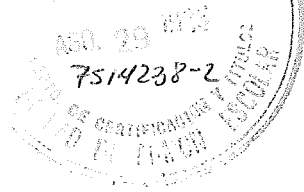




**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"**



**"METODO SISTEMATICO PARA EL DISEÑO  
ESTRUCTURAL DE ZAPATAS AISLADAS  
DE CIMENTACION"**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :**

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**MIGUEL GONZALEZ MARTINEZ**

M-0014306

**ACATLAN, MEX.**

**1986**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN  
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA

CI/161/1986.

SR. MIGUEL GONZALEZ MARTINEZ  
Alumno de la carrera de Ingeniería  
Civil.  
P r e s e n t e.


De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 22 de marzo de 1984, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Método Sistemático para el Diseño Estructural de Zapatas Aisladas de Cimentación", el cual se desarrollará como sigue:

- Introducción.
- I.- Diseño de Zapatas de Bloque a Compresión Simple.
- II.- Diseño de Zapatas de Bloque a Flexocompresión.
- III.- Diseño de Zapatas Escalonadas.
- IV.- Programa de Computadora para el Diseño de Zapatas Aisladas.
- Conclusiones.
- Apéndices.
- Bibliografía.

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el señor M. en I. Víctor José Palencia Gómez, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPERITU"  
Acatlán, Edo. de Méx., a 27 de agosto de 1986.

  
ING. HERMENEGILDO ARCOS SERRANO  
Coordinador del Programa de  
Ingeniería.

PROGRAMA DE INGENIERIA

HAS/rcm.

A mis padres

MIGUEL Y MA. LUISA

con profundo cariño y agradecimiento  
ayer, hoy y para toda mi vida

A mis hermanos

MARIO, LINDA, LAURA, TERE Y NACHO

con algo indecifrable como lo es  
el amor que les tengo

A ti

ADRIANA XOCHITL

por toda la felicidad que te debo

Agradezco al M. I. Victor José Palencia Gómez  
su orientación y ayuda en la elaboración de éste  
trabajo.

Agradezco a la Sra. Imelda Rincón Paredes su  
ayuda para la transcripción mecanográfica de es  
te trabajo.

# I N D I C E

|   | Pág. |
|---|------|
| P R O L O G O .....   | i    |
| INTRODUCCION .....  | 1    |
| CAPITULO 1. ZAPATAS DE BLOQUE A COMPRESION SIMPLE .....   | 10   |
| 1.1. Determinación de Cargas .....  | 12   |
| 1.2. Determinación de Dimensiones .....   | 13   |
| 1.3. Diseño del peralte como viga ancha (cortante en una dirección) .....                                   | 15   |
| 1.4. Diseño del peralte por penetración o como losa (cortante en dos direcciones) .....                     | 17   |
| 1.5. Diseño por flexión .....   | 21   |
| 1.6. Método para el diseño de zapatas de bloque a compresión simple. ....                                   | 26   |
| 1.7. Ejemplos .....   | 35   |
| CAPITULO 2. ZAPATAS DE BLOQUE A FLEXOCOMPRESION .....   | 41   |
| 2.1. Determinación de dimensiones de zapatas a flexocompresión uniaxial .....                               | 43   |
| 2.2. Determinación de dimensiones de zapatas a flexocompresión biaxial .....                                | 44   |
| 2.2.1. Zapatas cuadradas .....  | 44   |
| 2.2.2. Zapatas rectangulares .....  | 45   |
| 2.3. Revisión del peralte de zapatas de bloque sujetas a flexocompresión, por penetración (como losa) ..... | 47   |
| 2.3.1. Zapatas a flexocompresión uniaxial .....   | 49   |
| 2.3.2. Zapatas a flexocompresión biaxial .....  | 51   |
| 2.4. Método para el diseño de zapatas de bloque a flexocompresión .....                                     | 52   |
| 2.5. Ejemplos .....   | 56   |
| CAPITULO 3. ZAPATAS ESCALONADAS CON PENDIENTES .....  | 80   |
| 3.1. Diseño de los peraltes de zapatas con pendientes, como viga ancha .....                                | 83   |
| 3.2. Alternativa para el cálculo de los peraltes de zapatas con pendientes como viga ancha .....            | 90   |
| 3.3. Método para el diseño de zapatas escalonadas (con pendientes) .....                                    | 94   |

|  | Pág. |
|--|------|
| 3.4. Ejemplos .....  | 99   |
| <br>   |      |
| CAPITULO 4. PROGRAMAS DE COMPUTADORA PARA EL DISEÑO ES -<br>STRUCTURAL DE ZAPATAS AISLADAS ..... | 128  |
| 4.1. Programa general para el diseño de zapatas aisladas   | 132  |
| 4.1.1. Diagrama de Flujo. Programa General para -<br>el diseño de zapatas aisladas .....         | 134  |
| 4.1.2. Codificación en FORTRAN IV. ....  | 141  |
| 4.1.3. Indicaciones para su uso .....  | 147  |
| 4.1.4. Ejemplos .....  | 150  |
| <br>   |      |
| 4.2. Programa General para la elaboración de "Tablas de<br>Zapatas a compresión simple" .....    | 163  |
| 4.2.1. Diagrama de flujo .....   | 164  |
| 4.2.2. Codificación en FORTRAN IV .....  | 166  |
| 4.2.3. Indicaciones para su uso .....  | 169  |
| 4.2.4. Tablas de Zapatas .....   | 170  |
| 4.2.5. Ejemplo para el uso de las Tablas .....   | 188  |
| <br>   |      |
| CONCLUSIONES .....   | 191  |
| <br>   |      |
| BIBLIOGRAFIA .....   | 196  |

## P R O L O G O

Después de trabajar algún tiempo en el área de estructuras, me di cuenta que en la práctica el análisis y diseño de algunos elementos estructurales se basa en métodos iterativos, los cuales consisten en proponer soluciones alternativas a un determinado elemento, para después revisarlo, hasta llegar a una solución cercana a la óptima o deseada. Claro está que estos métodos consumen mucho tiempo, principalmente para el diseñador que sin mucha experiencia hace uso de ellos; y aun al diseñador experimentado le es difícil obtener una solución adecuada rápidamente, siendo los elementos estructurales más comunmente diseñados de esta forma, las zapatas aisladas de cimentación.

Fue por lo expuesto anteriormente, que me surgió la inquietud de encontrar algún método sistemático para el diseño estructural de las zapatas aisladas de concreto reforzado; que permitiera el cálculo directo y rápido de todas sus dimensiones, así como de su acero de refuerzo, siendo esto el objetivo principal de este trabajo.

Después de estudiar y profundizar en el tema, me di cuenta que el problema no era sencillo pues las zapatas pueden tener una infinidad de formas y características. Debido a esto, y a que lo que me proponía era presentar un método alternativo a la práctica común, decidí hacer algunas consideraciones simplificadoras y determinar el método propuesto, en relación al tipo de zapatas más usuales (cuadradas y rectangulares), con el fin de que pudiera ser fácil de comprender y modificarse para su aplicación a casos específicos, a juicio del diseñador.



Tal vez hasta hace algunos años al presentar un método directo para el diseño sería suficiente, pero en la actualidad la rapidez en los cálculos se ha incrementado, primero por la calculadora de escritorio y ahora por la computadora, que permite resolver con mayor rapidez y exactitud una gran cantidad de problemas que impliquen demasiados cálculos o una alta repetitividad. Por esto en el presente trabajo además del método, para dar mayor versatilidad al diseño se elaboraron por computadora tablas para el diseño de zapatas a comprensión, así como un programa general para resolver zapatas con diferentes tipos de carga. En los casos respectivos los programas se hicieron en lenguaje FORTRAN IV que es el más común y afín a los cursos de Ingeniería Civil, sin embargo, contemplando la posibilidad de adaptar estos programas a otro lenguaje de computadora, se presenta el diagrama de flujo correspondiente, desglosado y explicado.

Con la idea de que quien desee consultar esta tesis, para conocer el diseño completo de una zapata aislada de cimentación, pueda hacerlo sin necesidad de utilizar las tablas o programas que se presentan, el método es desarrollado mediante ejemplos detallados, especificando los fundamentos teóricos en que se basan las expresiones matemáticas utilizadas, las cuales han sido determinadas en cada capítulo correspondiente.

Se hace la aclaración que la solución de los ejemplos, los métodos y programas presentados están basados en el "Reglamento de Construcciones del Distrito Federal" de acuerdo a las normas técnicas complementarias de 1977, utilizando el criterio de resistencia última que en estas se presenta. El uso del Reglamento se determinó con el fin de hacer más objetivos los ejemplos, sin embargo el método puede ser fácilmente adaptado al ACI-318-77, pues el Reglamento del --

Distrito Federal es muy similar a éste en el capítulo de zapatas.

Esperando que este trabajo en verdad pueda ser de utilidad práctica, ojalá transmita la inquietud al lector de que no todo en la Ingeniería está completamente estático o definido, como la materia con que se trabaja, sino que siempre debe existir la posibilidad de cambio.

MIGUEL GONZALEZ MARTINEZ

## I N T R O D U C C I O N

Toda estructura de una construcción civil, está dividida en dos partes: la superior o superestructura y la inferior o subestructura. La superestructura es la parte que se construye y diseña para cumplir con una función o servicio pre determinado, como un edificio de habitación o de oficinas, plantas industriales, presas, torres de transmisión, muros de retención de materiales, etc. La subestructura es la parte que transmitirá las acciones que se generen en la superestructura al suelo de apoyo.

En sí, la subestructura es la que se conoce comúnmente como cimentación, la cual se define como el elemento de conexión que permite un apoyo adecuado de la superestructura en el suelo subyacente, cumpliendo con dos requisitos fundamentales: seguridad y economía para la construcción.

Respecto a la seguridad, se consideran dos aspectos mecánicos importantes en el diseño de cualquier cimentación: primero, la capacidad del subsuelo para soportar las cargas impuestas por toda la estructura y segundo, que los asentamientos totales y diferenciales generados en el suelo, sean compatibles con la estructura del tipo de cimentación elegida. Adicionalmente, el comportamiento de la misma deberá ser tal que no afecte a las construcciones o servicios vecinos.

Sin embargo, el diseño no sólo está determinado por los anteriores aspectos mecánicos del suelo, sino también por el aspecto económico, que en muchas ocasiones define una cimentación funcional: para un tiempo determinado, y para

soportar las acciones más frecuentes transmitidas por la superestructura de una forma adecuada; aún cuando no sea la óptima. Claro está que el aspecto económico para el diseño de la cimentación algunas veces pasa a segundo término, de acuerdo a la importancia y seguridad que deberá tener la estructura.

Con base en estos aspectos fundamentales de una cimentación, y principalmente el mecánico, la transmisión de los esfuerzos de una estructura al suelo, puede realizarse mediante dos formas:

1. Cimentaciones Superficiales. Se definen como las que tienen una profundidad de desplante menor que las dimensiones de su área de apoyo; por ejemplo: zapatas aisladas zapatas corridas, losas y cajones de cimentación. Este tipo de cimentaciones se usa para estructuras ligeras de poca y mediana importancia en suelos blandos o poco resistentes; o bien para algunas estructuras pesadas en suelos muy resistentes. Regularmente este tipo de cimentaciones es de los más económicos pues no implican uso de maquinaria especial ni grandes excavaciones lo cual generaría una muy importante elevación en el costo de la misma. [Las cimentaciones superficiales también se definen como cimentaciones extendidas pues su área de apoyo en el suelo es relativamente extensa.
2. Cimentaciones profundas, son aquellas en que su profundidad es mayor que las dimensiones de su área de apoyo. Dentro de este tipo se incluyen las pilas, pilotes y las cimentaciones del tipo mixto (zapatas, losas o cajones de cimentación apoyados sobre pilas y/o pilotes).

5.

Su uso es normalmente para el soporte de estructuras pesadas como grandes edificios o estructuras de gran envergadura, que necesiten construirse en lugares en los cuales las capas superficiales del suelo no son capaces de resistir los grandes esfuerzos que serán transmitidos por la estructura; o bien debido a que una cimentación superficial generaría hundimientos considerables en el suelo que influirían en el funcionamiento general de la estructura.

La parte de la ingeniería que estudia los suelos para determinar su capacidad de carga y predecir sus asentamientos o hundimientos bajo un esfuerzo determinado: es la "Mecánica de Suelos". Y es precisamente mediante un estudio de este tipo como se determina el tipo de cimentación a emplear para que ésta pueda cumplir con los aspectos fundamentales de seguridad y economía.

En sí el diseño de una cimentación implica un estudio específico y detallado del suelo en que se sustentará, sin embargo, la cimentación necesita ser diseñada estructuralmente para poder resistir a su vez las acciones y esfuerzos que transmitirá al suelo. Se quiere decir con esto que tan importante es un estudio de mecánica de suelos para determinar la capacidad del suelo y el tipo de cimentación como también lo es el diseño estructural de ésta.

El diseño estructural de cimentaciones no es sencillo teóricamente, pues cada cimentación, se puede decir, es un caso particular. Las deformaciones totales y diferenciales del suelo de apoyo, la rigidez misma de la estructura, el tipo de suelo, la distribución de descargas y acciones en la cimentación provenientes de la superestructura; las diferentes condiciones de carga a que pueda estar sometida la cimentación, hacen de ésta una estructura compleja, más que para su diseño, para su análisis estructural. Por ello en la práctica el diseño de cimentaciones se ha simplificado. Un estudio detallado y preciso para el diseño de una cimentación llevaría acaso mucho tiempo y por consiguiente una elevación substancial en el costo de la misma, además, dicho estudio debería ser elaborado suponiendo un comportamiento esperado del suelo y la estructura, lo cual en la realidad nunca puede garantizarse; y debido a esto dicho estudio en un momento dado perdería su exactitud. Es por esto que hipótesis simplificadoras que engloben al mayor número de aspectos posibles que influyen en el diseño, han sido adoptadas permitiendo un diseño estructural versátil y seguro, aun cuando no óptimo, de la estructura de una cimentación.

Este tipo de hipótesis, principalmente han sido usadas para el diseño de las estructuras más comunes y económicas, que

son aquellas que implican cimentaciones superficiales. Dentro de este tipo las más usadas son las zapatas aisladas; el diseño estructural de las cuales ocupa el interés de este trabajo.

Las zapatas aisladas son estructuras constituidas principalmente por una losa que soporta y transmite las cargas y acciones de una columna, cualquiera que sea el tipo y la forma de ésta, al suelo de apoyo. Pueden tener diversas formas, como por ejemplo: cuadradas, rectangulares, circulares o cualquier otra de acuerdo a la sección transversal de la columna que soportan.

Las zapatas, con respecto a las acciones que les son transmitidas por las columnas de la superestructura se clasifican en:

- a. Zapatas a compresión, con carga axial únicamente
- b. Zapatas a flexocompresión uniaxial, con carga axial y momento en una de las direcciones principales de la zapata en planta.
- c. Zapatas a flexocompresión biaxial, con carga axial y momentos en las dos direcciones principales de la zapata en planta.

De acuerdo con las acciones que soporta la zapata, se tiene una distribución de esfuerzos diferentes en el suelo, que a su vez implica esfuerzos diferentes, para el diseño de la zapata misma, como se verá en el desarrollo de los capítulos 1 y 2).

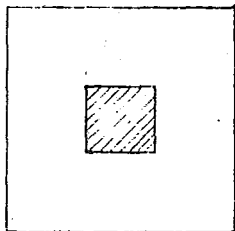
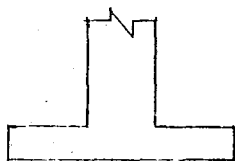
Estos elementos estructurales pueden ser construidos de diferentes materiales, pero atendiendo a su durabilidad y resistencia se construyen usualmente de concreto simple o reforzado.

Las zapatas atendiendo a aspectos económicos como el ahorro de material y el uso de cimbra adicional cuando así se justifique, se clasifican en: (ver figura A)

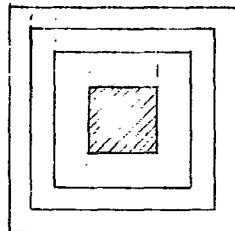
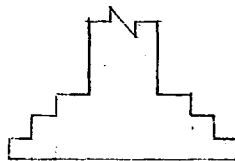
- a. Zapatas de bloque o peralte constante; son las más comunes por la sencillez de su fabricación, se recomiendan para zapatas de dimensiones y peraltes no muy grandes.
- b. Zapatas escolanadas o de peraltes diferentes, se utilizan para zapatas de dimensiones mayores y que requieran un peralte muy grande en los bordes de la columna, para lo cual se hacen en forma escalonada.
- c. Zapatas con pendientes o de peralte variable. Son una variante de las escalonadas, la ventaja de éstas es --



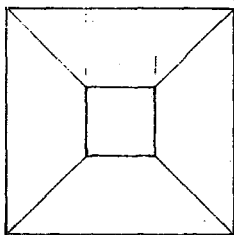
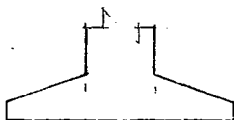
que no utilizan necesariamente cimbra para dar las pendientes; las cuales se construyen aprovechando el ángulo de reposo del concreto, por lo cual su uso se ha generalizado en la práctica.



a) Zapatas de Bloque



b) Zapatas Escalonadas



c) Zapatas con escarplos o pendientes

FIGURA A.

Como se puede ver, para el diseño estructural de una zapata se necesita considerar las acciones a que estará sujeta, la forma de la zapata a diseñar y el tipo de peralte a utilizar, por ello los pasos establecidos para el diseño de cualquier zapata, específicamente serán los siguientes:

1. Determinación de cargas transmitidas por la superestructura a la zapata.
2. Determinación de las dimensiones en planta de la zapata para transmitir las cargas de la superestructura al suelo de apoyo sin que se rebase su capacidad admisible para que no falle por resistencia o asentamientos. Dicha resistencia debe ser disminuída por las consideraciones de peso propio y relleno.
3. Determinación del peralte efectivo necesario para que la zapata resista el cortante que se genere por la reacción del terreno sobre la zapata (cortante como viga ancha), sin necesidad de refuerzo por dicha acción.
4. Revisión del peralte calculado en el paso 3 para comprobar que resista el esfuerzo cortante por penetración o como losa.

5. Una vez determinado el peralte se procederá a calcular el momento flexionante en la zapata generado por la reacción del suelo, para determinar su refuerzo de acero por flexión (diseño por flexión), verificando que éste no sea mayor que la máxima cantidad permitida.
  
6. Revisión del área en que la columna o dado descarga sobre la zapata, por aplastamiento.

Estos pasos serán desarrollados explícitamente en los siguientes capítulos atendiendo a las consideraciones de cada caso en los ejemplos correspondientes

## CAPITULO 1

DISEÑO DE ZAPATAS DE BLOQUE A COMPRESION SIMPLE

Las zapatas aisladas sujetas a compresión simple son aquellas que sólo transmiten al suelo una carga axial concéntrica a su centro geométrico y de gravedad, en planta; proveniente de la superestructura. (figura 1.a)

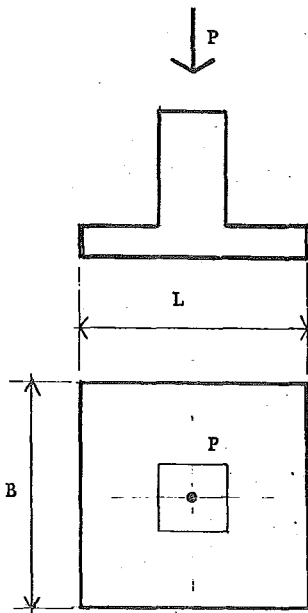


FIGURA 1.a

Este tipo de descargas de la superestructura a una cimentación se da, principalmente, en los siguientes casos: (Figura 1.b)

- a. En columnas interiores de estructuras simétricas en geometría y carga
- b. En columnas de marcos con un elemento estructural específico para resistir desplazamientos laterales del marco debido a fuerzas horizontales de viento o sismo, o a la asimetría geométrica y de cargas en el marco (sin desplazamientos laterales o contraventeado).
- c. En aquellos casos en que el análisis de la superestructura se hace considerando la unión columna-zapata articulada idealmente, y se diseña la superestructura para resistir los efectos mecánicos que de ello se deriven.

