

# CAPÍTULO VI

## ZAPATAS COMBINADAS

### 6.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan las zapatas combinadas donde se hará énfasis en su clasificación así como la secuela de cálculo para su análisis y diseño.

Una zapata combinada se caracteriza por soportar más de un elemento sobre una misma base, además de tener un espesor mucho mayor que el de una zapata aislada o corrida. Como una alternativa, se pueden ligar los elementos a soportar por medio de una contratrabe, con lo que esto se reduce el espesor de la zapata. Esta opción podría utilizar un menor volumen de concreto.

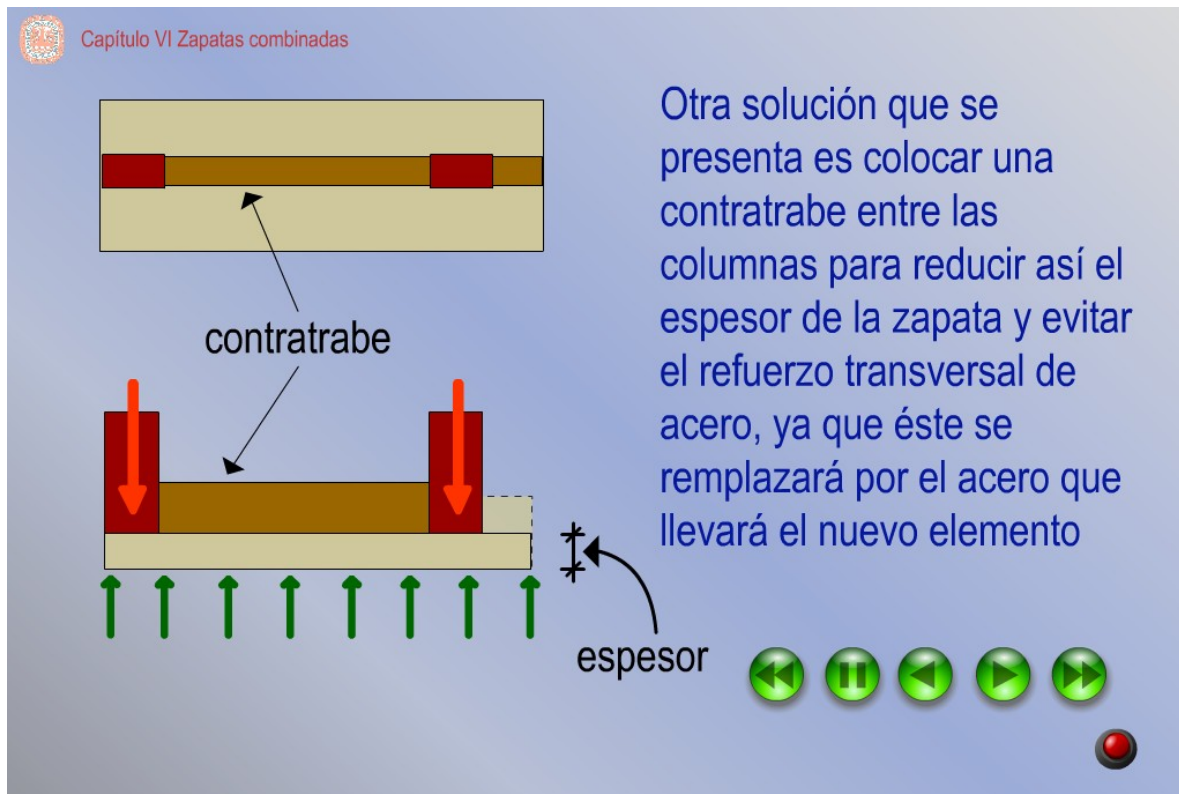
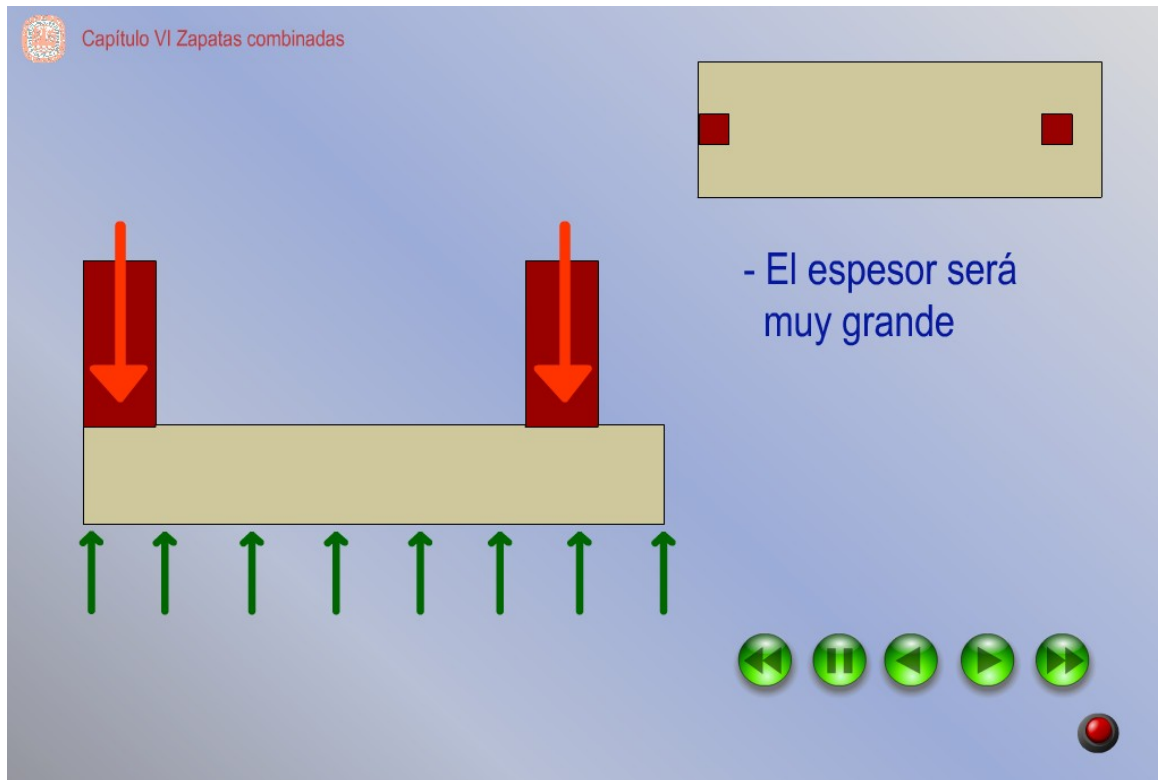


