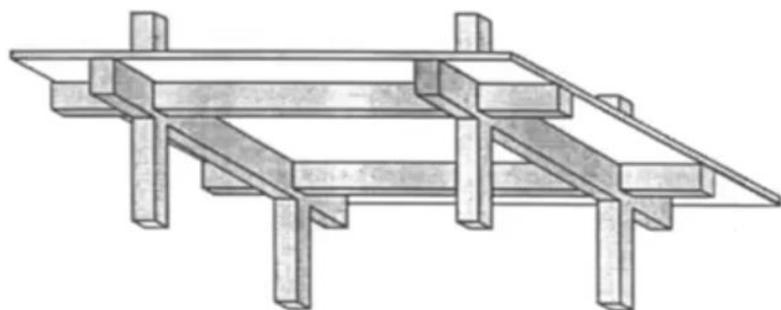
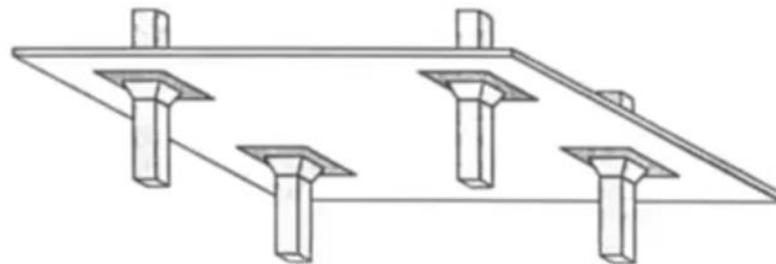


HORMIGON 2

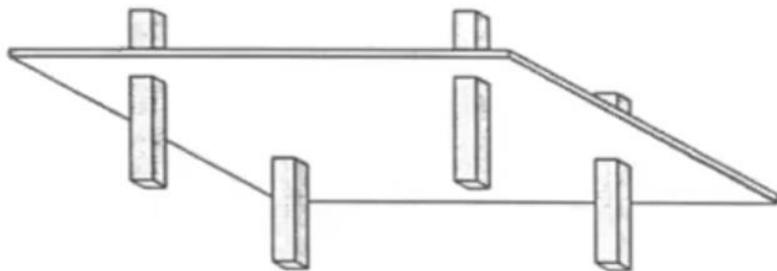
ENTREPISOS SIN VIGAS



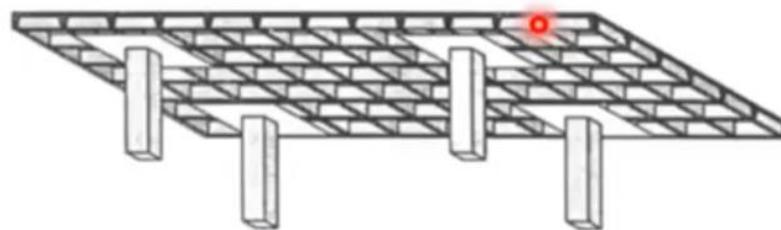
(a) Losa en dos direcciones apoyada en vigas



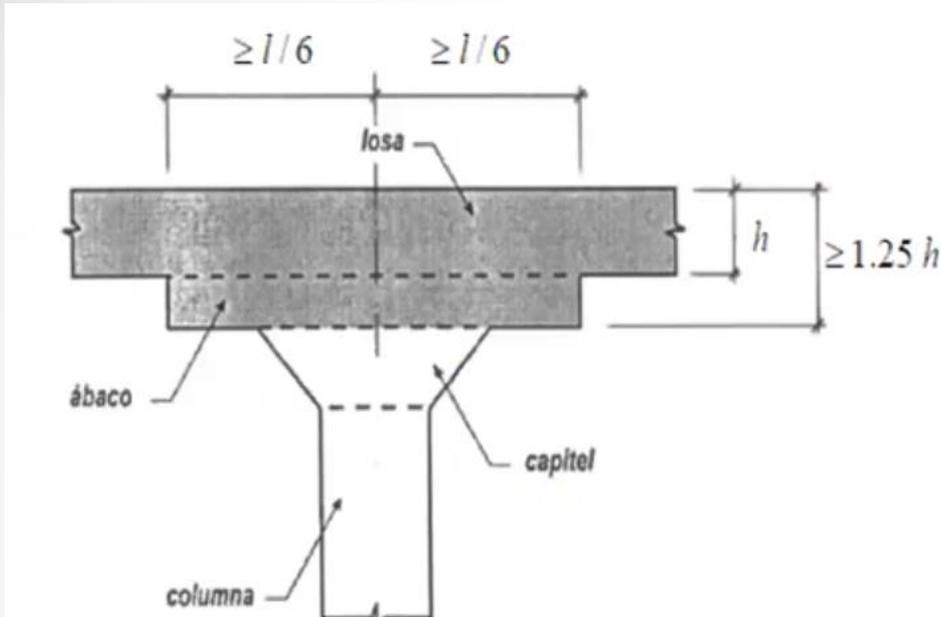
(c) Losa plana



(b) Placa plana



(d) Losa nervurada en dos direcciones



El problema de punzonado en la placa se reduce al realizar un sobreespesor alrededor de la columna, llamado abaco que se complementa con un ensanche en la parte superior de la columna llamado capitel.











SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

Ventajas:

- 1- **Disminuye el volumen del edificio**, dado que cuenta con mayor altura útil. O lo que es lo mismo, a igualdad de altura total, pueden admitir mayor número de pisos.
- 2- **Mayor rapidez de encofrado**, ya que se simplifica su ejecución al no contar con vigas. Disminuye el consumo de material para encofrado
- 3- **Facilita la ubicación y tendido de instalaciones** (electricidad, aire acondicionado, etc.). En entrepisos con vigas se deben prever pases en el sentido transversal de las vigas, o bien desviar el tendido pasando por debajo de las vigas, disminuyendo de esta manera la altura útil del ambiente.
- 4- **Mejor iluminación natural y artificial del ambiente**, ya que no hay vigas que proyecten sombra.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

Desventajas:

- 1- **Alto consumo de acero.** La disminución del brazo elástico (respecto del que ofrecen las vigas) obliga a incrementar las cuantías de armaduras.
- 2- **Mayor consumo de hormigón.** Debido, en general al mayor espesor de losas (originado en los efectos de punzonado). Se incrementa el peso propio y repercute en las fundaciones. Debido a su mayor masa, en zonas sísmicas induce mayores solicitaciones.
- 3- **Condiciona la disposición de columnas.** Con vistas a proveer una modulación adecuada, exigida por la necesidad de racionalizar la estructura.
- 4- **Entrepisos mas deformables frente a cargas gravitatorias.**
- 5- **No forman pórticos** dada la ausencia de vigas.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

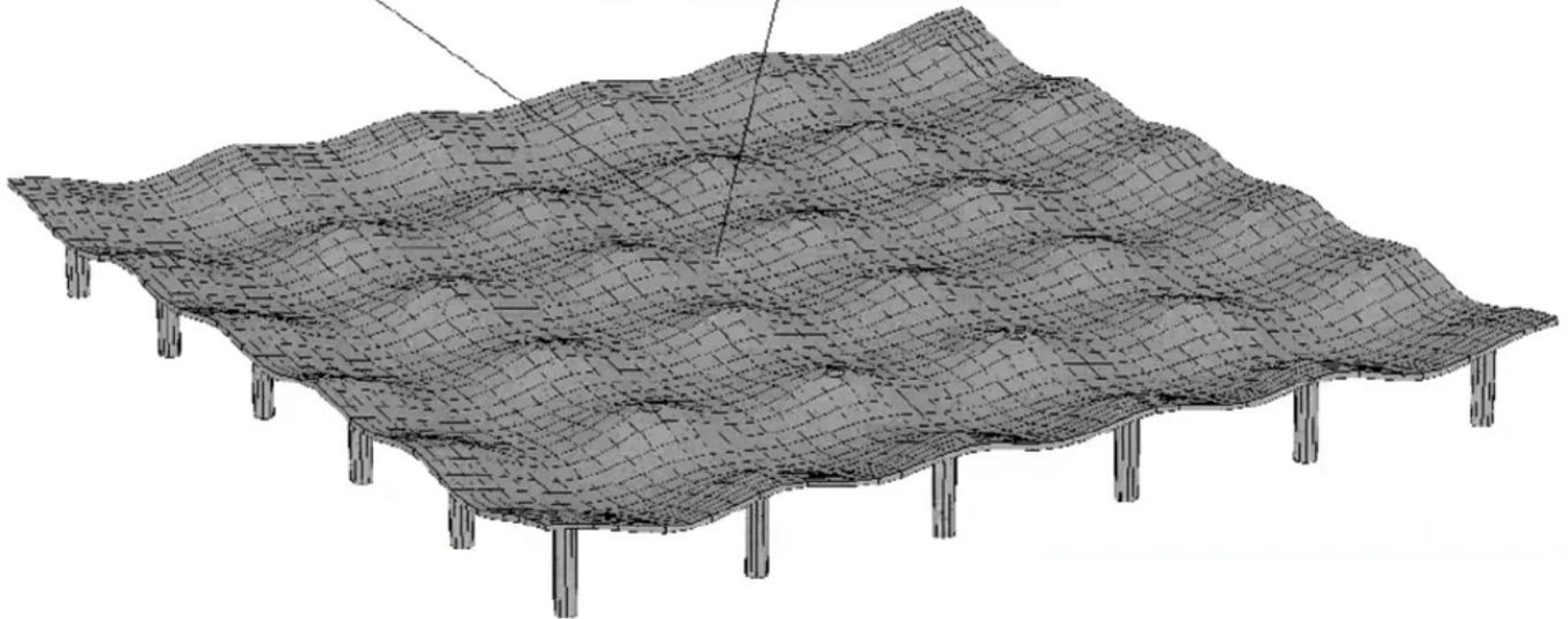
SI BIEN LOS ENTREPISOS SIN VIGAS NO PUEDEN APORTICAR LAS COLUMNAS, SIGUEN FUNCIONANDO COMO DIAFRAGMAS RIGIDOS FRENTE A ACCIONES HORIZONTALES, POR LO QUE SON CAPACES DE REDISTRIBUIR ESFUERZOS ENTRE LOS ELEMENTOS DE RIGIDEZ, POR EJEMPLO, TABIQUES DE HORMIGÓN ARMADO.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DEFORMACIONES EN ENTREPISOS SIN VIGAS