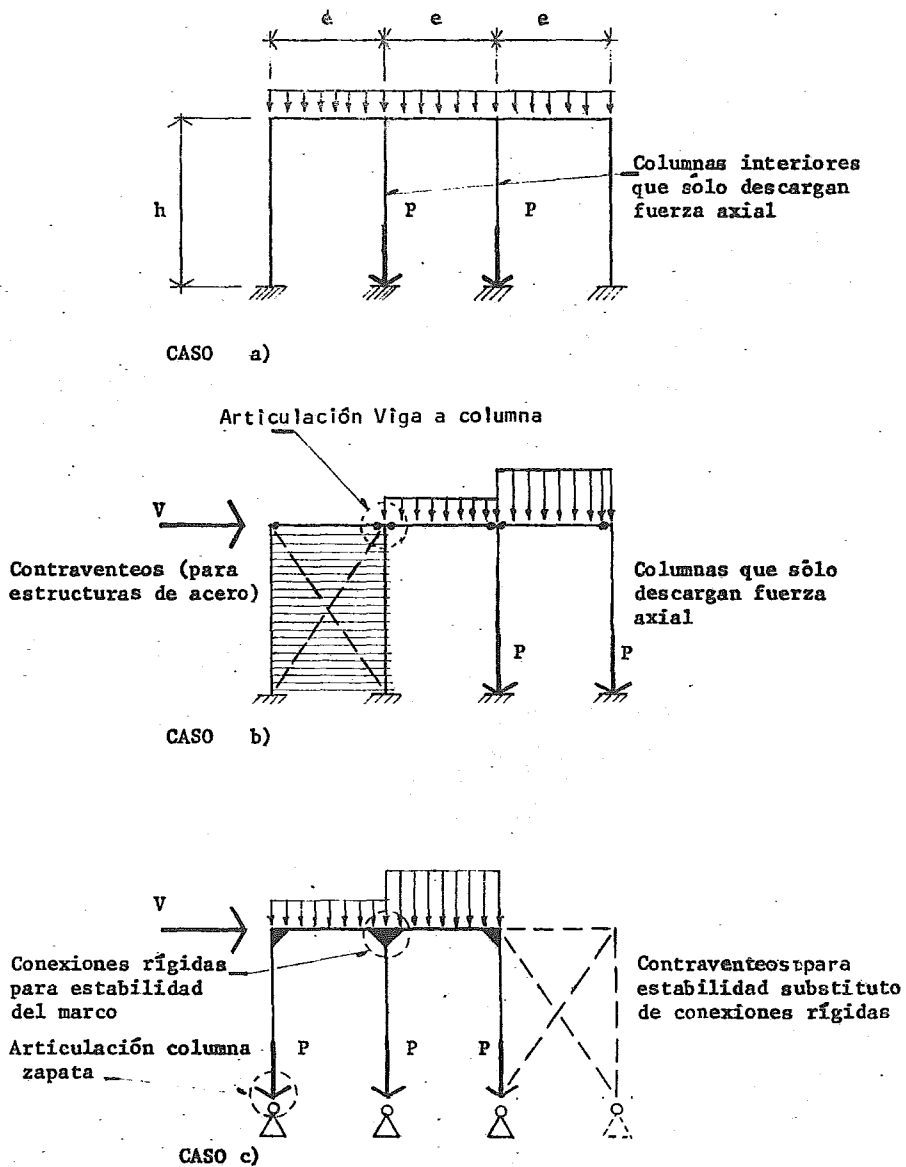


FIGURA 1.b

### 1.1. Determinación de cargas

En el diseño de una zapata se deben distinguir dos tipos de cargas:

- Carga total sobre el suelo de apoyo
- Carga de diseño de la zapata

La primera incluye la carga que es transmitida por la columna a la zapata, el peso propio de ésta, el relleno y alguna sobrecarga adicional no proveniente de la superestructura. La carga total no se incrementa por ningún factor y se utiliza para calcular la presión total sobre el suelo de apoyo, la cual debe ser menor que la presión admisible en el terreno, determinada mediante un estudio de mecánica de suelos y en el cual dicha presión ha sido afectada por un factor de seguridad.

La carga de diseño es sólo la que transmite la columna a la zapata, incrementada por un factor de carga que varía según el tipo de carga que es transmitida. El R.C.D.F. de 1977 establece:

$$\text{Carga Vertical} = \text{C.V.} + \text{CM} \Rightarrow \text{F.C} = 1.4$$

(viva + muerta)

$$\text{Carga Vertical} + \text{Carga accidental} \Rightarrow \text{F.C} = 1.1$$

(sismo o viento)

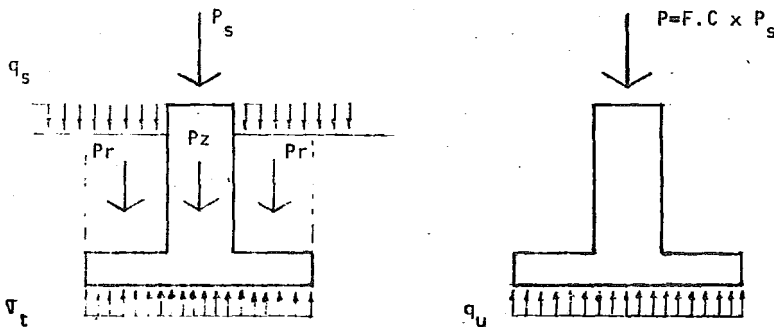


FIGURA 1.1.a

Donde:

$V_t$  = Presión total sobre el suelo o terreno

$V_a$  = Presión admisible en el suelo o terreno

$P_s$  = Carga proveniente de la columna o superestructura

$P_z$  = Peso de zapata

$P_r$  = Peso Relleno

$q_s$  = Sobrecarga adicional

$P$  = Carga de diseño

F.C. = Factor de carga

$q_u$  = Presión o reacción del suelo en la zapata, para diseño

El peso de la zapata, el relleno y la sobrecarga, no se considera para el diseño, puesto que el suelo de apoyo soporta directamente ese peso sin afectar estructuralmente a la zapata; mientras que la carga de diseño al estar concentrada en la columna es distribuida a toda el área de apoyo, generando en la zapata efectos de cortante y flexión, los cuales debe resistir

## 1.2. Determinación de dimensiones

Las dimensiones de una zapata sujeta a compresión simple, se determinan a partir de la expresión básica para cálculo de esfuerzos. (ver fig. 1.2.a)

$$\text{esfuerzo} = \frac{\text{carga}}{\text{área}}$$

$$V = \frac{P}{A}$$

Para zapatas rectangulares (ver figura 1.2.a.)

$$q_u = \frac{P}{A} = \frac{P}{B \times L}$$

si "B" es conocida, o se da como dato

$$L = \frac{P}{q_u \times B} \text{ ----- 1.2.1.}$$

Para zapatas cuadradas

$$B = L$$

$$B = \sqrt{\frac{P}{q_u}} \text{ ----- 1.2.2}$$

Para la obtención directa de las dimensiones L ó B, el valor "qu" es la presión de diseño, equivalente a la presión admisible en el terreno disminuida con la presión considerada, que le ocasionaría el peso de la zapata, el relleno y la sobrecarga:

$$q_u = \bar{V}_a - q_c \text{ ----- 1.2.3}$$

donde:  $q_c$  = presión generada por el peso de la zapata, el relleno y la sobrecarga

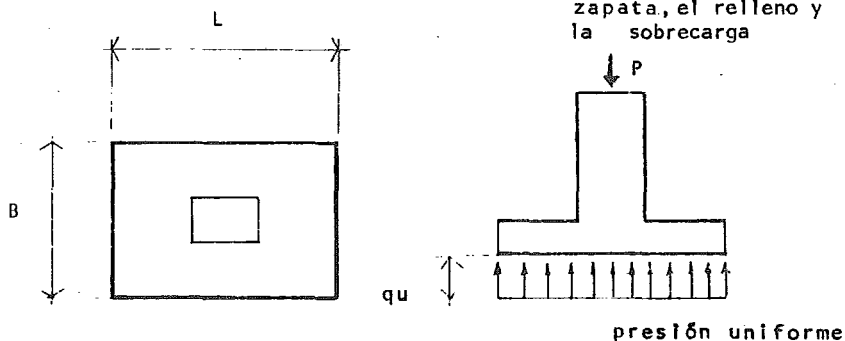


FIGURA 1.2.ä



Es importante hacer notar que " $\sigma_a$ " al ser una presión admisible, es un valor disminuido con factores de seguridad, y por tanto el valor de " $q_u$ " que se obtenga será también un valor reducido.

Por consiguiente, al calcular las dimensiones de la zapata con la carga última " $P$ " de diseño (afectada con factores de carga) y con " $q_u$ ", se puede decir que el diseño es conservador.

Debido a lo anterior, comúnmente en la práctica, las dimensiones se calculan con la carga actuante " $P_s$ " y con la presión " $q_u$ ".

Siguiendo el criterio utilizado en las normas técnicas del RCDF, éste trabajo se desarrolla en base al diseño conservador dejando al lector la decisión de utilizar el criterio práctico. Si se opta por esto último, para el diseño restante de las zapatas de acuerdo a los métodos aquí presentados, deberá obtenerse una presión de diseño " $q_u$ ", dividiendo la carga última de diseño " $P$ " entre el área de apoyo (" $A$ ") de la zapata calculada en base a las dimensiones predeterminadas de ésta.

### 1.3. Diseño del peralte como viga ancha (cortante en una dirección)

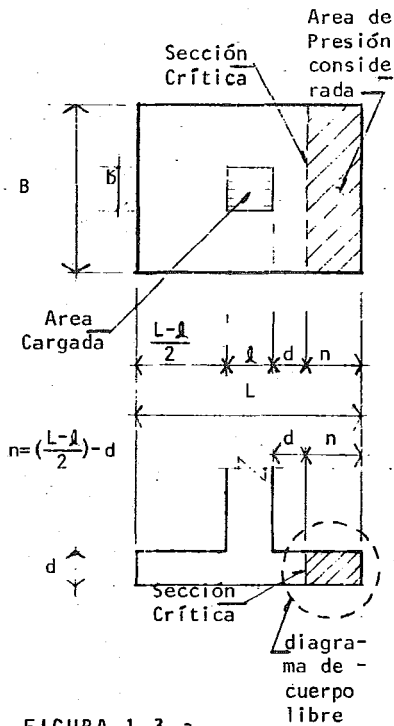


FIGURA 1.3.a

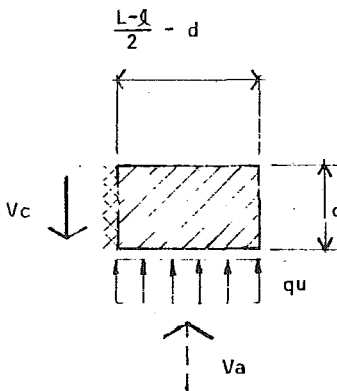


FIGURA 1.3.b

Las zapatas se pueden reforzar con varillas para resistir la fuerza cortante, pero es común no hacerlo, puesto que diseñar el peralte de la zapata de manera que el concreto resista dicha fuerza sin necesidad de refuerzo, facilita y economiza la construcción.

Para el diseño del peralte de la zapata, se supone que su losa actúa como una viga ancha, en tal forma que las grietas potenciales de tensión diagonal se extenderían en un plano que abarca todo el ancho; suponiendo que la viga está empotrada - - (sección crítica) a un peralte del paño del área cargada. (ver figura 1.3.a)

De lo anterior se tiene el siguiente diagrama de cuerpo libre: (fig. 1.3.b.)

Del Diagrama de Cuerpo libre se tiene:

$$V_c - V_a = 0 \text{ ----- } 1.3.1.$$

$$V_c = \sqrt{C}(Bd) \text{ ----- } 1.3.2$$

$\sqrt{C}$  = Cortante resistente del concreto para Vigas (Esfuerzo)

Bd = Area Vertical de la sección crítica

$$V_a = \left[ \frac{L-d}{2} - d \right] B q_u \text{ ----- } 1.3.3.$$

Sustituyendo 1.3.2 y 1.3.3. en 1.3.1.

$$\Rightarrow \sqrt{C}(Bd) - \left[ \frac{L-d}{2} - d \right] B q_u = 0$$

$$\text{de donde: } (\sqrt{C}B) d + (Bq_u)d - \frac{L-d}{2} B q_u = 0$$

$$d (\sqrt{C} + q_u) = \frac{q_u (L-d)}{2}$$

$$d = \frac{q_u (L-d)}{2 (\sqrt{C} + q_u)} \quad \text{fórmula para calcular el peralte de una zapata como viga ancha ----- } 1.3.4.$$

El peralte para zapatas rectangulares, se calcula en las dos direcciones tomando el mayor valor calculado. La ec. 1.3.4. se obtuvo para el sentido largo, Para el otro sentido, haciendo un desarrollo similar se tiene

$$d = \frac{q_u (B-b)}{2 (\sqrt{C} + q_u)} \text{ ----- } 1.3.5.$$

Para zapatas cuadradas con columnas cuadradas es obvio que sólo se hace un cálculo.

1.4. Diseño del peralte por penetración o como losa  
(cortante en dos direcciones)

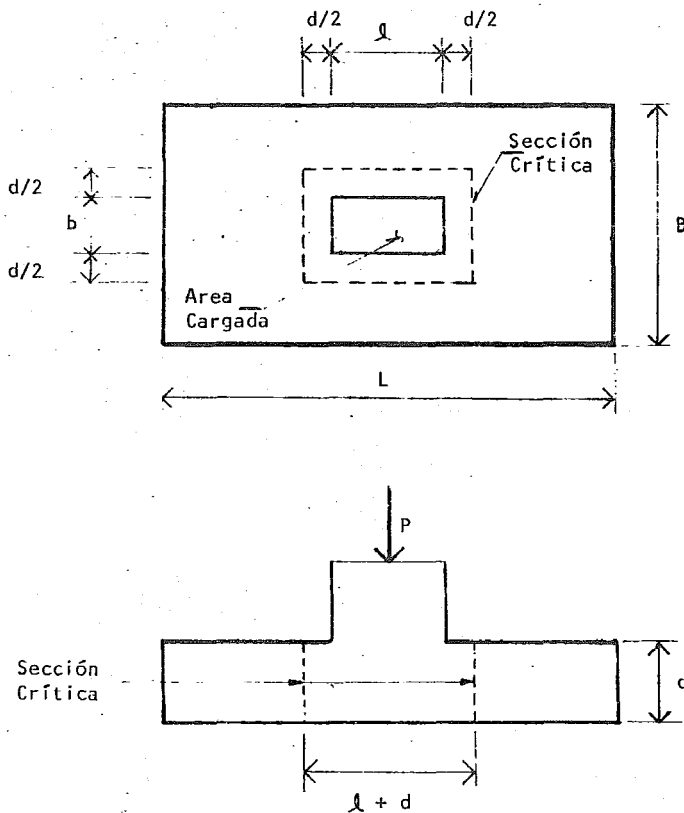


FIGURA 1.4.a

La sección crítica para diseñar el peralte de la zapata como losa se encuentra a una distancia  $d/2$  del paño de la columna, como se muestra en la figura 1.4.a.

Analizando el área delimitada por la sección crítica, se tiene la figura 1.4.b

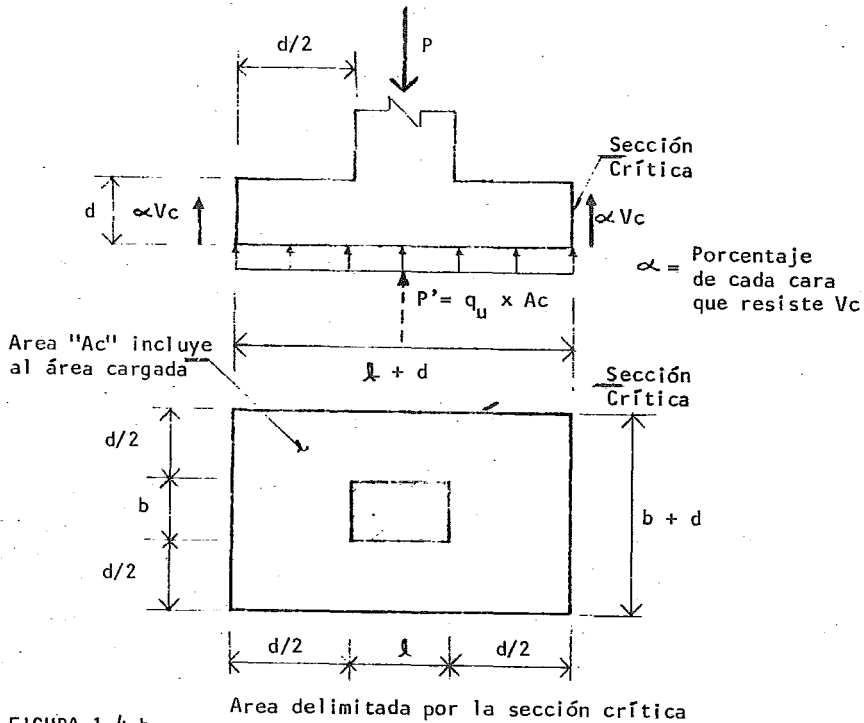


FIGURA 1.4.b

Se supone que la acción cortante generada por la carga " $P$ ", se da en dos direcciones de manera que el agrietamiento probable de tensión diagonal se presentaría sobre la superficie de un cono o pirámide truncados en torno a la carga o reacción concentrada " $P$ ". Esta superficie está limitada por una sección crítica localizada a una distancia  $d/2$  del área cargada por " $P$ " (columna o pedestal). En base a esto se puede establecer el diagrama de cuerpo libre de la figura 1.4.b.

La fuerza " $P$ " se equilibra con el cortante resistente  $V_c$  de

la sección crítica y con la reacción del terreno dada debajo de la zapata en el área "Ac" limitada por dicha sección.

$q V_c$  = Cortante resistente de uno de los cuatro lados de la sección crítica, por lo tanto el cortante total que resiste la sección crítica será  $\sum q V_c = V_c$

$$A_c = (l+d)(b+d)$$

$$\text{Perímetro de la sección crítica} = 2(l+d) + 2(b+d)$$

Del Diagrama de cuerpo libre:

$V_c$  = Resistencia total a cortante del área vertical en el perímetro de la sección crítica

Por equilibrio de fuerza:

$$-P + P' + V_c = 0 \quad \dots\dots 1.4.1$$

donde:

$$P' = (q_u) A_c = q_u [(l+d)(b+d)]$$

$$V_c = (V_c) (d) (\text{Perímetro de la secc. Crítica})$$

Por lo tanto

$$V_c = V_c (d) [2(l+d) + 2(b+d)]$$

donde:  $V_c$  = esfuerzo resistente del concreto para losas

Substituyendo en 1.4.1 y despejando "P"

$$P = q_u (A_c) + V_c (d) (2) [(l+d) + (b+d)]$$

$$\text{como } P = q_u (BL) \text{ ya que } q_u = \frac{P}{BL}$$

$$q_u (BL) = q_u [(l+d)(b+d)] + V_c (d) (2) [l+b+2d]$$

de donde:

$$q_u BL = q_u (lb + d(l+b) + d^2) + 2(V_c)(d)(l) + 2(V_c)(d)(b) + 4(V_c)(d^2)$$

agrupando términos

$$q_u (BL) = (q_u + 4 \sqrt{c}) d^2 + [q_u (l+b) + 2\sqrt{c}l + 2\sqrt{c}b] (d) + q_u (lb)$$

Ecuación general para determinar el peralte como losa de una zapata cargada axialmente

$$(q_u + 4\sqrt{c}) d^2 + [q_u (l+b) + 2\sqrt{c} (b+l)] (d) + q_u (lb - BL) = 0$$

.... 1.4.2.

La ecuación anterior sirve para determinar el peralte de una zapata rectangular con una columna rectangular

De esta misma ecuación se desprenden los siguientes:

- Para una Zapata rectangular con una columna cuadrada haciendo en la ecuación 1.4.2.  $l=b$  y dividiendo entre 4

$$\left(\frac{q_u}{4} + \sqrt{c}\right) d^2 + \left(\frac{bq_u}{2} + b\sqrt{c}\right) d + \left(\frac{b^2}{4} - BL\right) q_u = 0 \quad \dots 1.4.3$$

- Para una zapata cuadrada con una columna cuadrada haciendo en la ecuación 1.4.3.  $B=L$

$$\left(\frac{q_u}{4} + \sqrt{c}\right) d^2 + \left(\frac{bq_u}{2} + b\sqrt{c}\right) d + \left(\frac{b^2}{4} - B^2\right) q_u = 0 \quad \dots 1.4.4.$$

- Para una zapata cuadrada con columna rectangular

$$\left(\frac{q_u}{4} + \sqrt{c}\right) d^2 + \left(\frac{q_u(l+b)}{4} + \frac{\sqrt{c}(b+l)}{2}\right) d + \left(\frac{lb - B^2}{4}\right) q_u = 0 \quad \dots 1.4.5.$$

Simplificadamente las ecuaciones anteriores pueden generalizarse de la siguiente forma para la obtención del peralte "d"

CA = Coef. del Término "d<sup>2</sup>"

CB = Coef. del Término "d"

CC = Coef. del Término independiente

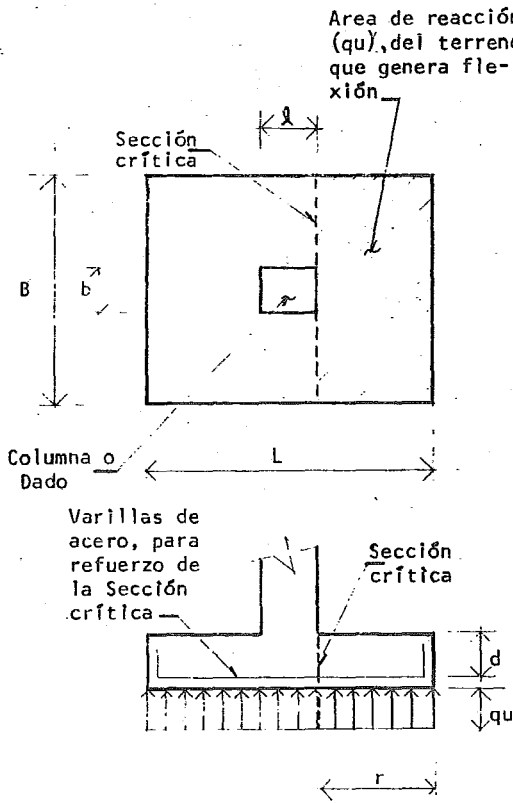
$$d = \frac{-CB + \sqrt{(CB)^2 - 4(CA)(CC)}}{2(CA)}$$

...1.4.6

### 1.5 Diseño por flexión

Las zapatas de concreto se refuerzan, con varillas de acero, para resistir los esfuerzos de flexión, que se les generan por la reacción del terreno, o esfuerzo del diseño ( $q_u$ ).

