en un sentido

En los extremos donde la losa no es continua deberán colocarse faldones de madera, para evitar que el concreto se derrame, es decir, servirán de formaleta a la losa.

Sobre la losa totalmente armada y con todas sus instalaciones debidamente colocadas y supervisadas se fundirán 4 cms de concreto como mínimo, el concreto podrá ser hecho en obra o pedido a Mixto Listo, Rentaco, según decisión del Ingeniero encargado.

Curado

Este proceso es fundamental para garantizar una buena resistencia del concreto utilizado y en especial por este tipo de fundición, que se encuentra suspendida sobre el suelo; para evitar daños en el concreto debe

protegerse contra los cambios de humedad y temperatura aplicándose agua o algún químico. Esta humedad debe ser controlada, por lo menos, durante los primeros 14 días a partir de la fundición ya que debe recordarse que el concreto alcanza el 70% de su resistencia total durante la primera semana; la resistencia total del concreto se logra a los 28 días, la resistencia final del concreto dependerá, pues de manera determinante, de las condiciones de humedad y temperatura durante la primera semana a partir su colocación.

Por lo tanto si el curado es deficiente y ocurre un secado prematuro del concreto, la resistencia de este disminuirá significativamente (en porcentaje de 30% o más).

El curado efectivo puede lograrse manteniendo las superficies visibles continuamente mojadas por riego, formación de estanques o cubriéndolas con sacos vacíos de cemento o cal humedecidos y, sobre éstos, arena, la cual deberá siempre mantenerse húmeda y esto se hace generalmente en losas inclinadas o bien puede hacerse uso de químicos.

Aspectos principales del concreto usado

- Deberá verificarse la consistencia del concreto utilizado según las especificaciones así como la granulometría del mismo.
- Deberá verificarse la consistencia del concreto mediante el cono de revenimiento.

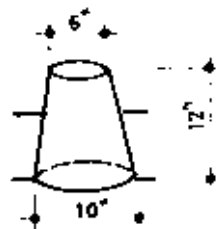


Fig. 4.2-F

Cono usual para prueba de slump o revenimiento.

Dicho revenimiento deberá variar entre 2 y 4 pulg como máximo.

Desencofrado

Esta es la fase en que se procede a desarmar la estructura que ha servido como soporte y molde al concreto (obra falsa), durante la fundición y después de ella, el desencofrado se efectuará después de un tiempo mínimo de 10 días, tiempo que podrá ser mayor, según lo delicado de la obra, esto con el propósito de tener un buen margen de seguridad, lo cual dependerá grandemente de las luces de las losas fundidas.

Acabados en sistemas de losas nervuradas con relleno en un sentido

Sobre la losa fundida se aplicará el mezlón más el blanqueado y/o un impermeabilizante como en una losa convencional, mientras que en el cielo de ésta deberá tenerse sumo cuidado al aplicar los repellos y cernidos debido a que en la unión de nervios con bloques (blocks) suelen aparecer ciertas grietas debido a la diferencia del módulo de elasticidad de los bloques (blocks) y el concreto el cual se resuelve cumpliendo todos los requisitos de acabados:

<u>Características</u>	<u>Proporción</u>		
1a. mano: Ensabietado	Arena de río 3	Cemento 1	
2a. mano: Repello	Arena amarilla 3	Cal 1	Cemento 1/2
3a. mano: Lechada	Cemento 1	Agua 4	
4a. mano: Cernido	Arena blanca 3	Cal 1	Cemento 1/2 litro
o Blanqueado	Cal 5	Arena blanca 1	Cemento 1/2 litro

Las porciones están en volúmen (pueden ser cubetadas o carretilladas).

En éste tipo de losas es recomendable la utilización de acabados plásticos en cielos, por la mayor flexibilidad de éstos en relación con los tradicionales evitándose así problemas de agrietamiento en éstos.

4.3 PRUEBAS DE LABORATORIO

Losas nervuradas con relleno en un sentido

Estos se hicieron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, Sección de Prefabricados de la Universidad de San Carlos y de acuerdo a lo recomendado en el reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI-318-83) en su capítulo 8.

Se ensayó una losa nervurada con relleno en un sentido de 3 mts. de luz libre de la siguiente manera:

1. Se determinó la carga total de prueba: W_p en kilogramos.

$$W_p = 0.85 (1.4 W_M + 1.7 W_V - W_M) A_L$$

Siendo W_M = Carga muerta de la losa en kg/m²

W_V = Carga viva de la losa en kg/m²

A_L = Area de la losa ensayada

2. Determinación de la carga de prueba por incremento W_{PN} :

Se harán 4 incrementos como mínimo, por lo que $W_{P4} = \frac{W_p}{4}$

3. Determinación de las deformaciones de la losa nervurada con relleno en un sentido: se utilizó la carga de prueba por incremento " W_p " con

la cual se cargó la losa nervurada con relleno en un sentido en cuatro incrementos iguales determinándose la deformación al centro de la luz de la losa en el nervio central.

Se dejó la losa cargada durante 24 horas y se midió su deformación; luego se procedió a descargarla en 4 decrementos iguales, determinándose la deformación respectiva, se dejó la losa descargada por 24 horas y se midió su deformación para determinar la recuperación de la losa la cual debería ser 75%.

Finalmente, se procedió a cargar la losa nervurada con relleno en un sentido agregando el número de incrementos necesarios para obtener el factor de seguridad del sistema de losa ensayado que es igual a:

$$F.S. = \frac{\text{Carga de Rotura}}{\text{Carga de Diseño}}$$

4. Características de la losa nervurada con relleno en un sentido.

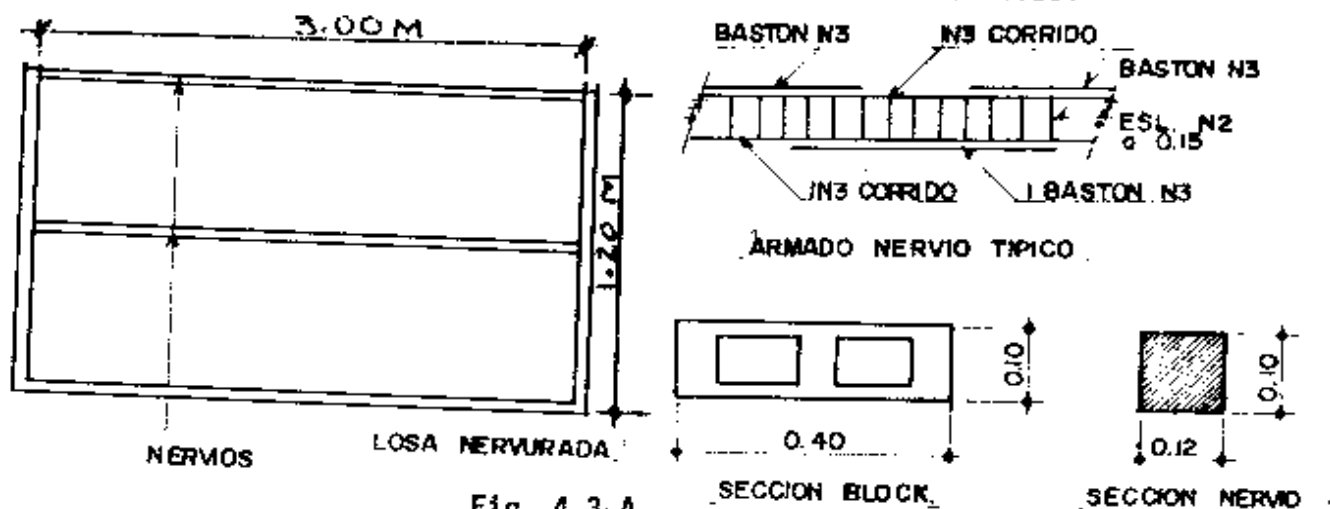


Fig. 4.3-A

Detalles losas de prueba nervurada con relleno en un sentido

$$W_H = 267 \text{ kg/M}^2$$

$$W_V = 200 \text{ kg/M}^2$$

$$W = 467 \text{ kg/M}^2$$

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

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

Determinación de la carga de prueba W_p según código ACI:

$$W_p = 0.85 (1.4 W_M + 1.7 W_V - W_M) AL$$

$$W_p = 0.85 (1.4 \times 373.80 + 340 - 267) 1.2 \times 3$$

$$W_p = 1367 \text{ kg.}$$

Determinación de la carga de prueba para 4 incrementos W_{p4}

$$W_{p4} = W/4$$

$$W_{p4} = \frac{1367}{4} = 342 \text{ kg.}$$

la carga por decremento deberfa ser 342 kg.

Tabla de resultados

1er. dfa (dfa de carga):

Carga en prueba losa nervurada con relleno en un sentido.

CARGA W EN Kg/M ²	DEFORMACION δ EN MM
Pp Losa : 267.00	
361.00	1.00
456.00	1.00
550.00	2.00
645.00	3.00
despues de 24 horas	4.00

Fig. 4.3-B
Tabla de Resultados

2do. día (día de descarga)

CARGA W EN Kg/M ²	DEFORMACION δ EN MM
645.00	4.00
550.00	2.50
456.00	2.00
361.00	1.50
267.00	1.00
despues de 24 horas.	1.00

Fig. 4.3-C
Tabla de Resultados

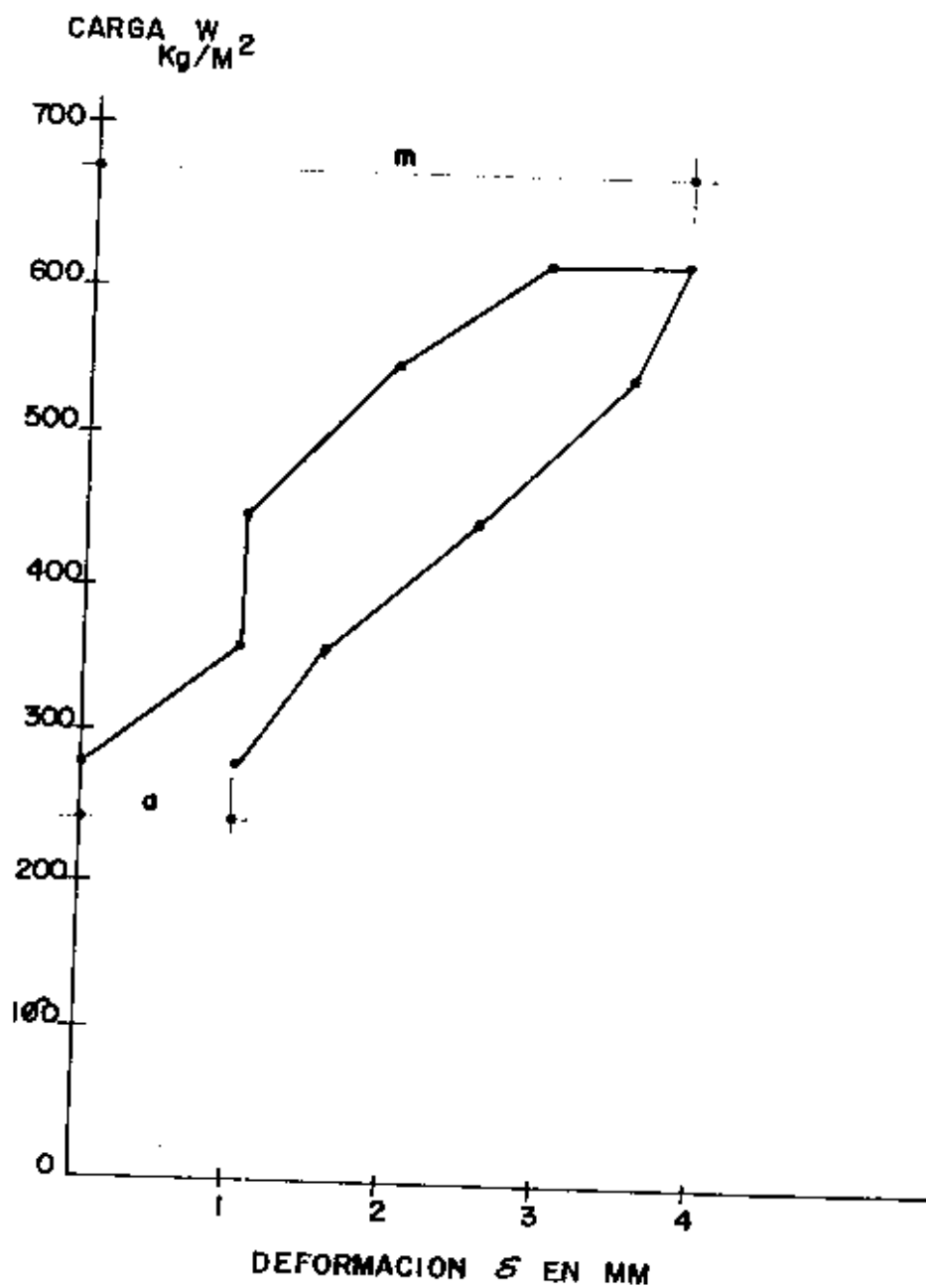
4.3.-D Gráfica de W (Carga de incremento acumulada) en kg/M²
(deformación) en MM de losa ensayada nervurada con relleno en un sen
tido (página siguiente).

$$\text{Carga de agrietamiento} = 756.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{carga de diseño} = 200.00 \text{ Kg/m}^2$$

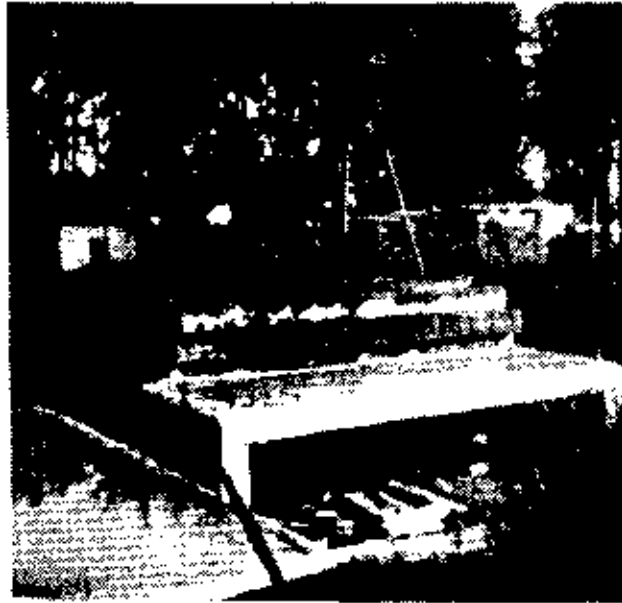
$$\text{P.S.} = \frac{756.00 \text{ Kg/m}^2}{200.00 \text{ Kg/m}^2} = 3.78$$

Gráfica carga en kg/M^2 - (deformación) MM Losa nervurada con refle
no en un sentido.



$$\% \text{ rec} = \frac{4 - 1}{4} = 75 \%$$

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio de carga y descarga del sistema de losa nervurada con relleno en un sentido y estudiando la gráfica de carga y/o descarga contra deformación, nos muestra que este sistema de losa es bastante elástico y de gran resistencia y un comportamiento estructural muy bueno bajo la acción de cargas; siendo un sistema que tiene una recuperación a la deformación bastante aceptable.



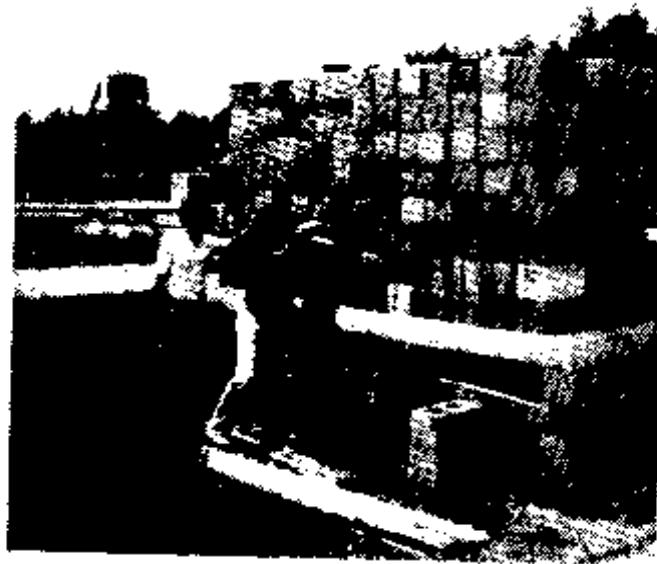
Losa de prueba en etapa de fraguado



Losa con carga de prueba total



Losa con carga de prueba total
después de 24 horas



Momentos antes de llegar a
la carga de agrietamiento



Losa con carga de agrietamiento



Vista frontal de losa ensayada
con carga de agrietamiento

4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Los sistemas de losas nervuradas en un sentido, con relleno, ofrecen un sin número de ventajas en relación a los sistemas tradicionales, la facilidad en el armado y formateado de estos sistemas y su rapidez constructiva se traduce en economía. Este sistema debido a que utiliza relleno de block, produce un colchón de aire, que permite un aislamiento térmico y acústico, siendo, además, una losa mucho más liviana que la tradicional y de excelente comportamiento estructural; la desventaja que presentan estos sistemas, es en los acabados; en el cielo generalmente ya que por la diferencia de módulos de elasticidad entre los nervios de concreto fundidos (elementos estructurales) y los blocks (elementos de relleno) se producen ciertas fisuras, las cuales pueden prevenirse mediante la aplicación adecuada de acabados tradicionales, siendo aconsejable utilizar acabados plásticos por su mayor flexibilidad.

Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio realizadas en estos sistemas de losas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, muestra un excelente comportamiento estructural con un factor de seguridad bastante alto.

5. COMPARACION ENTRE LOS DOS SISTEMAS

5.1 VENTAJAS

Las ventajas más importantes de los sistemas de losas de viguetas y bovedillas, en relación a los sistemas de losas nervuradas con relleno en un sentido, es la económica; puesto que en el análisis de costos practicado a los dos sistemas y detallado en la sección 5.3, se determinó que los costos de obra falsa (madera) y mano de obra de los sistemas de losas nervuradas en un sentido con relleno, son mayores que los de los sistemas de losas de viguetas y bovedillas y que aumentarán a medida que se incrementen los precios de la madera y se reajusten los salarios.

El comportamiento estructural de ambos sistemas es muy semejante, como se comprobó en los ensayos de laboratorio realizados en ambos sistemas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (Sección de Prefabricados) de la Universidad de San Carlos. Los factores de seguridad de los dos sistemas de losas son bastante altos, lo cual nos asegurará un comportamiento eficiente de cada sistema.

Analizando las pruebas de laboratorio realizadas a cada sistema, vemos que ambos sistemas funcionan excelentemente bajo la acción de cargas reales y que tienen una recuperación a la deformación que es bastante aceptable, siendo mejor la recuperación a la deformación de la del sistema semi-prefabricado de viguetas y bovedillas.

Ambos sistemas de losas tienen un coeficiente de seguridad bastante alto, lo cual hace que estos sistemas de losas sean bastante seguros.

5.2 DESVENTAJAS

Estas son mínimas en relación a las enormes ventajas que ofrecen los dos sistemas y siendo las más comunes las debidas a pequeños agrietamientos en los acabados en la losa y especialmente en cielos, los cuales pueden prevenirse en lo posible, mediante la correcta aplicación de los acabados tradicionales o mediante la utilización de acabados plásticos.

5.3 COSTOS

A continuación se presentan los costos de un sistema de losas de viguetas y bovedillas y de un sistema de losas nervuradas con relleno en un sentido, para lo cual se utilizarán los costos obtenidos en base al ejemplo comparativo del capítulo 6 de estos dos sistemas.

A continuación se presenta la tabla de costos comparativa entre estos dos sistemas: sin incluir acabados e instalaciones en las losas y esto con el propósito de comparar económicamente ambos sistemas, determinando conclusiones importantes, las cuales beneficiarán al ingeniero constructor para decidirse por el sistema que más le puede convenir.

TIPO LOSA	AREA M ²	FORMA-LETA	COSTO MATERIALS	COSTO MANO OBRA	COSTO TOTAL	COSTO TOTAL/M ²
ENTREPISO VIGUETAS Y BOVEDILLAS DE 20 cms. DE ESPESOR	60.20	392.39	2182.49	366.02	2940.41	48.84
ENTREPISO NERVADURA CON RELLENO EN UN SENTIDO DE 15cms. DE ESPESOR.	60.20	575.79	2206.13	490.85	3262.77	54.20

Tabla 5.3-1

Comparación de costos directos por M² de los sistemas de losas de viguetas y bovedillas y de losas nervuradas con relleno en un sentido.

Esta tabla nos indica los costos directos a enero de 1989 y por m² del sistema de losas de viguetas y bovedillas y el sistema de losas nervuradas con relleno en un sentido, en el cual notamos que la diferencia económica entre estos dos sistemas viene dada por el mayor costo de la formaleta y de mano de obra del sistema de losas nervuradas con relleno en un sentido ya que el costo de materiales es relativamente el mismo, por lo

que se determina que a medida que se incrementa el precio de la madera y se reajusten los salarios, la diferencia de costos entre ambos sistemas será mayor.