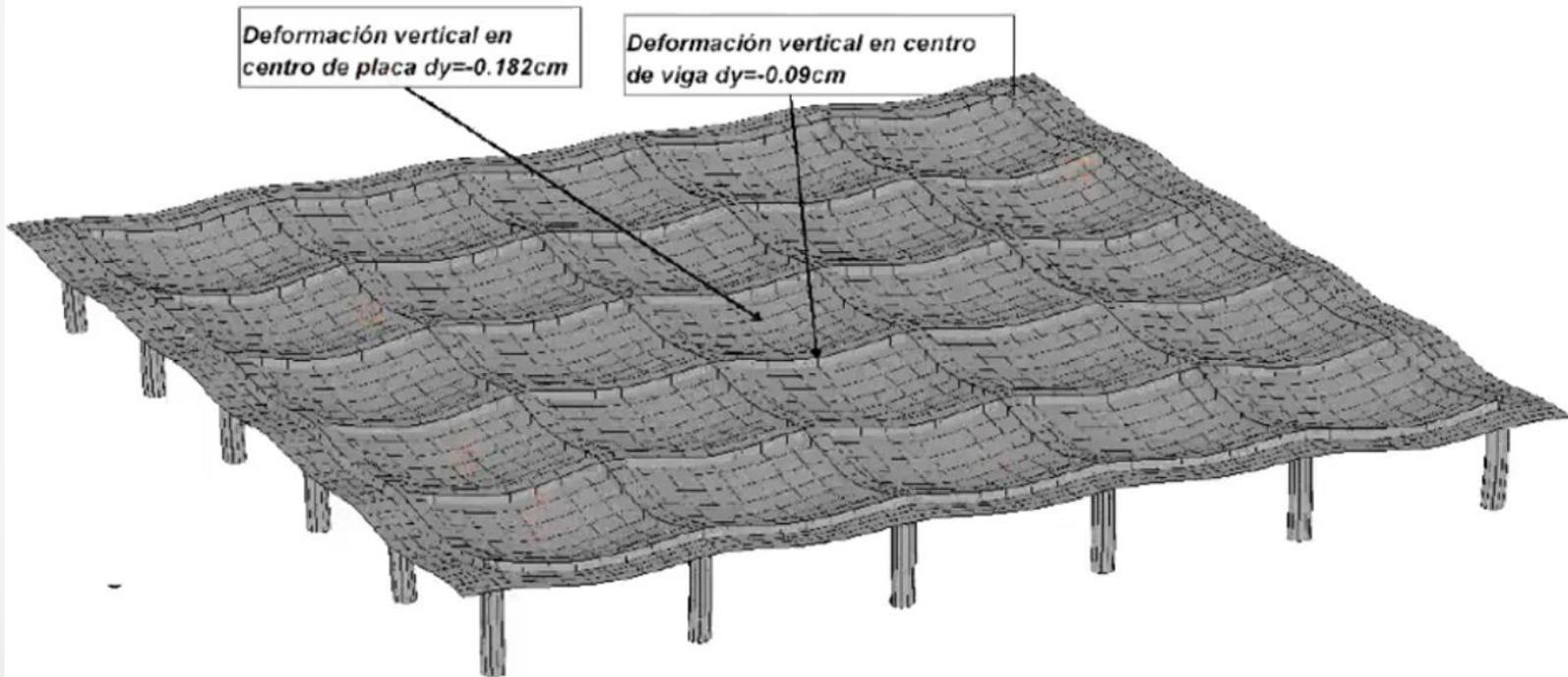
Deformación vertical en
centro de placa $\Delta y = -0.46\text{cm}$

Deformación vertical en centro
de faja de columna $\Delta y = -0.35\text{cm}$



SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DEFORMACIONES EN ENTREPISOS CON VIGAS



SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

ESPESOR MINIMO

9.5.3.2. El *espesor mínimo* de las *losas sin vigas interiores entre apoyos*, que tengan una relación entre lados ≤ 2 , debe ser el indicado en la Tabla 9.5.c) y *no podrá ser inferior a los siguientes valores*:

- | | | |
|----|--|---------------|
| a) | losas <i>sin ábacos</i> , según se define en el artículo 13.2.5. | 120 mm |
| b) | losas <i>con ábacos</i> , según se define en el artículo 13.2.5. | 100 mm |

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

Tabla 9.5.c). Espesores mínimos de losas sin vigas interiores

Tensión de fluencia especificada del acero f_y (MPa) (*)	Sin ábacos (**)			Con ábacos (**)		
	Losas exteriores		Losas interiores	Losas exteriores		Losas Interiores
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde (***)		Sin vigas de borde	Con vigas de borde (***)	
280	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{40}$	$\frac{\ell_n}{40}$
420	$\frac{\ell_n}{30}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$
520	$\frac{\ell_n}{28}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{34}$	$\frac{\ell_n}{34}$

(*) Para valores de la tensión de fluencia de la armadura, comprendidos entre los indicados en la 1° columna, el espesor mínimo se obtendrá por interpolación lineal. A los fines de este Reglamento sólo se deberán utilizar valores de f_y iguales a **220 MPa**, **420 MPa** y **500 MPa** respectivamente. El valor correspondiente a $f_y = 500 \text{ MPa}$ se deberá obtener por interpolación lineal y el valor correspondiente a $f_y = 220 \text{ MPa}$ por extrapolación.

(**) El ábaco se define en el artículo 13.2.5. y en el Anexo al Capítulo 1.

(***) Se refiere a losas con vigas entre las columnas a lo largo de los bordes exteriores. El valor de α_f para la viga de borde debe ser: $\alpha_f \geq 0,8$.

Para **losas armadas en dos direcciones**, ℓ_n , es la longitud de la luz libre en el sentido del lado mayor. Para losas sin vigas, es la longitud de la luz libre entre las caras internas de los apoyos. Para otros casos, es la distancia entre las caras internas de vigas u otro tipo de apoyos, en mm.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

Los sistemas de losas, incluyendo las vigas si las hubiera, se pueden diseñar con cualquier procedimiento que satisfaga condiciones de equilibrio y compatibilidad de deformaciones, y verificando estados límites de resistencia y de servicio que incluyen valores límites para las flechas.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

- **Métodos numéricos:** como el método de los elementos finitos implementado en los programas de computación.

Se discretizan las losas con elementos bidimensionales y las vigas con elementos de barra espaciales.

También las columnas se incluyen en el modelo como barras espaciales, al menos un tramo hacia arriba y hacia abajo del entrepiso, para cargas gravitatorias. En los extremos de esos tramos, las columnas pueden considerarse empotradas.

Para cargas horizontales, hay que modelar toda la estructura completa.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE ANALISIS

- **Métodos aproximados:** bajo ciertas condiciones se pueden utilizar:
 - a) **Método de diseño directo:** es un método semiempírico.
 - b) **Método del pórtico equivalente:** es un análisis estático aproximado.

Para propósitos de diseño, en cualquiera de estos dos últimos casos, un panel (paño) de losa se divide en **franjas de columna** y en **franjas intermedias**

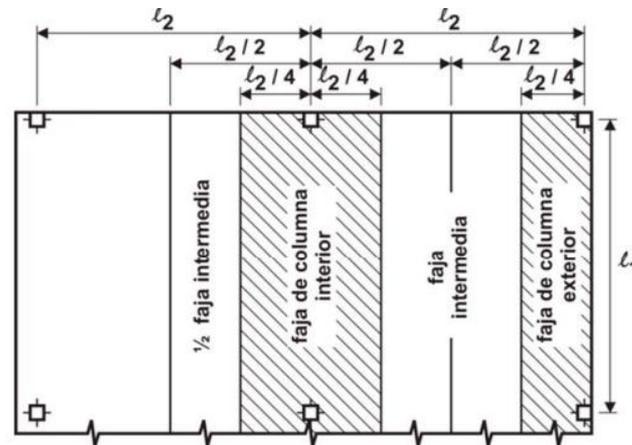
El ancho de la franja de columna, a cada lado del eje entre centros de columna, es $\frac{1}{4} L_1$ o $\frac{1}{4} L_2$, la que sea menor, e incluye las vigas entre los ejes de columnas, si existen.