Se considera que la zapata trabaja por flexión, como voladizo empotrado en una sección crítica, localizada al paño de la columna o dado (si éstos son de concreto reforzado) abarcando todo el ancho de la zapata, como se observa en la figura 1.5.a.



El momento flexionante máximo que actúa en la sección crítica, de acuerdo a dicha figura, para zapatas rectangulares es:

$$M_f = \frac{1}{2} (q_u) (B) \left( \frac{L-l}{2} \right)^2$$

$$M_f = \frac{q_u (B) (L-l)^2}{8} \dots \text{ec 1.5.1}$$

En zapatas cuadradas substituir "B" por "L" y "l" por "b".

Para resistir el momento flexionante actuante, las zapatas se refuerzan a flexión simple; colocándose, varillas de acero, en la zona o lecho, en que se generan tensiones. Comúnmente en el lecho o cara inferior de la zapata

En la figura 1.5.a.

$$r = \frac{L-l}{2}$$

FIGURA 1.5.a



El área necesaria de acero de refuerzo, se calcula con expresiones matemáticas determinadas mediante hipótesis simplificadoras, referentes al comportamiento de elementos de concreto reforzado, sujetos a flexión simple; fundamentadas mediante ensayos de laboratorio.

En el art. 2.1 de las normas técnicas complementarias del RCDF-77 se establecen las hipótesis presentadas a continuación:

- a. La distribución de deformaciones unitarias longitudinales en la sección transversal de un elemento es plana.
- b. Existe adherencia entre el concreto y el acero de tal manera que la deformación unitaria del acero es igual a la del concreto adyacente.
- c. El concreto no resiste esfuerzos de tensión
- d. La deformación unitaria del concreto ( $\epsilon_c$ ), en compresión, cuando se alcanza la resistencia de la sección es 0.003
- e. La distribución de esfuerzos de compresión en el concreto cuando se alcanza la resistencia es uniforme en una zona cuya profundidad ( $a$ ), es 0.8 veces la del eje neutro ( $c$ ).

De acuerdo a las hipótesis anteriores se establece la figura 1.5.b, siendo ( $f_c''$ ) el esfuerzo del concreto para diseño y ( $f_y$ ) el esfuerzo o resistencia nominal del acero de refuerzo.

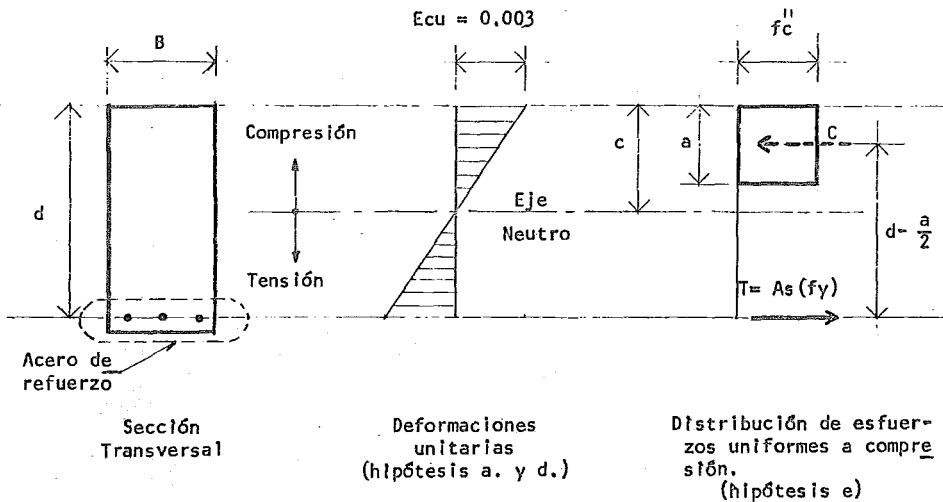


FIGURA 1.5.b.

De la figura anterior, el momento que resistirá la sección, está dado por las dos expresiones siguientes:

$$M_r = T \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots 1.5.2$$

$$M_r = C \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots 1.5.3$$

donde:  $T = (A_s) f_y$  (Fuerza resistente del área de acero)  
 $C = (a)(B) f'_c$  (Fuerza resistente del volumen de concreto)

" $A_s$ " es el área transversal del acero de refuerzo  
 Sustituyendo el valor de " $T$ " y " $C$ " en las ecs. 1.5.2 y 1.5.3

$$M_r = f_y (A_s) \left[ d - \frac{a}{2} \right] \dots\dots\dots 1.5.3.$$

$$M_r = a (B) (f'_c) \left[ d - \frac{a}{2} \right] \dots\dots\dots 1.5.4.$$

Por equilibrio de fuerzas se debe cumplir

$$C = T$$

o bien

$$(a) (B) f_c'' - A_s (f_y)$$

despejando "a"

$$a = \frac{A_s (f_y)}{B (f_c'')}$$

Sustituyendo en las ecuaciones 1.5.3 y 1.5.4

$$M_r = f_y (A_s) \left[ d - \frac{A_s f_y}{2B f_c''} \right] \dots\dots\dots 1.5.5.$$

$$M_r = \frac{A_s (f_y)}{B (f_c'')} B f_c'' \left[ d - \frac{A_s f_y}{2 B f_c''} \right] \dots\dots\dots 1.5.6$$

haciendo

$$\rho = \frac{A_s}{Bd} \quad \text{porcentaje de acero de refuerzo}$$

de la ec. 1.5.5.

$$M_r = f_y \rho B d^2 \left[ 1 - \frac{\rho f_y}{2 f_c''} \right]$$

Desarrollando la ecuación anterior

$$\left[ \frac{f_y^2 B d^2}{2 f_c''} \right] \rho^2 - (f_y B d^2) \rho + M_r = 0$$

$$\left[ \frac{f_y}{2 f_c''} \right] \rho^2 - \rho + \frac{M_r}{f_y B d^2} = 0 \quad \dots\dots\dots 1.5.7.$$

Simplificando la ecuación anterior a partir de la fórmula general para la solución de ecuaciones de 2° grado, se obtiene:

$$\varphi = \frac{f_c''}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_r}{B d^2 f_c''}} \right]$$

El RCDF-77 considera un "factor de resistencia" F.R. adicional. El porcentaje de acero " $\varphi$ " que necesita la sección crítica para resistir el momento flexionante estará dado por:

haciendo  $M_r = M_f$

e incluyendo el "F.R."

$$\varphi = \frac{f_c''}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_f}{(F.R.) B d^2 f_c''}} \right] \dots\dots\dots 1.5.8$$

El área de acero de refuerzo será:

$$A_s = \varphi (B) (d) \dots\dots\dots 1.5.9$$

Conociéndose el área transversal unitaria de las varillas, de un diámetro específico, puede calcularse la separación necesaria entre ellas para que sus áreas sumen el valor calculado de " $A_s$ "

$$S = \frac{(A_v) (B)}{A_s} \dots\dots 1.5.10$$

donde  $A_v$  = Área unitaria de las varillas de refuerzo

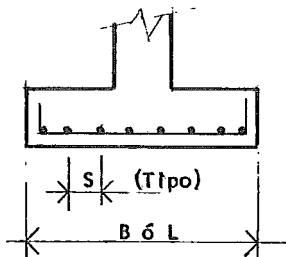


FIG.. 1.5.c.

### 1.6 Método para el diseño de zapatas de bloque a compresión simple.

El método se desarrolla de acuerdo a las "Normas Técnicas - complementarias" del "Reglamento de Construcciones del Distrito Federal de 1977" (RCDF - 77), para el diseño de estructuras de concreto.

Los pasos a seguir para el diseño de este tipo de zapatas, se desglosan a continuación

#### I. Datos

1er. paso.- Se establecen los datos para el diseño

- Carga axial actuante o proveniente de la Superestructura ( $P_s$ )
- Dimensiones del dado o columna que soportará la zapata ( $b, d$ )
- Presión admisible en el suelo, obtenida mediante un estudio de mecánica de Suelos ( $\sigma_a$ )
- Materiales para el diseño:

Resistencia del concreto ( $f'_c$ )

Resistencia del acero de refuerzo ( $f_y$ )

2º paso.- Se calcula la carga última para diseño ( $P$ )

$$P = F.C. \times P_s \quad (\text{Subcapítulo 1.1})$$

Según el RCDF-77  
artículo 20 del  
Capítulo IV

F.C. = 1.4, Si " $P_s$ " es resultado de cargas permanentes o variables, Como cargas muertas y/o vivas

F.C. = 1.1, Si " $P_s$ " es resultado de combinaciones de carga que incluyan efecto accidental - (sismo o viento)

3er. Paso Determinación de la presión de diseño ( $q_u$ )  
(Subcapítulo 1.2)

$$q_u = \nabla a - q_c \dots\dots\dots \text{ec. 1.2.3.}$$

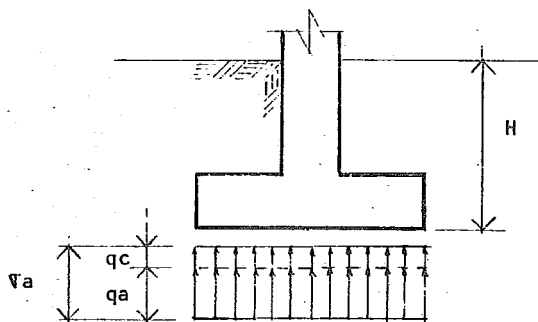


FIG. 1.6.a.

" $q_c$ " es la presión generada por la cimentación, la cual se puede estimar, multiplicando la profundidad de desplante ( $H$ ) de la zapata por un peso volumétrico de  $1.8 \text{ ton/m}^3$  (valor que considera el peso de relleno y la zapata). En caso de existir alguna sobrecarga " $q_s$ ", no proveniente de la superestructura, también deberá incluirse en " $q_c$ ." (Fig. 1.6.a.)

II. Constantes de Diseño

4° paso

- Esfuerzos del concreto (Arts. 1.4.1.a y 2.1.2.b del RCDF-77)

$$f_c^* = 0.8 f_c'$$

$$f_c'' = \begin{cases} 0.85 f_c^* & \Leftrightarrow f_c^* < 250 \text{ kg/cm}^2 \\ (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^* & \Leftrightarrow f_c^* \geq 250 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

- Factores de Resistencia F.R. (Art. 1.6 del RCDDF-77)

- Cortante: F.R. = 0.8
- Flexión: F.R. = 0.9
- Aplastamiento = F.R. = 0.7

### III. Diseño Estructural

5° Paso Cálculo de las dimensiones de la zapata (B,L).  
(Subcapítulo 1.2)

Para zapatas rectangulares

Si B se da como dato:

$$L = \frac{P}{q_u (B)} \quad \dots\dots\dots 1.2.1$$

Para zapatas cuadradas

$$B = \sqrt{\frac{P}{q_u}} \quad \dots\dots\dots 1.2.2$$

6° Paso Diseño del peralte efectivo por cortante como viga ancha, o en una dirección (Subcapítulo 1.3)

Para Zapatas rectangulares:

$$d = \frac{q_u (L - l)}{2 (\sqrt{v_c} + q_u)} \quad \dots\dots\dots 1.3.4$$

Para Zapatas cuadradas

$$d = \frac{q_u (B - b)}{2 (\sqrt{v_c} + q_u)} \quad \dots\dots\dots 1.3.5.$$

Según el art. 2.1.5.a.I del RCDDF-77 para vigas de concreto:

$$\text{Si } \rho < 0.01 \Leftrightarrow \sqrt{v_c} = \text{F.R. } (0.2 + 30 \rho) \sqrt{f_c^*}$$

$$\text{Si } \rho \geq 0.01 \Leftrightarrow \sqrt{v_c} = 0.5 \text{ F.R. } \sqrt{f_c^*}$$

donde:  $\rho$  = porcentaje de acero de refuerzo  
 F.R. = Factor de resistencia correspondiente por  
 cortante (0.8)

Por lo anterior, se debería proponer un porcentaje " $\rho$ " de acero, para poder obtener "d". Y posteriormente cuando se calculara " $\rho$ ", se revisaría que su valor obtenido, fuera similar al considerarlo en el cálculo de "d", en caso contrario se repetiría el procedimiento, considerando el valor obtenido de " $\rho$ ".

Sin embargo en el informe N°474 del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., sobre el estudio de la "Resistencia a Cortante de Elementos Anchos", se establece que para este tipo de elementos, en los cuales se incluyen las zapatas, el valor adecuado del esfuerzo resistente se puede calcular sin considerar el porcentaje de acero, como:

$$\sqrt{c} = 0.5 \text{ F.R. } \sqrt{f_c}$$

Por esto, el cálculo del peralte como viga ancha, se puede hacer directamente, sin necesidad de iteraciones.

Puede usarse el procedimiento iterativo, pero claro está que los valores que se obtengan del peralte, serán más conservadores, en los casos donde " $\rho$ " sea menor que 0.01

7° Paso Diseño del peralte efectivo por cortante como losa, o en dos direcciones (subcapítulo 1.4)

expresión general

$$d = \frac{-CB + \sqrt{(CB)^2 - 4(CA)(CC)}}{2(CA)} \quad \dots\dots\dots 1.4.6$$



Para Zapatas rectangulares con columnas rectangulares:

$$CA = qu + 4\sqrt{c}$$

$$CB = qu (l+b) + 2\sqrt{c} (b+l)$$

$$CC = qu (lb + BL)$$

Para zapatas cuadradas o columnas cuadradas substituir "L" por "B", y/o "l" por "b"; o viceversa, o bien considerar directamente los coeficientes que corresponden al caso a diseñar según las expresiones del subcapítulo 1.4.

El RCDDF-77, establece en el art. 2.1.5.j, que el esfuerzo resistente del concreto sin refuerzo por cortante, para el diseño en dos direcciones o penetración es:

$$\sqrt{c} = F.R. \sqrt{f_c^*}$$

donde F.R. = 0.8

#### 8° Paso. Peralte efectivo definitivo

Se comparan los valores de los peraltes (d) obtenidos en el 6° y 7° pasos. El peralte definitivo será el de mayor valor; el cual se incrementará con el recubrimiento que necesite darse al acero de refuerzo para su protección. El RCDF-77 indica que dicho recubrimiento deberá ser de 3 cm. para zapatas con plantilla o 5 cm. para elementos colados directamente contra el terreno.

#### 9° Paso Diseño para flexión (subcapítulo 1.5)

- a. Cálculo del momento flexionante de diseño para zapatas rectangulares

$$M_f = \frac{q_u B (L-l)^2}{8} \quad (\text{lado largo}) \quad \dots\dots\dots \text{ec. 1.5.1.}$$

$$M_f = \frac{q_u L (B-b)^2}{8} \quad (\text{lado corto})$$

Para zapatas cuadradas

$$M_f = \frac{q_u B (B-b)^2}{8}$$

b. Cálculo del porcentaje de acero: zapatas rectangulares (lado largo), y zapatas cuadradas:

$$\rho = \frac{f_c''}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_f}{(F.R.) (B) (d^2) (f_c'')}} \right] \dots\dots \text{ec 1.5.8}$$

zapatas rectangulares (lado corto)

$$\rho = \frac{f_c''}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_f}{(F.R.) (L) (d^2) (f_c'')}} \right]$$

por su diseño por flexión F.R. = 0.9

Según el Art. 2.1.2.a y b  $\rho$  será como mínimo

$$\rho_{(\min)} = \frac{0.7 \sqrt{f_c'}}{f_y}$$

y no deberá exceder el porcentaje de acero balanceado o máximo

$$\rho_b = \frac{f_c''}{f_y} \frac{4800}{(f_y + 6000)}$$

Si las cargas actuantes son permanentes.

En caso de que las cargas sean accidentales, se tomará como máximo

$$\rho_{\max} = 0.75$$

- c. Cálculo del área de acero:  
zapatas rectangulares (lado largo) y zapatas cuadradas

$$As1 = \rho (B)(d) \quad \dots\dots\dots \text{ec. 1.5.9}$$

Zapatas rectangulares (lado corto)

$$As2 = \rho (L)(d)$$

- d. Armado con Varillas de refuerzo

Cálculo de la separación de varillas

- Zapatas cuadradas. El refuerzo será espaciado uniformemente en las dos direcciones principales

$$s = \frac{Av (B)}{As} \quad \dots\dots\dots \text{ec. 1.5.10}$$

- Zapatas rectangulares

En el art. 4.4.1. del RCDF-77, se especifica que en este tipo de zapatas, el refuerzo paralelo al lado mayor se distribuirá uniformemente; y el paralelo al lado menor se distribuirá en tres franjas en la forma siguiente: (Fig. 1.6.b.):

En la franja central, de ancho igual a "B" (lado corto), una cantidad de refuerzo igual a la totalidad que debe colocarse en esa dirección, multiplicada por  $(2B)/(B+L)$ .

El resto del refuerzo se distribuirá uniformemente. En ambos casos, el área de acero no implicará un porcentaje menor que el mínimo establecido.

Refuerzo paralelo al lado largo (L)

$$S = \frac{A_v(B)}{A_s1}$$

Refuerzo paralelo al lado corto (B)

Franja central

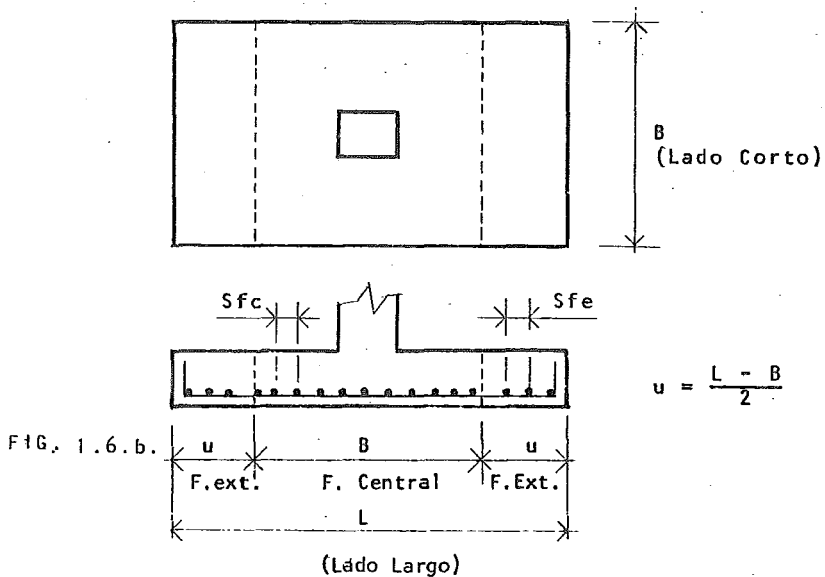
$$A_{sc} = \left[ \frac{2B}{B + L} \right] A_{s2}$$

$$S_{fc} = \frac{A_v(B)}{A_{sc}}$$

Franjas extremas

$$A_{se} = A_{s2} - A_{sc}$$

$$S_{fe} = \frac{A_v(L-B)}{A_{se}}$$



En ningún caso la separación máxima entre las varillas de refuerzo excederá de 50 cm, ni de 3.5 veces el peralte, para efectos de cambios volumétricos, como lo establece el art. 3.10 del RCDF-77

### 10° Paso Revisión por aplastamiento del dado o columna

Se debe revisar que el esfuerzo de aplastamiento ( $f_p$ ) en el área de contacto ( $A_1$ ) del dado sobre la zapata, no rebase el esfuerzo permisible indicado en el art. 2.1.4 del RCDF-77

$$f_p = \beta F.R. f_c^*$$

donde:

$$\beta = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2$$

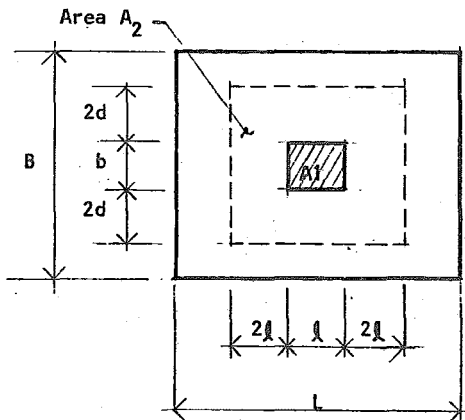


FIGURA 1.b.c.

$$A_1 = b \times l$$

$A_2$  = área de la figura de mayor tamaño, semejante al área de contacto "A1" y concéntrica con ella, que puede inscribirse en la superficie que recibe la carga. Pero no mayor que

$$(b+4d) (l+4d)$$

(ver Fig. 1, b.c.)

En caso contrario las dimensiones  $b$ ,  $l$  del dado o columna -- deberán incrementarse.