Figura 6.1 Zapata combinada con contratrabe

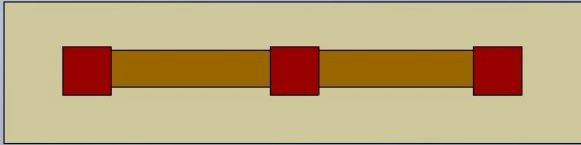
Existen dos tipos de zapatas combinadas: la de lindero y la intermedia, las cuales se diferencian sólo por la posición de los elementos que van a soportar.



**Figura 6.2 Zapata combinada de lindero vista en corte**



## Zapata combinadas intermedias



**Nota:** Se puede utilizar una contratabe que una las columnas con fines de reducir el espesor a utilizar en la zapata.

Cuando se presente una capacidad de carga muy baja y distancia entre ejes de columnas pequeños, resultan zapatas aisladas muy grandes y juntas; por tanto, es preferible optar por una zapata combinada



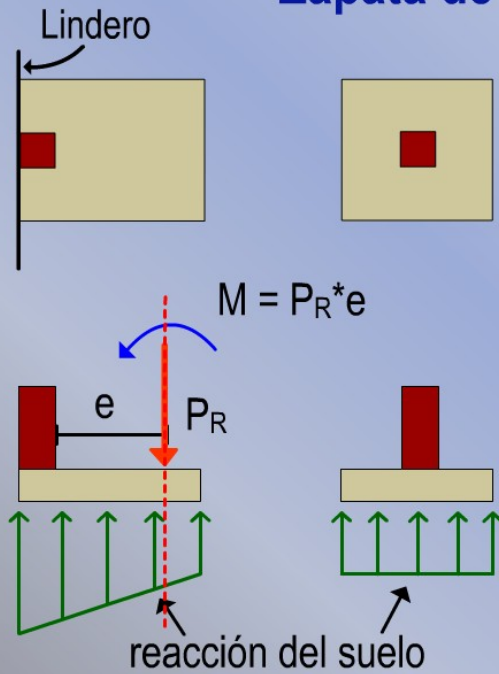
**Figura 6.3 Zapata combinada intermedia vista en planta**

### 6.2 ZAPATA COMBINADA DE LINDERO

Se utilizará una zapata combinada de lindero cuando la capacidad de carga del terreno es muy baja y la carga del lindero muy alta.



## Zapata de lindero



Sí la capacidad de carga es baja y la carga de lindero muy alta, entonces se necesitará una zapata combinada de lindero.

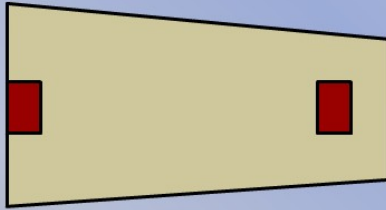


**Figura 6.4 Zapata aislada de lindero y zapata aislada**

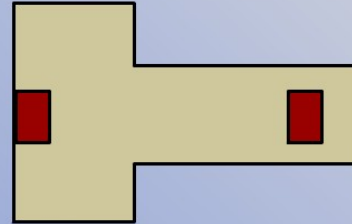
Las diversas formas en las que se puede diseñar una zapata de lindero, además de la rectangular, son las siguientes:



Usualmente se emplean las siguientes formas para el diseño de una zapata combinada de lindero



Forma trapezoidal



Forma de "T"



**Figura 6.5 Diversas formas de una zapata combinada de lindero**

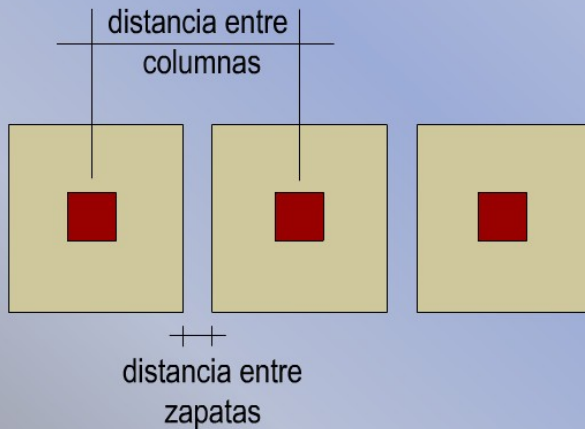
Como se mencionó en la introducción, para poder reducir el gran espesor de este tipo de zapatas, se pueden ligar los elementos por medio de una contratrabe para reducir los volúmenes de concreto en la placa de la zapata de cimentación. Al hacer estas modificaciones, no se afecta en nada la distribución de las cargas sobre la zapata.

### **6.3 ZAPATA COMBINADA INTERMEDIA**

Cuando se presenta una capacidad de carga del terreno muy baja y la distancia entre los ejes de las columnas es pequeña, resultan zapatas aisladas muy grandes y muy juntas, por lo que es preferible utilizar una zapata combinada intermedia.



## Zapata combinadas intermedias



Cuando se presente una capacidad de carga muy baja y distancia entre ejes de columnas pequeños, resultan zapatas aisladas muy grandes y juntas; por lo que, es preferible optar por una zapata combinada



**Figura 6.6 Zapatas aisladas en donde se indican las distancias entre columnas y zapatas**

No hay que olvidar que también se puede emplear una zapata con mucho menor espesor ligando las columnas con una contratrabe como se explicó en la sección anterior (sección 6.2).

### 6.4 SECUELA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE UNA ZAPATA COMBINADA

El diseño y análisis de estas zapatas es similar al de una zapata aislada con excentricidad en ambos ejes; sin embargo, tiene una particularidad muy especial, la cual simplifica mucho la determinación del área de acero ( $A_s$ ) como se verá en las siguientes secciones.