La franja intermedia es aquella que queda limitada por dos franjas de columna.

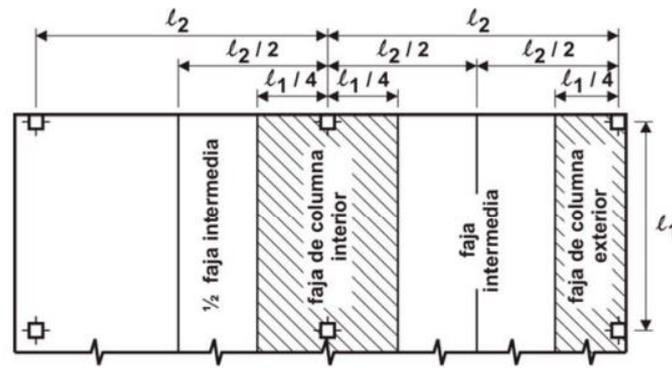
Se define L_1 como la luz en la dirección de análisis y L_2 la luz en la dirección transversal, ambas medidas hasta los ejes entre centros de columnas.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE ANALISIS



(a) faja de columna $l_2 \leq l_1$



(b) faja de columna $l_2 > l_1$

Figura 13.2.1. Definición de las fajas de diseño.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO

Se aplica exclusivamente para el análisis bajo acción de cargas gravitatorias.

Consiste en un conjunto de reglas para la distribución de momentos a las secciones de losa y de vigas, y consta de 3 pasos principales.

- a) Determinación del momento isostático total requerido calculado con cargas mayoradas.
- b) Distribución de dicho momento a las secciones de “apoyo” (momentos negativos) y “tramo” (momentos positivos).
- c) Distribución de los momentos negativos, y positivos, entre las franjas de columnas e intermedias, y en las vigas si existen.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

MÉTODOS DE DISEÑO DIRECTO

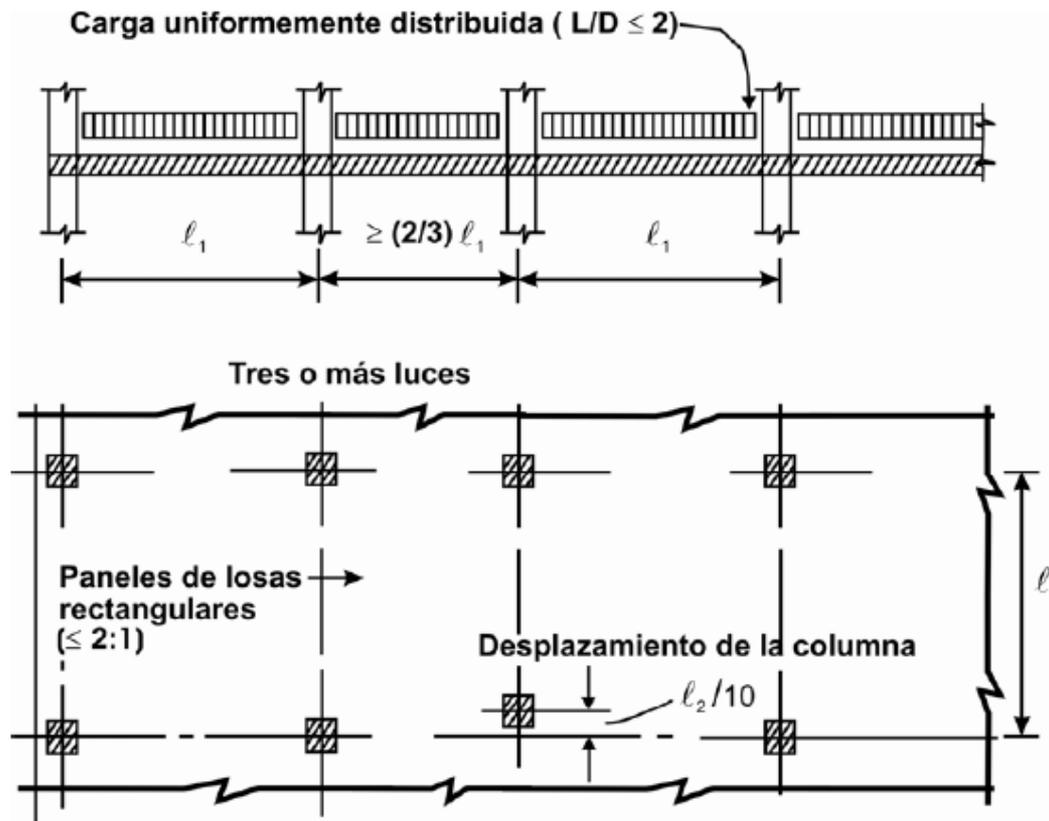


Figura 13.6.1. Limitaciones para la aplicación del Método de Diseño Directo.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO - Limitaciones

- Deben existir como mínimo tres tramos en cada dirección.
- Los paneles de losa deben ser rectangulares con relación de lados mayor/menor ≤ 2 .
- Las longitudes de los tramos sucesivos, en cada dirección, no deben diferir en más de $1/3$ de la luz mayor.
- Las columnas pueden estar desplazadas con respecto a cualquier eje de columnas sucesivas hasta un 10% de la luz del tramo en la dirección del desalineamiento.
- Las cargas deben ser únicamente gravitatorias, uniformemente distribuidas y la sobrecarga no debe ser mayor que 2 veces la carga permanente.

Pueden ignorarse las variaciones producidas por ábacos y capiteles.

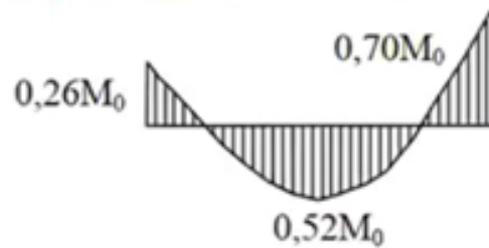
SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO

Momento isostático total requerido para un tramo.

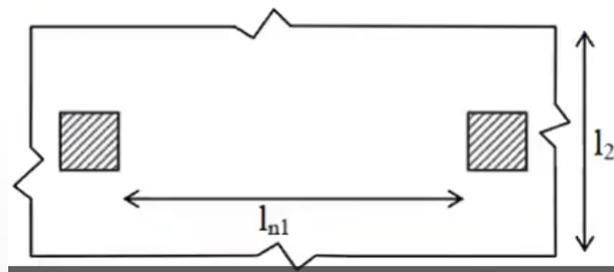
Para la flexión en la dirección L , con carga repartida mayorada q_u [kN/m²], el momento total requerido es:

$$M_0 = \frac{q_u l_2 l_n^2}{8}$$



$$M_0 = M_t + \frac{1}{2}(M_A + M_B)$$

donde l_n es la luz libre, distancia entre caras de columnas, o capiteles, pero no menor que $0.65 l_1$. Este momento corresponde a un ancho l_2 medido entre ejes de paneles adyacentes.



SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO

Condiciones de restricción en los bordes, consideradas en la distribución del momento estático total M_o en las secciones críticas de una luz extrema

(a) Borde exterior no restringido

(b) Losa con vigas entre todos los apoyos

(c) Losas sin vigas (placa plana)

(d) Losa sin vigas entre los apoyos interiores pero con viga de borde

(e) Borde exterior totalmente restringido (p.e. tabique de $H^o A^o$)

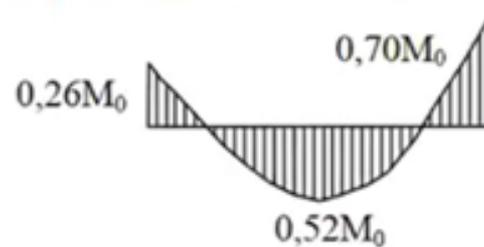
39

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO

Tabla 13.6.3.3. Distribución de los momentos isostáticos mayorados totales M_0

Momento mayorado M_0	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Borde exterior articulado	Losas con vigas entre todos los apoyos	Losas sin viga entre apoyos interiores		Borde exterior empotrado
			Sin viga de borde	Con viga de borde	
Negativo interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Positivo	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Negativo exterior	0	0,16	0,26	0,30	0,65



SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO

Estos coeficientes se basan en análisis elásticos tridimensionales, ajustados con resultados experimentales y de la práctica.

Las vigas de borde, si existen, o el borde de la losa cuando no hay vigas, deben diseñarse para resistir a torsión el momento negativo exterior M_{u_ext} (-).

