

# **CIMENTACIONES EN LA NORMA “REQUISITOS ESENCIALES PARA EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO – IPS-1”**

## **JORGE IGNACIO SEGURA FRANCO**

Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Colombia

Profesor Emérito de la Universidad Nacional de Colombia

Profesor Titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería

Fellow del American Concrete Institute

Gerente de JORGE SEGURA FRANCO & CIA. S. en C. – Ingenieros

Civiles

### **ANTECEDENTES:**

El documento “REQUISITOS ESENCIALES PARA EDIFICACIONES DE CONCRETO REFORZADO” es una publicación del American Concrete Institute ACI, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. Su publicación se basó en la necesidad expresada a nivel mundial de la existencia de normas más fáciles y sencillas para el diseño de estructuras de concreto reforzado para edificios de área y/o altura reducida. Como un propósito adicional se espera que este documento sirva de apoyo en la formación de los ingenieros estructurales.

La publicación fue preparada por un comité ICONTEC-AIS dirigido por el Ingeniero Luis Enrique García Reyes, a quien se debe en gran parte el éxito de la misma.

Por el alcance determinado para este encuentro de Ingeniería de Suelos y Estructuras nos limitamos a presentar el contenido del Capítulo 14 – Cimentaciones – desde el punto de vista de su diseño estructural.

Todas las figuras, tablas y ecuaciones fueron tomadas directamente de la publicación IPS-1.

## **CIMENTACIONES (Cap. 14 IPS-1)**

### **14.0 NOMENCLATURA**

#### **14.1 EXPLORACIÓN DE LOS SUELOS**

##### 14.1.1 – Sondeos

##### 14.1.1.1 – Barreno manual

##### 14.1.2.2 – Taladro de percusión

##### 14.1.2 – Ensayos in Situ

##### 14.1.2.1 – Ensayos de penetración

##### 14.1.2.2 – Ensayos de Carga

##### 14.1.3 – Estudio de suelos

#### **14.2 – ESFUERZOS ADMISIBLES NO MAYORADOS EN EL SUELO**

14.2.1 – Definiciones (arcillas, arenas, capacidad portante del suelo, gravas, cantos rodados, limos, suelo, suelos granulares – fracciones finas y fracciones gruesas).

##### 14.2.2 – Capacidad portante para suelos granulares

##### 14.2.2.1 – Ensayo de penetración estándar (SPT)

##### 14.2.2.2 – Ensayo de penetración con cono (CPT)

##### 14.2.3 – Capacidad portante para suelos cohesivos.

14.2.4 – Procedimientos para obtener la capacidad portante no mayorada de los suelos.

14.2.5 – Aumento de la capacidad portante admisible para combinaciones que incluyen viento y sismo.

### 14.3 – CRITERIO DE ASENTAMIENTOS

### 14.4 – DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACIÓN

### 14.5 – ZAPATAS AISLADAS

14.5.1 – General

14.5.2 – Definición de la carga de diseño y el área de la zapata

14.5.2.1 – Cargas a incluir.

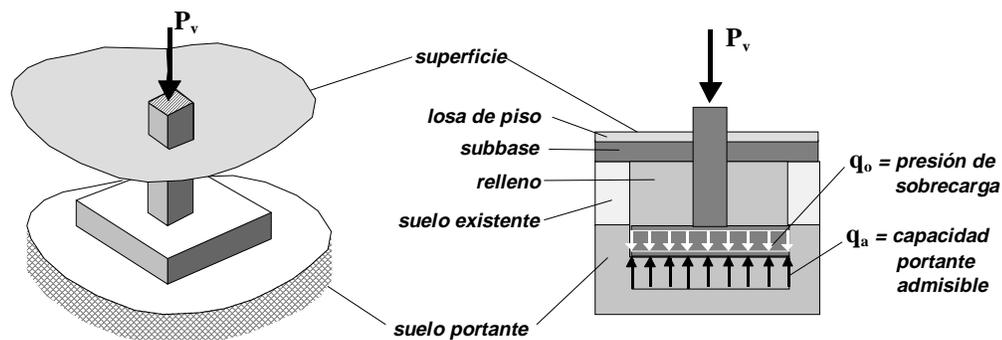


Fig. 14.1 – Fuerzas que actúan sobre la zapata

14.5.2.2 – Carga vertical no mayorada máxima.

14.5.2.3 – Área mínima de la zapata.

Para cargas verticales no factorizadas máximas,  $P_v$ , que no incluyen efectos de volcamiento por fuerzas laterales (viento o sismo):

$$A_f = \frac{P_v}{(q_a - q_0)} \quad (14.6)$$

Para cargas verticales no factorizadas máximas,  $P_{ov}$ , que incluyen efectos de volcamiento por fuerzas laterales (viento o sismo):

$$A_r = \frac{P_{ov}}{(1.33 \cdot q_a - q_o)} \quad (14.7)$$

14.5.2.4 – Reacción mayorada del suelo.

14.5.3 – Requisitos Dimensionales

14.5.3.1 – Forma en planta

14.5.3.2 – Simetría

14.5.3.3 – Profundidad mínima del suelo portante ( $h_v = 1.0$  m).