### 6.4.1 DETERMINACIÓN DE LOS VALORES CONSTANTES

Antes de iniciar el diseño y análisis de una zapata combinada, es necesario conocer algunos datos como son:

- Dimensiones de la sección transversal de las columnas ( $c_1$  y  $c_2$ , siendo  $c_1$  la dimensión mayor)
- Cargas y momentos actuantes sobre las columnas ( $P_1$ ,  $M_1$ , etc.)
- Distancia entre las columnas ( $D$ )
- Capacidad de carga del suelo ( $f_t$ )
- $\gamma_s$ ,  $\gamma_c$ ,  $D_f$ ,  $f'_c$ ,  $f_y$ .

### 6.4.2 DIMENSIONES DE LA ZAPATA

Habrá que analizar la zapata bajo los efectos de C.M. + C.V. y C.M. + C.V. + C.A., para saber qué caso será el que rija el diseño. Recordando que factor de carga el  $F_c$  para estas combinaciones es:

$$F_c_{CM+CV} = 1.4$$

$$F_c_{CM+CV+CA} = 1.1$$

a) Factorización de la carga

$$P_u = F_c P$$

b) Factorización del momento

$$M_u = F_c M$$

c) Estimación de un espesor ( $h$ )

d) Reacción del terreno ( $r_n$ )

$$r_n = f_t - F_c [\gamma_s (D_f - h) + \gamma_c h]$$

e) Determinación de la fuerza resultante ( $P_R$ )

$$P_R = \sum P$$

f) Obtención de la longitud entre el eje de la columna  $C_1$  y  $P_R$  ( $x$ )

Se determina la posición de la resultante de las diversas cargas aplicando criterios de estática.

$$x = \frac{\sum M_{c_1}}{P_R}$$

g) Obtención de la longitud total de la zapata ( $L$ )

Debido a que la carga resultante debe estar en la mitad de la zapata, es necesario ajustar la longitud de ésta de tal manera que el centroide de cargas coincida con el centro geométrico, para esto, sólo basta sumar la distancia recién calculada más la distancia que queda entre el centro de columna  $C_1$  y el borde de la zapata, una vez sumadas estas distancias se multiplica por dos para así obtener la longitud ajustada que debe tener la zapata a diseñar.

$$L = 2[(c_1 / 2) + x]$$

h) Ancho de la zapata ( $B$ )

$$B = \frac{P_R}{L * r_n}$$

Ya que se hizo el cálculo para ambos casos, regirá el que arroje las mayores dimensiones y estos valores serán redondeados.

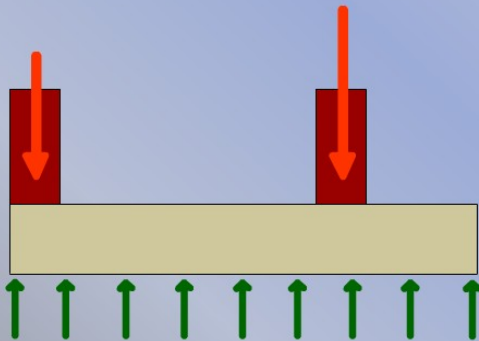
### 6.4.3 REACCIONES Y MOMENTOS

Continuando con el procedimiento, se considerará la zapata como una viga ancha.





## Determinación de la carga uniformemente repartida



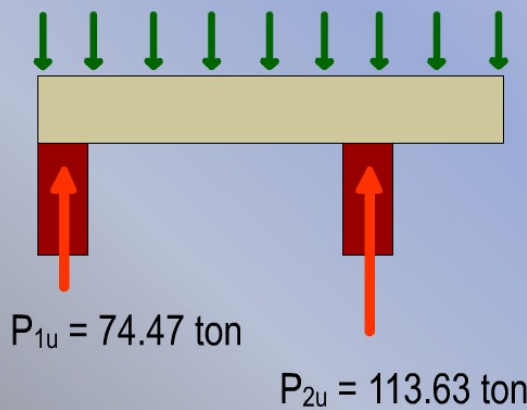
Se rotará 180° la zapata con el fin de saber en dónde irá el acero de refuerzo. Se calculará igual que una viga donde hay que encontrar el valor de las reacciones conociendo "w"