Cuando en un apoyo interior sean diferentes los momentos negativos de los tramos adyacentes, la losa debe dimensionarse para el momento mayor.

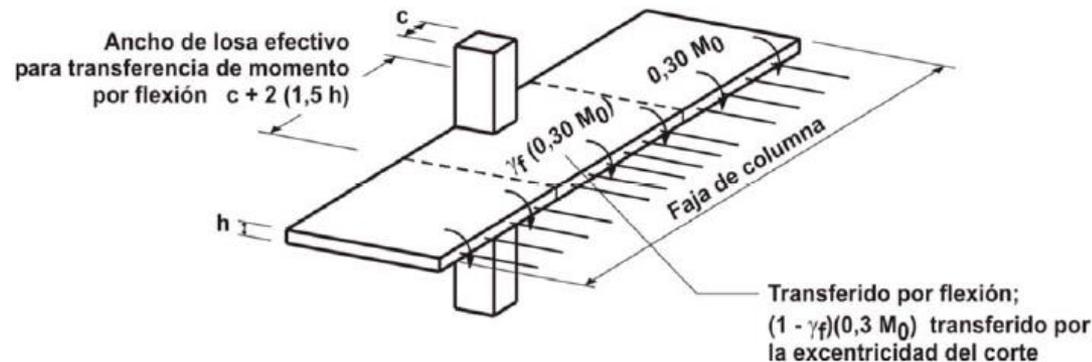
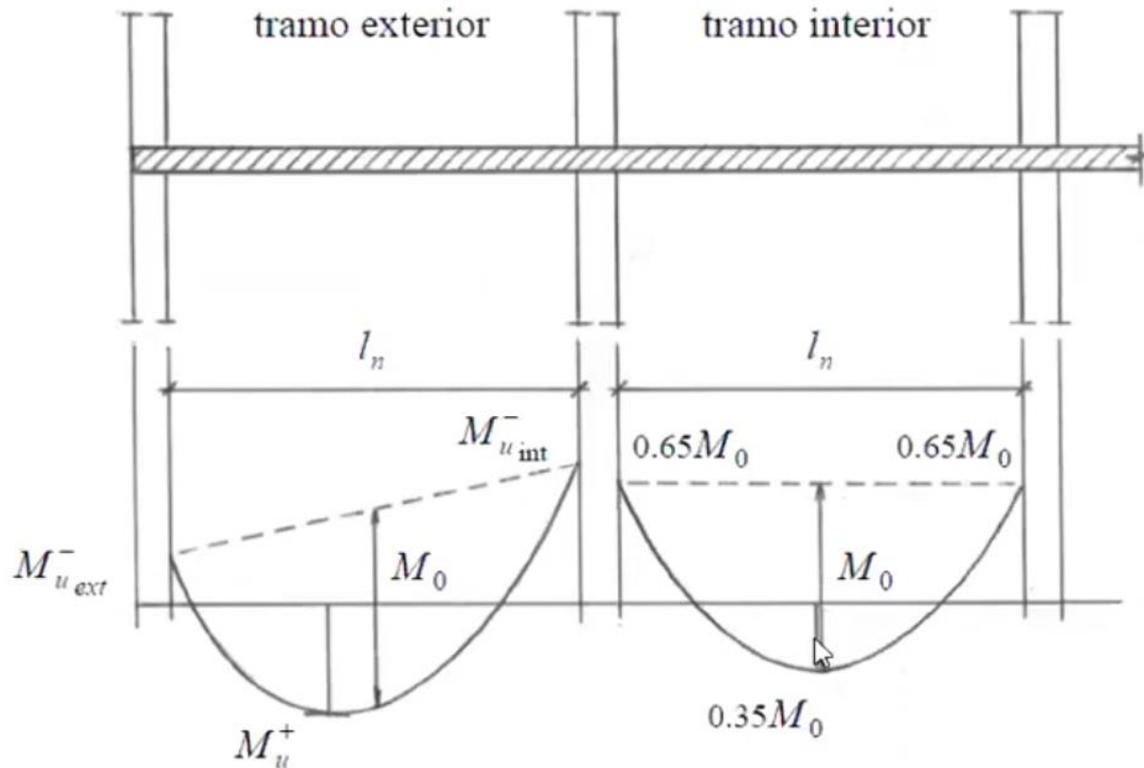


Figura 13.6.3.6. Transferencia del momento negativo en la sección de apoyo exterior de una losa sin vigas.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO

Momentos negativos y positivos



SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO

Momentos negativos (de apoyo) y positivos (de tramo) deben ahora distribuirse en el ancho de las franjas de columna e intermedia para obtener los momentos por unidad de longitud necesarios para el dimensionamiento.

Esta distribución depende de la relación L_2/L_1 , de la rigidez relativa de la viga y de la losa (α_1) en la dirección en que se analizan los momentos, y del grado de restricción rotacional que suministra la viga de borde transversal reflejada mediante el parámetro β_t definido como:

$$\beta_t = \frac{E_{cb} C}{2 E_{cs} I_s}$$

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO

Dada la mayor rigidez de la **franja de columna**, ésta absorbe el mayor porcentual del momento total.

El porcentaje que no es resistido por la franja de columna se asigna, en forma proporcional, a cada una de las semifranjas intermedias que corresponda.

Cada **franja intermedia** se deberá dimensionar para tomar la suma de los momentos asignados a las dos mitades de la franja.

La distribución de momentos entre la franja de columna y las laterales será función de la **relación de lados (I_2/I_1)**, de la existencia o no de vigas entre las columnas (parámetro α_1) y del **grado de restricción rotacional que suministre la viga de borde transversal**, en caso de existir la misma, que se manifiesta mediante el parámetro β_1 .

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

METODOS DE DISEÑO DIRECTO

Porcentajes de momento para franjas de columnas

	l_2 / l_1		
	0.5	1.0	2.0
Momento negativo interior			
$\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$	75	75	75
$\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1.0$	90	75	45
Momento negativo exterior			
$\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$ $\beta_t = 0$	100	100	100
$\beta_t \geq 2.5$	75	75	75
$\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1.0$ $\beta_t = 0$	100	100	100
$\beta_t \geq 2.5$	90	75	45
Momento positivo			
$\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$	60	60	60
$\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1.0$	90	75	45

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Tipos de falla

a) Corte por acción de viga o comportamiento en una dirección: la falla se produce por tracción diagonal en un plano a través del ancho total l_2 , es decir la losa actúa como una viga ancha. La sección crítica se toma a una distancia d de la cara de la columna, ver fig.11.24. Si existe capitel o ábaco, además, habrá que estudiar sucesivas secciones a distancia d de dichos cambios de espesores.

b) Corte por punzamiento o comportamiento en dos direcciones: la falla se produce con una fisura diagonal formando una superficie de cono o pirámide truncada alrededor de la columna, del capitel o del ábaco como se muestra en la fig.11.25. El ángulo de inclinación θ depende del tipo y cantidad de armadura en la losa, y aproximadamente varía entre 20° y 45° .

La sección crítica se toma en dirección perpendicular al plano de la losa y con un perímetro mínimo b_0 alrededor de la columna, ábaco o capitel, a distancia $d/2$ de la periferia del elemento (columna, capitel o ábaco), como se indica en la fig.11.25.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Tipos de falla