6. EJEMPLO COMPARATIVO

6.1 LOSA DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS: DADOS LOS SIGUIENTES DATOS, ANALIZAR Y DISEÑAR EL SIGUIENTE SISTEMA DE LOSAS

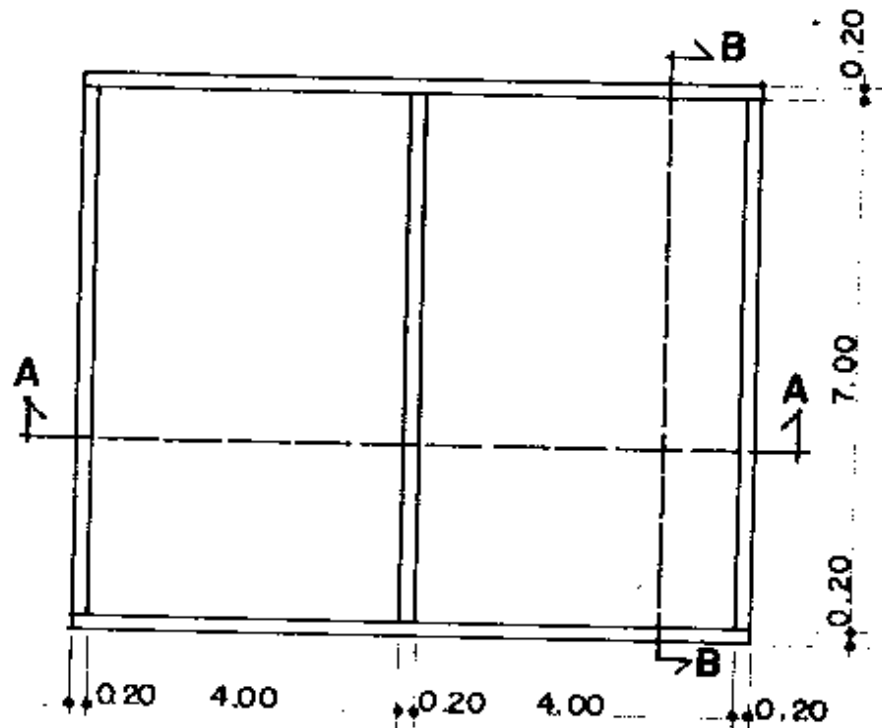


Fig. 6.1-A
Vista en planta del sistema de losas del ejemplo comparativo

Nota: Todas las medidas de longitud están dadas en Metros.

Datos materiales:

$$W_{\text{bovedillas}} = 10.5 \text{ kg/Unidad}$$

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

$$W_v = 200 \text{ kg/M}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Sobre-carga} = 90 \text{ kg/M}^2$$

$$\text{con} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Muros de block de 20 x 20 x 40 cms.

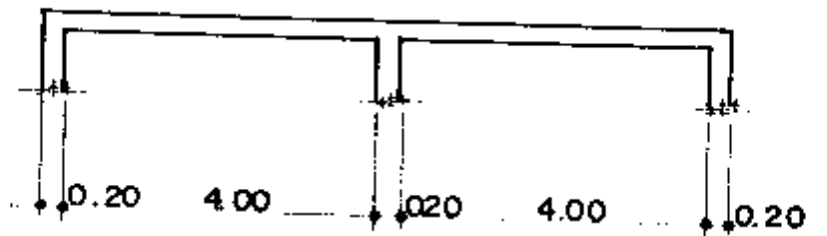


Fig. 6.1-B
Sección A-A, sistema de losas ejemplo comparativo

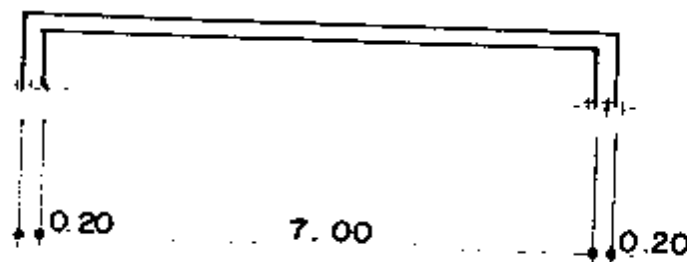


Fig. 6.1-C
Sección B-B, sistema de losas ejemplo comparativo

Datos de vigueta a utilizar

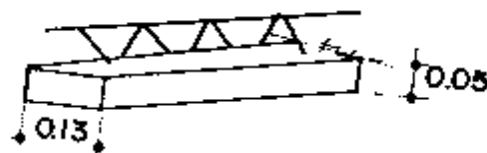


Fig. 6.1-D
Sección vigueta a usar. Sección 5 x 13 cms

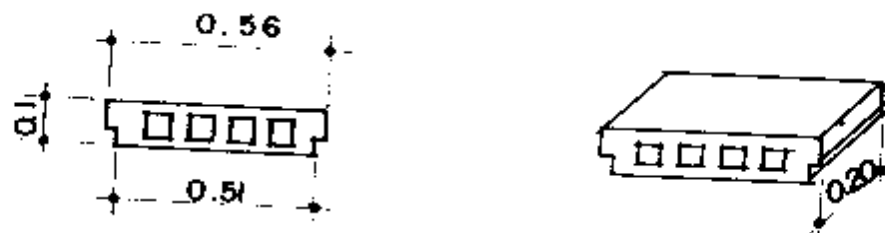


Fig. 6.1-E
Sección bovedilla a usar

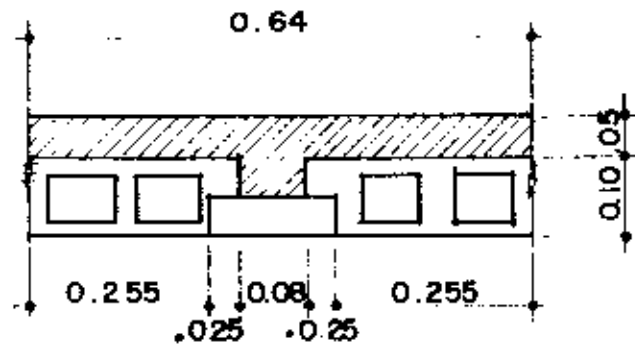


Fig. 6.1-F
Nervio típico formado por las viguetas y bovedillas

Integración de cargas:

$$W_{\text{losa}} = 2400 \text{ kg/M}^3 \times 0.05 \times 0.64 = 78.8 \text{ kg/M}$$

$$W_{\text{acabados}} = 90 \text{ kg/M}^2 \times 0.64 = 57.6 \text{ kg/M}$$

$$W_{\text{bovedillas}} = 10.5 \text{ kg} \times 5 \text{ u /ML} = 52.5 \text{ kg/M}$$

$$W_{\text{nervios}} = (0.05 \times 0.13 + 0.08 \times 0.05) \text{ M}^2 \times 2400 \text{ kg/M}^3 = 25.2 \text{ kg/M}$$

$$W_m = 212.10 \text{ kg/M}$$

$$W_v = 200 \text{ kg/M}^2 \times 0.64 \text{ M} = 128 \text{ kg/M}$$

$$W_u = 1.4 \times 212.10 \text{ kg/M} + 1.7 \times 128 \text{ kg/M}$$

$$W_u = 514.54 \text{ kg/M.}$$

Diseño del refuerzo de los nervios típicos:

Determinación de los momentos de diseño

$$M_u (+) = \frac{W_u L^2}{8} \quad \text{Caso crítico de discontinuidad}$$

$$M_u (-) = \frac{W_u L^2}{12} \quad \text{Caso crítico de continuidad.}$$

Fig. 6.1-G
Vista en planta de losas. Ejemplo Comparativo.

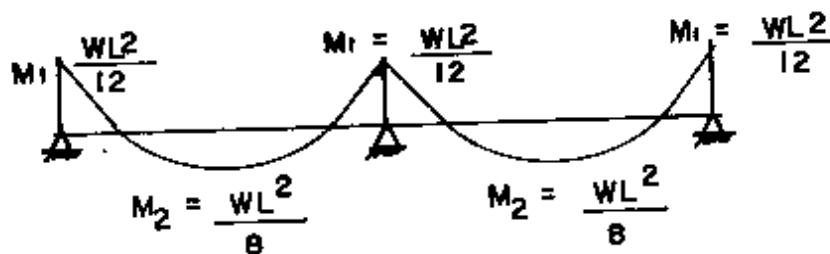


Fig. 6.1-H
Modelo matemático

$$M_1 (-) = \frac{W_u L^2}{12} = \frac{514.54 \text{ kg/M} \times 4^2 \text{ M}^2}{12} = 686.05 \text{ kg/M}$$

$$M_2 (+) = \frac{W_u L^2}{8} = \frac{514.54 \text{ kg/M} \times 4^2 \text{ M}^2}{8} = 1029.08 \text{ kg/M}$$

Para momento positivo

Asumiendo que trabaja como rectangular y comprobando tenemos:

para: B = 64 cms	$f_y = 2810 \text{ kg/cms}^2$
$f'c = 210 \text{ kg/cms}^2$	
d = 12.5 cms	$M_2(+)= 1029.08 \text{ kg/M}$

Usando programa para el cálculo del acero tenemos que:

$$A_{s_2(+)} = 3.37 \text{ cms}^2$$

Determinando el valor de a ó c para compararlo contra el espesor t' ,
tenemos que:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 \times f'_c \times B} \quad a = 0.83 \text{ cms}$$

$$c = \frac{a}{0.85} \quad c = 0.98 \text{ cms}$$

trabaja como rectangular de sección Bd.

Comprobación de $A_s(+)$ mínimo: usando programa:

$$P_2 = 0.00421$$

$$P_{\text{mín}} = 0.00502 \times 0.40 = 0.0020$$

$$P_{\text{máx}} = 0.01850$$

$$A_{s\text{mín}(+)} = 0.00502 \times 12.5 \text{ cms} \times 64 \text{ cms} \times 0.40$$

$$A_{s\text{mín}(+)} = 1.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{s(+)} > A_{s\text{mín}(+)} \quad \text{bien.}$$

Determinación del armado

$$3 \# 4 = 3.81 \text{ cms}^2 \quad 3.37 \text{ cms}^2$$

Para los momentos negativos

Trabaja como una viga rectangular de sección Bed:

$$b_e = \frac{bM_y + E_b}{E + y}$$

$$b_e = 10.5 \text{ cms}$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cms}^2$$

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

$$M_1(-) = 686.05 \text{ kg/m}$$

$$d = 12.5 \text{ cms}$$

Para determinar el área de acero $A_{s1}(-)$ usamos programa:

$$P_1 = 0.0196$$

$$P_{\min} = 0.00502$$

$$A_{s1}(-) = 2.57 \text{ cms}^2$$

$$P_{\max} = 0.01850$$

Ya que P_1 cuantía de acero calculada para momento negativo $M_1(-)$ es mayor que P_{\max} , cuantía máxima de acero; debemos cambiar el peralte de la losa al inmediato superior en este caso usaremos bovedilla de 0.15 cms sobre la que se fundirán 5 cms de concreto para obtener un peralte total de losa de $t = 20$ cms y con este chequear nuevamente P_{\max} .

Se usará bovedilla de: 15 cms de espesor.

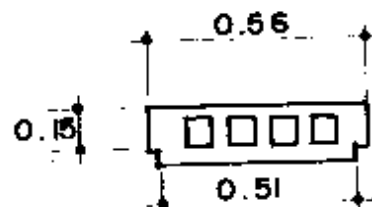


Fig. 6.1-I
Sección bovedillas a utilizar

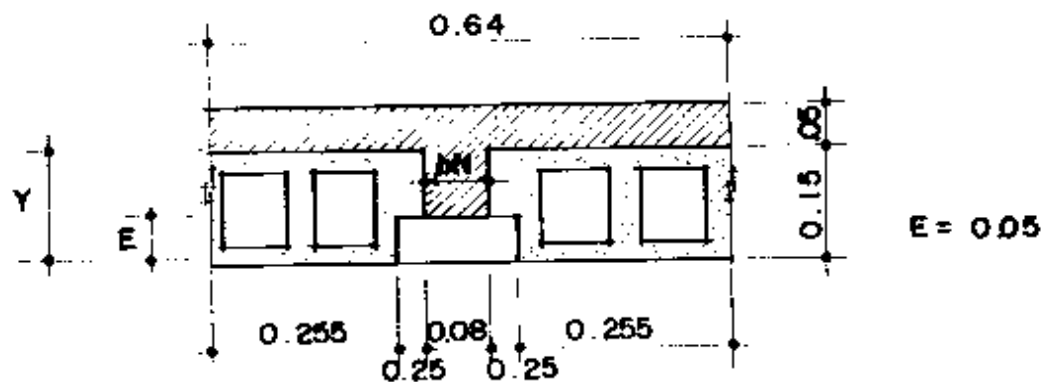


Fig. 6.1-J
Nervio típico formado por la vigueta y la bovedilla.

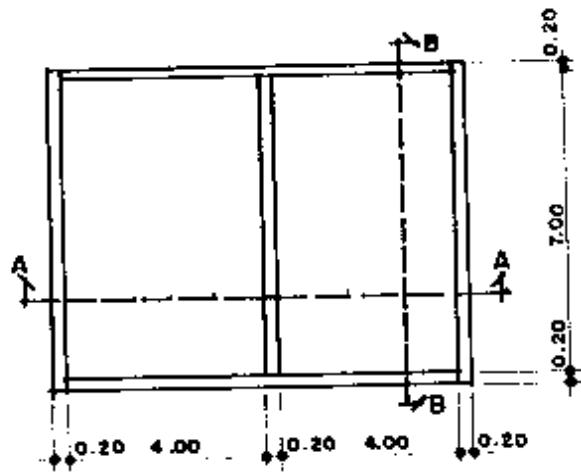


Fig. 6.1-K
Vista en planta del sistema de losas de viguetas y bovedillas.

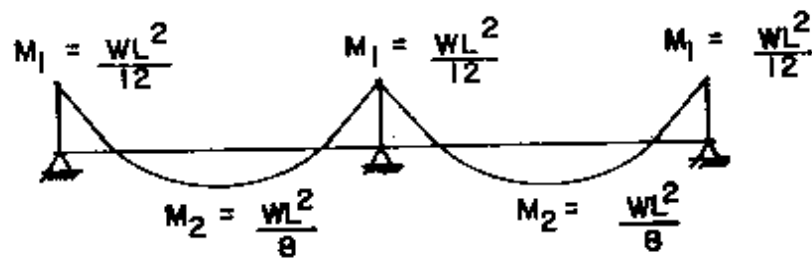


Fig. 6.1-L
Modelo Matemático

$$M_1 (-) = \frac{W_u L^2}{12} = \frac{541.98 \text{ kg/M} \times 4^2 \text{ M}^2}{12} = 722.64 \text{ kg/M}$$

$$M_2 (+) = \frac{W_u L^2}{8} = \frac{541.98 \text{ kg/M} \times 4^2 \text{ M}^2}{8} = 1083.96 \text{ kg/M}$$

Integración de cargas

$$W_{\text{losa}} = 2400 \text{ kg/M}^2 \times 0.05 \times 0.64 = 76.8 \text{ kg/M}$$

$$W_{\text{acabados}} = 90 \text{ kg/M}^2 \times 0.64 = 57.6 \text{ kg/M}$$

$$W_{\text{bovedillas}} = 12.5 \times 5U/ML = 62.5 \text{ kg/M}$$

$$W_{\text{nervios}} = (0.05 \times 0.13 + 0.08 \times 0.10) 2400 = 34.8 \text{ kg/M}$$

$$CM = 231.70 \text{ kg/M}$$

$$W_v = 200 \text{ kg/M}^2 \times 0.64 \text{ M} = 128 \text{ kg/M}$$

$$W_u = 1.4 \times 231.70 \text{ kg/M} + 1.7 \times 128 \text{ kg/M}$$

$$W_u = 541.98 \text{ kg/M}$$

Diseño del refuerzo de los nervios típicos:

Determinación de los momentos de diseño

$$M_u (+) = \frac{W_u l^2}{8} \quad \text{Caso crítico de discontinuidad}$$

$$M_u (-) = \frac{W_u l^2}{12} \quad \text{Caso crítico de continuidad}$$

Para momento positivo

Asumiendo que trabaja como viga rectangular y chequeando tenemos:

para

$$B = 64 \text{ cms}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cms}^2$$

$$d = 17.5 \text{ cms}$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cms}^2$$

$$M_2(+)= 1083.96 \text{ kg/M}$$

Usando las tablas de valores de $K^1 = MU/(B \times d \times d)$ para $f_y = 2810$ kg/cm^2 , y $f'c = 210 \text{ kg/cms}^2$

Adjuntas en anexo "A"

Donde:

M_u está en kg/M

B está en cms

d está en cms

Tenemos:

$$k^1 = (1083.96 \text{ kg/M}) / (64 \text{ cms} \times 17.5 \text{ cms} \times 17.5 \text{ cms})$$

$$k^1 = 0.0553$$

buscamos en las tablas y obtenemos:

$$P_2 = 0.0022$$

$$As_2(+)=0.0022 \times 64 \text{ cms} \times 17.5 \text{ cms} = 2.46 \text{ cms}^2$$

Determinando el valor de a ó c , para compararlo contra el espesor t' tenemos que:

$$a = \frac{As \text{ fy}}{0.85 \times f'c \times B} \quad a = 0.61 \text{ cms}$$

$$c = \frac{a}{0.85} \quad c = 0.72 \text{ cms}$$

trabaja como rectangular de sección Bd.

Comprobación de $As (+)$ mínimo

$$P_2 = 0.0022$$

$$P_{mfn} = 0.00502 \times 0.40 = 0.0020$$

$$P_{máx} = 0.01850$$

$$As_{mfn} (+) = 0.00502 \times 17.5 \times 64 \times 0.40$$

$$As_{mfn} (+) = 2.25 \text{ cms}^2$$

$$As_2(+)>As_{mfn} (+) \quad \text{bien}$$

Determinación del armado

$$2 \# 4 + 1 \# 3 = 3.25 \text{ cm}^2 > 2.46 \text{ cm}^2$$

Comprobación del acero corrido mínimo positivo "As mfn corrido (+)"

As mfn corrido (+) = 50% de As (+) ó igual a As mfn (+) ó al 33% de As (-) se tomará el mayor de los tres.

$$0.50 \times As (+) = 0.50 \times 3.25 = 1.63 \text{ cms}^2$$

$$As \text{ mfn } (+) = 2.25 \text{ cms}^2$$

$$0.33 \times As (-) = 0.33 \times 1.98 = 0.65 \text{ cms}^2$$

ya que $0.50 \times As (+)$ $As \text{ mfn } (+)$ & $0.33 \times As (-)$ $As \text{ mfn } (+)$

$$As \text{ mfn corrido } (+) = As \text{ mfn } (+) = 2.25 \text{ cms}^2$$

Por lo tanto deberán ir corridas 2 varillas número 4 * $2.54 \text{ cms}^2 >$
 2.25 cms^2

Para los momentos negativos

Trabaja como una viga rectangular de sección bed:

$$b_e = \frac{bM_y + Eb}{E + y}$$

b_e = ancho equivalente del nervio

$$b_e = \frac{(8 \times 10) \text{ cms}^2 + (5 \times 13) \text{ cms}^2}{5 \text{ cms} + 10 \text{ cms}}$$

$$b_e = 9.67 \text{ cms}$$

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

$$M_1 (-) = 722.64 \text{ kg/M}$$

$$d = 17.5 \text{ cms}$$

Usando tablas para determinar el área de acero $As_1 (-)$ tenemos:

$$K^1 = 0.244$$

$$P_1 = 0.0106$$

$$As_1(-) = 0.0106 \times 9.67 \text{ cms}^2 \times 17.5 \text{ cms} = 1.79 \text{ cms}^2$$

$$P_{\text{máx}} = 0.01850$$

$$P_{\text{mín}} = 0.00502$$

Comprobación de As mín (-)

$$As \text{ mín (-)} = 0.00502 \times 17.5 \text{ cms} \times 13 \text{ cms} = 1.14 \text{ cms}^2$$

$$As \text{ mín (-)} = 1.14 \text{ cms}^2$$

$$As_1(-) > As \text{ mín (-)} \quad \text{Bien}$$

Determinación del armado para M_1 (-):

$$1 \# 3 + 1 \# 4 = 1.98 \text{ cms}^2 > 1.79 \text{ cms}^2$$

Comprobación del As mín corrido (-)

As mín corrido negativo = 33% de As (-)

ó igual a As mín (-) se tomará el mayor de los dos.

$$0.33 \times As(-) = 0.33 \times 1.98 = 0.65 \text{ cms}^2$$

$$As \text{ mín (-)} = 1.14 \text{ cms}^2$$

ya que $0.33 \times As(-) < As \text{ mín (-)}$ tomamos:

As mín corrido = As mín (-) = 1.14 cms^2 , por tanto deberá ir corrida

una varilla número 4 = $1.27 \text{ cms}^2 > 1.14 \text{ cms}^2$. Bien.

Comprobación de corte

$$Vu = \frac{Wu l}{2} = \frac{541.98 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m}}{2} = 1083.96 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{V_u}{b \cdot d} = \frac{1083.96 \text{ kg}}{(9.67 \times 17.5) \text{ cms}^2} = 6.41 \text{ kg/cms}^2$$

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'c}$$

$$V_c = 0.85 \times 0.53 \cdot 210 = 6.53 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c > V_u \quad \text{Bien.}$$

En los nervios de viguetas no se usan eslabones ni estribos, lo que absorbe los esfuerzos de corte, es únicamente el concreto por lo que si $V_c < V_u$ cambiar peralte de losa; en este ejemplo $V_c > V_u$ entonces está bien.

Cálculo del acero de la losa de distribución

$$A_{st} = 0.002 \cdot 100 \text{ cms} \cdot b \cdot t'$$

$$A_{st} = 0.002 \times 100 \times 5 = 1 \text{ cm}^2$$

$$S = \phi \text{ No. 2 @ } 0.32 \text{ cms.}$$

Comprobación del espaciamiento máximo

$$S_{\text{máx}} = 5 t' = 5 \times 0.05 = 0.25 \text{ mts}$$

$$\text{Como } 0.32 > 0.25 \text{ mts}$$

Usar # 2 @ 0.25 mts. en sentido perpendicular a los nervios
 v # 2 entre cada dos nervios (paralelo a ellos).