14.5.3.4 – Área mínima de la zapata ( $A = 1.0$  m<sup>2</sup>).

14.5.3.5 – Espesor mínimo de la zapata ( $h = 0.15$  m más recubrimiento).

14.5.3.6 – Zapatas inclinadas o escalonadas

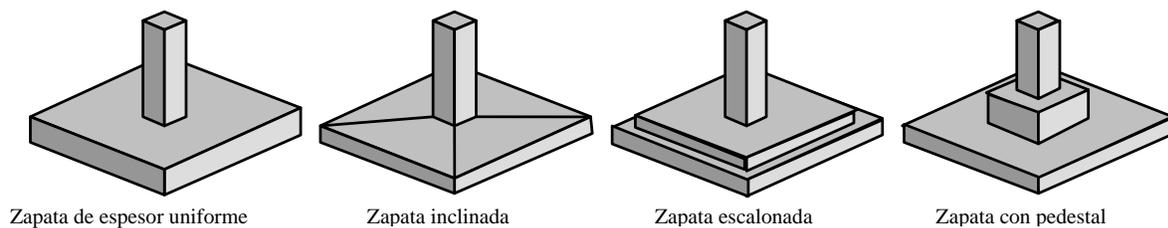


Fig. 14.2 – Tipos de zapatas aisladas

14.5.3.7 – Zapatas que soportan columnas circulares

14.5.4 – Detalles del refuerzo

14.5.4.1 – General.

14.5.4.2 – Localización del refuerzo a flexión.

14.5.4.3 – Distancia libre mínima entre barras paralelas.

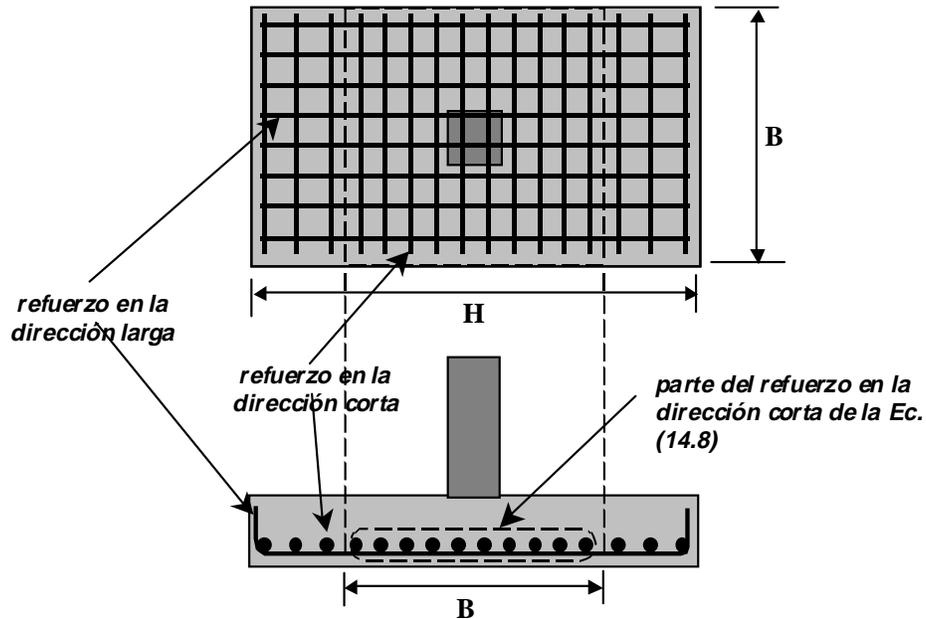


Fig. 14.3 – Distribución del refuerzo en zapatas rectangulares aisladas

14.5.4.4 – Separación máxima.

14.5.4.5 – Área mínima de refuerzo.

14.5.4.6 – Área máxima de refuerzo.

14.5.4.7 – Desarrollo del refuerzo.

14.5.4.8 – Suspensión del refuerzo.

14.5.4.9 – Anclaje final del refuerzo.

14.5.4.10 – Valor de  $d_c$  y  $d$  para usar en zapatas.

14.5.4.11 – Detalles para la transferencia de fuerzas de la columna o muro a la zapata.