## 1.7. Ejemplos

## EJEMPLO 1.7.1 : DISEÑO DE ZAPATA DE BLOQUE A COMPRESION SIMPLE

## I. DATOS

- a) ACCIONES, RESISTENCIA DEL TERRENO Y DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

$$P = 90 \text{ TON } \left\{ \begin{array}{l} \text{CARGA INCREMENTADA CON FACTOR CARGA} \end{array} \right.$$

DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA :

$$b = l = 40 \text{ CM}$$

PRESION ADMISIBLE EN EL TERRENO Y PRESION DE DISEÑO :  
 $\gamma_T = 12 \text{ TON/M}^2 \Rightarrow q_u = 10 \text{ TON/M}^2$  (SE CONSIDERA 2 TON/M<sup>2</sup> DE PESO DE CIMENTACION)

- b) MATERIALES :

$$\text{CONCRETO : } f'_c = 200 \text{ KG/CM}^2$$

$$\text{ACERO : } f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$$

## II. CONSTANTES DE DISEÑO

- a) ESFUERZOS RESISTENTES PARA DISEÑO :

$$f^*_c = 0.8 f'_c = 160 \text{ KG/CM}^2$$

$$f''_c = 0.85 f^*_c = 136 \text{ KG/CM}^2$$

- b) FACTORES DE RESISTENCIA :

$$\text{CORTANTE : } FR = 0.8$$

$$\text{FLEXION : } FR = 0.9$$

$$\text{APLASTAMIENTO : } FR = 0.7$$

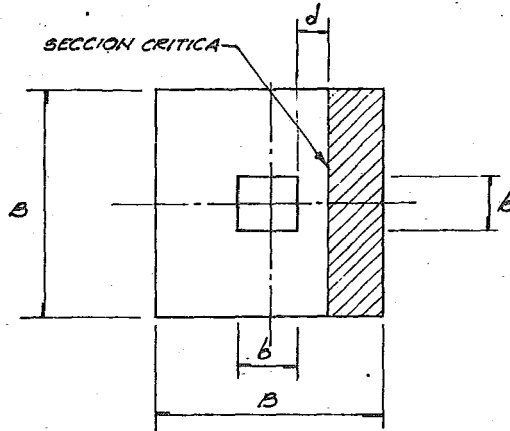
## III. DISEÑO ESTRUCTURAL

- a) DIMENSIONES (SUB-CAPITULO 1.2)

$$B = \sqrt{\frac{P}{q_u}} \quad \text{EC. 1.2.2.}$$

$$B = \sqrt{\frac{40000}{1.0}} = 200 \text{ cm}$$

- b) DISEÑO DEL PERALTE POR CORTANTE COMO VIGA ANCHA O EN UNA DIRECCION (SUB-CAPITULO 1.3)



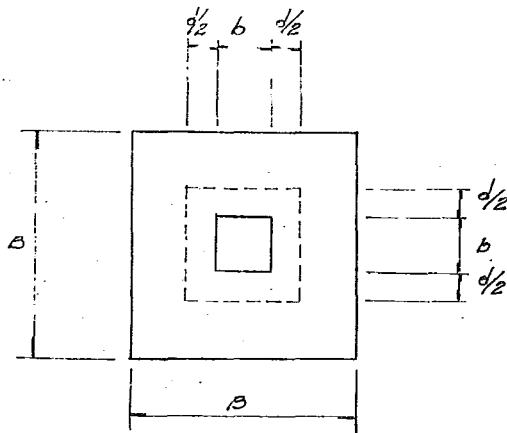
$$d_T = \frac{f_u (B-b)}{2(V_c + f_u)} \text{----- EC. 1.3.4}$$

ESFUERZO ADMISIBLE :  $V_c = 0.8 (0.5) \sqrt{f_{co}}$   
 $V_c = 5.06 \text{ kg/cm}^2$

$$d_T = \frac{1.0(200-40)}{2(5.06 + 1.0)} = 13.2 \text{ cm}$$

$$d_T = 13.2 \text{ cm}$$

- c) DISEÑO DEL PERALTE POR PENETRACION O COMO LOSA, CORTANTE EN DOS DIRECCIONES (SUB-CAPITULO 1.4)



$$d_L^2 \left( \frac{q_u}{4} + \sigma_c \right) + d_L \left( \frac{b q_u}{2} + b \sigma_c \right) + \left( \frac{b^2 - B^2}{4} \right) q_u = 0 \quad \text{EC. 1.4.4}$$

ESFUERZO ADMISIBLE  $\sigma_c = 0.8 \sqrt{160} = 10.12 \text{ kg/cm}^2$

HACIENDO:

$$CA = \frac{q_u}{4} + \sigma_c = \frac{1.0}{4} + 10.12 = 10.37$$

$$CB = \frac{b q_u}{2} + b \sigma_c = \frac{40(1.0)}{2} + 40(10.12) = 424.8$$

$$CC = \left( \frac{b^2 - B^2}{4} \right) q_u = \frac{(40)^2 - (200)^2}{4} 1.0 = -9600$$

$$d_L = \frac{CB \pm \sqrt{CB^2 - 4CA \cdot CC}}{2CA}$$

$$d_L = \frac{-(424.8) + \sqrt{(424.8)^2 - 4(10.37)(-9600)}}{2(10.37)} = 16.2$$

$$d_L = 16.2 \text{ cm}$$



$d_L = 16.2 \text{ cm} > d_T = 13.2 \text{ cm}$

∴ PERALTE FINAL  $d = 16 \text{ cm}$

d) DISEÑO POR FLEXION (SUB-CAPITULO 1.5)  
MOMENTO FLEXIONANTE DE DISEÑO :

$$M_f = \frac{q_u B(B-b)^2}{8} \text{----- EC. 1.5.1}$$

$$M_f = \frac{1.0(200)(200-10)^2}{8} = 640\ 000 \text{ KG-CM.}$$

PORCENTAJE DE ACERO :

$$\rho = \frac{f''_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_f}{FR(B)(d^2)(f''_c)}} \right] \text{----- EC. 1.5.8.}$$

$$\rho = \frac{136}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(640\ 000)}{0.9(200)(16)^2(136)}} \right]$$

$\rho = 0.0035$

PORCENTAJE MINIMO :

$$\rho_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f''_c}}{f_y} = \frac{0.7 \sqrt{200}}{4200} = 0.0024$$

PORCENTAJE MAXIMO :

$$\rho_b = \frac{f''_c}{f_y} \frac{4800}{(f_y + 6000)} = \frac{136}{4200} \frac{4800}{(4200 + 6000)} = 0.015$$

$$\ell_{max} = 0.75 (0.015) = 0.011$$

$$\ell_{min} < \ell < \ell_{max} \text{ OK } \Rightarrow \ell = 0.0035$$

AREA DE ACERO

$$A_s = \ell (B) (d) \text{ ----- EC. 1.5.9}$$

$$A_s = 0.0035 (200) (16) = 11.2 \text{ cm}^2$$

ARMADO CON VARILLAS DE REFUERZO  
PROPORCIONANDO VARILLAS  $\phi \frac{3}{8}$ " (#3)

$$A_v = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_v (B)}{A_s} \text{ ----- EC. 1.5.10}$$

$$S = \frac{0.71 (200)}{11.2} = 12.67 \text{ cm}$$

USAR VARILLAS  $\phi \frac{3}{8}$ " (#3) @ 12 cm  
EN LAS DOS DIRECCIONES.

e) REVISION POR APLASTAMIENTO DEL DADO:

$$A_1 = b (l) = (40) (40) = 1600 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = (b + 4d) (l + 4d)$$

$$A_2 = (40 + 4(16)) (40 + 4(16)) = 10816 \text{ cm}^2$$

$$\beta = \sqrt{\frac{10816}{1600}} = 2.6 \Rightarrow \beta = 2$$

ESFUERZO ADMISIBLE POR APLASTAMIENTO :

$$f_p = \beta (FR) f'_c$$

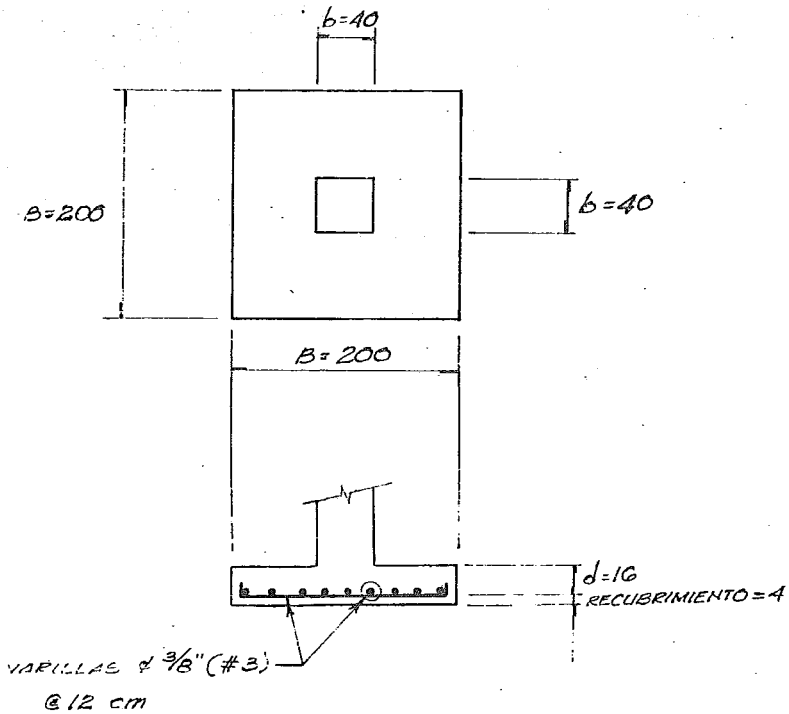
$$f_p = 2(0.7)(160) = 224 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_p = \frac{P}{f_p} = \frac{40000}{224} = 179 \text{ cm}^2$$

$$A_p < A_1 \text{ OK}$$

SE ACEPTAN LAS DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA PROPUESTA

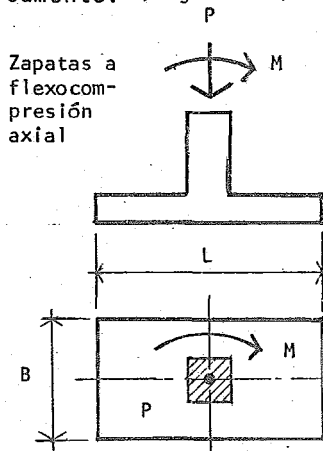
e) ZAPATA DISEÑADA



## CAPITULO 2

ZAPATAS DE BLOQUE A FLEXOCOMPRESION

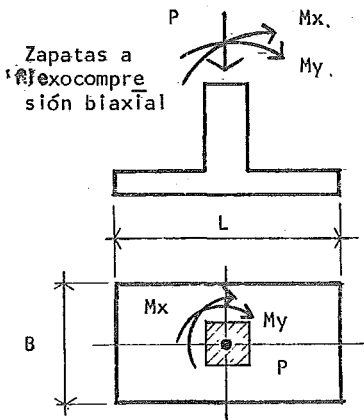
Una zapata está sujeta a flexocompresión cuando de la superestructura, de la que forma parte la columna que soporta, se le transmite simultáneamente una carga vertical y un momento en una o en las dos direcciones de sus ejes de simetría en planta; o bien se le transmite una carga excéntrica. (Fig. 2.a.)



Zapatas a flexocompresión axial

Las zapatas sujetas a una carga y un momento en una dirección están sujetas a "flexocompresión uniaxial", mientras que aquellas con una carga y momento en sus dos direcciones estarán a "flexocompresión biaxial".

Los casos en que se transmiten a la cimentación cargas verticales y momentos simultáneos son los siguientes:



Zapatas a flexocompresión biaxial

a. Columnas exteriores de estructuras en general, en que se supone la unión columna-zapata empotrada.

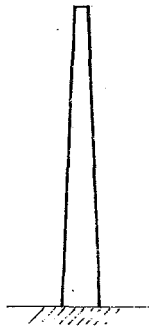
b. En columnas de estructuras a base de marcos rígidos empotrados en la cimentación, para resistir desplazamientos laterales debido a fuerzas horizontales de viento o sismo; o a la

FIGURA 2.a.

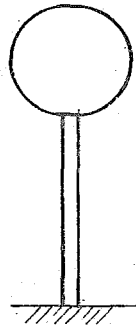
asimetría geométrica y/o de cargas (marcos con desplazamientos laterales o sin contraventeo).

- c. Postes de luz, alumbrado y señalización
- d. Chimeneas, tanques elevados soportados por una columna única, y estructuras similares.

En los casos c) y d) cuando en dichas estructuras actúan fuerzas de viento o sismo que le generan excentricidades a su masa o a la que soportan (Figura 2.b)



chimeneas



tanques elevados

FIGURA 2.b

## 2.1. Determinación de dimensiones de zapatas a flexocompresión uniaxial

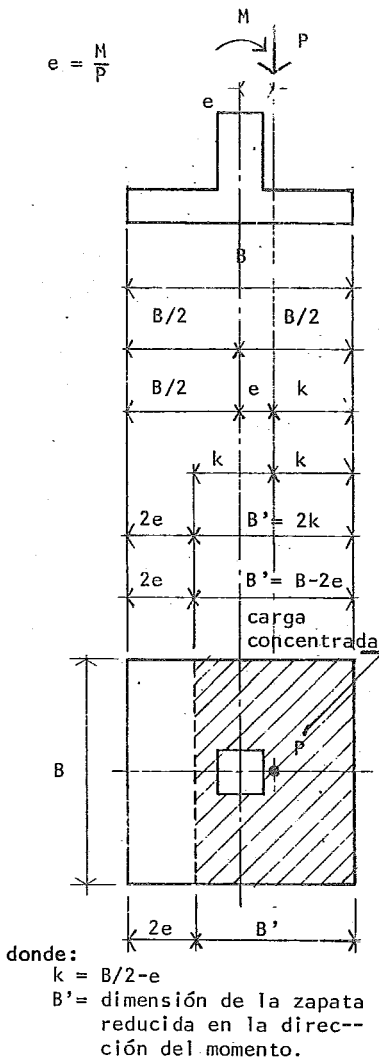


FIGURA 2.1.a.

Con el fin de facilitar el diseño de zapatas sujetas a momento y carga axial se puede hacer el siguiente razonamiento:

En la zapata de la figura 2.1.a, el momento "M" le produce una excentricidad "e" a la carga "P", por lo que si se supone que dicha carga genera una presión uniforme en el terreno, esta carga debe suponerse centrada en el área de presión. Por lo tanto si la excentricidad "e" se mide del eje de la zapata, tenemos que el área de presiones uniformes estará determinada por una dimensión  $B/2 - e$  medida a ambos lados del eje de la carga "P", en la dirección del momento.

$$B' = 2 \left( \frac{B}{2} - e \right)$$

de aquí que:

$$B' = B - 2e \text{ ----- 2.1.1.}$$

como se ve en la figura 2.1.a

De lo anterior se concluye que, para el diseño de una zapata sujeta a flexocompresión axial (en una dirección), se puede considerar una distribución uniforme de esfuerzos reduciendo en  $2e$  la dimensión de la zapata en la dirección en que actúa el momento.

De aquí que, la presión en el terreno está dada por:

$$q_u = \frac{P}{B(B-2e)} = \frac{P}{B^2 - 2eB}$$

de donde:

$$B = \frac{2e + \sqrt{4(e^2) + 4(P/q_u)}}{2}$$

.....2.1.2

## 2.2. Determinación de dimensiones de zapatas a flexocompresión biaxial

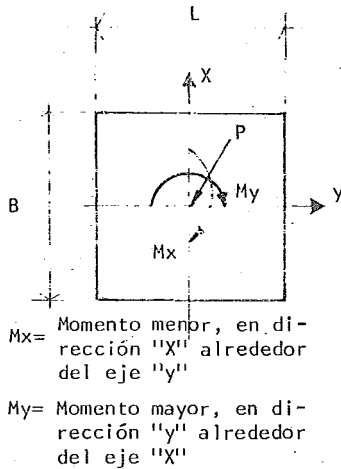


FIGURA 2.2.a.

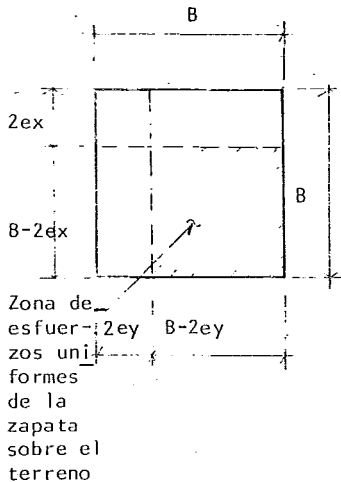
En la práctica el determinar directamente las dimensiones de una zapata sujeta a flexocompresión biaxial es complicado, y lo que comúnmente se hace es proponer ciertas dimensiones y probarlas, aumentándolas o disminuyéndolas por medio de iteraciones, por lo que muchas veces se dan medidas no óptimas a una zapata. En el presente desarrollo se determina la expresión para calcular las dimensiones necesarias para que una zapata transmita adecuadamente las cargas al terreno.

\* Nota.- Ver figura 2.2.a.

### 2.2.1. Zapatas Cuadradas: (Fig. 2.2.1a)

Aquí  $B = L$

Se tiene que si  $q_u =$  Presión de diseño



$$q_u = \frac{P}{\text{Area}} = \frac{\text{Carga sobre el terreno}}{\text{Area de esfuerzos uniformes}}$$

Siguiendo el criterio del inciso 2.1 tenemos que:

$$q_u = \frac{P}{(B-2ex)(B-2ey)} \quad \text{de acuerdo a la Fig 2.2.1.a}$$

Por lo tanto se tiene la siguiente expresión

FIGURA 2.2.1.a.

$$(B-2ex) (B-2ey) = P/qu$$

De aquí que:

$$B^2 - 2eyB - 2exB + 4exey = P/qu$$

agrupando términos

$$B^2 + B [-2(ey+ex)] + [4exey - \frac{P}{qu}] = 0$$

$$B = \frac{2(ey+ex) + \sqrt{4(ey+ex)^2 - 4(4exey - P/qu)}}{2} \dots\dots\dots 2.2.1.1.$$

o bien, haciéndø:

$$CA=1$$

$$CB=-2(ey+ex)$$

$$CC=4exey=P/qu$$

$$B = \frac{-CB + \sqrt{CB^2 - 4CC}}{2} \dots\dots\dots 2.2.1.2.$$

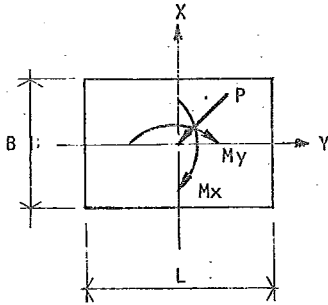


FIGURA 2.2.2.a

Zona de esfuerzos uniformes de la zapa sobre el terreno.

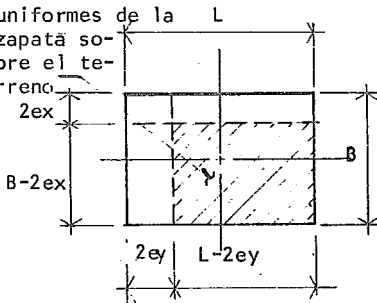


FIGURA 2.2.2.b

2.2.2. Zapatas rectangulares: (2.2.2a)

De una forma similar al desarrollo 2.1. tenemos lo siguiente:

$$q_u = \frac{P}{Area} = \frac{Carga\ sobre\ el\ terreno}{Area\ de\ esfuerzos\ uniformes.}$$

de acuerdo a la figura 2.2.2.b basada en el desarrollo del inciso 2.1

$$q_u = \frac{P}{(B-2ex)(L-2ey)} \dots\dots\dots 2.2.2.1$$



En esta ecuación las incógnitas son "B" y "L", por lo que, para calcular estas dimensiones, de la zapata rectangular, se puede hacer una interrelación proporcional entre ellas, que puede depender de:

a) La dimensiones del dado o columna

$$B = \frac{b}{l} \cdot L \quad \text{donde: } \begin{array}{l} b = \text{Lado Corto del dado} \\ l = \text{Lado Largo del dado} \\ B = \text{Lado corto de la Zapata} \\ L = \text{Lado Largo de la Zapata} \end{array}$$

b) Magnitud de la excentricidad en cada dirección

$$B = \frac{ex}{ey} \cdot L \quad \text{donde: } \begin{array}{l} ex = \text{excentricidad de la carga "P" debida al momento menor (en la dirección X, alrededor del eje y)} \\ ey = \text{excentricidad de la carga debida al momento mayor (en la dirección y, alrededor del eje x)} \end{array}$$

De lo anterior tenemos:  $Re = \frac{b}{l}$  ó  $Re = \frac{ex}{ey}$

Por lo tanto substituyendo  $B = Re \cdot L$ :

$$q_u = \frac{P}{(B-2ex)(L-2ey)} = \frac{P}{(ReL-2e_x)(L-2ey)} ;$$

$$q_u [L^2 Re - L(2eyRe) - L(2ex) + 4exey] = P$$

de donde:

$$ReL^2 + [-2(Reey+ex)]L + 4exey - \frac{P}{q_u} = 0 \quad \dots\dots 2.2.2.2$$

haciendo:

$$CA = Re$$

$$CB = -2(Ree y + ex)$$

$$CC = 4exey - p/q_u$$

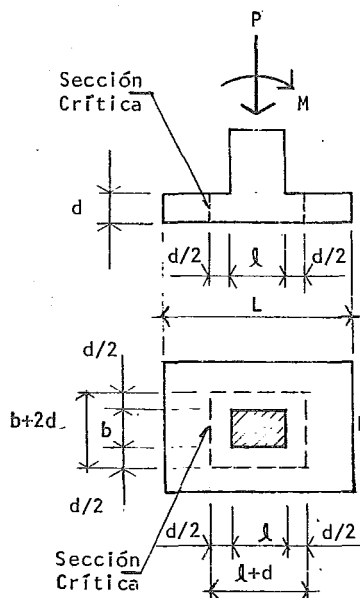
$$L = \frac{-CB + \sqrt{CB^2 - 4CACC}}{2CA}$$

$$B = Re(L)$$

..... 2.2.2.3

..... 2.2.2.4

### 2.3. Revisión del peralte de zapatas de bloque sujetas a flexocompresión, por penetración (como losa)



En las zapatas sujetas a flexocompresión uniaxial o biaxial, también se puede presentar la falla por penetración, por lo que es necesario - revisar los esfuerzos generados en la sección crítica de la zapata, - los cuales no deben rebasar el esfuerzo máximo admisible por corte (por penetración para losas) - del concreto si no se desea reforzar la zapata por esta acción.