Donde: A_{st} = acero por temperatura

S = espaciamiento

$S_{\text{máx}}$ = espaciamiento máximo

b = ancho de una franja de 1 m de ancho.

Comprobación de esbeltez y compresión del refuerzo diagonal (Joist) de una vigueta típica

Previo a la fundición, es decir, en el colocado de las viguetas

Refuerzo diagonal de 1/4 de pulgada de diámetro

Asumido = $A_s = 0.32 \text{ cm}^2$

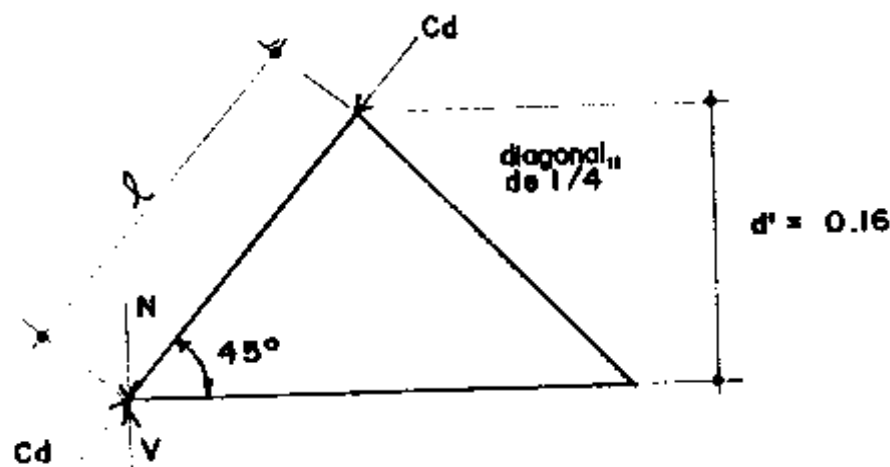
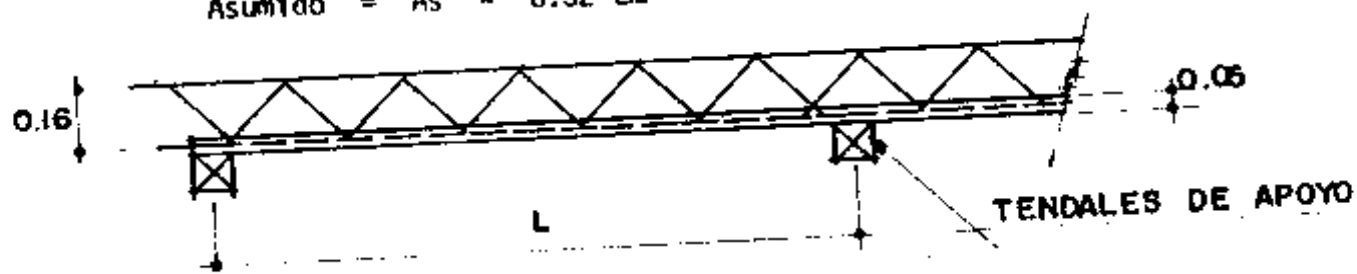


Fig. 6.1-M
Detalle de Joist usado en viguetas

L' = distancia máxima entre tendales para apoyar viguetas, previo a la fundición de la losa.

Determinación de la reacción "V"

$$V_{Tr} = W_{trabajo} \times L'/2$$

$$V_{Tr} = (P_p \text{ vigueta} + P_p \text{ bovedilla} + C_V \text{ trabajo}) L'/2$$

Donde: $C_V \text{ trabajo} = 50 \text{ kg}$

$$V_{Tr} = (0.05 \times 0.13 \times 2400 + 12.5 \times 5 + 50 \times 0.64) \text{ kg/ML} \times \frac{1.5 \text{ M}}{2}$$

$$V_{Tr} = (110.1 \text{ kg/ML.}) \frac{1.5 \text{ M}}{2}$$

$$V_{Tr} = 82.58 \text{ kg}$$

Determinación de la longitud de pandeo l''

$$l'' = \frac{d}{\text{Sen } 15^\circ} = \frac{16 \text{ cms}}{\text{Sen } 45^\circ} = \frac{22.63 \text{ cms}}{0.91 \text{ pul}}$$

Determinación del radio de giro

$$= 0.25 \times \frac{1 \text{ pulg}}{4} \times \frac{2.54 \text{ cms}}{1 \text{ pul}} = \frac{0.159 \text{ cms}}{0.063 \text{ pul}}$$

Determinación de compresión diagonal " cd "

$$Cd = \frac{V_T}{\text{Sen } 45^\circ} = \frac{82.58 \text{ kg}}{\text{Sen } 45^\circ} = 116.79 \text{ kg}$$

Con $K = 1$ para miembros secundarios

$$l'' = 22.63 \text{ cms}$$

$$= 0.159 \text{ cms}$$

Determinación de la relación de esbeltez $\frac{Kl''}{r}$

$$\frac{Kl''}{r} = 142.33$$

Con el valor de $\frac{Kl''}{r} = 142.33$ y $f_y = 36 \text{ Ksi}$ (libras/pulgada cuadrada) buscar en tablas de esfuerzo permisible el valor de " F_a " (Adjuntas en Anexo "A").

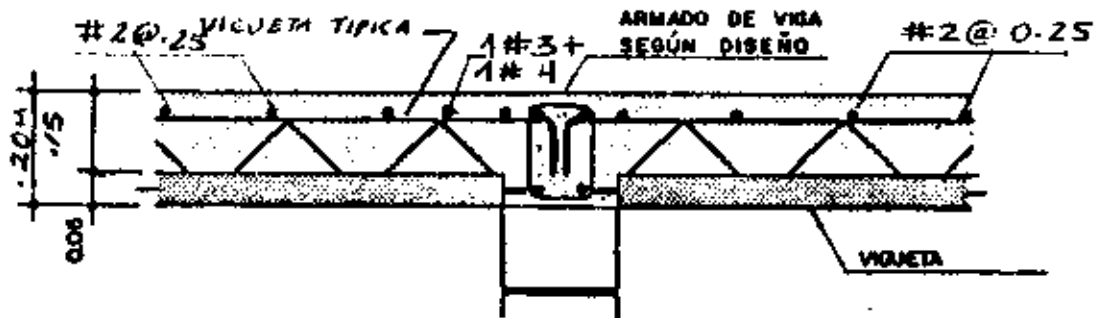
$$\begin{aligned}
 F_a &= 7.41 \text{ Ksi} = 7410 \text{ lbs/pul}^2 \\
 &= 522.07 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Determinación del área de acero necesaria para el esfuerzo de cedencia A_{sc}

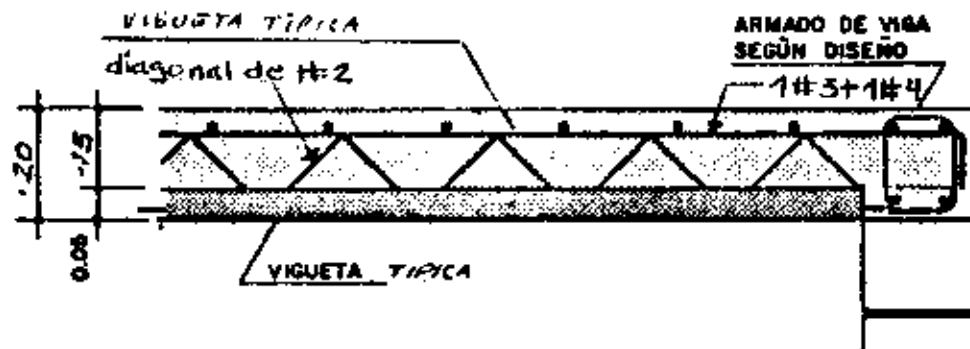
$$A_{sc} = \frac{82.58 \text{ kg}}{522.07 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0.16 \text{ cm}^2$$

ya que $A_{sc} < A_s$ Bién.

El diámetro de la varilla del refuerzo diagonal (Joist) será igual a 1/4 de pulgada.



DETALLE No. 1, APOYO DE VIGUETAS (CONTINUO)



DETALLE No. 2, APOYO DE VIGUETAS (DISCONTINUO)

Fig. 6.1-N
Armado de viga típica losa de viguetas y bovedillas

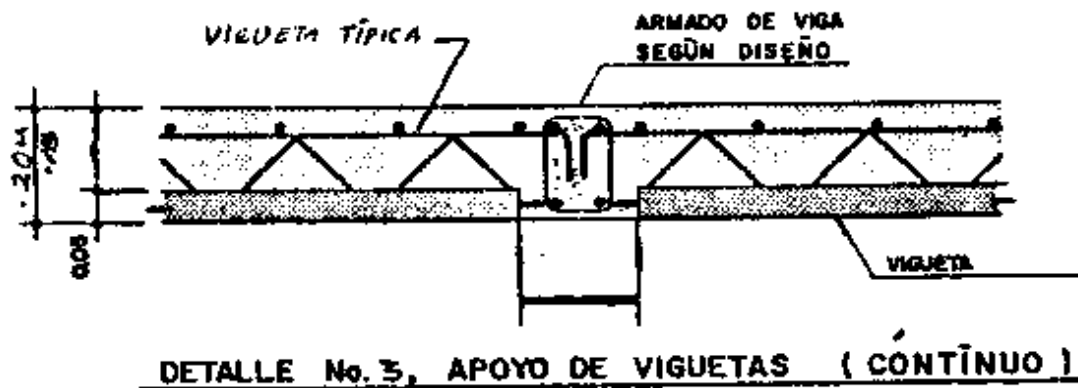


Fig. 6.1-0
Sección longitudinal armado nervio típico losa de viguetas y bovedillas.

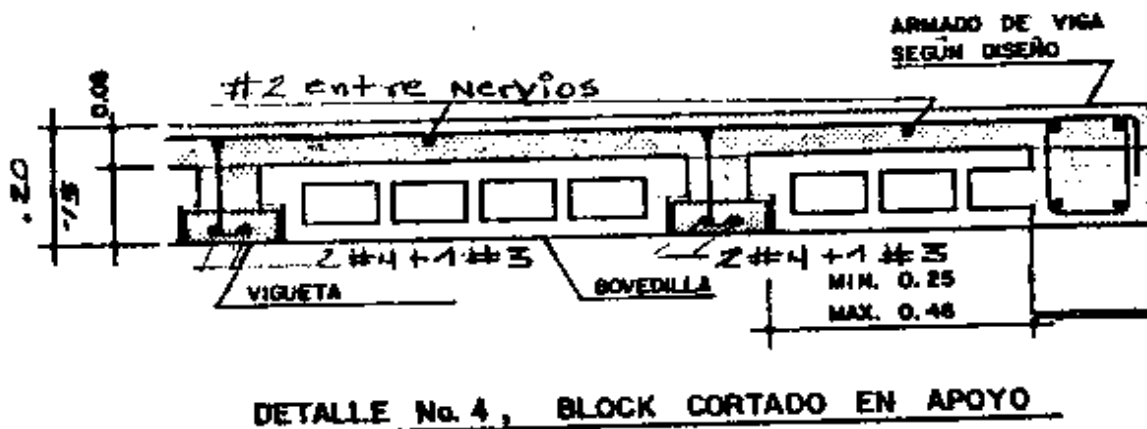
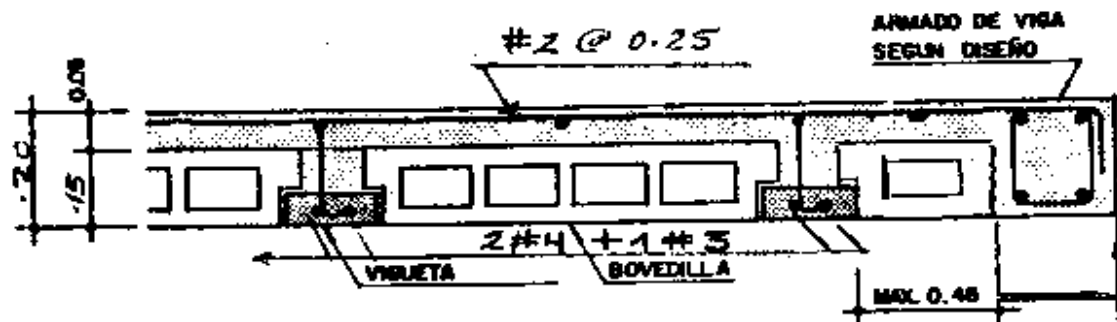
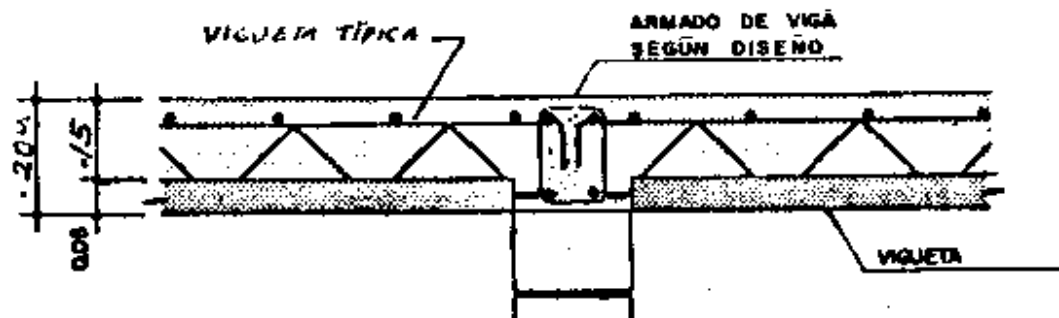
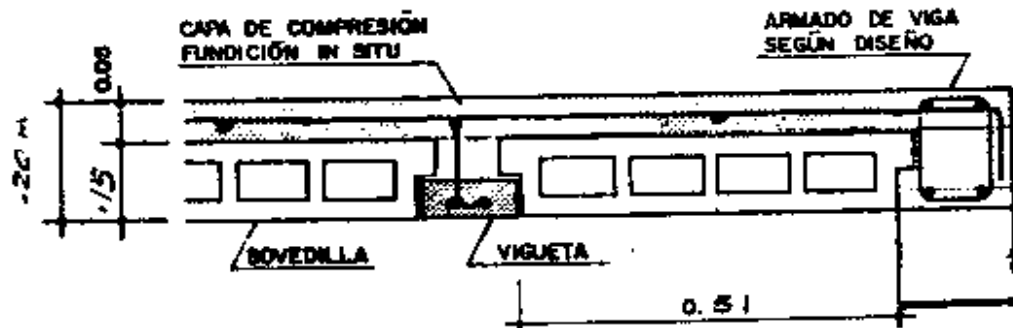


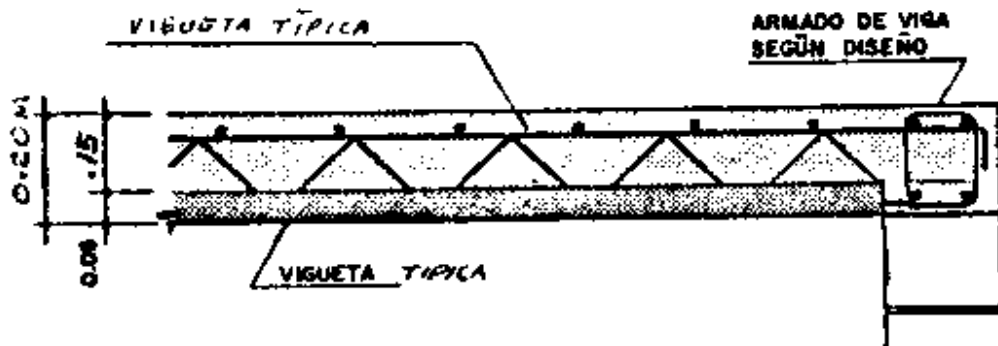
Fig. 6.1-P
Sección A-A Armado nervio típico losa de viguetas y bovedillas.



DETALLE No. 5, REMATE DE LOSA CON FUNDICION

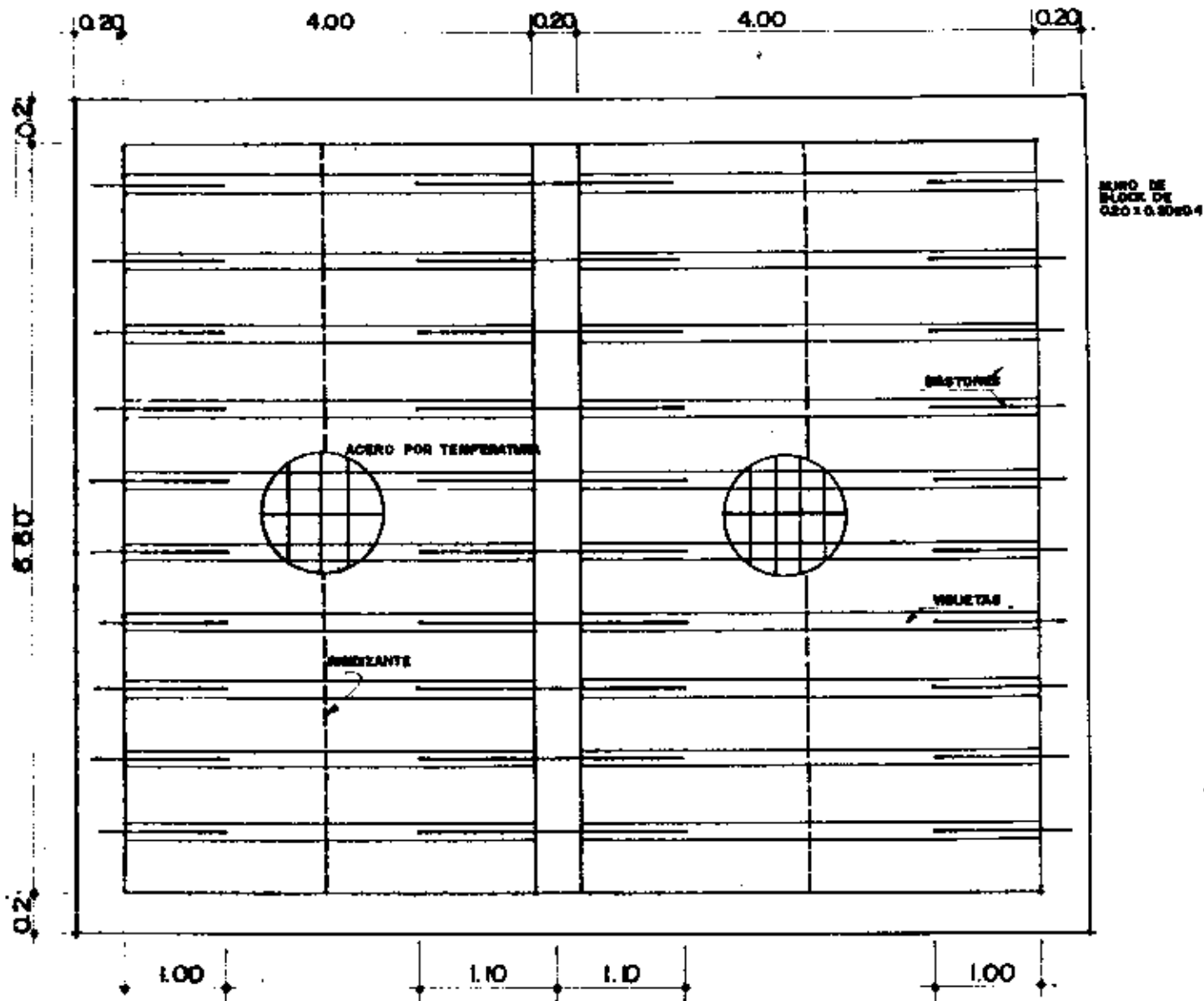


DETALLE No.6, APOYO DE VIGUETAS (CONTINUO)



DETALLE No. 7, APOYO DE VIGUETAS (DISCONTINUO)

Fig. 6.1-0
Sección B-B Armado típico nervio losa de viguetas y bovedillas



LOSA DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS

Fig. 5.1-R
 Planta armado de losa de viguetas y bovedillas

6.2 LOSA NERVURADA CON RELLENO EN UN SENTIDO

Dados los siguientes datos, analizar y diseñar el siguiente sistema de losas:

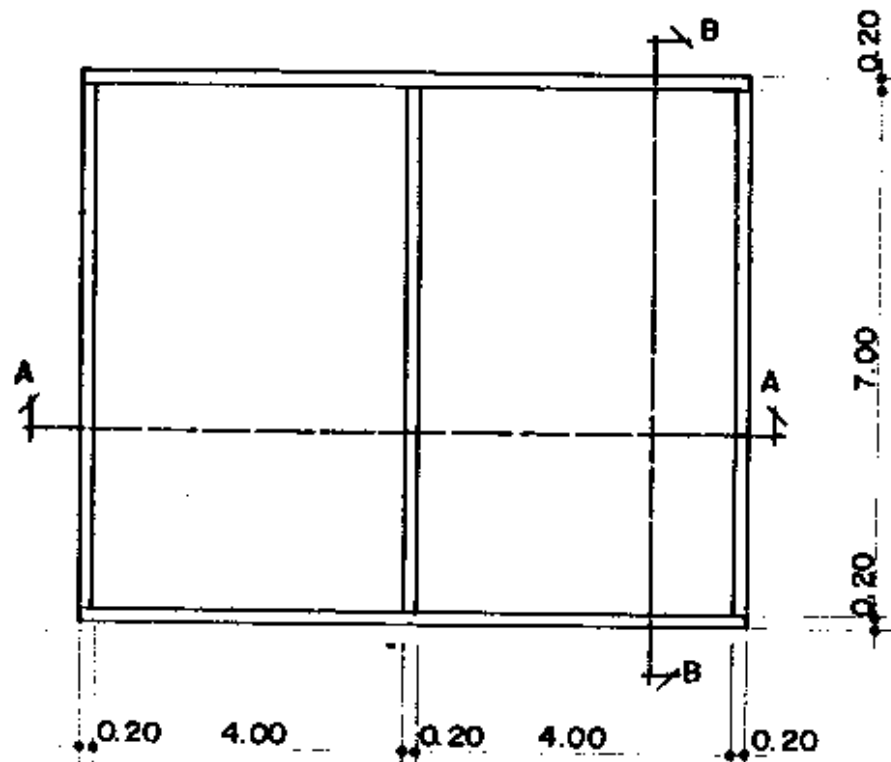


Fig. 6.2-A
Vista planta del sistema de losas del ejemplo comparativo.

