

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace referencia a las normas establecidas en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal del 2004 en cuanto a los criterios que se deben tomar en cuenta para el dimensionamiento de elementos superficiales de cimentaciones de concreto armado. Además de esto, se hará referencia a la teoría general correspondiente al diseño de vigas de concreto, debido a que, en su secuencia de cálculo para estos temas, hay conceptos que son comunes entre sí como lo son: capacidad de carga, espesor, factor de carga, fuerza cortante, punzonamiento y momento flexionante.

3.2 CAPACIDAD DE CARGA

Antes de iniciar cualquier diseño de una cimentación, es necesario conocer la capacidad de carga del suelo. Dicho dato se reporta en el estudio de mecánica de suelos que se debe realizar en el terreno donde se vaya a cimentar.

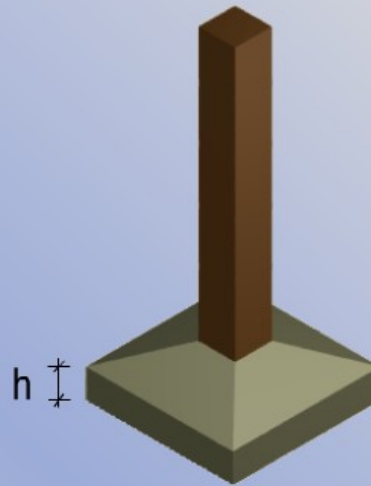
3.3 ESPESOR (H)

Al diseñar una zapata, lo primero que debe hacerse es estimar el espesor a utilizar en estos elementos, el cual usualmente se propone.



Espesor (h)

Para iniciar los cálculos es necesario estimar el espesor de la zapata, el cual usualmente se propone de forma inicial.



Dimensiones de la zapata



Figura 3.1 Determinación del espesor (h)

3.4 PRESIÓN NETA DE DISEÑO DEL TERRENO (r_n)

Este concepto se refiere a la capacidad resistente del suelo para resistir cargas netas provenientes de las columnas, después de haber tomado en cuenta el peso propio de la zapata y del suelo sobre ésta.

3.4.1 PESO PROPIO DEL SUELO (P_{ps})

Las variables que intervienen en este concepto son las siguientes:

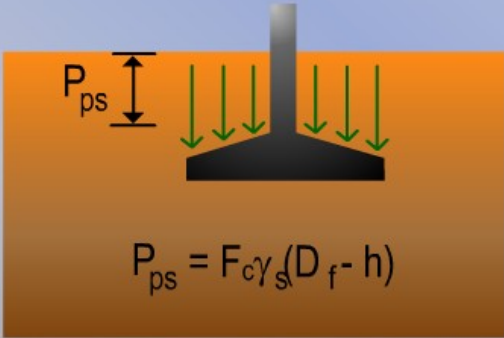
- **Factor de carga (F_c):** El cual se determina con base en la combinación de cargas a la que esté sujeta la zapata.

- **Peso volumétrico del suelo (γ_s):** Este dato se obtiene del estudio de mecánica de suelos.
- **Profundidad de desplante de la zapata (D_f):** Este dato también se obtiene de la mecánica de suelos, ya que aquí se determina a qué profundidad se encuentra un estrato estable para la cimentación
- **Espesor total de la zapata (h):** Dato que se supone al principio del diseño.

$$P_{ps} = Fc\gamma_s(D_f - h)$$

Capítulo V Zapatas aisladas y corridas

Determinación de la reacción neta del terreno (r_n)



1) Obtener el peso propio del suelo (P_{ps})

$P_{ps} = Fc\gamma_s(D_f - h)$

Dimensiones de la zapata

Controles de navegación: retroceder, pausar, avanzar, reiniciar, cerrar.