Al igual que en las zapatas sujetas a compresión axial, para este caso, la sección crítica de la zapata se localiza a una distancia  $d/2$  de los paños de la columna o dado, como se muestra en el figura 2.3.a.

FIGURA 2.3.a.

### 2.3.1. Zapatas a flexocompresión uniaxial

Cuando una zapata está sujeta a una carga y a un momento, se considera que además del cortante generado por la carga en la sección crítica; el momento actuante, debido a la excentricidad "e" que le genera a la carga "P", produce -- una variación lineal de los esfuerzos cortantes en la sección crítica. Esto se explica esquemáticamente en la figura 2.3.1.b

En la figura 2.3.1.b.a) el esfuerzo "vm" es producido sólo -- por una fracción del momento, respecto del centroide de la sección crítica. Dicha fracción está dada por:

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1+0.67 \left[ \frac{C_1+d}{C_2+d} \right]} \quad \dots\dots\dots 2.3.1.1.$$

Donde  $C_1$  es el lado del dado o columna paralelo a la dirección del momento, y el lado perpendicular a éste será --  $C_2$ ; para este caso y de acuerdo a la figura 2.3.a

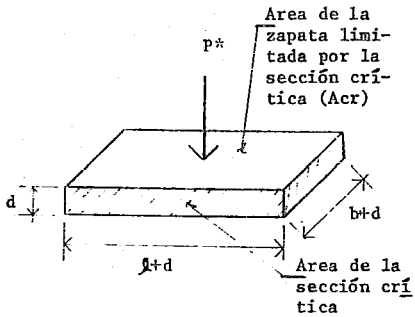
$b=C_2$  y  $l=C_1$  por lo tanto:

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1+0.67 \left[ \frac{(l+d)}{(b+d)} \right]} \quad \dots\dots\dots 2.3.1.2$$

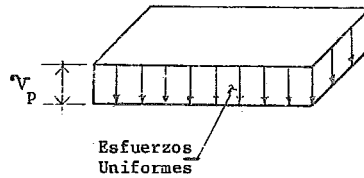
El esfuerzo cortante (vm) generado por dicha fracción del momento es:

$$V_m = \frac{\alpha (Mc)}{J_c} \quad \dots\dots\dots 2.3.1.3$$

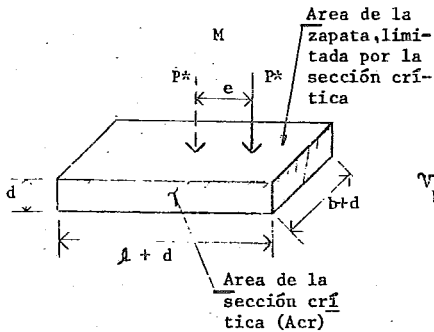
a) Para una carga axial:



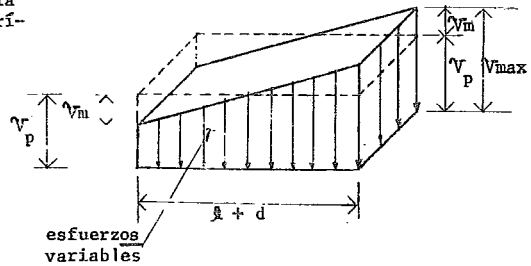
Distribución de esfuerzos en la sección crítica:



b) Para una carga con excentricidad generada por un momento actuante:



Distribución de esfuerzo en la sección crítica:



donde:

$v_p$  = Esfuerzo cortante uniforme generado por la carga "P" en la sección crítica

$v_m$  = Esfuerzo cortante generado por la excentricidad de la carga "P"

$v_{max}$  = Esfuerzo cortante máximo, a que se sujeta la sección crítica

FIGURA 2.3.1.b.

En la expresión anterior (2.3.1.3), "M" es el momento actuante, "C" es la distancia del centro a la fibra más alejada de la sección crítica en la dirección del momento, y "J<sub>c</sub>" está dado por la siguiente expresión:

$$J_c = \frac{d(C_1+d)^3}{6} + \frac{(C_1+d)d^3}{6} + \frac{d(C_2+d)(C_1+d)^2}{2} \dots 2.3.1.4$$

y para este caso:

$$J_c = \frac{d(l+d)^3}{6} + \frac{(l+d)d^3}{6} + \frac{d(b+d)(l+d)^2}{2} \dots 2.3.1.5.$$

De acuerdo a la figura 2.3.1.b.b) el esfuerzo máximo ( $V_{max}$ ) -- está dado por la siguiente expresión:

$$V_{max} = \frac{P^*}{Acr} + \frac{Mc}{J_c} \leq V_{adm} = \text{esfuerzo admisible por penetración, del concreto}$$

..... 2.3.1.b

el área de la sección crítica (Acr) de acuerdo a la figura 2.3.1.b.b) es:

$$\begin{aligned} Acr &= 2(l+d)d + 2(b+d)d \\ Acr &= 2d [(l+d) + (b+d)] \\ Acr &= 2d (l+b+2d) \end{aligned} \quad 2.3.1.6$$

La carga P\*, es la carga efectiva que genera los esfuerzos de cortante

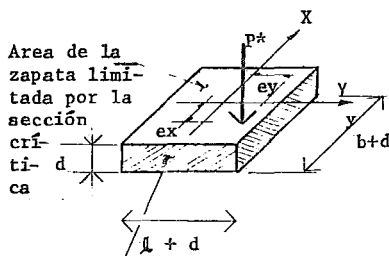
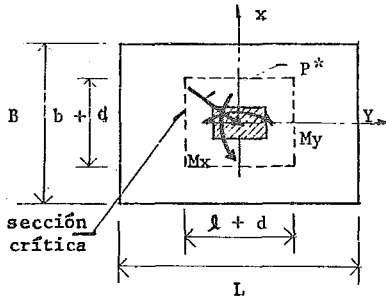
$$P^* = P - P'$$

donde P = Carga Total actuante

P' = Fuerza resultante de la reacción del terreno, debajo del área limitada por la sección crítica (Acr)

$$P' = q_u (l+d)(b+d)$$

2.3.2. Zapatas a flexocompresión biaxial



Area de la zapata limitada por la sección crítica

FIGURA 2.3.2.a.

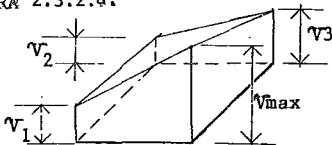


FIGURA 2.3.2.b.

Este caso se presenta cuando además de la carga axial actuante "P\*" (figura 2.3.a), se presentan momentos en la zapata, los cuales generan variaciones en la distribución de esfuerzos en la zona de la sección crítica, como se muestra en la figura 2.3.2.b, en donde aplicando el criterio de la superposición de acciones, se puede conocer el esfuerzo máximo en la sección crítica de acuerdo a la expresión siguiente:

$$V_{max} = \frac{P^*}{A_{cr}} + \left[ \frac{\alpha_x M C}{J C_x} \right] + \left[ \frac{\alpha_y M C}{J C_y} \right] \dots 2.3.2.1.$$

$$V_{may} = \frac{P^*}{A_{cr}} + \frac{\alpha_x M_x C_x}{J C_x} + \frac{\alpha_y M_y C_y}{J C_y} \dots 2.3.2.2.$$

En base a la figura 2.3.2.a y siguiendo el mismo criterio que en el caso para zapatas a flexocompresión uniaxial se tiene que:

EC. 2.3.2.3

$$J_{cy} = \frac{d(l+d)^3}{6} + \frac{(l+d)d^3}{6} + \frac{d(b+d)(l+d)^2}{2}; \alpha_y = 1 - \frac{1}{1+0.67(l+d)/(b+d)}$$

EC. 2.3.2.4

$$J_{cx} = \frac{d(b+d)^3}{6} + \frac{(b+d)d^3}{6} + \frac{d(l+d)(b+d)^2}{2}; \alpha_x = 1 - \frac{1}{1+0.67(b+d)/(l+d)}$$

Aquí igual que en los desarrollos anteriores el área crítica está dada por:

$$A_{cr} = 2d(l+b+2d) \dots \text{ec. 2.3.2.5}$$

La carga efectiva:

$$P^* = P - P'; \text{ donde: } P = qu(1+d)(b+d)$$

## 2.4 Método para el diseño de zapatas de bloque a flexocom- presión:

Para el diseño a flexocompresión, debe seguirse el procedimiento descrito en el subcapítulo 1.6, haciendo las consideraciones adicionales o modificaciones, que se indican a continuación para cada paso.

### I. DATOS

1er. Paso.- Se establecen los datos para el diseño

- Incluir el momento o los momentos actuantes.
- Definir el tipo de zapata a diseñar. Cuadrada o Rectangular

2º Paso.- Se calculan la carga axial y los momentos últimos para diseño (subcapítulo 1.1 )

$$P = F.C. \times P_s$$

$$M_x = F.C. \times M_{xs} \quad (\text{Momento menor})$$

$$M_y = F.C. \times M_{ys} \quad (\text{Momento mayor})$$

Los factores de carga son los establecidos en el subcapítulo 1.6

3er. Paso.- Determinación de la presión de diseño.

Seguir lo prescrito en el subcapítulo 1.6

### II. CONSTANTES DE DISEÑO

4º Paso.- Seguir lo prescrito en el subcapítulo 1.6

### III. Diseño Estructural

5° Paso.- Cálculo de las dimensiones de la zapata (B,L)

a. Zapatas a flexocompresión uniaxial (Subcapítulo 2.1)

Se calcula la excentricidad:  $e = \frac{M}{P}$

$$B = L = \frac{2e + \sqrt{4e^2 + 4(P/qu)}}{2}$$

b. Zapatas a flexocompresión biaxial (subcapítulo 2.2.)

Se calculan las excentricidades en las direcciones de los momentos actuantes

$$e_x = \frac{M_x}{P} \qquad e_y = \frac{M_y}{P}$$

- Zapatas cuadradas

$$B = \frac{-CB + \sqrt{CB^2 - 4CC}}{2}$$

.... ec. 2.2.1.2

donde:

$$CA = 1$$

$$CB = -2 (e_y + e_x)$$

$$CC = 4 (e_x) (e_y) - P/qu$$

- Zapatas rectangulares

Se calcula la relación de lados del dado o columna

$$Re = \frac{b}{l}$$



Se calcula la relación de excentricidades

$$Re = \frac{ex}{ey}$$

Se diseñan las dimensiones con el mayor valor "Re", -  
calculado

$$L = \frac{-CB + \sqrt{CB^2 - 4(CA)(CC)}}{2(CA)} \quad \dots\dots\dots \text{ec. 2.2.2.3}$$

$$B = Re(L) \quad \dots\dots\dots \text{ec 2.2.2.4}$$

donde

$$CA = Re$$

$$CB = -2 [Re(ey) + ex]$$

$$CC = 4(ex)(ey) - P/qu$$

6°Paso.- Diseño del peralte efectivo por cortante como viga  
ancha, o en una dirección

Obtener el peralte como se indica en el subcapítulo  
1.6, puesto que la presión "qu" se considera ac --  
tuando uniforme en el ancho reducido (B')

7°Paso.- Revisión del peralte obtenido en el 6°paso, por  
cortante como losa o en dos direcciones (subcapítu  
lo 2.3)

Se hace la revisión en base a lo desarrollado en  
los subcapítulos

2.3.1. para zapatas a flexocompresión uniaxial

2.3.2. para zapatas o flexocompresión biaxial

De acuerdo a la secuencia que aquí se establece:

- Se calculan los valores de " $\alpha$ " y " $J_c$ "
- Se determina la carga efectiva ( $P^*$ ) que debe resistir el peralte por cortante en dos direcciones
- Se calcula el área crítica en el concreto ( $A_{cr}$ ) que debe resistir el efecto de la carga  $P^*$
- Se obtienen el o los valores del esfuerzo máximo actuante ( $V_{max}$ )

para zapatas a flexocompresión uniaxial

$$V_{max} = \frac{P^*}{A_{cr}} + \frac{MC}{J_c} \quad \dots \text{ec. 2.3.1.6}$$

para zapatas a flexocompresión biaxial

$$V_{max} = \frac{P^*}{A_{cr}} + \frac{\alpha_x M_x C_x}{J_{cx}} + \frac{\alpha_y M_y C_y}{J_{cy}} \quad \dots \text{ec. 2.3.2.2.}$$

donde C, se define en los subcapítulos correspondientes

- Se compara el valor de " $V_{max}$ " con el valor del esfuerzo admisible ( $V_{adm}$ ) o resistente ( $V_c$ ) del concreto, establecido en el subcapítulo 1.6

En caso de que  $V_{max}$  sea mayor que  $V_c$ , deberá incrementarse el peralte, y repetir este 7° paso.

8°, 9° y 10° Paso. Seguir de acuerdo a lo indicado en el subcapítulo 1.6

## 2.5 Ejemplos

### EJEMPLO 2.5.1: DISEÑO DE ZAPATA DE BLOQUE A FLEXOCOMPRESIÓN UNIAXIAL

#### I.- DATOS

- a) ACCIONES, RESISTENCIA DEL TERRENO Y DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

$$\begin{array}{l} P = 50 \text{ TON.} \\ M = 25 \text{ TON.-M.} \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ACCIONES INCREMENTADAS POR FACTOR} \\ \text{DE CARGA} \end{array}$$

$$b = l = 50 \text{ CM}$$

$$q_T = 17.0 \text{ TON/M}^2 \Rightarrow q_u = 15.0 \text{ TON/M}^2 \quad (\text{SE CONSIDERA } 2 \text{ TON/M}^2 \text{ DE PESO DE CIMENTACION})$$

- b) MATERIALES

$$\text{CONCRETO } f'_c = 200 \text{ KG/CM}^2$$

$$\text{ACERO } f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$$

#### II.- CONSTANTES DE DISEÑO

- a) ESFUERZOS RESISTENTES PARA DISEÑO

$$f_c^* = 0.8 f'_c = 160 \text{ KG/CM}^2$$

$$f_c^* = 0.85 f'_c = 170 \text{ KG/CM}^2 \quad (\Leftrightarrow) \quad (f_c^* < 250 \text{ KG/CM}^2)$$

- b) FACTORES DE RESISTENCIA.

$$\text{CORTANTE : } \quad \quad \quad FR = 0.8$$

$$\text{FLEXION : } \quad \quad \quad FR = 0.9$$

$$\text{APLASTAMIENTO : } \quad \quad \quad FR = 0.7$$

#### III DISEÑO ESTRUCTURAL

- a) DIMENSIONES : (SUB-CAPITULO 2.1)

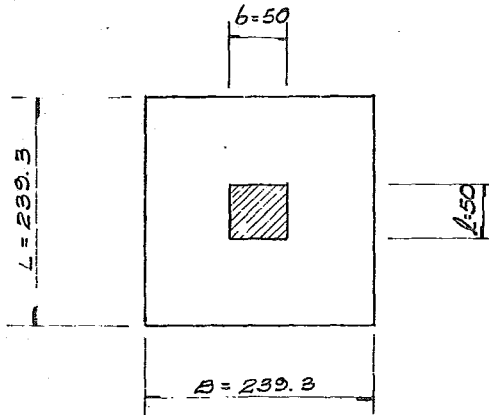
$$B = \frac{2e + \sqrt{4e^2 + 4(P/q_u)'}}{2} \quad \text{EC. 2.1.2.}$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{25 \times 10^5 \text{ KG-CM}}{50 \times 10^3 \text{ KG}} = 50.0 \text{ CM}$$

$$B = \frac{2(50) + \sqrt{4(50)^2 + 4(50 \times 10^3 / 1.5)'}}{2} = 239.3 \text{ CM}$$

$$B = 239.3 \text{ CM.}$$

b) DISEÑO DEL PERALTE COMO VIGA ANCHA POR CORTANTE (SUB-CAPITULO 1.3)



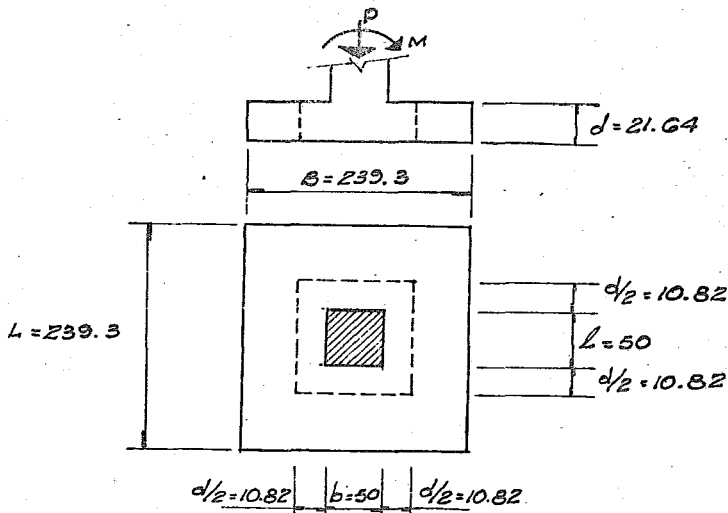
$$d = \frac{q_u (B - b)}{2(\nu_c + q_u)} \quad \text{EC. 1.3.5}$$

$$\text{INICIALMENTE } \nu_c = 0.8(0.5) \sqrt{f_c^{A*1}} = 5.06 \text{ KG/CM}^2$$

$$d = \frac{1.5(239.3 - 50)}{2(5.06 + 1.5)} = 21.64 \text{ CM}$$

$$d = 21.64 \text{ CM}$$

c) REVISIÓN DEL PERALTE POR PENETRACIÓN  
(SUB-CAPÍTULO 2.3.1.)



LA SECCION CRITICA SE LOCALIZA A  $d/2$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(l+d)(b+d)}} \quad \text{EC. 2.3.1.2}$$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(50+21.64)/(50+21.64)}}$$

$\alpha = 0.4$  (VALOR DE  $\alpha$  PARA COLUMNAS O DADOS CUADRADOS)

$$J_c = \frac{d(l+d)^3}{6} + \frac{(l+d)d^3}{6} + \frac{d(b+d)(l+d)^2}{2} \quad \text{EC. 2.3.1.5}$$

$$J_c = \frac{21.64(50+21.64)^3}{6} + \frac{(50+21.64)(21.64)^3}{6} + \frac{21.64(50+21.64)(50+21.64)^2}{2}$$

$$J_c = 5'425,354.2$$

$$A_{CR} = 2d(l+b+2d) \quad \text{EC. 2.3.1.6.}$$

$$A_{CR} = 2(21.64)(50+50+2(21.64)) = 6,201.16$$

$$P^* = P - A_C \eta_u = P - [(L+d)(b+d)] \eta_u$$

$$P^* = 50,000 \text{ KG.} - (50+21.64)(50+21.64)(1.5)$$

$$P^* = 42,301.6 \text{ KG.}$$

$$U_{max} = \frac{P^*}{A_{CR}} + \frac{\alpha M_{xc}}{J_c}$$

$$U_{max} = \frac{42,301.6}{6,201.16} + \frac{0.4(2500000 \text{ KG-cm})(25+10.82)}{5'425'354.2}$$

$$U_{max} = 6.82 + 6.6 = 13.4 \text{ KG/cm}^2$$

$$U_{max} > U_{CL} = 0.8 \sqrt{160} = 10.12$$

$$\text{INCREMENTANDO EL PERALTE } 0.6 \left( \frac{13.4}{10.12} - 1 \right) = 0.194$$

$$d = (1+0.194)(21.64) = 25.8 \text{ SE TOMA } d = 26 \text{ cm.}$$

$\alpha = 0.4$  PARA COLUMNAS CUADRADAS

$$J_c = \frac{26 \cdot 0(50+26)^3}{6} + \frac{(50+26)(26)^3}{6} + \frac{26(50+26)(50+26)^2}{2}$$

$$J_c = 7'831'547.0 \text{ cm}^4$$

$$A_{CR} = 2(26)(50+50+2(26)) = 7,904$$

$$P^* = 50,000 - (50+26)^2(1.5) = 41,336 \text{ KG.}$$

$$P^* = 41,336.0 \text{ KG.}$$

$$U_{max} = \frac{41336}{7904} + \frac{0.4(2500000)(25+13.0)}{7831547}$$

$$U_{max} = 5.22 + 4.85 = 10.07 \text{ kg/cm}^2 < U_L = 10.12 \text{ kg/cm}^2$$

∴ SE ACEPTA EL PERALTE PROPUESTO

EL PERALTE EFECTIVO FINAL ES :

$$d = 26.0 \text{ cm}$$

d) DISEÑO POR FLEXION (SUB-CAPITULO 1.5)

CALCULO DEL MOMENTO FLEXIONANTE DE DISEÑO

$$M = \frac{q_u B (B-b)^2}{8} = \frac{1.5(239.3)(239.3-50)^2}{8}$$

$$M = 1607849$$

CALCULO DEL PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO:  
PORCENTAJE MINIMO Y MAXIMO

$$\rho_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.7 \sqrt{200}}{4200} = 0.0024$$

$$\rho_b = \frac{f'_c}{f_y} \frac{4800}{(f_y + 6000)} = \frac{136}{4200} \frac{4800}{(4200 + 6000)} = 0.0152$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75(0.0152) = 0.0114$$

PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_f}{FR(B)(d^2)f'_c}} \right] \text{----- EC. 1.5.8.}$$

$$e = \frac{136}{1200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(1607849)}{0.9(239.3)(26)^2(136)}} \right]$$

$$e = 0.0027$$

$$e_{\min} < e < e_{\max}$$

AREA DE ACERO:

$$A_s = \rho (B) (d) = 0.0027 (239.3) (26)$$

$$A_s = 16.3 \text{ cm}^2$$

ARMADO: PROPORCIONANDO VARILLAS  $\phi \frac{1}{2}$ " (# 4)

$$s = \frac{A_v (B)}{A_s} = \frac{1.27 (239.3)}{16.8} = 18.1 \text{ cm}$$

USAR VARILLAS  $\phi \frac{1}{2}$ " (# 4) @ 18 cm EN LAS DOS DIRECCIONES

e) REVISION POR APLASTAMIENTO DEL PADO O COLUMNA

$$A_1 = b \cdot l = (50)(50) = 2500 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = (b + 4d)(l + 4d) = (50 + 4(26))(50 + 4(26))$$

$$A_2 = 23716 \text{ cm}^2$$

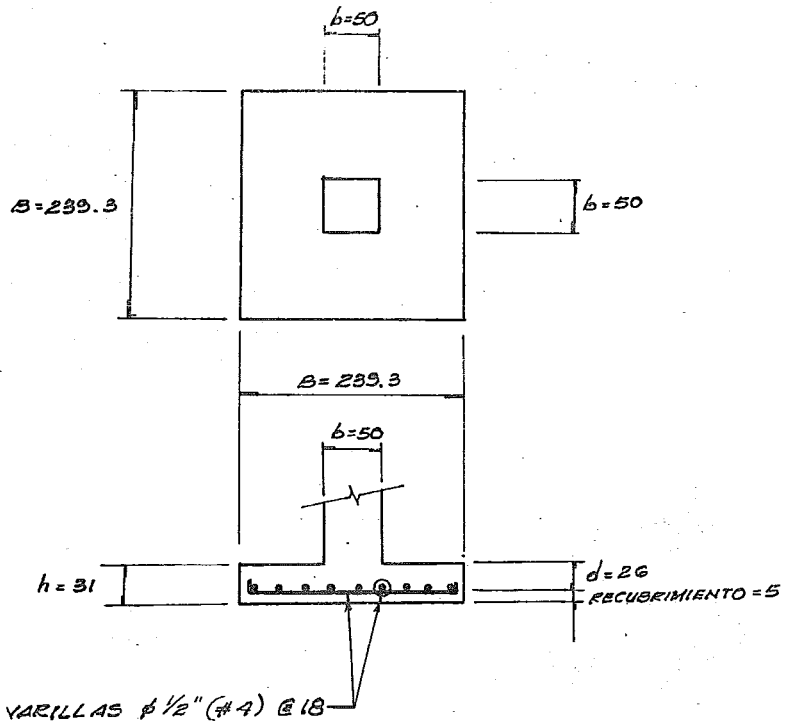
$$\beta = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{23716}{2500}} = 3.08 \Rightarrow \beta = 2$$

$$f_p = \beta FR f^*c = 2.0(0.7)(160) = 224 \text{ kg/cm}^2$$

$$(f_p)_{act.} = \frac{P}{b^2} + \frac{G(M)}{b^3} = \frac{50000}{(50)^2} + \frac{G(25 \times 10^5)}{(50)^3} = 140 \text{ kg/cm}^2 < f_p \text{ OK}$$



## f) ZAPATA DISEÑADA



EJEMPLO: 2.5.2: DISEÑO DE ZAPATA DE BLOQUE,  
CUADRADA, A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL

I.- DATOS

- a) ACCIONES, RESISTENCIA DEL TERRENO Y DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA.

$$\left. \begin{array}{l} P = 120 \text{ TON} \\ M_y = 30 \text{ TON} \\ M_x = 15 \text{ TON} \end{array} \right\} \text{ACCIONES INCREMENTADAS POR} \\ \text{FACTORES DE CARGA}$$

$$b = \ell = 50 \text{ cm}$$

$$\gamma_T = 17.0 \text{ TON/M.} \Rightarrow \gamma_u = 15.0 \text{ TON/M}^2 \text{ (SE CONSIDERA 2 TON/M}^2 \text{ DE PESO DE CIMENTACION)}$$

SE DESEA QUE LA ZAPATA A DISEÑAR SEA CUADRADA

- b) MATERIALES

$$\begin{array}{ll} \text{CONCRETO} & f'c = 200 \text{ KG/cm}^2 \\ \text{ACERO} & f_y = 4200 \text{ KG/cm}^2 \end{array}$$

II.- CONSTANTES DE DISEÑO

- a) ESFUERZOS RESISTENTES PARA DISEÑO

$$\begin{array}{l} f^*c = 0.8 f'c = 160 \text{ KG/cm}^2 \\ f^*c = 0.85 f^*c = 136 \text{ KG/cm}^2 \Leftrightarrow (f^*c < 250 \text{ KG/cm}^2) \end{array}$$

- b) FACTORES DE RESISTENCIA

$$\begin{array}{ll} \text{CORTANTE:} & FR = 0.8 \\ \text{FLEXION:} & FR = 0.9 \\ \text{APLASTAMIENTO:} & FR = 0.7 \end{array}$$

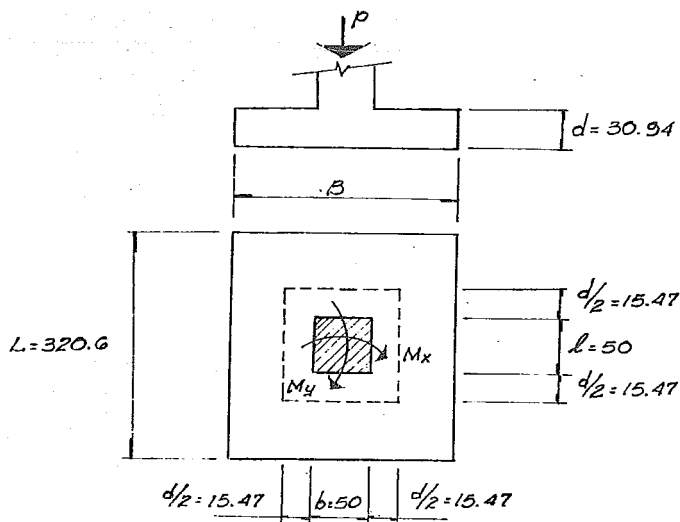
$$d = \frac{f_u (B - b)}{2(\nu_c + f_u)}$$

INICIALMENTE  $\nu_c = 0.8(0.5)\sqrt{f_c'} = 5.06 \text{ kg/cm}^2$

$$d = \frac{1.5(320.6 - 50)}{2(5.06 + 1.5)} = 30.94$$

$$d = 30.94 \text{ cm}$$

c) REVISIÓN DEL PERALTE POR PENETRACIÓN (SUB-CAPÍTULO 2.3.2)



LA SECCION CRITICA SE LOCALIZA A  $d/2$  DONDE:  
PARA COLUMNAS  $\forall$  O DADOS CUADRADOS

$$\alpha_x = \alpha_y = 0.4 ; \text{ ó BIEN: } \alpha_x = \alpha_y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67\sqrt{(l+d)/(b+d)}}$$

$$\alpha_x = \alpha_y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67\sqrt{1/1}} = 0.4$$

$$J_{cx} = J_{cy} = \frac{d(l+d)^3}{6} + \frac{(l+d)d^3}{6} + \frac{d(b+d)(b+d)^2}{2} \quad \text{EC. 2.3.2.3}$$

$$J_{cx} = J_{cy} = \frac{30.94(50+30.94)^3}{6} + \frac{(50+30.94)(30.94)^3}{6} + \frac{30.94(50+30.94)(50+30.94)^2}{2}$$

$$J_{cx} = J_{cy} = 11'337,066.0 \text{ cm}^4$$

CALCULO DE LA CARGA QUE DEBERA RESISTIR LA SECCION CRITICA :

$$P^* = P - A_c T_T = P - [(l+d)(b+d)] q_u$$

$$P^* = 120\,000 - (50 + 30.94)(50 + 30.94)(1.5)$$

$$P^* = 110\,173.0 \text{ KG}$$

$$U_{max} = \frac{P^*}{A_{cr}} + \frac{\alpha_x M_x C_x}{J_{cx}} + \frac{\alpha_y M_y C_y}{J_{cy}} \quad \text{EC. 4.2.1.1}$$

$$A_{cr} = 2d(l+b+2d) = 2(30.94)(50+50+2(30.94))$$

$$A_{cr} = 10\,017.13$$

$$U_{max} = \frac{110\,173}{10\,017.13} + \frac{0.4(15 \times 10^5)(25+15.47)}{11\,337\,066} + \frac{0.4(30 \times 10^5)(25+15.47)}{11\,337\,066}$$

$$U_{max} = 17.42 \text{ KG/cm}^2 > U_{cl} = 0.8 \sqrt{f'_{co}} = 10.12 \text{ KG/cm}^2$$

$$\text{INCREMENTANDO EL PERALTE EN } 0.6 \left( \frac{17.42}{10.12} - 1 \right) = 0.43$$

$$d = (1 + 0.43) 30.94 = 44.2 \text{ SE PROPONE } d = 44 \text{ cm.}$$

$$J_{cx} = J_{cy} = \frac{44.0(50+44.0)^3}{6} + \frac{(50+44.0)(44.0)^3}{6} + \frac{44.0(50+44.0)(50+44.0)^2}{2}$$

$$J_{cx} = J_{cy} = 24\,867\,763 \text{ cm}^4$$

$$P^* = 120\,000 - (50 + 44.0)(50 + 44.0)(1.5) = 106\,746 \text{ Kg}$$

$$A_{CF} = 2(44.0)(50 + 50 + 2(44.0))$$

$$A_{CF} = 16\,544.0 \text{ cm}^2$$

$$U_{max} = \frac{106\,746}{16\,544} + \frac{0.4(15 \times 10^5)(25 + 22)}{24\,867.763} + \frac{0.4(30 \times 10^5)(25 + 22)}{24\,867.763}$$

$$U_{max} = 9.85 \text{ kg/cm}^2 < U_{CL} = 0.8 \sqrt{f_c^*} = 0.8 \sqrt{160} = 10.12 \text{ kg/cm}^2$$

∴ SE ACEPTA EL PERALTE PROPUESTO

$$d = 44.0 \text{ cm}$$

d) DISEÑO POR FLEXIÓN (SUB-CAPÍTULO 1.5)

MOMENTO FLEXIONANTE DE DISEÑO

$$M_f = \frac{q_u B(B-b)^2}{8} = \frac{1.5(320.6)(320.6 - 50)^2}{8}$$

$$M_f = 4\,401\,699 \text{ KG-CM}$$

CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO  
PORCENTAJE MÍNIMO Y MÁXIMO:

$$e_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0.7 \sqrt{200}}{4200} = 0.0024$$

$$e_b = \frac{f_c}{f_y} \frac{4800}{(f_y + 6000)^{1/2}} = \frac{180}{4200} \frac{4800}{(4200 + 6000)^{1/2}} = 0.0152$$

$$e_{max} = 0.75(0.0152) = 0.0114$$

## PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{FR B d^2 f'_c}} \right] \text{----- EC. 1.5.8}$$

$$\rho = \frac{136}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(1401699)}{0.9(320.6)(44)^2(136)}} \right]$$

$$\rho = 0.0019 < \rho_{min} \Rightarrow \rho = 0.0024$$

AREA DE ACERO :

$$A_s = \rho (B) (d) = 0.0024 (320.6) (44)$$

$$A_s = 33.9 \text{ cm}^2$$

ARMADO: PROPONIENDO VARILLAS  $\phi 5/8''$  (#5)

$$S = \frac{A_r (B)}{A_s} = \frac{1.98 (320.6)}{33.9} = 18.7 \text{ cm}^2$$

USAR VARILLAS  $\phi 5/8''$  (#5) @ 18 cm EN LAS DOS DIRECCIONES

e) REVISION POR AFLASTAMIENTO.

$$A_1 = b \times l = (50) (50) = 2500 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = (b + 4d) (l + 4d) = (50 + 4(44)) (50 + 4(44))$$

$$A_2 = 51076 \text{ cm}^2$$

$$\beta = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{51076}{2500}} = 4.5 \Rightarrow \beta = 2$$

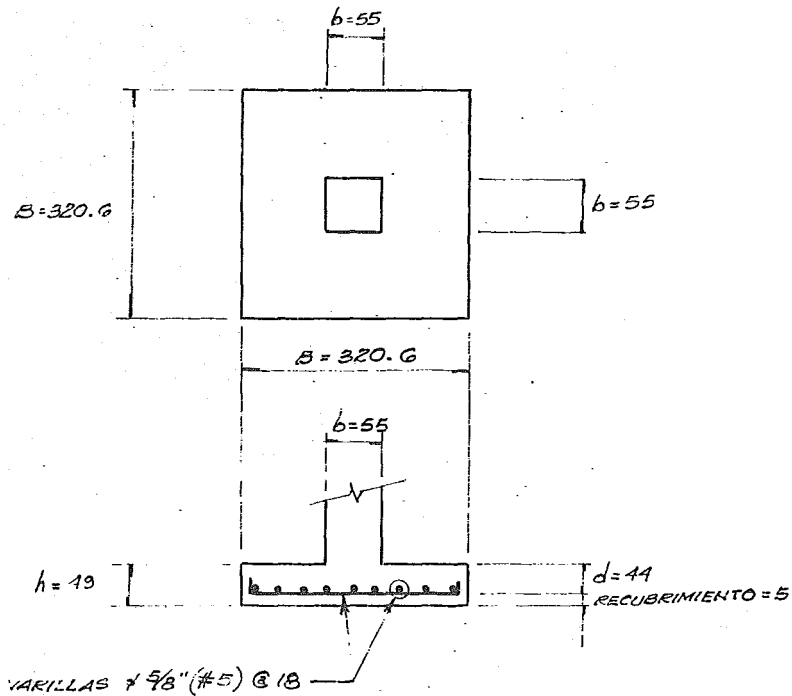
$$f_p = \beta(FR) f'_c = 2(0.7)(160) = 224 \text{ kg/cm}^2$$

$$(f_p)_{\text{act.}} = \frac{P}{b^2} + \frac{GM_x}{b^3} + \frac{GM_y}{b^3} = \frac{120000}{(50)^2} + \frac{6(15 \times 10^5)}{(50)^3} + \frac{6(30 \times 10^5)}{(50)^3} = 264 \text{ kg/cm}^2 > f_p$$

SE INCREMENTA EL DADO A  $b = \ell = 55 \text{ cm}$

$$(f_p)_{\text{act.}} = \frac{120000}{(55)^2} + \frac{6(15 \times 10^5)}{(55)^3} + \frac{6(30 \times 10^5)}{(55)^3} = 202 \text{ kg/cm}^2 < f_p \text{ OK}$$

f) ZAPATA DISEÑADA



## EJEMPLO 2.5.3 DISEÑO DE ZAPATA DE BLOQUE, RECTANGULAR, A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL

### I.- DATOS

- a) ACCIONES, RESISTENCIA DEL TERRENO Y DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

$$\left. \begin{array}{l} P = 150 \text{ TON} \\ M_x = 25 \text{ TON-MT} \\ M_y = 35 \text{ TON-MT} \end{array} \right\} \text{ACCIONES INCREMENTADAS CON FACTORES DE CARGA}$$

DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$l = 80 \text{ cm}$$

PRESION ADMISIBLE Y PRESION DE DISEÑO

$$q_T = 22 \text{ TON/M}^2 \Rightarrow q_d = 20 \text{ TON/M}^2 \text{ (SE CONSIDERA 2 TON/M}^2 \text{ DE PESO DE CIMENTACION)}$$

SE DESEA QUE LA ZAPATA SEA RECTANGULAR DE ACUERDO A LAS DIMENSIONES OPTIMAS.

- b) MATERIALES:

$$\text{CONCRETO: } f'_c = 200 \text{ KG/CM}^2$$

$$\text{ACERO: } f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$$

### II CONSTANTES DE DISEÑO

- a) ESFUERZOS RESISTENTES PARA DISEÑO

$$f^*c = 0.8 f'_c = 160 \text{ KG/CM}^2$$

$$f''c = 0.85 f^*c = 136 \text{ KG/CM}^2 \Leftrightarrow (f^*c < 250 \text{ KG/CM}^2)$$

- b) FACTORES DE RESISTENCIA

$$\text{CORTANTE: } FR = 0.8$$

$$\text{FLEXION: } FR = 0.9$$

$$\text{APLASTAMIENTO: } FR = 0.7$$



### III DISEÑO ESTRUCTURAL

a) DIMENSIONES (SUB-CAPÍTULO 2.2.2.)

$$L = \frac{-CB + \sqrt{CB^2 - 4CA \cdot CC}}{2CA} \quad \text{EC. 2.2.2.3}$$

$$B = Re \cdot L \quad \text{EC. 2.2.2.4}$$

DONDE :  $CA = Re$   
 $CB = -2(Re \cdot e_y + e_x)$   
 $CC = 4e_x \cdot e_y - \frac{P}{74}$

$$e_y = \frac{My}{P} = \frac{35 \times 10^5 \text{ Kg-cm}}{150 \times 10^3 \text{ Kg}} = 23.33 \text{ cm}$$

$$e_x = \frac{Mx}{P} = \frac{25 \times 10^5 \text{ Kg-cm}}{150 \times 10^3 \text{ Kg}} = 16.67 \text{ cm}$$

$$\text{RELACION DE MOMENTOS : } Re_m = \frac{e_x}{e_y} = \frac{16.67}{23.33} = 0.714$$

RELACION ENTRE LOS LADOS DEL DADO O COLUMNA

$$Re_c = \frac{\text{LADO MENOR}}{\text{LADO MAYOR}} = \frac{b}{l} = \frac{60 \text{ cm}}{80 \text{ cm}} = 0.75$$

$$Re_m = 0.714 < Re_c = 0.75 \Rightarrow \boxed{Re = Re_m = 0.714}$$

POR LO TANTO :  $CA = 0.714$

$$CB = -2(0.714(23.33) + 16.67) = -66.66$$

$$CC = 4(16.67)(23.33) - \frac{150000}{2.0} = -73,444.56$$

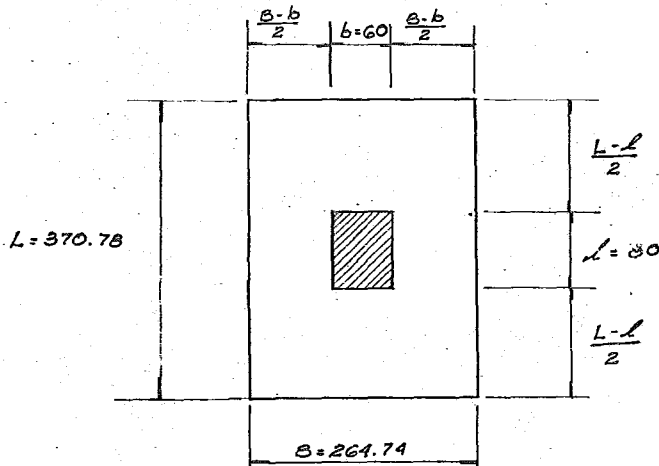
$$L = \frac{-(-66.66) + \sqrt{(-66.66)^2 - 4(0.714)(-73\,444.36)}}{2(0.714)}$$

$$L = 370.78 \text{ cm}$$

$$B = R_e L = 0.714(370.78) = 264.74 \text{ cm}$$

|   |
|---|
| $L = 370.78 \text{ cm}$ $B = 264.74 \text{ cm}$ |
|---|

- b) DISEÑO POR CORTANTE DEL PERALTE COMO VIGA ANCHA (SUB-CAPÍTULO 1.3)



SE CALCULA LA LONGITUD CRITICA DE LA VIGA ANCHA IDEALIZADA EN LA ZAPATA:

$$\frac{L-l}{2} = \frac{370.78 - 80}{2} = 145.39 \text{ cm}$$

$$\frac{B-b}{2} = \frac{264.74 - 60}{2} = 102.37 \text{ cm}$$

LA LONGITUD CRITICA ES  $\frac{L-l}{2} = 145.39 > \frac{B-b}{2} = 102.37 \text{ cm}$

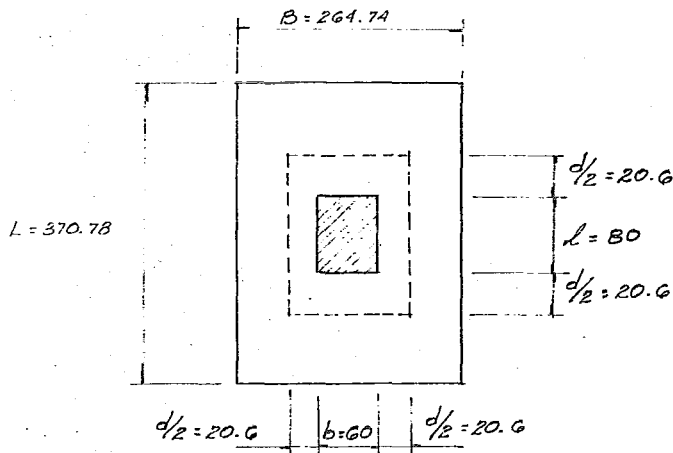
POR LO TANTO:  $d = \frac{f_u(L-l)}{2(\sigma + f_u)} \dots \dots \dots$  EC. 1.3.4