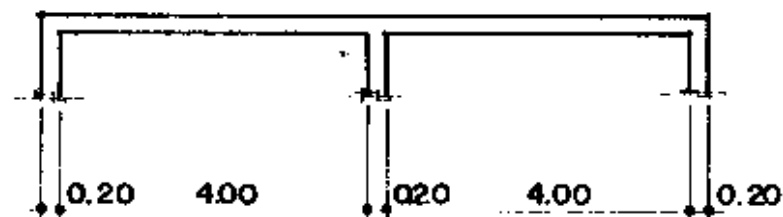


Fig. 6.2-B
Sección A-A, sistema de losas, ejemplo comparativo

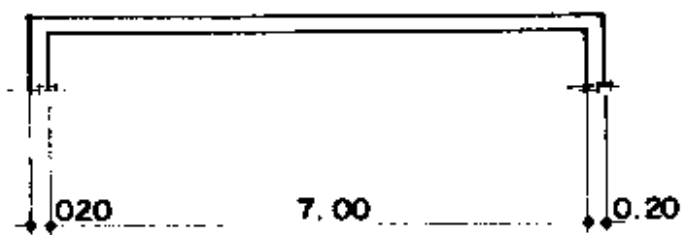


Fig. 6.2-C
Sección B-B, Sistema de losas, ejemplo comparativo.

Datos materiales

$$f'c = 210 \text{ kg/cms}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cms}^2$$

$$\gamma_{\text{conc}} = 2400 \text{ kg/M}^3$$

$$W_v = 200 \text{ kg/M}^2$$

$$\text{Sobrecarga} = 90 \text{ kg/M}^2$$

Se usarán muros de blocks de

$$.20 \times .20 \times .40 \text{ m}$$

nota: todas las medidas de Longitud están dadas en Metros.

1. Determinación del espesor t de la losa = $\frac{L}{24} = \frac{4.50}{24} = 0.19 \text{ M}$

Como la resistencia a la fluencia del acero utilizado es distinta de 4200 kg/cm^2 tenemos que multiplicar $\frac{L}{24}$ por $0.4 + f_y/7000$ donde: f_y está en kg/cms^2 , entonces: $t_{\text{losa}} = 19 \text{ cms} \times 0.80 = 15 \text{ cms}$. Cuando $t > 13 \text{ cms}$, conviene diseñar las losas como nervuradas, por economía.

Requisitos ACI que deben cumplir los nervios armados a flexión en una losa nervurada con relleno en un sentido:

- $t'_{\text{mín}} = 4 \text{ cms}$ para losas con relleno
- Espaciamiento uniforme de nervios (S)
- $S \leq 12 t'$
- $b_{\text{mín}} = 10 \text{ cms}$
- $t \leq 3.5 b$

Dimensiones nervio típico

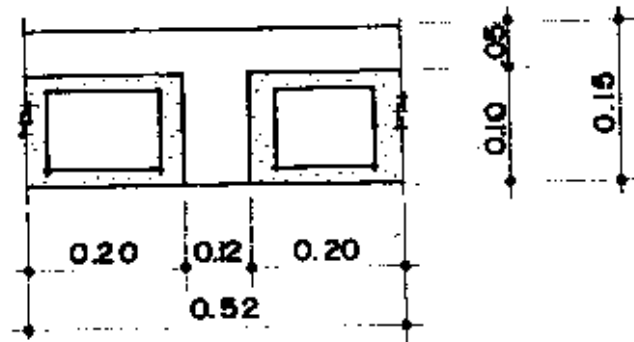


Fig. 6.2-D

Nervio típico losa nervurada con relleno en un sentido

Se usará block de 0.40 x 0.20 x 0.10 cms, con nervios de $b = 12$ cms ancho y $t' = 5$ cms.

Comprobaciones

$$t = 0.15 \text{ m}$$

$$t'_{\text{mín}} = 4 \text{ cms} < 5 \text{ cms}$$

$$S = 40 \text{ cms} < 12 \times 5 = 60 \text{ cms}$$

$$b_{\text{mín}} = 10 \text{ cms} < 12 \text{ cms}$$

$$3.5 \times 10 = 42 \text{ cms} > 15 \text{ cms.} \quad \text{Bien.}$$

1. Determinación de W_u

(Carga última por unidad de longitud en el nervio)

1.1 Determinación de carga muerta W_M

$$W_M = W_{\text{losa}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{blocks}} + W_{\text{nervios}}$$

$$W_{\text{losa}} = 2400 \text{ kg/M}^3 \times 0.05 \text{ M} \times 0.52 \text{ M} = 62.40 \text{ kg/M}$$

$$W_{\text{acabados}} = 90 \times 0.52 \text{ M} = 46.80 \text{ kg/M}$$

$$W_{\text{blocks}} = 4.8 \text{ kg} \times 50/\text{ML} = 24 \text{ kg/M}$$

$$W_{\text{nervios}} = (0.15 - 0.05) \text{ M} \times 0.12 \text{ M} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 28.80 \text{ kg/m}$$

$$W_M = (62.40 + 45 + 24 + 28.80) \text{ kg/M} = 160.20 \text{ kg/M.}$$

Determinación de carga viva W_v

$$W_v = W_v \times B$$

$$W_v = 200 \text{ kg/M}^2 \times 0.52 \text{ M} = 104 \text{ kg/M}$$

Determinación de W_u

$$W_u = 1.4 W_M + 1.7 W_v$$

$$W_u = 1.4 \times 160.20 + 1.7 \times 100 \text{ kg/M}$$

$$W_u = 394.28 \text{ kg/M}$$

Diseño del refuerzo de los nervios típicos:

Determinación de los momentos de diseño según el código ACI (Ver figura en página siguiente).

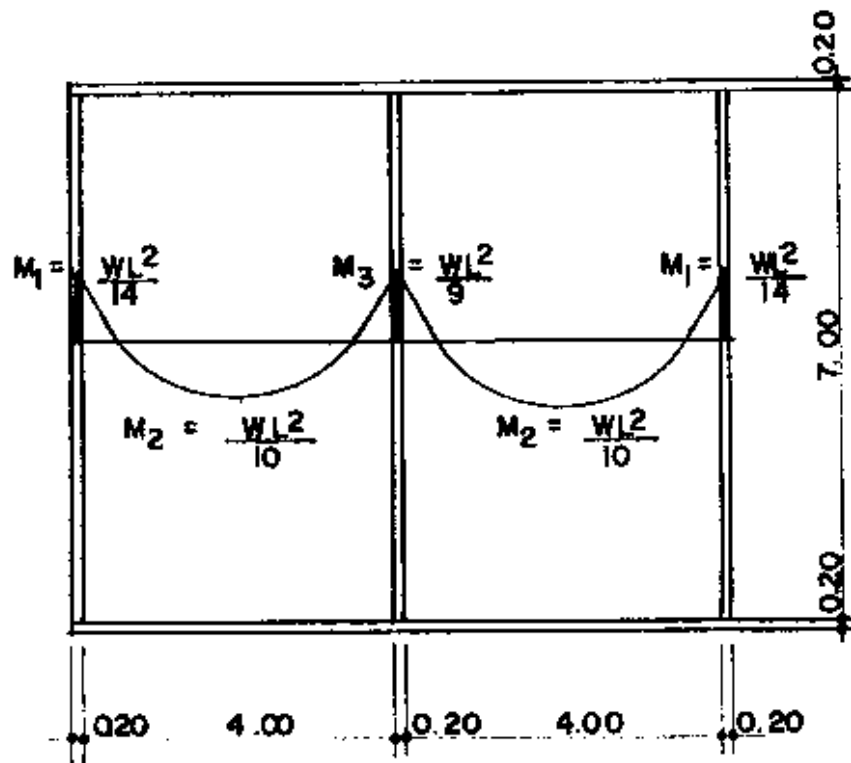


Fig. 6.2-E
Momentos de diseño del sistema de losas nervuradas con relleno en un sentido

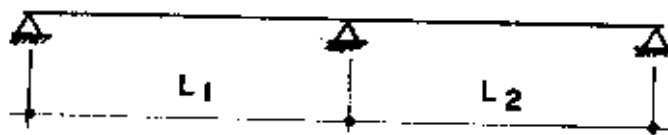


Fig. 6.2-F
Modelo Matemático

$$M_1(-) = \frac{W_u L^2}{14} = \frac{394.28 \text{ kg/M} \times (4.0)^2 \text{ M}^2}{14} = 450.61 \text{ kg/M}$$

$$M_2(+) = \frac{W_u L^2}{10} = \frac{394.28 \text{ kg/M} \times (4.0)^2 \text{ M}^2}{10} = 630.85 \text{ kg/M}$$

$$M_3(-) = \frac{W_u L^2}{9} = \frac{394.28 \text{ kg/M} \times (4.0)^2 \text{ M}^2}{9} = 700.94 \text{ kg/M}$$

Para momento positivo

Asumiendo que trabaja como rectangular y comprobando tenemos:

para:

$$B = 52 \text{ cms}$$

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

$$d = 12.5 \text{ cms}$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cms}^2$$

$$M_2(+) = 625.47 \text{ kg/M}$$

Usando programa para el cálculo del acero, tenemos que:

$$A_{s_2}(+) = 2.03 \text{ cm}^2$$

Determinando el valor de a ó c para compararlo contra el espesor t' tenemos que:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'c \times B} \quad a = 0.639 \text{ cms}$$

$$c = \frac{a}{0.85} \quad c = 0.752 \text{ cms}$$

trabaja como rectangular de sección Bd:

Comprobación de $A_{s_{mfn}}$ (+)

$$F_2 = 0.00325$$

$$F_{mfn} = 0.00502 \times 0.40$$

$$F_{máx} = 0.01850$$

NOTA:

Para el acero positivo se emplea la cuantía mínima para losas.

$$As_{mfn} (+) = 0.00502 \times 12.5 \times 52 \text{ cms} \times 0.40 \text{ cms}$$

$$As_{mfn} (+) = 1.30 \text{ cms}^2$$

$$As_2 (+) > As_{mfn} (+) \quad \text{Bien.}$$

Chequeo acero positivo corrido: $As_{mfn} (+)$ corrido

$$As_{mfn} (+) \text{ corrido} = 50 \% \text{ de } As (+)$$

o igual a $As_{mfn} (+)$ ó al 33% de $As (-)$ se tomará el mayor de los tres.

$$0.50 \times As (+) = 0.50 \times 2.54 \text{ cms}^2 = 1.27 \text{ cms}^2$$

$$As_{mfn} (+) = 1.26 \text{ cms}^2$$

$$0.33 \times As (-) = 0.84 \text{ cms}^2$$

De donde:

$$As_{mfn} (+) \text{ corrido} = As_{mfn} (+) = 1.30 \text{ cms}^2$$

Por lo tanto, deberán ir corridas como mínimo 2 varillas No. 4 = 2.54 $\text{cms}^2 > 1.30 \text{ cms}^2$. Bien.

Determinación del armado para momento positivo $M_2 (+)$

$$2 \# 4 = 2.54 \text{ cms}^2 > 2.03 \text{ cms}^2. \quad \text{Bien.}$$

Para los momentos negativos

Trabaja como una viga rectangular de sección bd:

$$b = 12 \text{ cms}$$

$$fy = 2810 \text{ kg/cms}^2$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cms}^2$$

$$M_1 (-) = 446.77 \text{ kg/M}$$

$$d = 12.5 \text{ cms}$$

$$M_3 (-) = 496.97 \text{ kg/M}$$

Para determinar el área de acero $As_1(-)$ y $As_3(-)$ usamos programa o tablas:

$$\begin{array}{ll}
 P_1 & = 0.01025 & P_3 & = 0.01691 \\
 As_1(-) & = 1.54 \text{ cms}^2 & As_3(-) & = 2.54 \text{ cms}^2 \\
 P_{\text{máx}} & = 0.01850 & As_{\text{mfn}}(-) & = 0.00502 \times 12.5 \text{ cms} \times 12 \text{ cms} \\
 P_{\text{mfn}} & = 0.00502 & As_{\text{mfn}}(-) & = 0.75 \text{ cms}^2 \\
 As_1(-) & > As_{\text{mfn}} & y & As_3(-) > As_{\text{mfn}}
 \end{array}$$

Bién.

Determinación del armado para momentos negativos $M_1(-)$, $M_3(-)$

Para $M_1(-)$:

$$2 \# 4 = 2.54 \text{ cms}^2 \quad 1.54 \text{ cms}^2$$

Para $M_3(-)$:

$$2 \# 4 = 2.54 \text{ cms}^2 \quad 2.54 \text{ cms}^2$$

Comprobación acero corrido negativo

$$\text{Acero corrido negativo} = 33\% = 0.84 \text{ cms}^2$$

$0.84 \text{ cms}^2 > As_{\text{mfn}}(-)$ por lo tanto, deberá ir corrido como mínimo $As_{\text{mfn}}(-) = 0.84 \text{ cms}^2$.

Comprobación de corte

$$Vu = \frac{Vu L}{2} = \frac{394.28 \text{ 4 M}}{2} = 788.56 \text{ kg.}$$

$$V_u = \frac{V_u}{bd} = \frac{788.56}{12 \times 12.5} = 5.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \sqrt{f'c}$$

$$\text{donde } \phi = 0.85$$

$$V_c = 0.85 \times 0.53 \sqrt{210} = 6.53 \text{ kg/cm}^2$$

$V_c > V_u$ usar estribos # 2 @ d.

Se usarán estribos No.2 a un espaciamiento = 16 cms.

Cálculo del acero de la losa de distribución

Como $S \leq 12 t'$ no se comprueba deflexión entre nervios y sólo se provee en esta losa del acero por temperatura.

$$A_{st} = 0.002 \cdot 100 \text{ cms} \cdot b \cdot t'$$

$$A_{st} = 0.002 \times 100 \times 5 = 1.0 \text{ cms}^2$$

Entonces se usará:

No.2 @ 0.38 cms.

Comprobación del espaciamiento máximo

$$S_{\text{máx}} = 5 t' = 5 \times 0.05 = 0.25 \text{ mts}$$

como $0.38 > 0.25$

usar No.2 @ 0.25 mts en ambos sentidos.

Armado nervio típico

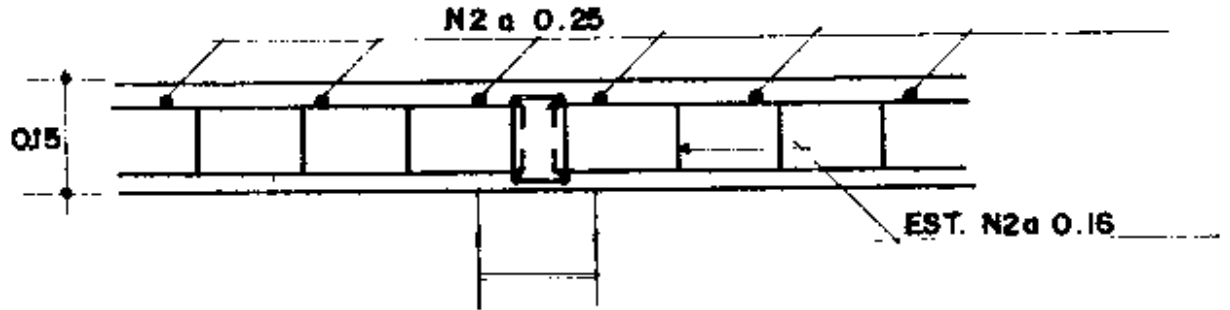


Fig. 6.2-F
Sección longitudinal armado nervio típico losa nervurada con relleno en un sentido.

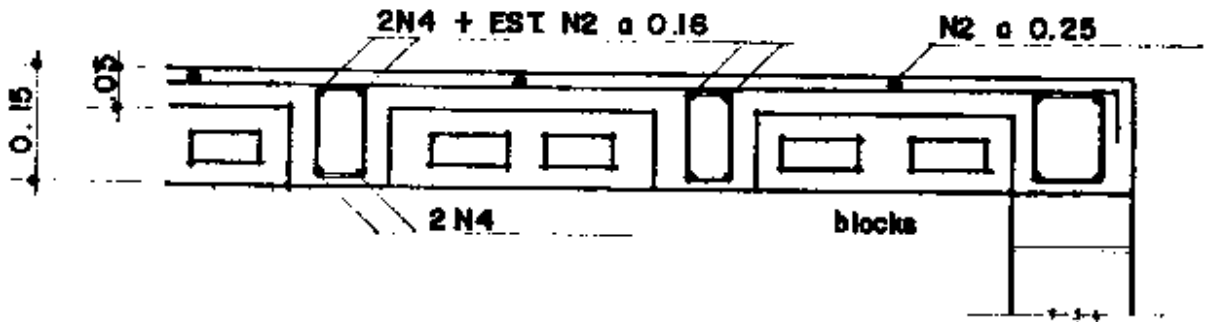
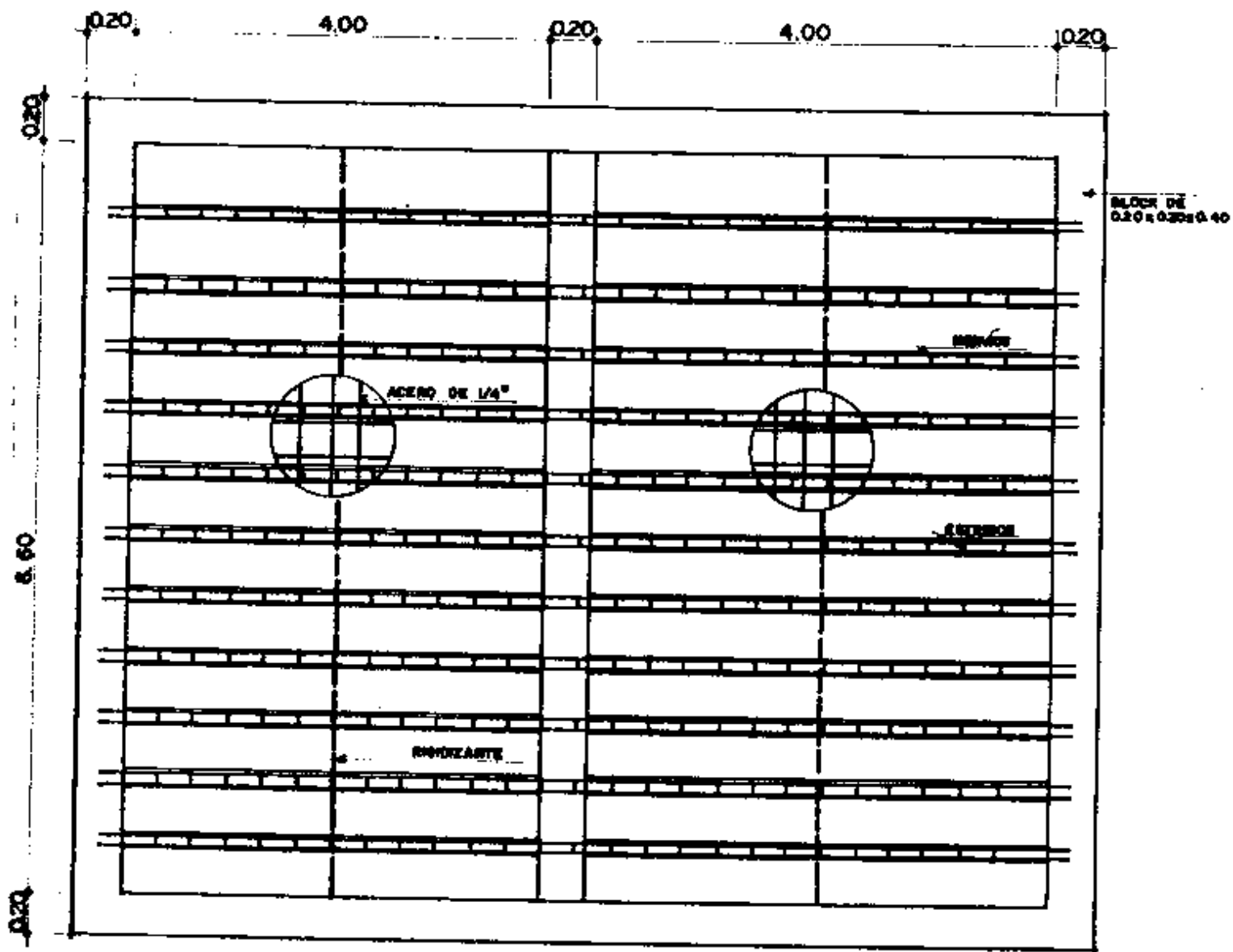


Fig. 6.2-G
Sección A-A armado nervio típico losa nervurada con relleno en un sentido.



