

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

02149
9

LAS LOSAS, SU CAPACIDAD Y COSTOS,
UNA COMPARACION.

T E S I S
O U E P R E S E N T A :
WALTER JOSEF HANS HECHT SCHNEIDER
P A R A O B T E N E R E L G R A D O D E
M A E S T R O E N : A R Q U I T E C T U R A

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
ARQUITECTURA
CAMPO DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGIA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

LAS LOSAS,
SU CAPACIDAD Y COSTOS,
UNA COMPARACIÓN

Tesis que para obtener el grado de
Maestro en Arquitectura presenta

WALTER JOSEF HANS HECHT SCHNEIDER

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Director de Tesis:

M. EN ARQ. FRANCISCO REYNA GÓMEZ

SINODALES PROPIETARIOS:

DR. JUAN GERARDO OLIVA SALINAS

DR. HUMBERTO ACEDO ESPINOZA

SINODALES SUPLENTE:

M. EN ARQ. ENRIQUE SANABRIA ATILANO

ARQ. HÉCTOR FERREIRO LEON

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dedicado con agradecimiento al

Arq. Felipe Leal Fernández

DIRECTOR DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA
U.N.A.M.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

© 2001, Walter Hecht Schneider

SEP- INDAUTOR

REGISTRO PUBLICO

03- 2001- 070213334200- 01

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo del autor.

ÍNDICE

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN

SIMBOLOGÍA

1. Losas coladas en sitio	1
1.1. Losas de un sentido	1
1.1.1. Elementos de un claro	1
1.1.2. Continuidad	10
1.1.2.1. Solución según teoría elástica	11
1.1.2.2. Solución por medio de articulaciones	13
1.1.2.3. Solución por medio de la teoría plástica	14
1.2. Losas perimetrales	15
1.2.1. Losas simples	16
1.2.1.1. Losas sin resistencia a torsión	16
1.2.1.2. Losas con resistencia a torsión	19
1.2.1.3. Losas sin anclas en las esquinas	21
1.2.1.4. Comparación de los resultados	23
1.2.2. Losas corridas	25
1.2.2.1. Losas sin resistencia a torsión	25
1.2.2.2. Losas con resistencia a torsión	32
1.3. Losas específicas	39
1.3.1. Losas con apoyos interrumpidos	40
1.3.2. Losas con huecos	43
1.3.2.1. Losas sin empotre	43
1.3.2.2. Losa empotrada con hueco céntrico	43
1.3.2.3. Losa cuadrada de lados iguales con hueco en una esquina	44
1.3.3. Losas con apoyos de punta	45
1.3.3.1. Cálculo aproximado	45
1.3.3.2. Cálculo "exacto"	47
1.4. Losas de dos capas	48

2. Losas semiprefabricadas	53
2.1. Losas a base de viguetas y bovedillas	53
2.2. Losas con base prefabricada	73
2.2.1. Losas de un claro	73
2.2.2. Losas corridas	77
3. Losas prefabricadas	85
3.1. Losas de concreto normal	85
3.1.1. Losa "π"	85
3.1.2. Losas con huecos	90
3.2. Losas de concreto ligero	98
4. Losas de acero	104
4.1. Láminas autosustentables	104
4.2. Estructura compuesta	109
5. Pisos de madera	111
6. Resumen	114
7. Conclusiones	122
Anexo	I
Bibliografía	XXI

PRÓLOGO

El tratado se dirige a arquitectos e ingenieros civiles en ejercicio de su profesión. El contenido abarca las maneras más diversas de techar o colocar entrepisos en edificaciones. El estudioso de la materia en cuestión encuentra soluciones aptas para su inmediata aplicación.

El autor, desde varios años experto en estructuras, ve la necesidad de poseer valores comparativos para elegir el material y las formas geométricas idóneas para un género específico de un inmueble a construir. Los resultados obtenidos se refieren según la naturaleza de las estructuras analizadas a cargas repartidas como se encuentran y se recomiendan para su aplicación en los reglamentos de construcción de los diferentes estados de la República Mexicana. Un futuro tratado pudiera ampliar el tema a cargas concentradas como originan columnas y muros de carga sostenidos por losas o convertir las dimensiones usadas al sistema internacional.

El lector interesado determina sin problemas matemáticos la solución adecuada. El estudiante encuentra los peraltes requeridos para definir la altura de un entrepiso o el espacio que necesita la estructura del techo de una nave.

El contenido de este libro llena un vacío en la biblioteca de cada persona que se dedica a la planeación de edificios. El estudiante de la carrera de arquitectura o de ingeniería civil se familiariza de manera sencilla con la interrelación entre capacidad y costo de diversos materiales para losas.

México, D.F., invierno de 2001/2002.

El autor

INTRODUCCIÓN

Las losas representan elementos superficiales. Por tal motivo, reparten las cargas en ambas direcciones ortogonales. El género de apoyo y el claro en sentido longitudinal y el de la dirección transversal definen por medio de la deformación particular su comportamiento. Las losas transmiten por fricción o por interacción las cargas horizontales a los apoyos y así rigidizan la construcción mediante su propiedad monolítica. El material idóneo para lograr estos efectos es el concreto colado en sitio. Una losa de concreto reforzado soporta momentos en sentido horizontal y vertical a la vez.

Empleando el acero o la madera aparecen dificultades; la carencia de absorber cargas concentradas, muros o columnas, incrementa la deformación en sentido vertical colocando vigas de igual peralte (excepto entramado de trabes).

Las vigas de cualquier índole descargan en una sola dirección. Fabricando piezas aisladas falta la capacidad para repartir las fuerzas en dos direcciones y por eso la rigidez necesitada en el sentido en el cual no transmiten los elementos lineales (vigas). La palabra prefabricada carece de sentido. Si se usa en este tratado, es por la aceptación que tiene como vocablo popular (vox populi). Los huecos y vacíos en la construcción de hormigón no requieren de soportes especiales. Los elementos restantes absorben por medio de deflexión los esfuerzos adicionales.

La manera más simple y económica de realizar una edificación es a base de muros de mampostería y elementos horizontales de concreto reforzado. Para comparar los diferentes materiales en uso se incluyen vigas de madera y láminas dobladas en frío de acero.

SIMBOLOGÍA

Se usa una simbología de acuerdo con normas internacionales.

t toneladas
kg kilogramos
m metros
tm toneladas- metros
kgm kilogramos- metros

Las unidades empleadas en el tratado se convierten a unidades internacionales de la siguiente manera:

valor estático	tratado	internacional
fuerza, carga	1 kg	9.81 N
	100 kg	0.981 kN
	1 t	9.81 kN
	100 t	0.981 MN
carga / m ²	100 kg/m ²	0.981 kN/m ²
carga / m	1 t/m	9.81 kN/m
carga / m ³	100 kg/m ³	0.981 kN/m ³
momento	1 kgm	9.81 Nm
	100 kgm	0.981 kNm
	1 tm	9.81 kNm
	100 tm	0.981 MNm
resistencia	10 kg/cm ²	0.981 MN/m ²
	10 kg/cm ²	0.981 N/mm ²
	1 t/cm ²	98.1 N/mm ²
	1 t/cm ²	98.1 MN/m ²

Las losas, su capacidad y costos, una comparación.

En general se distingue entre losas macizas, aligeradas- ambos géneros de concreto- y losas a base de láminas dobladas de acero.

Los parámetros que rigen un análisis correcto son:

Calidad de concreto y de acero; gasto para moldes o cimbras; altura sobre nivel; colado en sitio o precolado; tensión en el refuerzo; costos de transporte o almacenamiento; ahorros en mano de obra o materiales; condiciones del lugar de la obra a ejecutar. Usando lámina doblada de acero se agregan los costos para licencias de emplear patentes, protección contra oxidación en frío y en caliente y respetando la reducción por ahorro en encofrado.

Además existe la posibilidad de elaborar una estructura de madera - una combinación de vigas y duelas.

Los parámetros que definen su aceptación son:

Disponibilidad de las secciones requeridas; costo para la triple protección- insectos, hongos e incendios; aislamiento acústico y falso plafón en su caso.

Contando en este contexto con un material natural, uno depende en alto grado de las condiciones del lugar en donde se realiza la obra:

Precipitación pluvial,
condiciones de vida para los insectos locales,
sistemas de drenaje existentes para controlar la humedad del sitio.

1. LOSAS COLADAS EN SITIO MACIZAS O ALIGERADAS

La forma más simple de cubrir espacios representan las losas macizas como elementos superficiales, fáciles en su elaboración. Su capacidad de repartir cargas concentradas y su posibilidad de distribuir los momentos en partes positivas y negativas recomienda este género para la aplicación.

El tipo de apoyos significa el punto decisivo para el diseño de tales losas. El material adecuado para absorber compresión es el concreto, el acero para soportar tracción. Ambos componentes forman un material que resiste a cargas axiales y excéntricas. La relación acertada entre las tensiones existentes define la aplicación o el rechazo del concreto.

Cemento, agregados y agua se mezclan formando una masa líquida que se cuela en moldes o cimbras según su uso posterior.

El encofrado se elabora a base de hojas de acero, vigas CPI. 2 o montenes como madrinan y polines ajustables de sección tubular. Empleando madera existen varias opciones de acuerdo con la superficie deseada del concreto.

Tarimas de 0.50 metros de ancho y un metro de largo, hojas de madera contrachapeada, grosor según el peso a soportar, tablas aisladas de diferentes peraltes.

Estos elementos se apoyan sobre vigas de madera de diferente sección. Polines de 3 1/2" por 3 1/2" y de un longitud normada de 10' sirven como sostén para las madrinan. Las diferentes alturas se corrigen por medio de cuñas del mismo material. La rigidez horizontal se logra con tablas cruzadas que se colocan entre polín y polín.

1.1. LOSAS DE UN SENTIDO

Estas losas se dejan aplicar de manera múltiple por permitir de recuperar en su entidad el encofrado. A pesar que se transmiten las cargas en una sola dirección se reparten cargas concentradas perpendiculares al eje. La desventaja consiste en una mayor deformación.

1.1.1. Elementos de un claro

Tales losas tienen la ventaja de ser calculables, porque el flujo

de cargas depende de la ley de la palanca. La capacidad se define por medio de diagramas esfuerzo/deformación. En la práctica profesional se usan aproximaciones que dan resultados tolerables. Las formas geométricas que rigen el comportamiento del concreto son:

a) el rectángulo; b) la parábola de segundo grado y el rectángulo
 c) el triángulo y el rectángulo; d) la parábola de tercer grado (valor exacto para flexión).

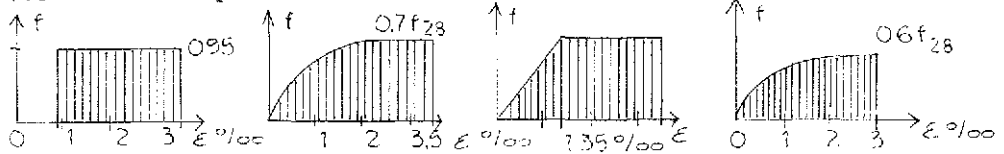


figura 1

relación esfuerzo/deformación para concreto

La curva real depende de la calidad del concreto y de la intensidad y duración de la carga a soportar. El área de acero para absorber la tracción se define de acuerdo con el comportamiento elástico del material: $\epsilon = f/E$ 1.1

ϵ deformación

f esfuerzo

E módulo de elasticidad para acero (2100000 kg/cm²)

Según la intensidad de la sollicitación a la cual están sujetas las losas se distinguen tres fases:

fase 1: el concreto absorbe tracción y compresión

fase 2: el concreto falló por tracción que absorbe ahora el acero el cual fluye

fase 3: estado de ruptura

En general las losas se encuentran entre el estado I (material homogéneo) y estado II (el acero fluye).

El peralte de losas depende del claro; para claros hasta cinco metros se elige tres por ciento y para claros mayores a este valor entre los apoyos un cinco por ciento.

Intención: Se trata de alcanzar que el acero fluye antes que el concreto falla por compresión.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Cada losa soporta una carga propia y una carga variable. Para un solo claro se usa un solo peralte. En este contexto interesa la interrelación peso propio/carga total y gasto de acero por m^2 . Se indicará el gasto en kilogramos por m^2 con la abreviación de kgs. para distinguirlo de kg/m^2 empleado para cargas. Se presentan los datos correspondientes para claros de 3, 4, 5, 6 y 7 metros (losas planas y macizas).

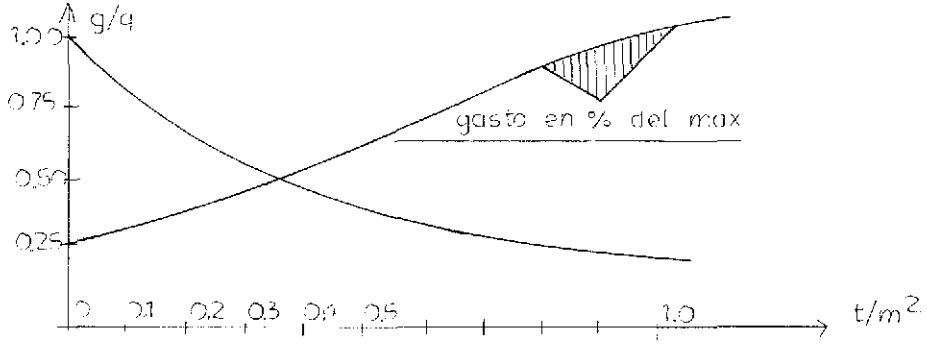


figura 2

claro 3 metros

gasto en kgs./ m^2 : 2.69; 3.65; 4.44; 4.87; 5.61; 6.46; 7.02; 8.37; 9.21; 7.93*; 10.26* *calidad f'c250, resto f'c200

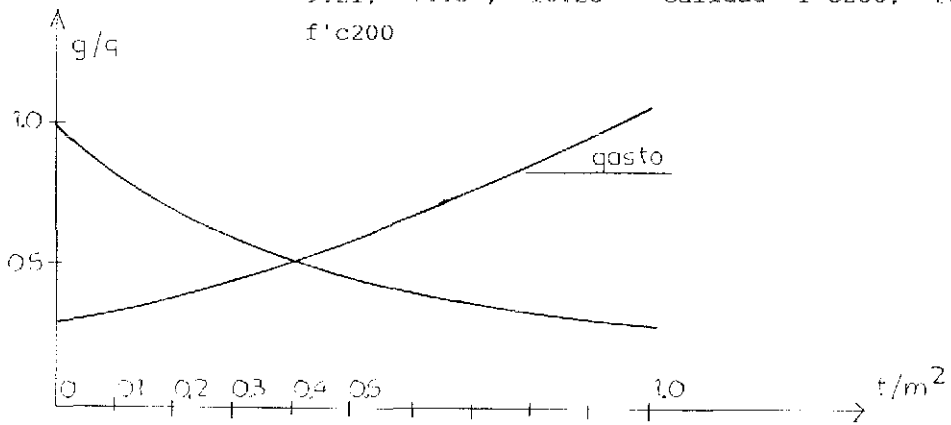


figura 3

claro 4 metros

gasto en kgs./ m^2 : 4.01; 4.75; 5.61; 6.46; 7.47; 8.16; 9.67; 13.31; 14.10

se consideran 114 y 112 kg/m^2 para los acabados



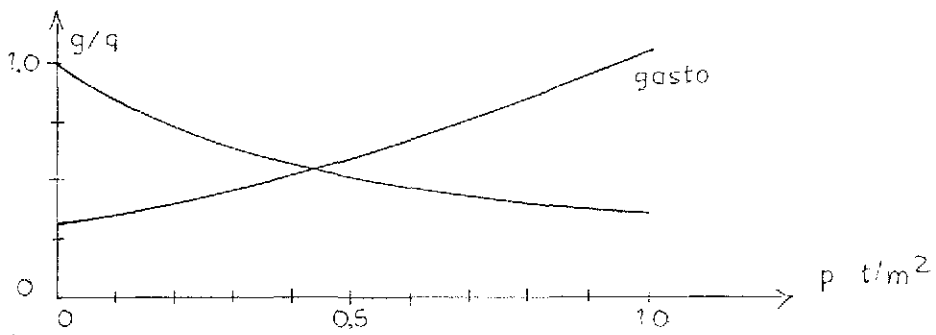


figura 4

claro 5 metros

gasto en kgs./m²: 5.28;6.22;7.32;8.27;9.51;10.84;11.96;13.31
14.95;17.03;18.35

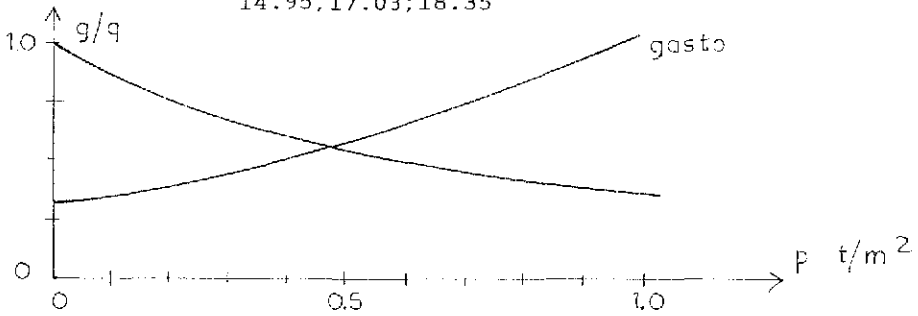


figura 5

claro 6 metros

gasto en kgs./m²: 7.02;7.95;8.97;11.15;12.52;13.31;14.89;17.10
19.71;21.50;23.65

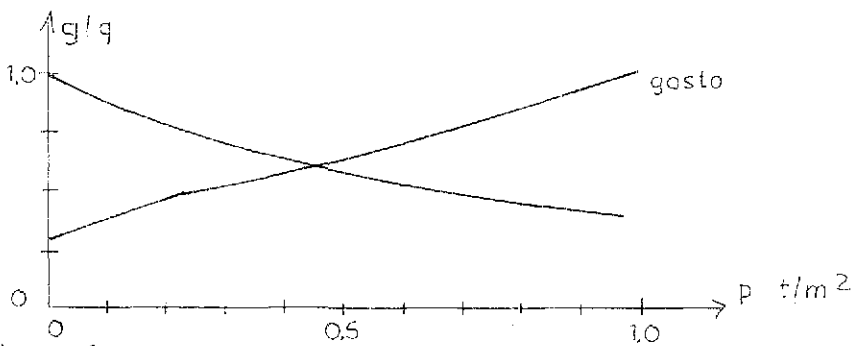


figura 6

claro 7 metros

gasto en kgs./m²: 8.97;11.06;13.25;14.05;15.94;18.43;19.90;
21.84;24.85;26.49;28.56

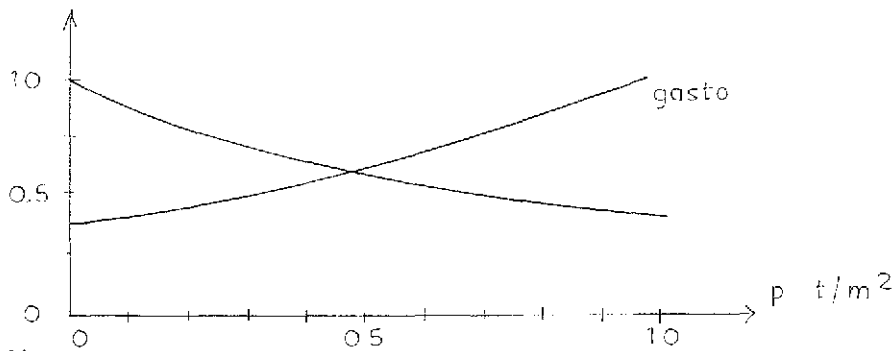


figura 7

claro 8 metros

gasto en kgs./m²: 11.15;13.29;14.84;15.94;18.43;20.00;21.84;
23.79;26.34;28.37;30.75

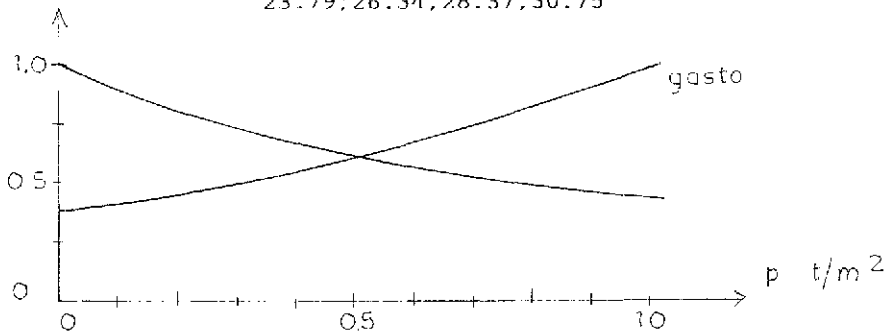


figura 8

claro 9 metros

gasto en kgs./m²: 14.88;16.01;18.27;19.90;21.72;23.79;26.67;
28.55;30.97;33.83;36.95

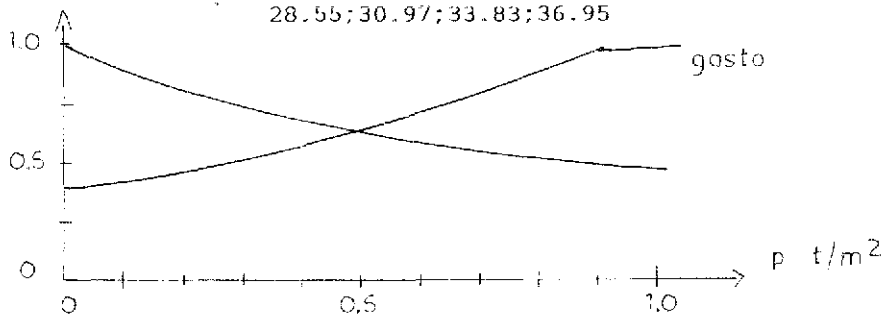


figura 9

claro 10 metros

gasto en kgs./m²: 15.88;18.35;20.00;23.28;26.67;28.75;31.21;
33.83;37.28;40.98;40.98

área de varillas para refuerzo de elementos de concreto

distancia	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	cantidad
5 cm	14.2	25.4	39.6	57.0	20.0/mto.
5.5	12.91	23.09	36.0	51.82	18.2
6	11.83	21.17	33.0	47.5	16.7
6.5	10.92	19.54	30.46	43.85	15.4
7	10.14	18.14	28.29	40.71	14.3
7.5	9.47	16.93	26.4	38.0	13.3
8	8.88	15.88	24.75	35.63	12.5
8.5	8.35	14.94	23.29	33.53	11.8
9	7.89	14.11	22.0	31.67	11.1
9.5	7.47	13.37	20.84	30.0	10.5
10	7.1	12.7	19.8	28.5	10.0
10.5	6.76	12.1	18.86	27.14	9.5
11	6.45	11.55	18.0	25.91	9.1
11.5	6.17	11.04	17.22	24.78	8.7
12	5.92	10.58	16.5	23.75	8.3
12.5	5.68	10.16	15.84	22.8	8.0
13	5.46	9.77	15.23	21.92	7.7
13.5	5.26	9.41	14.67	21.11	7.4
14	5.07	9.07	14.14	20.36	7.1
14.5	4.9	8.76	13.66	19.66	6.9
15	4.73	8.47	13.2	19.0	6.7
15.5	4.58	8.19	12.77	18.39	6.5
16	4.44	7.94	12.38	17.81	6.3
16.5	4.3	7.7	12.0	17.27	6.1
17	4.18	7.47	11.65	16.76	5.9
17.5	4.06	7.26	11.31	16.29	5.7
18	3.94	7.06	11.0	15.83	5.6
18.5	3.84	6.86	10.7	15.41	5.4
19	3.74	6.68	10.42	15.0	5.3
19.5	3.64	6.51	10.15	14.62	5.1
20	3.55	6.35	9.9	14.25	5.0
20.5	3.46	6.2	9.66	13.9	4.9
21	3.38	6.05	9.43	13.57	4.8
21.5	3.3	5.91	9.21	13.26	4.7

22	3.23	5.77	9.0	12.95	4.5
22.5	3.16	5.64	8.8	12.67	4.4
23	3.09	5.52	8.61	12.39	4.3
23.5	3.02	5.4	8.43	12.13	4.3
24	2.96	5.29	8.25	11.87	4.2
24.5	2.9	5.18	8.08	11.63	4.1
25	2.84	5.08	7.92	11.4	4.0
25.5	2.78	4.98	7.76	11.18	3.9
26	2.73	4.88	7.62	10.96	3.8
26.5	2.68	4.79	7.47	10.75	3.8
27	2.63	4.7	7.33	10.56	3.7
27.5	2.58	4.62	7.2	10.36	3.6
28	2.54	4.54	7.07	10.18	3.6
28.5	2.49	4.46	6.95	10.0	3.5
29	2.45	4.38	6.83	9.83	3.4
29.5	2.41	4.31	6.71	9.66	3.4
30	2.37	4.23	6.6	9.5	3.3
30.5	2.33	4.16	6.49	9.34	3.3
31	2.29	4.1	6.39	9.19	3.2
31.5	2.26	4.03	6.29	9.05	3.2
32	2.22	3.97	6.19	8.91	3.1
32.5	2.18	3.91	6.09	8.77	3.1
33	2.15	3.85	6.0	8.64	3.0

Ø2.5 0.49cm²

área de varillas para refuerzo según la cantidad

cant.	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø8
1	0.71	1.27	1.98	2.85	5.07
2	1.42	2.54	3.96	5.7	10.14
3	2.13	3.81	5.94	8.55	15.21
4	2.84	5.08	7.92	11.4	20.28
5	3.55	6.35	9.9	14.25	25.35
6	4.26	7.62	11.88	17.1	30.42
7	4.97	8.89	13.86	19.95	35.49
8	5.68	10.16	15.84	22.8	40.56
9	6.39	11.43	17.82	25.65	45.63
10	7.1	12.7	19.8	28.5	50.7

Las distancias entre varilla y varilla son en centímetros.

Nomenclatura:

g peso propio incluyendo acabados

p carga variable

q carga total

Las páginas 4 y 5 demuestran los gastos para claros de 7, 8, 9 y 10 metros respectivos.

El gasto de concreto es en m^3/m^2 :

claro (m)	gasto (m^3/m^2)
3	0.09
4	0.12
5	0.15
6	0.18
7	0.20
8	0.25
9	0.28
10	0.31

Los gastos se representan en forma lineal, como parábola de tercer grado y como parábola de octavo grado.

Cantidad de acero:

$$10.26 - (30.72/7)x$$

$$10.26 - 24.60x - 93.45x^2 - 38.13x^3$$

Cantidad de concreto:

$$0.09 - (0.22/7)x$$

$$0.09 - 0.24x - 0.94x^2 - 0.48x^3$$

$$0.09 - 0.96x - 5.58x^2 - 9.11x^3 - 0.06x^4 - 14.01x^5 - 9.17x^6 - 3.84x^7 - 3.65x^8$$

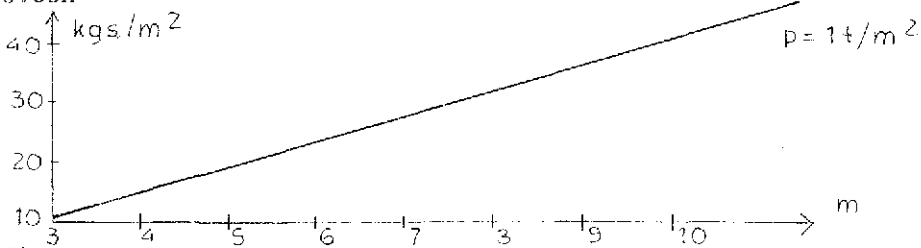


figura 10

relación lineal para el gasto del acero

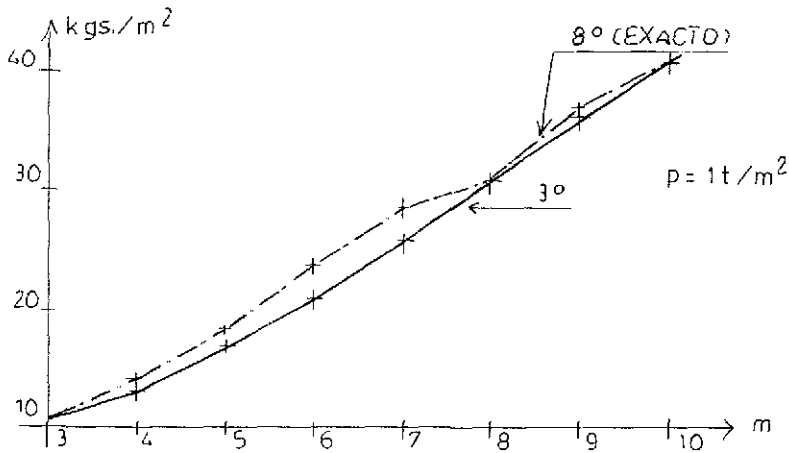


figura 11

relación exponencial para el gasto de acero

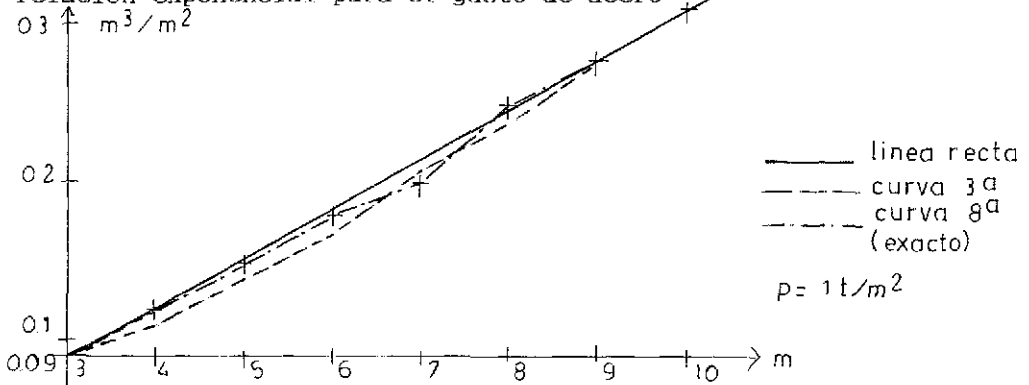


figura 12

relaciones para el gasto de concreto

Los datos indicados se refieren a una carga variable de $1.0t/m^2$

El claro aumenta de 3.0 a 10.0 metros o 333%

El gasto de concreto sube de 0.09 a $0.31m^3/m^2$ o 344%

El gasto de acero se incrementa de 10.26 a $40.98kgs./m^2$ o 399%

La capacidad en estado I de 81 a 961 o 1186%

La capacidad en estado III (ruptura) de 2.43 a $40.38tm/m$ o 1662%

La ganancia a la resistencia es aproximada al aumento del claro al cuadrado.

(4/3), (5/3), (6/3), (7/3), (8/3), (9/3), (10/3).

$100/9 \sim 1186\%$ valor para estado I

Comparando con el material acero se tiene:

viga de acero I.P.C.

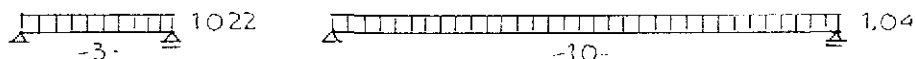


figura 13

$$\text{max } m = 1.022 \cdot 9/8 = 1.15 \text{ tm}$$

$$\text{max } m = 1.04 \cdot 12.5 = 13 \text{ tm}$$

usando A36 se requiere:

para el claro 3 metros: I.P.C. 6" x 4" con grosor de 1/4"

peso propio 17.09kg/m

para el claro de 10 metros: I.P.C. 16" x 6" con grosor del alma de 1/4", grosor de los patines 1/2"; peso propio 49.38kg/m.

El aumento en gasto: $49.38/17.09 = 2.89$ o 289%

Comparando con el material madera se tiene:

vigas macizas de madera o laminado



figura 14

$$\text{max } m = 1020 \cdot 9/8 = 1148 \text{ kgm}$$

$$\text{max } m = 1100 \cdot 12.5 = 13750 \text{ kgm}$$

para pino II

el claro de 3 metros requiere: 10" x 4" 15.48kg/m

el claro de 10 metros requiere: 29" x 6" 67.35kg/m

incremento: $67.35/15.48 = 4.35$ o 435%

Para la relación carga variable/peso propio se observa:

material	claro 3 metros	claro 10 metros
concreto	4.63	1.34
madera	64.6	14.85
acero	58.51	20.25

Como es de esperar el acero da los valores mas favorables para claros mayores.

1.1.2. Continuidad

La *continuidad* se logra usando losas que corren sobre varios claros o conectando losas y apoyos del mismo material. La repartición de las cargas depende de la rigidez de cada claro o de cada elemento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1.2.1. Solución según teoría elástica

La manera mas adecuada es considerar una capacidad constante y modificar los momentos en la zona de los apoyos por $\pm 20\%$.

Para un claro de tres metros y una carga de 1.33t/m se tiene:

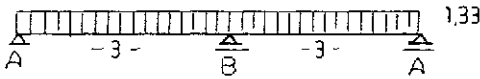


figura 15

$$m_B = 1.50\text{t} \quad A = 1.68\text{t/m} \quad m = 1.07\text{t}$$

refuerzo requerido:

$$m_1: 7.29\text{cm}^2/\text{m} \quad m_B: 11.08\text{cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$7.29 + 11.08 \cdot 0.25 = 10.06\text{cm}^2/\text{m}$$

reducción por 20% del momento negativo:

$$m_B = 0.8 \cdot 1.5 = 1.20\text{t}$$

$$m_1 = 0.96\text{t}$$

refuerzo requerido:

$$m_1: 6.44\text{cm}^2/\text{m} \quad m_B: 8.40\text{cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$6.44 + 2.10 = 8.52\text{cm}^2/\text{m}$$

aumento por 20% del momento negativo: (requerido $f'c300$)

$$m_B = 1.2 \cdot 1.5 = 1.80\text{t}$$

$$m_1 = 0.73\text{t}$$

refuerzo requerido:

$$m_1: 4.76\text{cm}^2/\text{m} \quad m_B: 13.34\text{cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$4.76 + 13.34 \cdot 0.25 = 8.10\text{cm}^2/\text{m}$$

Para un claro de 10 metros y una carga de 1.86t/m se tiene:

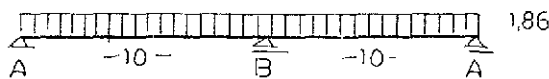


figura 16

$$m_B = 23.25\text{t} \quad A = 6.98\text{t/m} \quad m_1 = 13.08\text{t}$$

refuerzo requerido:

$$m_1 = 21.85\text{cm}^2/\text{m} \quad m_B = 41.44\text{cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$21.85 + 41.44 \cdot 0.25 = 32.21 \text{ cm}^2/\text{m}$$

reducción por 20% del momento negativo:

$$m_B = 18.60 \text{ t}$$

$$m_1 = 14.88 \text{ t}$$

refuerzo requerido:

$$m_1: 25.08 \text{ cm}^2/\text{m} \quad m_B: 31.16 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$25.08 + 31.16 \cdot 0.25 = 33.37 \text{ cm}^2/\text{m}$$

aumento por 20% del momento negativo:

$$m_B = 28.20 \text{ t}$$

$$m_1 = 11.29 \text{ t}$$

refuerzo requerido:

$$m_1: 17.1 \text{ cm}^2/\text{m} \quad m_B: 50.30 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$17.1 + 50.3 \cdot 0.25 = 29.68 \text{ cm}^2/\text{m}$$

aumentando el momento negativo se necesita una mayor calidad del concreto; en vez de usar $f'c200$ se empleará $f'c300$.

Respetando las inercias verdaderas en estado II se obtienen los siguientes resultados para un claro de 3 metros y una carga de 1.33t/m:

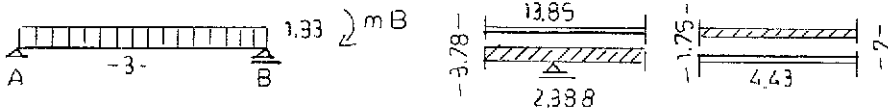


figura 17

zona de compresión, refuerzo

$$I_c = I_{pos} = 1$$

$$I_{neg} = 2.388$$

según el método de fuerzas se recibe:

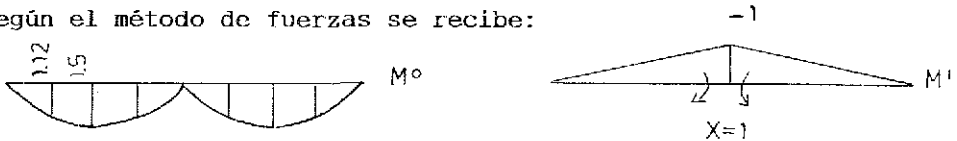


figura 18

diagrama de momentos

deformaciones:

$$\delta_{01} = -4.0275; \quad \delta_{11} = 2.11097$$

$$X = 1.91t$$

$$m_1 = 2.1025/2.66 = 0.79t$$

refuerzo requerido:

$$m_1: 4.52 \text{cm}^2/\text{m} \quad m_B: 14.56 \text{cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$4.52 + 14.56 \cdot 0.25 = 8.16 \text{cm}^2/\text{m}$$

Para un claro de 10 metros y una carga de 1.86t/m:

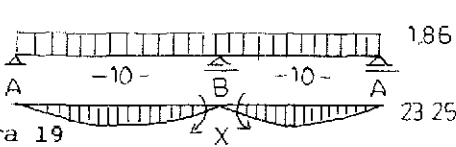


figura 19

diagrama de momentos

deformaciones:

$$\delta_{01} = -67.452; \quad \delta_{11} = 2.412$$

$$X = 27.96t$$

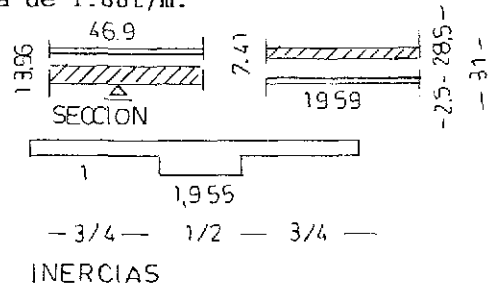
$$m_1 = 11.37t$$

refuerzo requerido:

$$m_1: 18.29 \text{cm}^2/\text{m}; \quad m_B: 52.72 \text{cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$18.29 + 52.72 \cdot 0.25 = 31.47 \text{cm}^2/\text{m}$$



1.1.2.2. Solución por medio de articulaciones

Se colocan las articulaciones de tal manera para recibir momentos constantes.

Para un claro de 3 metros y una carga de 1.33t/m se tiene:

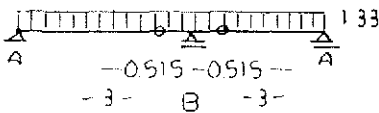


figura 20

para $m = \text{constante}$ la distancia $x = L(3 - \sqrt{8})$

$$m_1 = m_B = 1.03t$$

refuerzo requerido:

$$m1: 7.30\text{cm}^2/\text{m}; \quad mB: 7.30\text{cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$7.30 + 7.3 \cdot 0.25 = 9.13\text{cm}^2/\text{m}$$

Para un claro de 10 metros y una carga de 1.86t/m se recibe:

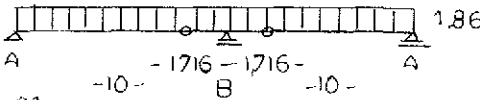


figura 21

para m igual a constante la distancia $x = 3L \pm 2L\sqrt{2}$

$$m1 = mB = 15.96t$$

refuerzo requerido:

$$m1: 27.36\text{cm}^2/\text{m}; \quad mB: 27.36\text{cm}^2/\text{m}$$

gasto:

$$27.36 + 27.36 \cdot 0.25 = 34.20\text{cm}^2/\text{m}$$

1.1.2.3. Solución por medio de la teoría plástica

Cada claro forma una cadena de ruptura; el mínimo de capacidad se tiene para los claros tope.

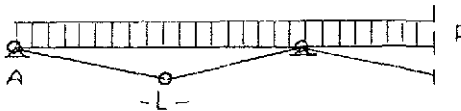


figura 21

ubicación de articulaciones plásticas

para momento plástico constante el resultado es:

$$I) A = qL/2 - M/L$$

$$II) A^2/2q = M$$

para el claro de 3 metros: 2.43t

para un claro de 10 metros: 40.38t

las cargas correspondientes son:

3 metros: 3.147t/m

10 metros: 4.707t/m

con un factor de seguridad de 1.75 las cargas admisibles valen:

3 metros: $3.147/1.75 = 1.798\text{t/m}$

10 metros: $4.707/1.75 = 2.69\text{t/m}$

momentos a considerar:

claro de 3 metros: $2.43 \cdot 1.33/3.147 - 1.03\tau$

claro de 10 metros: $40.38 \cdot 1.86/4.707 - 15.96\tau$

refuerzo requerido:

$m_1, m_2, m_B: 7.30 \text{ cm}^2/\text{m}$

gasto:

9.13 kgs./m^2

claro de 10 metros:

$m_1, m_2, m_B: 27.36 \text{ cm}^2/\text{m}$

gasto:

34.20 kgs./m^2

los valores coinciden con el párrafo 1.1.2.2.