ESFUERZO RESISTENTE COMO VIGA:

$$V_c = 0.8(0.5) \sqrt{f'_c} = 5.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = \frac{2.0(370.78 - 80)}{2(5.06 + 2.0)} = 41.2 \text{ cm}$$

c) REVISIÓN DEL PERALTE POR PENETRACIÓN (SUB-CAPITULO 2.3.2)



LA SECCIÓN CRÍTICA SE LOCALIZA A  $d/2$ , CONCENTRICA AL PERIMETRO DEL ÁREA CARGADA;  $\frac{d}{2} = \frac{41.2}{2} = 20.6$

DE ACUERDO AL SUBCAPITULO 2.3.2

$$\alpha_y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(b+d)/(l+d)}} \quad \text{EC. 2.3.2.4}$$

$$\alpha_x = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(60+41.2)/(80+41.2)}}$$

$$\alpha_x = 0.3797$$

$$\alpha_y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(l+d)/(b+d)}} \quad \text{EC. 2.3.2.3}$$

$$\alpha_y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(80+41.2)/(60+41.2)}} = 0.4250$$

$$\alpha_y = 0.4250$$

$$J_{cx} = \frac{d(b+d)^3}{6} + \frac{(b+d)d^3}{6} + \frac{d(l+d)(b+d)^2}{2} \quad \text{EC. 2.3.2.4}$$

$$J_{cx} = \frac{41.2(60+41.2)^3}{6} + \frac{(60+41.2)(41.2)^3}{6} + \frac{41.2(80+41.2)(60+41.2)^2}{2}$$

$$J_{cx} = 33'866,415.0 \text{ cm}^4$$

$$J_{cy} = \frac{d(l+d)^3}{6} + \frac{(l+d)d^3}{6} + \frac{d(b+d)(l+d)^2}{2} \quad \text{EC. 2.3.2.3}$$

$$J_{cy} = \frac{41.2(80+41.2)^3}{6} + \frac{(80+41.2)(41.2)^3}{6} + \frac{41.2(60+41.2)(80+41.2)^2}{2}$$

$$J_{cy} = 44'261'185.0 \text{ cm}^4$$

CALCULO DE LA CARGA QUE DEBERA RESISTIR LA SECCION CRITICA :

$$P^* = P - A_c \eta_u = P - [(l+d)(b+d)] \eta_u$$

$$P^* = 150,000 \text{ KG} - [(80+41.2)(60+41.2)] (2.0) = 125,469.12 \text{ KG.}$$

$$P^* = 125,469.12 \text{ KG.}$$

AREA CRITICA TRANSVERSAL QUE RESISTIRA EL CORTANTE POR PENETRACION

$$A_{CR} = 2d(l+b+2d) = 2(41.2)[80+60+2(41.2)]$$

$$A_{CR} = 18,325.76 \text{ cm}^2$$

ESFUERZO MAXIMO ACTUANTE EN EL AREA CRITICA

$$U_{max} = \frac{P^*}{A_{cr}} + \frac{\alpha_x M_x C_x}{J_{cx}} + \frac{\alpha_y M_y C_y}{J_{cy}} \quad \text{EC. 2.3.2.2}$$

$$U_{max} = \frac{125\,469.12}{18\,325.76} + \frac{(0.3797)(25 \times 10^5)(30+20.6)}{33\,866\,415.0} + \frac{(0.4230)(35 \times 10^5)(40+20.6)}{44\,261\,185.0}$$

$$U_{max} = 10.29 \text{ kg/cm}^2 \approx U_{cl} = 0.8 \sqrt{160} = 10.12 \text{ kg/cm}^2$$

∴ EL PERALTE FINAL DE LA ZAPATA ES:

$$d = 41.2 \text{ cm}$$

d) DISEÑO POR FLEXION (SUB-CAPITULO 1.5)  
MOMENTO FLEXIONANTE DE DISEÑO

LADO LARGO:

$$M_f = \frac{q_u B(L-l)^2}{8} = \frac{2.0(264.74)(370.78-80)^2}{8}$$

$$M_f = 5\,596\,141 \text{ kg-cm}$$

LADO CORTO:

$$M_f = \frac{q_u L(B-b)^2}{8} = \frac{2.0(370.78)(264.74-60)^2}{8}$$

$$M_f = 3\,885\,632 \text{ kg-cm}$$

PORCENTAJES DE ACERO DE REFUERZO MINIMO Y MAXIMO

$$\rho_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.7 \sqrt{200}}{4200} = 0.0024$$

$$\rho_b = \frac{f'_c}{f_y} \frac{1800}{(f_y + 6000)} = \frac{136}{4200} \frac{1800}{(4200 + 6000)} = 0.0152$$

$$\ell_{max} = 0.75 \ell_b = 0.75 (0.0182) = 0.014$$

LADO LARGO:

PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO

$$\ell = \frac{f''c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_f}{F.R.(B)(d^2)f''c}} \right]$$

$$\ell = \frac{136}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(5596.11)}{0.9(264.74)(41.2)^2(136)}} \right]$$

$$\ell = 0.0035 ; \ell_{min} < \ell < \ell_{max} \text{ OK}$$

AREA DE ACERO:

$$A_s = \ell (B)(d) = 0.0035 (264.74)(41.2) = 38.2 \text{ cm}^2$$

ARMADO: PROPONIENDO VARILLAS  $\# \frac{3}{4}$ " (#6)

$$S_x = \frac{A_v(B)}{A_s} = \frac{2.85(264.74)}{38.2} = 19.8 \text{ cm}$$

USAR VARILLAS  $\# \frac{3}{4}$ " (#6) @ 20 cm PARALELAS AL LADO LARGO

LADO CORTO:

PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO

$$\ell = \frac{f''c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_f}{F.R.(L)(d^2)(f''c)}} \right]$$

$$\ell = \frac{136}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(3885.632)}{0.9(370.78)(41.2)^2(136)}} \right]$$

$$\ell = 0.0017$$

AREA DE ACERO:

$$A_s = \ell (L)(d) = 0.0017 (370.78)(41.2) = 26 \text{ cm}^2$$

ARMADO POR FRANJAS :

FRANJA CENTRAL

$$A_{sc} = \left[ \frac{2B}{B+L} \right] A_s = \left[ \frac{2(264.74)}{264.74 + 370.78} \right] (26) = 21.7 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{fc} = \frac{A_{sc}}{B(d)} = \frac{21.7}{(264.74)(41.2)} = 0.0020 < \rho_{min} \Rightarrow \rho = 0.0024$$

$$A_{sc} = \rho (B)(d) = 0.0024(264.74)(41.2) = 26.2 \text{ cm}^2$$

ARMADO : PROPONIENDO VARILLAS  $\phi \frac{5}{8}$ " (#5)

$$S_{fc} = \frac{A_v(B)}{A_{sc}} = \frac{1.98(264.74)}{26.2} = 20 \text{ cm}$$

USAR VARILLAS  $\phi \frac{5}{8}$ " (#5) @ 20 cm PARALELAS A LADO CORTO  
(FRANJA CENTRAL)

FRANJAS EXTREMAS :

$$A_{se} = A_s - A_{sc} = 26 - 21.7 = 4.3 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{fe} = \frac{A_{se}}{(L-B)d} = \frac{4.3}{(370.78 - 264.74)(41.2)} = 0.0010 < \rho_{min} \Rightarrow \rho = 0.0024$$

$$A_{se} = \rho (L-B)d = 0.0024(370.78 - 264.74)(41.2) = 10.5 \text{ cm}^2$$

ARMADO : PROPONIENDO VARILLAS  $\phi \frac{5}{8}$ " (#5)

$$S_{fe} = \frac{A_v(L-B)}{A_{se}} = \frac{1.98(370.78 - 264.74)}{10.5} = 20 \text{ cm}$$

USAR VARILLAS  $\phi \frac{5}{8}$ " (#5) @ 20 cm PARALELAS AL LADO  
CORTO (FRANJAS EXTREMAS)

e) REVISIÓN POR APLASTAMIENTO DEL DADO O COLUMNA

$$A_1 = b(l) = 60(80) = 4800 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = (b + 4d)(l + 4d) = (60 + 4(41.2))(80 + 4(41.2))$$

$$A_2 = 55031 \text{ cm}^2$$

$$\beta = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{55031}{4800}} = 3.4 > 2 \Rightarrow \beta = 2$$

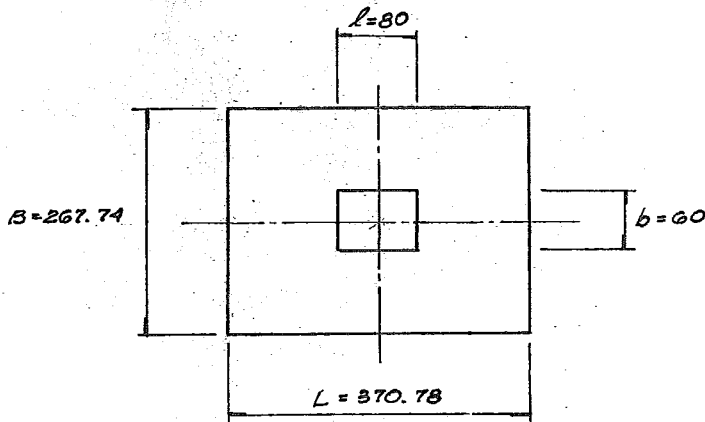
$$f_p = \beta (F.R.) (f^*_{ca}) = 2(0.7)(160) = 224 \text{ kg/cm}^2$$

$$(f_p)_{act.} = \frac{P}{b(l)} + \frac{GM_x}{l(b^2)} + \frac{GM_y}{b(l^2)}$$

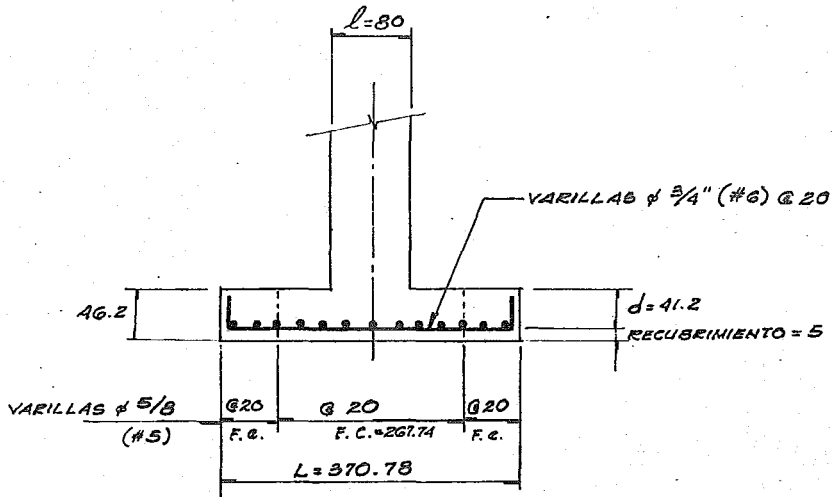
$$(f_p)_{act.} = \frac{150000}{60(80)} + \frac{G(25 \times 10^5)}{80(60)^2} + \frac{G(35 \times 10^5)}{60(80)^2} = 138 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_p > (f_p)_{act.} \quad \text{OK}$$

f) ZARATA DISEÑADA







## CAPÍTULO 3

ZAPATAS ESCALONADAS CON PENDIENTES

Como se ha visto en los capítulos anteriores la distribución de la carga proveniente de la columna, a toda el área de la zapata se da debido a la resistencia de su sección transversal a cortante el cual, como se sabe, actúa a  $45^\circ$  a partir del área de descarga como se muestra en la figura.3.a

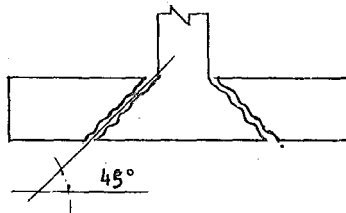
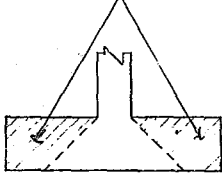


FIGURA 3.a.

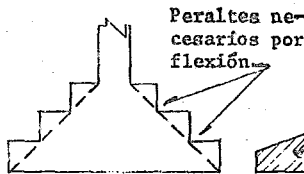
En general, el peralte de una zapata está determinado para resistir el cortante ya sea por penetración o bien como viga ancha, más que por flexión. Es por esto que el peralte calculado para una zapata sólo es necesario en las secciones críticas establecidas para esos casos. Por ello en zapatas de grandes dimensiones y peraltes, debe considerarse la economía que pueda obtenerse en las cantidades de concreto mediante inclinación o escalonamiento de la cara superior de la zapata. Como se observa en la figura 3.b, existe una zona considerable de concreto que no contribuye a la distribución de la carga transmitida, por resistencia a cortante, a toda el área de la zapata.

Concreto que no contribuye a la resistencia a cortante



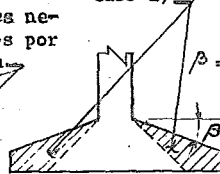
a) zapatas de bloque

Escalonamiento óptimo en una zapata



b) zapatas escalonadas

Concreto que no contribuye (menor que en caso a)



c) Zapatas con pendientes o escaños

$\beta$  = ángulo de reposo del concreto fresco

FIGURA 3.b

Si la zapata está escalonada como se muestra en la figura 3.b, el aprovechamiento del concreto es mayor. Sin embargo la construcción de este tipo escalonado, significaría colar varias veces consecutivas, tantas como escalones sean, con cimbra para cada uno, lo cual es muy probable que fuera -- más caro que el simple aumento del espesor de la zapata en toda su dimensión. Por ello en la práctica se ha aprovechado el ángulo de reposo del concreto, para variar el peralte en una zapata sin el uso de cimbra adicional; y atendiendo a que el colado de este tipo de elementos estructurales es muy simple, se puede utilizar concreto con reventamientos muy bajos, para aumentar el ángulo de reposo.

Además de las ventajas anteriores, que se obtienen de una zapata con pendientes, la variación lineal del peralte corresponde de una forma análoga a la variación del momento flexionante en la longitud de la zapata. Lo que permite un mejor aprovechamiento de los materiales por flexión, como se puede ver en la figura 3.c, ejemplificando una zapata a compresión simple.

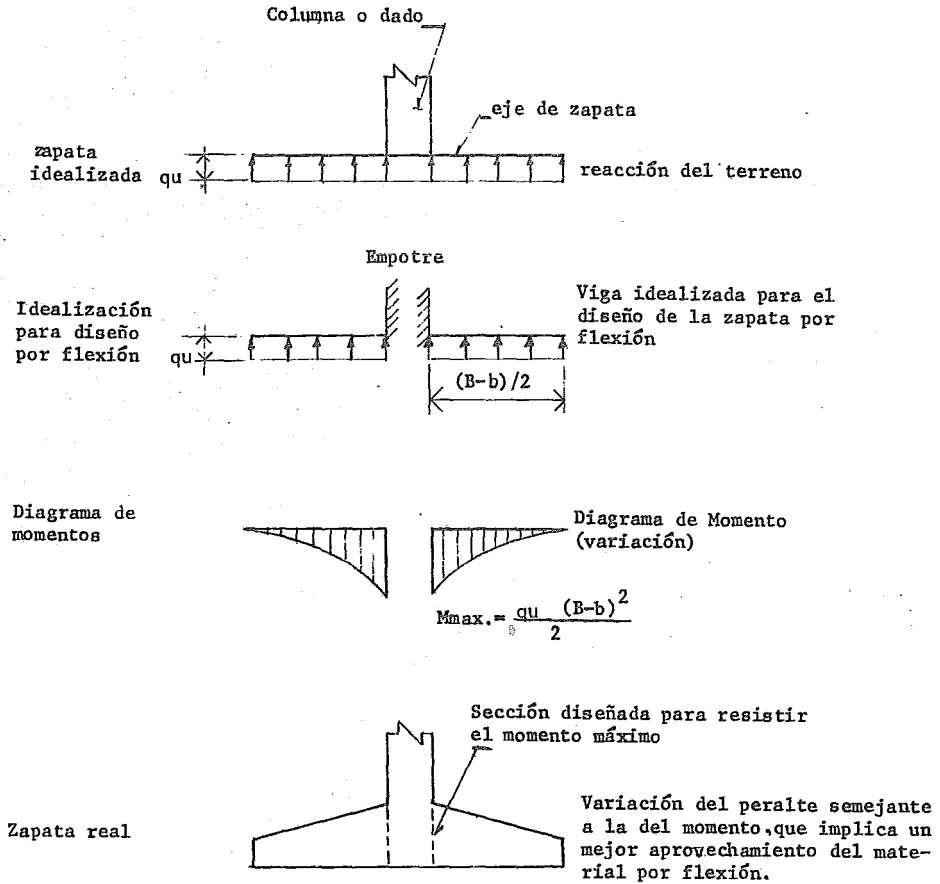


FIGURA 3.c

Debido a las ventajas mencionadas de las zapatas con pendientes, su uso se ha generalizado ya no sólo a zapatas de grandes dimensiones, sino también a las de dimensiones comunes. Es por esto que un método sistemático para el diseño de este tipo de zapatas, sea particularmente útil, pudiendo ser aplicado a zapatas a compresión, flexocompresión uniaxial y biaxial.

### 3.1. Diseño de los peraltes de zapatas con pendientes, como viga ancha

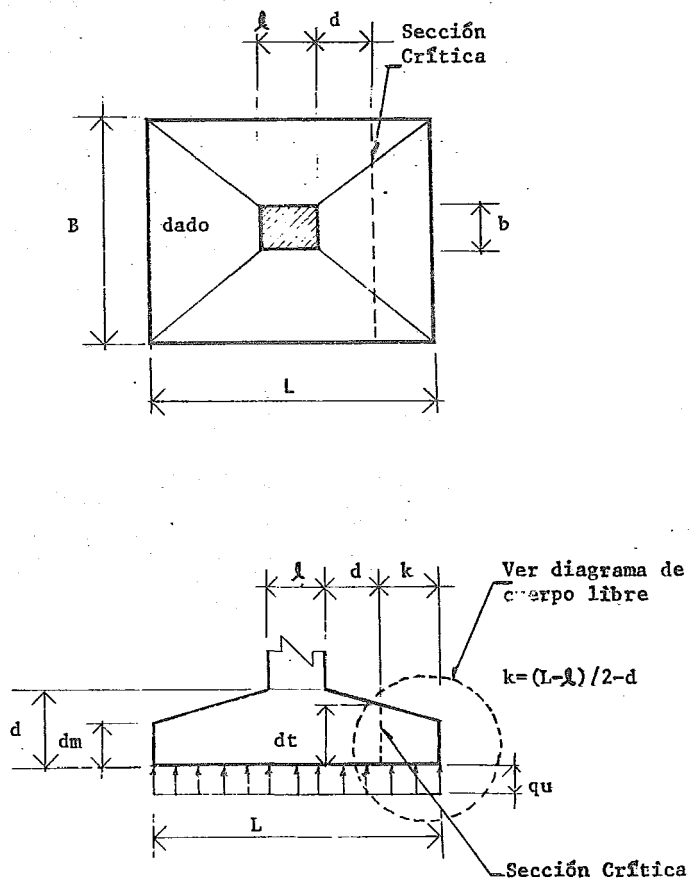
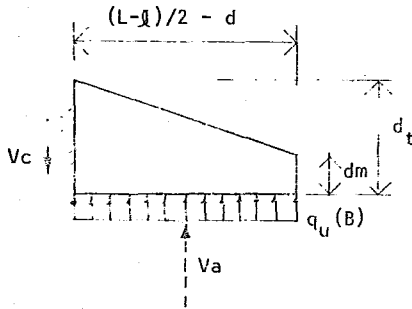


FIGURA 3.1. a.

A continuación se presenta el desarrollo para la obtención de la expresión algebraica que permita calcular rápidamente los peraltes principales indicativos de la zapata con pendientes, como viga ancha o cortante en una dirección.

Diagrama de cuerpo libre, de la fig. 3.1.a:



$V_c$  = Cortante resistente del --  
área vertical en la sección crítica

$V_a$  = Fuerza resultante de la presión del suelo que genera --  
el cortante crítico en la zapata

FIGURA. 3.1.b.

del diagrama de cuerpo libre (Fig. 3.1.b) se tiene:

$$V_c - V_a = 0$$

donde:  $V_c = V_c(A_c)$

$$V_c = V_a \dots \text{ec 3.1.1.}$$

$V_c$  = Cortante resistente del  
concreto para vigas (Esfuerzo)

$A_c$  = área de la sección crítica

$$r = (B-b)/2 - d$$

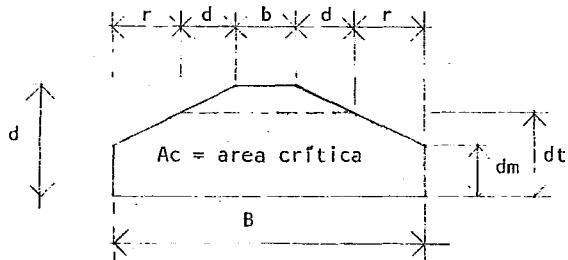


FIGURA 3.1.c.