LOSA NERVURADA

Fig. 6.2-H
 Planta armado de losa nervurada con relleno en un sentido

7 . ANEXOS

ANEXO A

- Programa cálculo de acero.
- Tablas para cálculo de acero
- Tablas para obtención de esfuerzo de cedencia F_a del acero

PROGRAMA EN BASIC VIGA RECTANGULAR:

```

10  REM "PROG. VIGA REC."
20  PRINT "PROG. VIGA REC."
25  CLEAR
30  INPUT "b=", B
31  INPUT "d=", D
32  INPUT "Fc=", F
33  INPUT "Fy=", Y
39  SET F5
40  INPUT "Mu EN KG-MTS=", M
50  G = .9 x Y x B x D  2
60  H = (.9 x Y x B x D  2)  2
70  I = 4 x .9 x .59 x (Y  2/F) x B x D  2 x M x 100
80  J = 2 x .9 x .59 x (Y  2/F) x B x D  2
90  P = (6 - SQR (H-I))/J
100 A = P x B x D
105 PRINT "COMPROBAC:"
110 L = A = Y / (.85 x F x B)
115 INPUT "B1 = 0.85", C
120 N = .85 x C x (F/Y) x (6117/(6117 + Y))
130 O = .5 x N
140 Q = 14.1 / Y
150 R = Q x B x D
160 PRINT "P="; P
170 PRINT "As="; A
180 PRINT "a="; L
190 PRINT "Pmáx.="; O
200 PRINT "Pmfn.="; Q
210 GO TO 30
220 END

```

TABLE DE VALORES DE $R^2 = MU / (B + D + U)$ CON MUEK(M).

B Y D (CM)

$EY = 2810$, $FIC = 281$.

P MIN LOSAS = .002
 P MIN VIGAS = .0050
 P NO DELTA = .0180
 P MAX = .0371

P	.0000	.0001	.0002	.0003	.0004	.0005	.0006	.0007	.0008	.0009
.002	.0501	.0525	.0549	.0574	.0598	.0623	.0647	.0672	.0696	.0721
.003	.0745	.0770	.0794	.0818	.0843	.0867	.0891	.0915	.0939	.0964
.004	.0988	.1012	.1036	.1060	.1084	.1108	.1132	.1156	.1180	.1204
.005	.1227	.1251	.1275	.1298	.1322	.1346	.1369	.1393	.1417	.1441
.006	.1464	.1487	.1511	.1534	.1557	.1581	.1604	.1627	.1651	.1674
.007	.1697	.1720	.1744	.1767	.1790	.1813	.1836	.1859	.1882	.1905
.008	.1928	.1951	.1973	.1996	.2019	.2042	.2065	.2087	.2110	.2133
.009	.2155	.2178	.2200	.2223	.2245	.2268	.2290	.2313	.2335	.2357
.010	.2380	.2402	.2424	.2447	.2469	.2491	.2513	.2535	.2557	.2579
.011	.2601	.2623	.2645	.2667	.2689	.2711	.2733	.2755	.2776	.2798
.012	.2820	.2842	.2863	.2885	.2907	.2928	.2950	.2971	.2993	.3014
.013	.3036	.3057	.3078	.3100	.3121	.3142	.3163	.3185	.3206	.3227
.014	.3248	.3269	.3290	.3311	.3332	.3353	.3374	.3395	.3416	.3437
.015	.3458	.3479	.3499	.3520	.3541	.3561	.3582	.3603	.3623	.3644
.016	.3664	.3685	.3705	.3726	.3746	.3767	.3787	.3807	.3828	.3848
.017	.3868	.3889	.3908	.3929	.3949	.3969	.3989	.4009	.4029	.4049
.018	.4069	.4089	.4109	.4128	.4148	.4168	.4188	.4207	.4227	.4247
.019	.4266	.4286	.4306	.4325	.4345	.4364	.4384	.4403	.4422	.4442
.020	.4461	.4480	.4500	.4519	.4538	.4557	.4577	.4596	.4615	.4634
.021	.4653	.4672	.4691	.4710	.4729	.4748	.4768	.4787	.4806	.4825
.022	.4844	.4863	.4882	.4898	.4916	.4935	.4953	.4972	.4990	.5009
.023	.5027	.5046	.5064	.5083	.5101	.5119	.5137	.5156	.5174	.5193
.024	.5210	.5228	.5246	.5264	.5282	.5300	.5318	.5336	.5354	.5372
.025	.5390	.5408	.5426	.5443	.5461	.5479	.5496	.5514	.5532	.5550
.026	.5567	.5584	.5602	.5619	.5637	.5654	.5671	.5689	.5706	.5724
.027	.5741	.5758	.5775	.5792	.5809	.5826	.5843	.5860	.5877	.5894
.028	.5911	.5928	.5945	.5962	.5979	.5996	.6012	.6029	.6046	.6063
.029	.6079	.6096	.6113	.6129	.6146	.6162	.6179	.6195	.6211	.6228
.030	.6244	.6261	.6277	.6293	.6309	.6325	.6341	.6358	.6374	.6390
.031	.6406	.6422	.6438	.6454	.6470	.6486	.6502	.6518	.6533	.6549
.032	.6565	.6581	.6596	.6612	.6628	.6643	.6659	.6674	.6690	.6705
.033	.6721	.6736	.6752	.6767	.6782	.6798	.6813	.6828	.6843	.6859
.034	.6874	.6889	.6904	.6919	.6934	.6949	.6964	.6979	.6994	.7009
.035	.7024	.7039	.7053	.7068	.7083	.7098	.7112	.7127	.7141	.7156
.036	.7171	.7185	.7200	.7214	.7229	.7243	.7257	.7272	.7286	.7300
.037	.7315	.7329								

TABLA DE VALORES DE $K^2 = \mu D / (B \cdot D \cdot D)$ CON $\mu = (K \cdot G \cdot M)$

B Y D (CM)

$EY = 2810$, $F' C = 210$.

P MIN LOSAS = .002

P MIN VIGAS = .0050

P NO DELTA = .3135

P MAX = .0277

P	.0000	.0001	.0002	.0003	.0004	.0005	.0006	.0007	.0008	.0009
.002	.0498	.0522	.0547	.0571	.0595	.0620	.0644	.0668	.0692	.0717
.003	.0741	.0765	.0789	.0813	.0837	.0861	.0885	.0908	.0932	.0956
.004	.0985	.1009	.1033	.1057	.1081	.1105	.1129	.1153	.1177	.1201
.005	.1215	.1238	.1261	.1284	.1307	.1331	.1354	.1377	.1400	.1423
.006	.1446	.1468	.1491	.1514	.1537	.1559	.1582	.1605	.1627	.1650
.007	.1672	.1695	.1717	.1740	.1762	.1784	.1807	.1829	.1851	.1873
.008	.1895	.1917	.1940	.1962	.1983	.2005	.2027	.2049	.2071	.2093
.009	.2114	.2136	.2158	.2179	.2201	.2222	.2244	.2265	.2287	.2308
.010	.2327	.2351	.2372	.2393	.2414	.2435	.2456	.2477	.2498	.2519
.011	.2540	.2561	.2582	.2603	.2624	.2644	.2665	.2686	.2706	.2727
.012	.2747	.2768	.2788	.2809	.2829	.2849	.2870	.2890	.2910	.2930
.013	.2951	.2971	.2991	.3011	.3031	.3051	.3071	.3091	.3111	.3131
.014	.3149	.3169	.3189	.3208	.3228	.3247	.3267	.3286	.3306	.3325
.015	.3344	.3364	.3383	.3402	.3421	.3440	.3459	.3478	.3497	.3516
.016	.3535	.3554	.3573	.3592	.3611	.3629	.3648	.3667	.3685	.3704
.017	.3722	.3741	.3759	.3778	.3796	.3814	.3833	.3851	.3869	.3887
.018	.3905	.3923	.3941	.3959	.3977	.3995	.4013	.4031	.4049	.4067
.019	.4084	.4102	.4120	.4137	.4155	.4172	.4190	.4207	.4225	.4242
.020	.4259	.4277	.4294	.4311	.4328	.4345	.4362	.4380	.4397	.4413
.021	.4430	.4447	.4464	.4481	.4498	.4514	.4531	.4548	.4564	.4581
.022	.4597	.4614	.4630	.4647	.4663	.4679	.4696	.4712	.4728	.4744
.023	.4761	.4777	.4793	.4809	.4825	.4841	.4856	.4872	.4888	.4904
.024	.4920	.4935	.4951	.4967	.4982	.4998	.5013	.5029	.5044	.5059
.025	.5075	.5090	.5105	.5120	.5136	.5151	.5166	.5181	.5196	.5211
.026	.5226	.5241	.5255	.5270	.5285	.5300	.5314	.5329	.5344	.5358
.027	.5373	.5387	.5402	.5416	.5430	.5445	.5459	.5473		

TABLA DE VALORES DE $K^1 = \mu / (B + D + D)$ CON $\mu = 6 - M$,
 B Y D (CM)

$FY = 2381$ $F'G = 281$

P MIN LOSAS = .002
 P MIN VIGAS = .0060
 P NO DELTA = .0218
 P MAX = .0475

F	.0000	.0001	.0002	.0003	.0004	.0005	.0006	.0007	.0008	.0009
.002	.0414	.0434	.0454	.0475	.0495	.0516	.0536	.0556	.0577	.0597
.003	.0617	.0638	.0658	.0678	.0698	.0718	.0738	.0759	.0779	.0799
.004	.0819	.0839	.0859	.0879	.0899	.0919	.0939	.0959	.0979	.0999
.005	.1019	.1038	.1058	.1078	.1098	.1118	.1137	.1157	.1177	.1197
.006	.1216	.1236	.1255	.1275	.1295	.1314	.1334	.1353	.1373	.1392
.007	.1412	.1431	.1451	.1470	.1489	.1509	.1528	.1547	.1567	.1586
.008	.1605	.1625	.1644	.1663	.1682	.1701	.1720	.1740	.1759	.1778
.009	.1797	.1816	.1835	.1854	.1873	.1892	.1911	.1930	.1949	.1967
.010	.1986	.2005	.2024	.2043	.2062	.2080	.2099	.2118	.2136	.2155
.011	.2174	.2192	.2211	.2230	.2248	.2267	.2285	.2304	.2322	.2341
.012	.2359	.2378	.2396	.2414	.2433	.2451	.2469	.2488	.2506	.2524
.013	.2543	.2561	.2579	.2597	.2615	.2633	.2652	.2670	.2688	.2706
.014	.2724	.2742	.2760	.2778	.2796	.2814	.2832	.2850	.2867	.2885
.015	.2903	.2921	.2939	.2957	.2974	.2992	.3010	.3027	.3045	.3063
.016	.3081	.3098	.3116	.3133	.3151	.3168	.3186	.3203	.3221	.3238
.017	.3256	.3273	.3290	.3308	.3325	.3343	.3360	.3377	.3394	.3412
.018	.3429	.3446	.3463	.3480	.3498	.3515	.3532	.3549	.3566	.3583
.019	.3600	.3617	.3634	.3651	.3668	.3685	.3702	.3719	.3735	.3752
.020	.3769	.3786	.3803	.3820	.3836	.3853	.3870	.3886	.3903	.3920
.021	.3936	.3953	.3969	.3986	.4001	.4019	.4036	.4052	.4068	.4085
.022	.4101	.4118	.4134	.4150	.4167	.4183	.4199	.4216	.4232	.4248
.023	.4264	.4281	.4297	.4313	.4329	.4345	.4361	.4377	.4393	.4409
.024	.4425	.4441	.4457	.4473	.4489	.4505	.4521	.4537	.4553	.4569
.025	.4584	.4600	.4616	.4632	.4647	.4663	.4679	.4694	.4710	.4726
.026	.4741	.4757	.4772	.4788	.4803	.4819	.4834	.4850	.4865	.4881
.027	.4896	.4912	.4927	.4942	.4958	.4973	.4988	.5003	.5019	.5034
.028	.5049	.5064	.5079	.5094	.5110	.5125	.5140	.5155	.5170	.5185
.029	.5200	.5215	.5230	.5245	.5260	.5274	.5289	.5304	.5319	.5334
.030	.5349	.5363	.5378	.5393	.5408	.5422	.5437	.5452	.5466	.5481
.031	.5495	.5510	.5524	.5539	.5553	.5568	.5582	.5597	.5611	.5626
.032	.5640	.5654	.5669	.5683	.5697	.5712	.5726	.5740	.5754	.5769
.033	.5783	.5797	.5811	.5825	.5839	.5853	.5867	.5881	.5895	.5909
.034	.5923	.5937	.5951	.5965	.5979	.5993	.6007	.6021	.6034	.6048
.035	.6062	.6076	.6090	.6103	.6117	.6131	.6144	.6158	.6171	.6185
.036	.6199	.6212	.6226	.6239	.6253	.6266	.6280	.6293	.6306	.6320
.037	.6333	.6347	.6360	.6373	.6386	.6400	.6413	.6426	.6439	.6453
.038	.6466	.6479	.6492	.6505	.6518	.6531	.6544	.6557	.6570	.6583
.039	.6596	.6609	.6622	.6635	.6648	.6661	.6673	.6686	.6699	.6712
.040	.6725	.6737	.6750	.6763	.6775	.6788	.6801	.6813	.6826	.6839
.041	.6851	.6864	.6876	.6889	.6901	.6913	.6926	.6938	.6951	.6963
.042	.6975	.6988	.7000	.7012	.7025	.7037	.7049	.7061	.7073	.7086
.043	.7098	.7110	.7122	.7134	.7146	.7158	.7170	.7182	.7194	.7206
.044	.7218	.7230	.7242	.7254	.7266	.7277	.7289	.7301	.7313	.7325
.045	.7336	.7348	.7360	.7371	.7383	.7395	.7406	.7418	.7430	.7441
.046	.7453	.7464	.7476	.7487	.7499	.7510	.7521	.7533	.7544	.7555
.047	.7567	.7578	.7589	.7601	.7612	.7623				

TABLA DE VALORES DE $K^2 \mu / (B+D+D)$ CON μ (KG-M),
 B Y D (CM)

$FY = 2320$ - $F'G = 210$

P MIN LOSAS = .002
 P MIN VIGAS = .0060
 P NO DELTA = .0163
 P MAX = .0355

P	.0000	.0001	.0002	.0003	.0004	.0005	.0006	.0007	.0008	.0009
.002	.0412	.0432	.0453	.0473	.0493	.0513	.0534	.0554	.0574	.0594
.003	.0614	.0634	.0654	.0674	.0694	.0714	.0734	.0754	.0774	.0794
.004	.0813	.0833	.0853	.0873	.0892	.0912	.0932	.0951	.0971	.0990
.005	.1010	.1029	.1049	.1068	.1088	.1107	.1127	.1146	.1165	.1185
.006	.1204	.1223	.1242	.1261	.1281	.1300	.1319	.1338	.1357	.1376
.007	.1395	.1414	.1433	.1452	.1471	.1489	.1508	.1527	.1546	.1565
.008	.1583	.1602	.1621	.1639	.1658	.1676	.1695	.1714	.1732	.1751
.009	.1769	.1787	.1806	.1824	.1842	.1861	.1879	.1897	.1916	.1934
.010	.1952	.1970	.1988	.2006	.2024	.2042	.2060	.2078	.2096	.2114
.011	.2132	.2150	.2168	.2186	.2203	.2221	.2239	.2257	.2274	.2292
.012	.2310	.2327	.2345	.2362	.2380	.2397	.2415	.2432	.2450	.2467
.013	.2484	.2502	.2519	.2536	.2554	.2571	.2588	.2605	.2622	.2639
.014	.2656	.2674	.2691	.2708	.2725	.2741	.2758	.2775	.2792	.2809
.015	.2826	.2843	.2859	.2876	.2893	.2909	.2926	.2943	.2959	.2976
.016	.2992	.3009	.3025	.3042	.3058	.3075	.3091	.3107	.3124	.3140
.017	.3156	.3173	.3189	.3205	.3221	.3237	.3253	.3269	.3285	.3301
.018	.3317	.3333	.3349	.3365	.3381	.3397	.3413	.3429	.3444	.3460
.019	.3476	.3492	.3507	.3523	.3539	.3554	.3570	.3585	.3601	.3616
.020	.3632	.3647	.3662	.3678	.3693	.3708	.3724	.3739	.3754	.3769
.021	.3785	.3800	.3815	.3830	.3845	.3860	.3875	.3890	.3905	.3920
.022	.3935	.3950	.3965	.3979	.3994	.4009	.4024	.4038	.4053	.4068
.023	.4082	.4097	.4112	.4126	.4141	.4155	.4170	.4184	.4199	.4213
.024	.4227	.4242	.4256	.4270	.4284	.4299	.4313	.4327	.4341	.4355
.025	.4369	.4383	.4397	.4411	.4425	.4439	.4453	.4467	.4481	.4495
.026	.4509	.4523	.4536	.4550	.4564	.4577	.4591	.4605	.4618	.4632
.027	.4645	.4659	.4672	.4686	.4699	.4713	.4726	.4739	.4753	.4766
.028	.4779	.4793	.4806	.4819	.4832	.4845	.4858	.4872	.4885	.4898
.029	.4911	.4924	.4937	.4949	.4962	.4975	.4988	.5001	.5014	.5026
.030	.5039	.5052	.5064	.5077	.5090	.5102	.5115	.5127	.5140	.5152
.031	.5165	.5177	.5190	.5202	.5214	.5227	.5239	.5251	.5264	.5276
.032	.5288	.5300	.5312	.5324	.5336	.5348	.5360	.5372	.5384	.5396
.033	.5408	.5420	.5432	.5444	.5456	.5467	.5479	.5491	.5503	.5514
.034	.5526	.5538	.5549	.5561	.5572	.5584	.5595	.5607	.5618	.5629
.035	.5641	.5652	.5663	.5675	.5686	.5697				

TABLE 1-100

ALLOWABLE STRESS (KSI)
FOR COMPRESSION MEMBERS OF 100 KSI SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

Main and Secondary Members <i>Kl/r</i> not over 120					Main Members <i>Kl/r</i> 121 to 200				Secondary Members <i>l/r</i> 121 to 200				
$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{l}{r}$	F_{a2} (ksi)	$\frac{l}{r}$	F_{a2} (ksi)
1	59.82	41	46.12	81	22.76	121	10.20	181	5.76	121	10.25	191	7.25
2	59.62	42	45.64	82	22.21	122	10.03	182	5.69	122	10.13	192	7.20
3	59.42	43	45.16	83	21.68	123	9.87	183	5.62	123	10.02	193	7.16
4	59.21	44	44.67	84	21.16	124	9.71	184	5.55	124	9.91	194	7.12
5	58.99	45	44.17	85	20.67	125	9.56	185	5.49	125	9.80	195	7.08
6	58.78	46	43.67	86	20.19	126	9.41	186	5.42	126	9.70	196	7.04
7	58.53	47	43.17	87	19.73	127	9.26	187	5.35	127	9.59	197	7.00
8	58.28	48	42.65	88	19.28	128	9.11	188	5.29	128	9.49	198	6.96
9	58.03	49	42.14	89	18.85	129	8.97	189	5.23	129	9.40	199	6.93
10	57.77	50	41.61	90	18.44	130	8.84	190	5.17	130	9.30	200	6.89
11	57.50	51	41.08	91	18.03	131	8.70	191	5.11	131	9.21	201	6.86
12	57.22	52	40.55	92	17.64	132	8.57	192	5.05	132	9.12	202	6.82
13	56.93	53	40.00	93	17.27	133	8.44	193	4.99	133	9.03	203	6.79
14	56.64	54	39.46	94	16.90	134	8.32	194	4.93	134	8.94	204	6.76
15	56.34	55	38.90	95	16.55	135	8.19	195	4.88	135	8.86	205	6.73
16	56.03	56	38.35	96	16.20	136	8.07	196	4.82	136	8.78	206	6.70
17	55.72	57	37.78	97	15.87	137	7.96	197	4.77	137	8.70	207	6.67
18	55.39	58	37.21	98	15.55	138	7.84	198	4.71	138	8.62	208	6.64
19	55.06	59	36.63	99	15.24	139	7.73	199	4.66	139	8.54	209	6.61
20	54.72	60	36.05	100	14.93	140	7.62	200	4.61	140	8.47	210	6.58
21	54.38	61	35.46	101	14.64	141	7.51	201	4.56	141	8.39	211	6.56
22	54.03	62	34.87	102	14.35	142	7.41	202	4.51	142	8.32	212	6.53
23	53.67	63	34.28	103	14.08	143	7.30	203	4.46	143	8.25	213	6.51
24	53.30	64	33.68	104	13.81	144	7.20	204	4.41	144	8.18	214	6.48
25	52.93	65	33.04	105	13.54	145	7.10	205	4.36	145	8.12	215	6.46
26	52.55	66	32.42	106	13.29	146	7.01	206	4.32	146	8.05	216	6.44
27	52.17	67	31.80	107	13.04	147	6.91	207	4.27	147	7.99	217	6.42
28	51.78	68	31.16	108	12.80	148	6.82	208	4.23	148	7.93	218	6.40
29	51.38	69	30.52	109	12.57	149	6.73	209	4.18	149	7.87	219	6.38
30	50.97	70	29.88	110	12.34	150	6.64	210	4.14	150	7.81	220	6.36
31	50.56	71	29.22	111	12.12	151	6.55	211	4.09	151	7.76	221	6.35
32	50.15	72	28.56	112	11.90	152	6.46	212	4.05	152	7.69	222	6.33
33	49.72	73	27.90	113	11.69	153	6.38	213	4.01	153	7.64	223	6.31
34	49.29	74	27.22	114	11.49	154	6.30	214	3.97	154	7.59	224	6.30
35	48.86	75	26.54	115	11.29	155	6.22	215	3.93	155	7.53	225	6.28
36	48.42	76	25.86	116	11.10	156	6.14	216	3.89	156	7.48	226	6.27
37	47.97	77	25.19	117	10.91	157	6.06	217	3.85	157	7.43	227	6.25
38	47.51	78	24.54	118	10.72	158	5.98	218	3.81	158	7.39	228	6.24
39	47.05	79	23.89	119	10.55	159	5.91	219	3.77	159	7.34	229	6.23
40	46.59	80	23.33	120	10.37	160	5.83	220	3.73	160	7.29	230	6.22

* *K* taken as 1.0 for secondary members.