Figura 6.7 Zapata combinada antes de ser considerada como viga



## Determinación de la carga uniformemente repartida



Se rotará 180° la zapata con el fin de saber en dónde irá el acero de refuerzo. Se calculará igual que una viga donde hay que encontrar el valor de las reacciones conociendo "w"



Figura 6.8 Zapata analizada como viga

a) Obtención de la carga uniformemente repartida (w)

$$w = \frac{P_R}{L}$$

b) Obtención de reacciones  $R_1$  y  $R_2$

Se obtendrá por sumatoria de momentos con respecto a un punto que se escoja.

$$\sum M = 0$$

c) Obtención del diagrama de cortante y momento

Ya calculadas las reacciones actuantes en la viga ( $R_1, \dots, R_n$ ), así como la carga uniformemente repartida (w), se dibuja el diagrama de cortante y momentos.

#### 6.4.4 REVISIÓN POR CORTANTE (TENSIÓN DIAGONAL)

a) Sección crítica (x)

$$x = c_1 + d$$

b) Cortante último ( $V_u$ )

Será correspondiente al valor que se observe del diagrama conforme a la sección crítica

c) Cortante crítico ( $V_{CR}$ )

$$V_{CR} = F_R b d (0.2 + 20p) \sqrt{f_c^*}$$

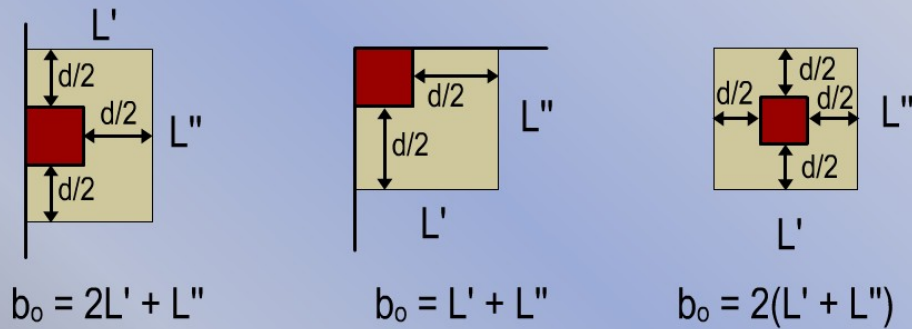
#### 6.4.5 REVISIÓN POR PUNZONAMIENTO

Se tendrá que hacer la revisión para cada columna que se encuentre dentro de la zapata, cuidando si es una columna de lindero o intermedia.



## Revisión por punzonamiento

Se pueden presentar tres casos en el posicionamiento de la columna



**Figura 6.9** Columna de lindero, borde e intermedia

a) Esfuerzo cortante resistente por punzonamiento ( $V_{CR}$ )

$$V_{CR} = \begin{cases} F_R (0.5 + \gamma) \sqrt{f_c^*} \\ F_R \sqrt{f_c^*} \end{cases} \quad \text{El que sea menor regirá}$$

$$\gamma = \frac{c_2}{c_1}$$

$$F_R = \begin{cases} 0.8 & \text{para (CM + CV)} \\ 0.7 & \text{para (CM + CV + CA)} \end{cases}$$

b) Perímetro crítico ( $b_o$ )

Para columna intermedia

$$b_o = 2[(c_1 + d) + (c_2 + d)]$$

Para columna de lindero

$$b_o = 2[(c_1 + d/2) + (c_2 + d)]$$

Para columna de borde

$$b_o = (c_1 + d/2) + (c_2 + d/2)$$

c) Área crítica ( $A_c$ )

$$A_c = b_o * d$$

d) Fracción del momento que debe transmitirse por esfuerzos cortantes y de torsión