14.5.5 – Resistencia a cortante

14.5.5.1 – General

14.5.5.2 – Localización de secciones críticas de punzonamiento

14.5.5.3 – Resistencia requerida por punzonamiento

14.5.5.4 – Resistencia al punzonamiento

14.5.5.5 – Altura efectiva mínima por punzonamiento en zapatas

14.5.5.6 – Localización de las secciones críticas por cortante simple

14.5.5.7 – Resistencia requerida por cortante simple

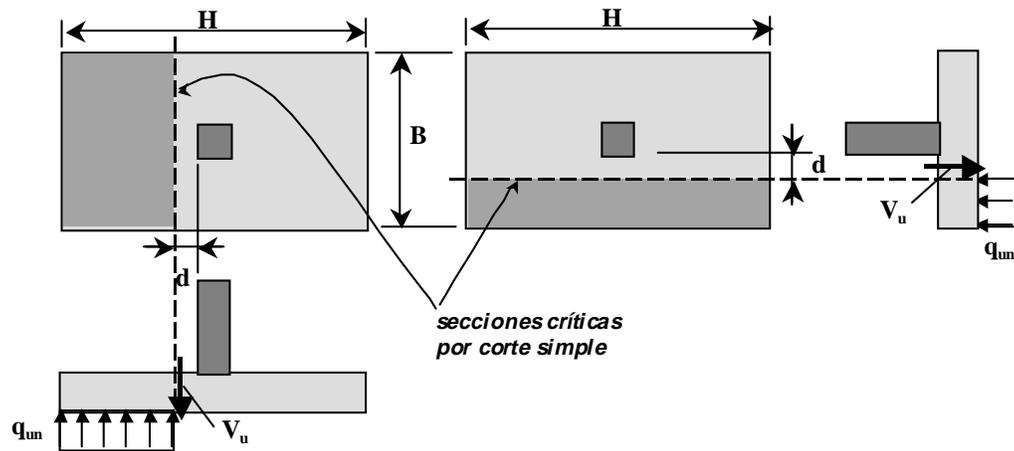


Fig. 14.4 – Áreas aferentes para cortante simple

14.5.5.8 – Resistencia por cortante simple

14.5.5.9 – Verificación por cortante simple

14.5.6 – Requisitos a flexión

14.5.6.1 – Secciones críticas por resistencia a flexión

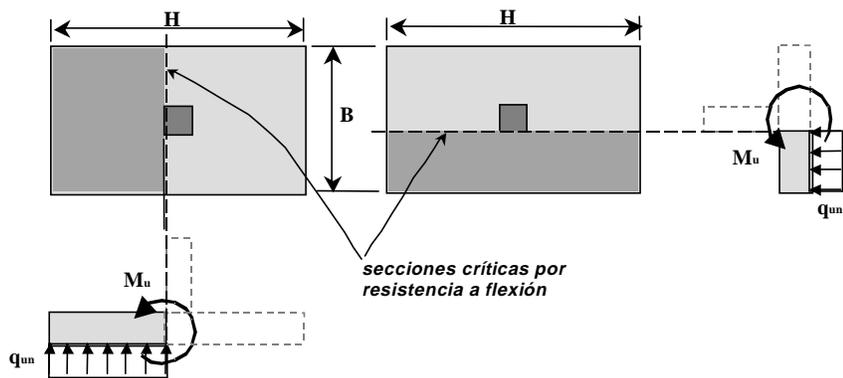


Fig. 14.5 – Secciones críticas por resistencia a flexión

### 14.5.6.2 – Resistencia requerida a flexión

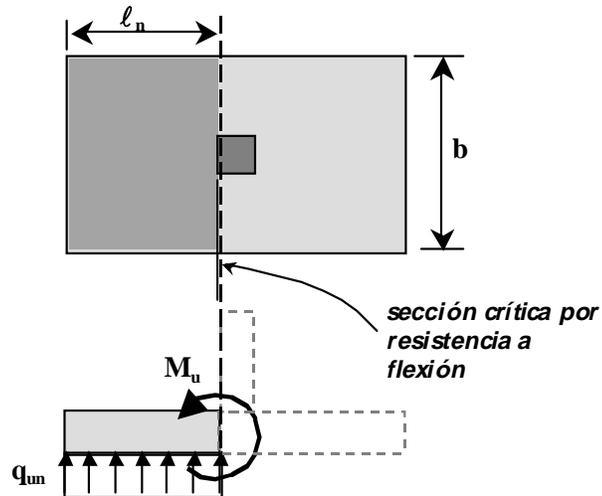


Fig. 14.6 – Obtención de la resistencia requerida a flexión

### 14.5.6.3 – Diseño aproximado a flexión

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot 0.85 \cdot A_s \cdot f_y \cdot d \quad (14.11)$$

### 14.5.6.4 – Obtención de la cuantía de refuerzo a flexión

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \geq \frac{M_u}{\phi \cdot 0.85 \cdot f_y \cdot b \cdot d^2} \quad (14.12)$$

### 14.5.6.5 – Refuerzo longitudinal

### 14.5.7 – Zapatas sometidas a momentos externos

#### 14.5.7.1 – General

#### 14.5.7.2 - Excentricidad

#### 14.5.7.3 – Verificación del levantamiento

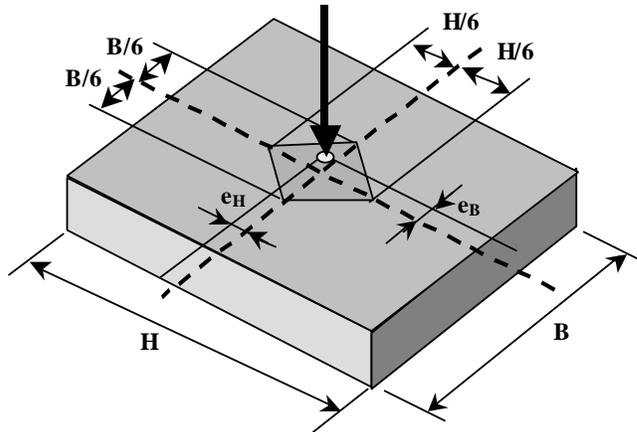


Fig. 14.7 – Localización de la resultante para evitar el levantamiento de la zapata