Note: $C_c = 75.7$

TABLE 1-A

VALUES OF C_c
For determining F_a from equation $F_a = C_c F_y$ for all grades of steel

$\frac{Kl}{r}$	C_c	$\frac{Kl}{r}$	C_c	$\frac{Kl}{r}$	C_c	$\frac{Kl}{r}$	C_c
.01	.699	.26	.648	.51	.472	.76	.375
.02	.697	.27	.646	.52	.469	.77	.371
.03	.696	.28	.643	.53	.465	.78	.366
.04	.694	.29	.640	.54	.462	.79	.362
.05	.693	.30	.638	.55	.458	.80	.357
.06	.691	.31	.635	.56	.455	.81	.353
.07	.689	.32	.632	.57	.451	.82	.348
.08	.688	.33	.629	.58	.447	.83	.344
.09	.686	.34	.627	.59	.444	.84	.339
.10	.684	.35	.624	.60	.440	.85	.335
.11	.682	.36	.621	.61	.436	.86	.330
.12	.680	.37	.618	.62	.432	.87	.325
.13	.678	.38	.615	.63	.428	.88	.321
.14	.676	.39	.612	.64	.424	.89	.316
.15	.674	.40	.609	.65	.420	.90	.311
.16	.672	.41	.606	.66	.416	.91	.306
.17	.670	.42	.602	.67	.412	.92	.301
.18	.668	.43	.600	.68	.408	.93	.296
.19	.665	.44	.596	.69	.404	.94	.291
.20	.663	.45	.593	.70	.400	.95	.286
.21	.661	.46	.589	.71	.396	.96	.281
.22	.658	.47	.586	.72	.392	.97	.276
.23	.656	.48	.583	.73	.388	.98	.271
.24	.653	.49	.579	.74	.384	.99	.266
.25	.651	.50	.576	.75	.379	1.00	.261

Note: Use $\frac{Kl/r}{C_c}$ in lieu of $\frac{Kl/r}{C_c}$ values when ratios exceed the limits of Sect. 1.9.

TABLE 1-B

VALUES OF C_c
For use in Formulas (1.5-1), (1.5-2), and (1.5-3),
Sect. 1.5.1.3, and in Table 1-A

F_y (ksi)	C_c	F_y (ksi)	C_c
33	131.7	46	111.6
36	127.0	50	107.0
38	126.1	55	102.0
39	121.2	60	97.7
40	119.0	65	93.6
43	116.7	90	79.8
45	112.4	100	75.7

TABLE 1-65

ALLOWABLE STRESS (ksi)
FOR COMPRESSION MEMBERS OF 65 KSI SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

Main and Secondary Members <i>Kl/r</i> not over 120						Main Members <i>Kl/r</i> 121 to 200				Secondary Members* <i>l/r</i> 121 to 200					
<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)
1	38.90	41	32.30	81	21.36	121	10.20	161	5.76	121	10.25	181	7.25		
2	38.81	42	32.08	82	21.03	122	10.03	162	5.69	122	10.13	182	7.20		
3	38.70	43	31.85	83	20.70	123	9.87	163	5.62	123	10.02	183	7.16		
4	38.59	44	31.62	84	20.37	124	9.71	164	5.55	124	9.91	184	7.12		
5	38.48	45	31.39	85	20.04	125	9.56	165	5.49	125	9.80	185	7.08		
6	38.37	46	31.15	86	19.70	126	9.41	166	5.42	126	9.70	186	7.04		
7	38.25	47	30.92	87	19.38	127	9.26	167	5.35	127	9.59	187	7.00		
8	38.13	48	30.68	88	19.02	128	9.11	168	5.29	128	9.49	188	6.96		
9	38.00	49	30.43	89	18.67	129	8.97	169	5.23	129	9.40	189	6.93		
10	37.87	50	30.19	90	18.32	130	8.84	170	5.17	130	9.30	190	6.89		
11	37.74	51	29.94	91	17.97	131	8.70	171	5.11	131	9.21	191	6.85		
12	37.61	52	29.69	92	17.62	132	8.57	172	5.05	132	9.12	192	6.82		
13	37.47	53	29.44	93	17.26	133	8.44	173	4.99	133	9.03	193	6.79		
14	37.32	54	29.18	94	16.90	134	8.32	174	4.93	134	8.94	194	6.76		
15	37.18	55	28.92	95	16.55	135	8.19	175	4.88	135	8.86	195	6.73		
16	37.03	56	28.66	96	16.20	136	8.07	176	4.82	136	8.78	196	6.70		
17	36.87	57	28.40	97	15.87	137	7.96	177	4.77	137	8.70	197	6.67		
18	36.72	58	28.14	98	15.55	138	7.84	178	4.71	138	8.62	198	6.64		
19	36.58	59	27.87	99	15.24	139	7.73	179	4.66	139	8.54	199	6.61		
20	36.40	60	27.60	100	14.93	140	7.62	180	4.61	140	8.47	200	6.58		
21	36.23	61	27.33	101	14.64	141	7.51	181	4.56	141	8.39	201	6.56		
22	36.06	62	27.05	102	14.35	142	7.41	182	4.51	142	8.32	202	6.53		
23	35.89	63	26.78	103	14.08	143	7.30	183	4.46	143	8.25	203	6.51		
24	35.71	64	26.50	104	13.81	144	7.20	184	4.41	144	8.18	204	6.49		
25	35.54	65	26.21	105	13.54	145	7.10	185	4.36	145	8.12	205	6.46		
26	35.36	66	25.93	106	13.29	146	7.01	186	4.32	146	8.05	206	6.44		
27	35.17	67	25.64	107	13.04	147	6.91	187	4.27	147	7.99	207	6.42		
28	34.99	68	25.35	108	12.80	148	6.82	188	4.23	148	7.93	208	6.40		
29	34.80	69	25.06	109	12.57	149	6.73	189	4.18	149	7.87	209	6.38		
30	34.60	70	24.76	110	12.34	150	6.64	190	4.14	150	7.81	210	6.36		
31	34.41	71	24.47	111	12.12	151	6.55	191	4.09	151	7.75	211	6.35		
32	34.21	72	24.17	112	11.90	152	6.46	192	4.05	152	7.69	212	6.33		
33	34.01	73	23.87	113	11.69	153	6.38	193	4.01	153	7.64	213	6.31		
34	33.81	74	23.56	114	11.49	154	6.30	194	3.97	154	7.59	214	6.30		
35	33.60	75	23.25	115	11.29	155	6.22	195	3.93	155	7.53	215	6.29		
36	33.39	76	22.94	116	11.10	156	6.14	196	3.89	156	7.48	216	6.27		
37	33.18	77	22.63	117	10.91	157	6.06	197	3.85	157	7.43	217	6.26		
38	32.96	78	22.32	118	10.72	158	5.98	198	3.81	158	7.39	218	6.24		
39	32.75	79	22.00	119	10.55	159	5.91	199	3.77	159	7.34	219	6.23		
40	32.53	80	21.68	120	10.37	160	5.83	200	3.73	160	7.29	220	6.22		

* *K* taken as 1.0 for secondary members.

Note: *C_c* = 93.8.

TABLE 1-90

ALLOWABLE STRESS (ksi)
FOR COMPRESSION MEMBERS OF 90 KSI SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

Main and Secondary Members <i>Kl/r</i> not over 120						Main Members <i>Kl/r</i> 121 to 200				Secondary Members* <i>l/r</i> 121 to 200					
<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)
1	53.84	41	42.39	81	22.78	121	10.20	161	5.76	121	10.25	181	7.25		
2	53.68	42	42.00	82	22.21	122	10.03	162	5.69	122	10.13	182	7.20		
3	53.51	43	41.59	83	21.68	123	9.87	163	5.62	123	10.02	183	7.16		
4	53.38	44	41.19	84	21.16	124	9.71	164	5.55	124	9.91	184	7.12		
5	53.15	45	40.78	85	20.67	125	9.56	165	5.49	125	9.80	185	7.08		
6	52.95	46	40.36	86	20.19	126	9.41	166	5.42	126	9.70	186	7.04		
7	52.76	47	39.94	87	19.73	127	9.26	167	5.35	127	9.59	187	7.00		
8	52.55	48	39.51	88	19.28	128	9.11	168	5.29	128	9.49	188	6.96		
9	52.33	49	39.08	89	18.85	129	8.97	169	5.23	129	9.40	189	6.93		
10	52.11	50	38.65	90	18.44	130	8.84	170	5.17	130	9.30	190	6.89		
11	51.89	51	38.21	91	18.03	131	8.70	171	5.11	131	9.21	191	6.85		
12	51.65	52	37.77	92	17.64	132	8.57	172	5.05	132	9.12	192	6.82		
13	51.41	53	37.32	93	17.27	133	8.44	173	4.99	133	9.03	193	6.79		
14	51.17	54	36.86	94	16.90	134	8.32	174	4.93	134	8.94	194	6.76		
15	50.92	55	36.41	95	16.55	135	8.19	175	4.88	135	8.86	195	6.73		
16	50.66	56	35.94	96	16.20	136	8.07	176	4.82	136	8.78	196	6.70		
17	50.39	57	35.47	97	15.87	137	7.96	177	4.77	137	8.70	197	6.67		
18	50.12	58	35.00	98	15.55	138	7.84	178	4.71	138	8.62	198	6.64		
19	49.85	59	34.52	99	15.24	139	7.73	179	4.66	139	8.54	199	6.61		
20	49.56	60	34.04	100	14.93	140	7.62	180	4.61	140	8.47	200	6.58		
21	49.28	61	33.56	101	14.64	141	7.51	181	4.56	141	8.39	201	6.56		
22	48.98	62	33.08	102	14.35	142	7.41	182	4.51	142	8.32	202	6.53		
23	48.68	63	32.57	103	14.08	143	7.30	183	4.46	143	8.25	203	6.51		
24	48.38	64	32.07	104	13.81	144	7.20	184	4.41	144	8.18	204	6.49		
25	48.07	65	31.56	105	13.54	145	7.10	185	4.36	145	8.12	205	6.46		
26	47.75	66	31.05	106	13.29	146	7.01	186	4.32	146	8.05	206	6.44		
27	47.43	67	30.53	107	13.04	147	6.91	187	4.27	147	7.99	207	6.42		
28	47.10	68	30.01	108	12.80	148	6.82	188	4.23	148	7.93	208	6.40		
29	46.77	69	29.48	109	12.57	149	6.73	189	4.18	149	7.87	209	6.38		
30	46.43	70	28.95	110	12.34	150	6.64	190	4.14	150	7.81	210	6.36		
31	46.09	71	28.41	111	12.12	151	6.55	191	4.09	151	7.75	211	6.35		
32	45.74	72	27.87	112	11.90	152	6.46	192	4.05	152	7.69	212	6.33		
33	45.39	73	27.32	113	11.69	153	6.38	193	4.01	153	7.64	213	6.31		
34	45.03	74	26.77	114	11.49	154	6.30	194	3.97	154	7.59	214	6.30		
35	44.67	75	26.21	115	11.29	155	6.22	195	3.93	155	7.53	215	6.29		
36	44.30	76	25.65	116	11.10	156	6.14	196	3.89	156	7.48	216	6.27		
37	43.93	77	25.08	117	10.91	157	6.06	197	3.85	157	7.43	217	6.26		
38	43.55	78	24.50	118	10.72	158	5.98	198	3.81	158	7.39	218	6.24		
39	43.17	79	23.92	119	10.55	159	5.91	199	3.77	159	7.34	219	6.23		
40	42.78	80	23.33	120	10.37	160	5.83	200	3.73	160	7.29	220	6.22		

* *K* taken as 1.0 for secondary members.

Note: *C_c* = 79.8

- 911 - $F_y = 65 \text{ ksi}$

$F_y = 90 \text{ ksi}$

TABLE 1-53

ALLOWABLE STRESS (KSI)
FOR COMPRESSION MEMBERS OF 55 KSI SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

Main and Secondary Members <i>Kl/r</i> not over 120						Main Members <i>Kl/r</i> 121 to 200				Secondary Members* <i>l/r</i> 121 to 200			
<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)
1	32.93	41	27.84	61	19.80	121	10.20	161	5.76	121	10.25	161	7.25
2	32.86	42	27.78	62	19.56	122	10.09	162	5.69	122	10.13	162	7.20
3	32.77	43	27.61	63	19.32	123	9.87	163	5.62	123	10.02	163	7.16
4	32.68	44	27.43	64	19.08	124	9.71	164	5.55	124	9.91	164	7.12
5	32.60	45	27.26	65	18.83	125	9.56	165	5.49	125	9.80	165	7.08
6	32.51	46	27.08	66	18.58	126	9.41	166	5.42	126	9.70	166	7.04
7	32.42	47	26.91	67	18.34	127	9.26	167	5.35	127	9.59	167	7.00
8	32.33	48	26.73	68	18.08	128	9.11	168	5.29	128	9.49	168	6.96
9	32.23	49	26.55	69	17.83	129	8.97	169	5.23	129	9.40	169	6.93
10	32.14	50	26.36	70	17.58	130	8.84	170	5.17	130	9.30	170	6.89
11	32.05	51	26.18	71	17.32	131	8.70	171	5.11	131	9.21	171	6.85
12	31.93	52	25.99	72	17.06	132	8.57	172	5.05	132	9.12	172	6.82
13	31.82	53	25.80	73	16.80	133	8.44	173	4.99	133	9.03	173	6.79
14	31.72	54	25.61	74	16.53	134	8.32	174	4.93	134	8.94	174	6.76
15	31.61	55	25.42	75	16.27	135	8.19	175	4.88	135	8.86	175	6.73
16	31.49	56	25.23	76	16.00	136	8.07	176	4.82	136	8.78	176	6.70
17	31.38	57	25.03	77	15.73	137	7.96	177	4.77	137	8.70	177	6.67
18	31.26	58	24.83	78	15.46	138	7.84	178	4.71	138	8.62	178	6.64
19	31.14	59	24.63	79	15.19	139	7.73	179	4.66	139	8.54	179	6.61
20	31.02	60	24.43	80	14.91	140	7.62	180	4.61	140	8.47	180	6.58
21	30.89	61	24.23	81	14.63	141	7.51	181	4.56	141	8.39	181	6.56
22	30.76	62	24.03	82	14.35	142	7.41	182	4.51	142	8.32	182	6.53
23	30.63	63	23.82	83	14.08	143	7.30	183	4.46	143	8.25	183	6.51
24	30.50	64	23.61	84	13.81	144	7.20	184	4.41	144	8.18	184	6.49
25	30.37	65	23.40	85	13.54	145	7.10	185	4.36	145	8.12	185	6.46
26	30.23	66	23.19	86	13.29	146	7.01	186	4.32	146	8.05	186	6.44
27	30.09	67	22.98	87	13.04	147	6.91	187	4.27	147	7.99	187	6.42
28	29.95	68	22.78	88	12.80	148	6.82	188	4.23	148	7.93	188	6.40
29	29.81	69	22.54	89	12.57	149	6.73	189	4.18	149	7.87	189	6.38
30	29.67	70	22.33	90	12.34	150	6.64	190	4.14	150	7.81	190	6.36
31	29.52	71	22.11	91	12.12	151	6.55	191	4.09	151	7.75	191	6.35
32	29.37	72	21.88	92	11.90	152	6.46	192	4.05	152	7.69	192	6.33
33	29.22	73	21.66	93	11.69	153	6.38	193	4.01	153	7.64	193	6.31
34	29.07	74	21.43	94	11.49	154	6.30	194	3.97	154	7.59	194	6.30
35	28.91	75	21.21	95	11.29	155	6.22	195	3.93	155	7.53	195	6.28
36	28.76	76	20.98	96	11.10	156	6.14	196	3.89	156	7.48	196	6.27
37	28.60	77	20.75	97	10.91	157	6.06	197	3.85	157	7.43	197	6.26
38	28.44	78	20.51	98	10.72	158	5.98	198	3.81	158	7.39	198	6.24
39	28.28	79	20.28	99	10.55	159	5.91	199	3.77	159	7.34	199	6.23
40	28.11	80	20.04	100	10.37	160	5.83	200	3.73	160	7.29	200	6.22

* *K* taken as 1.0 for secondary members.

Note: *C_c* = 102.0

TABLE 1-60

ALLOWABLE STRESS (KSI)
FOR COMPRESSION MEMBERS OF 60 KSI SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

Main and Secondary Members <i>Kl/r</i> not over 120						Main Members <i>Kl/r</i> 121 to 200				Secondary Members* <i>l/r</i> 121 to 200			
<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>l/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)
1	35.92	41	30.15	61	20.65	121	10.20	161	5.76	121	10.25	161	7.25
2	35.83	42	29.95	62	20.37	122	10.03	162	5.69	122	10.13	162	7.20
3	35.74	43	29.75	63	20.09	123	9.87	163	5.62	123	10.02	163	7.16
4	35.64	44	29.56	64	19.80	124	9.71	164	5.55	124	9.91	164	7.12
5	35.54	45	29.35	65	19.51	125	9.56	165	5.49	125	9.80	165	7.08
6	35.44	46	29.15	66	19.22	126	9.41	166	5.42	126	9.70	166	7.04
7	35.34	47	28.94	67	18.93	127	9.26	167	5.35	127	9.59	167	7.00
8	35.23	48	28.73	68	18.63	128	9.11	168	5.29	128	9.49	168	6.96
9	35.12	49	28.52	69	18.34	129	8.97	169	5.23	129	9.40	169	6.93
10	35.01	50	28.31	70	18.04	130	8.84	170	5.17	130	9.30	170	6.89
11	34.89	51	28.09	71	17.73	131	8.70	171	5.11	131	9.21	171	6.85
12	34.77	52	27.87	72	17.43	132	8.57	172	5.05	132	9.12	172	6.82
13	34.65	53	27.66	73	17.12	133	8.44	173	4.99	133	9.03	173	6.79
14	34.52	54	27.43	74	16.81	134	8.32	174	4.93	134	8.94	174	6.76
15	34.40	55	27.21	75	16.50	135	8.19	175	4.88	135	8.86	175	6.73
16	34.27	56	26.98	76	16.19	136	8.07	176	4.82	136	8.78	176	6.70
17	34.13	57	26.76	77	15.87	137	7.96	177	4.77	137	8.70	177	6.67
18	34.00	58	26.53	78	15.55	138	7.84	178	4.71	138	8.62	178	6.64
19	33.86	59	26.29	79	15.24	139	7.73	179	4.66	139	8.54	179	6.61
20	33.71	60	26.06	80	14.93	140	7.62	180	4.61	140	8.47	180	6.58
21	33.57	61	25.82	81	14.64	141	7.51	181	4.56	141	8.39	181	6.56
22	33.42	62	25.58	82	14.35	142	7.41	182	4.51	142	8.32	182	6.53
23	33.27	63	25.34	83	14.08	143	7.30	183	4.46	143	8.25	183	6.51
24	33.12	64	25.10	84	13.81	144	7.20	184	4.41	144	8.18	184	6.49
25	32.96	65	24.86	85	13.54	145	7.10	185	4.36	145	8.12	185	6.46
26	32.81	66	24.61	86	13.29	146	7.01	186	4.32	146	8.05	186	6.44
27	32.65	67	24.36	87	13.04	147	6.91	187	4.27	147	7.99	187	6.42
28	32.48	68	24.11	88	12.80	148	6.82	188	4.23	148	7.93	188	6.40
29	32.32	69	23.86	89	12.57	149	6.73	189	4.18	149	7.87	189	6.38
30	32.15	70	23.60	90	12.34	150	6.64	190	4.14	150	7.81	190	6.36
31	31.98	71	23.34	91	12.12	151	6.55	191	4.09	151	7.75	191	6.35
32	31.81	72	23.08	92	11.90	152	6.46	192	4.05	152	7.69	192	6.33
33	31.63	73	22.82	93	11.69	153	6.38	193	4.01	153	7.64	193	6.31
34	31.45	74	22.56	94	11.49	154	6.30	194	3.97	154	7.59	194	6.30
35	31.28	75	22.29	95	11.29	155	6.22	195	3.93	155	7.53	195	6.28
36	31.09	76	22.02	96	11.10	156	6.14	196	3.89	156	7.48	196	6.27
37	30.91	77	21.75	97	10.91	157	6.06	197	3.85	157	7.43	197	6.26
38	30.72	78	21.48	98	10.72	158	5.98	198	3.81	158	7.39	198	6.24
39	30.53	79	21.21	99	10.55	159	5.91	199	3.77	159	7.34	199	6.23
40	30.34	80	20.93	100	10.37	160	5.83	200	3.73	160	7.29	200	6.22

* *K* taken as 1.0 for secondary members.