*Fracción del momento:*  $\alpha M_u$

Sí  $0.2 V_u d > M_u$ :  $\alpha = 0$

Para columna intermedia

$$\text{Sí } 0.2 V_u d < M_u : \alpha = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{(c_1 + d)}{(c_2 + d)}}}$$

Para columna de lindero

$$\text{Sí } 0.2 V_u d < M_u : \alpha = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{(c_1 + d/2)}{(c_2 + d)}}}$$

e) Obtención de la fuerza cortante última por punzonamiento

Para columna intermedia

$$V_u = P_u - r_a (c_1 + d)(c_2 + d)$$

Para columna de lindero

$$V_u = P_u - r_a (c_1 + d/2)(c_2 + d)$$

f) Esfuerzo cortante máximo ( $v_u$ )

Para columna intermedia

$$v_u = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\alpha M_u c_{AB}}{J_c}$$

$$c_{AB} = \frac{c_1 + d}{2}$$

$$J_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{(c_1 + d)d^3}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_1 + d)^2}{2}$$

Para columna de lindero

$$v_u = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\alpha(M_u - V_u g)c_{AB}}{J_c}$$

$$c_{AB} = \frac{(c_1 + d/2)^2 d}{A_{cr}}$$

$$g = (c_1 + d)/2 - c_{AB}$$

$$J_c = \frac{d(c_1 + d/2)^3}{6} + \frac{(c_1 + d/2)d^3}{6} + (c_2 + d)dc_{AB}^2 + 2(c_1 + d/2)d\left(\frac{c_1 + d/2}{2} - c_{AB}\right)^2$$

$$\text{Sí } V_{CR} \left\{ \begin{array}{l} \geq V_u - \text{se acepta el espesor propuesto} \\ < V_u - \text{debe aumentarse el espesor} \end{array} \right.$$

**g)** Dibujar el armado de acero con todos los detalles posibles



## Diagrama de cortante y momento

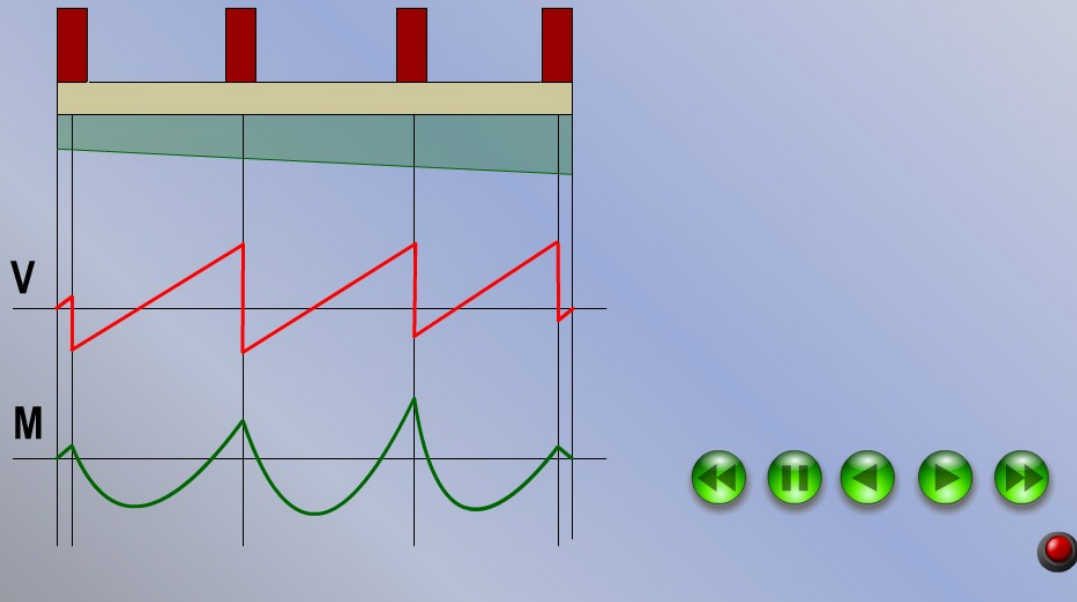


Figura 6.10 Diagramas de fuerzas cortante y momentos flectores

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.