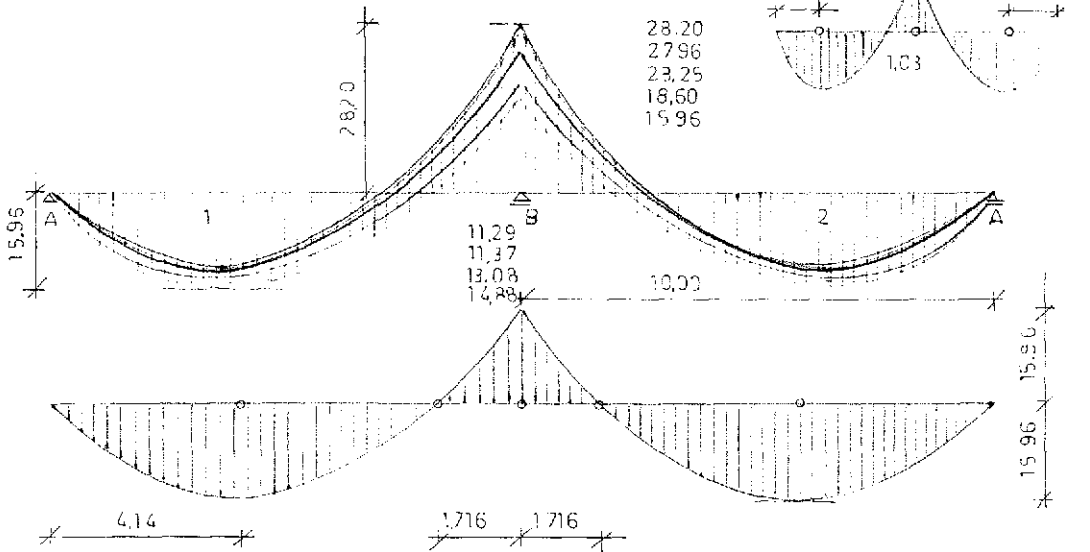


figura 22

diagramas de momentos (una comparación)

Para losas de múltiples claros se recibe un resultado semejante.

1.2. LOSAS PERIMETRALES

Losas perimetrales o losas de doble sentido descargan superficialmente o en las dos direcciones ortogonales. Se distingue entre estructuras con resistencia a torsión y sin esta capacidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.1. Losas simples

Losas simples o sin continuidad cuentan con un solo claro. Se construyen con o sin capacidad de soportar torsión.

1.2.1.1. Losas sin resistencia a torsión

Este género de sistema estructural superficial que descarga en ambas direcciones ortogonales posee insuficiente resistencia a torsión. Se colocan nervios de constante capacidad en invariables distancias sobre los ejes longitudinales y transversales.

La solución referente a la repartición de las cargas se da por medio de las siguientes ecuaciones:

$$I) p_x + p_y = p$$

$$II) (d^4w/dx^4) + (d^4w/dy^4) = p/EI$$

- p carga sobre la losa
 p_x carga en dirección corta
 p_y carga en dirección larga
 L_x dirección corta o $L_x \leq L_y$
 L_y dirección larga
EI capacidad de la losa

Otra solución es usar factores de corrección que dependen de la relación entre los claros.

relación L_y/L_x

1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60
1.71	1.70	1.68	1.66	1.63	1.60	1.56	1.53	1.50	1.47	1.44	1.41	1.38

Los valores indicados se refieren al aumento de los momentos de losas perimetrales con capacidad a soportar torsión.

Ejemplo:

losa con claros iguales de 6.3metros cada uno

carga total: $0.45t/m^2$

carga del tablero: $0.45 \cdot 6.3 \cdot 6.3 = 17.86t$

momento por torsión: $17.86/21.6 = 0.83t$

resistencia a torsión por nervio: $0.256 \cdot 10^2 \cdot 25 = 640\text{cm}^3$

esfuerzo máximo por torsión:

$$\max \tau = 0.7 \cdot 83000/640 = 90.78\text{kg/cm}^2$$

con la capa de compresión se tiene:

$$I_t = 0.246 \cdot 10^3 \cdot 25 + 0.313 \cdot 5^3 \cdot 60 = 8497.5\text{cm}^4$$

$$\max \tau = (0.7 \cdot 83000/8497.5)10 = 68.37\text{kg/cm}^2$$

Este valor es encima del valor admisible. Los momentos por flexión se aumentan por los constantes indicados en la tabla anterior.

Se recibe:

$$m_x = m_y = 1.71 \cdot 17.86/27.2 = 1.12t$$

por medio de integración se tiene:

$$m_x = m_y = 0.45 \cdot 6.3^2/13.1 = 1.36t$$

Una comparación con una losa maciza de 20cm de grosor da:

$$m_x = m_y = 0.58 \cdot 6.3^2/27.2 = 0.85t$$

diseño: $d/h/b = 20.5/21.8/25/100$ losa con nervios

17/18/20/100 losa maciza

$As = 136/(20.5 - 2.5)2.4 = 3.15\text{cm}^2/\text{m}$ o $2\phi 4$ por nervio

$As = 0.037 \cdot 170/3 = 2.10\text{cm}^2/\text{m}$ en ambas direcciones

gasto de materiales:

Losa con nervios:

varillas: $As = 2\phi 4$, $As' = 2\phi 3$, estribos $\phi 2$ a 20	453.6kg
mallá E66-66	46.7m ²
concreto	4.21m ³

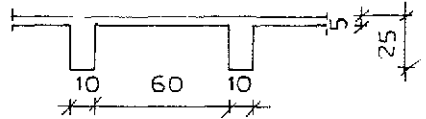
Losa maciza de 20cm

varillas $\phi 3$ a 20cm en ambas direcciones	
$\phi 3$ a 25cm en las esquinas	207kg
concreto	7.93m ³

en seguida se publicarán los momentos y gastos para losas encasetonadas de claros de 5 a 10 metros y relaciones entre los claros de 1/1 y 1/1.5.

Como peralte se considera claro/20.

Se estima un firme de 5cm, una distancia eje nervio- eje nervio de 70cm y una carga variable de $0.15t/\text{m}^2$.



claro 5m:

1/1: m= 0.514 . 25/13.1= 0.98t As= 1 ϕ 3+ 1 ϕ 4/nervio

1/1.5: m_x= 0.514 . 25/7.8= 1.65t As= 2 ϕ 4/nervio

claro 6m:

1/1: m= 0.548 . 36/13.1= 1.51t As= 1 ϕ 3+ 1 ϕ 4/nervio

1/1.5: m_x= 0.548 . 36/7.8= 2.53t As= 1 ϕ 4+ 1 ϕ 5/nervio

m_y= 0.548 . 36/19.9=0.99t As= 2 ϕ 3

claro 7m:

1/1: m= 0.582 . 49/13.1= 2.18t As= 2 ϕ 4/nervio

1/1.5: m_x= 0.582 . 49/7.8= 3.66t As= 2 ϕ 5/nervio

m_y= 0.582 . 49/19.9=1.43t As= 1 ϕ 3+ 1 ϕ 4

claro 8m:

1/1: m= 0.712 . 64/13.1= 3.48t As= 1 ϕ 4+ 1 ϕ 5/nervio

1/1.5: m_x= 0.712 . 64/7.8= 5.84t As= 2 ϕ 6/nervio

m_y= 0.712 . 64/19.9=2.29t As= 2 ϕ 4/nervio

claro 9m:

1/1: m= 0.774 . 81/13.1= 4.79t As= 2 ϕ 5/nervio

1/1.5: m_x= 0.774 . 81/7.8= 8.04t As= 1 ϕ 6+ 2 ϕ 5/nervio

m_y= 0.774 . 81/19.9=3.15t As= 2 ϕ 4/nervio

claro 10m:

1/1: m= 0.836 . 100/13.1= 6.38t As= 1 ϕ 5+ 1 ϕ 6/nervio

1/1.5: m_x= 0.836 . 100/7.8=10.72t As= 2 ϕ 6+ 1 ϕ 5/nervio

m_y= 0.836 . 100/19.9=4.20t As= 1 ϕ 4+ 1 ϕ 5/nervio

gastos:

claro 5m:

concreto 0.106m³/m²

acero 10.14kg/m²

concreto 0.106*

acero 10.14*

claro 6m:

concreto 0.120

acero 10.49

concreto 0.120

acero 11.30

claro 7m:

concreto 0.134

acero	12.1
concreto	0.134
acero	13.1
claro 8m:	
concreto	0.188
acero	14.09
concreto	0.188
acero	16.00
claro 9m:	
concreto	0.214
acero	16.07
concreto	0.214
acero	17.64
claro 10m:	
concreto	0.240
acero	19.46
concreto	0.240
acero	20.89

* unidades en m^3/m^2

* unidades en kg/m^2

los primeros valores de cada claro se refieren a una relación 1/1 referente a los claros, los segundos a 1/1.5.

1.2.1.2. Losas con resistencia a torsión

Se trata de losas macizas que distribuyen las cargas en ambas direcciones ortogonales y son ancladas en las esquinas o reciben suficiente sobrecargas en las esquinas para evitar desprendimiento de los apoyos.

Se presentan los resultados para estas losas de acuerdo con las siguientes relaciones entre claro mayor y claro menor:

1/1; 1/1.5; 1/2

Las cargas variables consideradas aumentan de 0.17 a $1.00t/m^2$.

Se respetó un peso de $0.09t/m^2$ para el piso a colocar.

claro 3m:

1/1: m- 0.17; 0.21; 0.24; 0.27; 0.31; 0.34; 0.37; 0.41; 0.44

0.72/0.82/1.03/1.19/1.39/1.56/1.73/1.89/2.06(cm²/m)

1/1.5: m_x=0.33; 0.41; 0.48; 0.54; 0.61; 0.68; 0.74; 0.81; 0.87(t)
m_y=0.13; 0.16; 0.19; 0.22; 0.24; 0.27; 0.29; 0.32; 0.34

1/2: m_x=0.43; 0.55; 0.63; 0.72; 0.80; 0.89; 0.98; 1.06; 1.15
m_y=0.11; 0.14; 0.16; 0.19; 0.21; 0.23; 0.25; 0.27; 0.30

claro 4m:

1/1: m=0.34; 0.41; 0.47; 0.53; 0.59; 0.65; 0.71; 0.77; 0.82
1.50/1.83/2.07/2.33/2.63/2.90/3.20/3.47/3.70(cm²/m)

1/1.5: m_x=0.67; 0.82; 0.93; 1.05; 1.17; 1.28; 1.40; 1.52; 1.63
m_y=0.26; 0.32; 0.37; 0.42; 0.46; 0.51; 0.55; 0.60; 0.65

1/2: m_x=0.88; 1.08; 1.23; 1.39; 1.54; 1.70; 1.85; 2.00; 2.16
m_y=0.23; 0.28; 0.32; 0.36; 0.40; 0.44; 0.48; 0.52; 0.56

claro 5m:

1/1: m=0.59; 0.71; 0.80; 0.90; 0.99; 1.08; 1.17; 1.26; 1.35
1.99/2.38/2.73/3.08/3.42/3.73/4.07/4.33/4.68

1/1.5: m_x=1.17; 1.41; 1.59; 1.77; 1.96; 2.14; 2.32; 2.50; 2.68
m_y=0.46; 0.56; 0.63; 0.70; 0.77; 0.85; 0.92; 0.99; 1.06

1/2: m_x=1.55; 1.86; 2.10; 2.34; 2.58; 2.82; 3.06; 3.30; 3.54
m_y=0.40; 0.48; 0.54; 0.60; 0.67; 0.73; 0.79; 0.85; 0.91

claro 6m:

1/1: m=1.15; 1.28; 1.41; 1.54; 1.68; 1.81; 1.94; 2.07; 2.21
2.38/2.73/2.94/3.22/3.50/3.71/4.06/4.34/4.69
m=0.95; 1.12; 1.25; 1.38; 1.53; 1.65; 1.78; 1.91; 2.05*
2.56/3.09/3.47/3.79/4.27/4.64/5.01/5.39/5.76

1/1.5: m_x=1.88; 2.22; 2.48; 2.74; 3.00; 3.27; 3.53; 3.79; 4.05
m_y=0.74; 0.88; 0.98; 1.08; 1.19; 1.29; 1.40; 1.50; 1.60

1/2: m_x=2.48; 2.93; 3.27; 3.62; 3.97; 4.31; 4.66; 5.01; 5.35
m_y=0.64; 0.76; 0.85; 0.93; 1.02; 1.11; 1.20; 1.29; 1.38

claro 7m:

1/1: m=1.42; 1.65; 1.83; 2.01; 2.19; 2.37; 2.55; 2.73; 2.91
3.35/3.84/4.40/4.84/5.21/5.70/6.20/6.57/7.07

1/1.5: m_x=2.81; 3.28; 3.63; 3.99; 4.35; 4.70; 5.06; 5.42; 5.77
m_y=1.11; 1.30; 1.44; 1.58; 1.72; 1.86; 2.00; 2.14; 2.28

1/2: m_x=3.71; 4.33; 4.80; 5.27; 5.74; 6.21; 6.68; 7.15; 7.62
m_y=0.96; 1.12; 1.24; 1.36; 1.48; 1.60; 1.72; 1.85; 1.97

claro 8m:

1/1: $m=2.02; 2.33; 2.56; 2.80; 3.04; 3.27; 3.51; 3.74; 3.98$
4.22/4.92/5.42/5.91/6.40/6.82/7.53/8.02/8.51

1/1.5: $m_x=4.01; 4.61; 5.08; 5.66; 6.01; 6.48; 6.94; 7.41; 7.88$
 $m_y=1.58; 1.82; 2.01; 2.19; 2.38; 2.56; 2.75; 2.93; 3.11$

1/2: $m_x=5.29; 6.09; 6.71; 7.32; 7.94; 8.55; 9.17; 9.78; 10.40$
 $m_y=1.37; 1.57; 1.73; 1.89; 2.05; 2.21; 2.37; 2.53; 2.68$

claro 9m:

1/1: $m=2.78; 3.16; 3.46; 3.76; 4.06; 4.35; 4.65; 4.95; 5.25$
4.98/5.86/6.43/6.99/7.55/8.11/8.76/9.32/9.88

1/1.5: $m_x=5.50; 6.21; 6.80; 7.38; 7.97; 8.55; 9.14; 9.72; 10.31$
 $m_y=2.16; 2.46; 2.69; 2.92; 3.15; 3.38; 3.61; 3.84; 4.08$

1/2: $m_x=7.26; 8.27; 9.05; 9.83; 10.61; 11.39; 12.17; 12.94; 13.72$
 $m_y=3.45; 3.94; 4.18; 4.58; 4.98; 5.38; 5.84; 6.24; 6.64$

claro 10m:

1/1: $m=3.69; 4.17; 4.54; 4.90; 5.27; 5.64; 6.01; 6.38; 6.74$
6.41/6.87/7.50/8.13/8.76/9.39/10.03/10.66/11.29

1/1.5: $m_x=7.31; 8.26; 8.99; 9.71; 10.44; 11.17; 11.90; 12.63; 13.35$
 $m_y=2.89; 3.26; 3.55; 3.84; 4.13; 4.42; 4.70; 4.99; 5.28$

1/2: $m_x=9.65; 10.90; 11.87; 12.83; 13.79; 14.75; 15.71; 16.67; 17.63$
 $m_y=2.49; 2.81; 3.08; 3.31; 3.56; 3.81; 4.05; 4.30; 4.55$

* momentos en tm/m o t primer renglón
refuerzos en cm^2/m segundo renglón

1.2.1.3. Losas sin anclas en las esquinas

Losas que no poseen anclas en las esquinas o en su caso carecen de una sobrecarga adecuada deben soportar mayores momentos en ambas direcciones. En seguida se indican los valores para diferentes claros y cargas.

claro 3m:

1/1: $m=0.19; 0.24$ $0.51tm/m$

1/1.5: $m_x=0.37; 0.46$ 0.97

$m_y=0.16; 0.21$ 0.43

1/2: $m_x=0.46; 0.58$ 1.23

$m_y=0.15; 0.19$ 0.40

claro 4m:

1/1: $m = 0.39; 0.48 \dots\dots 0.95$

1/1.5: $m_x = 0.74; 0.91 \dots\dots 1.82$

$m_y = 0.33; 0.41 \dots\dots 0.81$

1/2: $m_x = 0.95; 1.16 \dots\dots 2.31$

$m_y = 0.31; 0.38 \dots\dots 0.76$

claro 5m:

1/1: $m = 0.68; 0.79 \dots\dots 1.56$

1/1.5: $m_x = 1.31; 1.57 \dots\dots 3.00$

$m_y = 0.58; 0.70 \dots\dots 1.34$

1/2: $m_x = 1.66; 1.99 \dots\dots 3.80$

$m_y = 0.54; 0.65 \dots\dots 1.24$

claro 6m:

1/1: $m = 1.09; 1.29 \dots\dots 2.36$

1/1.5: $m_x = 2.10; 2.48 \dots\dots 4.52$

$m_y = 0.93; 1.10 \dots\dots 2.02$

1/2: $m_x = 2.66; 3.14 \dots\dots 5.74$

$m_y = 0.87; 1.03 \dots\dots 1.88$

claro 7m:

1/1: $m = 1.64; 1.91 \dots\dots 3.36$

1/1.5: $m_x = 3.14; 3.66 \dots\dots 6.45$

$m_y = 1.40; 1.63 \dots\dots 2.87$

1/2: $m_x = 3.98; 4.64 \dots\dots 8.17$

$m_y = 1.30; 1.52 \dots\dots 2.68$

claro 8m:

1/1: $m = 2.33; 2.68 \dots\dots 4.58$

1/1.5: $m_x = 4.47; 5.15 \dots\dots 8.79$

$m_y = 1.99; 2.30 \dots\dots 3.92$

1/2: $m_x = 5.67; 6.53 \dots\dots 11.15$

$m_y = 1.86; 2.14 \dots\dots 3.65$

claro 9m:

1/1: $m = 3.20; 3.65 \dots\dots 6.05$

1/1.5: $m_x = 6.14; 6.99 \dots\dots 11.60$

$m_y = 2.74; 3.12 \dots\dots 5.17$

1/2: $m_x=7.78; 8.87 \dots 14.71$
 $m_y=2.55; 2.91 \dots 4.82$
claro 10m:
1/1: $m= 4.25; 4.81 \dots 7.77$
1/1.5: $m_x=8.16; 9.22 \dots 14.91$
 $m_y=3.64; 4.11 \dots 6.64$
1/2: $m_x=10.35; 11.69 \dots 18.91$

Para cubrir los momentos negativos en las esquinas se requiere un refuerzo que soporta $0.03 qL^2$.

1.2.1.4. Comparación de los resultados

La comparación de los momentos para los diferentes sistemas de losas demuestra que las losas sin resistencia a torsión tienen las mayores solicitaciones, mientras las losas con esquinas despegadas y con resistencia a torsión se encuentran en medio. La siguiente tabla ilustra las relaciones para losas cuadradas ($L_y/L_x= 1$)

resistente a torsión esquina anclada	$qL^2/27.2$
resistente a torsión, esquina anclada, teoría plástica o estado de ruptura	$qL^2/24$
resistente a torsión, esquina sin anclas	$qL^2/23.6$
resistente a torsión, esquina sin anclas teoría plástica	$qL^2/22.2$
sin resistencia a torsión	$qL^2/13.1$

Las siguientes gráficas dan los gastos para diferentes claros, sistemas y cargas en kilogramos por metro cuadrado.

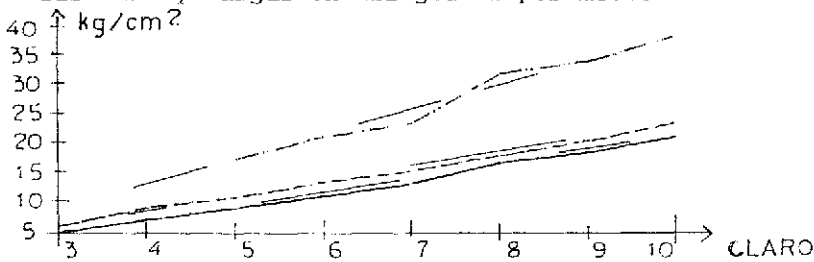


figura 23: relación: gasto/claro

Los valores indicados se refieren a losas cuadradas de un claro de 3 a 10 metros y una carga útil de $1t/m^2$.

- _____ resistente a torsión
- resistente a torsión , sin anclaje
- sin resistencia a torsión

valores aproximados

gasto de acero en losas con resistencia a torsión (losas perimetrales):

$$(A_{s_x} + A_{s_y})0.9 + 1$$

gasto de acero en losas sin resistencia a torsión (losas encasetonadas en ambas direcciones):

$$A_s + 10h^2$$

$$A_s + A_s' + 10h^2$$

A_s refuerzo positivo en cm^2

A_s' refuerzo negativo en cm^2

h peralte en metros

gasto obtenido en kg/m^2

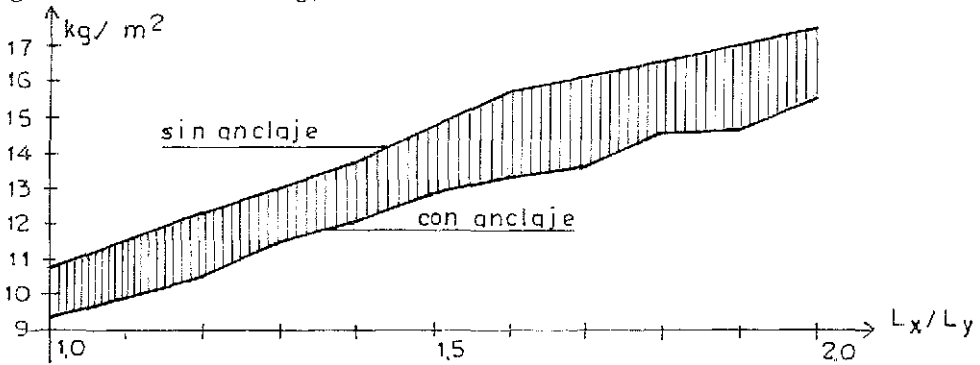


figura 24: relación L_x/L_y de 1/1 a 1/2, carga útil $1t/m^2$ y claro cinco metros

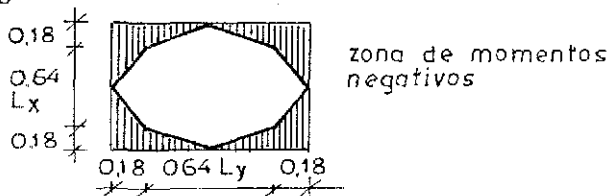


figura 25: zonas que requieren de refuerzo negativo (sin anclaje)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

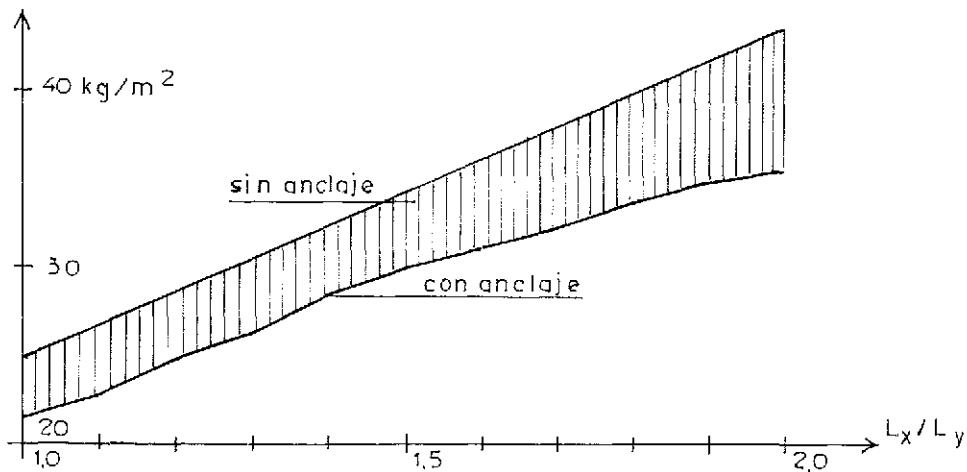


figura 26: relación L_x/L_y de 1/1 a 1/2, carga útil 1t/m^2 y claro diez metros

1.2.2. Losas corridas

Losas corridas representan la mayoría de estos elementos constructivos para cubrir claros. Los apoyos forman muros de tabique en edificios hasta 6 niveles, mientras en edificios de mayor altitud se usan muros de concreto reforzado que causan empotres para las losas. Un método exacto para definir los momentos en losas continuas no existe. Varios esquemas de cálculos para aproximar la sollicitación de estos elementos se han inventado. El más usual de ellos consta en aplicar una carga uniforme de $q' = g + p/2$ sobre todos los tableros y una carga en forma del tablero de ajedrez de $q'' = + p/2$. Para la parte simétrica de q' se consideran los apoyos continuos empotrados, los demás como simples. Para la parte asimétrica q'' todos los soportes se toman como sin empotre.

Una aproximación menos laboriosa representa el promedio aritmético para los momentos en zona de apoyos. Los momentos positivos se determinan de la misma manera entre losas con y sin empotre.

1.2.2.1 Losas sin resistencia a torsión

Estas losas gastan menor cantidad de concreto, pero requieren mayor peralte y por eso se incrementa la altura del edificio en cuestión. Otra desventaja representa la colocación de estribos. En general se requiere de un refuerzo mínimo al lado superior de la capa de compresión. En la mayoría de los casos es suficiente un refuerzo en forma de una malla.

El refuerzo longitudinal consta de una o dos varillas, una varilla puede ser escalonada.

Los momentos negativos se disminuyen a la mitad y los positivos se incrementan por el valor correspondiente. Este procedimiento reduce la zona de aumento para los nervios y baja el gasto para el refuerzo metálico. La capacidad de soportar cargas se agranda, como demuestran pruebas de carga. Estribos elaborados a base de mallas específicas representan el método mas económico para realizar este género de losas. Ellos no se requieren en zonas de grietas originadas exclusivamente por flexión ($M/Vcd > 6$). El refuerzo en la capa de compresión se coloca de forma indiscriminada en el lecho bajo o alto de la losa. La losa entre los nervios trabaja como arco con tensor.

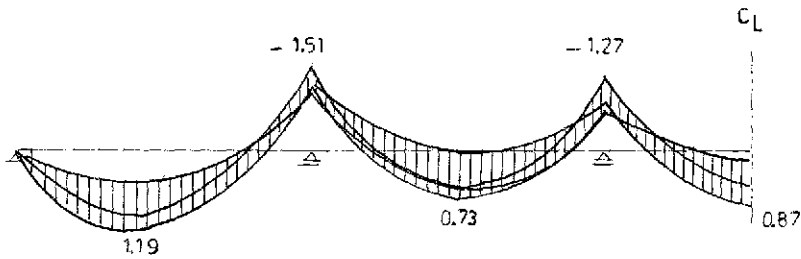


figura 27: losa sobre 5 claros c.u. 5metros; carga variable de $0.25t/m^2$

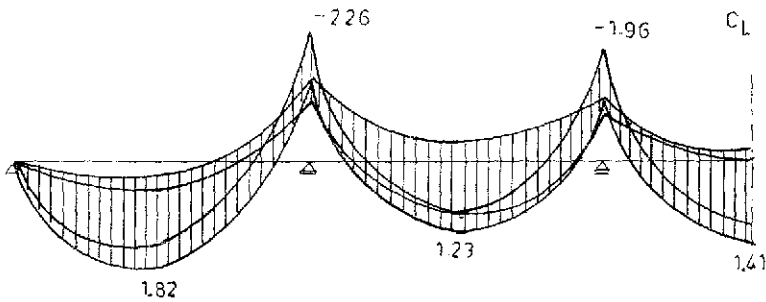


figura 28: losa sobre 5 claros c.u. 5metros; carga variable de $0.50t/m^2$

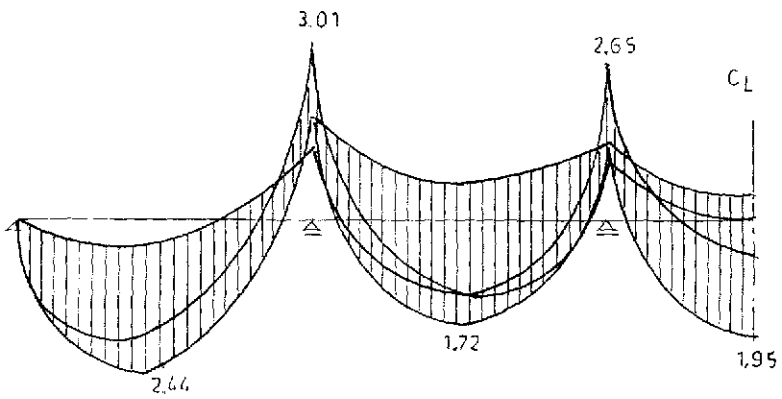


figura 29: losa sobre 5 claros c.u. 5metros; carga variable de $0.75t/m^2$

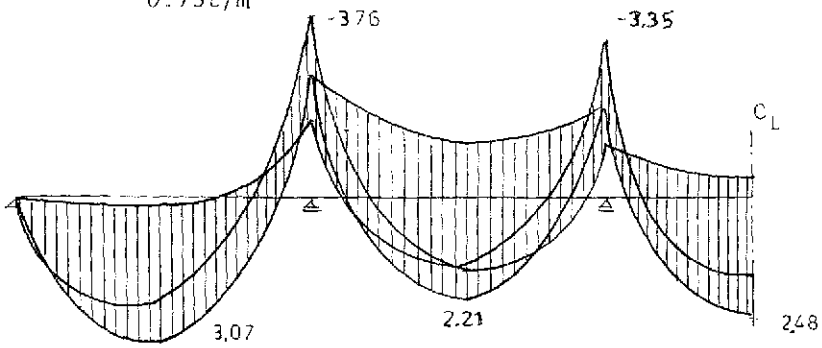


figura 30: losa de 5 claros c.u. 5metros; carga variable de $1.00t/m^2$

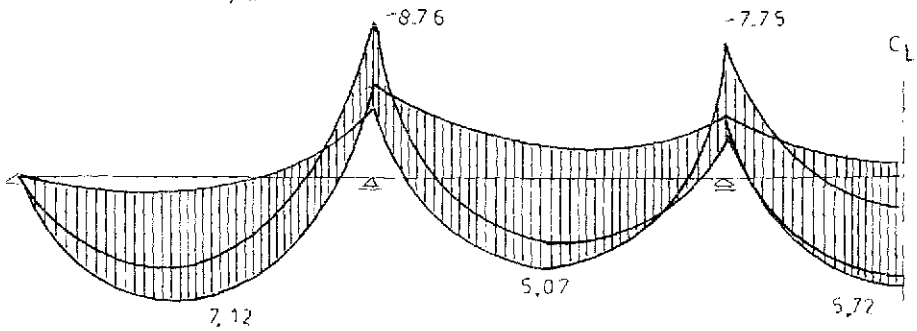


figura 31: losa de 5 claros c.u. 7.5metros; carga variable de $1.00t/m^2$

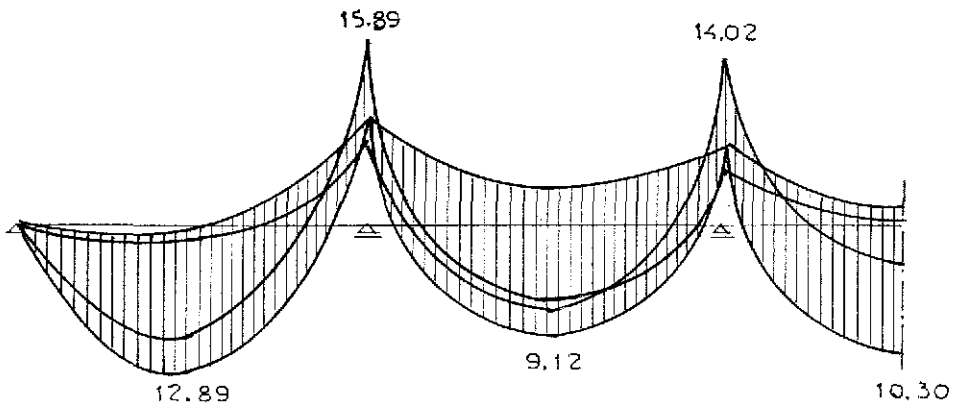


figura 32: losa de 5 claros c.u. 10.0 metros; carga variable de $1.00t/m^2$

Las figuras del número 27 al número 32 demuestran los envolventes de los diagramas de momentos para diferentes cargas variables y claros.

Basando el diseño estructural en los momentos obtenidos no existe seguridad adicional empleando el método plástico.

En las siguientes figuras se presenta el gasto de materiales para los diferentes claros y métodos de cálculo.

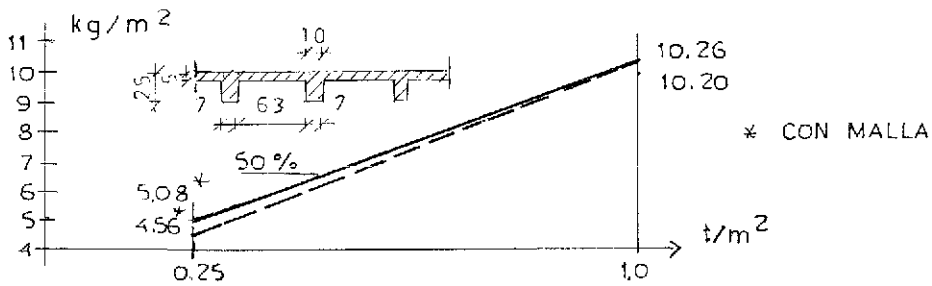


figura 33: claro de cinco metros

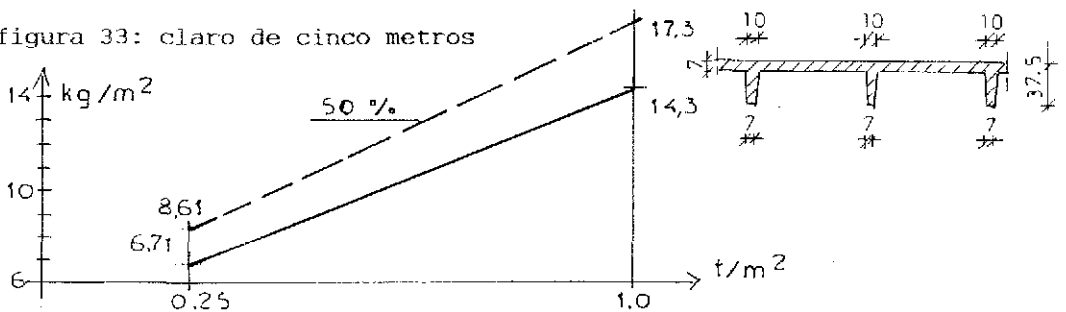


figura 34: claro de siete y medio metros

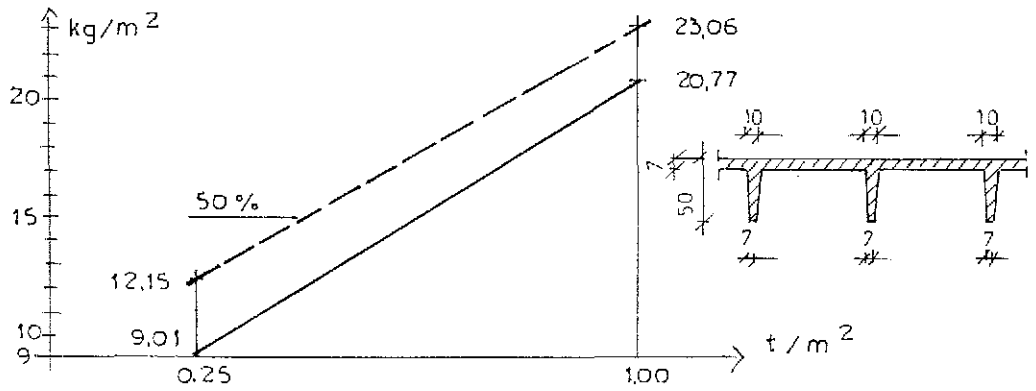


figura 35: claro de diez metros

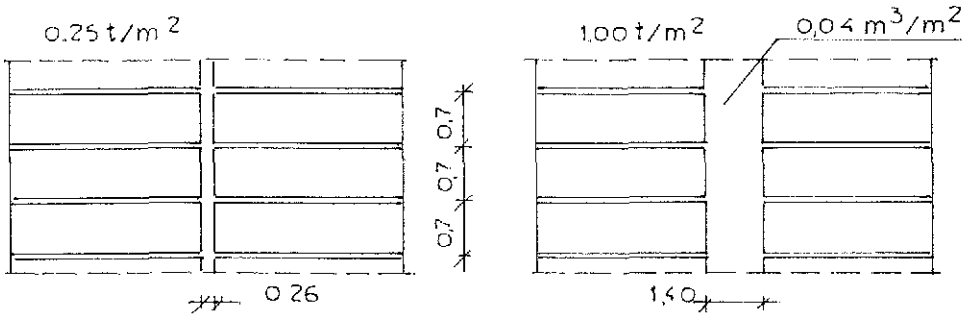


figura 36: zonas macizas referente a un claro de cinco metros

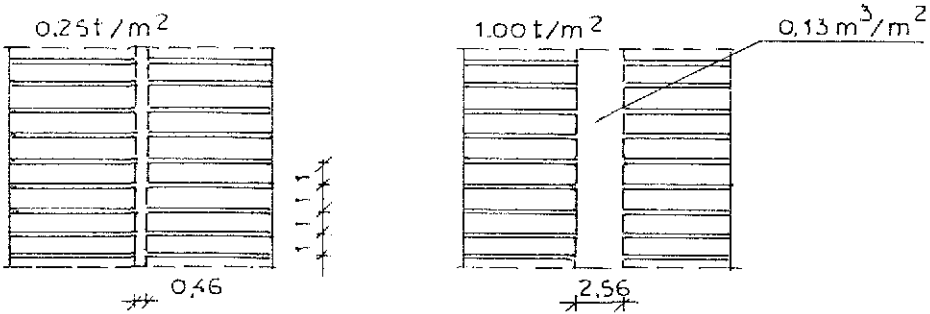


figura 37: zonas macizas referente a un claro de 7.5 metros

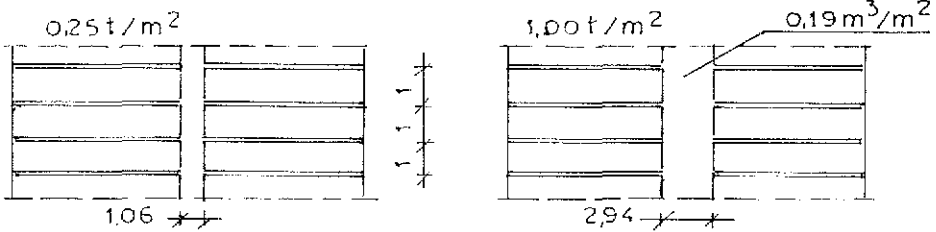


figura 38: zonas macizas referente a un claro de diez metros

Las zonas indicadas se refieren a los diferentes métodos de análisis.

El peralte de las losas de un sentido es de: claro/20

Losas encasetonadas o con nervios en ambas direcciones ortogonales cuentan con momentos menores que las de un sentido. Los valores para el diseño se reciben por medio de factores de corrección o del método exacto. La deformación de este género es mayor que la de las losas macizas.

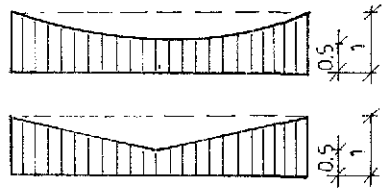
Las ordinadas de cargas para una losa cuadrada suben del centro hacia los bordes de 0.5 a 1.0; se obtiene un valor aproximado para una losa sin empotres, cuando se considera una carga uniforme y una carga sinoidal.