Figura 3.2 Peso propio del suelo (P_{ps})

3.4.2 PESO PROPIO DE LA ZAPATA (P_{pz})

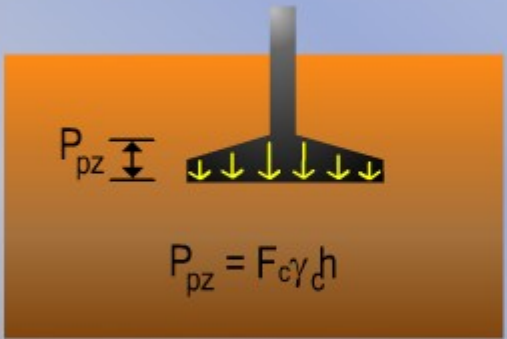
Para el cálculo de este valor intervienen las siguientes variables:

- **Peso volumétrico del concreto reforzado (γ_c):**
- **Peralte total de la zapata (h):** Dato supuesto con anterioridad

$$P_{pz} = F_c \gamma_c h$$

Capítulo V Zapatas aisladas y corridas

Determinación de la reacción neta del terreno (r_n)



2) Calcular el peso propio de la zapata (P_{pz})

Dimensiones de la zapata

Navigation icons: back, stop, previous, next, forward.

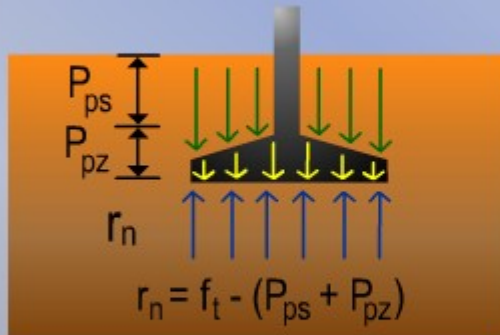
Figura 3.3 Peso propio de la zapata (P_{pz})

Con la presión de diseño del terreno (f_t), la cual se obtiene de la mecánica de suelos, se determina la reacción neta del terreno (r_n), con la siguiente fórmula:

$$r_n = f_t - (P_{ps} + P_{pz})$$



Determinación de la reacción neta del terreno (r_n)



Nota: Deberá verificarse del estudio de mecánica de suelos que el esfuerzo del terreno (f_t) esté determinado con criterios de resistencia última, esto es que no sea la capacidad de carga dividido entre un factor de seguridad (F_s)

Dimensiones de la zapata



Figura 3.4 Reacción neta del terreno

3.5 FUERZA CORTANTE DE DISEÑO COMO VIGA ANCHA (V_U)

Dentro del análisis de las zapatas, hay que determinar el cortante crítico (V_{CR}) y el cortante último (V_U) para determinar si el espesor propuesto es aceptado o se hace un nuevo tanteo.

El cortante crítico que necesite el concreto simple (V_{CR}) se calcula en función del peralte efectivo, ancho de la zapata (que se toma igual a un metro), porcentaje de acero de refuerzo por flexión (el cual casi siempre será el porcentaje mínimo (p_{min}), ya que, usualmente, en el diseño final, el refuerzo por flexión corresponde al refuerzo mínimo). La resistencia del concreto a usar es:

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

Para el cortante último, es necesario determinar la distancia crítica (x), la cual será igual a la longitud del volado menos el peralte efectivo medido desde el paño de columna.

Una vez determinada esta nueva distancia sólo se multiplicará por la reacción actuante en el suelo (r_a) y se tendrá el cortante último (V_u).