14.5.7.4 – Cumplimiento de la capacidad portante admisible no mayorada del suelo –  
Sin levantamiento

$$\frac{P_v}{B \cdot H} \left( 1 + 6 \cdot \left[ \frac{e_H}{H} + \frac{e_B}{B} \right] \right) \leq (q_a - q_o)$$
 Para cargas verticales no mayoradas máximas,  $P_v$ , sin incluir efectos de volcamiento por fuerzas laterales (viento o sismo)

$$\frac{P_{ov}}{B \cdot H} \left( 1 + 6 \cdot \left[ \frac{e_H}{H} + \frac{e_B}{B} \right] \right) \leq (1.33 \cdot q_a - q_o)$$
 Para cargas verticales no mayoradas máximas,  $P_{ov}$ , incluyendo efectos de volcamiento por fuerzas laterales (viento o sismo)

14.5.7.5 – Cumplimiento de la capacidad portante admisible no mayorada del suelo –  
Con levantamiento.

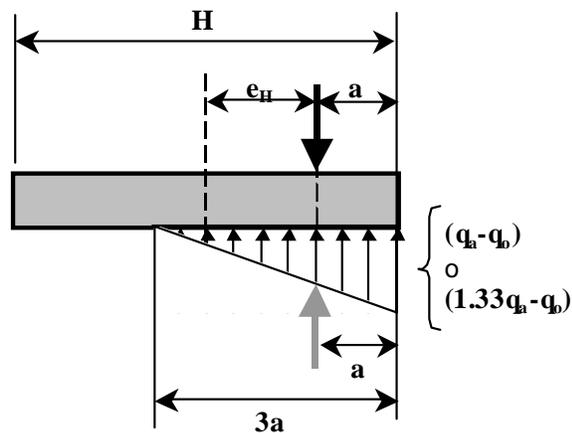


Fig. 14.8 – Esfuerzos en el suelo con levantamiento

$$\frac{2 \cdot P_v}{3 \cdot B \cdot a} \leq (q_a - q_o) \quad \text{Para cargas verticales no mayoradas máximas, } P_v, \text{ sin incluir efectos de volcamiento por fuerzas laterales (viento o sismo)}$$

$$\frac{2 \cdot P_{ov}}{3 \cdot B \cdot a} \leq (1.33 \cdot q_a - q_o) \quad \text{Para cargas verticales no mayoradas máximas, } P_{ov}, \text{ incluyendo efectos de volcamiento por fuerzas laterales (viento o sismo)}$$

## 14.6 – ZAPATAS DE MUROS

### 14.6.1 – General

### 14.6.2 – Requisitos especiales por cortante

#### 14.6.2.1 – Punzonamiento

#### 14.6.2.2 – Cortante simple

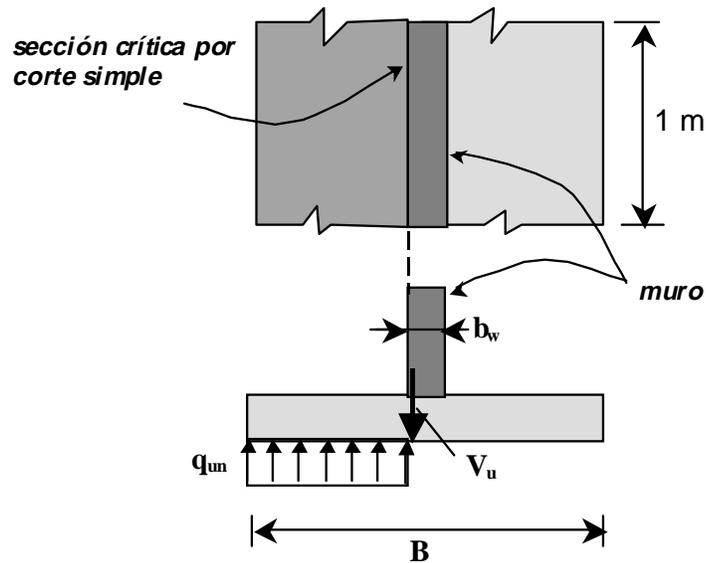


Fig. 14.9 – Cortante simple en zapatas de muro

$$V_u = q_{un} \cdot \left( \frac{B - b_w}{2} \right) \cdot 1 \text{ m} \quad (14.19)$$

$$d \geq \frac{3 \cdot q_{un} \cdot (B - b_w) \cdot 1 \text{ m}}{\phi \cdot \sqrt{f'_c}}$$

14.6.3 – Requisitos a flexión (14.20)