Note: *C_c* = 97.7

F_y = 55 ksi

F_y = 60 ksi

TABLE 1-45

ALLOWABLE STRESS (ksi)
FOR COMPRESSION MEMBERS OF 45 ksi SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

Main and Secondary Members <i>Kl/r</i> not over 120						Main Members <i>Kl/r</i> 121 to 200				Secondary Members* <i>L/r</i> 121 to 200					
<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>L/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>L/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>L/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)
1	26.95	41	23.39	81	17.67	121	10.20	161	5.76	121	10.25	161	7.25		
2	26.89	42	23.27	82	17.61	122	10.03	162	5.69	122	10.13	162	7.20		
3	26.83	43	23.15	83	17.54	123	9.87	163	5.62	123	10.02	163	7.16		
4	26.77	44	23.03	84	17.47	124	9.71	164	5.55	124	9.91	164	7.12		
5	26.71	45	22.90	85	17.40	125	9.56	165	5.49	125	9.80	165	7.08		
6	26.64	46	22.78	86	17.32	126	9.41	166	5.42	126	9.70	166	7.04		
7	26.58	47	22.65	87	17.25	127	9.26	167	5.35	127	9.59	167	7.00		
8	26.51	48	22.53	88	17.18	128	9.11	168	5.29	128	9.49	168	6.96		
9	26.44	49	22.40	89	17.10	129	8.97	169	5.23	129	9.40	169	6.93		
10	26.37	50	22.27	90	17.03	130	8.84	170	5.17	130	9.30	170	6.89		
11	26.30	51	22.14	91	16.95	131	8.70	171	5.11	131	9.21	171	6.85		
12	26.22	52	22.01	92	16.87	132	8.57	172	5.05	132	9.12	172	6.82		
13	26.15	53	21.88	93	16.79	133	8.44	173	4.99	133	9.03	173	6.79		
14	26.07	54	21.74	94	16.71	134	8.32	174	4.93	134	8.94	174	6.76		
15	25.99	55	21.61	95	16.63	135	8.19	175	4.88	135	8.86	175	6.73		
16	25.91	56	21.47	96	16.54	136	8.07	176	4.82	136	8.78	176	6.70		
17	25.82	57	21.33	97	16.45	137	7.96	177	4.77	137	8.70	177	6.67		
18	25.74	58	21.19	98	16.36	138	7.84	178	4.71	138	8.62	178	6.64		
19	25.65	59	21.05	99	16.27	139	7.73	179	4.66	139	8.54	179	6.61		
20	25.57	60	20.91	100	16.18	140	7.62	180	4.61	140	8.47	180	6.58		
21	25.48	61	20.77	101	16.09	141	7.51	181	4.56	141	8.39	181	6.56		
22	25.39	62	20.63	102	16.00	142	7.41	182	4.51	142	8.32	182	6.53		
23	25.29	63	20.48	103	15.91	143	7.30	183	4.46	143	8.25	183	6.51		
24	25.20	64	20.34	104	15.81	144	7.20	184	4.41	144	8.18	184	6.49		
25	25.11	65	20.19	105	15.72	145	7.10	185	4.36	145	8.12	185	6.46		
26	25.01	66	20.04	106	15.63	146	7.01	186	4.32	146	8.05	186	6.44		
27	24.91	67	19.89	107	15.54	147	6.91	187	4.27	147	7.99	187	6.42		
28	24.81	68	19.74	108	15.45	148	6.82	188	4.23	148	7.93	188	6.40		
29	24.71	69	19.59	109	15.36	149	6.73	189	4.18	149	7.87	189	6.38		
30	24.61	70	19.43	110	15.27	150	6.64	190	4.14	150	7.81	190	6.36		
31	24.50	71	19.28	111	15.18	151	6.55	191	4.09	151	7.75	191	6.35		
32	24.40	72	19.12	112	15.09	152	6.46	192	4.05	152	7.69	192	6.33		
33	24.29	73	18.97	113	15.00	153	6.38	193	4.01	153	7.64	193	6.31		
34	24.18	74	18.81	114	14.91	154	6.30	194	3.97	154	7.58	194	6.30		
35	24.07	75	18.65	115	14.82	155	6.22	195	3.93	155	7.53	195	6.28		
36	23.96	76	18.49	116	14.73	156	6.14	196	3.89	156	7.48	196	6.27		
37	23.85	77	18.33	117	14.64	157	6.06	197	3.85	157	7.43	197	6.26		
38	23.74	78	18.17	118	14.55	158	5.98	198	3.81	158	7.39	198	6.24		
39	23.62	79	18.00	119	14.46	159	5.91	199	3.77	159	7.34	199	6.23		
40	23.51	80	17.84	120	14.37	160	5.83	200	3.73	160	7.29	200	6.22		

* *K* taken as 1.0 for secondary members.

Note: *C* = 112.6

TABLE 1-50

ALLOWABLE STRESS (ksi)
FOR COMPRESSION MEMBERS OF 50 ksi SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

Main and Secondary Members <i>Kl/r</i> not over 120						Main Members <i>Kl/r</i> 121 to 200				Secondary Members* <i>L/r</i> 121 to 200					
<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>Kl/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>L/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>L/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)	<i>L/r</i>	<i>F_a</i> (ksi)
1	29.94	41	25.69	81	18.81	121	10.20	161	5.76	121	10.25	161	7.25		
2	29.87	42	25.55	82	18.61	122	10.03	162	5.69	122	10.13	162	7.20		
3	29.80	43	25.40	83	18.41	123	9.87	163	5.62	123	10.02	163	7.16		
4	29.73	44	25.26	84	18.20	124	9.71	164	5.55	124	9.91	164	7.12		
5	29.66	45	25.11	85	17.99	125	9.56	165	5.49	125	9.80	165	7.08		
6	29.58	46	24.96	86	17.79	126	9.41	166	5.42	126	9.70	166	7.04		
7	29.50	47	24.81	87	17.58	127	9.26	167	5.35	127	9.59	167	7.00		
8	29.42	48	24.66	88	17.37	128	9.11	168	5.29	128	9.49	168	6.96		
9	29.34	49	24.51	89	17.15	129	8.97	169	5.23	129	9.40	169	6.93		
10	29.26	50	24.35	90	16.94	130	8.84	170	5.17	130	9.30	170	6.89		
11	29.17	51	24.19	91	16.72	131	8.70	171	5.11	131	9.21	171	6.85		
12	29.08	52	24.04	92	16.50	132	8.57	172	5.05	132	9.12	172	6.82		
13	28.99	53	23.88	93	16.29	133	8.44	173	4.99	133	9.03	173	6.79		
14	28.90	54	23.72	94	16.06	134	8.32	174	4.93	134	8.94	174	6.76		
15	28.80	55	23.55	95	15.84	135	8.19	175	4.88	135	8.86	175	6.73		
16	28.71	56	23.39	96	15.62	136	8.07	176	4.82	136	8.78	176	6.70		
17	28.61	57	23.22	97	15.39	137	7.96	177	4.77	137	8.70	177	6.67		
18	28.51	58	23.06	98	15.17	138	7.84	178	4.71	138	8.62	178	6.64		
19	28.40	59	22.89	99	14.94	139	7.73	179	4.66	139	8.54	179	6.61		
20	28.30	60	22.72	100	14.71	140	7.62	180	4.61	140	8.47	180	6.58		
21	28.19	61	22.55	101	14.47	141	7.51	181	4.56	141	8.39	181	6.56		
22	28.08	62	22.37	102	14.24	142	7.41	182	4.51	142	8.32	182	6.53		
23	27.97	63	22.20	103	14.00	143	7.30	183	4.46	143	8.25	183	6.51		
24	27.86	64	22.02	104	13.77	144	7.20	184	4.41	144	8.18	184	6.49		
25	27.75	65	21.85	105	13.53	145	7.10	185	4.36	145	8.12	185	6.46		
26	27.63	66	21.67	106	13.29	146	7.01	186	4.32	146	8.05	186	6.44		
27	27.52	67	21.49	107	13.04	147	6.91	187	4.27	147	7.99	187	6.42		
28	27.40	68	21.31	108	12.80	148	6.82	188	4.23	148	7.93	188	6.40		
29	27.28	69	21.12	109	12.57	149	6.73	189	4.18	149	7.87	189	6.38		
30	27.15	70	20.94	110	12.34	150	6.64	190	4.14	150	7.81	190	6.36		
31	27.03	71	20.76	111	12.12	151	6.55	191	4.09	151	7.75	191	6.35		
32	26.90	72	20.58	112	11.90	152	6.46	192	4.05	152	7.69	192	6.33		
33	26.77	73	20.39	113	11.69	153	6.38	193	4.01	153	7.64	193	6.31		
34	26.64	74	20.19	114	11.49	154	6.30	194	3.97	154	7.58	194	6.30		
35	26.51	75	19.99	115	11.28	155	6.22	195	3.93	155	7.53	195	6.28		
36	26.38	76	19.80	116	11.07	156	6.14	196	3.89	156	7.48	196	6.27		
37	26.25	77	19.61	117	10.91	157	6.06	197	3.85	157	7.43	197	6.26		
38	26.11	78	19.41	118	10.72	158	5.98	198	3.81	158	7.39	198	6.24		
39	25.97	79	19.21	119	10.55	159	5.91	199	3.77	159	7.34	199	6.23		
40	25.83	80	19.01	120	10.37	160	5.83	200	3.73	160	7.29	200	6.22		

* *K* taken as 1.0 for secondary members.

Note: *C* = 107.0

F_y = 45 ksi

F_y = 50 ksi

- 811 -

TABLE 1-36

ALLOWABLE STRESS (KSI)

FOR COMPRESSION MEMBERS OF 36 KSI SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

TABLE 1-42

ALLOWABLE STRESS (KSI)

FOR COMPRESSION MEMBERS OF 42 KSI SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

F_y = 36 ksi

- 611 -

Main and Secondary Members Kl/r not over 120					Main Members Kl/r 121 to 200				Secondary Members* l/r 121 to 200				
Kl/r	F _a (ksi)	Kl/r	F _a (ksi)	Kl/r	F _a (ksi)	Kl/r	F _a (ksi)	Kl/r	F _a (ksi)	l/r	F _a (ksi)	l/r	F _a (ksi)
1	21.56	41	18.11	81	15.24	121	10.14	161	6.78	121	10.19	161	7.25
2	21.52	42	18.09	82	15.13	122	9.99	162	6.69	122	10.09	162	7.20
3	21.48	43	18.95	83	15.02	123	9.86	163	6.62	123	10.00	163	7.18
4	21.44	44	18.86	84	14.90	124	9.70	164	6.55	124	9.90	164	7.12
5	21.39	45	18.78	85	14.79	125	9.55	165	6.49	125	9.80	165	7.08
6	21.35	46	18.70	86	14.67	126	9.41	166	6.42	126	9.70	166	7.04
7	21.30	47	18.61	87	14.56	127	9.26	167	6.35	127	9.59	167	7.00
8	21.25	48	18.53	88	14.44	128	9.11	168	6.29	128	9.49	168	6.96
9	21.21	49	18.44	89	14.32	129	8.97	169	6.23	129	9.40	169	6.93
10	21.16	50	18.36	90	14.20	130	8.84	170	6.17	130	9.30	170	6.89
11	21.10	51	18.26	91	14.09	131	8.70	171	6.11	131	9.21	171	6.85
12	21.05	52	18.17	92	13.97	132	8.57	172	6.05	132	9.12	172	6.82
13	21.00	53	18.08	93	13.84	133	8.44	173	5.99	133	9.03	173	6.78
14	20.95	54	17.99	94	13.72	134	8.32	174	5.93	134	8.94	174	6.76
15	20.89	55	17.90	95	13.60	135	8.19	175	5.88	135	8.86	175	6.73
16	20.83	56	17.81	96	13.48	136	8.07	176	5.82	136	8.78	176	6.70
17	20.78	57	17.71	97	13.35	137	7.96	177	5.77	137	8.70	177	6.67
18	20.72	58	17.62	98	13.23	138	7.84	178	5.71	138	8.62	178	6.64
19	20.66	59	17.53	99	13.10	139	7.73	179	5.66	139	8.54	179	6.61
20	20.60	60	17.43	100	12.98	140	7.62	180	5.61	140	8.47	180	6.58
21	20.54	61	17.33	101	12.86	141	7.51	181	5.56	141	8.39	181	6.56
22	20.48	62	17.24	102	12.72	142	7.41	182	5.51	142	8.32	182	6.53
23	20.41	63	17.14	103	12.59	143	7.30	183	5.46	143	8.25	183	6.51
24	20.35	64	17.04	104	12.47	144	7.20	184	5.41	144	8.18	184	6.49
25	20.29	65	16.94	105	12.33	145	7.10	185	5.36	145	8.12	185	6.46
26	20.22	66	16.84	106	12.20	146	7.01	186	5.32	146	8.05	186	6.44
27	20.15	67	16.74	107	12.07	147	6.91	187	5.27	147	7.99	187	6.42
28	20.08	68	16.64	108	11.94	148	6.82	188	5.23	148	7.93	188	6.40
29	20.01	69	16.53	109	11.81	149	6.73	189	5.18	149	7.87	189	6.38
30	19.94	70	16.43	110	11.67	150	6.64	190	5.14	150	7.81	190	6.36
31	19.87	71	16.33	111	11.54	151	6.56	191	5.09	151	7.75	191	6.35
32	19.80	72	16.23	112	11.40	152	6.48	192	5.05	152	7.69	192	6.33
33	19.73	73	16.12	113	11.28	153	6.38	193	5.01	153	7.64	193	6.31
34	19.65	74	16.01	114	11.13	154	6.30	194	4.97	154	7.59	194	6.30
35	19.58	75	15.90	115	10.99	155	6.22	195	4.93	155	7.53	195	6.28
36	19.50	76	15.79	116	10.85	156	6.14	196	4.89	156	7.48	196	6.27
37	19.42	77	15.69	117	10.71	157	6.06	197	4.85	157	7.43	197	6.26
38	19.35	78	15.58	118	10.57	158	5.98	198	4.81	158	7.39	198	6.24
39	19.27	79	15.47	119	10.43	159	5.91	199	4.77	159	7.34	199	6.23
40	19.19	80	15.36	120	10.28	160	5.83	200	4.73	160	7.29	200	6.22

* K taken as 1.0 for secondary members.

Note: C = 129.1

Main and Secondary Members Kl/r not over 120					Main Members Kl/r 121 to 200				Secondary Members* l/r 121 to 200				
Kl/r	F _a (ksi)	Kl/r	F _a (ksi)	Kl/r	F _a (ksi)	Kl/r	F _a (ksi)	Kl/r	F _a (ksi)	l/r	F _a (ksi)	l/r	F _a (ksi)
1	25.15	41	21.98	81	18.92	121	10.20	161	6.76	121	10.25	161	7.25
2	25.10	42	21.87	82	18.77	122	10.03	162	6.69	122	10.13	162	7.20
3	25.05	43	21.77	83	18.62	123	9.87	163	6.62	123	10.02	163	7.16
4	24.99	44	21.66	84	18.47	124	9.71	164	6.55	124	9.91	164	7.12
5	24.94	45	21.55	85	18.32	125	9.56	165	6.49	125	9.80	165	7.08
6	24.88	46	21.44	86	18.17	126	9.41	166	6.42	126	9.70	166	7.04
7	24.82	47	21.33	87	18.01	127	9.26	167	6.35	127	9.59	167	7.00
8	24.76	48	21.22	88	17.86	128	9.11	168	6.29	128	9.49	168	6.96
9	24.70	49	21.10	89	17.71	129	8.97	169	6.23	129	9.40	169	6.93
10	24.63	50	20.98	90	17.55	130	8.84	170	6.17	130	9.30	170	6.89
11	24.57	51	20.87	91	17.39	131	8.70	171	6.11	131	9.21	171	6.85
12	24.50	52	20.76	92	17.23	132	8.57	172	6.05	132	9.12	172	6.82
13	24.43	53	20.64	93	17.07	133	8.44	173	5.99	133	9.03	173	6.79
14	24.36	54	20.53	94	16.91	134	8.32	174	5.93	134	8.94	174	6.76
15	24.29	55	20.40	95	16.76	135	8.19	175	5.88	135	8.86	175	6.73
16	24.2	56	20.28	96	16.60	136	8.07	176	5.82	136	8.78	176	6.70
17	24.15	57	20.16	97	16.43	137	7.96	177	5.77	137	8.70	177	6.67
18	24.07	58	20.03	98	16.28	138	7.84	178	5.71	138	8.62	178	6.64
19	24.00	59	19.91	99	16.09	139	7.73	179	5.66	139	8.54	179	6.61
20	23.92	60	19.79	100	15.93	140	7.62	180	5.61	140	8.47	180	6.58
21	23.84	61	19.66	101	15.76	141	7.51	181	5.56	141	8.39	181	6.56
22	23.76	62	19.53	102	15.59	142	7.41	182	5.51	142	8.32	182	6.53
23	23.68	63	19.40	103	15.42	143	7.30	183	5.46	143	8.25	183	6.51
24	23.59	64	19.27	104	15.25	144	7.20	184	5.41	144	8.18	184	6.49
25	23.51	65	19.14	105	15.08	145	7.10	185	5.36	145	8.12	185	6.46
26	23.42	66	19.01	106	14.90	146	7.01	186	5.32	146	8.05	186	6.44
27	23.33	67	18.89	107	14.73	147	6.91	187	5.27	147	7.99	187	6.42
28	23.24	68	18.75	108	14.55	148	6.82	188	5.23	148	7.93	188	6.40
29	23.15	69	18.61	109	14.37	149	6.73	189	5.18	149	7.87	189	6.38
30	23.06	70	18.48	110	14.19	150	6.64	190	5.14	150	7.81	190	6.36
31	22.97	71	18.34	111	14.01	151	6.55	191	5.09	151	7.75	191	6.35
32	22.88	72	18.20	112	13.83	152	6.46	192	5.05	152	7.69	192	6.33
33	22.78	73	18.05	113	13.65	153	6.38	193	5.01	153	7.64	193	6.31
34	22.69	74	17.92	114	13.47	154	6.30	194	4.97	154	7.59	194	6.30
35	22.60	75	17.78	115	13.28	155	6.22	195	4.93	155	7.53	195	6.28
36	22.49	76	17.64	116	13.10	156	6.14	196	4.89	156	7.48	196	6.27
37	22.39	77	17.50	117	12.91	157	6.06	197	4.85	157	7.43	197	6.26
38	22.29	78	17.35	118	12.72	158	5.98	198	4.81	158	7.39	198	6.24
39	22.19	79	17.21	119	12.55	159	5.91	199	4.77	159	7.34	199	6.23
40	22.08	80	17.06	120	12.37	160	5.83	200	4.73	160	7.29	200	6.22

* K taken as 1.0 for secondary members.

Note: C = 116.7

F_y = 42 ksi

ANEXO B

- Anclajes (longitud de desarrollo, ganchos standard)
- Tabla de longitud de desarrollo para distintos diámetros de varilla
- Areas y perímetros de varillas combinaciones de varillas

ANCLAJES: longitud de desarrollo y ganchos a 90°.

L_d * longitud mínima que una varilla de acero debería estar anclada en el concreto de tal forma que al aplicarle una fuerza de tensión "T" primero falle el acero por fluencia que el concreto por adherencia.