$$V_u = r_a(a - d)$$

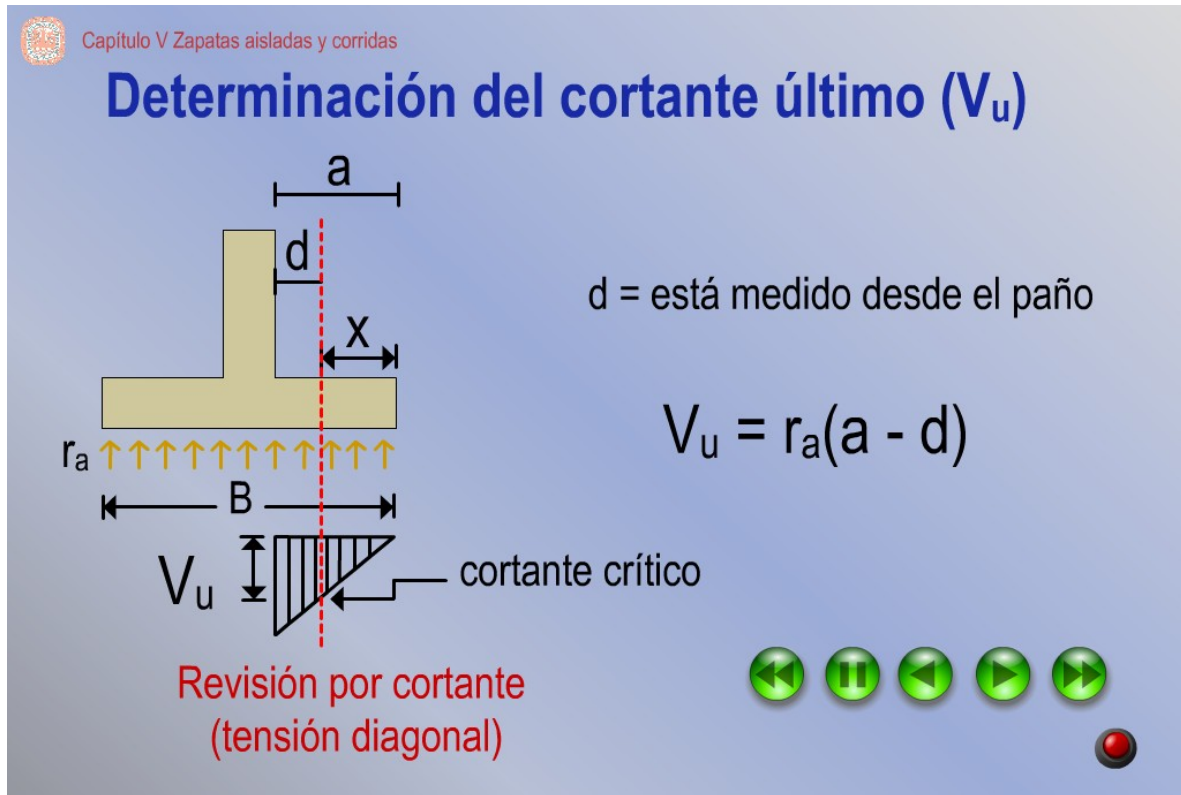


Figura 3.5 Cortante último

3.6 PUNZONAMIENTO

Este tipo de falla se genera por la perforación de la columna sobre la base de la zapata generando una fuerza (V_u). Para poder obtener este valor, es necesario determinar lo siguiente:

3.6.1 DETERMINACIÓN DEL PERÍMETRO CRÍTICO (b_o)

Esta es la sección que falla por punzonamiento. En la figura 3.5 se indica el perímetro crítico el cual queda determinado por:

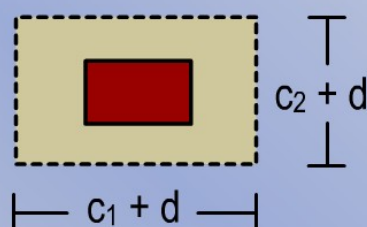
$$b_o = 2[(c_1 + d)(c_2 + d)]$$



Figura 3.6 Perímetro crítico por punzonamiento



Determinación del perímetro crítico por punzonamiento (b_o)



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

Revisión por punzonamiento



Figura 3.7 Perímetro crítico

3.6.2 DETERMINACIÓN DEL ÁREA CRÍTICA POR PUNZONAMIENTO (A_c)

Una vez determinado el perímetro crítico (b_o), sólo hay que multiplicar éste por el peralte efectivo, para así obtener el área crítica por punzonamiento.

$$A_c = 2[(c_1 + d)(c_2 + d)] * d$$

3.6.3 DETERMINACIÓN DE LA FUERZA CORTANTE ÚLTIMA POR PUNZONAMIENTO (V_u)

La obtención de esta fuerza se da de la diferencia que hay entre la fuerza actuante (P_u) y el producto de la reacción actuante del suelo multiplicada por las dimensiones en el perímetro crítico, como se expresa en la ec. 3.8