Ecuaciones:

$$p_x + p_y = p$$

$$p_x = EI_x d^4 w / dx^4$$

$$p_y = EI_y d^4 w / dy^4$$



para isotropía - igual rigidez en dirección x y y:

$$(d^4 w / dx^4) + (d^4 w / dy^4) = p / EI$$

losa cuadrada sin empotres:

$$m_{xm} = m_{ym} = pL^2 / 13.1$$

aproximación indicada:

$$m = 0.125pL^2 - pL^2 / \pi^2$$

para la losa cuadrada se tiene una aproximación usando el promedio entre una carga sinoidal y una triangular:

$$\text{sinoidal: } 1/12 - 1/2\pi^3 = 0.0672pL^2$$

$$\text{triángulo: } 1/12 - 5/192 = 0.0573pL^2$$

$$\text{promedio: } 0.0622pL^2$$

$$\text{valor exacto: } pL^2 / 16.3 = 0.0613pL^2$$

$$\text{momento positivo: } pL^2 / 39.1 = 0.0256pL^2$$

$$\text{rectángulo- triángulo: } pL^2 (1/24 - 1/64) = 1/38.4 = 0.0260pL^2$$

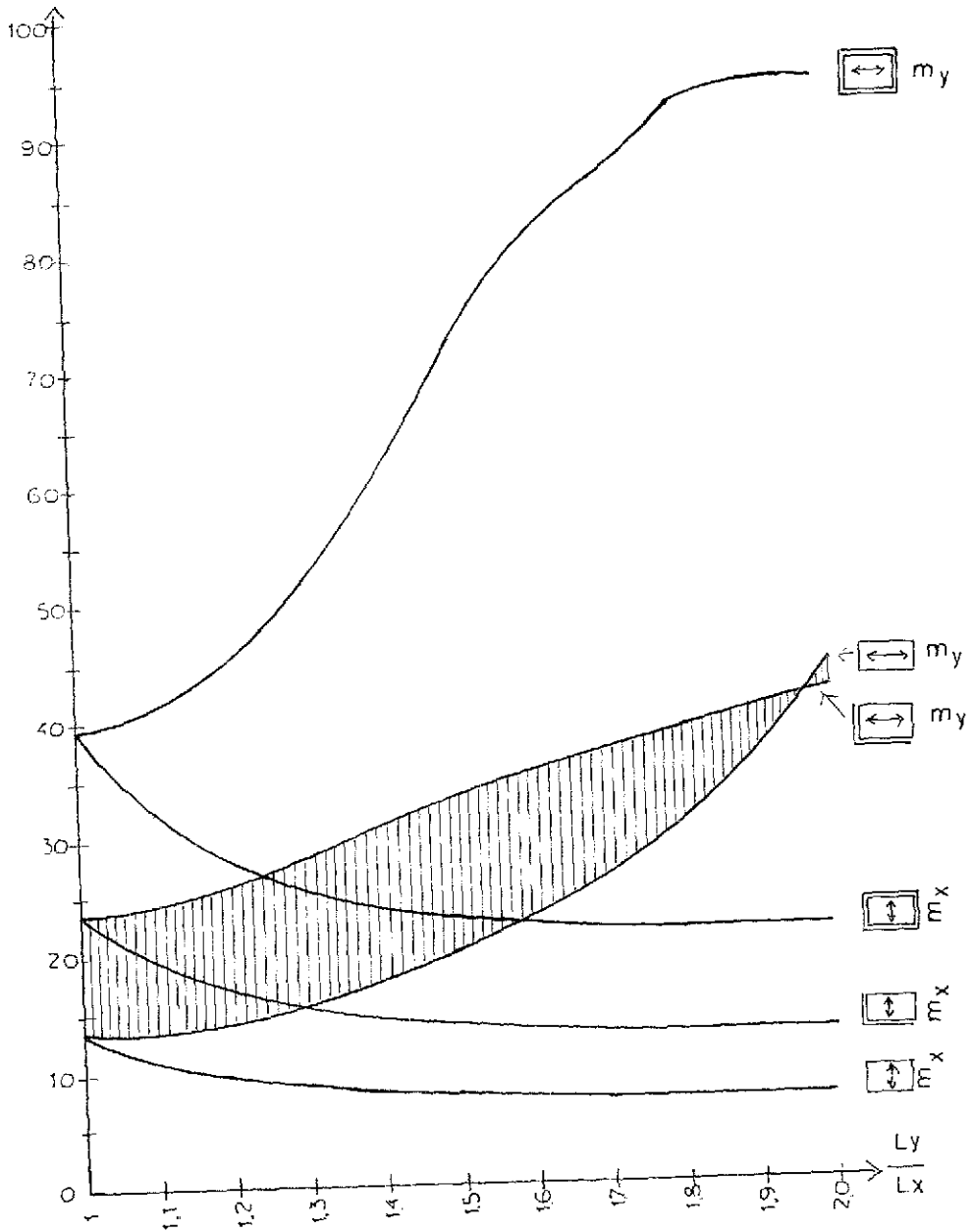


FIGURA 39: factores para m_x y m_y

1.2.2.2 Losas con resistencia a torsión

Este género de losas reparte las cargas a las cuales están sometidas por medio de su resistencia a torsión.

La ecuación para el área de deflexión de este elemento constructivo referente a una sollicitación $p(x,y)$ es la siguiente:

$$d^4w/dx^4 + 2d^4w/dx^2dy^2 + d^4w/dy^4 = p(x,y)/N$$

Conociendo las condiciones de los apoyos y la función de la carga se calcula la deformación y de ella se derivan los momentos y las fuerzas cortantes.

Contando con sistemas hiperestáticos se reparten los momentos iniciales en partes positivas y negativas. Los primeros se definen por medio del tablero de ajedrez. Se divide la carga total en peso propio y la mitad de la carga variable. Se aplica $g+p/2$ para empotres total en los apoyos con continuidad y apoyos simples para $p/2$. Los momentos negativos se reciben con $g+p/2$ para empotres total de apoyos continuos y con $p/2$ para empotres total del lugar buscado.

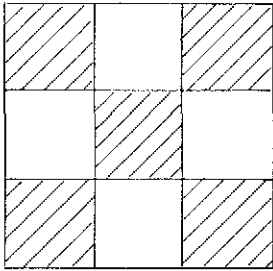


figura 40- tablero de ajedrez para momentos positivos

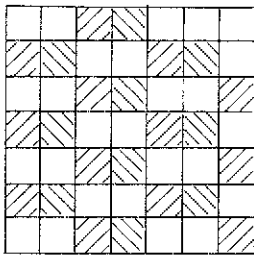


figura 41- sistema para momentos negativos

g peso propio
 p carga variable
 ----- sin apoyo
 _____ apoyo simple
 ===== empotre total

Para explicar el método se calcula un sistema de nueve tableros.
 Cada tablero cuenta con claros de cinco metros en dirección Ly y Lx.

cargas a considerar

firme de 5	0.110t/m ²
losa de 14-	0.336
aplanado-	0.024
carga variable-	0.150
total	0.620

definición del peralte:

0.8 . 5/35+ 0.02

carga por tablero: 0.62 . 25: 15.5t

existen tres diferentes condiciones de los tableros

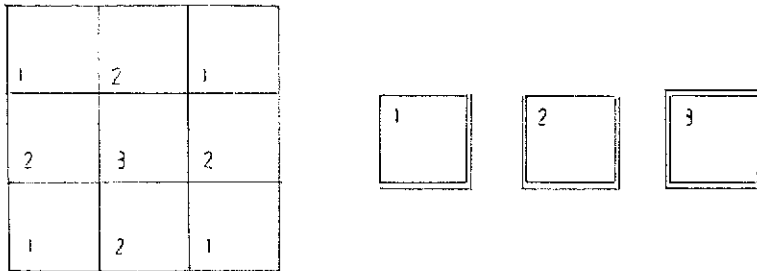


figura 42- sistema de tableros

tablero 1

mx:my: 15.5/40.2: 0.39t
 mxe: mye: -15.5/14.3: -1.08t

tablero 2

mx: 15.5/44.1: 0.35t
 my: 15.5/55.9: 0.28t

tablero 3

mx:my: 15.5/56.8: 0.27t
mxe:mye: -15.5/19.4: -0.80t

se promedian los valores para el momento negativo

1/2- m: -(1.08+0.96)/2: -1.02t
2/3- m: -(0.85+0.80)/2: -0.83t

aplicando g+p/2 la carga del tablero es:

K: 0.545 . 25: 13.63t
K': 0.075 . 25: 1.88t

tablero 1



mx:my: 13.63/40.2: 0.34t
mxe:mye: -13.63/14.3: -0.95t
mx:my: 1.88/27.2: 0.07t

tablero 2



mx: 13.63/44.1: 0.31t
my: 13.63/55.9: 0.24t
mxe: -13.63/16.2: -0.84t
mye: -13.63/18.3: -0.74t

tablero 3



mx:my: 13.63/56.8: 0.24t
mxe:mye: -13.63/19.4: -0.70t

momentos positivos:

- 1) mx: 0.41t my: 0.41t
- 2) mx: 0.38t my: 0.31t
- 3) mx: 0.31t my: 0.31t

momentos negativos:

me: -1.875/11.9: -0.16t

1) mxe:mye: -0.95- 0.16: -1.11t

2) mxe: -0.84- 0.16: -1.00t
mye: -0.74- 0.16: -0.90t

3) mxe:mye: -0.70- 0.16: -0.86t

1/2- -(1.11+ 1.00)/2: -1.06t

2/3- -(0.90+ 0.86)/2: -0.88t



carga variable de 0.50t/m²
g+p/2: 0.47+ 0.25: 0.72t/m²
p/2 0.25t/m²

K: 0.72 . 25: 18t
K': 0.25 . 25: 6.25t
tablero 1

mx:my: 0.45t
mxe: mye: -1.26t
mx:my: 6.25/27.2: 0.23t

tablero 2

mx: 0.41t
my: 0.32t
mxe: -1.11t
mye: -0.98t

tablero 3

mx:my: 0.32t
mxe:mye: -0.93t

momentos negativos

me: -6.25/11.9: -0.53t

1) mxe:mye: -1.26 -0.53: -1.79t

2) mxe: -1.11 -0.53: -1.64t
mye: -0.98 -0.53: -1.51t

3) mxe:mye: -0.93 -0.53: -1.46t

1/2- $-(1.79 + 1.64)/2$: -1.71t

2/3- $-(1.51 + 1.46)/2$: -1.48t

considerando: K: 0.97 . 25: 24.25t

tablero 1

mx:my: 24.25/40.2: 0.60t
mxe:mye: -24.25/14.3: -1.70t

tablero 2

mx: 24.25/44.1: 0.55t
my: 24.25/55.9: 0.43t
mxe: -24.25/16.2: -1.50t
mye: -24.25/18.3: -1.33t

tablero 3

mx:my: 24.25/56.8: 0.43t
mxe:mye: -24.25/19.4: -1.25t

1/2- m: $-(1.7 + 1.5)/2$: -1.6t

2/3- m: $-(1.33 + 1.25)/2$: -1.29t

carga variable: $1t/m^2$

considerando: $K: 1.47 \cdot 25: 36.75t$

tablero 1

mx:my: 0.91t
mxe:mye: -2.57t

tablero 2

mx: 0.83t
my: 0.66t
mxe: -2.27t
mye: -2.01t

tablero 3

mx:my: 0.65t
mxe:mye: -1.89t

momentos negativos como promedio:

1/2- m: -2.42t

2/3- m: -1.95t

para carga $g+p/2$ y $p/2$:

$K: 0.97 \cdot 25: 24.25t$

$K': 0.5 \cdot 25: 12.5t$

tablero 1

mx:my: 0.60t
mxe:mye: -1.70t

tablero 2

mx: 0.55t
my: 0.43t
mxe: -1.50t
mye: -1.33t

tablero 3

mx:my: 0.43t
mxe:mye: -1.25t

momentos negativos para $p/2$:

me: $-12.5/11.9: -1.05t$

momentos positivos para $p/2$:

m: $12.5/27.2: 0.46t$

momentos definitivos:

1) mx:my: 0.60 +0.46: 1.06t

2) m_x : 1.01t

m_y : 0.89t

3) $m_x:m_y$: 0.89t

1/2- m : $-(2.75 + 2.55):2 - 2.65t$

2/3- m : $-(2.38 + 2.30):2 - 2.34t$

claro 7.5metros ver figura 43

claro 10metros ver figura 43

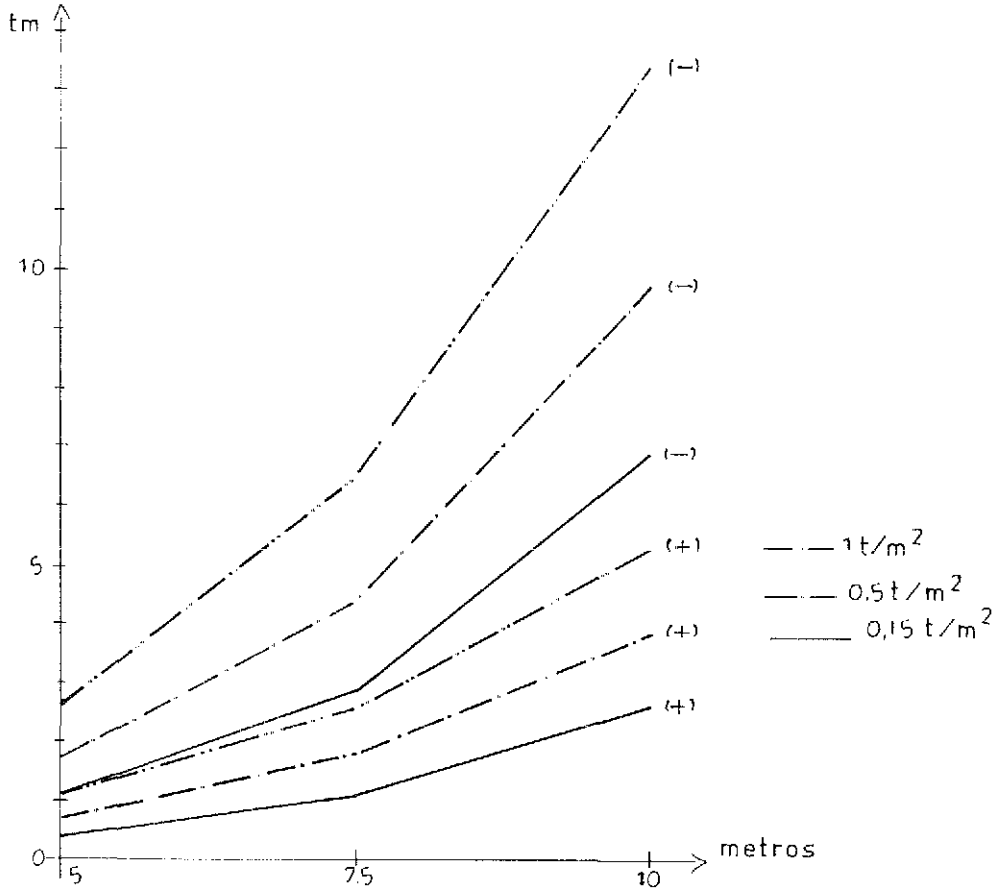


figura 43- valores para el tablero 1
relaciones que se derivan de la gráfica anterior
gasto de concreto:

claros: 5/7.5/10 como: 1/1.5/2

concreto: 0.14/0.20/0.32 (m^3/m^2)

momentos positivos para $1t/m^2$ carga variable:

1.06/2.60/5.35 como: 1/2.45/5.05 (tm/m)

momentos negativos para $1t/m^2$ carga variable:

2.65/6.51/13.48 como: 1/2.46/5.09 (tm/m)

gasto de acero calidad R42 corrugado para $1t/m^2$ carga variable:

11.7/18.1/21.04 como: 1/1.55/1.80 ($kgs./m^2$)

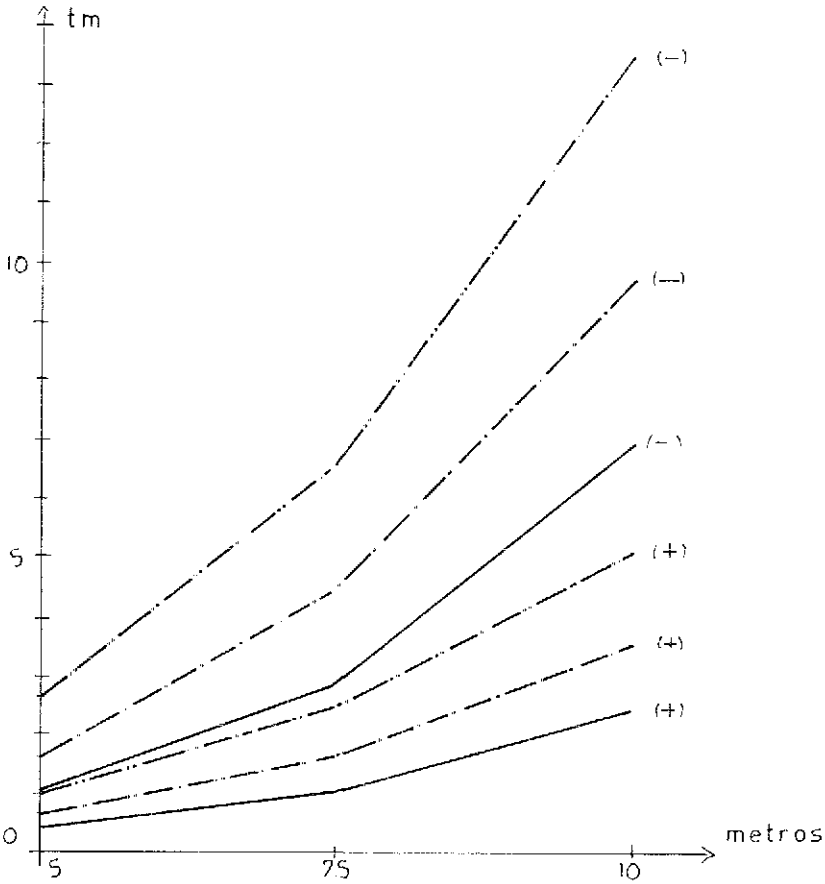


figura 44- valores para el tablero 2

relaciones que se derivan de la gráfica anterior

gasto de concreto:

como tablero 1

gasto de acero calidad R42 para carga variable de $1t/m^2$:

9.98/15.99/18.58 como: 1/1.6/1.86 (kgs./m²)

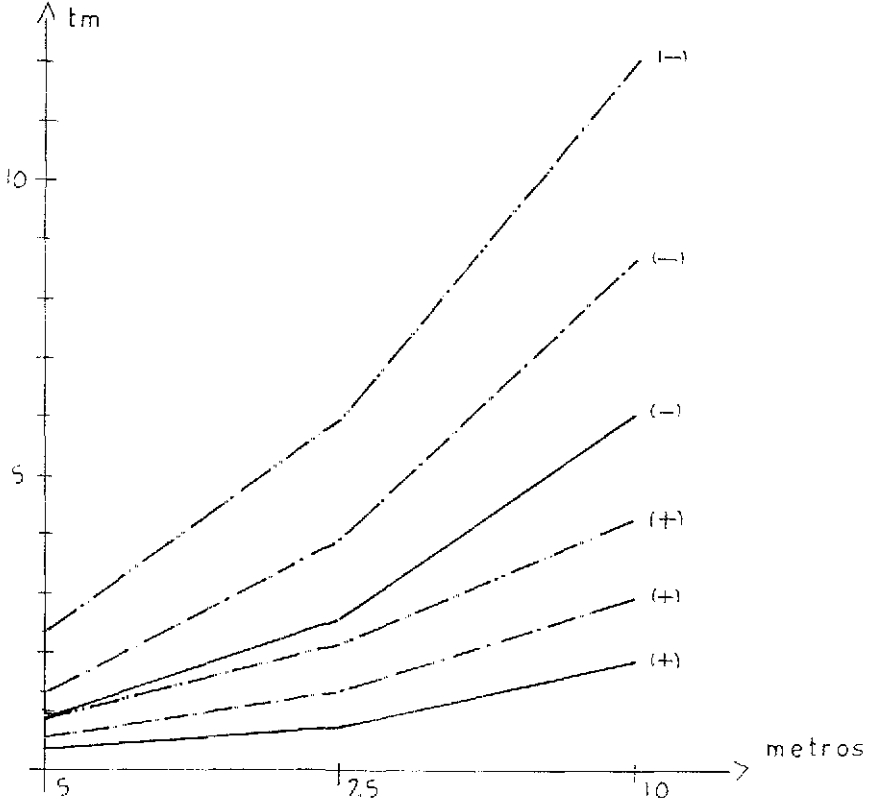


figura 45- valores para el tablero 3

relaciones que se derivan de la gráfica anterior

gasto de concreto ver tablero 1

gasto de acero calidad R42 para carga variable de $1t/m^2$:

9.74/14.63/17.22 como: 1/1.5/1.77 (kgs./m²)

como se ve, baja la cantidad de acero cuando aumenta la rigidez del tablero.

1.3. LOSAS ESPECIFICAS

Se trata de una combinación de losas de diferentes condiciones de apoyos. En general se divide la estructura en elementos calculables como losas de doble sentido y losas de tres lados apoyados.



carga por unidad:

$$0.75 \cdot 7 = 5.25 \text{ t/m}$$

carga total:

$$5.25 \cdot 3 = 15.75 \text{ t}$$

$$m_{em} = 0.06 \cdot 15.75 = 0.95 \text{ t}$$

$$m_{er} = -0.08 \cdot 15.75 = -1.26 \text{ t}$$

$$m_{xrm} = 0.07 \cdot 15.75 = 1.10 \text{ t}$$

$$m_{xre} = -0.32 \cdot 15.75 = -5.04 \text{ t}$$

3) momentos definitivos

$$m_{yem} = -3.34 - 0.95 = -2.39 \text{ t}$$

$$m_{yer} = -3.34 - 1.26 = -4.60 \text{ t}$$

$$m_{yr} = 0.24 \text{ t}$$

$$m_{ym} = 1.91 \text{ t}$$

$$m_{xrm} = 1.10 \text{ t}$$

$$m_{xre} = -5.04 \text{ t}$$

$$m_{xm} = 0.2 \cdot 1.1 = 0.22 \text{ t}$$

4) penetración

$$\text{grosor losa} = 20.0 \text{ cm}$$

$$\text{peralte efectivo en promedio} = 17.5 \text{ cm}$$

$$\text{grosor apoyo} = 24.0 \text{ cm}$$

fuerza cortante en el apoyo:

$$V_c = 0.5 \cdot 5.25 \cdot 3 = 7.875 \text{ t}$$

esfuerzo por cortante:

$$\tau = 7875 / ((24.0 + 17.5) \cdot 17.5) = 10.84 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 0.75 \cdot 7.875 / 2.4 = 2.46 \text{ cm}^2$$

estribos o pasadores

cálculo aproximado

carga adicional:

$$1.5 \cdot 0.75 = 1.125 \text{ t/m}$$

$$\text{min } m_{ye} = -1.125 \cdot 49 / 11.0 = -5.01 \text{ t}$$

$$\text{max } m_{ye} = 1.125 \cdot 49 / 19.2 = 2.87 \text{ t}$$

considerando para distribución L/2 o 7/2 = 3.5 metros

$\min m_{ye} : -3.34 - 5.01/3.5 : -4.77t \ (-4.6t)$

dirección x:

carga por unidad:

$0.75 \cdot 7$

$5.25t/m$

$\min m_{xe} : -5.25 \cdot 9/12 : -3.94tm$

$\max m_x : 5.25 \cdot 9/24 : 1.97tm$

distribución:

momento negativo: b- $0.25L'$

$\min m_{xe} : -3.94/0.75 : -5.25t$

según valores "exactos": $0.26L'$

$\min m_{xe} : -3.94/0.78 : -5.05t$

momento positivo: b- $0.6L'$

$m_{xrm} : 1.97/(0.6 \cdot 3) : 1.09t$

los valores coinciden

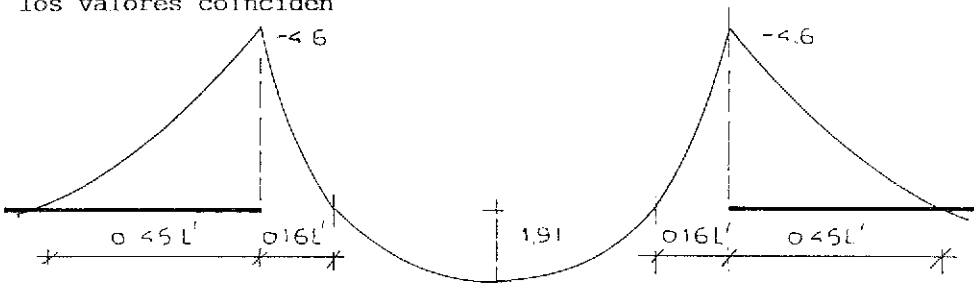


figura 47- momentos en dirección y

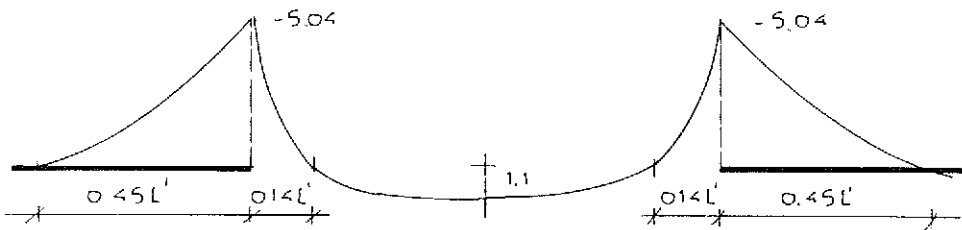


figura 48- momentos en dirección x

1.3.2. Losas con huecos

Los huecos pueden encontrarse en el centro o en las esquinas de una losa. Los momentos de estos elementos rebasan rara vez los de losas enteras. Los valores para el diseño no se modifican, cuando el vacío es a una distancia mayor que 60% del claro principal. El cálculo se enseña por medio de ejemplos.

1.3.2.1. Losas sin empotre

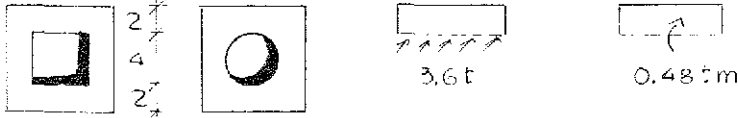


figura 49- losa con hueco céntrico
cargas

losa de 15 cm	0.36t/m ²
acabados	0.12
carga variable	0.15
total	0.63

según tabla en el anexo

c/L: 2/8= 0.25

$$m_t = 0.0315 \cdot 0.63 \cdot 8^2 = 1.27t$$

$$m_r = 0.0120 \cdot 0.63 \cdot 8^2 = 0.48t$$

para una losa entera se tiene

$$m_x = m_y = 0.0368 \cdot 0.63 \cdot 8^2 = 1.48t$$

basándose en una losa de tres lados apoyada

cargas de borde

$$0.63 \cdot 4 = 2.52t$$

$$(16 - 16\pi/4)0.63/2 = 1.08$$

momento por excentricidad

$$0.4468 \cdot 1.08 = 0.48tm$$

$$m_{xr} = 16 \cdot 0.63/16.2 - 3.6/8.16 - 0.48/2.08 = 1.29t$$

1.3.2.2. Losa empotrada con hueco céntrico

Para $a \geq 0.4L$ las cargas actúan como volados en partes.

$$m_{cm} = -0.25p(L - a)^2$$

para $a < 0.4L$ los cuartos particulares de la losa se apoyan mutuamente. La influencia de igualdad de torsión y deformación se hace

sentir con mas eficiencia.

Aproximación posible:

$$m_{em} = -0.051(L^2 - a^2)p$$

El momento positivo se define por medio de una losa de tres lados apoyada- los lados laterales con apoyo simple, el tercero con empotre. Los claros a considerar son:

$$L' = 0.5(L - a)$$

$$L'' = 0.5(L - a)$$

ejemplo

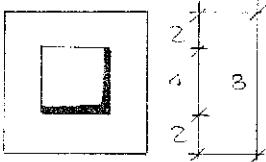


figura 50- losa a calcular

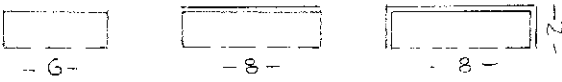


figura 51- losas representativas

$$a = 0.5L$$

$$\text{carga: } 0.63t/m^2$$

$$m_{cm} = -0.63(8 - 4)^2/4 = -2.52t$$

$$m_{xr} = 2 \cdot 6 \cdot 0.63/44.4 = 0.17t$$

$$0.007 \cdot 0.63 \cdot 36 = 0.16t$$

$$L' = 0.5(8 - 4) = 2m$$

$$L'' = 0.5(8 - 4) = 6m$$

$$K = 0.63 \cdot 16 = 10.08t$$

(carga del tablero)

$$m_{ey} = -10.08/8.08 - 3.6/4.34 - 0.48/1.68 = -2.36t$$

$$m_{xr} = 10.08/46.4 \quad 0.22t$$

1.3.2.3. Losa cuadrada de lados iguales con hueco en una esquina

El momento de empotre coincide con el momento de la losa sin vacíos hasta $a \leq 0.67L$, aumentando de tamaño el hueco el momento se acerca al del volado para la franja $L - a$. El valor para el borde alcanza su máximo para $a \approx L/2$. Teniendo $a > 0.6L$, el momento referente a los bordes de circunferencia de (m_{ey}, m_{em}) de

empotre se aproxima a la franja angular con $m_e: 0.41p(L-a)^2$.
 El momento en el centro coincide con el de una losa empotrada
 con:

$$0.018pl^2$$

Rebasando este límite se calcula para m_{xr} .

ejemplo

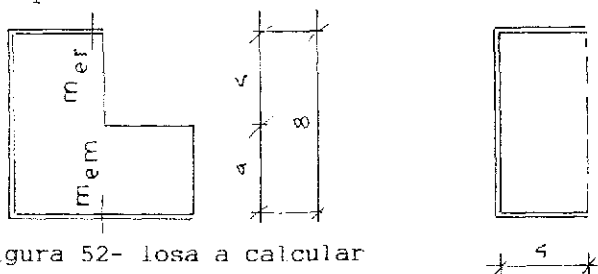


figura 52- losa a calcular

$$m_{em}: -0.63 \cdot 64/19.4: -2.08t$$

$$m_{er}: -0.0575 \cdot 0.63 \cdot 64: -2.32t$$

$$m_{xr}: 0.02 \cdot 0.63 \cdot 64: 0.81t$$

comparando con una losa de tres lados apoyada:

$$K: 32 \cdot 0.63: 20.16t$$

$$m_{er}: -20.16/6.86: -2.94t$$

$$m_{em}: -20.16/15.8: -1.28t$$

$$m_{xr}: 20.16/21.3: 0.95t$$

1.3.3. Losas con apoyos de punta

Este género se calcula por medio de franjas centrales y franjas cercanas a los apoyos. El procedimiento a seguir se basa en carga total en cada dirección ortogonal.

1.3.3.1. Cálculo aproximado

La repartición entre momentos positivos y negativos se ve en las siguientes gráficas.

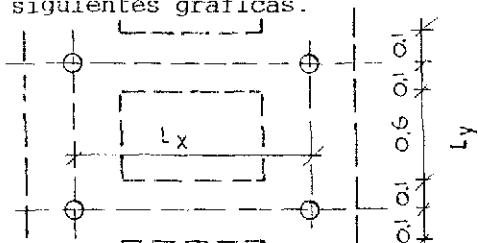


figura 53- distribución de franjas

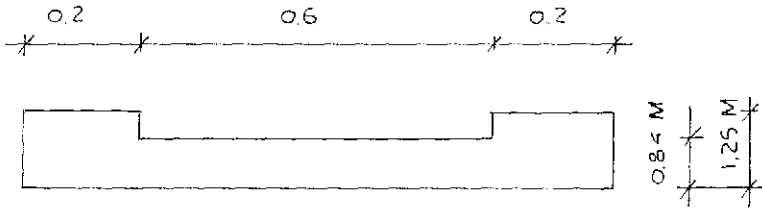


figura 54- distribución de momentos positivos

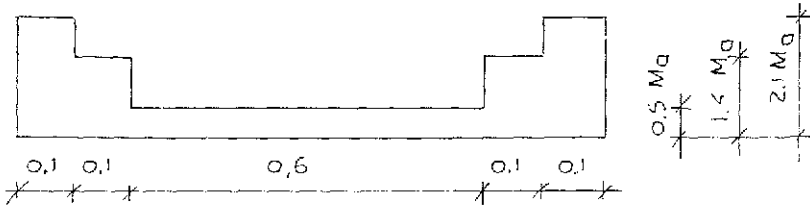
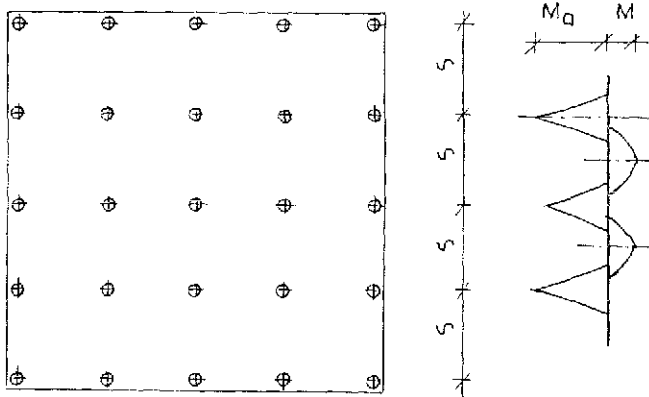


figura 55- distribución de momentos negativos
ejemplo



momentos para losas corridas

$$m_1: (0.077 \cdot 0.5 + 0.1 \cdot 0.15)25: 1.34t \quad 1.67/1.12$$

$$m_2: (0.036 \cdot 0.5 + 0.08 \cdot 0.15)25: 0.75t \quad 0.94/0.63$$

$$m_b: -(0.107 \cdot 0.5 + 0.121 \cdot 0.15)25: -1.79t \quad 3.76/2.51/0.90$$

$$m_c: -(0.071 \cdot 0.5 + 0.107 \cdot 0.15)25: -1.29t \quad 2.71/1.80/0.64$$

diseño: $d/h/b: 12/13/15/100$

$$1/4- A_s: 0.16 \cdot 1200/30: 6.4\text{cm}^2/\text{m} \quad 4.20$$

$$2/3- A_s: 0.088 \cdot 1200/30: 3.52 \quad 2.32$$

$$b- A_s: 0.415 \cdot 1200/30: 16.60$$

As: 0.251 . 1200/30: 10.04
 As: 0.084 . 1200/30: 3.36
 As: 0.275 . 1200/30: 11.00
 As: 0.175 . 1200/30: 7.00
 As: 0.058 . 1200/30: 2.32

gastos:

concreto: $0.15\text{m}^3/\text{m}^2$

gasto acero:

16.6 . 0.2+ 6.4: 9.72kg/m

10.04 . 0.2+ 6.4 8.41

3.32 . 0.2+ 4.2 4.86

total:

$(9.72+ 8.41+ 4.86 . 3)/2.5$ 13.08kgs./m²

simplificado:

$2[1.2(6.4+ 6.4)+ 1]+ [1.2(4.2+ 4.2)+ 1]3$ 13.19

$[(1.2 . 7.04+ 1)2+ (1.2 . 4.64+ 1)3]/5$ 7.72

total:

$(13.08+ 7.72)/2$ 10.4kgs./m²

1.3.3.2 Cálculo "exacto"

El cálculo se basa en la deformación de las losas por cargas concentradas; de ellas se deriva la determinación de los momentos para el diseño. Valores exactos se obtienen de áreas de influencia o de pruebas de carga.

En la literatura se encuentran los siguientes datos:

m_b : - 0.537 . 0.65 . 5: -1.75t (1.79 según aproximación)

m_c : -0.070 . 0.65 . 25: -1.14t (1.29)

Los valores dependen en gran escala de la relación ancho o largo de la columna y del claro a cubrir.

Además se debe considerar como se transmiten las cargas sobre la losa a las columnas. Los momentos referente al centro de la columna son:

min m: -0.262 . 0.65 . 25: -4.25t para C/L= D/L : 0.05

-0.131 . 0.65 . 25: -2.13t para C/L= D/L: 0.2

Los momentos en los bordes de la columna son:

min m: -0.214 . 0.65 . 25: -3.48t para C/L= D/L: 0.05

-0.083 . 0.65 . 25: -1.35t para C/L= D/L: 0.2

Los momentos positivos no varían de la misma manera.

1.4. LOSAS DE DOS CAPAS

(capa en zona de compresión y tracción)

Tales losas se emplean para cubrir mayores claros. En general se colocan tubos en los centros de la sección.

Se deben respetar los siguientes reglas para planeación de este género de elemento constructivo:

1) distancia mínima entre tubo y tubo:

$$b: D_{tu}/3 \text{ o } 8 \text{ cm}$$

2) distancia máxima:

$$b: 2D_{tu}/3$$

3) determinar el esfuerzo por flexotracción según figura 56 la carga horizontal en el punto de inflexión del poste es:

$$H: v_{cy} b/z$$

b distancia centro tubo- centro tubo

el momento en el corte 1- 1 según figura 56:

$$m_{1-1}: v_{cy} \cdot b \cdot 0.4 D_{tu}/z$$

la sección para un metro de ancho:

$$s_{1-1}: 100 \cdot b_o^2/6$$

b_o distancia entre dos tubos

el esfuerzo por flexotracción:

$$\sigma_t: \pm m/s$$

el valor para concreto simple se limita a:

$$\sigma_t: 1.2\sqrt{f'c}$$

4) recubrimiento del refuerzo ≥ 6.5 cm

5) inercia en dirección x:

$$I_x^I: (100 \cdot h^3/12) - (100\pi/64b)D_{tu}^4 + nAs_x(d_x - h/2)^2 \quad (\text{cm}^4/\text{m})$$

n E_s/E_c

6) inercia en dirección y:

$$I_y^I: 100(h^3 - D_{tu}^3)/12 + nAs_y(d_y - h/2)^2$$

7) relación entre los claros:

Se corrige la relación verdadera entre los claros por el factor

$$\lambda: \sqrt[4]{I_x/I_y}$$

8) los momentos para el diseño se calculan para la nueva relación

9) momentos por cargas concentradas se definen con áreas de influencia.

10) los factores para los momentos y fuerzas cortantes se obtiene según Czerny

11) el momento adicional por efectos de marcos vale:

$$\Delta m_{cy} = v_{cy} \cdot c$$

$$c = 0.25 D_{tu}$$

valores en el corte:

$$A_{cs} = (rec_s + 0.067 D_{tu}) 100$$

rec_s recubrimiento del refuerzo en el lecho superior

$$S_s = (100/6)(rec_s + 0.067 D_{tu})^2$$

S_s sección lecho superior

los esfuerzos en el paño según estado I:

$$\sigma = -C_c / A_{cs} \pm \Delta m_{cy} / S_s$$

C_c compresión concreto

$C_c = m_{yc} / z_c$ momento según momento principal

la fuerza a compresión es igual a la de tracción

12) diseño de estribos

$$req. A_{sE} = v_{cy} \cdot b / (2z \cos \alpha f_{adm})$$

para un metro de ancho:

$$\mu_s = A_{sE} \cdot 100(\%) / (100 b o \text{ send})$$

13) el momento adicional por efectos de viga "Vierendeel" para la cuerda de tracción:

$$\Delta m_{vcy} = v_{cy} \cdot c / 2$$

con:

$$A_{ci} = 100 d_{ci}^2$$

$$S_{ci} = 100 d_{ci}^3 / 6$$

esfuerzos en el paño:

$$\sigma = T_c / A_{ci} \pm \Delta m_{vcy} / S_{ci}$$

estos esfuerzos no pueden rebasar el valor:

$$1.2 \sqrt{f'c}$$

14) valor máximo de esfuerzos por cortante en el vértice del tubo:

$$T = 0.04 f'c P$$

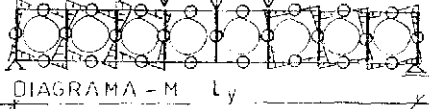


figura 56 esfuerzos y sistema estático

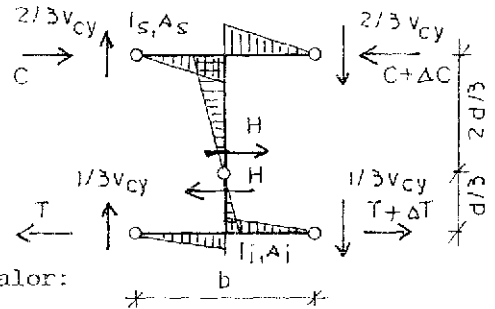
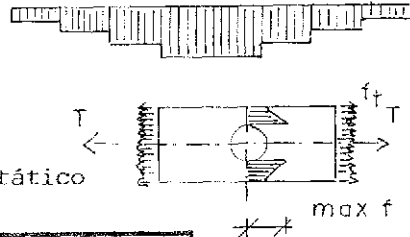


DIAGRAMA-N



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

se representan datos para una losa perimetral de lados iguales.