14.6.4 – Momentos de muros en la cimentación

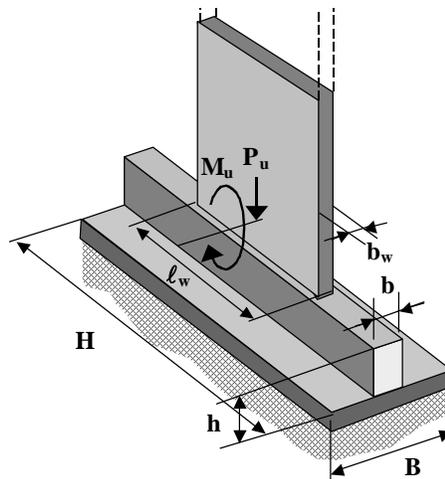


Fig. 14.10 – Zapata de muro extendida mediante una viga de cimentación

$$M_u = \frac{P_u \cdot H}{3} \quad (14.21)$$

$$V_u = P_u \quad (14.22)$$

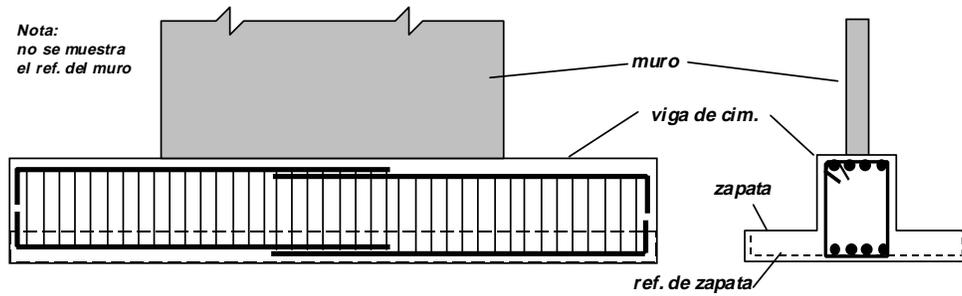


Fig. 14.11 – Refuerzo de zapata de muro y viga de cimentación

## 14.7 – ZAPATAS COMBINADAS

### 14.7.1 – Zapatas combinadas

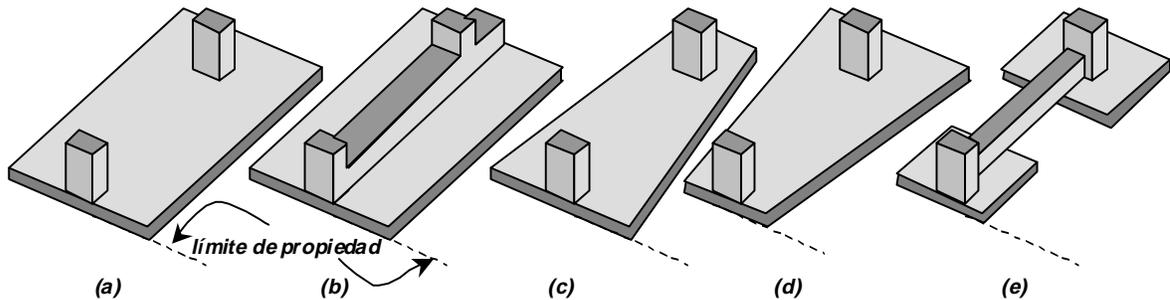


Fig. 14.12 – Tipos de zapatas combinadas

### 14.7.2 – Zapatas combinadas unidas por vigas de cimentación

#### 14.7.2.1 – Reacción y dimensiones generales

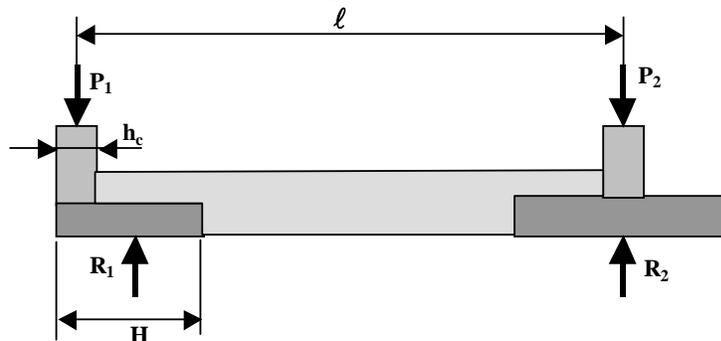


Fig. 14.13 – Definición de las fuerzas, reacciones y dimensiones generales de zapatas combinadas

$$R_1 = \frac{2 \cdot P_1 \cdot \ell}{2 \cdot \ell + h_c - H} \quad (14.23)$$

$$R_2 = P_1 + P_2 - R_1 \quad (14.24)$$

14.7.2.2 – Diseño de la zapata

14.7.2.3 – Diseño de la viga

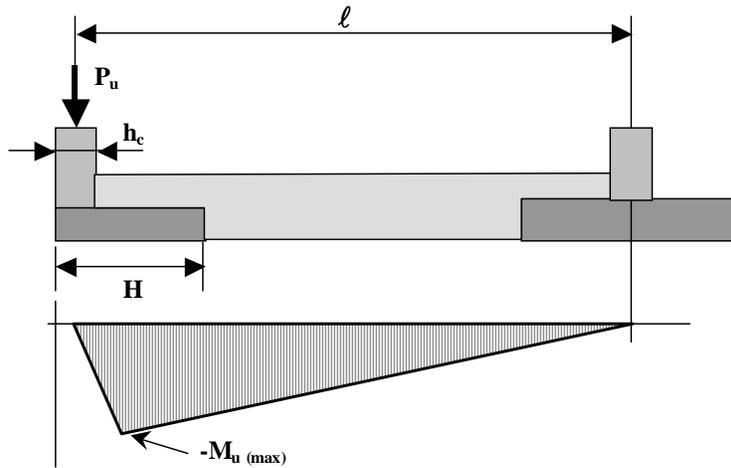


Fig. 14.14 – Variación del momento para vigas de cimentación en zapatas combinadas

$$V_u = P_u \cdot \frac{H - h_c}{2 \cdot \ell + h_c - H} \quad (14.25)$$

$$M_u^- = \frac{P_u}{2} \cdot (H - h_c) \quad (14.26)$$

## 14.8 – PILOTES Y CAISSONS

Los pilotes y caissons están fuera del alcance de estos *Requisitos esenciales*, y en su dimensionamiento y diseño se deben emplear, además de las recomendaciones del estudio de suelos, las normas de soporte de 1.4.