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

3.6.4 CÁLCULO DEL ESFUERZO POR PUNZONAMIENTO (v_u)

El esfuerzo que se genera por el punzonamiento no es más que la relación entre la fuerza antes calculada (V_u) y el área crítica (A_c).

$$v_u = \frac{V_u}{A_c} \leq V_{CR(\text{punzonamiento})}$$

Donde el V_{CR} es igual a:

$$V_{CR} = \begin{cases} F_R (0.5 + \gamma) \sqrt{f_c^*} \\ F_R \sqrt{f_c^*} \end{cases}$$

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

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

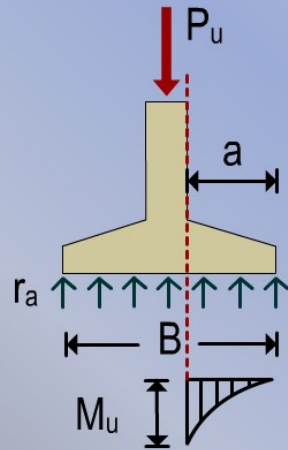
$$\text{Sí } V_{CR} \begin{cases} \geq v_u & \text{se acepta el peralte propuesto} \\ < v_u & \text{debe aumentarse el peralte} \end{cases}$$

3.7 MOMENTO FLEXIONANTE (M)

La sección crítica en una zapata aislada se considera a partir del paño del apoyo, como se muestra en la figura 3.8.



Momento flexionante de diseño (M_u)



$$M_u = \frac{r_a a^2}{2}$$

Revisión por flexión del
peralte propuesto



Figura 3.8 Momento máximo en la sección crítica para una zapata aislada

El momento flexionante en la sección crítica es:

$$M_u = \frac{r_a a^2}{2}$$

3.8 NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES.

Para poder hacer un diseño correcto de una cimentación superficial (zapatas y losas), es necesario tomar en cuenta todos aquellos aspectos establecidos dentro del Reglamento de Construcción del Distrito Federal octubre 2004 (RCDF).

Los aspectos más sobresalientes de este reglamento se mencionan a continuación.

3.8.1 FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA

Las cargas nominales (P) deben aumentarse mediante un factor de carga (F_c) para efectos de diseño. Existen dos casos:

a) Combinación de cargas vivas y muertas $F_{cCM+CV} = 1.4$

b) Combinación de cargas vivas, muertas y accidentales $F_{cCM+CV+CA} = 1.1$

3.8.2 FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA

Los factores de reducción de resistencia correspondientes a la capacidad de carga de las cimentaciones superficiales se determinaron a partir de estimaciones analíticas o pruebas de campo en donde se determina lo siguiente.

Se usará un $F_R = 0.35$ ante cualquier combinación de acciones (CM + CV ó CM + CV + CA) en la base de la zapata de cualquier tipo en la zona I, zapatas de colindancia desplantadas a menos de 5 metros de profundidad en las zonas II y III. Y para los demás casos se utilizará un $F_R = 0.70$.

Donde:

Zona I: Lomas formadas por rocas o suelos generalmente firmes.

Zona II: Transición, donde los depósitos profundos se encuentran a 20 m. de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limos arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre.

Zona III: Lacustre, integrada por depósitos de arcilla altamente compresible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo y arcilla.

Estos factores sólo se aplicarán a la capacidad de carga neta de las cimentaciones.

Los factores de reducción de resistencia para el diseño de elementos de concreto son los siguientes:

- a) $F_R=0.9$ para flexión.
- b) $F_R=0.8$ para cortante y torsión.
- c) $F_R=0.7$ para transmisión de flexión y cortante en losas o zapatas.¹

3.8.3 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Para poder determinar el cortante crítico por punzonamiento, así como el índice de refuerzo y el porcentaje de acero a utilizar en el elemento, es necesario determinar los siguientes parámetros:

- a) f_c^* : resistencia nominal del concreto a compresión.
- b) f_c'' : magnitud del bloque equivalente de esfuerzos del concreto a compresión.