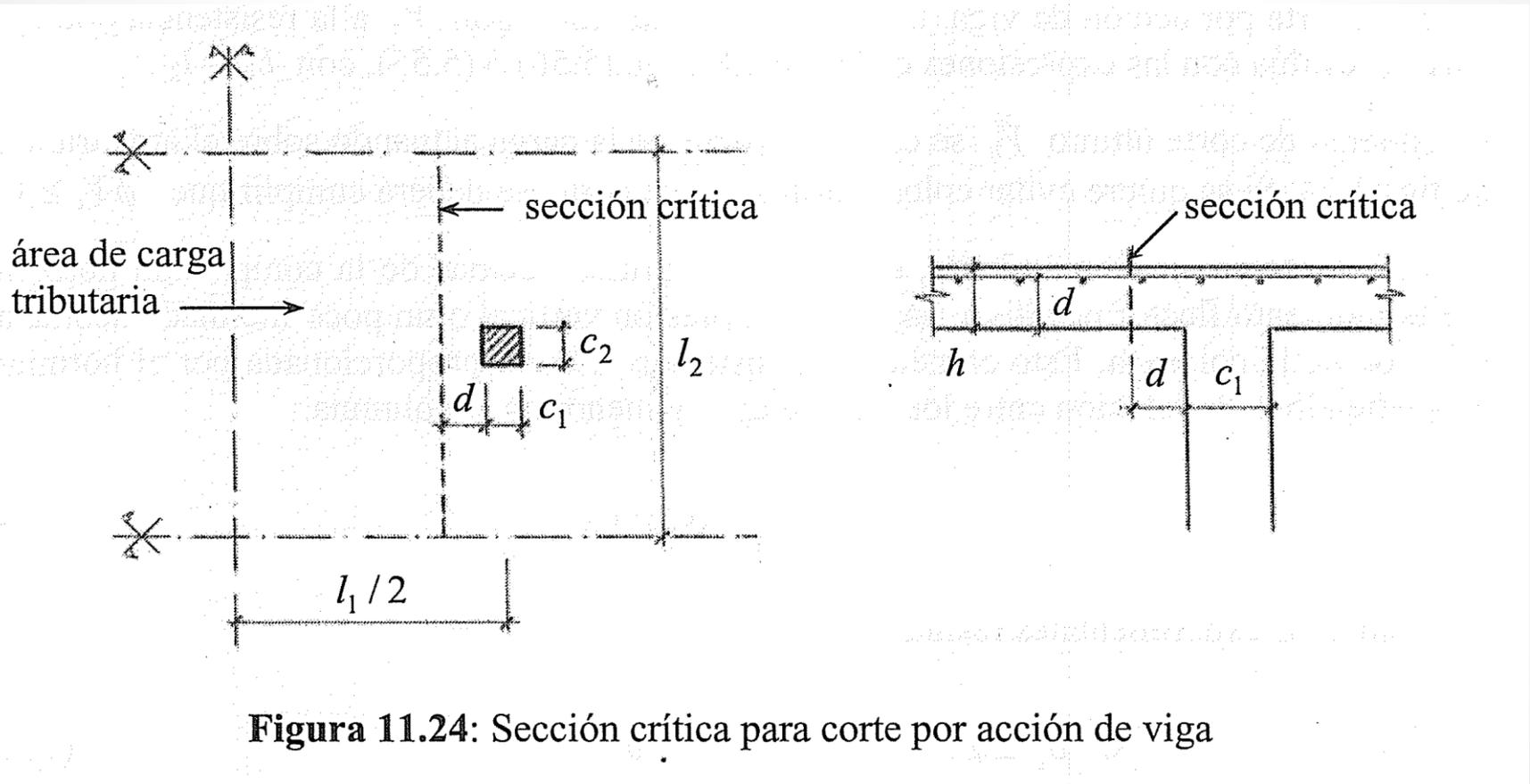


Figura 11.24: Sección crítica para corte por acción de viga

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Tipos de falla

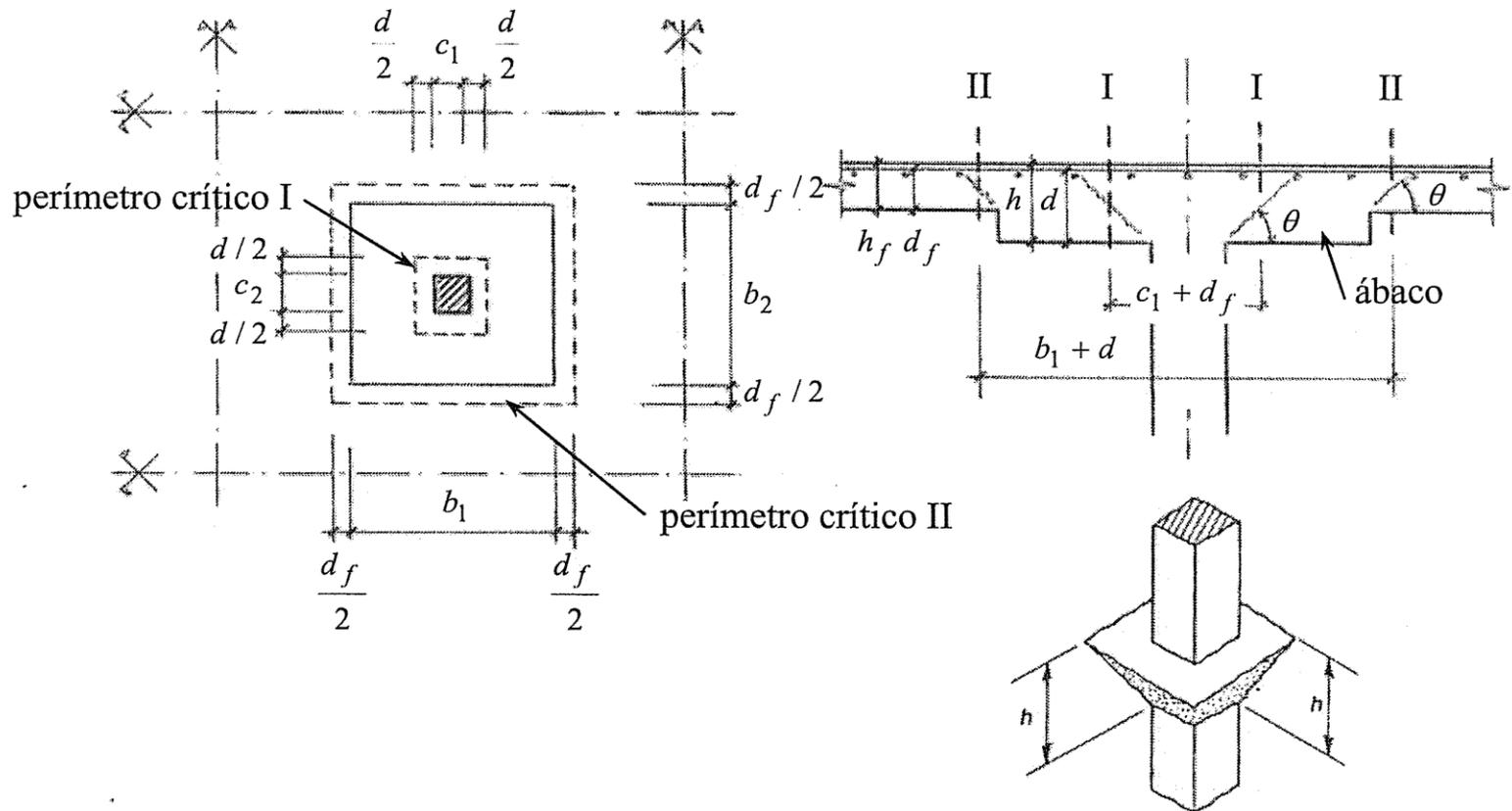


Figura 11.25: Sección crítica para corte por punzamiento

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Contribución del hormigón

El esfuerzo de corte último V_u se calcula a partir de la carga actuando sobre el área tributaria de fig.11.24. Si se quiere evitar colocar armadura de corte, se deberá cumplir que $\phi V_c \geq V_u$.

▪ Para corte por punzonamiento, en la sección crítica además de la compresión horizontal por el momento flector negativo, hay una compresión vertical o un poco inclinada debida a la reacción de la columna. Esto aumenta la resistencia al corte proporcionada por el hormigón, dependiendo de la relación entre los lados mayor y menor de la columna.

$$\beta_c = \frac{c_1}{c_2} \quad (c_1 > c_2) \quad (11.20)$$

De resultados experimentales resulta:

$$\text{Si } \beta_c \leq 2: \quad V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{3} b_0 d \quad (11.21)$$

$$\text{Si } \beta_c > 2: \quad V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_0 d \quad (11.22)$$

Otros ensayos demuestran que la resistencia V_c disminuye a medida que aumenta la relación entre el perímetro crítico y el espesor efectivo de la losa: b_0 / d , luego V_c no debe tomarse mayor que:

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Contribución del hormigón

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c}}{12} b_0 d \quad (11.23)$$

donde el coeficiente $\alpha_s = 40$ para columnas interiores, $\alpha_s = 30$ para columnas de borde y $\alpha_s = 20$ para las de esquina.

El esfuerzo de corte último V_u se calcula como la carga mayorada total que actúa sobre un área limitada por las líneas centrales de los paneles de losa alrededor de la columna, menos la carga aplicada dentro del área definida por el perímetro crítico.

Igual al caso anterior, para no colocar refuerzo de corte se debe cumplir que $\phi V_c \geq V_u$.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Refuerzos para corte

a) Conectores de corte

Casos (a) y (c) son perfiles standard I , C de acero estructural embebidos en la losa y ayudan a aumentar el perímetro efectivo b_0 de la sección crítica a corte como se muestra en la fig.11.27.

En la sección crítica original alrededor de la columna (sin conectores de corte), la resistencia nominal a corte se puede incrementar hasta:

$$V_n = 0.6 \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (11.24)$$

En la nueva sección crítica, mostrada en la fig.11.27, la resistencia nominal a corte no debe tomarse mayor que:

$$V_n = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (11.25)$$

donde en ambas expresiones b_0 es el perímetro de la sección crítica correspondiente.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Refuerzos para corte

Los ensayos demuestran que la parte del corte que toma el conector de corte es proporcional a α_v :

$$\alpha_v = \frac{E_s I_s}{E_c I_c} \quad (11.26)$$

donde E_s , I_s son los módulos de elasticidad y momento de inercia de una rama de conector, E_c es el módulo de elasticidad del hormigón e I_c es la inercia de la sección fisurada homogeneizada, incluyendo el conector de corte, de la sección de losa de ancho $c_2 + d$, con c_2 ancho de apoyo perpendicular al conector.