## 14.9 – ZAPATAS SOBRE PILOTES

Las zapatas sobre pilotes están fuera del alcance de estos *Requisitos esenciales*, y en su dimensionamiento y diseño se deben emplear, además de las recomendaciones del estudio de suelos, las normas de soporte de 1.4.

## 14.10 – LOSAS DE CIMENTACIÓN

### 14.10.1 – General

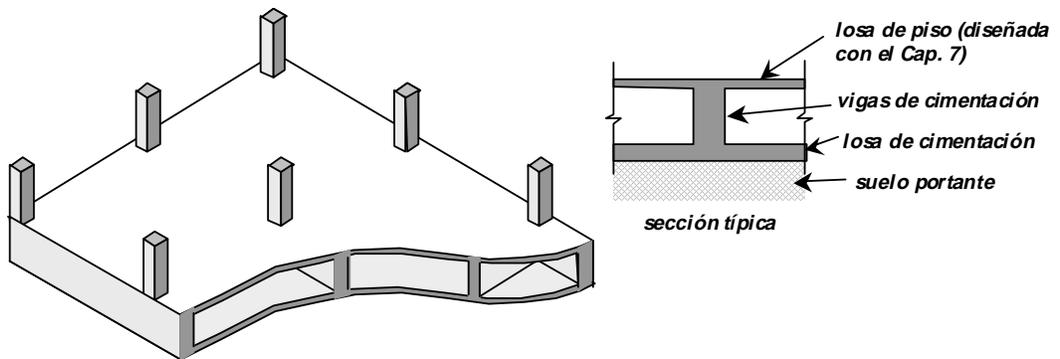


Fig. 14.15 – Losa de cimentación con vigas sobre ella.

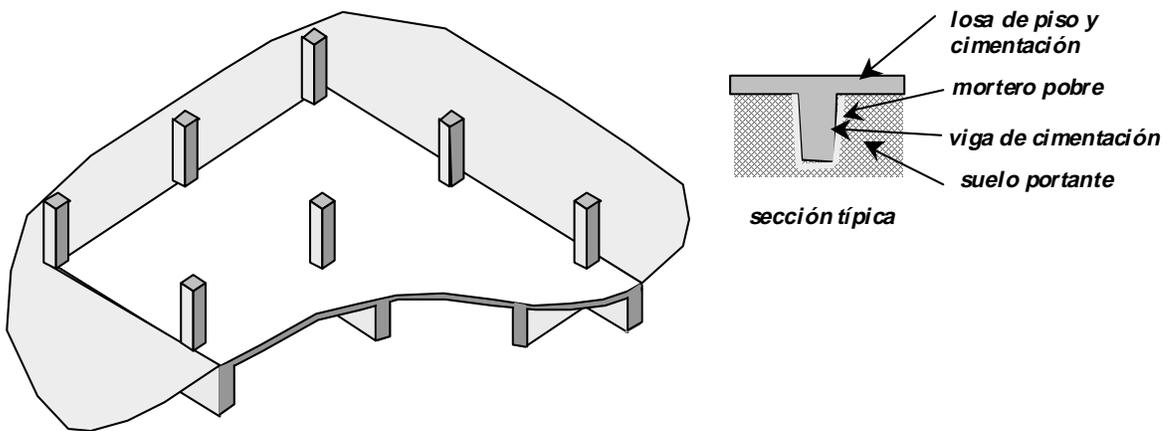


Fig. 14.16 – Losa de cimentación con vigas bajo ella.