Estos valores dependen de la resistencia especificada del concreto, y se determina con las expresiones siguientes:

$$f_c^* = 0.85 f_c'$$

$$f_c'' = f_c^* \beta_1$$

Para $f_c' \leq 280 \text{ kg/cm}^2$ $\beta_1 = 0.85 f_c^*$

Para $f_c' > 280 \text{ kg/cm}^2$ $\beta_1 = 1.05 - \frac{f_c^*}{1400}$

¹ Notas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones.

3.8.4 FUERZA CORTANTE QUE TOMA EL CONCRETO (V_{CR})

La determinación de este valor estará con base en el porcentaje de acero que se utilice.

Sí $p < 0.015$

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

Sí $p \geq 0.015$

$$V_{CR} = 0.5 F_R b d \sqrt{f_c^*}$$

3.8.5 RECUBRIMIENTO NECESARIO EN CUANTO A LA COLOCACIÓN DE CONCRETO

El recubrimiento libre que se utilizará no será menor que el diámetro de la varilla que se esté utilizando ni menor que:

- a) En columnas y trabes 20 mm.
- b) En losas 15 mm.

En cuanto al recubrimiento para la protección contra la corrosión el recubrimiento en vigas, trabes y contratraves no será menor que el valor dado en la tabla 3.1. En losas y muros y elementos prefabricados el recubrimiento no será menor de 0.75 veces al indicado en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Recubrimiento libre mínimo requerido en milímetros

	Resistencia a la compresión especificada (kg/cm^2)							
Clasificación de la exposición	150	200	250	300	400	500	600	700
A1	30	25	25	20	20	20	15	15

A2	50	40	35	30	25	25	20	20
B1	65	50	40	35	30	30	25	25
B2			50	45	40	35	30	30
C						70*	65*	60*

* Se requiere emplear un contenido de cemento Pórtland no menor de 350 kg/cm² y una relación agua/cemento que no exceda 0.4

Tabla 3.2 Clasificación de las exposiciones

Superficies y ambiente de exposición	Clasificación de la exposición
a) Superficies de miembros de contacto con el terreno 1) Protegida por una membrana impermeable 2) En suelos no agresivos 3) En suelos agresivos ¹	A1 A2 D
b) Superficies de miembros en ambientes interiores 1) Encerrado totalmente dentro de un edificio, excepto por breve periodo de exposición al ambiente durante la construcción ² 2) En edificios o sus partes donde los miembros pueden estar sujetos a humedecimientos y secado repetidos ²	A1 B1
c) Superficies de miembros no en contacto con el terreno y expuestos a ambientes exteriores ³ que son: 1) No agresivos 2) Ligeramente agresivos 3) Agresivos	A1 B1 B2
d) Superficies de miembros en agua ⁴ 1) En contacto con agua dulce (dura) En agua dulce con presión (dura) En agua dulce corriente (dura) 2) En contacto con agua dulce (suave) En agua dulce con presión (suave) En agua dulce corriente (suave) 3) En agua con más de 20 000 ppm de cloruros: - Sumergida permanentemente - En zonas con humedecimiento y secado	B1 B2 B2 B2 D D B2 C
e) Superficies de miembros en otros ambientes: En cualquier ambiente de exposición no descritos en los anteriores incisos	D

¹ Se deben de considerar agresivos los suelos permeables con $\text{pH} < 4.0$ ó con agua freática que contiene más de un gramo de iones de sulfato por litro. Suelos ricos en sales con pH entre 4 y 5 deben considerarse como clasificación de exposición C.

² Cuando se emplee en aplicaciones industriales, se deben considerar los efectos sobre el concreto de los procesos de manufactura que allí se realicen; en tales casos se puede requerir una reclasificación de la exposición a D.

³ La frontera entre los diferentes ambientes exteriores depende de muchos factores los cuales incluyen distancia desde la fuente agresiva, vientos dominantes y sus intensidades.

⁴ Para establecer las características de dureza del agua se requiere analizarla.

Usualmente las cimentaciones es costumbre desplantarlas sobre una plantilla de concreto pobre de 5 cm. de espesor, la cual hace las funciones del recubrimiento de protección contra corrosión y, entonces, se considera el recubrimiento normal de una losa.

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.