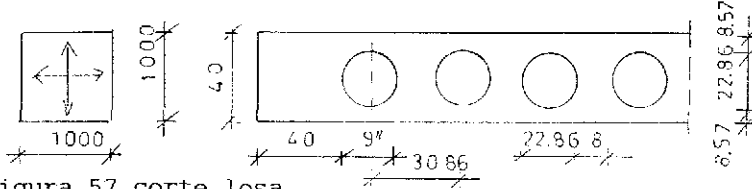


figura 57 corte losa

se usan tubos de cartón de 9" de diámetro para un peralte de 40cms.

peso propio:

$$(100 \cdot 0.4 - (0.2286^2 \pi / 4) 29 \cdot 9.2) 2.4 = 69.72t$$

$$\text{carga/m}^2: 69.72 / 100 = 0.697t/m^2$$

$$\text{carga variable} = 0.150$$

$$\text{total} = 0.847$$

inercias ver anexo página X

claros transformados:

$$\epsilon_t = \sqrt[4]{I_x^1 / I_y^1} = 1.03$$

fuerzas cortantes:

$$v_{cx} = 2.88t/m$$

$$v_{cy} = 2.80t/m$$

$$m_x = 3.31t$$

$$m_y = 3.00t$$

cálculo numérico ver anexo página X

$$\text{req. Asx} = 3.31 / 0.37 \cdot 2.4 = 3.73 \text{cm}^2/m$$

gasto de materiales:

$$\text{refuerzo} - 53 \cdot 2 \cdot 9.95 \cdot 0.56 / 100 = 5.91 \text{kgs./m}^2$$

$$\text{estribos} - \text{diámetro } 5/16" \text{ a } 45 \text{cm} = 8.70$$

$$\text{total} = 14.61$$

$$\text{concreto} = 0.29 \text{m}^3/\text{m}^2$$

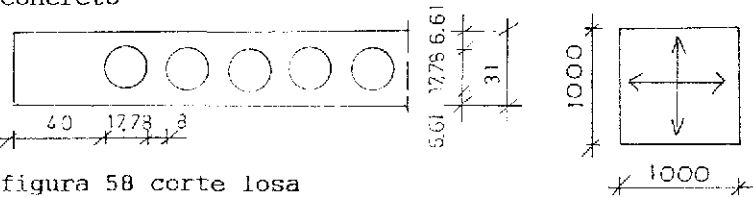


figura 58 corte losa

se usan tubos de cartón de 7" de diámetro para un peralte de 31cm

peso propio:

$$(0.31 - (0.1778^2 \pi / 4) / 0.2578) 2.4 = 0.513 \text{ t/m}^2$$

carga variable 1.000

total 1.513 t/m^2

inercias ver anexo

claros transformados:

$$\epsilon_t = \sqrt[4]{I_x / I_y} = 1.03$$

fuerzas cortantes:

$v_{cx} = 5.15 \text{ t/m}$

$v_{cy} = 5.00 \text{ t/m}$

momentos:

$m_x = 5.91 \text{ t}$

$m_y = 5.36 \text{ t}$

cálculo numérico ver anexo

req $A_{sx} = 5.91 / 0.275 \cdot 2.4 = 8.96 \text{ cm}^2 / \text{m}$

seleccionado: diámetro 1/2" a 14cm

req $A_{sy} = 5.36 / 0.288 \cdot 2.4 = 7.76 \text{ cm}^2 / \text{m}$

seleccionado: diámetro 1/2" a 16cm

fuerza cortante en el centro del primer tubo:

$v_{cy} \cdot 1 - 1 = 5.00 (5.0 - 0.49) / 5 = 4.51 \text{ t/m}$

req $A_{sE} = 4.51 \cdot 0.2578 / 2 \cdot 0.288 \cdot 0.707 = 2.86 \text{ cm}^2 / \text{m}$

seleccionado: diámetro 3/8" a 25cm

dirección x:

$v_{c_{ox}} = 5150 / (100 \cdot 8 \cdot 27.5 / 25.78) = 6.03 \text{ kg} / \text{cm}^2$

req $A_{sE} = 6.03 \cdot 8 \cdot 25 / 2400 = 0.5 \text{ cm}^2 / \text{alma}$

refuerzo al lado superior:

max $m_y = 5.36 \text{ tm/m}$

considerando el diagrama como parábola:

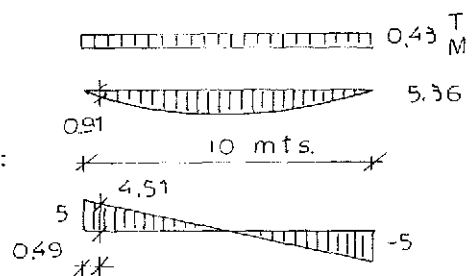
carga representativa: $p = 0.43 \text{ t/m}$

momento a $d_t/4$ referente al primer tubo:

$m = 0.91 \text{ tm/m}$

compresión concreto:

$C_c = 0.91 / 0.24 = 3.75 \text{ t/m}$



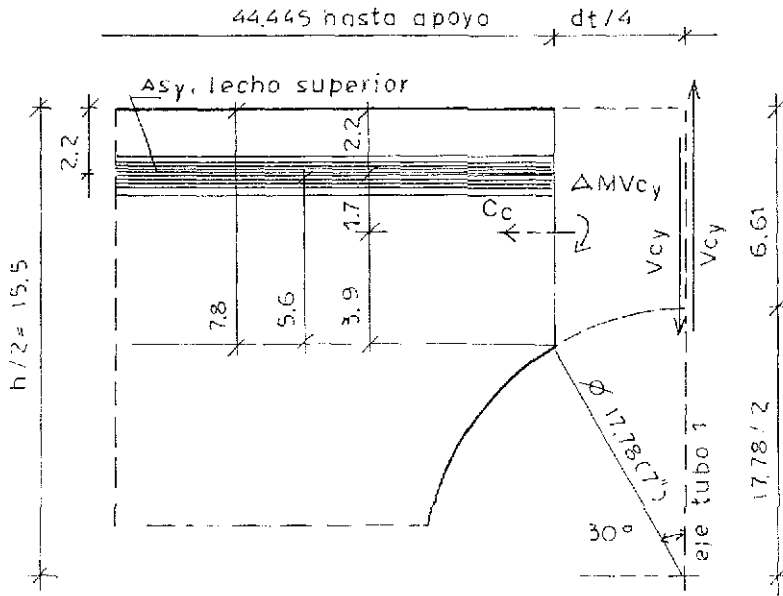


figura 59- detalle de losa para definir esfuerzos en la parte superior

recubrimiento de tubos a $d_t/4$:

$$6.61 + 17.78/2 - 17.78\sqrt{3}/4 = 7.8 \text{ cm}$$

$$e = 7.8/2 - 2.2 = 1.7 \text{ cm}$$

$$d_c = 28.8 - 3.9 = 24.9 \text{ cm}$$

$$\Delta MV_y = V_{cy} \cdot d_t/4 = 4.51 \cdot 17.78/4 = 20.05 \text{ tcm/m}$$

$$d = 0.9h = 0.9(7.8 - 2.2) = 5.04 \text{ cm}$$

$$M_e = 20.05 + 3.75 \cdot 1.7 = 26.43 \text{ tcm/m}$$

$$T_e = 26.43/5.04 - 3.75 = 1.49 \text{ t/m}$$

área requerida de estribos:

$$req \text{ AsE} = 1.49/2.4 = 0.62 \text{ cm}^2/\text{m}$$

área concreto lecho superior:

$$A_{cs} = 7.8 \cdot 100 = 780 \text{ cm}^2$$

sección concreto lecho superior:

$$S_{cs} = 100 \cdot 7.8^2/6 = 1014 \text{ cm}^3$$

tracción concreto lecho superior:

$$f_{tc} = -3750/780 \pm 26430/1014 = 21.26 \text{ kg/cm}^2$$

requerido: $f'c300$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\max f_{tc} = 1.2\sqrt{f'c} = 1.2\sqrt{300} = 20.78 \text{ kg/cm}^2$$

gasto acero:

dirección-x:	7.15kgs./m ²
dirección-y:	6.27
estribos-	14.11
total	27.53kgs./m ²
concreto	0.21m ³ /m ²

comparando con una losa maciza

losa de 31cms. de peralte

peso propio- 0.31 . 2.4	0.744t/m ²
carga variable-	1.000
total	1.744

momentos

$$m_x - m_y = 1.744 \cdot 100/27.2 = 6.41 \text{ t}$$

$$\text{diseño: } d/h/b = 27.5/28.8/31/100$$

$$\text{Asy} = 0.47 \cdot 6.41/27.5 = 10.96 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gastos:

acero- 1.8 . 11.04 + 1	20.88kgs./m ²
concreto-	0.31m ³ /m ²

2. LOSAS SEMIPREFABRICADAS

Losas semiprefabricadas se encuentran en el mercado en dos diferentes formas:

- viguetas con bovedillas y una capa de compresión
- tablones de concreto apoyados con armaduras a base de varillas

2.1 LOSAS A BASE DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS

Existen dos opciones:

- elementos presforzados de línea

Estas viguetas se elaboran de acuerdo con las necesidades prioritarias del mercado y no se adaptan a los requerimientos de casos específicos y no son tema de este trabajo.

- elementos reforzados según el diseño de la edificación a realizar se proyectan en forma individual y por eso su uso es generalizado. En seguida se analiza esta variante de fabricación.

$$\max f_{tc} = 1.2\sqrt{f'c} = 1.2\sqrt{300} = 20.78 \text{ kg/cm}^2$$

gasto acero:

dirección-x:	7.15kgs./m ²
dirección-y:	6.27
estribos-	14.11
total	27.53kgs./m ²
concreto	0.21m ³ /m ²

comparando con una losa maciza

losa de 31cms. de peralte

peso propio- 0.31 . 2.4	0.744t/m ²
carga variable-	1.000
total	1.744

momentos

$$m_x - m_y = 1.744 \cdot 100/27.2 = 6.41 \text{ t}$$

$$\text{diseño: } d/h/b = 27.5/28.8/31/100$$

$$\text{Asy} = 0.47 \cdot 6.41/27.5 = 10.96 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gastos:

acero- 1.8 . 11.04 + 1	20.88kgs./m ²
concreto-	0.31m ³ /m ²

2. LOSAS SEMIPREFABRICADAS

Losas semiprefabricadas se encuentran en el mercado en dos diferentes formas:

- viguetas con bovedillas y una capa de compresión
- tablones de concreto apoyados con armaduras a base de varillas

2.1 LOSAS A BASE DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS

Existen dos opciones:

- elementos presforzados de línea

Estas viguetas se elaboran de acuerdo con las necesidades prioritarias del mercado y no se adaptan a los requerimientos de casos específicos y no son tema de este trabajo.

- elementos reforzados según el diseño de la edificación a realizar se proyectan en forma individual y por eso su uso es generalizado. En seguida se analiza esta variante de fabricación.

El diseño se hace por flexión y cortante. La vigueta forma con la capa de compresión una sección "T". La calidad del concreto no varía para las partes integrantes. Los esfuerzos por cortante se definen de acuerdo con una trabe rectangular.

El peralte de las viguetas se mueve entre un vigésimo y un vigésimoquinto del claro a cubrir. Viguetas continuas no se usan.

La distancia máxima de entreje es de 75 centímetros, en general se colocan los elementos a 70 centímetros. La capa de compresión se refuerza con una malla electrosoldada (por ejemplo E66-66)

Se analizan claros de tres a diez metros y cargas variables uniformes de $0.2t/m^2$ a $1.0t/m^2$.

Los esfuerzos máximos por cortante son:

$$\max v_c = 0.29\sqrt{f'c}$$

Rebasan los esfuerzos por cortante el valor:

$$v_c = 0.17\sqrt{f'c}$$

se colocan estribos como refuerzo. El armado por cortante equivale al del por flexión para el límite max. v_c . Para niveles entre $0.17\sqrt{f'c}$ y $0.29\sqrt{f'c}$ se interpola. En otras palabras se coloca un refuerzo reducido.

claro de tres metros:

carga propia	$0.25t/m^2$
carga variable	0.20
	0.40
	0.60
	0.80
	1.00
peralte total	15cm
entreje	70cm
refuerzo por nervio	
	1.41/2.03/2.66/3.28/3.91 (cm^2)

claro de cuatro metros:

carga propia	$0.28t/m^2$
carga variable	0.20
	0.40
	0.60
	0.80
	1.00
peralte total	20cm

entreje	70cm
refuerzo por nervio	
1.81/2.56/3.31/4.06/4.82 (cm ²)	
claro de seis metros:	
carga propia	0.32t/m ²
carga variable	0.20
	0.40
	0.60
	0.80
	1.00
peralte total	25cm
entreje	70cm
refuerzo por nervio	
3.33/4.61/5.89/7.17/8.45	
claro de ocho metros:	
carga propia	0.36t/m ²
carga variable	0.20
	0.40
	0.60
	0.80
	1.00
peralte total	30cm
entreje	70cm
refuerzo por nervio	
5.12/6.95/8.78/10.61/12.44	
claro de diez metros	
carga propia	0.43t/m ²
	0.20
	0.40
	0.60
	0.80
	1.00
peralte total	40cm
entreje	70cm
refuerzo por nervio	
6.66/8.77/10.88/13.00/15.11 (cm ²)	

Diseño por cortante

El diseño se basa en la analogía referente a armaduras. La figura 60 demuestra las relaciones.

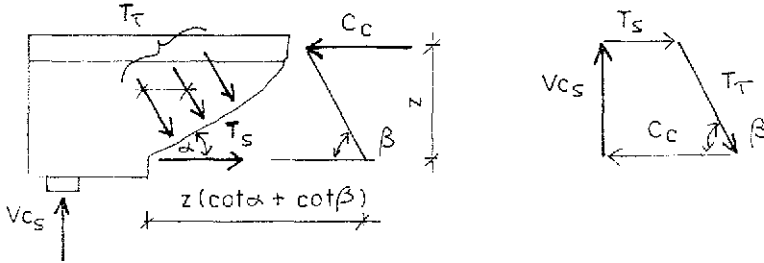


figura 60- esfuerzos y descomposición de fuerzas

La fuerza en el refuerzo inclinado vale:

$$T_T = n A_{s_T} \sigma_{s_T} = z (\cot \alpha + \cot \beta) A_{s_T} \sigma_{s_T}$$

La componente vertical se equilibra con la fuerza cortante:

$$T_T \text{ sen } \beta = V_{cs}$$

$$\tau_o = V_{cs} / b_o z$$

τ esfuerzos por cortante

T_T resultante tracción referente a cortante

n cantidad de varillas en el corte inclinado

A_{s_T} área de una varilla inclinada

σ_{s_T} esfuerzo por cortante en el refuerzo

z distancia entre refuerzos en dirección del eje de la barra

$$T' = \tau b_o$$

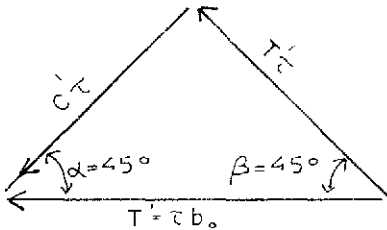


figura 61- descomposición de T' en compresión y tracción según la armadura

$$T'_T = 0.707T'$$

(para varillas inclinadas con $\beta = 45^\circ$)

el esfuerzo admisible en las varillas:

$$\sigma_T = 2.4t/cm^2 \text{ para calidad R42}$$

$$= 2.86t/cm^2 \text{ para calidad R50}$$

El refuerzo por cortante se define de manera mas simple de acuerdo con el refuerzo por flexión.

Se analiza el refuerzo por cortante para una carga variable de $1t/m^2$ y claros de tres a diez metros.

claro tres metros:

$$\text{peralte efectivo: } 15 - 2.3 = 12.7\text{cm}$$

$$m_s = 1.41/0.127^2 \cdot 1400 = 0.06$$

$$z = 0.92 \cdot 12.7 = 11.68\text{cm}$$

$$\tau = 1.25 \cdot 1.5/0.1168(0.12/0.7) = 93.6t/m^2$$

$$T' = \tau b_o = 9.36 \cdot 12/0.7 = 160.53\text{kg}$$

fuerza cortante para 22cm;

$$160.53(143/154)22 = 3279\text{kg}$$

$$A_{s_T} = 3279/2400/\sqrt{2} = 0.97\text{cm}^2$$

el refuerzo total es igual a A_{s_o}

se eligen siete diagonales diametro 5/16".

$$\text{total } A_s = 4.90\text{cm}^2$$

De acuerdo con el diagrama de fuerzas cortantes se recibe:

$$\text{total } A_s = 0.966 + 0.818 + 0.669 + 0.520 + 0.372 + 0.223 + 0.074$$

$$\text{total } A_s = 3.642\text{cm}^2$$

los valores coinciden.

El gasto de acero:

$$\text{cuerda superior- } 1\phi 4 \quad 2.98\text{kgs.}$$

$$\text{cuerda inferior- } 2\phi 5 \quad 9.31$$

$$\text{diagonales- } 28 \cdot 0.11\sqrt{2} \cdot 0.384 \quad 1.67$$

$$\text{total} \quad 13.97$$

$$\text{por } m^2: 13.97/(0.7 \cdot 3) = 6.65\text{kgs./m}^2$$

El gasto de concreto:

$$\text{capa de concreto} \quad 0.050\text{m}^3/\text{m}^2$$

$$\text{vigüeta- } 0.12 \cdot 0.04/0.7 \quad 0.007$$

$$\text{relleno entre bovedillas- } 0.16 \cdot 0.06/0.7 \quad 0.014$$

$$\text{total} \quad 0.071$$

claro cuatro metros:

peralte efectivo: $20 - 2.5 = 17.5\text{cm}$

$$m_s = 2.56 / 0.175^2 \cdot 1400 = 0.06$$

$$z = 0.92 \cdot 17.5 = 16.1\text{cm}$$

$$\tau = 2.56 / 0.161(0.12/0.7) = 92.75\text{t/m}^2$$

$$T' = 9.28 \cdot 12 / 0.7 = 159.01\text{kg/cm}$$

el refuerzo por cortante es igual al de por flexión.

El gasto de acero:

cuerda superior- $1\phi 4$

cuerda inferior- $1\phi 5$

$1\phi 6$

19.12kgs.

48 estribos $\phi 2.5$

4.56

total

23.69

$$\text{por m}^2: 23.69 / (0.7 \cdot 4) = 8.46\text{kgs./m}^2$$

El gasto de concreto:

capa de concreto

$0.050\text{m}^3/\text{m}^2$

vigueta

0.007

relleno

0.028

total

0.085

claro seis metros:

peralte efectivo: 22.5cm

capa de seis cms.

$$\tau = 3.96 / 0.225(0.12/0.7)0.9 = 114.1\text{t/m}^2$$

El gasto de acero:

cuerda superior- $2\phi 4$

12.93kgs.

cuerda inferior- $3\phi 6$

40.23

14 estribos $\phi 3$

9.98

total

62.14

$$\text{por m}^2: 62.14 / 0.7 \cdot 6 = 14.79\text{kgs./m}^2$$

El gasto de concreto:

capa de concreto

$0.060\text{m}^3/\text{m}^2$

vigueta

0.007

relleno

0.050

total

0.117

claro ocho metros:

peralte efectivo: 27.2cm

capa de siete cm

$$\tau = 5.44/0.272(0.16/0.7)0.9 = 97.22t/m^2$$

El gasto de acero:

cuerda superior- 2 ϕ 5	24.83kgs.
cuerda inferior- 1 ϕ 6	17.88
2 ϕ 8	63.57
56 estribos ϕ 3	11.97
total	118.25

por m^2 : $118.25/5.6 = 21.12kgs./m^2$

El gasto de concreto:

capa de concreto	$0.070m^3/m^2$
vigueta	0.014
relleno	0.039
total	0.123

claro de diez metros:

peralte efectivo: 37.2cm

capa de nueve cm

$$\tau = 7.15/0.372(0.16/0.7)0.91 = 92.4t/m^2$$

El gasto de acero:

cuerda superior- 2 ϕ 5	31.04kgs.
cuerda inferior- 3 ϕ 8	119.19
estribos- ϕ 3	16.41
total	166.64

por m^2 : $166.64/0.7 \cdot 10 = 23.81kgs./m^2$

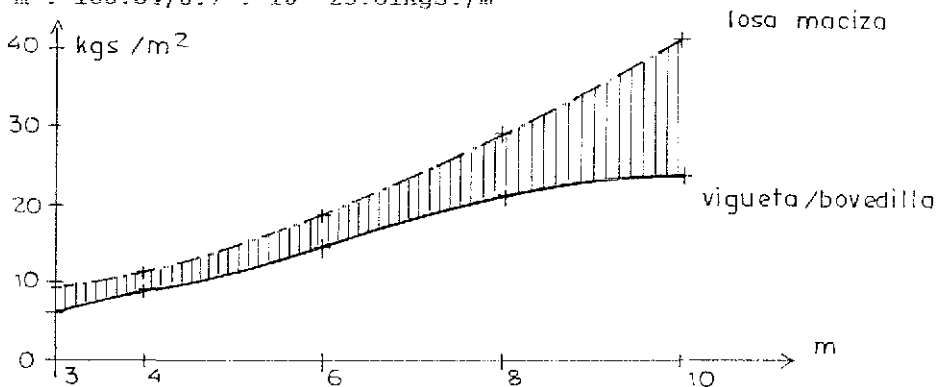


figura 62- gasto de acero- vigueta/bovedilla- losa maciza

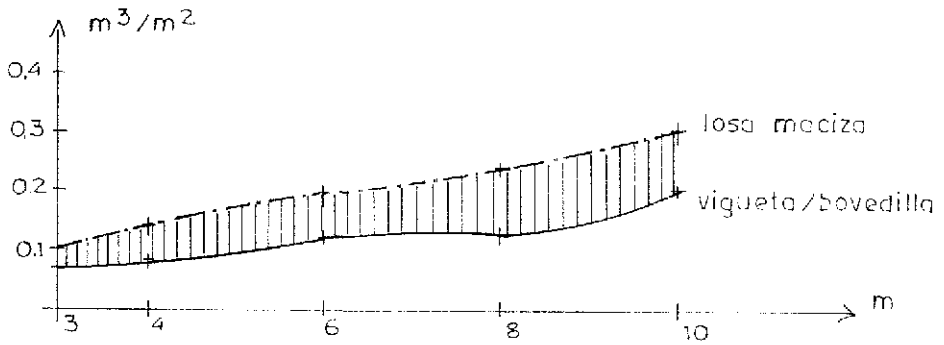


figura 63- gasto de concreto- vigueta/bovedilla- losa maciza

secciones ver anexo página XI

capacidad en estado de ruptura m_u y p_u

a) losa maciza

$$m_s = m_r / b d^2 \beta_r$$

m_s constante igual a 0.193

m_r momento resistente

b ancho (un metro o ancho de la vigueta)

d peralte efectivo

β_r resistencia del concreto

claro tres metros:

$$0.193 = m / 1.0 \cdot 0.08^2 \cdot 1400$$

$$m_r = 1.73t \quad p_r = 1.54t/m$$

claro cuatro metros:

$$0.193 = m / 0.12^2 \cdot 1400$$

$$m_r = 3.89t \quad p_r = 1.95t/m$$

claro seis metros:

$$0.193 = m / 0.179^2 \cdot 1400$$

$$m_r = 8.66t \quad p_r = 1.92t/m$$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

claro ocho metros:

$$0.193 = m/0.22^2 \cdot 1400$$

$$m_r = 13.92t \quad p_r = 1.74t/m$$

claro diez metros:

$$0.193 = m/0.285^2 \cdot 1400$$

$$m_r = 21.95t \quad p_r = 1.76t/m$$

b) vigueta/bovedilla

$$\text{momento: } C_c \cdot z = T_s \cdot z$$

$$C_c = T_s$$

$$\text{cortante: } \max T = 12.97kg/cm^2$$

claro tres metros:

$$C_c = 0.05 \cdot 0.7 \cdot 1400 = 49t$$

$$m_u = 49 \cdot 0.1 = 4.9tm$$

$$p_u = 4.9 \cdot 8/9 = 4.36t/m$$

$$V_a = 4.36 \cdot 1.5 = 6.53t$$

$$r = 6530/12 \cdot 10 = 54.4kg/cm^2 > 12.9/$$

admisibile:

$$V_c = 129.69 \cdot 0.12 \cdot 0.1 = 1.556t$$

carga correspondiente:

$$(1.556/1.5)/0.7 = 1.482t/m$$

$$r = 1.482 \cdot 1.5/(0.12 \cdot 0.10)/0.7 = 129.69t/m^2$$

momento:

$$m_u = 1.482 \cdot 9/8 = 1.66t$$

claro cuatro metros:

cortante:

$$V_c = 129.69 \cdot 0.12 \cdot 0.15 = 2.334t$$

carga correspondiente:

$$(2.334/2)/0.7 = 1.667t/m$$

momento:

$$m_u = 1.667 \cdot 4^2/8 = 3.335t$$

claro seis metros:

cortante:

$$V_c = 129.69 \cdot 0.12 \cdot 0.195 = 3.035t$$

carga correspondiente:

$$(3.035/3)/0.7 = 1.445t/m$$

momento:

$$m_u = 1.445 \cdot 6^2/8 = 6.50t$$

claro ocho metros:

cortante:

$$V_c = 129.69 \cdot 0.16 \cdot 0.237 = 4.918t$$

carga correspondiente:

$$(4.918/4)/0.7 = 1.756t/m$$

momento:

$$m_u = 1.756 \cdot 8^2/8 = 14.051t$$

claro diez metros:

cortante:

$$V_c = 129.69 \cdot 0.16 \cdot 0.327 = 6.785t$$

carga correspondiente:

$$(6.785/5)/0.7 = 1.939t/m$$

momento:

$$m_u = 1.939 \cdot 10^2/8 = 24.234t$$

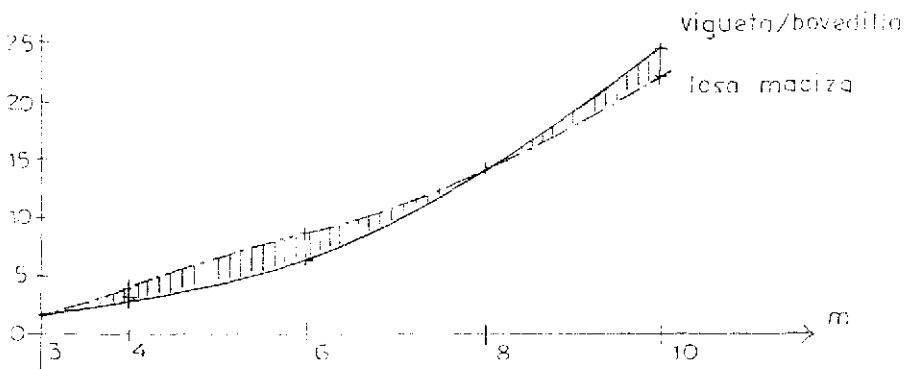


figura 64- capacidad m_u vigueta/bovedilla losa maciza

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capacidad de losas a base de viguetas/bovedillas según el porcentaje de refuerzo a flexión.

Claro de tres metros:

$$\text{considerando } \max T = 0.14 f'c = 0.14 \cdot 200 = 28 \text{ kg/cm}^2$$

(valor obtenido en pruebas de carga)

$$\max Vc = 28 \cdot 12 \cdot 10 = 3360 \text{ kg}$$

$$m_u = (3.36/1.5) \cdot 9/8 = 2.52 \text{ tm}$$

$$A_s = 2.52/0.105 \cdot 4.2 = 5.71 \text{ cm}^2$$

porcentaje:

$$5.71/180 = 3.17\%$$

1% corresponde a: 1.8 cm^2

$$T_{su} = 1.8 \cdot 4.2 = 7.56 \text{ t}$$

zona de concreto:

$$7.56/0.7 \cdot 1400 = 0.0077 \text{ m}$$

$$m_u = 7.56(0.15 - 0.02 - 0.0077/2) = 0.95 \text{ tm}$$

2% corresponde a: 3.6 cm^2

$$T_{su} = 15.12 \text{ t}$$

zona de concreto:

$$0.0154 \text{ m}$$

$$m_u = 1.80 \text{ tm}$$

$$m_r = 1.8/1.75 = 1.03 \text{ tm}$$

3% corresponde a: 5.4 cm^2

$$T_{su} = 22.68 \text{ t}$$

zona de concreto:

$$0.023 \text{ m}$$

$$m_u = 2.57 \text{ tm}$$

$$m_r = 1.47 \text{ tm}$$

para recibir la capacidad por metro de ancho, hay que dividir los valores por 0.7.

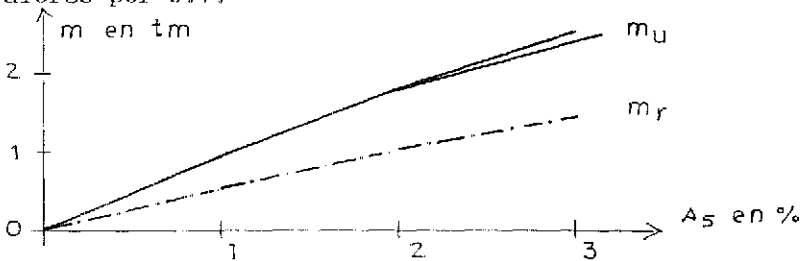


figura 65- relación porcentaje/capacidad

Claro de cuatro metros:

$$\max Vc = 28 \cdot 12 \cdot 15 = 5040\text{kg}$$

$$m_u = 5.04\text{tm}$$

$$As = 504/15.2 \cdot 4.2 = 7.89\text{cm}^2$$

porcentaje:

$$7.89/240 = 3.29\%$$

$$1\% \text{ corresponde a: } 2.4\text{cm}^2$$

$$Tsu = 10.08\text{t}$$

zona de concreto:

$$0.010\text{m}$$

$$m_u = 1.73\text{tm}$$

$$m_r = 0.99\text{t}$$

$$2\% \text{ corresponde a: } 4.8\text{cm}^2$$

$$Tsu = 20.16\text{t}$$

zona de concreto:

$$0.0206\text{m}$$

$$m_u = 3.32\text{tm}$$

$$m_r = 1.90\text{tm}$$

$$3\% \text{ corresponde a: } 7.2\text{cm}^2$$

$$Tsu = 30.24\text{t}$$

$$m_u = 4.83\text{tm}$$

$$m_r = 2.76\text{tm}$$

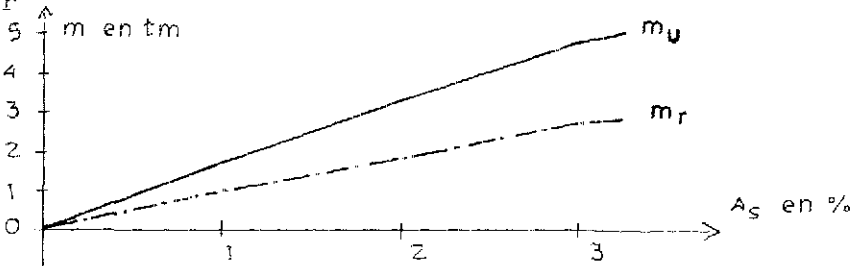


figura 66- relación porcentaje/capacidad

Claro de seis metros:

$$\max Vc = 28 \cdot 12 \cdot 19.5 = 6552\text{kg}$$

$$m_u = 6.552 \cdot 36/24 = 9.83\text{tm}$$

$$As = 9.83/0.195 \cdot 4.2 = 12\text{cm}^2$$

1% corresponde a: 3cm^2

$T_{su} = 12.6\text{t}$

zona de concreto:

0.013m

$m_u = 2.75\text{tm}$

$m_r = 1.57\text{tm}$

2% corresponde a: 6cm^2

$T_{su} = 25.2\text{t}$

zona de concreto:

0.026m

$m_u = 5.35\text{tm}$

$m_r = 3.05\text{tm}$

3% corresponde a: 9cm^2

$T_{su} = 37.8\text{t}$

zona de concreto:

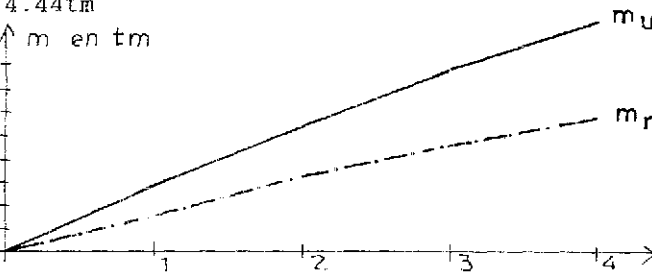
0.039m

$m_u = 7.78\text{tm}$

$m_r = 4.44\text{tm}$

↑ m en tm

8
7
6
5
4
3
2
1
0



As en %

figura 67- relación porcentaje/capacidad

Claro de ocho metros:

$\max V_c = 28 \cdot 16 \cdot 23.7 = 10618\text{kg}$

$m_u = 21.24\text{tm}$

$A_s = 2124/23.7 \cdot 4.2 = 21.33\text{cm}^2$

1% corresponde a: 4.8cm^2

$T_{su} = 20.16\text{t}$

zona de concreto:

0.02m

$m_u = 5.28\text{tm}$

$$m_r = 3.01 \text{ tm}$$

2% corresponde a: 9.6 cm^2

$$T_{su} = 40.32 \text{ t}$$

zona de concreto:

$$0.04 \text{ m}$$

$$m_u = 10.14 \text{ tm}$$

$$m_r = 5.79 \text{ tm}$$

3% corresponde a: 14.4 cm^2

$$T_{su} = 60.48 \text{ t}$$

zona de concreto:

$$0.06 \text{ m}$$

$$m_u = 14.58 \text{ tm}$$

$$m_r = 8.33 \text{ tm}$$

4% corresponde a: 19.2 cm^2

$$T_{su} = 80.64 \text{ t}$$

zona de concreto:

$$0.08 \text{ m}$$

$$m_u = 18.62 \text{ tm}$$

$$m_r = 10.64 \text{ tm}$$

m en tm

$$15$$

$$10$$

$$5$$

$$0$$

$$1$$

$$2$$

$$3$$

$$4$$

A_s en %

figura 68- relación porcentaje/capacidad

Claro de diez metros:

$$\max V_c = 28 \cdot 16 \cdot 32.7 = 14650 \text{ kg}$$

$$m_u = 36.62 \text{ tm}$$

$$A_s = 3662 / 32.7 \cdot 4.2 = 26.66 \text{ cm}^2$$

1% corresponde a: 6.4 cm^2

$$T_{su} = 26.88 \text{ t}$$

zona de concreto:

$$0.027 \text{ m}$$

$$m_u = 9.63 \text{ tm}$$

$m_r = 5.50 \text{tm}$
 2% corresponde a: 12.8cm^2
 $T_{su} = 53.76 \text{t}$
 zona de concreto:
 0.055mts.

$m_u = 18.52 \text{tm}$
 $m_r = 10.59 \text{tm}$
 3% corresponde a: 19.2cm^2
 $T_{su} = 80.64 \text{t}$
 zona de concreto:
 0.082m

$m_u = 26.68 \text{tm}$
 $m_r = 15.25 \text{tm}$
 4% corresponde a: 25.6cm^2
 $T_{su} = 107.52 \text{t}$
 zona de concreto:
 0.11m

$m_u = 34.10 \text{tm}$
 $m_r = 19.49 \text{tm}$

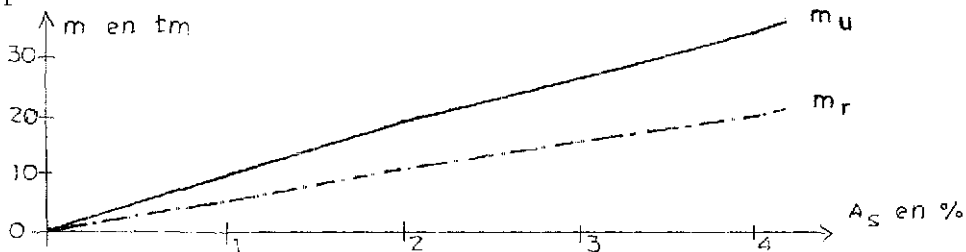


figura 69- relación porcentaje/capacidad

Comparación con losas macizas del mismo claro y con la carga variable de 1.0t/m^2 .