Los diagramas de corte y momento en el conector se muestran en la fig.11.28, de donde resulta que el momento plástico resistente del conector debe ser:

$$M_p = \frac{V_u}{2\phi\eta} \left[h_v + \alpha_v \left(l_v - \frac{c_1}{2} \right) \right] \quad (11.27)$$

donde $\phi = 0.9$ es el factor de reducción de resistencia, η el número de brazos del conector. α_v debe ser mayor que 0.15, ya que conectores más flexibles son ineficaces.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Refuerzos para corte

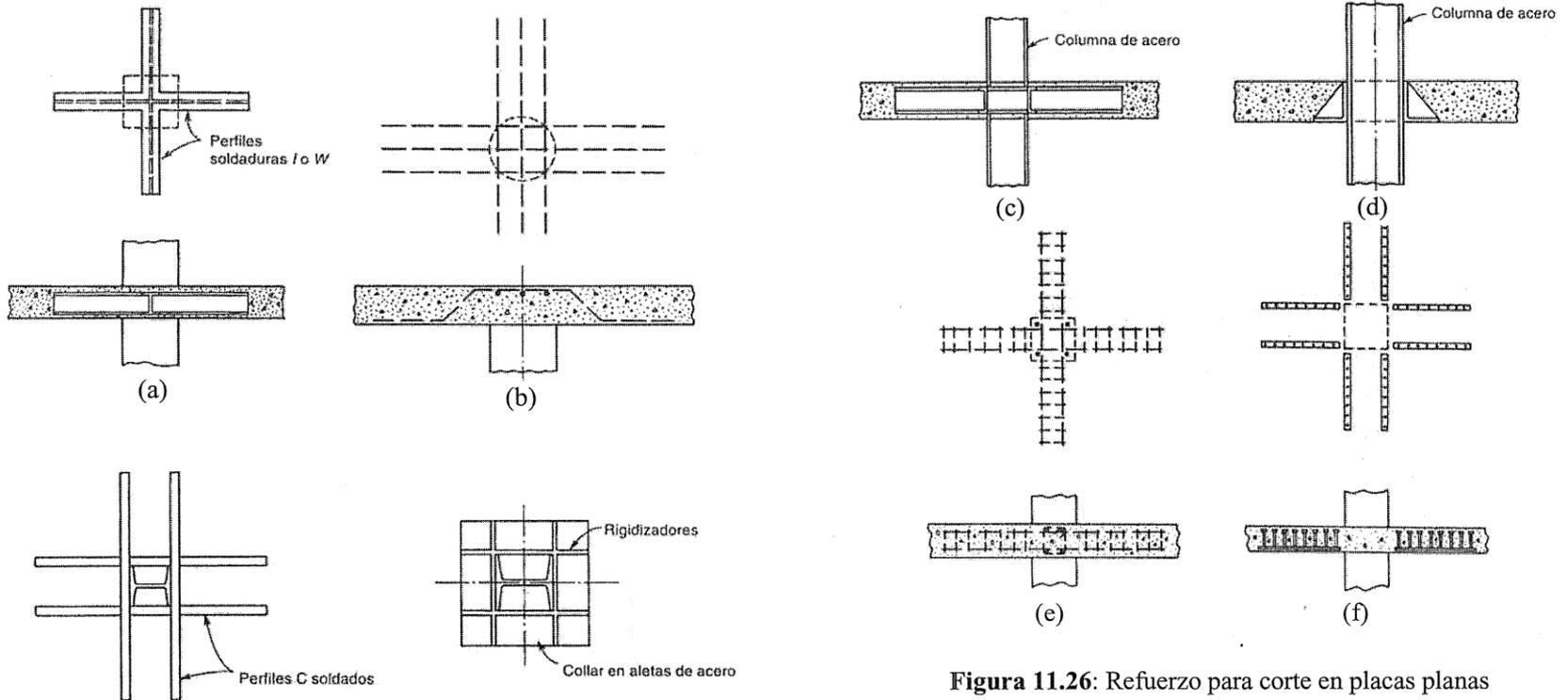


Figura 11.26: Refuerzo para corte en placas planas

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Refuerzos para corte

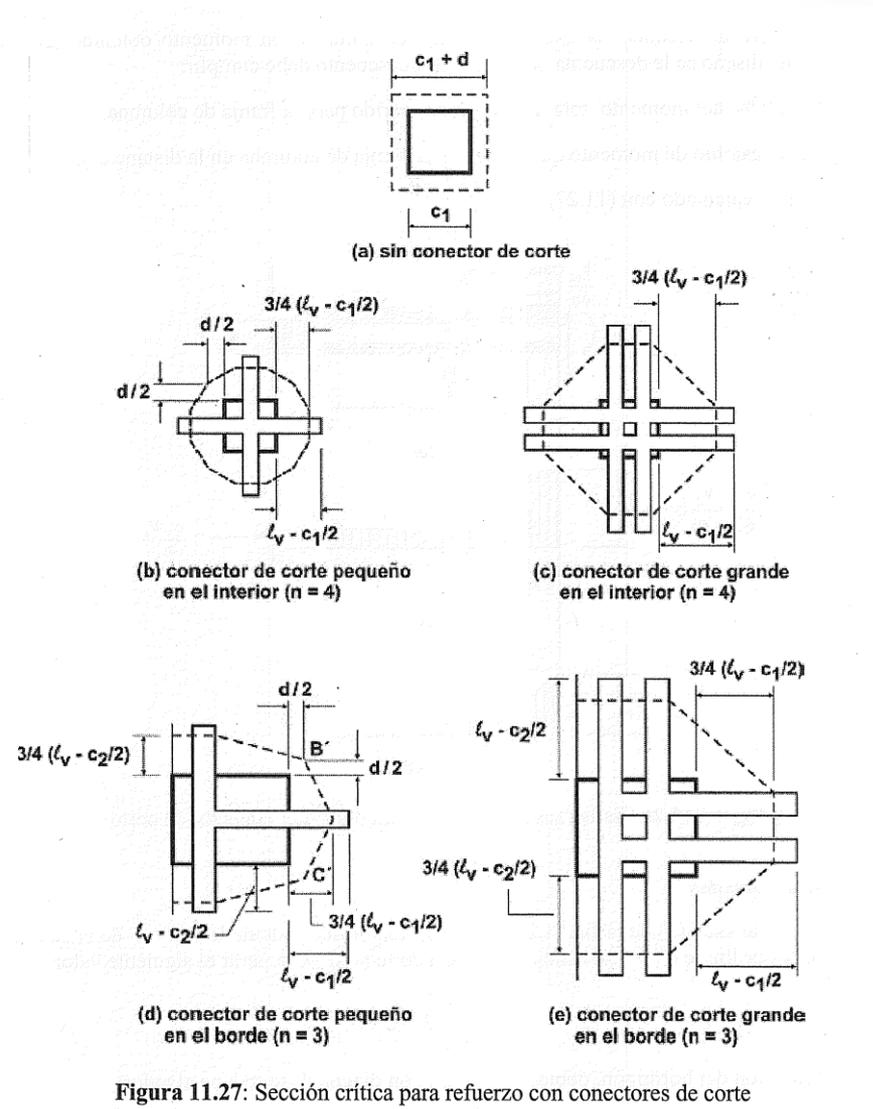


Figura 11.27: Sección crítica para refuerzo con conectores de corte

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Refuerzos para corte

b) Barras dobladas

Corresponde al caso (b) de la fig.11.26. En la sección crítica, calculada a $d/2$ de la cara del apoyo, el valor límite de la resistencia nominal a corte no debe superar el siguiente valor:

$$V_n = \frac{1}{2} \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (11.29)$$

La colaboración del hormigón, debido a la fisuración diagonal, se reduce al valor:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (11.30)$$

Recordando la ec.(5.60), la diferencia entre el esfuerzo de corte mayorado total V_u / ϕ y la contribución del hormigón V_c se debe absorber con la armadura doblada V_s .

$$\frac{V_u}{\phi} \leq V_n = V_c + V_s \quad \rightarrow \quad V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (5.60)$$

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Refuerzos para corte

El área total de barras dobladas A_v que atraviesan la sección crítica con ángulo α se obtiene igualando la componente vertical de la fuerza en la armadura con V_s , como se describió en ec. (5.72). Luego resulta:

$$A_v = \frac{V_s}{f_y \sen \alpha} \quad (11.31)$$

y se debe cumplir el límite dado en (5.72)

$$V_s \leq \frac{1}{4} \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (5.72)$$

Deberán analizarse secciones sucesivas a distancias crecientes del apoyo, con nuevo perímetro b_0 , y disponer armadura cuando $V_u / \phi > V_c$.

En estos cálculos el factor de reducción de resistencia es $\phi = 0.75$ de acuerdo a tabla 3.1.

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Refuerzos para corte

c) Vigas integrales con estribos verticales

Son las mostradas en el caso (e) de la fig.11.26.