Longitud de desarrollo para momento positivo

Este se explica con el siguiente esquema:

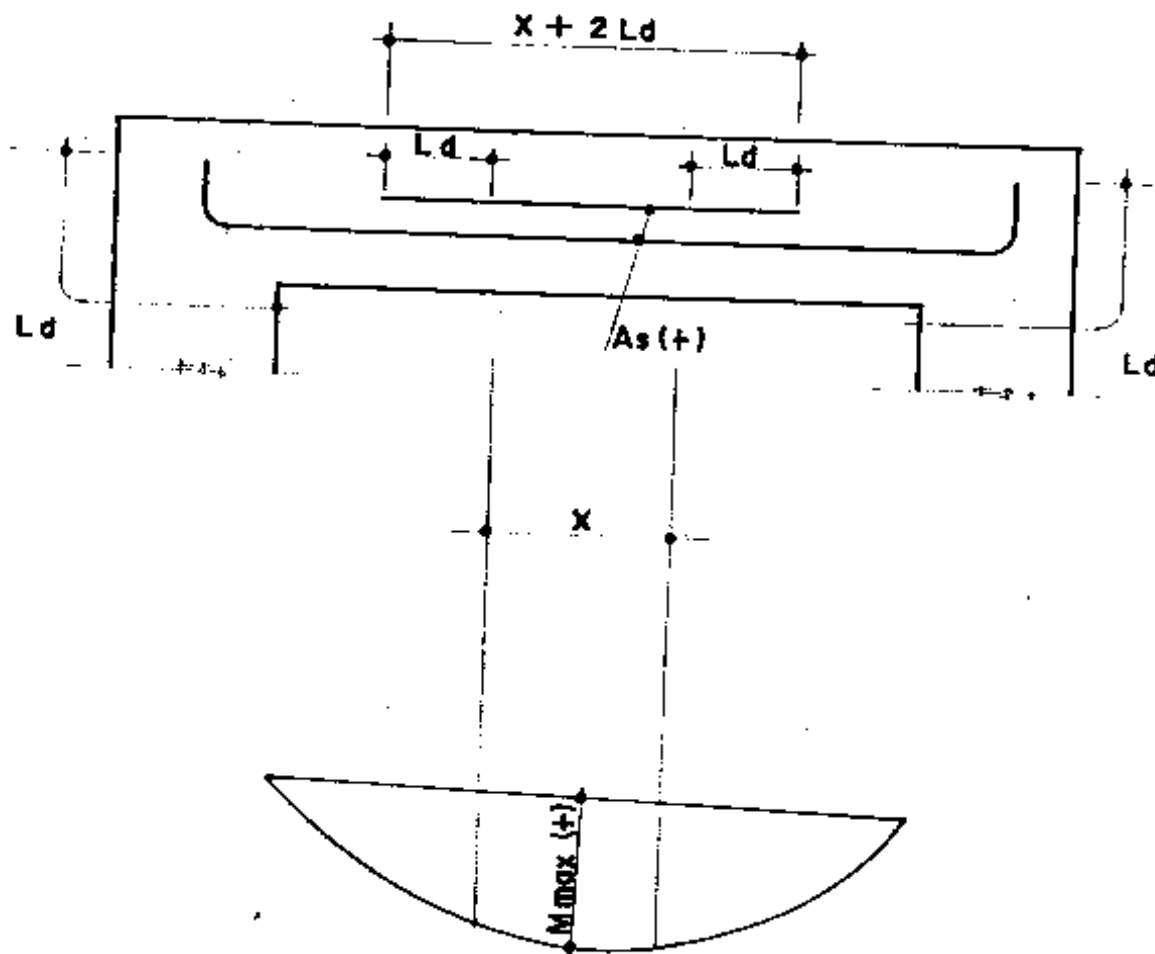


Fig. 7-B-1
Longitud de desarrollo para momento positivo

Longitud de desarrollo para momento negativo

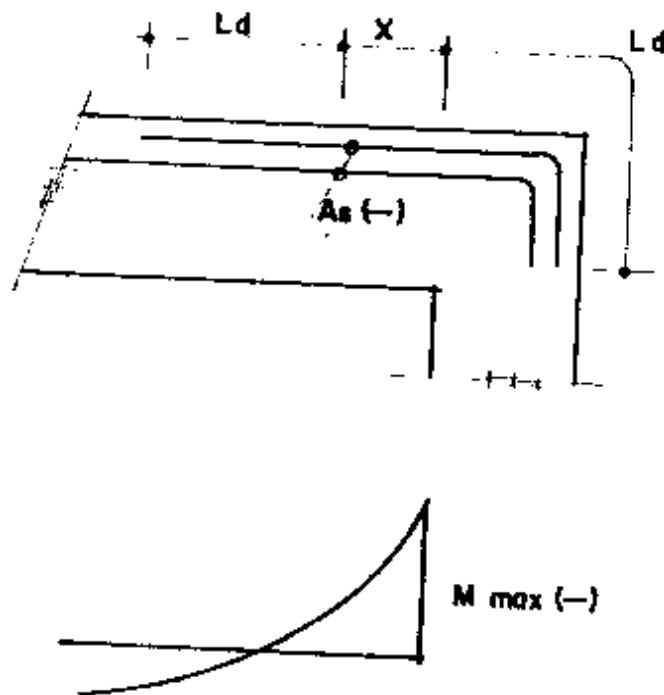


Fig. 7-B-2
Longitud de desarrollo para momento negativo

Longitud de desarrollo

La longitud básica de desarrollo deberá ser:

TABLA 7-B-3

Longitud de desarrollo

Para varillas de No. 11 o menores	
$L_d = 0.06 A_b f_y / \sqrt{f'_c}$	Sistema métrico
$L_d = 0.04 A_b f_y / \sqrt{f'_c}$	Sistema inglés
Para no menor de:	
0.0057 $d_b f_y$	Sistema métrico
0.0004 $d_b f_y$	Sistema inglés

- a) Esta longitud deberá multiplicarse por un factor multiplicativo (FM) así:
cuando el refuerzo sea colocado en el lecho superior al factor multiplicativo FM será igual a: 1.4.
- b) Cuando se utiliza concreto ligero FM = 1.33.
- c) Si el refuerzo está espaciado entre sí, por lo menos, 0.15 m y 0.08 m del rostro de fundición FM = 0.80.
- d) Para varillas confinadas FM = 0.75.
- e) Para paquetes de 3 varillas FM = 1.20
4 varillas FM = 1.33
- f) Cuando $f_y > 4200 \text{ kg/cm}^2$ FM = $[2 - \frac{4000}{f_y}]$

Donde:

L_d = Longitud de desarrollo

X = Longitud de influencia, momento máximo

$M_{m\acute{a}x}(+)$ = Momento máximo positivo

A_b = Area de acero de varilla usada

f_y = Esfuerzo de tensión del acero

f'_c = Resistencia a compresión del concreto

$\sqrt{f'_c}$ = Raíz cuadrada de la resistencia de compresión del concreto

FM = Factor multiplicativo

$A_s(-)$ = Area de acero para momento negativo

$A_s(+)$ = Area de acero para momento positivo

Resulta de mucha utilidad el manejo de valores de longitud de desarrollo mediante una forma empírica, en función de los diámetros de varillas a utilizar. La siguiente tabla proporciona una serie de datos útiles de longitud de anclaje para diversos números de varillas.

TABLA 7-8-4

Valores empíricos de longitud de desarrollo para distintos diámetros de varillas.

No.	Ø varillas (Pulg.)	Longitud de desarrollo (cms)	
2	2/8	30	
3	3/8	30	Para
4	4/8	40	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
5	5/8	50	$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
6	6/8	60	
7	7/8	70	
8	8/8	80	

Como se puede observar son 10 cms de longitud de desarrollo que cada 1/8 de pulgada a colocar.

Dimensiones y radio de doblado de gancho normalizado a escuadra (90°) según código ACI.

Ganchos Estándar

El término gancho estándar se emplea para designar:

- una vuelta semi-curcular más una extensión de, por lo menos, siete diámetros, pero no menor de 65 milímetros en el extremo libre de la varilla, o,
- una vuelta de 90° más una extensión de, por lo menos, doce diámetros de la varilla en el extremo libre.

TABLA 7-B-6

Diámetros mínimos de dobles para ganchos estándar

Número de varilla	Diámetro mínimo
3 a 8	6 diámetros de la varilla
9, 10 y 11	8 diámetros de la varilla
14 y 18	10 diámetros de la varilla

Diámetro mínimo de dobles

El diámetro de dobles para ganchos estándar, medido en el interior de la varilla, que no se utilice como gancho de estribos y anillos, no será menor que los valores dados en la tabla 7-B-6, excepto en las varillas del número 3 al 11, inclusive, de grado 28 con gancho de 180 grados solamente, el diámetro mínimo será de cinco diámetros de la varilla.

Ganchos estándar semicirculares (ganchos a 180 grados)

Se puede considerar que los ganchos estándar desarrollan un esfuerzo de tensión en las varillas de refuerzo $f_n = \epsilon f'_c$, donde ϵ no es mayor que los valores dados en la 7-B-8. El valor de ϵ se puede aumentar en un 30 por ciento cuando el gancho esté confinado por espirales o anillos en un plano perpendicular a él.

Longitud equivalente L_e

Una longitud de anclaje equivalente " L_e " se puede calcular sustituyendo f_h por f_y y L_d por L_a , en la Tabla 7-B-3, con lo que obtenemos la siguiente tabla:

TABLA 7-B-7

Para varillas del número 11 ó menor

$L_e = 0.06 A_b f_h / \sqrt{f'_c}$	Sistema métrico
$0.04 A_b f_h / \sqrt{f'_c}$	Sistema inglés
Pero no menores de:	
$0.0057 d_b f_h$	Sistema métrico
$0.0004 d_b f_h$	Sistema inglés

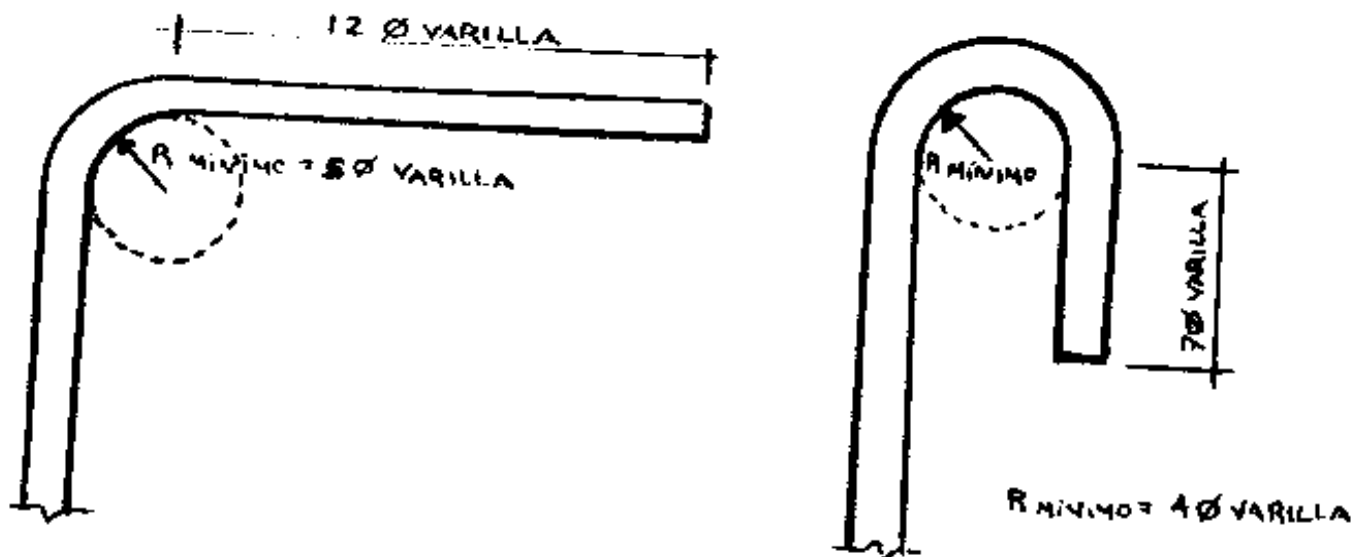
Donde: L_e = Longitud equivalente
 f_h = fuerza de tensión en la varilla
 ϵ = Factor para ganchos estándar
 L_d = Longitud de desarrollo básica

TABLA 7-B-8
Valores de "E"

Número de varilla	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$		$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
	Varillas del techo superior	Otras varillas	Todas las varillas
3 a 5	140	140	95
6	120	140	95
7 a 9	95	140	95
10	95	125	95
11	95	110	95
14	85	85	85
18	60	60	60

Fig. 7-B-9

Ganchos estándar a escuadra (90° grados) semicirculares (180 grados):



LONGITUD DE DESARROLLO (ANILAS)

ANILAS	K ₁	K ₂	2320				2812				3516				4219			
			176	211	246	281	176	211	246	281	176	211	246	281	176	211	246	281
3	S	n	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
	S	n	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
4	S	n	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
	S	n	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
5	S	n	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
	S	n	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
6	S	n	41	38	35	35	50	46	43	43	45	57	53	53	53	53	53	53
	S	n	31	31	31	31	36	33	31	31	43	41	38	38	54	49	46	46
7	S	n	56	52	48	45	62	62	58	54	85	78	72	68	103	94	87	81
	S	n	40	37	34	32	49	45	41	39	61	56	52	48	73	67	62	58
8	S	n	74	67	62	58	89	82	74	71	112	102	94	88	134	122	113	106
	S	n	53	48	45	42	64	58	54	50	80	73	67	63	96	87	81	76
9	S	n	74	66	59	53	114	104	96	90	142	130	120	112	170	156	144	135
	S	n	67	61	57	53	81	74	69	64	101	93	86	80	122	111	103	96
10	S	n	119	109	101	94	144	132	122	114	180	165	152	143	216	197	183	171
	S	n	85	78	72	67	103	94	87	81	129	118	109	102	154	141	131	122
11	S	n	147	134	124	116	178	162	150	140	222	203	189	176	266	243	225	211
	S	n	105	96	89	83	127	116	107	100	159	145	134	125	190	174	161	151
14	S	n	200	182	169	158	242	221	205	191	302	276	256	239	363	331	307	287
	S	n	143	130	121	113	173	158	146	137	216	197	183	171	259	237	219	205
18	S	n	258	236	218	204	313	286	265	248	391	357	331	310	469	429	397	371
	S	n	184	168	156	146	223	204	189	177	279	255	236	221	335	306	284	265

LOS VALORES SE PUEDEN REDUCIR ASÍ: (MULTIPlicAR POR K, POR TODOS LOS CASOS QUE NO OLVIDA)

$K = \text{AREA REQUERIDA} / \text{AREA PROVISTA}$

$K = 0.8$ SI LAS BARRAS ESTAN ESPACIADAS MÁS DE 15 CM. Y SEPARADAS MÁS DE 8 CM DEL BORDE.

TRASLAPES:

SI SE TRASLAPA MENOS DE LA MITAD DE LAS VARILLAS, LA LONGITUD DE TRASLAPES SERÁ 1.3 LA LONGITUD DE DESARROLLO.
 SI SE TRASLAPA MÁS DE LA MITAD, LA LONGITUD SERÁ 1.7 LA LONGITUD DE DESARROLLO.
 PARA SOLDADURAS, SÓLO SE DEBE PROPORCIONAR EL 125% DE f_y EN LA SOLDADURA.

Diámetro y área de varillas

Número de la varilla	Diámetro, mm	Área cm ²
3	9.5	
4	12.7	0.71
5	15.9	1.27
6	19.0	2.00
7	22.2	2.85
8	25.4	3.88
9	28.6	5.07
10	31.8	6.42
11	34.9	7.94
14	43.0	9.57
18	57.3	14.52
		25.81

EQUIVALENCIAS AL SISTEMA METRICO DE VALORES LIMITES

Unidades

	Inglés	Métrico
Esfuerzo	lb/pulg ²	kg/cm ²
Dimensión	pulg	cm
Peso	lb/pie ³	kg/m ³
Área	pulg ²	cm ²
Carga	lb	kg

ANEXO C

- **Nomenclatura usada**

NOMENCLATURA USADA

a'	= deformación total losa ensayada sin carga
a	= $c/0.85$
a''	= pestaña bovedilla en cms
$As(-)$	= Area de acero para momento negativo en cms^2
$As(+)$	= Area de acero para momento positivo en cms^2
$As(-)_{\text{mfn}}$	= Area de acero mínima para momento negativo
As	= Area de acero
As_f	= Area de acero para resistir el momento en las alas
$As_{\text{Temp.}}$	= Acero por temperatura
As_c	= Area de acero requerida en el Joist para soportar el esfuerzo de cedencia
As_w	= Acero para resistir el momento en el nervio
As_f	= Acero para resistir el momento en las alas
Av	= Area de acero de varilla usada para refuerzo de corte
AL	= Area de la losa ensayada
B	= Ancho tributario nervio
b	= ancho vigueta o ancho nervio
b_e	= ancho equivalente del nervio en una losa de viguetas y bovedillas
B_1	= Factor para distintas resistencias a la compresión especificada del concreto
b_w	= ancho del nervio
c	= distancia de la zona de compresión al eje neutro
cms	= centímetros
cms^2	= centímetros cuadrados

cd	= fuerza de compresión en el Joist
cv	= carga viva de montaje de viguetas
d	= peralte efectivo losas
db	= diámetro de varilla usado en la diagonal (Joist)
E	= peralte pastilla vigueta
EN	= Eje neutro
fy	= esfuerzo del acero en kg/cms^2
f'c	= resistencia a la compresión específica del concreto en kg/cms^2
fa	= esfuerzo de cedencia en el Joist
fn	= fuerza de tensión en la varilla
FS	= factor de seguridad
kg/m^2	= kilogramo/metro cuadrado
kg/m^3	= kilogramo/metro cúbico
k	= 1
<u>k l"</u>	= relación de esbeltez
l/2	= longitud/2 del elemento usado como relleno
l	= luz libre entre apoyos losa en mts
L'	= distancia máxima entre tendales de apoyo para viguetas en mts
L _{diag}	= Longitud diagonal del Joist
l"	= longitud de pandeo Joist en mts
Le	= Longitud equivalente
Ld	= longitud de desarrollo básica
mm	= milímetros
m	= deformación total losa ensayada con carga
ML	= metros lineales

$M_u(+)$	= momento positivo último de diseño
$M_u(-)$	= momento negativo último de diseño
mts	= metros
M_u	= momento último de diseño
M_{uf}	= momento último resistido por las alas
M_{ue}	= momento último resistido por el nervio
M_{uw}	= momento último resistido por el nervio
M_{uf}	= momento último resistido por las alas
$PP_{\text{vigüeta}}$	= peso propio vigüeta
$PP_{\text{bovedilla}}$	= peso propio bovedilla
S	= espaciamiento entre nervios
$S_{\text{máx}}$	= espaciamiento máximo entre nervios
t'	= peralte losa de distribución
$t-t'$	= peralte elemento usado como relleno
t	= peralte total de losa
viga en "T"	= viga en T_e
V_u	= corte último en el nervio
v_u	= esfuerzo de corte último en el nervio
v_c	= esfuerzo de corte resistido por el concreto
V_{Tr}	= corte de trabajo sobre la vigüeta
v_a	= esfuerzo de corte actuante
v_r	= esfuerzo de corte resistido por el concreto
W	= carga de prueba para ensayo en kg/m^2
W_u	= carga última para el en kg/m^2 diseño de losas
W_m	= carga muerta total en losa en kg/m^2
W_v	= carga viva total losa en kg/m^2
W_{acabados}	= carga acabados en kg/m^2

$W_{\text{bovedillas}}$	=	carga de bovedillas en kg/m^2
$W_{\text{bovedilla}}$	=	peso bovedilla
W_v	=	carga viva para losa en kg/m^2
W_{nervios}	=	peso nervios
W_p	=	carga total de prueba en kilogramos
W_{p4}	=	carga de prueba para 4 incrementos en kilogramos
Y	=	$t - t' - E$ en cms
δ	=	deformación losa en MM
$\% \text{ rec}$	=	porcentaje de recuperación a la deformación losa
$f_{\text{bovedillas}}$	=	número de bovedillas
γ_{concreto}	=	peso específico del concreto en kg/m^3
β	=	factor de reducción
P_{mfn}	=	cuantía mínima de acero
$P_{\text{calculado}}$	=	cuantía calculada de acero
$P_{\text{máx}}$	=	cuantía máxima de acero
P_{bal}	=	cuantía de falla balanceada de acero
P_e	=	cuantía de acero para resistir el momento en el nervio
P_f	=	cuantía de acero para resistir el momento en las alas
$P_{e \text{ má}}$	=	cuantía máxima de acero en el nervio
P_{eb}	=	cuantía de falla balanceada en el nervio
β	=	factor de corte
r	=	radio de giro
P_w	=	cuantía de acero para resistir el momento en el nervio
P_f	=	cuantía de acero para resistir el momento en las alas
E	=	factor para ganchos estándar
$P_w \text{ máx}$	=	cuantía máxima de acero
P_{wb}	=	cuantía de falla balanceada en el nervio

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Es de vital importancia para el ingeniero constructor, hacer un estudio preliminar de las luces a cubrir por las losas, para poder así determinar las ventajas y desventajas que los sistemas constructivos de losas le ofrecen.
2. El uso de la formaleta de madera es determinante en el costo de una losa, debido a su deterioro, después de dos o tres usos máximos que se le den, el precio de la madera se incrementa cada día.
3. Los sistemas semi-prefabricados de viguetas y bovedillas y de losas nervuradas con relleno en un sentido ofrecen grandes ventajas estructurales, técnicas y económicas en relación al sistema convencional de losa plana maciza.
4. Es de suma importancia la correcta manipulación de las viguetas y bovedillas en el sistema semi-prefabricado de viguetas y bovedillas, para evitar el desprendimiento de la soldadura en los extremos de las

viguetas y el deterioro en las bovedillas.

5. Hay gran similitud entre los sistemas semi-prefabricados de viguetas y bovedillas y los sistemas convencionales de losas nervuradas en un sentido con relleno, siendo la diferencia más significativa, la mayor facilidad en cuanto al armado y formateado del sistema semi-pre fabricado con el nervurado.
6. Para estos sistemas es aconsejable utilizar acabados plásticos para evitar la aparición de pequeñas grietas.
7. Los tiempos de ejecución de obra se reducen al utilizar estos sistemas de losas y en especial en el caso del sistema de losas semi-pre fabricadas de viguetas y bovedillas, lo cual hace que el pasivo laboral se reduzca.
8. El comportamiento estructural bajo la acción de cargas reales (cargas de ensayo) así como su recuperación a la deformación, fueron muy aceptables como se comprobó en los ensayos de laboratorio de carga y descarga realizados ambos sistemas de losas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos, Sección Pre fabricados.
 - 8.1 Se determinó en las pruebas realizadas sobre estos sistemas de losas que: el sistema semiprefabricado de viguetas y bovedillas es más rígido y de mejor recuperación a la deformación que el sistema tradicional de losas nervuradas en un sentido, el cual, sin embargo, es más elástico.

RECOMENDACIONES

1. Conocer los sistemas de losas existentes y utilizar preferiblemente los sistemas semiprefabricados o convencionales nervurados en relación a los sistemas convencionales de losas macizas planas.
2. Utilizar el sistema de losas de viguetas y bovedillas por su gran facilidad en el armado y formateado, lo cual se traduce en tiempos más rápidos de construcción y, esto, en economía.
3. Los sistemas de losas convencionales con relleno en un sentido ofrecen también grandes ventajas ya que todo el sistema es fundido en obra y esto puede convertirse en una gran ventaja dependiendo de las circunstancias de transporte y accesibilidad a la obra.
4. Tomar muy en cuenta la selección de elementos de losa para una terrazza y una losa de entre piso.
5. Tener gran cuidado en cuanto a la impermeabilización final de la losa, pues, esto evitará problemas de filtración en el futuro.
6. Debe revisarse la adecuada aplicación de los acabados tradicionales sobre estos sistemas de losas con el objetivo de evitar pequeños agrietamientos en ellos y es aconsejable el uso de acabados plásticos por su mayor flexibilidad.
7. Es sumamente importante revisar la colocación adecuada de la estructura de soporte, es decir, la obra falsa que se utilizará para el montaje de estos sistemas de losas.

9. BIBLIOGRAFIA

- ACI 318-77
Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado y Comentarios
- ACI 318-83
Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado y Comentarios
- Ing. Ramiro Acuña
Guía para la Selección de Elementos de losas en sistema convencional y sistemas de Concreto Pre-esforzado existentes en Guatemala.
- G. Winter & A. H. Nilson
Proyecto de Estructuras de Concreto
Editorial Reverte
- Steel Construction Manual
Seventh Edition