Claro tres metros:

refuerzo: 0.18%

$m_u = 0.55 \text{t}$

$m_r = 0.32 \text{t}$

deformación: $\epsilon_c / \epsilon_s = 0.7 / 2.0$ (o/oo)

refuerzo: 0.36%

$m_u = 1.07t$

$m_r = 0.61t$

deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 1.06/2.0$ (o/oo)

refuerzo: 0.54%

$m_u = 1.56t$

$m_r = 0.89t$

deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 1.35/2.0$ (o/oo)

refuerzo: 0.72%

$m_u = 2.05t$

$m_r = 1.17t$

deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 1.68/2.0$ (o/oo)

refuerzo: 0.90%

$m_u = 2.47t$

$m_r = 1.41t$

deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 2.03/2.0$ (o/oo)

refuerzo: 1.08%

$m_u = 2.86t$

$m_r = 1.63t$

deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 2.5/2.0$ (o/oo)

refuerzo: 1.24%

$m_u = 3.17t$

$m_r = 1.81t$

deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 3.0/2.0$ (o/oo)

Aumentando la calidad del concreto a $f'c = 3000t/m^2$:

refuerzo: 0.18%

$m_u = 0.56t$

$m_r = 0.32t$

deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 0.56/2.0$ (o/oo)

refuerzo: 0.36%

$m_u = 1.09t$

$m_r = 0.62t$

deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 0.83/2.0$ (o/oo)

refuerzo: 0.54%

$m_u = 1.61t$

$m_r = 0.92t$
deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 1.05/2.0$ (o/oo)
refuerzo: 0.72%

$m_u = 2.11t$
 $m_r = 1.20t$
deformación: 1.26/2.0 (o/oo)
refuerzo: 0.90%

$m_u = 2.59t$
 $m_r = 1.48t$
deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 1.45/2.0$ (o/oo)
refuerzo: 1.08%

$m_u = 3.08t$
 $m_r = 1.76t$
deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 1.68/3.68$ (o/oo)
refuerzo: 1.26%

$m_u = 3.50t$
 $m_r = 2.00t$
deformación: $\epsilon_c/\epsilon_s = 1.9/2.0$ (o/oo)
refuerzo: 1.44%

$m_u = 3.91t$
 $m_r = 2.23t$
deformación: 2.18/2.0 (o/oo)
refuerzo: 1.62%

$m_u = 4.29t$
 $m_r = 2.45t$
deformación: 2.5/2.0 (o/oo)
refuerzo: 1.8%

$m_u = 4.64t$
 $m_r = 2.65t$
deformación: 2.87/2.0 (o/oo)
refuerzo: 1.86%

$m_u = 4.76t$
 $m_r = 2.72t$
deformación: 3/2 (o/oo)

(los valores se refieren a la deformación del concreto y del acero)

Aumentando la calidad del concreto a $f'c = 4000t/m^2$

refuerzo: 0.18%

$m_u = 0.57t$

$m_r = 0.33t$

deformación: 0.48/2.0 (o/oo)

refuerzo: 0.36%

$m_u = 1.10t$

$m_r = 0.63t$

deformación: 0.7/2.0 (o/oo)

refuerzo: 0.54%

$m_u = 1.63t$

$m_r = 0.93t$

deformación: 0.89/2.0 (o/oo)

refuerzo: 0.72%

$m_u = 2.15t$

$m_r = 1.23t$

deformación: 1.06/2.0 (o/oo)

refuerzo: 0.90%

$m_u = 2.63t$

$m_r = 1.50t$

deformación: 1.2/2.0 (o/oo)

refuerzo: 1.08%

$m_u = 3.13t$

$m_r = 1.79t$

deformación: 1.35/2.0 (o/oo)

refuerzo: 1.26%

$m_u = 3.63t$

$m_r = 2.07t$

deformación: 1.5/2.0 (o/oo)

refuerzo: 1.44%

$m_u = 4.08t$

$m_r = 2.33t$

deformación: 1.66/2.0 (o/oo)

refuerzo: 1.62%

$m_u = 4.53t$

$m_r = 2.59t$

deformación: 1.85/2.0 (o/oo)

refuerzo: 1.80%

$m_u = 4.95t$
 $m_r = 2.83t$
 deformación: 2.04/2.0 (o/oo)
 refuerzo: 1.98%
 $m_u = 5.34t$
 $m_r = 3.05t$
 deformación: 2.25/2.0 (o/oo)
 refuerzo: 2.16%
 $m_u = 5.72t$
 $m_r = 3.27t$
 deformación: 2.49/2.0 (o/oo)
 refuerzo: 2.34%
 $m_u = 6.08t$
 $m_r = 3.48t$
 deformación: 2.78/2.0 (o/oo)
 refuerzo: 2.44%
 $m_u = 6.13t$
 $m_r = 3.50t$
 deformación: 3/2 (o/oo)

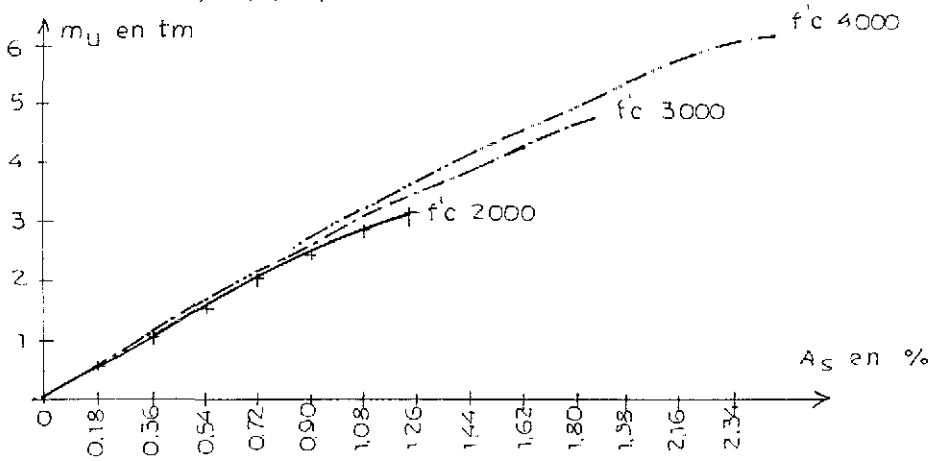


figura 70- relación porcentaje de refuerzo/capacidad para diferentes calidades de concreto y claro de tres metros

Para los claros 4, 6, 8 y 10 metros se indican los valores para m_u y m_r según las deformaciones ϵ_c y ϵ_s 3 o/oo y 2 o/oo.

claro	f'c2000	f'c3000	f'c4000
4m	6.96tm	10.43tm	13.56
	3.97	5.96	7.75
6m	15.65	22.75	29.32
	8.94	13.00	16.75
8m	25.07	36.63	48.84
	14.33	20.93	27.91
10m	39.39	59.10	78.80
	22.51	33.77	45.03

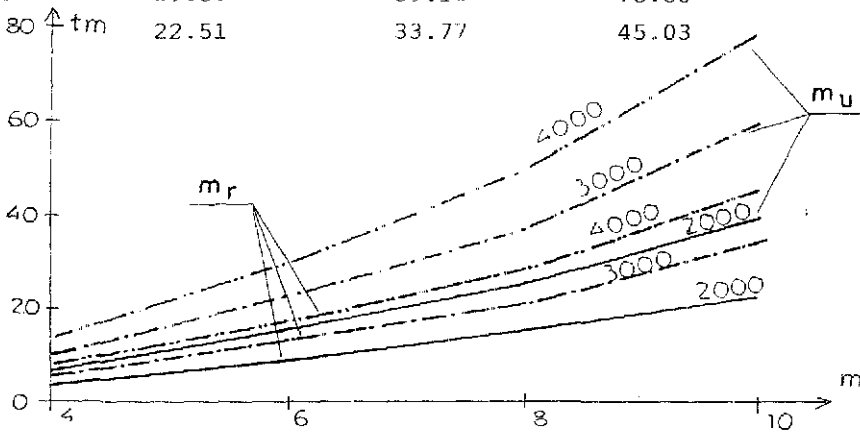


figura 71- valores m_u y m_r para diferentes claros y calidades de

concreto

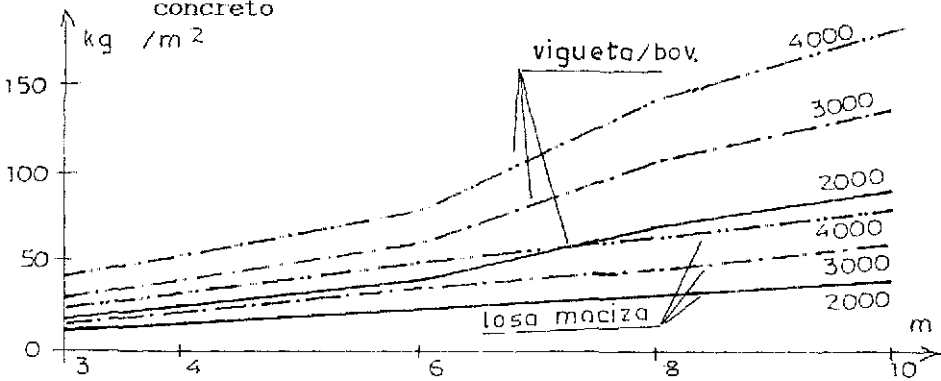


figura 72- gasto de acero para vigueta/bovedilla y losas macizas según m_u

2.2. LOSAS CON BASE PREFABRICADA

Este género de losas cuenta con una base prefabricada, armaduras a base de varillas para transmitir fuerzas cortantes y una parte colada en sitio. El elemento completo reparte las cargas en ambas direcciones ortogonales y se calcula como losa maciza. El refuerzo en sentido perpendicular al tablero se aumento, porque las varillas en dirección del mayor claro poseen un peralte efectivo menor que las losas coladas en sitio. Se demuestran soluciones para losas de un claro ($L_x = L_y$) y losas corridas.

2.2.1. Losas de un claro

Se indica el cálculo para diferentes claros y una carga variable de $0.15t/m^2$.

claro 3 metros:

peralte de 11 centímetros, peso propio de $0.36 t/m^2$.

$$m_x = m_y = 0.51 \cdot 9/27.2 = 0.17t$$

$$As_x = 0.38 \cdot 17/9 = 0.71cm^2/m$$

$$As_y = 0.38 \cdot 17/6.5 = 0.99cm^2/m$$

(base de 4 cm)

claro 4 metros:

peralte de 14 centímetros, peso propio $0.43 t/m^2$

$$m_x = m_y = 0.58 \cdot 16/27.2 = 0.34t$$

$$As_x = 0.38 \cdot 34/12 = 1.08cm^2/m$$

$$As_y = 0.38 \cdot 34/9.5 = 1.36cm^2/m$$

claro 6 metros:

peralte 20 centímetros, peso propio $0.58t/m^2$

$$m_x = m_y = 0.73 \cdot 36/27.2 = 0.97t$$

$$As_x = 0.45 \cdot 97/18 = 2.42cm^2/m$$

$$As_y = 0.46 \cdot 97/15.5 = 2.88cm^2/m$$

claro 8 metros:

peralte 25 centímetros, peso propio $0.70t/m^2$

$$m_x = m_y = 0.85 \cdot 64/27.2 = 2.00t$$

$$As_x = 0.055 \cdot 2280/30 = 4.18cm^2/m$$

$$As_y = 0.065 \cdot 2030/30 = 4.40cm^2/m$$

claro 10 metros:

peralte 31 centímetros, peso propio $0.84t/m^2$

$$m_x = m_y = 0.99 \cdot 100/27.2 = 3.64t$$

$$A_{s_x} = 0.055 \cdot 288/3 = 5.28cm^2/m$$

$$A_{s_y} = 0.075 \cdot 263/3 = 6.58cm^2/m$$

gasto de acero R42 o R50 corrugado

claro	flexión (kgs./m ²)	armadura (kgs./m ²)	total (kgs./m ²)
3	2.53	2.30	4.83
4	3.20	2.28	5.48
6	5.77	2.32	8.09
8	8.72	3.42	12.14
10	11.67	3.97	15.64

calidad concreto: $f'c = 2000t/m^2$

armaduras cada 70 centímetros

trabajando sin maderas se recibe:

claro 3 metros:

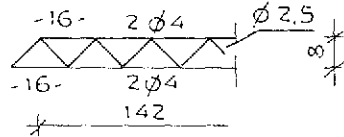
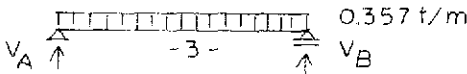


figura 73- sistema

$$V_A = 0.536t \quad m = 0.402tm$$

$$C = T = 0.402/0.067 = 5.99t$$

$$A_s = 5.99/2.4 = 2.5cm^2$$

sel. 2 Ø 4

gasto-

$$4 \cdot 0.994$$

$$3.98kgs.$$

estribos Ø 2.5

$$0.48$$

total

$$4.46$$

$$\text{por } m^2: 4.46/0.7 = 6.37$$

claro 4 metros:

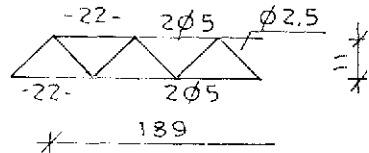


figura 74- sistema

$V_A = 0.812t \quad m = 0.812tm$

$C = T = 0.812/0.094 = 8.64t$

$As = 8.64/2.4 = 3.60cm^2$

sel. 2 ϕ 5

gasto-

4 . 1.552

6.21kgs.

estribos ϕ 2.5

0.46

total

6.67

por m^2 : $6.67/0.7 = 9.53$

claro 6 metros:

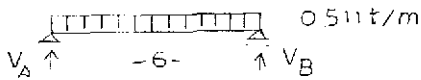


figura 75- sistema

$V_A = 1.533t \quad m = 2.30tm$

$C = T = 2.30/0.1478 = 15.56t$

$As = 15.56/2.4 = 6.48cm^2$

sel. 1 ϕ 6 + 1 ϕ 8

gasto-

2(2.235+ 3.973)

12.42kgs.

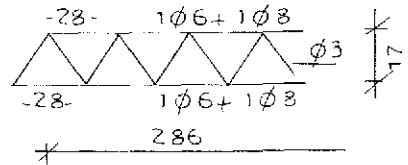
estribos ϕ 3

0.72

total

13.14

por m^2 : $13.14/0.7 = 18.77$



claro 8 metros:

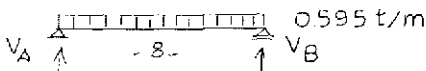


figura 76- sistema

$V_A = 2.38t \quad m = 4.76tm$

$C = T = 4.76/0.19 = 25.05t$

$As = 25.05/2.4 = 10.44cm^2$

sel. 1 ϕ 8 + 1 ϕ 10

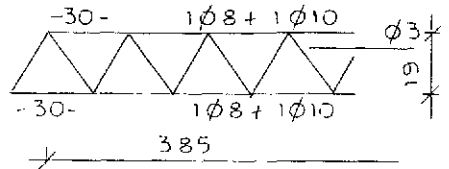
gasto-

2(3.973+ 6.225)

20.40kgs.

estribos ϕ 3

0.94



total
 por m²: 21.34/0.7= 30.49

21.34kgs.

claro 10 metros:

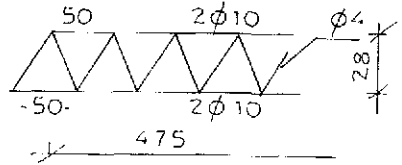
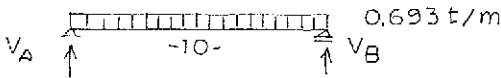


figura 77- sistema

$V_A = 3.465t$ $m = 8.66tm$
 $C = T = 8.66/0.255 = 33.97t$
 $A_s = 33.97/2.4 = 14.15cm^2$
 sel. 2 φ 10
 gasto-
 4 . 6.225
 estribos φ 4
 total
 por m²: 26.32/0.7= 37.6

24.90kgs.
 1.42
 26.32

gasto comparativo: sin madrinas/con madrinas

claro	sin madrinas	diferencia	porcentaje de incr.
3	8.9kgs./m ²	4.07	84.27%
4	12.73	7.25	132.30
6	24.54	16.45	203.33
8	39.21	27.07	222.98
10	49.27	33.63	215.16

incr. incremento

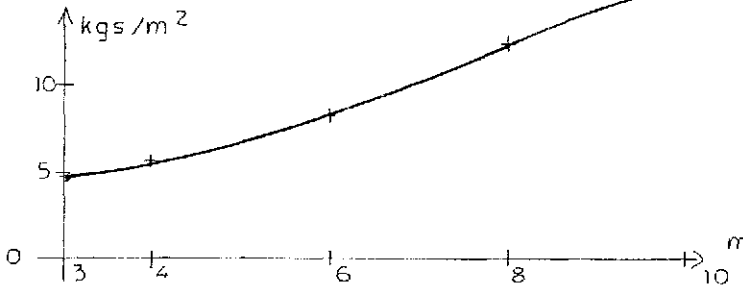


figura 78- gasto con madrinas

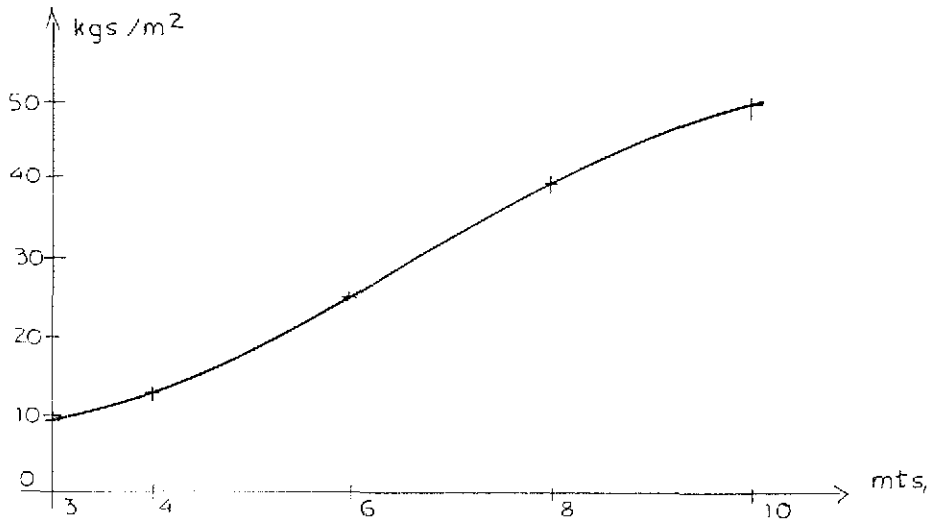


figura 79- gasto sin mdrinas

El gasto para mdrinas y postes depende en alto grado del perfil a liberar. (altura libre: piso- techo)

En un caso específico se calculan los postes por pandeo y las mdrinas por flexión.

2.2.2. Losas corridas

Tales elementos se analizan como losas macizas. Los momentos sobre los apoyos dependen de la rigidez de las partes integrantes (compatibilidad), del ancho y de la capacidad de soportar cargas de ellos (apoyos).

Para demostrar el procedimiento se elige un sistema de cuatro tableros.

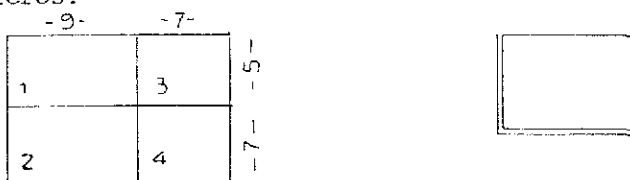


figura 80- sistema

Se elige un peralte de 18 centímetros de acuerdo con el claro efectivo de $0.8L_x$.

Análisis de carga

acabados-	0.10t/m ²
losa de 18-	0.43
carga variable-	0.15
total	0.68

tablero 1:

claros: 9/5

inercias:

$$I_x = 5832 \cdot 100/12$$

$$I_y = 2744 \cdot 100/12$$

relación:

$$\sqrt[4]{5832/2744} = 1.2$$

momentos:

$$m_x = 1.20t; m_y = 0.26t; m_{xe} = -2.13(-1.66)t; m_{ye} = 1.25(-0.98)t$$

valores en paréntesis para carga propia

tablero 2:

claros: 9/7

momentos:

$$m_x = 1.29t; m_y = 0.54t; m_{xe} = -3.00(-2.33); m_{ye} = -2.30(-1.80)t$$

tablero 3:

claros: 7/5

momentos:

$$m_x = 0.70t; m_y = 0.25t; m_{xe} = -1.58(-1.23)t; m_{ye} = -1.14(-0.89)t$$

tablero 4:

claros: 7/7

$$m_x = 0.95t; m_y = 0.63t; m_{xe} = -2.41(-1.88)t; m_{ye} = -2.12(-1.65)t$$

se eligen los siguientes anchos para los elementos semiprefabricados:

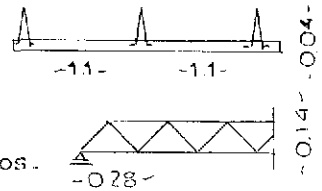
claro de 9 metros: $9/4 = 2.25m$ eje- eje armadura: 1.10m

claro de 7 metros: 7/3- 2.33m eje- eje armadura: 1.10m
 se propone una base de concreto precolado de 4 centímetros de
 grosor. El momento a soportar:

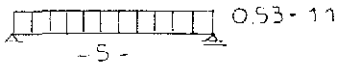
$$m = 0.53 \cdot 1.1^2 / 8 = 0.08t$$

diseño: d/h/b- 2/4/100

$$As = 0.288 \cdot 20 / 3 = 1.92 \text{cm}^2 / \text{m}$$



la armadura tiene un peralte de 14 centímetros.



claro de 5 metros

$$m = 0.53 \cdot 1.1 \cdot 25 / 8 = 1.82tm$$

$$C = T = 1.82 / 0.13 = 14t$$

área de acero requerida:

$$As = 14 / 2.4 = 5.84 \text{cm}^2$$

apoyo por polines cada 2.5 metros:

$$m = 0.53 \cdot 1.1 \cdot 6.25 / 8 = 0.46tm$$

$$C = T = 0.46 / 0.13 = 3.50t$$

$$As = 3.5 / 2.4 = 1.46 \text{cm}^2$$

seleccionada: 2 varillas diámetro 3/8"

gasto de materiales:

$$\text{claro 5 metros} - (45 \cdot 8.28 + 35 \cdot 6.89) / 80 = 7.67 \text{kgs.} / \text{m}^2$$

$$\text{claro 7 metros} - (63 \cdot 10.87 + 49 \cdot 10.1) / 112 = 10.53$$

$$\text{promedio general} = 9.34 \text{kgs.} / \text{m}^2$$

gasto por armaduras:

$$(2 \cdot 0.56 + 1.4 \cdot 0.248) / 1.1 = 1.33 \text{kgs.} / \text{m}^2$$

sin madrinas y postes:

se usan como refuerzo:

$$\text{claro 5 metros: 3 varillas diámetro } 5/8" = 9.10 \text{kgs.} / \text{m}^2$$

$$\text{claro 7 metros: 4 varillas diámetro } 6/8" = 16.89$$

sentido transversal:

$$\text{claro 5 metros: 8 varillas diámetro } 5/16" = 3.07 \text{kgs.} / \text{m}^2$$

$$\text{claro 7 metros: 9 varillas diámetro } 5/16" = 3.46$$

torsión:

claro 1:	
(28 . 1.6 . 0.56)/45	0.56kgs./m ²
claro 3:	
(28 . 1.6 . 0.56)/35	0.49
claro 2:	
(60 . 2.2 . 0.56)/63	1.17
claro 4:	
(48 . 2.2 . 0.56)/49	1.21
total:	
claro 1: 9.10+ 3.07+ 0.56+ 2.50	15.23kgs./m ²
claro 2: 16.89+ 3.46+ 1.17+ 2.73	24.25
claro 3: 9.10+ 3.07+ 0.49+ 2.36	15.02
claro 4: 16.89+ 3.46+ 1.21+ 2.73	24.29
promedio general:	
claro 5 metros:	15.14kgs./m ²
claro 7 metros:	24.27
general/m ² :	20.46

Usando viguetas y bovedillas de entreje 0.70 metros:

análisis de cargas	
acabados-	0.100t/m ²
peso propio-	0.314
carga variable-	0.200
total	0.614

claro 5 metros:

$$m = 0.614 \cdot 25/8 = 1.92t$$

claro 7 metros:

$$m = 0.614 \cdot 49/8 = 3.76t$$

diseño: d/h/b- 24/30/70

$$As = (192/24 \cdot 2.4)0.7 = 2.33cm^2/nervio$$

$$As = (376/24 \cdot 2.4)0.7 = 4.57$$

gastos:

$$\text{concreto: } 0.05 + (0.16 \cdot 0.25)/0.7 \quad 0.11m^3/m^2$$

$$\text{acero: } (0.56 + 2 \cdot 0.997 + 1.4 \cdot 0.384)/0.7 \quad 4.42kgs./m^2$$

acero: $(1.552 + 2.235 + 0.997 + 1.4 \cdot 0.384) / 0.7 = 7.60 \text{ kgs./m}^2$
 Malla E66-66 $1.23 \text{ m}^2/\text{m}^2$

Empleando Losa aligerada

eje- eje nervios: 0.70m

capa de compresión: 5 cm

bloques de poliestireno: 60/25

análisis de carga

acabados- 0.100 t/m^2

losa- $(0.3 - 0.25 \cdot 0.6 / 0.7) \cdot 2.4 = 0.206$

carga variable- 0.200

total 0.506

momentos iniciales:

$0.506 \cdot 25/8 = 1.58 \text{ t}$

$0.506 \cdot 49/8 = 3.10 \text{ t}$

$0.306 \cdot 25/8 = 0.96 \text{ t}$

$0.306 \cdot 49/8 = 1.87 \text{ t}$

$1.2 \text{ mB} = - 1.23 \text{ t}$ (empotre 50%)

$1 \text{ mB} = - 0.87 \text{ t}$

$2 \text{ mB} = - 1.1 \text{ t}$

$m1 = 1.18 \text{ t}$

$m2 = 2.57 \text{ t}$

diseño: d/h/b- 25/30/70

$As1 = 1.37 \text{ cm}^2/\text{nervio}$

$As2 = 3.00$

$AsB = 2.31$

gasto:

acero:

claro 5 metros

$2 \cdot 1.12 / 0.7 = 3.20 \text{ kgs/m}^2$

$(1.2 \cdot 0.56 / 5) / 0.7 = 0.19$

estribos diámetro 1/4" cada 20 cms. 0.99

total 4.38

claro 7 metros

$((0.997 + 1.552) / 6) / 0.7 = 3.12$

$2 \cdot 0.56 / 0.7 = 1.60$

$(1.2 + 0.56/5)/0.7$	0.19kgs./m ²
estribos	0.99
total	5.90
el aumento de gasto: $5.90/4.38 = 1.35$ o 35%	
gasto promedio:	
$(4.38 + 80 + 5.90 + 112)/192$	5.27kgs./m ²

Preferiendo Losa encasetonada

peralte: $0.8 + 700/20 = 28\text{cm}$

análisis de carga

acabados-	0.100t/m ²
losa- $(0.28 + 0.23 + 0.36 + .2)2.4$	0.275
carga variable-	0.150
total	0.525

tablero 1: claros- 9/5

$m_x = 13.125/13 = 1.01\text{t}$
 $m_y = 13.125/39.1 = 0.34\text{t}$
 $m_{xe} = -13.125/7.1 = -1.85\text{t}$
 $m_{ye} = -13.125/11.4 = -1.15\text{t}$

tablero 2: claros- 7/5

$m_x = 13.125/14.5 = 0.91\text{t}$
 $m_y = 13.125/31.2 = 0.42\text{t}$
 $m_{xe} = -13.125/7.7 = -1.70\text{t}$
 $m_{ye} = -13.125/11.1 = -1.18\text{t}$

tablero 3: claros- 9/7

$m_x = 25.725/15.5 = 1.66\text{t}$
 $m_y = 25.725/28.3 = 0.91\text{t}$
 $m_{xe} = -25.725/8.1 = -3.18\text{t}$
 $m_{ye} = -25.725/11 = -2.34\text{t}$

tablero 4: claros- 7/7

$m_x = m_y = 25.725/23.4 = 1.10\text{t}$
 $m_{xe} = m_{ye} = -25.725/11.1 = -2.32\text{t}$
 $0.525 + 25 = 13.125\text{t}; 0.525 + 49 = 25.725\text{t}$

diseño: $d/h/b = 25/26/28/100$

1- $As_x = 0.018 \cdot 260/3 = 1.56 \text{ cm}^2/\text{m}$

$As_y = 0.018 \cdot 250/3 = 1.50$

2- ver 1

3- $As_x = 0.037 \cdot 260/3 = 3.21$

As_y ver 1

4- ver 1

apoyos

1/2- $As = 0.018 \cdot 260/3 = 1.56$

1/3- $As = 0.049 \cdot 260/3 = 4.25$

2/4- $As = 0.039 \cdot 260/3 = 3.38$

3/4- $As = 0.046 \cdot 260/3 = 3.99$

gasto:

refuerzo longitudinal $6.95 \text{ kgs.}/\text{m}^2$

estribos 2.35

total 9.30

Seleccionando una Losa maciza colada en sitio

peralte: $0.8 \cdot 700/35 + 2 = 18 \text{ cm}$

carga total: $0.7 \text{ t}/\text{m}^2$

tablero 1: claros 9/5

$0.7 \cdot 25 = 17.5 \text{ t}$

$m_x = 17.5/19.1 = 0.92 \text{ t}$

$m_y = 17.5/57.7 = 0.30 \text{ t}$

$m_{xe} = -17.5/8.7 = -2.01 \text{ t}$

$m_{ye} = -17.5/12.2 = -1.43 \text{ t}$

tablero 2: claros 7/5

$m_x = 17.5/24.1 = 0.73 \text{ t}$

$m_y = 17.5/51 = 0.34 \text{ t}$

$m_{xe} = -17.5/10 = -1.75 \text{ t}$

$m_{ye} = -17.5/12.6 = -1.39 \text{ t}$

tablero 3: claros 9/7

$0.7 \cdot 49 = 34.3 \text{ t}$

$m_x = 34.3/26.5 = 1.29 \text{ t}$

$$m_y = 34.3/47.6 = 0.72t$$

$$m_{xe} = -34.3/10.7 = -3.21t$$

$$m_{ye} = -34.3/12.8 = -2.68t$$

tablero 4: claros 7/7

$$m_x = m_y = 34.3/40.2 = 0.85t$$

$$m_{xe} = m_{ye} = -34.3/14.3 = -2.40t$$

diseño: d/h/b= 15/16/18/100

$$1- As_x = 0.046 \cdot 160/3 = 2.45 \text{cm}^2/\text{m}$$

$$As_y = 0.018 \cdot 150/3 = 0.90$$

$$2- As_x = 0.037 \cdot 160/3 = 1.97$$

As_y ver 1

$$3- As_x = 0.067 \cdot 160/3 = 3.57$$

$$As_y = 0.042 \cdot 150/3 = 2.10$$

$$4- As_x = 0.050 \cdot 150/3 = 2.50$$

As_y ver As_x

apoyos

$$1/2- As = 0.073 \cdot 160/3 = 3.89$$

$$1/3- As = 0.139 \cdot 160/3 = 7.41$$

$$2/4- As = 0.110 \cdot 160/3 = 5.87$$

$$3/4- As = 0.136 \cdot 160/3 = 7.25$$

gasto:

$$(1.2 \cdot 3.35 + 1)45 \quad 225.90 \text{kgs.}$$

$$(1.2 \cdot 2.87 + 1)35 \quad 155.54$$

$$(1.2 \cdot 5.67 + 1)63 \quad 491.65$$

$$(1.2 \cdot 5.00 + 1)49 \quad 343.00$$

$$\text{total} \quad 1216.09$$

$$\text{por m}^2: 1216.09/192 \quad 6.33 \text{kgs./m}^2$$

comparación de gastos de los diferentes losas

concreto	varilla	malla	bloques	bovedillas	género
0.18m ³ /m ²	10.67	--	--	--	losa/armadura
0.11	7.60	1.23		7.14*	vigueta/bov. **
0.12	5.27	1.23	60/25	--	losa aligerada

concreto	varilla	mallá	bloques	bovedillas	género
0.11	9.30	1.23	60/23	--	casetones
0.18	6.33	--	--	--	maciza ***

* entreje 70, altura 25, capa de compresión de 5 cm

** bovedilla de concreto ligero $\approx 1.6t/m^3$

*** losa maciza colada en sitio

mallá E66- 66 gasto en m^2/m^2

todos los géneros usan la misma calidad de concreto y acero.

concreto $f'c- 200kg/cm^2$

varilla corrugada de $f_y- 4200kg/cm^2$ (R42)

detalles ver anexo páginas XII

3. LOSAS PREFABRICADAS

Losas prefabricadas se elaboran en fábricas o talleres y se transportan sobre vías públicas hasta su destino. El montaje se realiza por medio de gruas. Los géneros de estos elementos se distinguen por peso, por forma geométrica y por el refuerzo que llevan.

3.1. LOSAS DE CONCRETO NORMAL

Para ahorrar peso se utilizan piezas con traveses de borde y elementos huecos.

3.1.1. Losas "π"

Estas losas cubren claros según la capacidad de las traveses de borde. El peralte se rige de acuerdo con la altura disponible de los entrepisos.

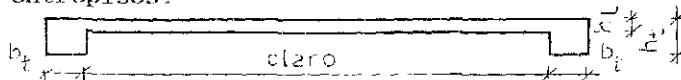


figura 81 corte losa "π"

ejemplo:

peralte disponible: 50 cm

género de edificio: escuela

buscado: claro posible según calidad y gasto de acero

Existen dos variantes:

- se restringe el claro de la losa; peralte necesario de una losa: 2.6L- 2 para $f'c- 200$ y 2L- 2 para $f'c \geq 250$ (kg/cm^2)

concreto	varilla	mallá	bloques	bovedillas	género
0.11	9.30	1.23	60/23	--	casetones
0.18	6.33	--	--	--	maciza ***

* entreje 70, altura 25, capa de compresión de 5 cm

** bovedilla de concreto ligero $\approx 1.6t/m^3$

*** losa maciza colada en sitio

mallá E66- 66 gasto en m^2/m^2

todos los géneros usan la misma calidad de concreto y acero.

concreto $f'c- 200kg/cm^2$

varilla corrugada de $f_y- 4200kg/cm^2$ (R42)

detalles ver anexo páginas XII

3. LOSAS PREFABRICADAS

Losas prefabricadas se elaboran en fábricas o talleres y se transportan sobre vías públicas hasta su destino. El montaje se realiza por medio de gruas. Los géneros de estos elementos se distinguen por peso, por forma geométrica y por el refuerzo que llevan.

3.1. LOSAS DE CONCRETO NORMAL

Para ahorrar peso se utilizan piezas con traveses de borde y elementos huecos.

3.1.1. Losas "π"

Estas losas cubren claros según la capacidad de las traveses de borde. El peralte se rige de acuerdo con la altura disponible de los entrepisos.

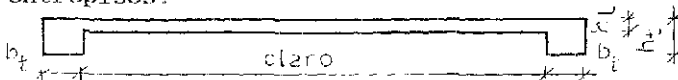


figura 81 corte losa "π"

ejemplo:

peralte disponible: 50 cm

género de edificio: escuela

buscado: claro posible según calidad y gasto de acero

Existen dos variantes:

- se restringe el claro de la losa; peralte necesario de una losa: 2.6L- 2 para $f'c- 200$ y 2L- 2 para $f'c \geq 250$ (kg/cm^2)

Se recibe:

$$h = 2.6 \cdot 3 + 2 = 9.8 \text{ cm}$$

peso por considerar- 0.512t/m²

acústica:

losa de 10 -19dB

firme flotante 25

total + 6

flexión:

$$m = 0.512 \cdot 9/8 = 0.58 \text{ t}$$

diseño: d/h/b- 8/10/100

$$m_s = 0.58/0.08^2 \cdot 1400 = 0.06$$

$$A_s = 0.123 \cdot 80/3 = 3.28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gasto de acero: 4.14kgs./m²

trabe de borde:

carga por losa- 0.77t/m

peso propio de trabe- 0.29

total 1.06

flexión:

$$m = 13.25 \text{ tm}$$

diseño: d/h/b- 45/50/30

$$m_s = 13.25/0.2025 \cdot 2100 = 0.03$$

zona de compresión: 0.15 \cdot 45 < 10

$$A_s = 0.055 \cdot 45 \cdot 150/30 = 12.38 \text{ cm}^2$$

sel. tres diámetro 1"

gasto de acero:

refuerzo A_s' 2 ϕ 5 3.10kgs./m

refuerzo A_s 3 ϕ 8 11.92

estribos ϕ 3 cada 25cms. 3.36

total 18.36

gasto/m²:

$$2 \cdot 18.38/3 + 4.14 \quad \text{16.39kgs/m}^2$$

la deformación:

sección homogénea:

$$w = 5 \cdot 1.06 \cdot 10^4 / (0.3 \cdot 0.5^3 / 12) 2000000 \cdot 384 = 0.022 \text{ m}$$

sin considerar la losa

incluyendo la losa:

sección heterogénea:

El.	A(cm ²)	y(cm)	Ay(cm ³)	Ay ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
1	540	9	4860	43740	14580
2	106	45.2	4812	217522	--
Σ	646	/	9672	261262	14580

$$I = 14580 + 261262 - 9672^2/646 = 131124 \text{cm}^4$$

$$I_c = 30 \cdot 50^3/12 = 312500 \text{cm}^4$$

$$I_{ef} = 131124/312500 = 0.42 \text{ o } 42\%$$

$$w = 5 \cdot 1.06 \cdot 10^4 / 131124 \cdot 0.02 \cdot 384 = 0.053 \text{m}$$

calculando con los diagramas de esfuerzos para acero y concreto:

$$\epsilon_c = -2.050/100; \epsilon_s = 20/100$$

$$m = 13.53 \text{tm}$$

$$1/\rho = (2.05 + 2.00)/0.452 = 8.96 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$w = 0.00896 \cdot 2.5 \cdot 50/12 = 0.093 \text{m}$$

para el estado de ruptura: $\epsilon_c = -30/100; \epsilon_s = 20/100$ se tiene:

$$m_u = 53.48 \text{tm} \text{ o } \text{adm } m = 30.56 \text{tm}$$

$$\text{adm } p = 2.44 \text{t/m}$$

carga para losa:

$$(2.44 - 0.29)/1.5 = 1.43 \text{t/m}^2$$

$$m = 1.43 \cdot 9/8 = 1.61 \text{t}$$

diseño: d/h/b- 8/10/100

$$A_s = 0.395 \cdot 80/3 = 10.53 \text{cm}^2/\text{m}$$

gasto de acero:

losa- 15.38 · 0.56	8.62 kgs./m ²
--------------------	--------------------------

5.13 · 0.384	1.97
--------------	------

total	10.59
-------	-------

trabe- 3.973 · 9	35.76
------------------	-------

7.5 · 0.56	4.20
------------	------

total	39.96
-------	-------

losa $\phi 3/6.5$ transversal $\phi 2.5/19.5$; trabe 9 $\phi 8$ estribos $\phi 3/20$

gasto/m²:

10.59 + 2 · 39.96/3	37.23 kgs./m ²
---------------------	---------------------------

gasto de concreto:

(0.1 · 3.3 + 0.3 · 0.4 · 2)/3.3	0.17 m ³ /m ²
---------------------------------	-------------------------------------

Usando losa maciza colada en sitio apoyada sobre 4 columnas:

peralte: $2.6 \cdot 10^{-2} = 28\text{cm}$

acabados-	72kg /m ²
losa de 28-	672
carga variable-	200
total	944

flexión losa:

$m = 0.944 \cdot 100/8 = 11.8\text{tm}$

flexión trabe:

$m = 0.944 \cdot 5 \cdot 9/8 = 5.31\text{tm}$

diseño:

losa- d/h/b- 25.5/28/100

$As = 0.264 \cdot 255/3 = 22.44\text{cm}^2/\text{m}$

trabe- d/h/b- 23.5/28/30

$As' = 0.076 \cdot 23.5 = 1.79\text{cm}^2$

$As = 0.511 \cdot 23.5 = 12.01$

gasto de acero:

losa- $\phi 6/12.5$	17.88kgs./m ²
$\phi 3/16$	3.50

trabe- $8\phi 5$ 12.42

E $\phi 3/14$ 4.40

total 16.82

por m² - 16.82/5

total 3.36

gasto de concreto: 0.28m³/m²

inviertiendo la dirección de la losa se recibe:

gasto de acero: 57.15kgs./m²

gasto de concreto: 0.28m³/m²

empleando una losa aligerada con los mismos apoyos:

acabados-	72kg /m ²
-----------	----------------------

losa de 50- (0.50- 0.45 . 0.6/0.7)2.4	274
---------------------------------------	-----

carga variable-	200
-----------------	-----

total	546
-------	-----

flexión:

losa- $m = 0.546 \cdot 12.5 = 6.825\text{t}$

trabe- $m = 0.546 \cdot 5 \cdot 9/8 = 3.04\text{tm}$

diseño-

losa- d/h/b- 46.5/50/70

$As = 6.825/0.44 \cdot 2.4 = 6.46 \text{ cm}^2/\text{m}$

1 ϕ 5 + 1 ϕ 6/nervio

$As' = 2\phi 3$

trabe- d/h/b- 45.5/50/30

$As = 0.065 \cdot 45.5 = 2.96 \text{ cm}^2$ 3 ϕ 4

gasto de acero:

losa- $(1.552 + 2.235 + 1.12)/0.7$

7.01 kgs./m²

estribos $\phi 2.5/25$

4.39

trabe- $0.994 \cdot 3 + 1.12 = 4.10$

E $\phi 2.5/25 = 2.30$

total 6.40

por m²- 6.4/5

1.28

total

12.68

gasto de concreto:

$0.114 + 0.3 = 0.45/5$

$0.14 \text{ m}^3/\text{m}^2$

además:

$1.23 \text{ m}^2/\text{m}^2$ de malla E66-66

$0.27 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de bloques de poliestireno

en caso de necesitar una losa cerrada al lado inferior se requiere de un falso plafón.

La losa maciza ahorra cada piso 22 centímetros de altura.

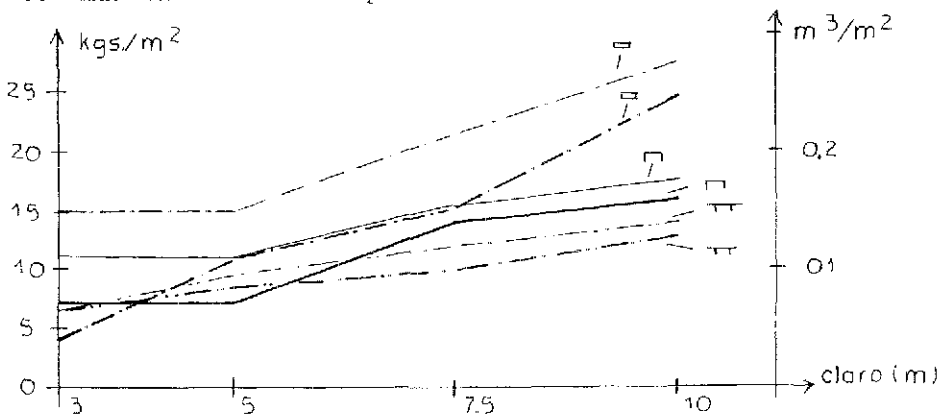


figura 81 gastos para las diferentes losas

nomenclatura

losa maciza

losa "π"

losa aligerada

gastos en números:

concreto: 0.11/0.10/0.15/0.17 (m^3/m^2)

acero: 6.94/6.94/14.29/16.39 ($kgs./m^2$)

losa maciza:

concreto: 0.15/0.15/0.22/0.28

acero: 4.03/11.07/14.89*/24.74*

* losas de un sentido

losa aligerada:

concreto: 0.074/0.095/0.12/0.14

acero: 6.62/8.44/9.64/12.68

información mas detallada ver anexo

3.1.2. Losas con huecos

Se colocan huecos en este género de elementos para reducir el peso propio. La sección restante absorbe flexión y fuerzas por cortante. El ancho de las piezas fabricadas depende del ancho de los camiones que transportan las losas.