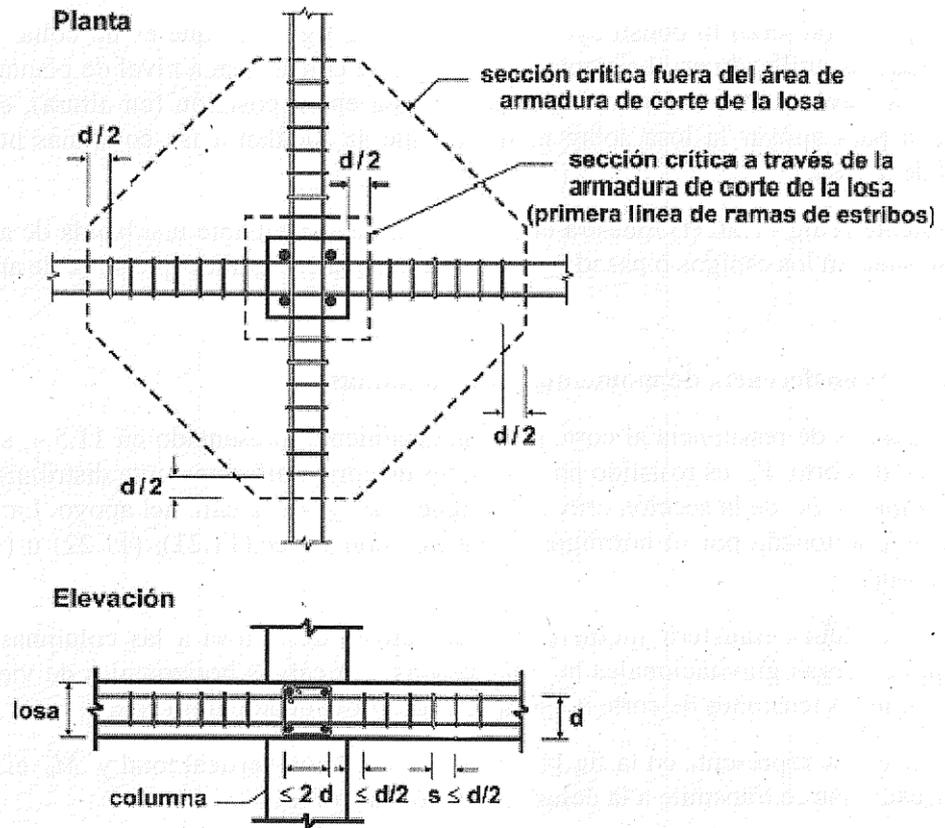


Figura 11.29: Refuerzo para corte por vigas integrales con estribos

SISTEMAS DE ENTREPISOS SIN VIGAS

DISEÑO A CORTE EN PLACAS - PUNZONADO

Refuerzos para corte

c) Vigas integrales con estribos verticales

Son las mostradas en el caso (e) de la fig.11.26.

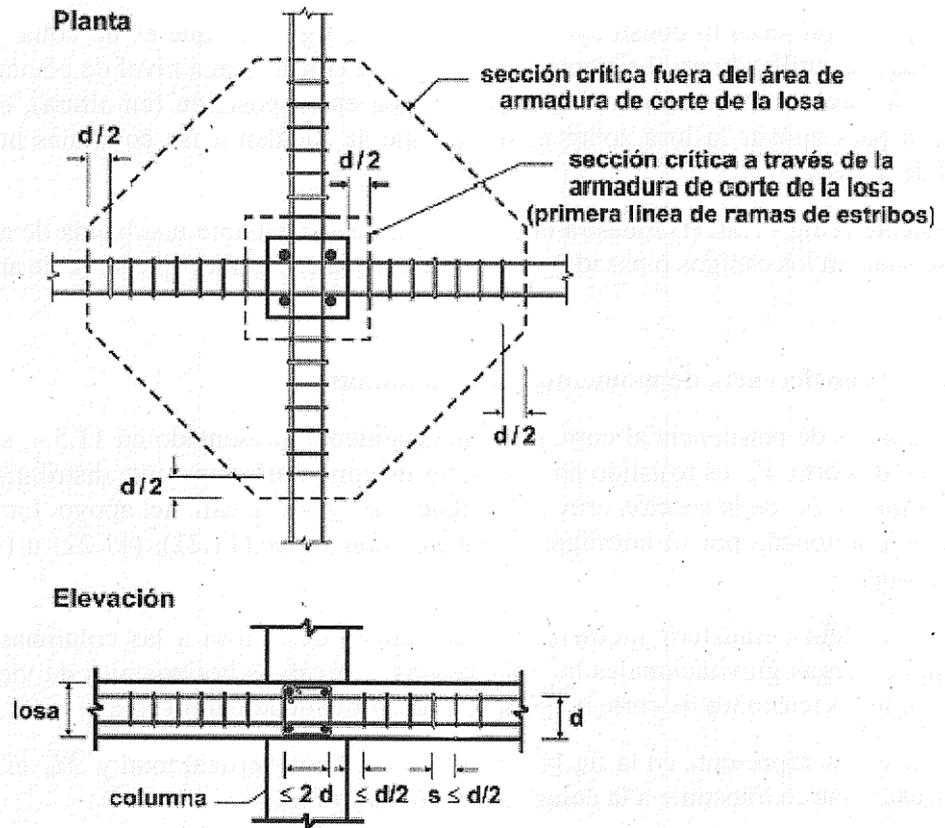
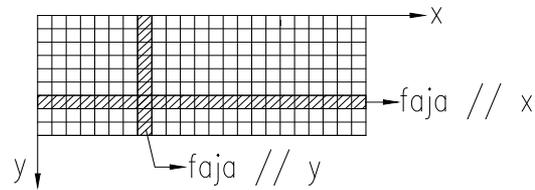
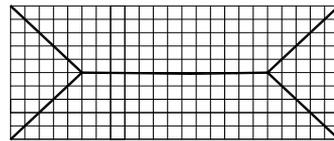