## 14.10.2 – Definición de la carga de diseño y área de la losa

### 14.10.2.1 – Cargas a incluir

### 14.10.2.2 – Carga vertical no mayorada máxima

### 14.10.2.3 – Verificación de la capacidad portante admisible no mayorada

$$\frac{P_v}{B \cdot H} \leq (q_a - q_o) \quad (14.27)$$

### 14.10.2.4 – Excentricidad por cargas verticales

### 14.10.2.5 – Reacción mayorada del suelo

## 14.10.3 – Requisitos y procedimiento de diseño

### 14.10.3.1 – General

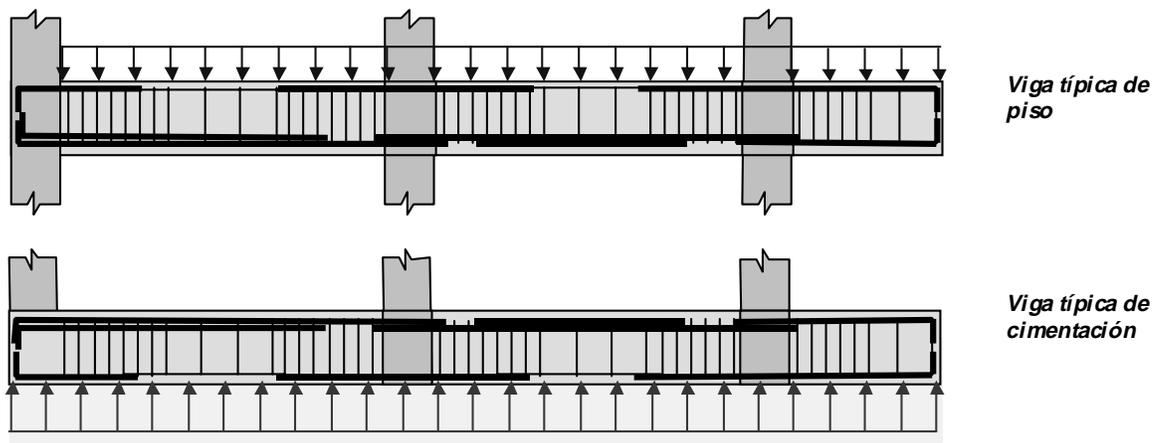


Fig. 14.17 – Distribución del refuerzo en vigas.

### 14.10.3.2 – Losa de cimentación

### 14.10.3.3 – Vigas de cimentación

### 14.10.3.4 – Losa de piso independiente de la losa de cimentación

### 14.10.3.5 – Valor de $d_c$ y $d$ para uso en losas de cimentación

## 14.11 – MUROS DE CONTENCIÓN

### 14.11.1 – Presión lateral del suelo

#### 14.11.1.1 – General

#### 14.11.1.2 – Angulo de fricción interna

### 14.11.2 – Presión del suelo en reposo

$$p_0 = K_0 \cdot \gamma \cdot z \quad (14.29)$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi \quad (14.30)$$

### 14.11.3 – Presión activa del suelo

$$p_a = K_a \cdot \gamma \cdot z \quad (14.31)$$

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad (14.32)$$

### 14.11.4 – Presión pasiva de suelos

$$p_p = K_p \cdot \gamma \cdot z \quad (14.33)$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \quad (14.34)$$

### 14.11.5 – Excavaciones apuntaladas

#### 14.11.5.1 – Suelos granulares

$$p = 0.65 \cdot K_a \cdot \gamma \cdot h \quad (14.35)$$

#### 14.11.5.2 – Suelos cohesivos

$$p = 0.2 \cdot \gamma \cdot h (Su \geq 100kPa) \quad (14.36)$$

$$p = 0.3 \cdot \gamma \cdot h (100kPa > Su \geq 25kPa) \quad (14.37)$$

$$p = 0.4 \cdot \gamma \cdot h (Su < 25kPa) \quad (14.38)$$

### 14.11.6 – Presión lateral mínima de suelos

#### 14.11.6.1 – Presión activa mínima

#### 14.11.6.2 – Presión en reposo lateral mínima

### 14.11.7 – Presión lateral en el muro de contención

#### 14.11.7.1 – Muros de contención sin restricción lateral en su extremo superior

$$p_z = \gamma \cdot K_a \cdot z \quad (14.39)$$

$$F_{ac} = \frac{1}{2} \gamma \cdot K_a \cdot h^2 \quad (14.40)$$

#### 14.11.7.2 – Muros de contención restringidos lateralmente en su extremo superior

$$p_z = \gamma \cdot K_0 \cdot z \quad (14.41)$$

$$F_0 = \frac{1}{2} \gamma \cdot K_0 \cdot h^2 \quad (14.42)$$

#### 14.11.8 – Tipos de muros de contención

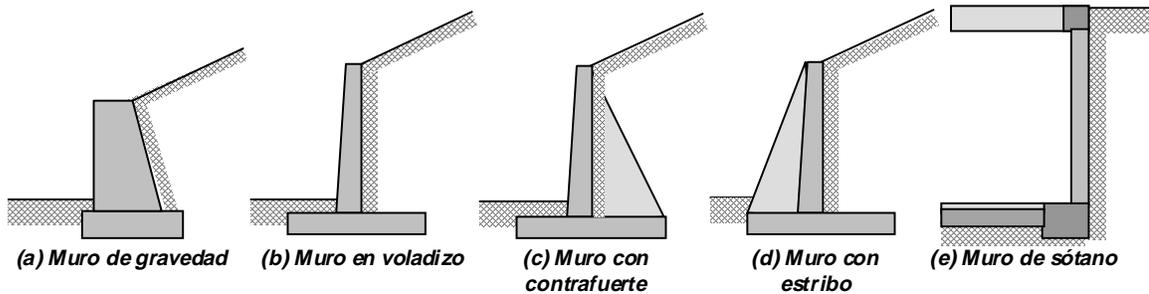


Fig. 14.18 – Tipos de muros de contención.