Para demostrar los gastos se aplican las mismas cargas variables y los mismos peraltes a estos elementos.

claro 3 metros

peralte 15 centímetros

díametro de tubos 2.5"

distancia eje- eje tubo: 15 centímetros

análisis de carga

firme de 3 cm de asfalto 66 kg/m^2

aislante acústico 6

losa de 15 cm:

$((0.15 - (0.0635^2 \pi / 4) / 0.15) 2.4$ 309

carga variable 200

total 581

gasto por m^2 : $0.129m^3$ de concreto

$$m = 0.581 \cdot 9/8 = 0.65t$$

diseño: d/h/b- 13/15/100

$$As = 0.055 \cdot 130/3 = 2.38cm^2/m \quad \phi 2.5 \text{ a } 20cm$$

analizando gastos de materiales resulta económico emplear esta losa para claros de 8.5 a 15 metros de claro.

Los peraltes requeridos son:

$$L_1/35 \text{ o } 2.6L + 2 \quad \text{para } f'c < 200$$

$$L_1/35 \text{ o } 2L + 2 \quad \text{para } f'c > 200$$

Se elaboran los valores para los claros de 8.5, 11.75 y 15m claro de 8.5 metros:

cargas a considerar

firme de 3cms. de asfalto	0.066t/m ²
aíslante acústico-	0.006
losa- $(0.24 - (0.1016^2 \pi / 4)) 100 / 20.16) 2.4$	0.479
carga variable-	0.500
total	1.051

momento:

$$m = 1.051 \cdot 8.5^2 / 8 = 9.49t$$

diseño: d/h/b- 21.5/24/100

se transforma la zona de compresión irregular en una área rectangular y se calcula como viga "T"

área de compresión:

ángulo céntrico: $125^\circ 42' 12''$

$$\text{altura de la zona de compresión: } 0.75 \cdot 0.6 \cdot 21.5 = 9.675cm$$

$$20.16 \cdot 9.675 \quad 195.05cm^2$$

$$- 0.69505 \cdot 5.08^2 \quad - 17.94$$

$$\text{total} \quad 177.11$$

$$z = 177.11 / 20.16 \quad 8.785cm$$

$$z/z_o = 8.785 / 21.5 = 0.41$$

$$b/b_o = 2$$

$$m_s = 9.49 / 0.215^2 \cdot 1400 = 0.15 \quad z = 0.39 \cdot 21.5 = 8.385 < 8.785$$

$$As = 0.305 \cdot 2150 / 30 = 21.85cm^2/m$$

utilizando la capa de compresión de 6.92cm se tiene:

$C_c = 0.0692 \cdot 1400$ 96.88t
 $m_u = 96.88(0.24 - 0.0346 - 0.025)$ 17.48tm/m
 $adm\ m = 17.48/1.75 = 9.99t$
 $As = 0.324 \cdot 215/3 = 23.22cm^2/m$
 la máxima capacidad de la sección es:
 $C_c = 0.957 \cdot 1.69 \cdot 7/1.35 + 1.69 \cdot 7$ 20.22t
 $(8.785 - 1.69)14$ 99.33
 total 119.55
 $m_u = 8.39(0.12 - 0.041 - 0.0113)$ 0.57t
 $1.69 \cdot 7(0.12 - 0.041 - 0.0057)$ 0.87
 $99.33(0.12 - 0.071/2)$ 8.40
 $119.55(0.12 - 0.025)$ 11.36
 total 21.19
 $adm\ m = 21.19/1.75 = 12.11t$
 diseño: $d/h/b = 21.5/24/100$
 $m_s = 12.11/0.215^2 \cdot 1400 = 0.187$
 $As = 119.55/4.2 = 28.46cm^2/m$

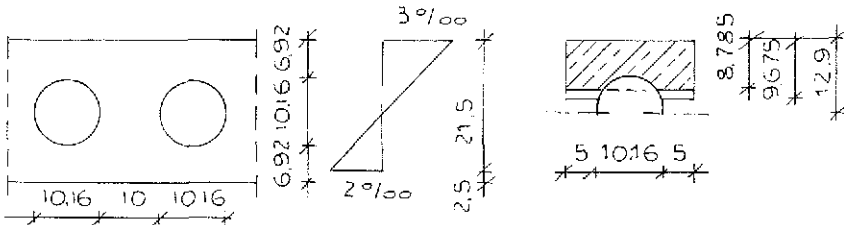


figura 82- valores geométricos

para calidad $f'c=250$ se recibe:

$m = 9.49t$

$As = 21.22cm^2/m$

para la capa de compresión encima de los tubos:

$m_c = 12.48t$

$As = 28.83cm^2/m$

$max\ m = 15.13t$

$As = 35.58cm^2/m$

para calidad $f'c=300$ se tiene:

$m = 9.49t$

$As = 21.18cm^2/m$

$m_c = 14.98t$
 $As = 34.60cm^2/m$
 $max\ m = 18.16t$
 $As = 42.70cm^2/m$

para calidad $f'c = 350$:

$m = 9.49t$
 $As = 20.20cm^2/m$
 $m_c = 17.48t$
 $As = 40.37cm^2/m$
 $max\ m = 21.19t$
 $As = 49.81cm^2/m$

claro de 11.75 metros:

cargas a considerar	
firme de 3cm de asfalto	0.066t/m ²
aislante acústico-	0.006
losa- $(0.34 - 0.2032^2 \pi / 4 (100/32.32)) 2.4$	0.575
carga variable-	0.500
total	1.147

momento:

$m = 1.147 \cdot 11.75^2 / 8 = 19.8t$
diseño: $d/h/b = 31.5/34/100$
 $f'c = 200$
 $m_c = 15.37t$
 $m_s = 15.37 / 0.315^2 \cdot 1400 = 0.11$
 $As = 0.218 \cdot 3150 / 30 = 22.89cm^2/m$
 $max\ m = 22.71t$
 $As = 36.32cm^2/m$

$f'c = 250$

$m = 19.8t$
 $As = 29.79cm^2/m$
 $m_c = 19.21t$
 $As = 28.50cm^2/m$

max m= 28.38t
 As= 45.40cm²/m

f'c= 300
 m= 19.8t
 As= 29.30cm²/m
 m_c = 23.05t
 As= 34.20cm²/m
 max m= 34.06t
 As= 54.48cm²/m

f'c= 350
 m= 19.8t
 As= 28.85cm²/m
 m_c = 26.89t
 As= 39.90cm²/m
 max m= 39.74t
 As= 64.14cm²/m

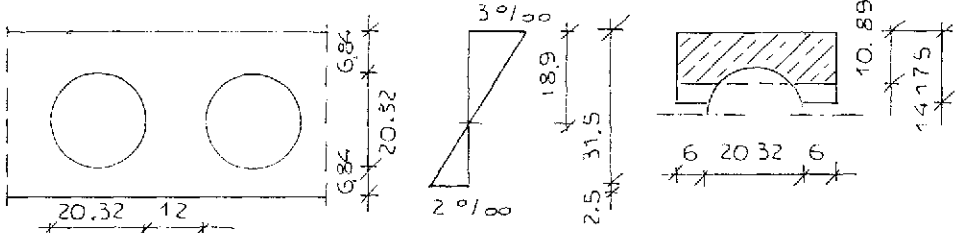


figura 83- valores geométricos

claro de 15 metros

cargas a considerar

firme de 3cm de asfalto 0.066t/m²

aislante acústico- 0.006

losa- (0.41-(0.2794²π/4)2.5)2.4 0.616

carga variable- 0.500

total 1.188

momento:

m= 1.188 . 15²/8= 33.41t

diseño: d/h/b- 38.5/41/100

f'c= 200

$m_c = 18.41t$
 $As = 21.77cm^2/m$
 $max\ m = 30.85t$
 $As = 39.46cm^2/m$

$f'c = 250$
 $m = 33.41t$
 $As = 42.00cm^2/m$
 $m_c = 23.01t$
 $As = 27.21cm^2/m$
 $max\ m = 38.56t$
 $As = 49.32cm^2/m$

$f'c = 300$
 $m = 33.41t$
 $As = 40.81cm^2/m$
 $m_c = 27.61t$
 $As = 32.65cm^2/m$
 $max\ m = 46.28t$
 $As = 59.90cm^2/m$

$f'c = 350$
 $m = 33.41t$
 $As = 39.31cm^2/m$
 $m_c = 32.21t$
 $As = 38.09cm^2/m$
 $max\ m = 53.99t$
 $As = 69.05cm^2/m$

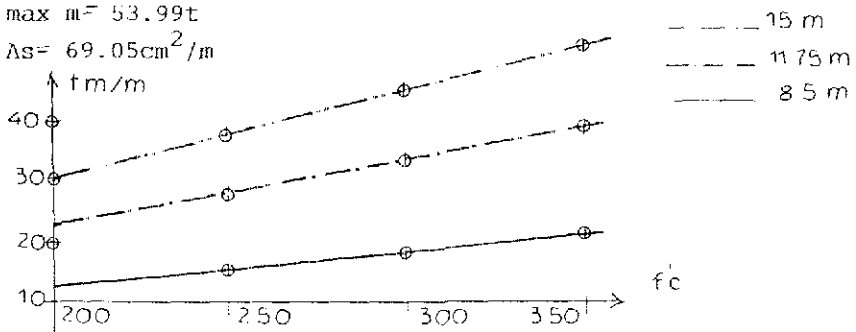


figura 84- capacidad losas

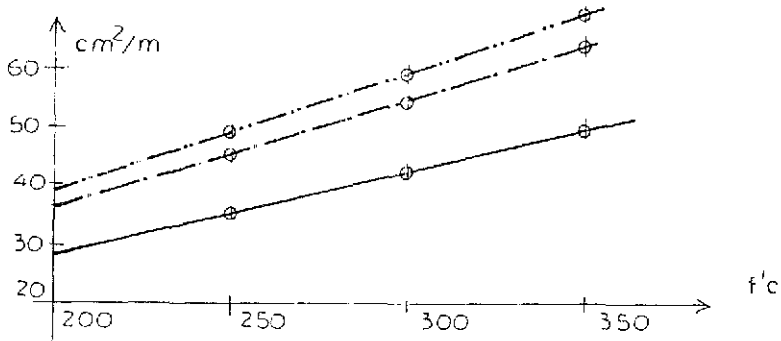


figura 85- refuerzo según claros a cubrir y calidad del concreto

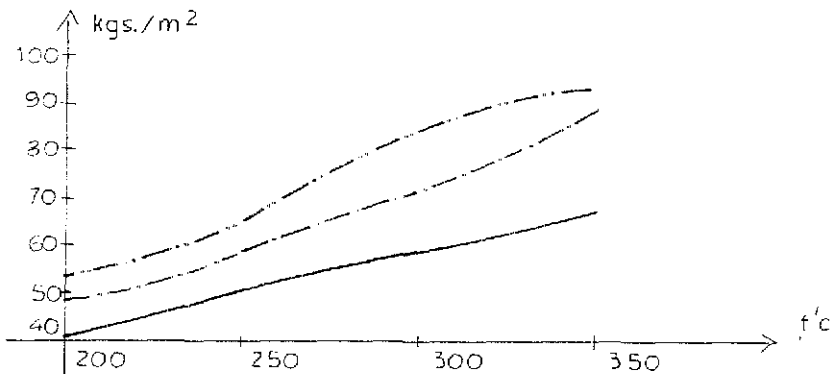


figura 86- gasto de acero según calidad de concreto

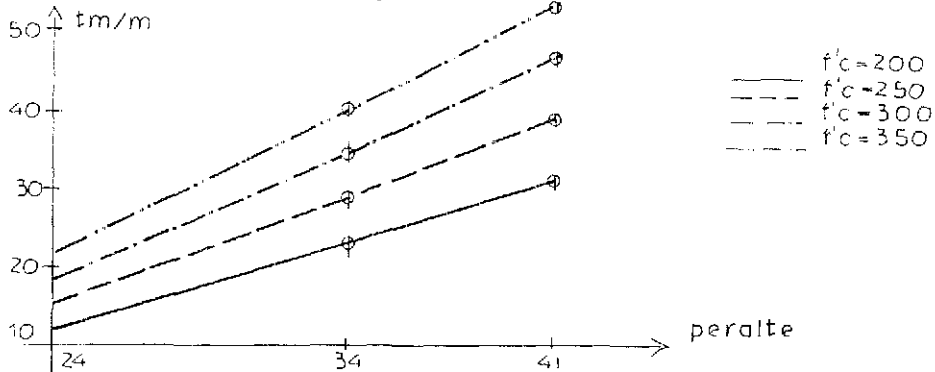


figura 87- relación peralte de losa y capacidad de carga

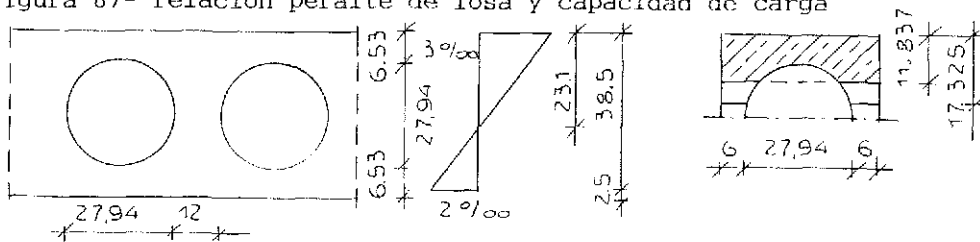


figura 88- valores geométricos- claro de 15 metros-

La relación entre los diferentes valores se indica en la siguiente tabla.

		acero- gasto según calidad del concreto			
claro	concreto	200	250	300	350
8.50	0.20m ³ /m ²	40.22	51.04	59.38	67.92 (kgs./m ²)
11.75	0.24	48.70	59.16	71.75	88.69
15.00	0.26	53.94	65.92	85.07	94.62

El incremento en el gasto de acero en función del claro a cubrir:
 calidad f'c 200: 21.08%, 34.11% claro de 8.5 metros igual a 100%
 calidad f'c 250: 15.91%, 29.15%
 calidad f'c 300: 20.83%, 43.26%
 calidad f'c 350: 30.58%, 39.31%
 promedio:
 claro 8.50 metros: 100.00%
 claro 11.75 metros: 122.10%
 claro 15.00 metros: 136.46%

considerando una carga uniforme y constante, el aumento de momentos es de acuerdo con los claros a cubrir.

8.50² igual a 100%
 11.75² igual a 191%
 15.00² igual a 311%

El incremento referente a la calidad del concreto:
 calidad f'c 200 igual a 100%

La siguiente tabla representa los correspondientes valores

	calidad del concreto			
claro	200	250	300	350
8.50	0.00	26.90	47.64	68.87
11.75	0.00	21.48	47.33	82.11
15.00	0.00	22.21	57.71	75.42
promedio		23.53	50.89	75.47

El aumento de la capacidad para losas coincide con el mejoramiento de la calidad del concreto y el mayor gasto de acero. La próxima tabla demuestra las relaciones.

calidad	200	250	300	350	claro
	100%	124.94%	149.96%	174.98%	8.50 m
	100%	125.00%	150.00%	176.60%	11.75 m
	100%	124.99%	150.00%	175.00%	15.00

La siguiente gráfica ilustra los diferentes incrementos.

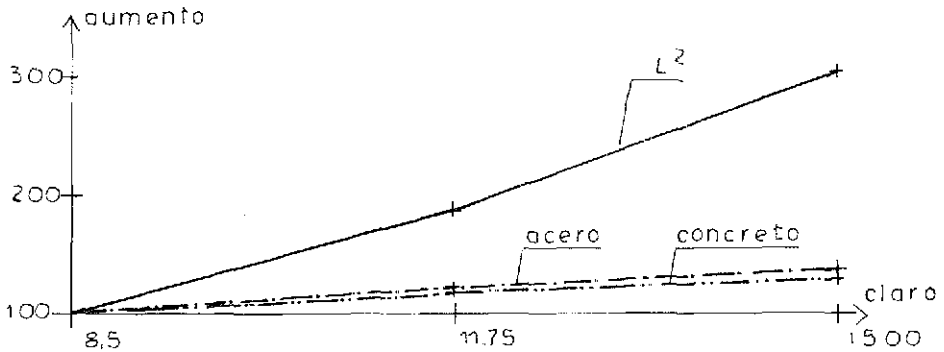


figura 89: relación entre aumento y claro

3.2. LOSAS DE CONCRETO LIGERO

Los agregados forman 70% del volumen del concreto. Usando agregados de menor peso, se ahorra sección en concreto y acero. Este argumento posee validez para la losa, sus apoyos y los cimientos. Se distingue entre:

- a) concreto con poros, pero agregados macizos
- b) concreto sin poros, pero agregados con poros
- c) concreto con poros y agregados con poros
- d) concreto poroso o espumoso

El peso volumétrico oscila entre 0.6 y 2.0 (t/m^3).

En general se emplea concreto poroso o espumoso. Aluminio en polvo se usa para crear poros. La reducción de peso propio que se alcanza es considerable.

Se demuestran los valores para concreto gaseoso calidad:
 $f'c = 800t/m^2$ y densidad $1.0t/m^3$.

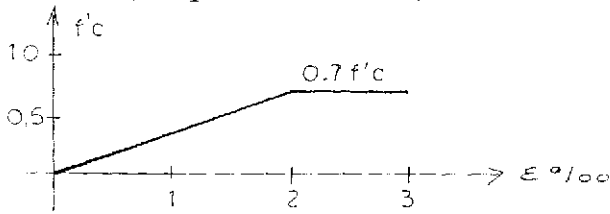


figura 90: relación esfuerzo/deformación para concreto ligero

Según la experiencia adquirida se aplica la siguiente fórmula:

$$adm L = 28h - (p - 1.5)2h$$

adm admisible

L claro en metros

h peralte en metros

p carga variable en centenares de kilogramos

se considera un claro de cuatro metros y un peralte de quince centímetros.

cargas a considerar:

firme de dos centímetros de asfalto	44kg /m ²
losa de 15cm	150
aislante acústico	6
carga variable	150
total	350

$$m = 0.35 \cdot 4^2 / 8 = 0.70tm/m$$

$$diseño: d/h/b - 12.5/15/100$$

$$\epsilon_c = -1.52‰$$

$$\epsilon_s = 2‰$$

$$capacidad\ concreto: 0.054 \cdot 280 \cdot 0.76 \quad 11.49t$$

$$capacidad\ acero: \quad 11.49t$$

$$m_u = 11.49(0.125 - 0.054/3) = 1.23t$$

$$m_r = 1.23/1.75 = 0.70t$$

$$As = 11.49/4.2 = 2.74cm^2/m$$

usando concreto normal se recibe:

$$requerido\ peralte: 2.6L + 2 = 12.4cm$$

seleccionado: $h = 13 \text{ cm}$

cargas a considerar

acabados 50 kg/m^2

losa de 13 cm 312

carga variable 150

total 512

$m = 0.512 \cdot 2 = 1.024 \text{ t}$

req. As = $3.99 \text{ cm}^2/\text{m}$

para las diferentes cargas variables se tiene:

concreto ligero:

$p = 200/250/300/350/400/450/500 \text{ (kg/m}^2\text{)}$

$m = 0.8/0.9/1.0/1.1/1.2/1.3/1.4/1.57 \text{ (tm/m)}$

acero requerido en cm^2/m :

$3.15/3.58/4.02/4.50/4.98/5.93/6.05/6.67$

$\max V_c = 1275 \text{ kg}$ que corresponde a una carga variable de 400 kg/m^2 ;

para cargas variables mayores se preve un refuerzo por cortante o se incrementa el peralte.

concreto normal a base de grava y arena con peso propio de 2.2 t/m^3

$m = 1.12/1.22/1.32/1.42/1.52/1.62/1.72/3.43 \text{ (tm/m)}$

acero requerido en cm^2/m :

$4.45/4.83/5.25/5.67/6.10/6.52/6.98/7.10$

esfuerzos por cortante:

concreto ligero: $\max \tau = \max v_c = 1.2 \text{ kg/cm}^2$

$\max \tau = 1400/0.85 \cdot 12.5 \cdot 100 = 1.32 \text{ kg/cm}^2$

refuerzo por cortante requerido

$\max \tau = 1200/0.85 \cdot 12.5 \cdot 100 = 1.13 \text{ kg/cm}^2$ valor admisible

concreto normal:

$\max \tau = 3423/0.85 \cdot 11 \cdot 100 = 3.66 \text{ kg/cm}^2$

aplicando la fórmula para el claro admisible se recibe:

$\text{adm } l = 28 \cdot 0.15 - (2.0 - 1.5)0.3 = 4.05 \text{ m}$

$28 \cdot 0.15 - (2.5 - 1.5)0.3 = 3.90 \text{ m}$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

adm L= 28 . 0.15- (3.0- 1.5)0.3= 3.75m
 28 . 0.15- (3.5- 1.5)0.3= 3.60
 28 . 0.15- (4.0- 1.5)0.3= 3.45
 28 . 0.15- (4.5- 1.5)0.3= 3.30
 28 . 0.15- (5.0- 1.5)0.3= 3.15

para una carga variable de 0.5t/m² se tiene:

4.0= (28- 7)h

h= 400/21= 19cm

max v_c = 1400/0.85 . 16.5 . 100= 1kg /cm²

carga correspondiente: 0.74t/m²

m= 1.48t As= 4.28cm²/m

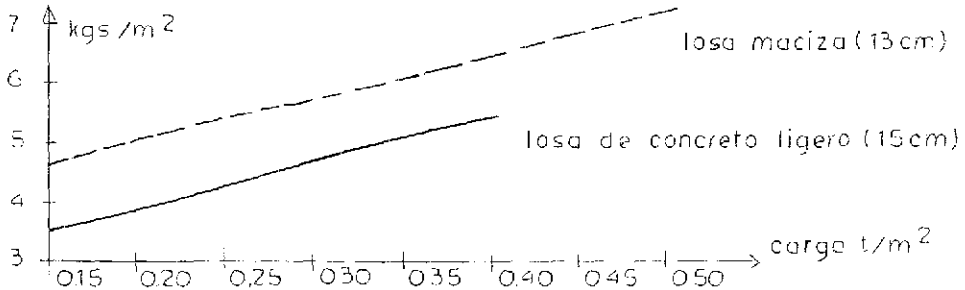


figura 91- relación carga variable/m² y gasto de acero en kgs/cm²

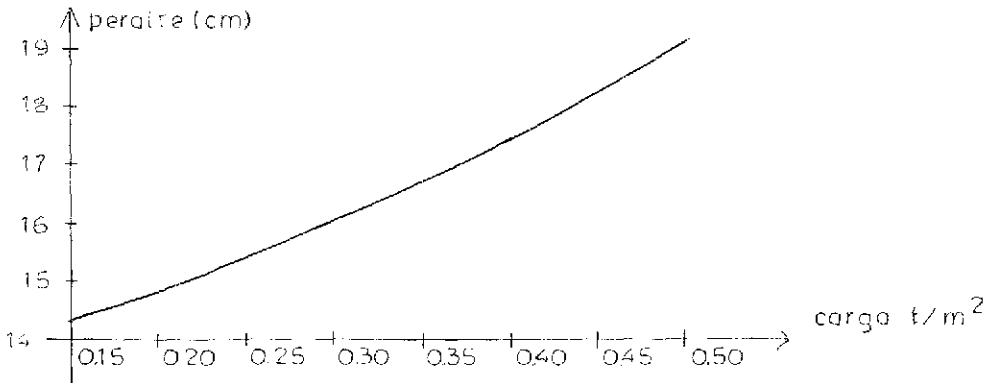


figura 92- peralte requerido para un claro de cuatro metros según carga variable

los valores exactos son:

14.29/14.81/15.38/16.00/16.67/17.39/18.18/19.05 (cm)

En general se norman los peraltes:

10/12.5/15/17.5/20/22.5/25

Para calidad $f'c = 800t/m^2$ se recibe:

carga variable $150kg /m^2$ corresponde a un claro de 28h

el claro que se cubre para cargas mayores depende de la fuerza cortante.

peralte en cm	fuerza cortante en kg
10	765
12.5	1020
15	1275
17.5	1530
20	1785
22.5	2040
25	2295

cargas a considerar:

firme de concreto de 4cm	$88kg /m^2$
aislante	6
losa de 10	100
yeso	26
carga variable	150
total	370

se analiza la relación entre fuerza cortante admisible referente a la capacidad del concreto ligero sin refuerzo y los claros a cubrir.

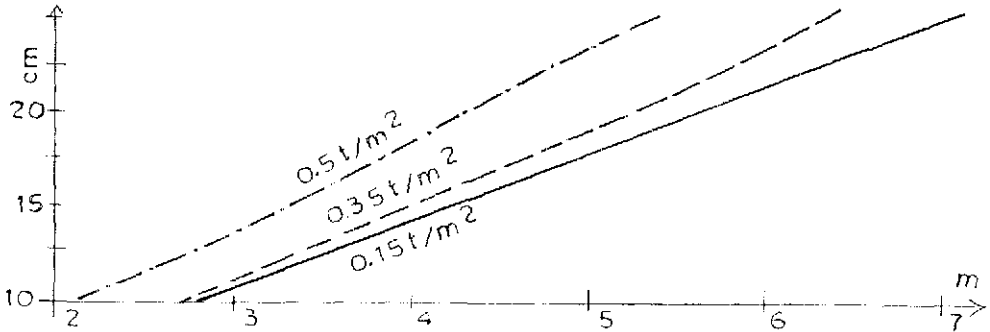


figura 93- relación fuerza cortante y claros a cubrir para concreto normal la relación cortante/claro es mas favorable.

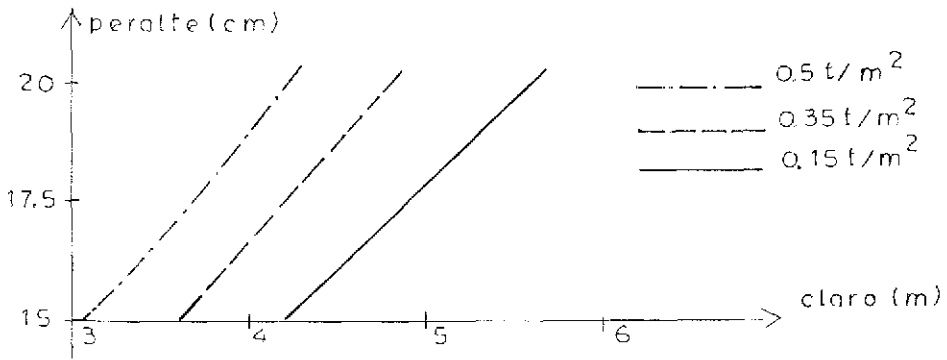


figura 94- relación peralte/claro para un peralte normado
cargas variables: 0.15/0.35/0.50 (t/m^2)

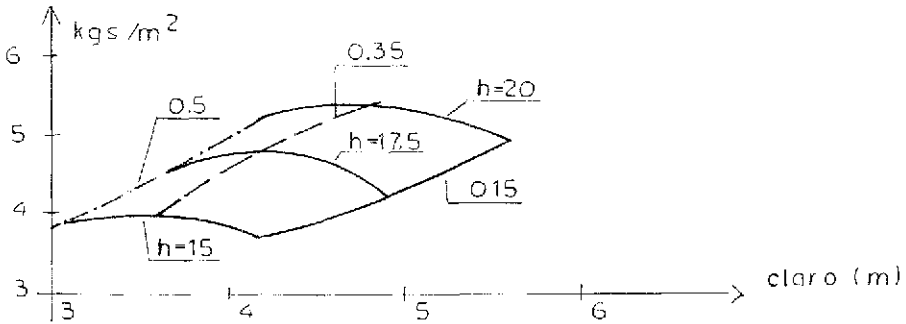


figura 95- relación gasto de acero/claro y peraltes: 15/17.5/20
cargas variables: 0.15/0.35/0.50 (t/m^2)

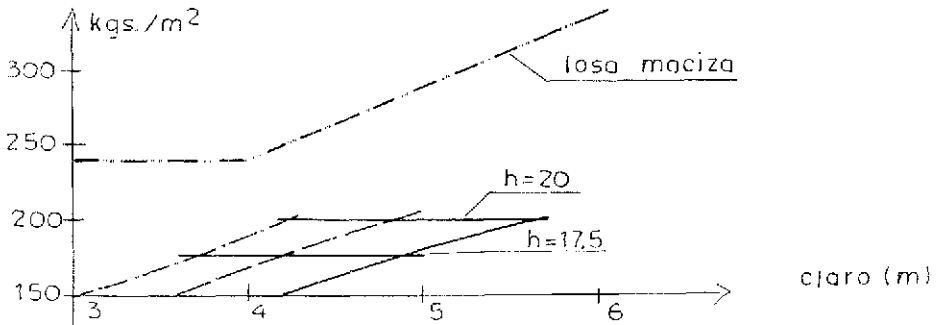


figura 96- relación entre los diferentes pesos propios de acuerdo
con los diferentes claros a cubrir

El claro para losas macizas define el peralte con la fórmula:

$$h = 2L + 2$$

L en metros, peralte en centímetros

4. LOSAS DE ACERO

Las losas en un edificio a base de un esqueleto de acero se elaboran de las siguientes formas:

- a) lámina doblada de acero con capa o relleno de concreto
- b) armaduras de acero con cuerda superior de concreto
- c) duelas de madera
- d) losa maciza colada en sitio
- e) losa prefabricada de concreto normal o ligero

Se elige para el análisis la solución a.

Las hojas de acero se doblan en frío, su grosor varía entre 0.61mm y 1.21mm o sean los calibres 18, 20, 22 y 24.

Además existen perfiles elaborados según patentes internacionales

4.1. LAMINAS AUTOSUSTENTABLES

Esta variante de construcción soporta las cargas sin apoyos intermedios durante el montaje. Se distingue entre losas de un claro y losas continuas. Según catálogos de ferreterías existen dos perfiles comerciales:

sección 3 para claros menores

sección 4 para claros mayores

Se demuestra el uso de la sección 4.

Análisis de cargas para una losa de entrepiso

filme de asfalto-	0.02 . 2.2	0.0440t/m ²
relleno de concreto-	0.0825 . 2.2	0.1815
lámina-		0.0125
carga variable-		0.1500
total (aproximado)		0.3900

se elige sección 4 calibre 18

valores geométricos

el.	área(cm ²)	z(cm)	Az(cm ³)	Az ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
1	3.90	0.0605	0.236	0.0143	0.00476
2	5.16	3.25	16.779	54.533	16.8492
3	5.05	6.44	32.515	209.381	0.00476
Σ	14.11	--	49.53	263.928	16.859

$$z = 49.53/14.11 = 3.509 \text{ cm}$$

$$I = 16.859 + 263.928 - 49.53^2/14.11 = 106.923 \text{ cm}^4$$

$$S = 106.923/(3.509 \cdot 0.95) = 32.07 \text{ cm}^3/\text{m}$$

$$\text{adm } f = 1.4 \text{ t/cm}^2$$

$$m = 32.07 \cdot 1.4 = 44.9 \text{ tcm o } 0.449 \text{ tm}$$

los claros que cubre esta lámina son en función de las cargas variables que se consideran.

$$p = 0.15 \text{ t/m}^2 \quad L = 3.035 \text{ m}$$

$$p = 0.35 \quad L = 2.467$$

$$p = 0.50 \quad L = 2.203$$

$$p = 0.75 \quad L = 1.905$$

$$p = 1.00 \quad L = 1.702$$

sección 4 calibre 20

$$z = 3.477 \text{ cm}$$

$$I = 79.43 \text{ cm}^4$$

$$S = 24.05 \text{ cm}^3/\text{m}$$

$$m = 33.67 \text{ tcm}$$

$$p = 0.15 \text{ t/m}^2 \quad L = 2.63 \text{ m}$$

$$p = 0.35 \quad L = 2.14$$

$$p = 0.50 \quad L = 1.91$$

$$p = 0.75 \quad L = 1.65$$

$$p = 1.00 \quad L = 1.47$$

sección 4 calibre 22

$$z = 3.483 \text{ cm}$$

$$I = 67.03 \text{ cm}^4$$

$$S = 20.26 \text{ cm}^3/\text{m}$$

$$m = 28.36 \text{ tcm}$$

$$p = 0.15 \text{ t/m}^2 \quad L = 2.41 \text{ m}$$

$$p = 0.35 \quad L = 1.96$$

$$p = 0.50 \quad L = 1.75$$

$$p = 0.75 \quad L = 1.51$$

$$p = 1.00 \quad L = 1.35$$

sección 4 calibre 24

$$z = 3.489 \text{ cm}$$

$I = 54.23 \text{ cm}^4$
 $S = 16.36 \text{ cm}^3 / \text{m}$
 $m = 22.91 \text{ tcm}$
 $p = 0.15 \text{ t/m}^2 \quad L = 2.17 \text{ m}$
 $p = 0.35 \text{ t/m}^2 \quad L = 1.76 \text{ m}$
 $p = 0.50 \text{ t/m}^2 \quad L = 1.57 \text{ m}$
 $p = 0.75 \text{ t/m}^2 \quad L = 1.36 \text{ m}$
 $p = 1.00 \text{ t/m}^2 \quad L = 1.22 \text{ m}$

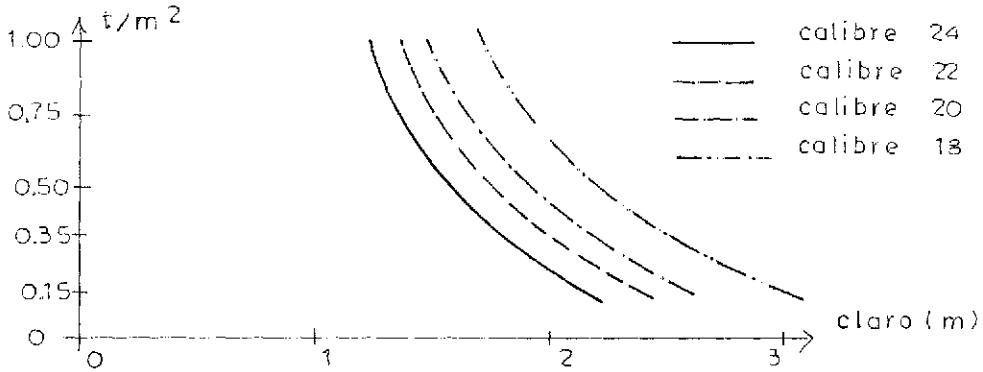


figura 97- relación entre cargas variables y claros que se cubren

Losas continuas alcanzan mayores claros con el mismo perfil.

El mínimo son tres claros para obtener un ahorro económico.

Aplicando la teoría elástica se recibe:

tres claros-

$$mB = -(0.100g + 0.117p)L^2$$

cuatro claros-

$$mB = -(0.107g + 0.121p)L^2$$

cinco claros-

$$mB = -(0.105g + 0.120p)L^2$$

g peso propio

p carga variable

para las diferentes combinaciones de cargas se recibe:

$$g = 0.24 \text{ t/m}^2 \quad p = 0.15 \text{ t/m}^2$$

tres claros-

$$L = 3.287 \text{ m}$$

cuatro claros

$$L = 3.201 \text{ m}$$

cinco claros

$$L = 3.218 \text{ m}$$

		calibre		
sistema	20	22	24	
tres claros	2.85	2.61	2.35	

		calibre		
carga variable	18	20	22	24
0.35t/m ²	2.63	2.28	2.09	1.88
0.50	2.33	2.02	1.85	1.67
0.75	2.04	1.74	1.59	1.43
1.00	1.78	1.55	0.42	1.28
claros en metros				

Las figuras 98, 99 y 100 demuestran las relaciones entre claros, cargas variables, peraltes y gastos de acero referente a las láminas. Se considera para el claro de cuatro metros un relleno de concreto, mientras tanto se contempla una capa de concreto y un relleno de material ligero (1.25t/m³) o un concreto especial del mismo peso volumétrico.

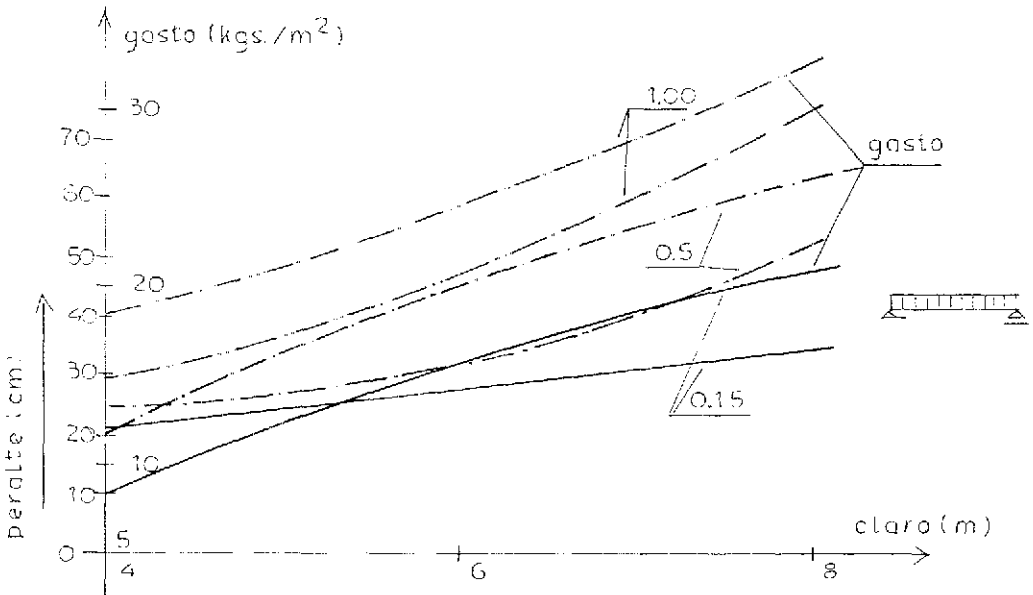


figura 98- relaciones para un claro

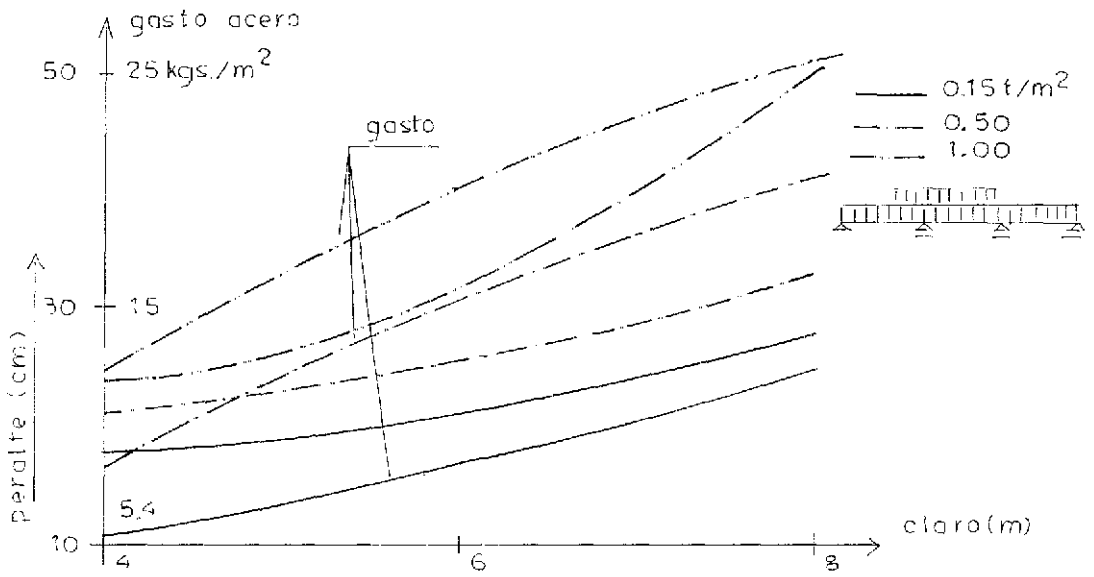


figura 99- relaciones para losa continua y diseño plástico

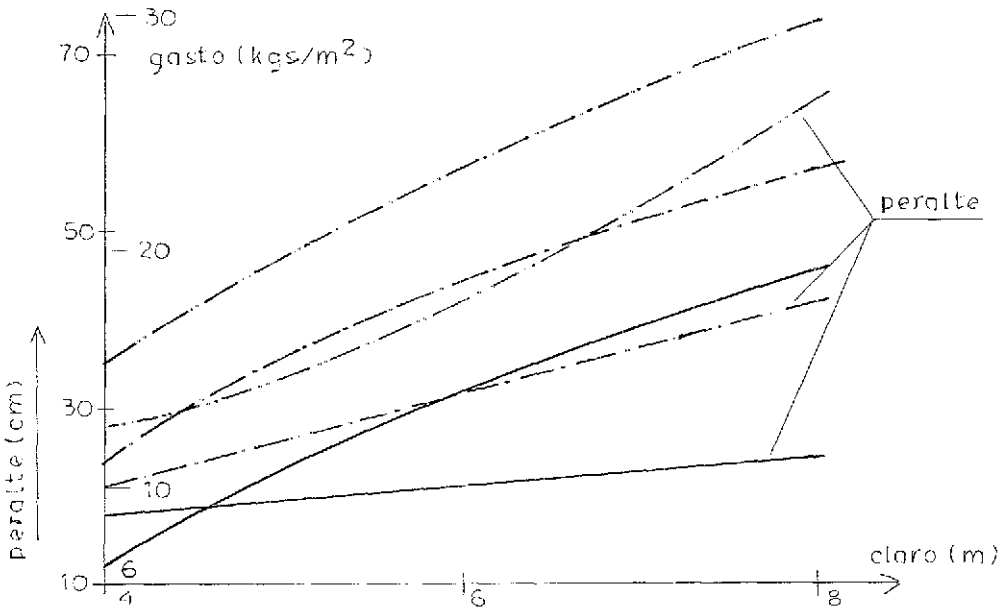


figura 100- relaciones para losa continua y diseño elástico

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El peralte total consta del peralte de la lámina y el grosor de la capa de concreto.