Figura 11.29: Refuerzo para corte por vigas integrales con estribos

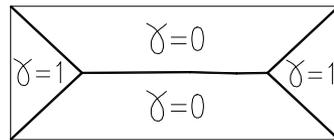
HUECOS EN LOSAS



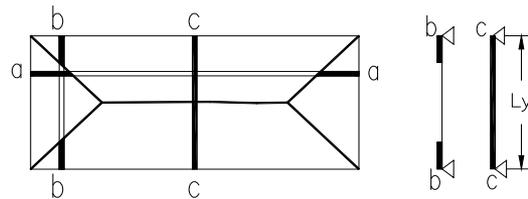
(a) división en fajas



(b) división en regiones



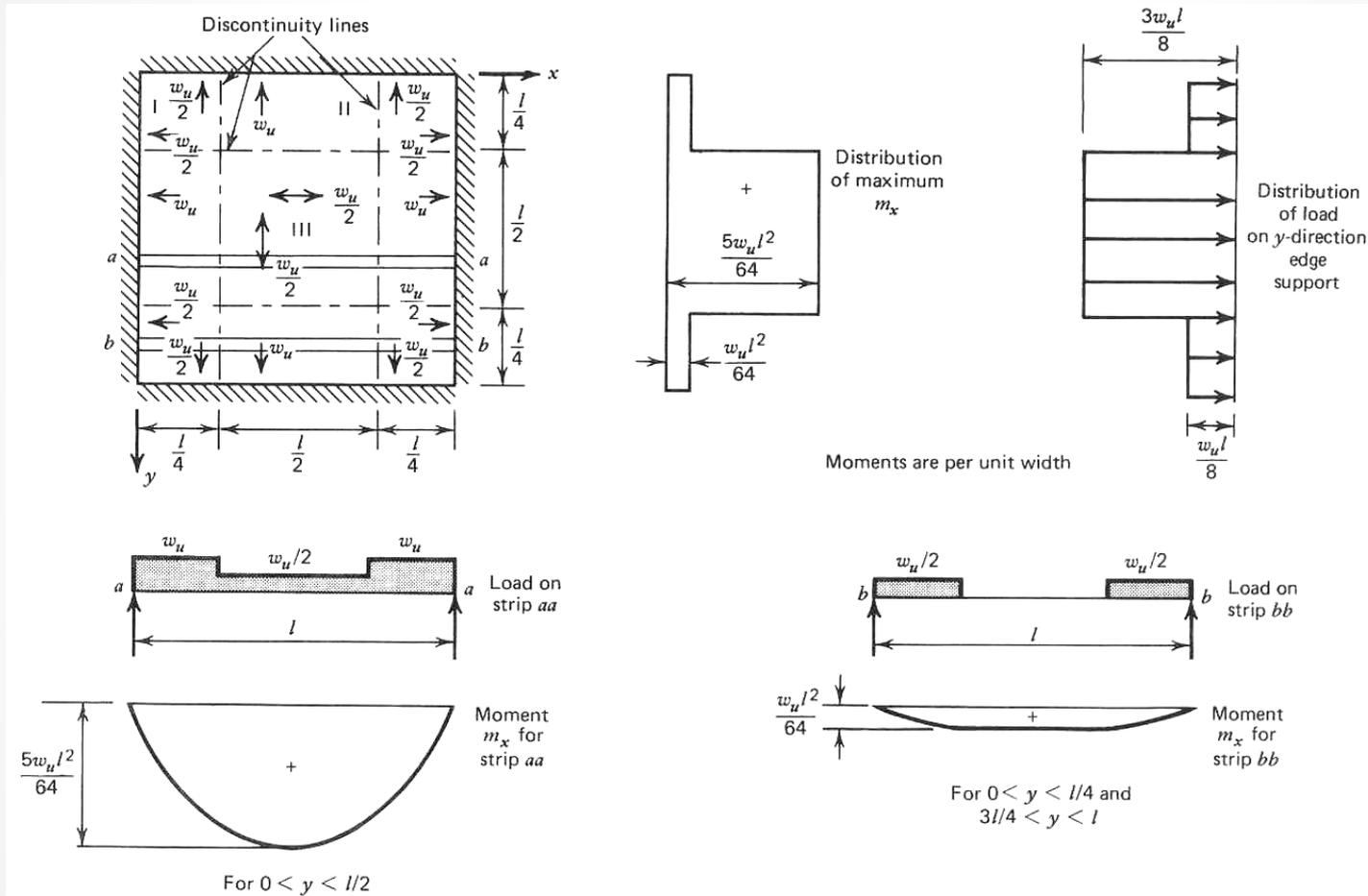
(c) asignar γ



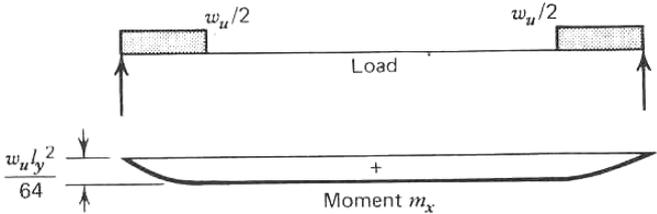
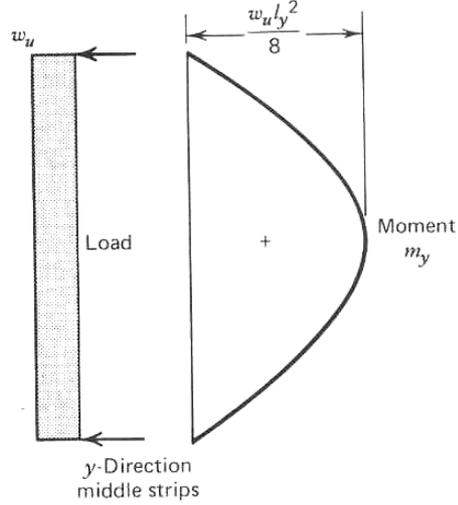
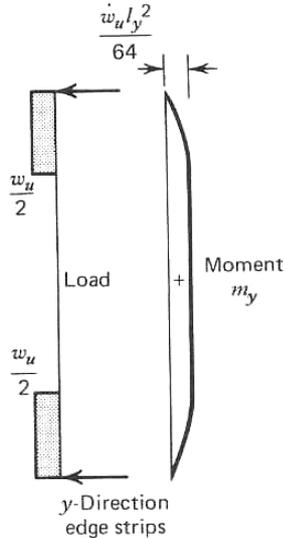
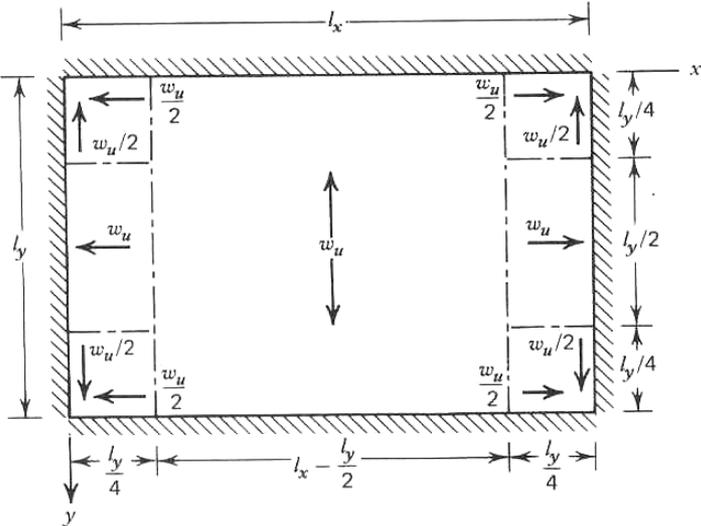
(d) cargar faja y analizarlas



HUECOS EN LOSAS

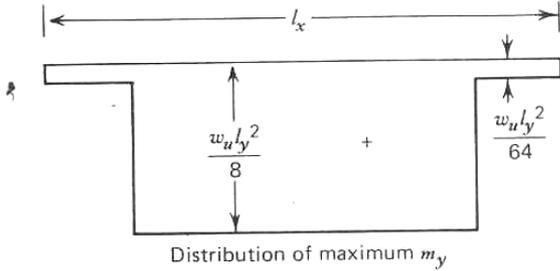


HUECOS EN LOSAS



All moments are per unit width

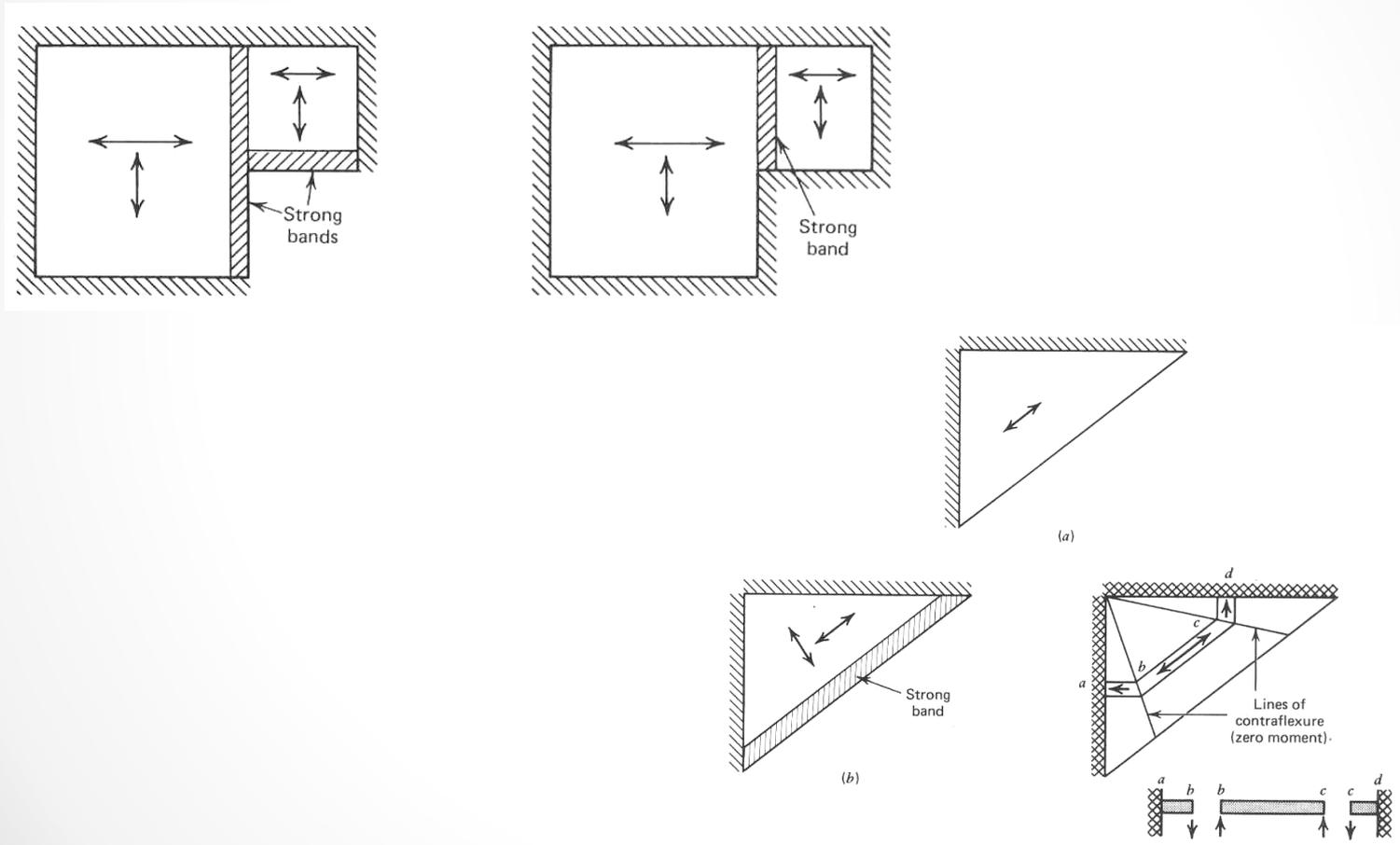
x-Direction edge strips



Distribution of maximum m_y

HUECOS EN LOSAS

BANDAS DE RESISTENCIA



HUECOS EN LOSAS

BANDAS DE RESISTENCIA