#### 14.11.9 – Definición de cargas de diseño para muros de sótano

##### 14.11.9.1 – Cargas a incluir

##### 14.11.9.2 – Efectos sísmicos

##### 14.11.9.3 – Presión lateral requerida

#### 14.11.10 – Requisitos generales para muros de sótano

##### 14.11.10.1 – Soporte superior e inferior

##### 14.11.10.2 – Filtros

##### 14.11.10.3 – Material de relleno

##### 14.11.10.4 – Sobrecarga

##### 14.11.10.5 – Espesor mínimo

##### 14.11.11 – Detalles del refuerzo

##### 14.11.12 – Requisitos por flexión

##### 14.11.13 – Requisitos por cortante

$$V_u = 1.15 \cdot \frac{P_u \cdot \ell}{2} \quad (14.43)$$

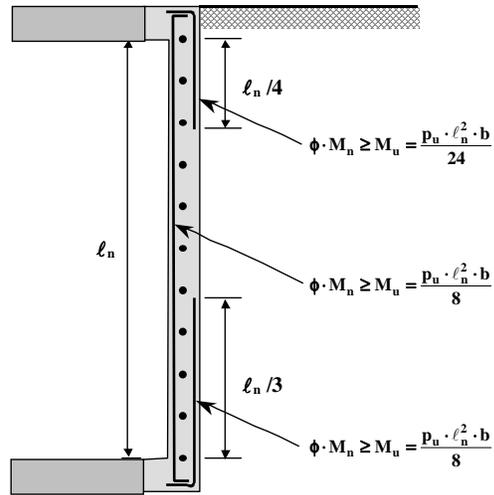


Fig. 14.19 – Momentos de diseño y refuerzo en muros de sótano.

## 14.12 – VIGAS DE CIMENTACIÓN

### 14.12.1 – General

#### 14.12.1.1 – Descripción

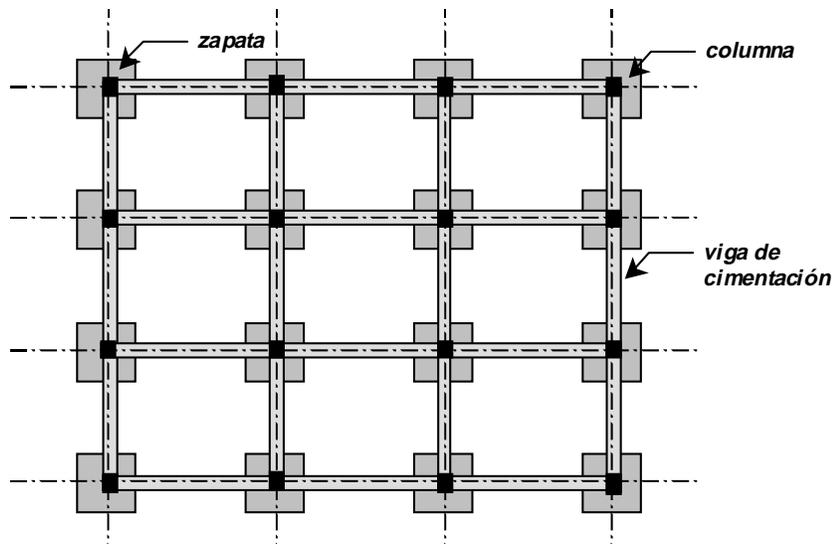


Fig. 14.20 – Entramado de vigas de cimentación.

### 14.12.1.2 – Función

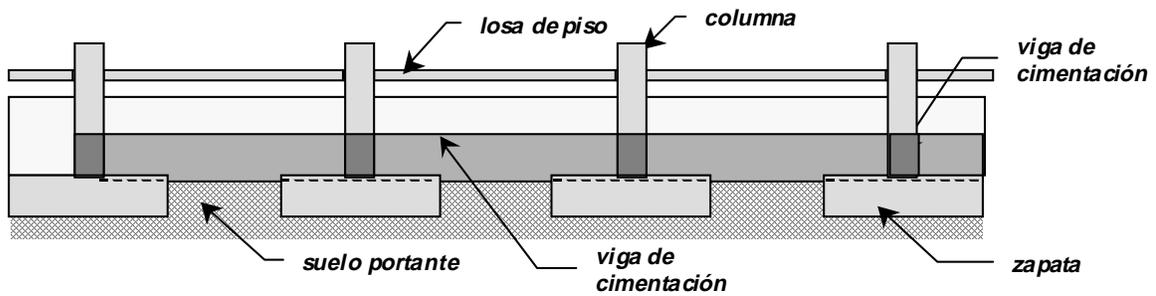


Fig. 14.21 – Localización de vigas de cimentación.

### 14.12.1.3 – Uso obligatorio

### 14.12.2 – Definición de la carga de diseño

#### 14.12.2.1 – General

#### 14.12.2.2 – Asentamientos diferenciales

#### 14.12.2.3 – Sísmicas

### 14.12.3 – Requisitos dimensionales

### 14.12.4 – Refuerzo

## 14.13 – LOSAS SOBRE EL TERRENO

### 14.13.1 – General

### 14.13.2 – Sub-base

### 14.13.3 – Espesor mínimo de losas de piso

### 14.13.4 – Juntas

### 14.13.5 – Refuerzo