Se aplican las siguientes fórmulas para el diseño preliminar:

$$H = 3.5L + p$$

(un solo claro)

$$H = 2.6L + p$$

(continuidad)

H peralte lámina (cm)

L claro por cubrir (m)

p carga variable en centenares de kilogramos

para claros y cargas variables mayores de 500kilogramos se divide el claro efectivo por 15

el peralte total: $H + 5$

ejemplo calculado ver anexo página XIV

4 2. ESTRUCTURA COMPUESTA

El concreto absorbe la compresión, el acero de la lámina la tracción. Existen dos métodos para definir la capacidad de los elementos en cuestión.

a) método general

b) método de fuerzas derivadas

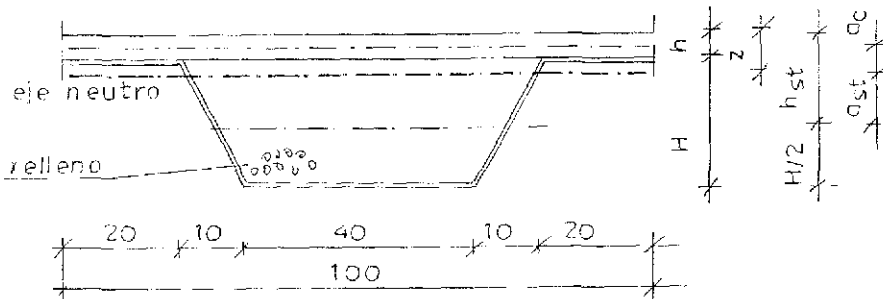


figura 101- valores geométricos

$$A_c = bh \quad A_c' = bh/n$$

n relación entre módulos de elasticidad /

$$A_j = A_{st} + A_c'$$

el centro de gravedad es:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$x = (A_c \cdot h/2 + A_{st} \cdot h_{st}) / A_i$$

$$I_i = I_{st} + I_c + A_i \cdot a_{st} \cdot a_c$$

- I_i inercia ideal
- I_{st} inercia sección acero
- I_c inercia sección concreto/n
- A_i área ideal
- a_{st} distancia centro sección acero eje neutro
- a_c distancia centro sección concreto eje neutro

claro	carga var.	cal.	gasto (kgs./m ²)	H _{total} (cm)
4	0.15t/m ²	24	5.31	17
	0.50	18	11.16	20.5
	1.00	16	14.91	25.5
6	0.15	20	8.88	25
	0.50	14	19.43	28.5
	1.00	14	21.96	37.5
8	0.15	16	16.56	33
	0.50	14	18.25	42
	1.00	14	28.49	60

var. variable
cal. calibre

usando para el claro de 8 metros y carga variable de 1.00t/m² una capa de 10 centímetros de concreto se recibe:

calibre 14, 27.03kgs./m² de acero y un peralte total de 60 centímetros. Se considera para la tabla anterior una capa de 5 centímetros de concreto f'c= 200kg /cm² y un relleno con 1.25t/m³ como peso volumétrico. Valores numéricos ver anexo.

Pisos a base de láminas dobladas de acero no reparten cargas en ambas direcciones ortogonales y por eso no son elementos superficiales o losas. La absorción de cargas horizontales por esta forma de construcción es aprobada por pruebas de carga.

La transmisión de fuerzas cortantes entre concreto y acero se realiza por medio de pernos soldados a las láminas o por una superficie corrugada o por dobleces específicas.

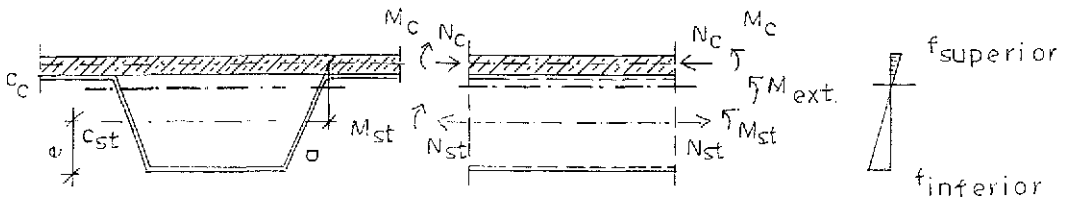


figura 102- valores generales

$$M_c = I_c M_{ext} / n I_i$$

$$M_{st} = I_{st} M_{ext} / I_i$$

$$N = N_c = N_{st} = A_{st} a_{st} M_{ext} / I_i$$

$$M_{ext} = M_c + M_{st} + N a$$

los esfuerzos valen:

$$f_{cs} = -N_c / A_c - M_c h / 2 I_c$$

$$f_{sti} = N_{st} / A_{st} + M_{st} e / I_{st}$$

f_{cs} esfuerzos por compresión fibra extrema lado superior

f_{sti} esfuerzos por tracción fibra extrema lado inferior

5. PISOS DE MADERA

Los pisos se apoyan por medio de traveses: distancia eje- eje de 65 a 75 centímetros. El peralte según los esfuerzos permisibles:

$$h = 13 + 2L$$

$$b = 0.6h$$

b ancho de la trabe

L claro en metros

según la deformación:

$$h = L/16 \text{ para } f = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Ejemplo para un piso de madera con aislamiento acústico

análisis de cargas

10 mm de parquet	8kg /m ²
25 mm tablón de madera prensada	25
25 mm fibra de vidrio	5
40 mm tabloncillos de concreto sobre 3mm de fieltro	88

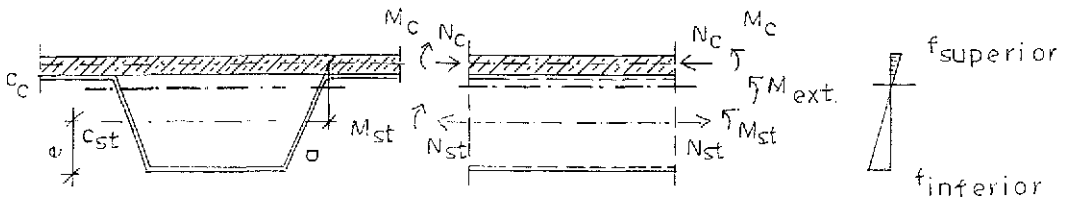


figura 102- valores generales

$$M_c = I_c M_{ext} / n I_i$$

$$M_{st} = I_{st} M_{ext} / I_i$$

$$N = N_c = N_{st} = A_{st} a_{st} M_{ext} / I_i$$

$$M_{ext} = M_c + M_{st} + N a$$

los esfuerzos valen:

$$f_{cs} = -N_c / A_c - M_c h / 2 I_c$$

$$f_{sti} = N_{st} / A_{st} + M_{st} e / I_{st}$$

f_{cs} esfuerzos por compresión fibra extrema lado superior

f_{sti} esfuerzos por tracción fibra extrema lado inferior

5. PISOS DE MADERA

Los pisos se apoyan por medio de traveses: distancia eje- eje de 65 a 75 centímetros. El peralte según los esfuerzos permisibles:

$$h = 13 + 2L$$

$$b = 0.6h$$

b ancho de la trabe

L claro en metros

según la deformación:

$$h = L/16 \text{ para } f = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Ejemplo para un piso de madera con aislamiento acústico

análisis de cargas

10 mm de parquet	8 kg /m ²
25 mm tablón de madera prensada	25
25 mm fibra de vidrio	5
40 mm tabloncillos de concreto sobre 3mm de fieltro	88

38 mm tablón de madera prensada	38 kg/m ²
trabes 6" x 10" a 0.74 m	31
60 mm fibra de vidrio	6
12.5 mm paneles de yeso sobre ripias	15
total	216
carga variable	200

distancia eje- eje: 0.74m

claro: 6.5 m

$$m = 416 \cdot 0.74 \cdot 6.5^2/8 = 1626 \text{ kgm}$$

$$h = 13 + 2 \cdot 6.5 = 26 \text{ cm}$$

sel. 6" x 10"

$$S = 15.24 \cdot 25.4^2/6 = 1639 \text{ cm}^3$$

esfuerzos:

$$f = 162578/1638.71 = 99.21 \text{ kg/cm}^2$$

deformación:

$$w = (5 \cdot 0.74 \cdot 0.416 \cdot 6.5^4)/(384 \cdot 0.01 \cdot 15.24 \cdot 25.4^3/12)$$

$$w = 0.034 \text{ m}$$

$$L/w = 650/3.4 = 189$$

respetando una relación L/w= 300 se tiene:

$$\text{req } S_x = 14 \cdot p \cdot a \cdot L^2$$

$$\text{req } S_x = 14 \cdot 4.16 \cdot 0.74 \cdot 42.25 = 1821 \text{ cm}^3$$

$$\text{req } I_x = 3.3 \cdot 6.5 \cdot 1821 = 39058 \text{ cm}^4$$

Aplicando un piso continuo se reduce el peralte requerido para las trabes.

$$mB = -(0.1 \cdot 216 + 0.117 \cdot 200)0.74 \cdot 42.25 = -1407 \text{ kgm}$$

sel trabe 6" x 9 1/2"

$$S_x = 24.13^2 \cdot 2.54 = 1479 \text{ cm}^3$$

$$f = 140692.5/1478.93 = 95.13 \text{ kg/cm}^2$$

deformación:

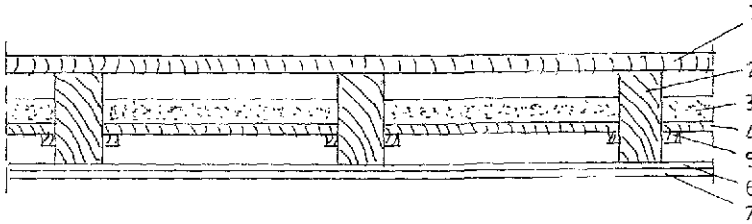
$$I_x = 15.24 \cdot 24.13^3/12 = 17843.32 \text{ cm}^4$$

$$w = ((1/6)1.407 \cdot 6.5^2 \cdot 0.25)/(0.01 \cdot 17843) = 0.01388 \text{ m}$$

relación L/w:

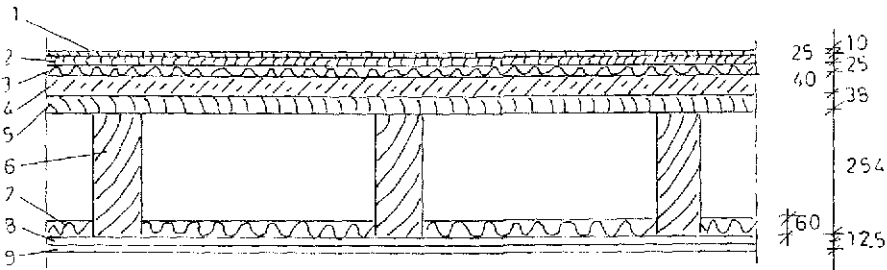
$$650/1.388 = 468$$

deformación menor que 1/300



- 1 duelas de madera
- 2 viga de madera
- 3 relleno de arena sobre sellador de limo
- 4 cimbra de madera
- 5 ripias
- 6 metal desplegado
- 7 aplanado de mortero

figura 103- entrepiso de madera
vigas de madera blanda calidad II
sin aislamiento acústico



- 1 piso de parqué
- 2 tabla de madera prensada
- 3 fibra de vidrio
- 4 adoquín de concreto
- 5 tabla de madera prensada
- 6 viga de madera
- 7 fibra de vidrio
- 8 metal desplegado
- 9 aplanado de mortero

figura 104- entrepiso de madera con aislamiento acústico

6. RESUMEN

El claro a cubrir define el peralte; claros menores de cuatro metros y cargas uniformes mayores de 500 kg/m^2 se analizan a base de esfuerzos admisibles. En casos específicos como altura de entrepiso reducida, cargas concentradas por muros o columnas y conexiones losas- columnas se aumenta el costo por metro cuadrado de las losas. Se prevén las siguientes medidas de acuerdo con aspectos económicos:

Reforzando vigas de madera con perfiles de acero C.P.S.,
utilizando madera dura calidad I,
usando cajones de acero a base de cuatro placas soldadas,
incrementando la calidad del concreto,
bajando los esfuerzos de acero,
reforzando la zona de compresión.

La siguiente tabla demuestra la relación entre peralte y claro de diferentes formas y materiales para entrepisos. Se considera una carga variable de 275 kg/m^2 en todos los casos.

- * madera dura calidad I
- ** concreto gaseoso fabricado en tiras de 50 cm de ancho, grosor en centímetros, peso volumetrico 1.0 t/m^3 calidad $f'c = 80 \text{ kg/cm}^2$
- *** lámina doblada calibre 14 a calibre 24, $f_b = 1.4 \text{ t/cm}^2$
- **** estructura compuesta de lámina doblada y concreto $f'c = 200$
- s.e. sin empotre
- c.e. con empotre
- cap. capitel ancho/claro igual a un décimo
- flat slab losas sin trabes

El peralte de losas de un sentido se acerca aumentando el claro al peralte de vigas.

Concreto: de $1/12$ a un $1/20$ del claro

Acero: de $1/15$ a un $1/20$ del claro

Para azoteas se reduce el peralte a $2/3$ del valor indicado.

Armaduras requieren de un $1/8$ a un $1/15$ del claro.

material	sistema	peralte	claro (m)	gasto (kgs./m ²)
madera	viga	7"- 11"	3.50- 6.40	0.75 m eje- eje
	viga*	7"- 11"	4.10- 7.60	0.75
concreto	gaseoso**	12.5-20	2.60- 5.30	2.65- 7.41
acero	lámina***	10- 28	1.73- 5.15	6.17- 25.78
	lámina****	10- 28	3.28- 7.44	5.15- 25.78
concreto	losa	10- 30	3.50- 12	6.91- 33.57
	1 sentido			
	perimetral	10- 30	4.00- 16	4.53- 33.74
	s.e.			
	c.e.	10- 30	4.00- 16	4.96- 19.79
	flat slab	15- 30	4.00- 10	11.45- 53.16
	sin cap.			
	flat slab	15- 30	4.00- 10	13.04- 40.18
	c.e.			
	flat slab	15- 30	4.00- 10	11.45- 53.16
	con cap.			
s.e.				
flat slab	15- 30	4.00- 10	11.45- 35.76	
con cap.				
c.e.				
losa	17- 50	3.75- 11	2.32- 14.18	
aligerada				
1 sentido				
losa	23- 53	7.00- 17	10.81- 37.20	
dos capas				
con tubos				
vigueta-	15- 30	3.00- 7	3.30- 8.60	
bovedilla				

En las figuras 105/106/107/108 se demuestran las relaciones entre gastos, pesos propios, peraltes y los respectivos claros a cubrir. Se usa la siguiente simbología:

mbII madera pino calidad II
mdI madera dura calidad I
cg concreto gaseoso
l lámina doblada
lc estructura compuesta- lámina y concreto
II losa de un sentido
IIIs losa perimetral
IIe losa perimetral empotrada
fs flat slab
fse flat slab empotrado
fsc flat slab con capitél
fsce flat slab con capitél empotrado
la losa aligerada
ld losa de dos capas
vb vigueta y bovedilla

Ventajas y desventajas de cada género

Madera

fácil elaboración, peso reducido

triple protección, reparto de cargas en una sola dirección, mayor peralte, secciones según tamaño de los arboles, mayores secciones a base de conectores o laminación

Concreto ligero o gaseoso

peso reducido, fácil ubicación, rápido avance en la obra

mayor sección, plafón, reparto de cargas en una sola dirección

Losa maciza de concreto reforzado

fácil en su elaboración, reparto de cargas en dos direcciones, adaptación a las condiciones de los apoyos, gasto reducido de acero, menor altura del inmueble, efecto de membrana de compresión en losas delgadas, rigidización del edificio

peso propio relativamente alto

Losas macizas sin trabes

área libre, absorción de cargas horizontales hasta cinco niveles

gasto aumentado de acero, perforación, mayor peso propio

Losa aligerada de un sentido

menor peso propio, gasto reducido de refuerzo, reparto de cargas
plafón, mayor gasto en cimbras y horas hombres, menor absorción
acústica

Losa de dos capas

grandes claros, sin plafón, menor altura de la construcción
peso propio alto, mayor gasto en horas hombres

Losa a base de vigueta y bovedillas

fácil en su elaboración, bajo costo de materiales, sin cimbra
reparto de cargas, reducida rigidez del inmueble, absorción
acústica, diferente comportamiento de materiales, metal desplegado
y aplanado como remedio

Todos los sistemas que no reparten las cargas superficialmente poseen una capacidad reducida de sobrecarga y por tal motivo se presentan fallas en la estructura cuando ocurren sismos de mayor intensidad o los usuarios colocan cargas mayores que las calculadas sobre las losas.

En general se consideran losas macizas indeformables en sentido horizontal. Contando con mayores huecos que se originan por rampas de escaleras, espacios requeridos por elevadores y pisos a desnivel se analiza la deformación real de los elementos estructurales en cuestión sabiendo que la carga a soportar es una función de la deformación.

La resistencia contra incendios forma parte esencial de la seguridad de cada edificio. En cada caso específico se calcula la temperatura que causan los combustibles ubicados en el lugar de la obra, la duración posible del siniestro y el tiempo que transcurre hasta la llegada de los bomberos.

La absorción acústica depende en gran parte del peso propio de la losa. En este caso tiene grandes ventajas la losa maciza colada en sitio. Estructuras más ligeras a base de madera o de acero poseen desventajas.

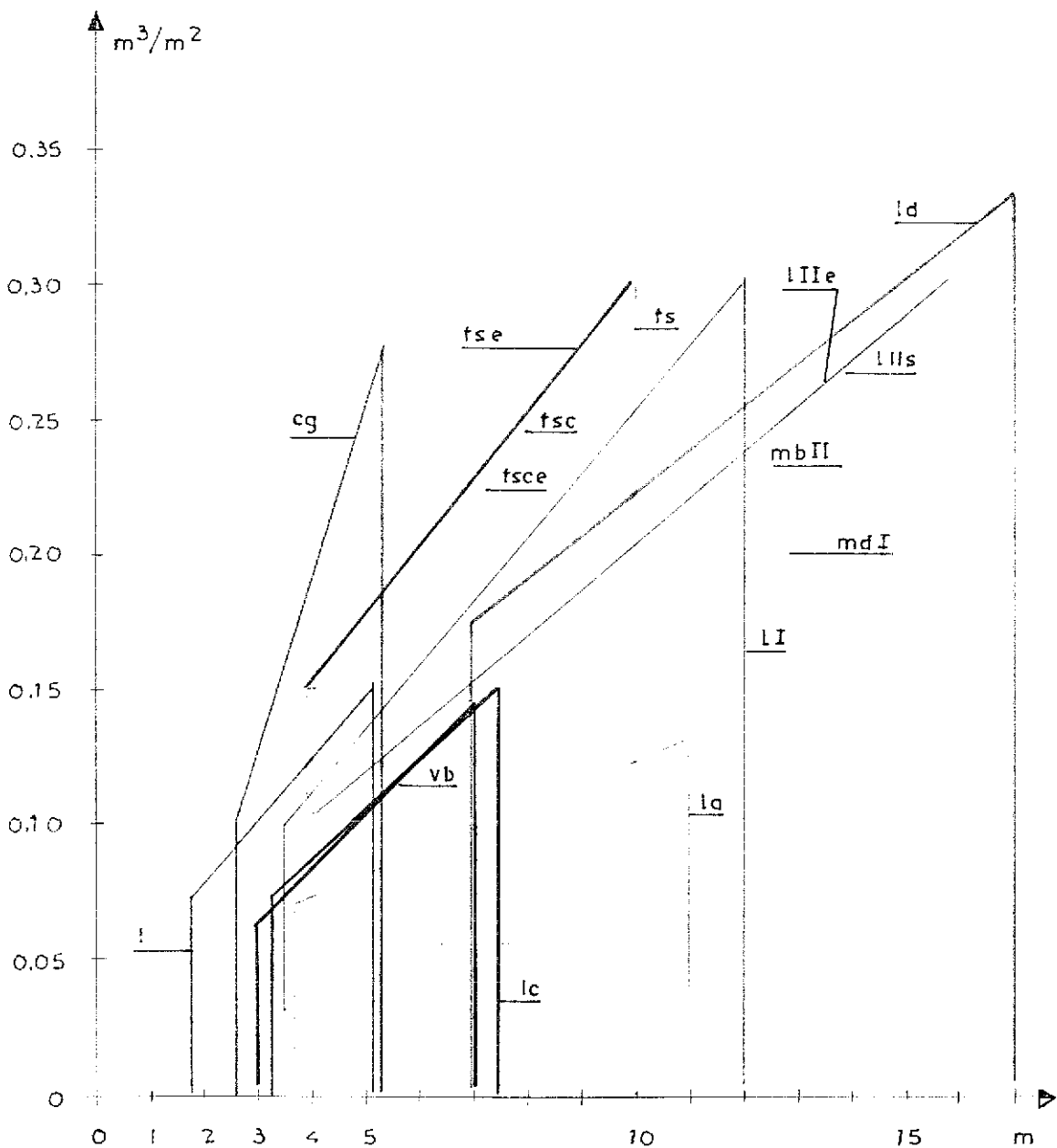


figura 106- relación gasto de material- claro a cubrir

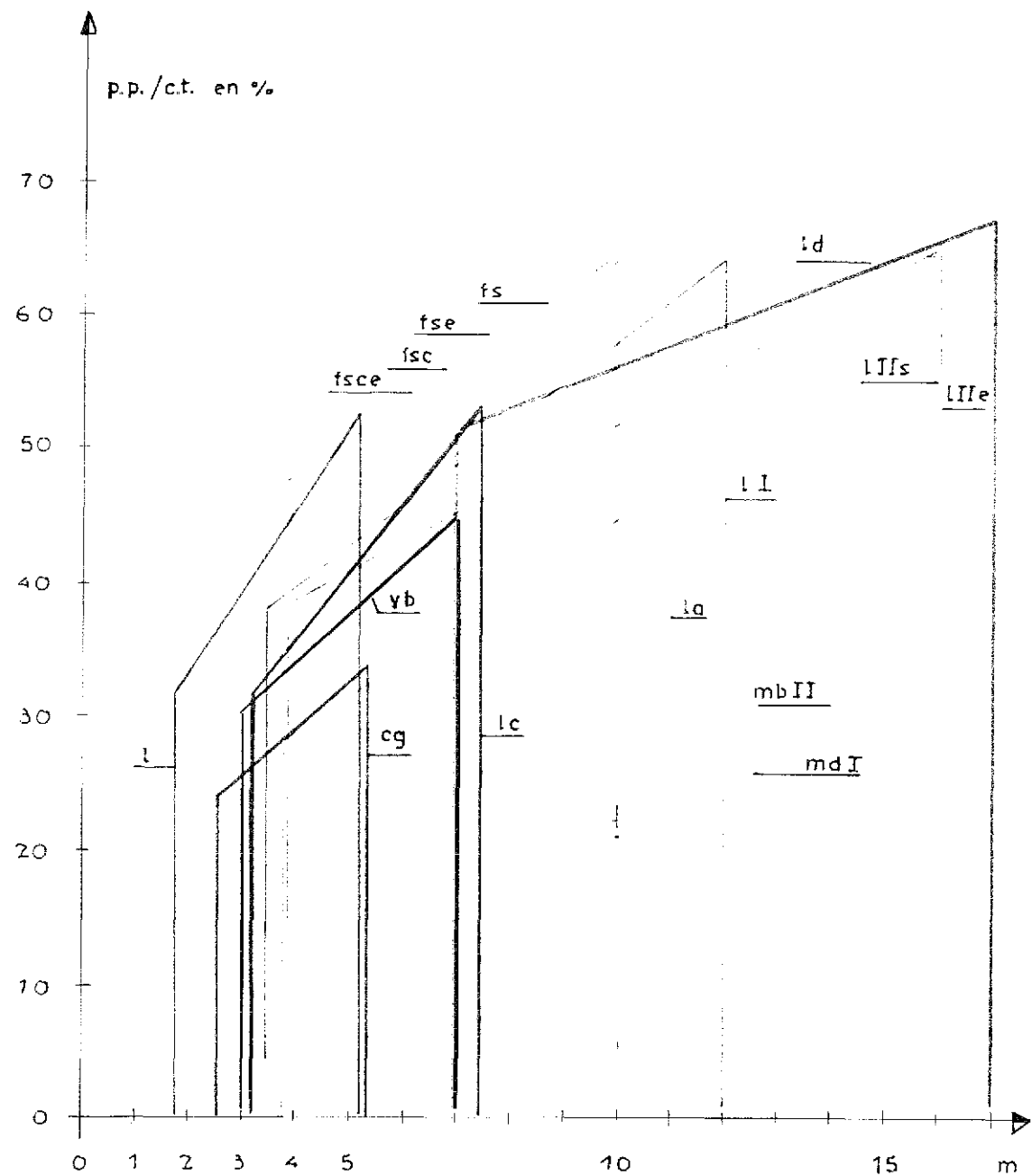


figura 107- relación peso propio/carga total- claro a cubrir

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

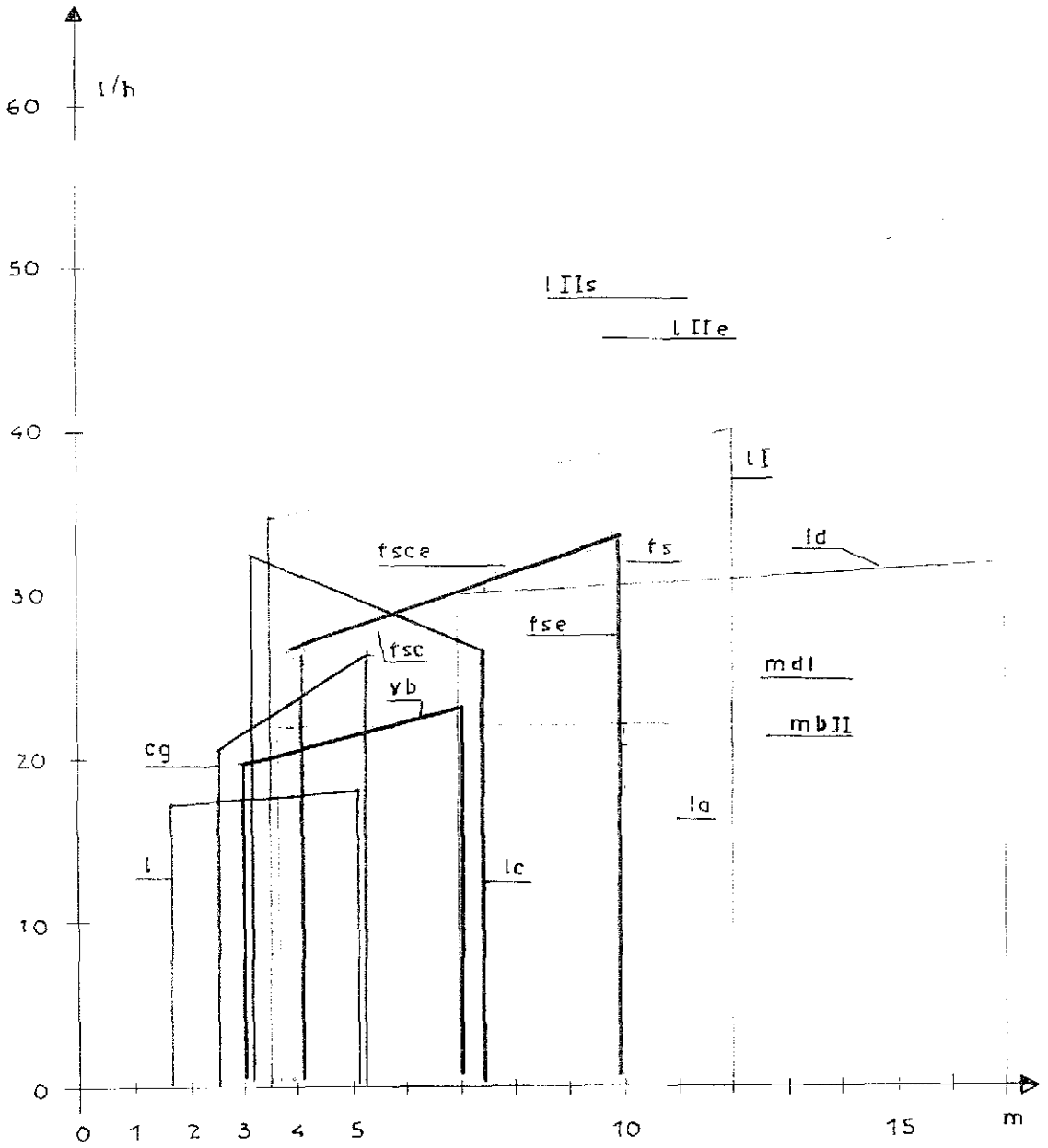


figura 108- relación claro/peralte- claro a cubrir

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7. CONCLUSIONES

Techos se elaboran de vigas macizas de madera blanda calidad II hasta un claro de seis metros; utilizando madera dura calidad I se llega hasta ocho metros. Contando con vigas corridas se alcanza un ahorro de 10%. Claros mayores se logran con madera blanda calidad II laminada, a base de vigas ligadas con taquetes o armaduras paralelas ($1/10$ del claro) o triángulares ($1/6$ del claro). Empleando este material para entrepisos existen problemas acústicos (solución ver página 113). Los claros que se cubren económicamente son semejantes a los de los techos.

Se colocan elementos de concreto gaseoso en techos y entrepisos sobre claros de tres a cinco metros.

Láminas dobladas se encuentran en techos y en entrepisos de edificios a base de esqueletos de acero. Se recomienda su uso para entrejes hasta ocho metros como estructuras compuestas. Las piezas son ligeras, pero su costo supera el del concreto reforzado. La colocación del concreto reduce la rapidez en el avance de la obra negra.

Las losas de concreto que descargan en un sentido son económicas hasta un claro de seis metros cuando se extienden sobre varios claros. Losas perimetrales dependen de las relaciones entre el claro largo y el claro corto, se adaptan a cada forma geométrica. El gasto de material alcanza un mínimo cuando corren sobre varios claros. Usando losas delgadas- entre $L/35$ y $L/69$ según condiciones de los apoyos- se cuenta además con el efecto de membranas a compresión y por eso la capacidad de soportar cargas es siempre encima de la calculada.

Las losas sin trabes- apoyadas directamente sobre columnas- requieren el mínimo de altura para un edificio, pero se gasta el máximo en concreto y acero, se necesita para construcciones mayores de cinco niveles elementos rigidizantes.

Las losas aligeradas de un sentido representan el menor gasto de materiales, mientras el gasto para cimbra adicional o elementos ligeros en caso de colocar un falso plafón incrementa el costo

final; además se originan más horas hombres para elaborar el encofrado y la colocación de los estribos; recomendable de seis a nueve metros de claro efectivo.

Las losas de dos capas se aplican para claros mayores de diez metros; se requiere de personal calificado; el ahorro en peso muerto es de 10% a 44%.

Viguetas y bovedillas se prefieren, cuando el costo de una obra se debe minimizar. El comportamiento de este elemento estructural es tolerable, cuando se usa como acabado final metal desplegado y aplanado de tres capas- arena/cemento, arena cemento cal y arena lavada y colada con cal. No hay que olvidar que la losa consta de tres diferentes materiales- concreto prefabricado, relleno y concreto colado en sitio.

El costo final de cada elemento tratado depende en gran parte de estudio al cual se somete.

La madera posee una excelente relación entre peso propio y capacidad de soportar cargas, es sobresaliente en aislamiento térmico, pero requiere de protección contra animales y plantas e incendios. El acero tiene la mayor resistencia, pero necesita protección contra oxidación en frío o en caliente.

El concreto, como material monolítico, reparte cargas en ambas direcciones ortogonales. Para hacer efectivo esta ventaja única se colocan apoyos que permiten tal flujo de fuerzas. Las losas macizas requieren un mínimo de peralte referente a otros materiales. En cada caso específico se compara el costo de la losa con el costo total de la obra. El gasto para una edificación depende de la altura de los entresijos- espacio libre más espacio para la estructura- y de los claros acubrir. Mayor altura y mayor claro aumentan el costo final de cada construcción. Reduciendo el peso muerto de las losas- utilizando losas con zonas menores de tracción o ubicando tubos céntricos- se incrementa la dificultad de ejecución. Menor gasto de material causa un nivel más alto de tecnología.

Las losas descargan en sentido vertical (losas) y en sentido horizontal (placas) y por eso son capaces de transmitir cada género de cargas a los apoyos de un edificio. El arte existe en

repartir las fuerzas que se originan a una zona de compresión y a una zona de tracción, es decir jugar con valores positivos y negativos. Los puntos rígidos atraen las cargas, la interacción define el flujo de cargas adentro de una obra. La descripción de un problema (memoria de cálculo) no detecta la calidad de un sistema estructural.

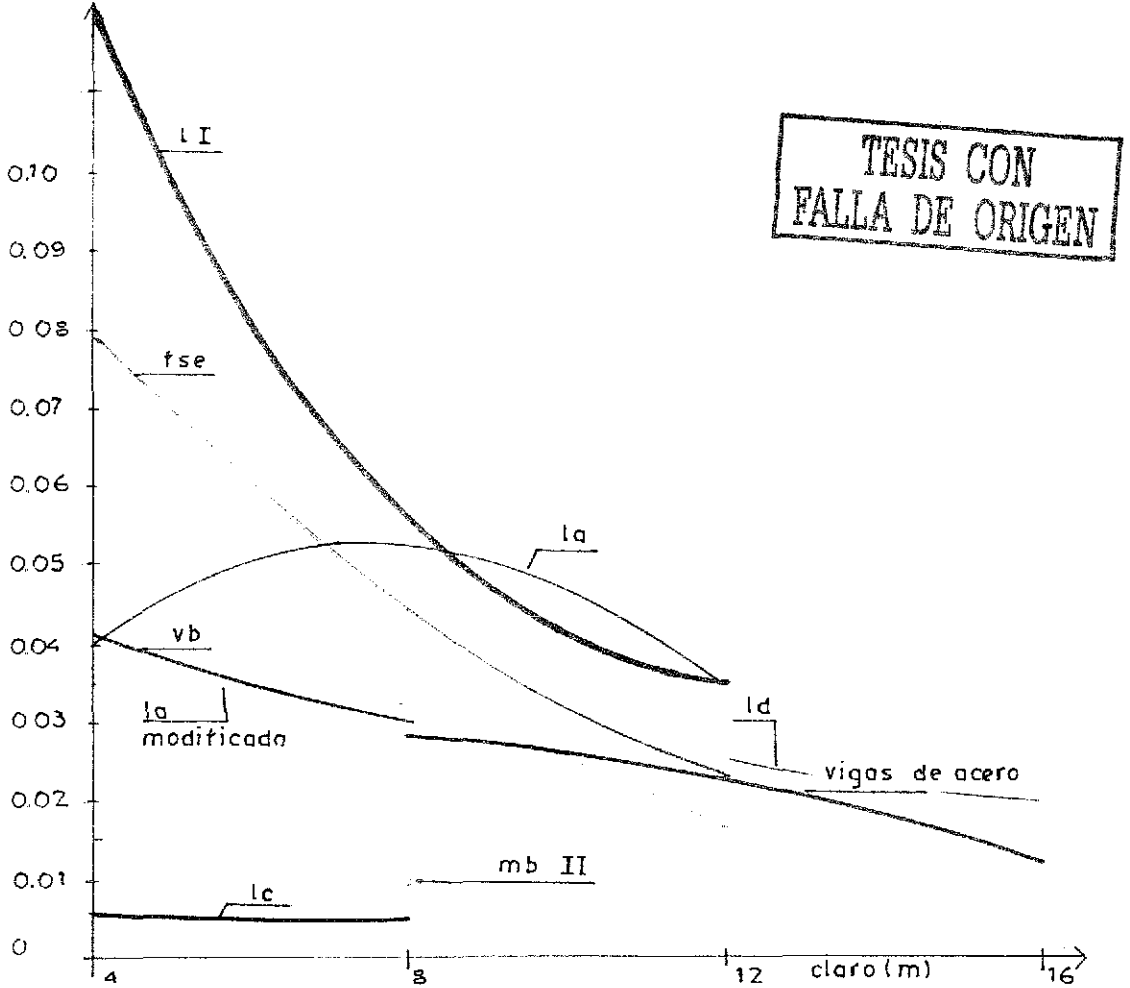


figura 109- relación peso propio/ capacidad de soportar cargas

ANEXO

En esta parte se explica el cálculo de los datos usados en las páginas 11 a 15

valores referente a figura 15

$$mB = -1.33 \cdot 9/8 = -1.50 \text{ tm/m}$$

$$1 \text{ mB} = -1.5 + 0.5(1.50 - 0.37) = -0.93 \text{ t}$$

$$A = 1.33 \cdot 1.5 - 0.93/3 = 1.68 \text{ t/m}$$

$$m1 = 1.68^2 / 2.66 = 1.07 \text{ t}$$

$$\text{diseño: } d/h/b = 7/9/10/100$$

$$m1 = 1.07 / 0.07^2 \cdot 1750 = 0.124 \quad \text{valor para } f'c250$$

$$As1 = 0.25 \cdot 700/24 = 7.29 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$mB = 1.5 / 0.07^2 \cdot 1750 = 0.174$$

$$AsB = 0.38 \cdot 700/24 = 11.08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

inercias de acuerdo con los datos anteriores

El.	área (cm ²)	y' (cm)	Ay' (cm ³)	Ay' ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
1	238	1.19	283.22	337.03	112.34
2	51.03	7.00	357.21	2500.47	2.89
Σ	289.03	--	640.43	2837.50	115.24

$$y = 640.43 / 289.03 = 2.216 \text{ cm}$$

$$I = 2837.50 + 115.24 - 640.43^2 / 289.03 = 1533.68 \text{ cm}^4/\text{m}$$

El.	área (cm ²)	y' (cm)	Ay' (cm ³)	Ay' ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
1	329	3.29	541.21	890.28	296.76
2	77.56	7.00	532.92	3800.44	4.40
Σ	406.56	--	1074.13	4690.72	301.16

$$y = 1074.125 / 406.56 = 2.642 \text{ cm}$$

$$I = 4690.72 + 301.16 - 1074.125^2 / 406.56 = 2154.059 \text{ cm}^4/\text{m}$$

$$1533.681 = I_c \quad I_{\text{apoyo}} = 1.40$$

valores mejorados

El.	área (cm ²)	y' (cm)	Ay' (cm ³)	Ay' ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
1	175	0.875	153.13	133.98	44.66

2	31.01	7.00	217.07	1519.49	1.76
Σ	206.01	--	370.20	1653.47	46.42

$$y = 370.195/206.01 = 1.80\text{cm}$$

$$I = 1653.47 + 46.42 - 370.195^2/206.01 = 1034.66\text{cm}^4/\text{m}$$

El.	área(cm ²)	y'(cm)	Ay'(cm ³)	Ay' ² (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)
1	378	1.89	714.42	1350.25	450.08
2	96.95	7.00	678.65	4750.55	5.50
Σ	474.95	--	1393.07	6100.80	455.58

$$I = 6100.80 + 455.58 - 1393.07^2/474.95 = 2470.384\text{cm}^4/\text{m}$$

$$I_c = 1034.662 \quad I_{\text{apoyo}} = 2.388$$

$$1.33(9 - 3\sqrt{8})^2/2 + 1.33(9 - 3\sqrt{8})(3\sqrt{8} - 6)/2 = 1.33(3\sqrt{8} - 6)^2/8$$

$$1.33(27 - 9\sqrt{8}) = 1.33(27 - 9\sqrt{8})$$

$$m \text{ vol.} = 1.33(9 - 3\sqrt{8})^2/2 + 1.33(3\sqrt{8} - 6)(9 - 3\sqrt{8})/2 = 1.027t$$

$$m \text{ pos.} = 1.33(3\sqrt{8} - 6)^2/8 = 1.027t$$

$$\text{diseño: } d/h/b = 7/9/100$$

$$ms = 1.027^2/0.07^2 \cdot 1400 = 0.15$$

$$As = 0.313 \cdot 700/30 = 7.30\text{cm}^2/\text{m}$$

valores referente a figura 19

El.	área(cm ²)	y'(cm)	Ay'(cm ³)	Ay' ² (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)
1	741	3.705	2745.41	10171.73	3390.58
2	137.13	28.5	3908.21	111383.84	31.10
Σ	878.13	--	6653.62	121555.57	3421.68

$$I = 3421.68 + 121555.57 - 6653.62^2/878.13 = 74562.55\text{cm}^4/\text{m}$$

El.	área(cm ²)	y'(cm)	Ay'(cm ³)	Ay' ² (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)
1	1396.5	6.98	9747.57	68038.04	22671.23
2	328.3	28.5	9356.55	266661.68	74.46
Σ	1724.8	--	19104.12	334699.72	22745.69

$$y = 19104.12/1724.8 = 11.08\text{cm}$$

$$I = 334699.72 + 22745.69 - 19104.12^2/1724.8 = 145757.20\text{cm}^4/\text{m}$$

inercias comparativas:

$$1, 1.955$$

deformaciones:

$$\delta_{o1} = -(2.5/3)(0 + 4 \cdot 17.44 \cdot 0.25 + 2 \cdot 23.25 \cdot 0.5 + 4 \cdot 17.44 \cdot 0.75/1.955 + 0) = -67.452$$

$$\delta_{11} = (2.5/3)(0 + 4(1/4)^2 + 2(1/2)^2 + 4(3/4)^2/1.955 + 1/1.955) = 2.412$$

δ_{o1} y δ_{11} deben multiplicarse con 2.5/3

$$mB = -67.452/2.412 = -27.96t$$

diseño: $d/h/b = 28.5/31/100$

$$As = 0.154 \cdot 2850/24 = 18.29 \text{cm}^2/\text{m}$$

$$As' = 0.444 \cdot 2850/24 = 52.73 \text{cm}^2/\text{m}$$

requerido concreto $f'c250$

diseño concreto

valor auxiliar ms :

$$ms = Ms/bh^2 \cdot \beta_r$$

$$Ms = M - N(d - h/2)$$

M momento por flexión

b ancho

h altura o peralte

N carga axial

β_r $0.7f'c$

As área de acero

β_s resistencia del acero f_y (R42, R60)

$$As = umbh/(\beta_s/\beta_r) + N/(\beta_s/\gamma)$$

ms	ω_m	ms	ω_m
0.01	0.018	0.12	0.241
0.02	0.037	0.13	0.264
0.03	0.055	0.14	0.288
0.04	0.075	0.15	0.313
0.05	0.094	0.16	0.339
0.06	0.114	0.17	0.367
0.07	0.134	0.18	0.395
0.08	0.154	0.193	0.436
0.09	0.175	>0.193	doble refuerzo
0.10	0.197		
0.11	0.218		

losa corrida con claros de 5m c/u

carga permanente

0.29t/m²

carga útil

0.25

0.50

0.75

1.00

$$m1 = (0.078 \cdot 0.29 + 0.100 \cdot 0.25)25 = 1.19t$$

$$0.50 \quad 1.82$$

$$0.75 \quad 2.44$$

$$1.00 \quad 3.07$$

$$m2 = (0.033 \cdot 0.29 + 0.079 \cdot 0.25)25 = 0.73t$$

$$0.50 \quad 1.23$$

$$0.75 \quad 1.72$$

$$1.00 \quad 2.21$$

$$m3 = (0.046 \cdot 0.29 + 0.086 \cdot 0.25)25 = 0.87t$$

$$0.50 \quad 1.41$$

$$0.75 \quad 1.95$$

$$1.00 \quad 2.48$$

$$mB = -(0.105 \cdot 0.29 + 0.120 \cdot 0.25)25 = -1.51t$$

$$0.50 \quad 2.26$$

$$0.75 \quad 3.01$$

$$1.00 \quad 3.76$$

$$mC = -(0.079 \cdot 0.29 + 0.111 \cdot 0.25)25 = -1.27t$$

$$0.50 \quad 1.96$$

$$0.75 \quad 2.65$$

$$1.00 \quad 3.35$$

diseño: $d/h/b = 19.5/25/70$

$$As1 = 119/19.5 \cdot 2.4 = 2.54cm^2/m/3.89/5.21/6.56$$

$$As2 = 73/19.5 \cdot 2.4 = 1.56 \quad 2.63/3.68/4.72$$

$$As3 = 87/19.5 \cdot 2.4 = 1.86 \quad 3.01/4.17/5.30$$

$$AsB = 0.378 \cdot 22 \cdot 12/30 = 3.33cm^2/m/4.25/5.79/7.26$$

$$AsC = 0.304 \cdot 22 \cdot 12/30 = 2.68cm^2/m/3.67/4.62/6.45$$

se considera una reducción del momento negativo por:

carga total por claro entre cuatro

modificando los momentos negativos a 0.5 de su valor:

mB: $1.42\text{cm}^2/\text{m}/2.22/3.15/4.12$

mC: $1.16/1.84/2.63/3.67$

m1: $2.84/4.14/5.43/6.72$

m2: $2.11/3.02/3.79/4.81$

m3: $2.24/3.18/4.10/5.02$

claro 7.5m:

carga permanente $0.34\text{t}/\text{m}^2$

carga útil 0.25

0.50

0.75

1.00

eje nervio- eje nervio: 0.70m

carga permanente $0.37\text{t}/\text{m}^2$

carga útil 0.25

0.50

0.75

1.00

eje nervio- eje nervio: 1.00m

los factores siguen siendo los mismos; se recibe:

m1= $2.90\text{t}/4.30/5.71/7.12$

m2= $1.74\text{t}/2.85/3.96/5.07$

m3= $2.09\text{t}/3.30/4.51/5.72$

mB= $-3.70\text{t}/5.38/7.07/8.76$

mC= $-3.07\text{t}/4.63/6.19/7.75$

diseño: $d/h/b= 30.5/3/.5/70$

As1= $290/30.5 \cdot 2.4= 3.96\text{cm}^2/\text{m}/5.87/7.84/9.73$

As2= $174/30.5 \cdot 2.4= 2.38\text{cm}^2/\text{m}/3.89/5.41/6.93$

As3= $209/30.5 \cdot 2.4= 2.86\text{cm}^2/\text{m}/4.51/6.16/7.81$

AsB= $0.402 \cdot 33.5 \cdot 0.4= 5.39\text{cm}^2/\text{m}/6.59/8.71/10.94$

AsC= $0.309 \cdot 33.5 \cdot 12/30= 4.14\text{cm}^2/\text{m}/5.58/6.92/9.49$

se considera un ancho del apoyo de 0.24m

los momentos negativos con excepción del primero exigen zonas macizas a las distancias indicadas en el texto correspondiente.

modificando los momentos negativos a 0.5 de su valor:

$$mB: 2.06\text{cm}^2/\text{m}/3.23/4.54/6.00$$

$$mC: 1.80\text{cm}^2/\text{m}/2.64/3.86/4.92$$

no se requiere de una zona maciza para absorber la compresión

$$m1: 4.47\text{cm}^2/\text{m}/6.34/8.19/10.85$$

$$m2: 3.36\text{cm}^2/\text{m}/4.65/5.94/7.23$$

$$m3: 3.56\text{cm}^2/\text{m}/4.90/6.24/7.57$$

claro 10m:

carga permanente

$$0.37\text{t}/\text{m}^2$$

carga útil

$$0.25$$

$$0.50$$

$$0.75$$

$$1.00$$

eje nervio- eje nervio: 1.00m

los factores siguen siendo los mismos; se recibe:

$$m1= 5.39\text{t}/7.89/10.39/12.89$$

$$m2= 3.20\text{t}/5.17/7.15/9.12$$

$$m3= 3.85\text{t}/6.00/8.15/10.30$$

$$mB=-6.89\text{t}/9.89/12.89/15.89$$

$$mC=-5.70\text{t}/8.47/11.25/14.02$$

diseño: d/h/b= 43/50/100(12)

$$As1= 539/43 \cdot 2.4= 5.22\text{cm}^2/\text{m}/7.64/10.07/12.49$$

$$As2= 320/43 \cdot 2.4= 3.10\text{cm}^2/\text{m}/5.01/6.93/8.84$$

$$As3= 385/43 \cdot 2.4= 3.73\text{cm}^2/\text{m}/5.81/7.90/9.98$$

$$AsB= 6.59\text{cm}^2/\text{m}/8.74/12.76/17.63$$

$$AsC= 6.38\text{cm}^2/\text{m}/8.17/11.04/15.62$$

se requiere de una zona maciza en alrededor de los apoyos.

se considera un ancho del apoyo de 0.24m

modificando los momentos a 0.5 de su valor:

$$m1: 5.91\text{cm}^2/\text{m}/8.25/10.62/12.97$$

$$m2: 4.46\text{cm}^2/\text{m}/6.09/7.72/9.34$$

$$m3: 4.75\text{cm}^2/\text{m}/6.43/8.11/9.80$$

El gasto en acero se calcula de la siguiente manera:

a) de manera exacta

aa) varilla corrida

refuerzo positivo

refuerzo negativo

refuerzo constructivo en el lecho superior

estribos

refuerzo transversal

ab) varilla escalonada de acuerdo con el diagrama de momentos

ejemplo para claro de 5 metros y carga útil de $1.00t/m^2$

claro 1/5: $1\phi 5$ y $1\phi 6$

claro 2/4: $1\phi 4$ y $1\phi 5$

claro 3: $2\phi 5$

apoyo B/E: $2\phi 6$

apoyo C/D: $1\phi 5$ y $1\phi 6$

estribos $\phi 3$ cada 20cms.

refuerzo constructivo: $2\phi 3$ en el lecho superior

refuerzo transversal: $3\phi 3$ por metro

gasto en kilogramos por m^2 :

6 . 4.5 . 1.552= 41.90

2 . 4.5 . 2.235 20.12

2 . 4.5 . 0.994 8.95

52 . 0.56 29.12

50 . 0.56 28.00

6 . 1.5 . 2.235 20.12

2 . 1.5 . 1.552 4.66

total 152.87kg

$152.87/0.7 . 25+ 1.19= 9.92kg/m^2$

b) de manera aproximada

$1.25 . As+ 10h^2$

AS refuerzo positivo

h peralte

$1.25(6.56+ 4.72+ 5.3/2)0.4+ 10 . 0.25^2 7.59kg/m^2$

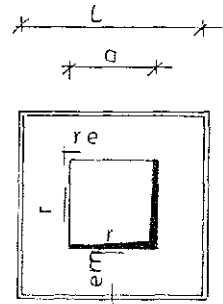
refuerzo constructivo 1.42

refuerzo transversal 1.19

total 10.20kg/m²

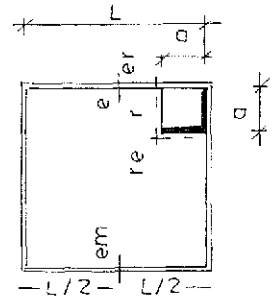
Losa cuadrada con hoyo en el centro
valores auxiliares $c_i: m_i = c_i p L^2$

a/L	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
m_{em}	-0.052	-0.048	-0.036	-0.019	-0.005	0
m_r	0.018	0.022	0.010	0.004	0.001	0
m_{re}	0.018	0.015	0.008	0.003	0.001	0



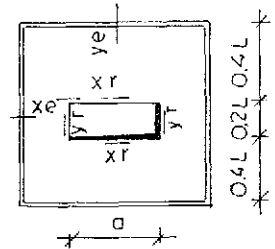
Losa cuadrada con hoyo cuadrado en una esquina
valores auxiliares c_i

a/L	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
m_e	-0.052	-0.052	-0.055	-	-	-
m_{er}	0	-0.035	-0.055	-0.060	-0.017	0
m_{em}	-0.052	-0.050	-0.049	-0.045	-0.017	0
m_r	0	0.010	0.022	0.018	0.003	0



Losa cuadrada con hoyo rectangular en el centro

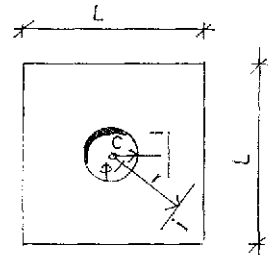
a/L	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
m_{ye}	-0.052	-0.048	-0.044	-0.041	-0.041	-0.044
m_{xe}	-0.052	-0.048	-0.045	-0.041	-0.030	0
m_{xr}	0.018	0.017	0.016	0.016	0.015	0.015
m_{yr}	0.018	0.022	0.015	0.011	0.009	0



las losas anteriores empotrados a lo largo de los apoyos

Losa cuadrada con hoyo circular en el centro, apoyos sin empotre

c/L	m_i	ϕ^o	$\rho=r/L$	m_r	ρ^o	$\rho=r/L$
0.05	0.0814	0	0.05			
	0.0820	45	0.05			
0.10	0.0718	0	0.10			
	0.0745	45	0.10			
0.125	0.0658	0	0.125	0.0250	0	0.28
	0.0703	45	0.125	0.0158	45	0.23
	0.0383	45	0.707	-0.0383	45	0.707



0.250	0.0315	0	0.250	0.0120	0	0.36
	0.0478	45	0.250	0.0005	45	0.27
	0.0353	45	0.707	-0.0353	45	0.707
0.375	0.0055	0	0.375	0.0033	0	0.43
	0.0250	45	0.375	0	45	0.38
	0.0210	45	0.707	-0.0210	45	0.707

Losa rectangular con apoyo interrumpido sin empotres
 los momentos dependen de la relación entre los claros L_y/L_x
 y la parte sin apoyo L'/L_x

para $L_y/L' \leq 1.05 m'_{xm}$

m'_{xm} momento de la losa con apoyo continuo

para $L_y/L_x > 1.5$ vale:

$$m_{xm} = m'_{xm}$$

de $L_y/L_x < 0.5$ aumentar el momento m'_{xm} de la losa perimetral
 por el momento de la media losa cargada en el borde

$$m_{xm} = m'_{xm} + m_{xrm}$$

zonas de repatición:

$$b_{xre} : 0.12L'$$

$$b_{xrm} : 0.25L'$$

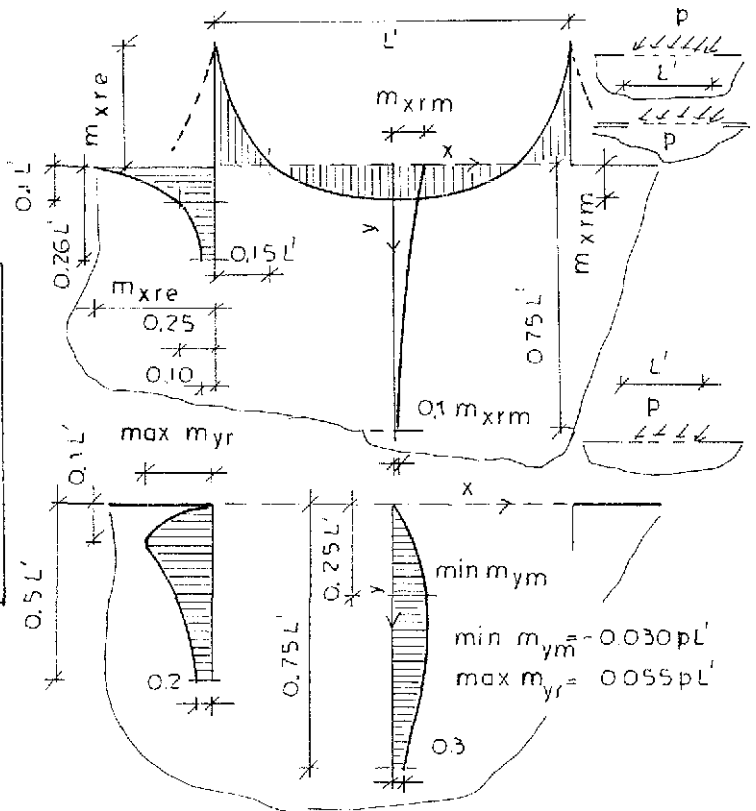
$$m_{xre} : -0.7pl'$$

$$m_{xrm} : 0.17pl'$$

x: 0

y/L'	m_x/m_{xrm}
0	1.00
0.1	0.79
0.2	0.63
0.3	0.47
0.4	0.35
0.5	0.25
0.6	0.18
0.7	0.13

IX



$$\min m_{ym} = -0.030pl'$$

$$\max m_{yr} = 0.055pl'$$

valores auxiliares para el ejemplo de página 50:

$$I_x^I = (100 \cdot 40^3/12 - 100\pi \cdot 22.86^4/(30.86 \cdot 64)) = 489894 \text{cm}^4/\text{m}$$

$$I_y^I = 100(40^3 - 22.86^3)/12 = 433782 \text{cm}^4/\text{m}$$

$$c_t = \sqrt[4]{489894/433782} = 1.03$$

incluyendo el refuerzo en ambas direcciones se tiene:

$$I_x^I = (100 \cdot 40^3/12 - 100\pi \cdot 22.86^4/(30.86 \cdot 64) + 7 \cdot 3.78(37 - 20)^2)$$

$$I_x^I = 497541 \text{cm}^4/\text{m}$$

$$I_y^I = 100(40^3 - 22.86^3)/12 + 7 \cdot 3.78 \cdot 324 = 442355 \text{cm}^4/\text{m}$$

$$e_t = 1.03$$

relación $E_s/E_c = 1$

fuerzas cortantes según Czerny:

$$vc_y = (1/2.96) pL_x$$

$$vc_y = 10 \cdot 0.847/(2.936 \cdot 1.03) = 2.80 \text{t/m}$$

$$vc_x = 2.80 \cdot 1.03 = 2.88 \text{t/m}$$

momentos:

$$mx = 0.847 \cdot 100/25.58 = 3.31 \text{tm/m}$$

$$my = 0.847 \cdot 100/(27.38 \cdot 1.03) = 3.00 \text{tm/m}$$

fuerza cortante en el centro del primer tubo:

$$vc_{y \ 1-1} = 2.80(5.00 - 0.5042)/5.0 = 2.52 \text{t/m}$$

requerida área de estribo:

$$AsE = 2.52 \cdot 30.86/(2 \cdot 38 \cdot 0.577 \cdot 2.4) = 0.74 \text{cm}^2/\text{m}$$

dirección- x:

$$vc_{ox} = 2880/(100 \cdot 8 \cdot 37/30.86) = 3 \text{kgs./cm}^2$$

requerida área de estribo:

$$AsE = 3 \cdot 8 \cdot 45/2400 = 0.45 \text{cm}^2/\text{alma}$$

seleccionado dos diámetro 5/16" por alma

valores auxiliares para el ejemplo de página 51:

$$I_x^I = 100 \cdot 31^3/12 - 100\pi \cdot 17.78^4/(25.78 \cdot 64)$$

$$I_x^I = 229229 \text{cm}^4/\text{m}$$

$$I_y^I = 100(31^3 - 17.78^3)/12 = 201419 \text{cm}^4/\text{m}$$

valores auxiliares para el ejemplo de página 51:

$$\epsilon_t = \sqrt[4]{229229/201419} = 1.03$$

fuerzas cortantes y momentos según Czerny:

$$v_{cx} = 15.13/2.94 = 5.15 \text{ t/m}$$

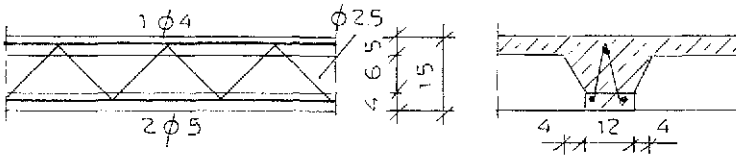
$$v_{cy} = 15.13/3.03 = 5.00 \text{ t/m}$$

$$m_x = 15.13 \cdot 100/25.58 = 5.91 \text{ t}$$

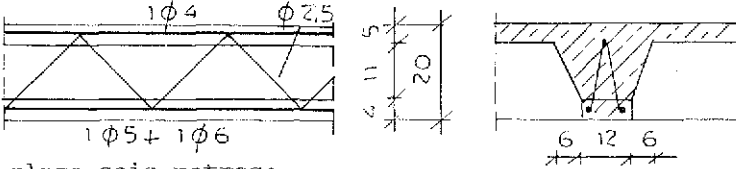
$$m_y = 15.13 \cdot 100/28.2 = 5.36 \text{ t}$$

las siguientes figuras ilustran los valores para los cálculos de las páginas 57, 58 y 59.

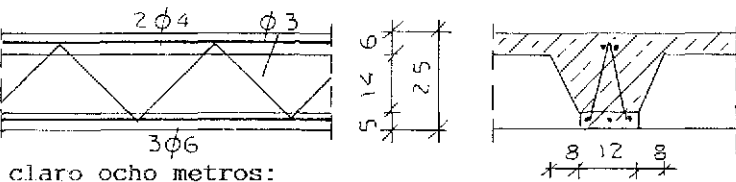
claro tres metros:



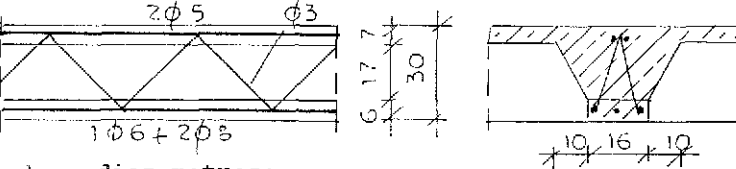
claro cuatro metros:



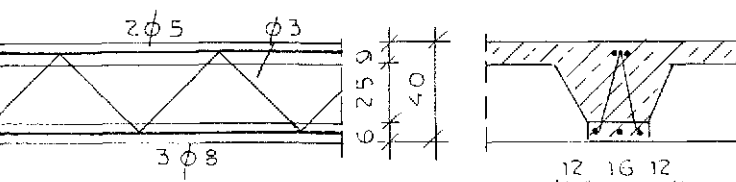
claro seis metros:



claro ocho metros:



claro diez metros:



XI

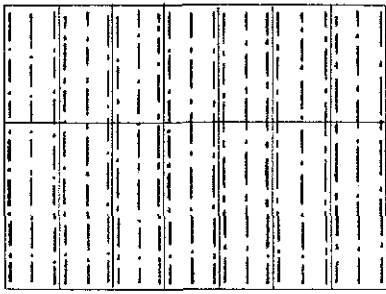


COLADO IN SITU



1,05 1,05
* * *

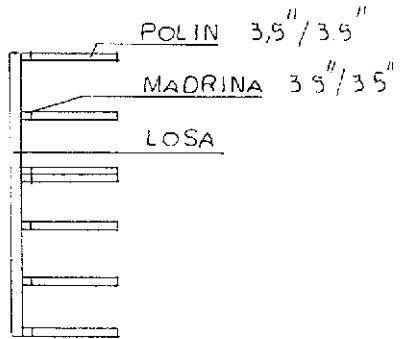
1,1 1,1
* * *



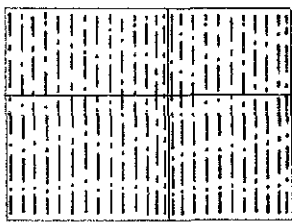
226 225 225 225 233 233 233
* * * * *

--- ARMADURA

repartición de elementos fabricados



ubicación de polines y mdrinas

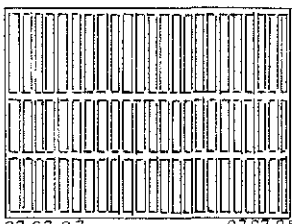


5
7
* * *

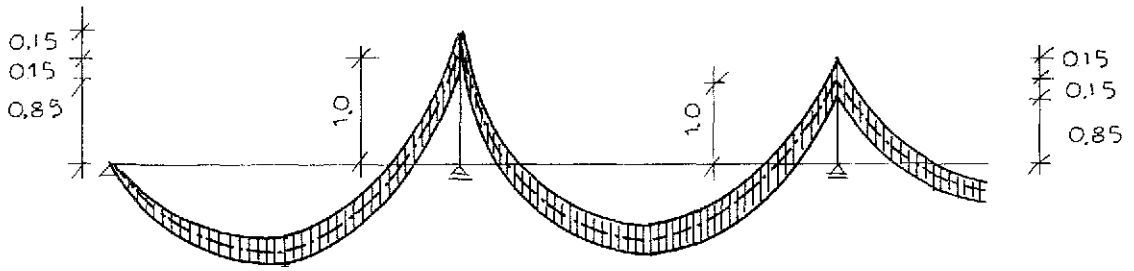
--- VIGUETA

07 07 07 05 07 07 07 05
* * * * *
07 07 07 07 07 07 07 07

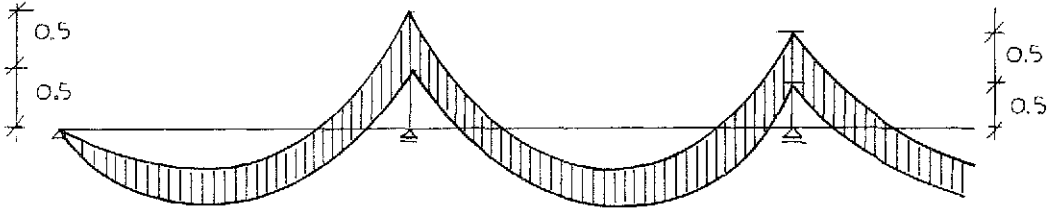
ubicación de viguetas



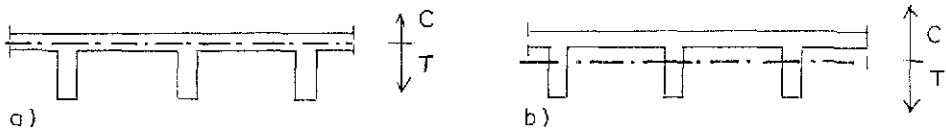
ubicación de nervios



modificación de diagramas de momentos para losas macizas



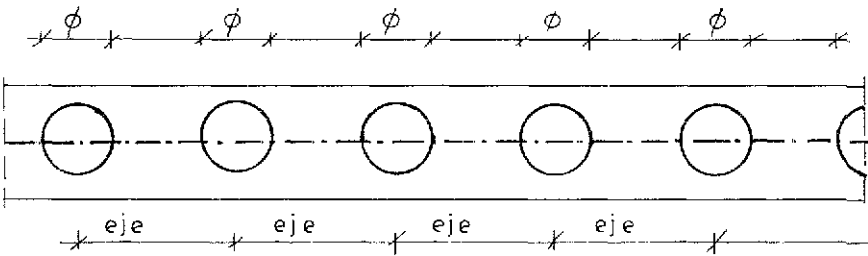
modificación de diagramas de momentos para losas aligeradas



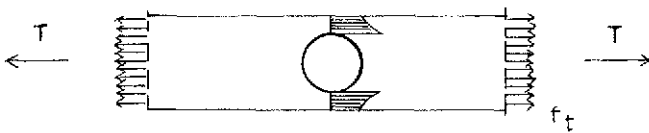
bases para el cálculo de losas aligeradas

a) eje adentro de la capa de compresión

b) eje adentro del alma



losas con hoyos

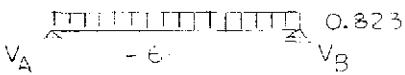


distribución de esfuerzos en la barra con hoyo sujeta a carga axial

Cálculo de lámina doblada
análisis de cargas

2cms. de asfalto-	44kg /m ²
aislante-	6
capa de concreto-	110
relleno-	163
carga variable-	500
total	823

sistema



$$V_A = V_B = 0.823 \cdot 3 = 2.469 \text{ t/m}$$

$$m = 0.823 \cdot 36/8 = 3.7 \text{ t}$$

peralte:

$$3.5 \cdot 6 + 5 = 26 \text{ cm}$$

valores geométricos:

$$I = (40 \cdot 26^3 - 39.593 \cdot 25.62^3) / 12 = 3102 \text{ cm}^4 / \text{m}$$

$$S = 3102 / 13 = 239 \text{ cm}^3 / \text{m}$$

esfuerzos:

$$I = \pm 370 / 239 = \pm 1.55 \text{ t/cm}^2$$

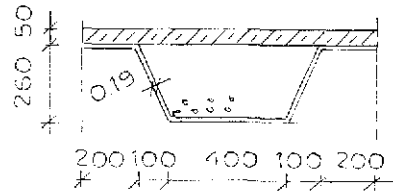
req. calidad A36

para $f_b = 1.4 \text{ t/cm}^2$ se tiene:

$$I = 3654 \text{ cm}^4 / \text{m} \quad S = 261 \text{ cm}^3 / \text{m}$$

$$f = \pm 382 / 261 = \pm 1.46 \text{ t/cm}^2$$

en ambos casos se elige calibre 14



Cálculo de lámina doblada corrida

peralte requerido:

$$2.6L + p$$

para $L = 4 \text{ m}$ y $p = 500 \text{ kg /m}^2$ se recibe:

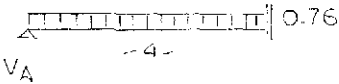
$$2.6 \cdot 4 + 5 = 15.4 \text{ cm} \approx 16 \text{ cm}$$

análisis de cargas

2cm de asfalto-	44kg /m ²
aislante-	6

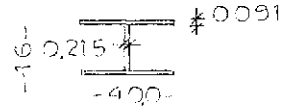
capa de concreto-	110kg /m ²
relleno-	100
carga variable-	500
total	760

sistema



se aplica el diseño plástico

1) $V_A = 1.52 - M/4$
 2) $M = (1.52 - M/4)^2 / 1.52$



sección plástica

$Z = 40 \cdot 0.182(8 - 0.091) + 0.215(8 - 0.091)^2 = 71 \text{ cm}^3/\text{m}$

$M_R = 71 \cdot 2.52 / 1.7 = 105 \text{ tcm o } 1.05 \text{ tm}$

requerido calibre 20

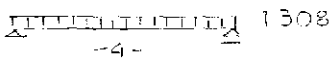
Cálculo de una estructura compuesta
 peralte:

- 4L+ 1 un solo claro
- 4L+ 1+ (p- 1.5) continuidad

análisis de cargas

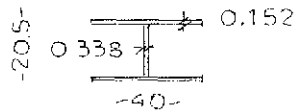
2cm de asfalto-	44kg /m ²
aislante-	6
capa de concreto-	110
relleno-	128
lámina-	20
carga variable-	1000
total	1308

sistema



valores geométricos

$A_{st} = 80 \cdot 0.152 + 0.338 \cdot 20 \cdot 196 = 1899 \text{ cm}^2$



**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

$$I_{st} = (40 \cdot 20.5^3 - 39.662 \cdot 20.196^3) / 12 = 1490.73 \text{ cm}^4 / \text{m}$$

$$100z^2 / 7 + 18.99z = 18.99 \cdot 15.25$$

$$z = 3.887 \text{ cm}$$

$$I_i = 100 \cdot 5^3 / 84 + (100 \cdot 5 / 7) (3.887 - 2.5)^2 + 1490.73 + 18.99 (15.25 - 3.887)^2$$

$$I_i = 4228.9 \text{ cm}^4 / \text{m} \quad (\text{inercia ideal})$$

$$m = 261.6 \text{ tcm}$$

$$f_s = -261.6 \cdot 3.887 / 4228.9 \cdot 7 = 0.034 \text{ t/cm}^2 \text{ o } 34.35 \text{ kg /cm}^2$$

$$f_i = 261.6 (25.5 - 3.887) / 4228.9 = 1.34 \text{ t/cm}^2$$

f esfuerzos

s superior

i inferior

Comparando los diferentes materiales empleados en este tratado se observa lo siguiente:

madera-

pino II sección 7"x 11"

capacidad 100 kgs./cm^2 corresponde a un momento de 2.31 tm

peso volumétrico: 0.6 t/m^3

peso de la viga: 0.0298 t/m^2

capacidad/peso: $2.31 / 0.0298 = 77.61 \text{ m}^3$

cedro I sección 7"x 11"

capacidad 130 kgs./cm^2 corresponde a un momento de 3.01 tm

peso volumétrico: 0.8 t/m^3

peso de la viga: 0.039 t/m^2

capacidad/peso: $3.01 / 0.0397 = 75.67 \text{ m}^3$

no existe ninguna ganancia usando madera de mayor calidad

concreto gasoso-

peso volumétrico: 1 t/m^3

capacidad $f'c = 560 \text{ t/m}^2$

un peralte de 12.5 cms. corresponde a un momento de 0.98 tm/m

capacidad/peso: $0.98 / 0.125 = 7.84$

lámina doblada-

área: 18.99 cm^2 peso propio: 14.9 kg /m^2

momento resistente: 2.036 tm

capacidad/peso: $2.036/0.0149 = 136.61$

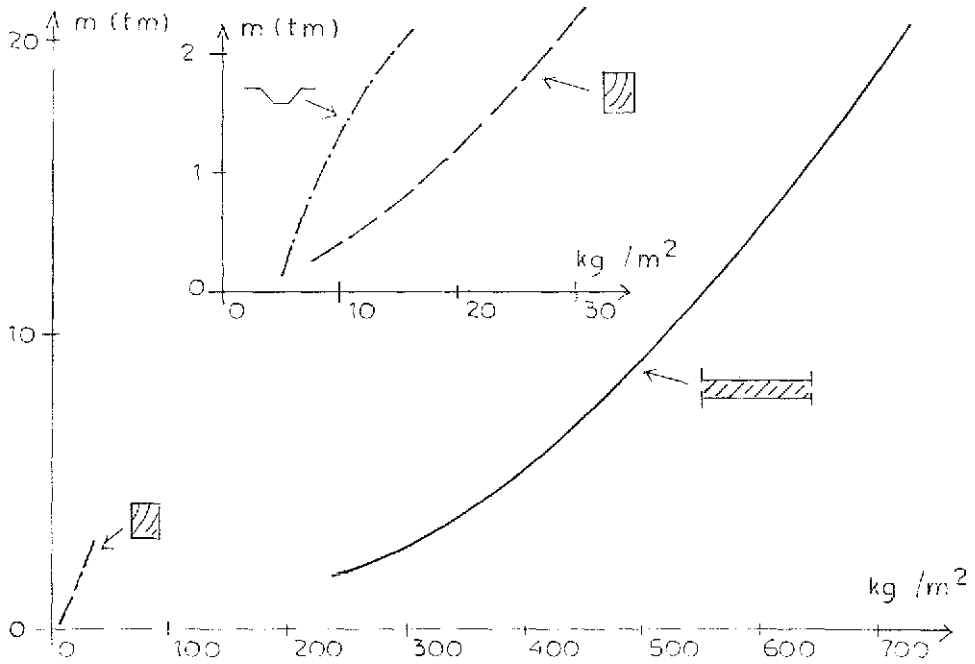
losa maciza de 30cm

peso propio: $0.72t/m^2$

capacidad: $20.43tm/m$

capacidad/peso: $20.43/0.72 = 28.38$

Como era de esperar el acero demuestra la mejor relación entre capacidad y peso.



relación capacidad/peso

madera: vigas- 4"x 6"; 6"x 9"; 7"x 11" pino II

concreto: losas macizas- peraltes de 10, 20 y 30cms., calidad
 $f'c = 200kg/cm^2$

lámina: peraltes 5, 13 y 20.5cm ; calibre 24, 24 y 16

El uso de concreto de alta calidad

Utilizando un concreto de calidad $f'c= 500\text{kg/cm}^2$ o de calidad $f'c= 900\text{kg/cm}^2$ se reduce la cantidad de concreto, pero se incrementa el gasto de acero y la deformación de las losas. Si se logran ventajas referente al costo total de una obra, es cuestión de un análisis exhaustivo.

Enseguida se presenta un ejemplo.

Se calculan losas macizas de un sentido para claros de cinco, diez y quince metros; carga variable de 275kg/m^2 .

f'c claro	200			500			900		
	C	As	w	C	As	w	C	As	w
5	0.16	8.17	0.073	0.14	8.60	0.076	0.12	9.75	0.089
10	0.30	24.93	0.169	0.25	25.69	0.173	0.20	28.60	0.215
15	0.45	51.38	0.246	0.35	51.47	0.294	0.30	54.24	0.324

C gasto de concreto en m^3/m^2

As refuerzo calidad R42 en cm^2/m de ancho

w medida para la deformación vertical

Empleando losas aligeradas no se ven ventajas usando concreto de mayor calidad.

El siguiente ejemplo lo demuestra.

Se calculan claros de cinco, diez y quince metros, carga variable de 275kg/m^2 .

f'c claro	200			500		
	C	As	h	C	As	h
5	0.064	4.90	0.20	0.064	4.37	0.20
10	0.146	8.81	0.50	0.146	8.85	0.50
15	0.271	18.56	0.75	0.271	18.13	0.75

h peralte en m

El uso de concreto con fibras

Este tema no es objeto de esta tesis. En seguida se dan algunas explicaciones.

El uso principal de este material consiste en:

Paneles ligeros para techos,

tubos,

elementos ligeros para fachadas colgadas.

Desventajas existentes:

Las fibras no sustituyen el refuerzo con varillas,

el precio elevado referente al acero corrugado,

límites en la granometría, uso exclusivo de arena (5/64" a 5/16")

durabilidad de las fibras a largo plazo,

cantidad reducida de fibras a colocar.

La capacidad de absorber tracción adicional depende del valor:

$$v_{tc} = \beta_m / \beta_t$$

β_m resistencia a tracción del concreto

β_t resistencia a tracción de las fibras

La resistencia en el estado de ruptura se recibe:

$$f_r = \text{const.} / \sqrt{s}$$

s distancia entre fibras

La longitud de anclaje se da:

$$L_A = \beta_t d / 4 \tau_m$$

d diametro de la fibra

τ_m tensión de adherencia

L_A longitud de adherencia

$$1 < \tau_m < 10 \text{N/mm}^2$$

$$\beta_t = 1000 \text{N/mm}^2$$

La longitud crítica de la fibra es:

$$\text{crit } L = 2L_A$$

XIX

Recomendaciones

La manera más económica de construir edificaciones existe en usar muros de mampostería y losas macizas de concreto reforzado; claros a cubrir de tres a seis metros, peraltes de diez a quince centímetros. Contando con habitaciones de interés social se aplican elementos semiprefabricados a base de viguetas y bovedillas o sistemas semejantes.

Para claros de seis a diez metros entrejes se ofrecen losas aligeradas con o sin relleno (mampostería, poliestireno etc.).

Claros de diez a diecisiete metros se ejecutan con ventaja con losas de dos capas; peraltes de treinta a cuarenta centímetros.

En general se analiza el costo para el concreto, el acero y la cimbra. El precio de cimbra llega hasta 50% del pago total. El valor de una obra consta de ca. 60% para los acabados- según su calidad- y ca. 40% para la obra negra.

El costo para la estructura baja con el aumento del peralte para losas y vigas, mientras tanto cada centímetro de altura incrementa el precio a pagar. El valor es en función del claro a cubrir y de los niveles de la cimentación y de las azoteas. El alza es exponencial para cada material; claros mayores y alturas superiores se cubren a costo reducido con madera (techos) y con acero (entrepisos).

Cada caso específico requiere de un análisis minucioso. Recetas no existen.

Bibliografía

- Aster " Losas perimetrales de dos capas "
Berlin/München 1970
- Calendario de concreto tomo I/II
Berlin/München 1963- 2001
- Catálogos de Ferreterías
México, D.F. 2000
- Czerny " Losas perimetrales "
Berlin/München 1980
- Duddeck " Seminario sobre diseño plástico "
Braunschweig 1973
- Grasser/Thielen " Valores auxiliares para el cálculo y la deformación de concreto reforzado "
Berlin/München 1972
- Hecht " Clases de concreto "
México, D.F. 1976
- Hecht " Cero, uno, triángulo "
México, D.F. 1995
- Manual A.H.M.S.A.
Monterrey 1993
- Nyffeler " Areas de influencia para losas sin trabes "
Zürich 1965
- Real Academia Española " Ortografía de la Lengua Española "
Espasa Calpe S.A. Madrid
- Rybicki " Fórmulas para el diseño aproximado de elementos estructurales de edificios "
Düsseldorf 1977
- Sarkar " Método de fuerzas "
München 1972
- Stiglat/Wippel " Losas "
Berlin/München 1983
- Wrycza " Estructuras compuestas en edificios "
Berlin/München 1968

Se indicaron los tratados principales que sirven para consulta adicional para esta obra literaria.