El área de la sección crítica es de acuerdo a la figura --  
3.1.c. donde:

$$Ac = Bd_t = (d_t - dm) \left( \frac{B-b}{2} - d \right)$$

$$Ac = Bd_t - \left[ d_t \left( \frac{B}{2} \right) - d \left( \frac{b}{2} \right) \right] = \left[ -d_t d - dm \frac{B}{2} + dm \frac{b}{2} + dmd \right]$$

$$Ac = d_t \left[ B - \frac{B}{2} + \frac{b}{2} + d \right] - dm \left[ \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d \right]$$

$$\text{Finalmente: } Ac = d_t \left[ \left( \frac{B+b}{2} + d \right) \right] + dm \left[ \left( \frac{B-b}{2} - d \right) \right]$$

de la ec 3.1.1. se tiene:

$$\sqrt{c} \left[ d_t \left( \frac{B+b}{2} + d \right) + dm \left( \frac{B-b}{2} - d \right) \right] = Va$$

$$\text{del diagrama de cuerpo libre } Va = quB \left[ \frac{L-a}{2} - d \right]$$

$$\sqrt{c} \left[ d_t \left( \frac{B+b}{2} + d \right) + dm \left( \frac{B-b}{2} - d \right) \right] = quB \left( \frac{L-a}{2} - d \right)$$

$$d_t \left( \frac{B+b}{2} + d \right) + dm \left( \frac{B-b}{2} - d \right) - \frac{quB}{\sqrt{c}} \left( \frac{L-a}{2} - d \right) = 0$$

$$d_t \left( \frac{B+b}{2} + d \right) = \frac{quB}{\sqrt{c}} \left( \frac{L-a}{2} - d \right) - dm \left( \frac{B-b}{2} - d \right)$$

..... 3.1.2.

En la ecuación 3.1.2. aparecen  $d$ ,  $d_t$  y  $dm$  como incógnitas, por lo cual se puede hacer una interrelación entre ellas, basada en el siguiente criterio:

La inclinación (pendiente) de las caras superiores de la losa de la zapata, permitirá el colado del concreto en una sola fase, sin necesidad de cimbra adicional, siempre y cuando no sea superior al ángulo de reposo de la mezcla, el cual depende del revenimiento de ésta.





Iguando 3.1.6 y 3.1.7

$$d \frac{B-b}{2w} = dt - \left( \frac{B-b-2d}{2w} \right)$$

$$d \frac{B-b}{2w} = dt - \frac{B-b}{2w} + \frac{2d}{2w}$$

$$d = dt + \frac{d}{w}$$

$$wd = wdt + d$$

$$d = \left( \frac{w}{w-1} \right) dt \quad \dots\dots\dots 3.1.8$$

$$\text{haciendo } W = \frac{w}{w-1}$$

$$d = W \cdot dt \quad \dots\dots\dots 3.1.9$$

Sustituyendo el valor de "d" de 3.1.9 en la expresión 3.1.7

$$dm = W dt - \frac{B-b}{2w} \quad \dots\dots\dots 3.1.10.$$

y a su vez sustituyendo 3.1.9 y 3.1.10 en la expresión 3.1.2

$$dt \left( \frac{B+b}{2} + W dt \right) = \frac{quB}{\sqrt{c}} \left( \frac{L-d}{2} - W dt \right) - \left( W dt - \frac{B-b}{2w} \right) \left( \frac{B-b}{2} - W dt \right)$$

$$-\left( \frac{B+b}{2} \right) dt - W dt^2 + \frac{quB(L-d)}{2\sqrt{c}} - \frac{W quB}{\sqrt{c}} dt - \left( \frac{B-b}{2} \right) W dt + W^2 dt^2 + \left( \frac{B-b}{2} \right) \left( \frac{B-b}{2} \right) - \frac{B-b}{2w} W dt = 0$$

$$(W^2 - W) dt^2 - \left[ \frac{B+b}{2} + \frac{(B-b)W}{2} + \frac{(B-b)W}{2w} + \frac{W quB}{\sqrt{c}} \right] dt + \left[ \frac{quB(L-d)}{2\sqrt{c}} + \left( \frac{B-b}{2} \right) \left( \frac{B-b}{2} \right) \right] = 0$$

$$(W^2 - W) dt^2 - \left[ \frac{B+d}{2} + \frac{(B-b)W}{2w} (W+1) + \frac{W quB}{\sqrt{c}} \right] dt + \left[ \frac{quB(L-d)}{2\sqrt{c}} + \frac{(B-b)^2}{4w} \right] = 0$$

sustituyendo  $W = \frac{w}{w-1}$  y haciendo operaciones:

$$\left[ \frac{w}{(w-1)^2} \right] dt^2 - \left[ \frac{B+b}{2} + \frac{w+1}{2(w-1)} (B-b) + \frac{w}{w-1} \frac{quB}{\sqrt{c}} \right] dt + \left[ \frac{quB(L-l)}{2\sqrt{c}} + \frac{(B-b)^2}{4w} \right] = 0$$

.... 3.1.11

si

$$CA = \frac{w}{(w-1)^2}$$

$$CB = - \left[ \frac{B+b}{2} + \frac{w+1}{2(w-1)} (B-b) + \frac{w}{w-1} \frac{quB}{\sqrt{c}} \right]$$

$$CC = \frac{Bqu(L-l)}{2\sqrt{c}} + \frac{(B-b)^2}{4w}$$

$$d_t = \frac{-CB - \sqrt{CB^2 - 4CA CC}}{2CA}$$

..... 3.1.12

de la ec. 3.1.8

$$d = \frac{w}{w-1} dt$$

..... 3.1. 8

y de la ec 3.1.10

$$dm = \left( \frac{w}{w-1} \right) dt - \frac{B-b}{2w} = d - \frac{B-b}{2w}$$

..... 3.1.10

En la siguiente página se resumen los valores de las constantes para diferentes valores de 'w'

Valores de las constantes para diferentes pendientes del escarpio de la zapata

3.1.13.

pendiente con  $\text{tg}\lambda = \frac{1}{3}$   $\therefore w=3$

$$CA = \frac{3}{4}$$

$$CB = - \left[ \frac{B+b}{2} + (B-b) + \frac{3}{2} \frac{quB}{\sqrt{c}} \right]$$

$$CC = \frac{Bqu(L-l)}{2\sqrt{c}} + \frac{(B-b)^2}{12}$$

3.1.14 pendiente con  $\text{tg}\lambda = \frac{1}{4}$   $\therefore w=4$

$$CA = \frac{4}{9}$$

$$CB = - \left[ \frac{B+b}{2} + \frac{5}{6} (B-b) + \frac{4}{3} \frac{quB}{\sqrt{c}} \right]$$

$$CC \Rightarrow \frac{Bqu(L-l)}{2\sqrt{c}} + \frac{(B-b)^2}{16}$$

3.1.15 pendiente con  $\text{tg}\lambda = \frac{1}{5}$   $\therefore w=5$

$$CA = \frac{5}{16}$$

$$CB = - \left[ \frac{B+b}{2} + \frac{3}{4} (B-b) + \frac{5}{4} \frac{quB}{\sqrt{c}} \right]$$

$$CC = \frac{Bqu(L-l)}{2\sqrt{c}} + \frac{(B-b)^2}{20}$$

3.2. Alternativa para el cálculo de los peraltes de zapatas con pendientes como viga ancha

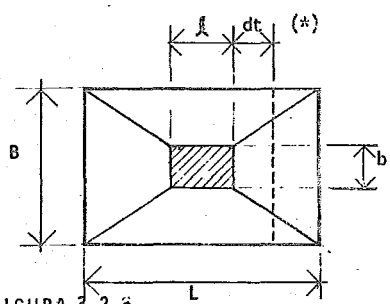


FIGURA 3.2.a.

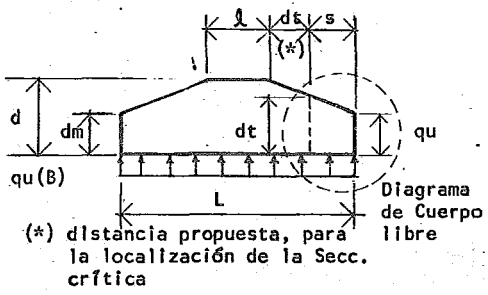


FIGURA 3.2.b

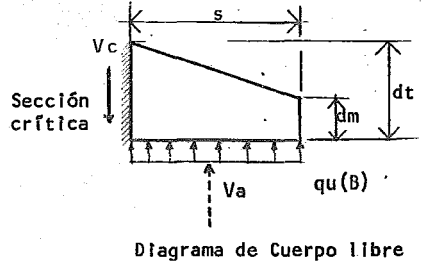


FIGURA 3.2.c.

en las figuras:  

$$s = \frac{L-d}{2} = dt$$

Al utilizar las expresiones del desarrollo 3.1, para calcular los peraltes indicativos de una zapata con escarpes se puede dar el caso, que al calcular el peralte menor o de borde "dm" mediante la expresión 3.1.10, éste sea menor que el peralte mínimo indicado para zapatas reforzadas por flexión que es 10 cm. Debido a esto se presentan en este desarrollo las expresiones alternativas para el cálculo de los diferentes peraltes de una zapata con escarpes conociendo el valor del peralte en el borde ("dm").

Para este desarrollo, se supondrá que la sección crítica se encuentra a un peralte "dt" del borde del dado. Lo cual no es cierto, pero facilita la obtención de las expresiones necesarias. Esta consideración se ajusta posteriormente en el cálculo del peralte "d", en el borde del dado o columna.

En la figura 3.2.c., Vc es el cortante resistente del área vertical en la sección crítica, y Va es la fuerza resultante de la presión del suelo que genera el cortante crítico en la zapata, para que haya equilibrio:

Por lo anterior

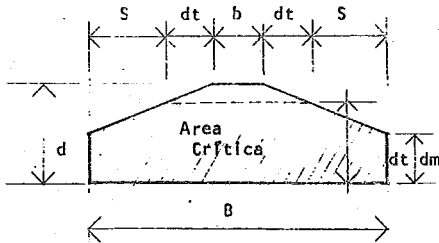
$$V_c = V_a \dots\dots 3.2.1.$$

donde

$$V_c = A_c \sqrt{c} \dots\dots 3.2.2.$$

$A_c$  = área de la sección crítica  
 $\sqrt{c}$  = esfuerzo resistente del concreto a cortante.

de la figura 3.2.d.



$$s = \frac{B-b}{2} - dt$$

Figura 3.2.d.

$$A_c = Bdt - (dt - dm) \left( \frac{B - (b+2t)}{2} \right)$$

$$A_c = Bdt - (dt - dm) \left( \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - dt \right)$$

$$A_c = Bdt - \frac{dtB}{2} + \frac{dtb}{2} + dt^2 + \frac{dmB}{2} - \frac{dmb}{2} - \frac{dmdt}{2} - dmdt$$

Substituyendo el valor de "Ac" en la ecuación 3.2.1. se tiene:

$$V_c = A_c \sqrt{c} = \left[ Bdt - \frac{dtB}{2} + \frac{dtb}{2} + dt^2 + \frac{dmB}{2} + \frac{dmb}{2} - \frac{dmdt}{2} - dmdt \right] \sqrt{c} \dots\dots 3.2.3.$$

de acuerdo al diagrama de cuerpo libre de la figura 3.2.c. se tiene:

$$V_a = q_u B \left[ \frac{L-d}{2} - dt \right] \dots\dots 3.2.4$$

Iguando las expresiones 3.2.3 y 3.2.4.

$$\sqrt{c} \left( Bdt - \frac{dtB}{2} + \frac{dtb}{2} + dt^2 + \frac{dmB}{2} - \frac{dmb}{2} - dmdt \right) - q_u B \left( \frac{L-d}{2} - dt \right)$$

dividiendo por  $\sqrt{c}$  y agrupando términos:

$$dt^2 + \left( \frac{B}{2} + \frac{b}{2} - dm \right) dt + \left( dm \frac{(B-b)}{2} \right) = \frac{Bq_u (L-d)}{2\sqrt{c}} - \frac{Bq_u dt}{\sqrt{c}}$$

por lo tanto:

$$dt^2 + \left[ \frac{B+b}{2} - dm + \frac{Bq_u}{\sqrt{c}} \right] dt + \left[ dm \frac{(B-b)}{2} - \frac{Bq_u (L-d)}{2\sqrt{c}} \right] = 0 \dots\dots 3.2.5$$

haciendo:

$$CA = 1$$

$$CB = \frac{B+b}{2} - dm + \frac{Bq_u}{\sqrt{c}} ; \quad CC = dm \frac{(B-b)}{2} - \frac{Bq_u (L-d)}{2\sqrt{c}}$$

$$d_t = \frac{-CB - \sqrt{CB^2 - 4CA CC}}{2CA}$$

.... 3.2.6

Como se puede ver, la expresión 3.2.5 implica el cálculo directo - del peralte "dt" en base al peralte "dm" o de borde, el cual es un dato. Finalmente se procederá a calcular el peralte "d" en el borde del dado, con dichos peraltes obtenidos pero considerando ahora que "dt" se localiza a una distancia "d" del paño del dado o columna lo que ajusta favorablemente la consideración hecha para la obtención de la expresión 3.2.5; puesto que al calcular la sección crítica, inicialmente se tiene una fuerza cortante actuante mayor que la real, ya que la longitud  $(\frac{L-l}{2} - dt)$  en que actúa dicha fuerza es mayor que la longitud exacta que sería  $(\frac{L-l}{2} - d)$ , así que si se mantiene el peralte "dt" a una distancia "d", se asegura que la fuerza cortante actuante ( $V_a$ ) en el área crítica, será menor que la resistente ( $V_c$ )

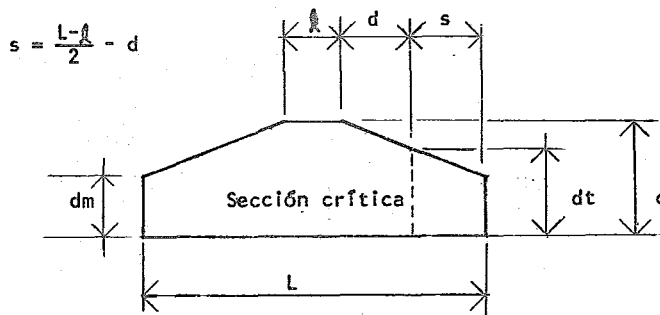


Figura 3.2.e

De lo anterior y de acuerdo a la figura 3.2.e se tiene:  
Proporcionalmente:

$$\frac{d - dt}{d} = \frac{d - d_m}{\frac{L-l}{2}}$$

$$d - dt = \frac{2d (d - d_m)}{(L-l)}$$

$$(d - dt) (L - \lambda) = 2d^2 - 2d(dm)$$

$$2d^2 + d(\lambda - L - 2dm) + d_t (1 - \lambda) = 0$$

.....3.2.7

haciendo

$$CA = 2$$

$$CB = \lambda - L - 2dm$$

$$CC = dt(L - \lambda)$$

$$d = \frac{-CB \pm \sqrt{CB^2 - 4CA CC}}{2CA}$$

..... 3.2.8

### 3.3. Método para el diseño de zapatas escalonadas (con pendientes)

El procedimiento para el diseño de este tipo de zapatas a compresión axial simple o a flexocompresión biaxial, fundamentalmente, son los establecidos en los subcapítulos 1.6 y 2.4., en cada caso.

La única diferencia radica en el cálculo del peralte como viga o en una dirección y como losa o en dos direcciones, correspondientes al 6° y 7° paso de los procedimientos ya descritos, en los cuales para el diseño de zapatas con pendientes deben substituirse dichos pasos por los que aquí se presentan.

6° Paso.- Diseño de los peraltes mayor ( $d$ ) y menor o de borde ( $d_m$ ), por cortante como viga ancha, o en una dirección.

- a. Se determina la pendiente requerida en la cara superior de la zapata

$$\frac{1}{w} \quad \delta \quad w$$

- b. Se calcula el peralte resistente a una distancia " $d$ " del paño del dado

$$d_t = \frac{-CB - \sqrt{CB^2 - 4(CA)(CC)}}{2(CA)} \quad \dots \text{ ec 3.1.12}$$

donde:

$$CA = \frac{w}{(w-1)^2}$$

$$CB = -\frac{B+b}{2} + \frac{w+1}{2(w-1)}(B-b) + \frac{w}{w-1} \left[ \frac{quB}{\sqrt{c}} \right]$$

$$CC = \frac{B qu (L-l)}{2 \sqrt{c}} + \frac{(B-b)^2}{4w}$$



para valores específicos de "w" pueden verse las expresiones 3.1.13, 3.1.14 y 3.1.15

- c. obtenido "dt" se calcula el peralte mayor (d) y el peralte menor o de borde (dm)

$$d = \left[ \frac{w}{w-1} \right] dt \quad \dots \text{ ec. 3.1.8}$$

$$dm = d - \frac{B-b}{2w} \quad \dots \text{ ec. 3.1.10}$$

El RCDF-77 especifica que el espesor mínimo de una zapata, será de 10 cms., art. 4. 4.3.; por consiguiente si "dm" es menor que 10 cm, o bien si se desea calcular "d" a partir de un peralte "dm" establecido, se calcularán "d" y "dt" con las expresiones siguientes

$$dt = \frac{-CB - \sqrt{CB^2 - 4(CA)(CC)}}{2(CA)} \quad \dots \text{ ec. 3.2.6}$$

donde:

$$CA = 1$$

$$CB = \frac{B+b}{2} - dm + \frac{Bqu}{\sqrt{c}}$$

$$CC = dm \frac{(B-b)}{2} - \frac{Bqu(L-l)}{2\sqrt{c}}$$

$$d = \frac{-CB - \sqrt{CB^2 - 4(CA)(CC)}}{2(CA)} \quad \dots \text{ ec 3.2.8}$$

donde

$$CA = 2$$

$$CB = l - L - 2 dm$$

$$CC = dt (L-l)$$

El valor del esfuerzo resistente o admisible del concreto ( $\sqrt{V_c}$ ) está dado por

$$\sqrt{V_c} = 0.5 \text{ F.R. } \sqrt{f'_c}$$

O bien si se desea un diseño mas conservador,  $\sqrt{V_c}$  puede calcularse considerando el porcentaje de acero ( $\rho$ ), como se indica en el 6° paso del subcapítulo 1.6

7° Paso Revisión del peralte efectivo por cortante como losa, o en dos direcciones

- a. Una vez obtenidos los peraltes "d", "dt" y "dm", se calcula el peralte " $d_L$ " para la revisión como losa

$$d_L = \frac{d + dt}{2}$$

- b. Para zapatas a compresión simple se calcula el peralte requerido, como se establece en el procedimiento del subcapítulo 1.6

$$d'_L = \frac{-CB + \sqrt{(CB)^2 - 4(CA)(CC)}}{2(CA)}$$

....ec

$$CA = q_u + 4 \sqrt{V_c}$$

$$CB = q_u (l+b) + 2 \sqrt{V_c} (b+l)$$

$$CC = q_u (l_b + BL)$$

$d_L$  deberá ser mayor que  $d'_L$ , para que los peraltes calculados en el 6° paso no se modifiquen. Ver inciso d.

- c. Para zapatas a flexocompresión el peralte " $d_L$ " se revisa como se indica en el procedimiento del subcapítulo 2.4

En caso de que el esfuerzo cortante máximo actuante ( $V_{max}$ ) sea mayor que el resistente o admisible ( $V_c$ ); deberá incrementarse el peralte " $d_L$ ", y por tanto modificarse " $d$ " y " $d_m$ " calculados.

- d. En caso de necesitar aumentar el peralte " $d_L$ ", éste deberá aumentarse de acuerdo a la siguiente expresión, con la que se obtienen valores de " $d_L$ " aproximados a los requeridos, para cumplir con los incisos c. ó d.

$$\Delta d = 0.6 \left( \frac{V_{max}}{V_c} - 1 \right)$$

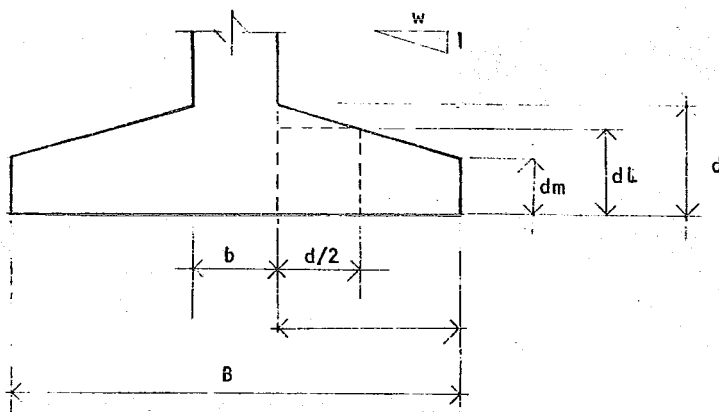
$$d_L = (1 + \Delta d) d_L$$

donde  $\Delta d$  = porcentaje en que debe incrementarse  $d_L$

$V_{max}$  = Esfuerzo máximo calculado en el inciso c.. Para zapatas a compresión simple, deberá calcularse el  $V_{max}$

$V_c$  = Esfuerzo resistente o admisible del concreto

Incrementado " $d_L$ ", se debe repetir el inciso c, ó d. según el caso, y posteriormente obtener los nuevos peraltes " $d$ " y " $d_m$ " que se generan, conservando la pendiente de la cara superior de la zapata, de acuerdo a las expresiones que se presentan a continuación: (Fig.3.3.a.)



(Figura 3.3. .)

$$\frac{1}{w} = \frac{d - d_L}{(d/2)} \quad ; \quad \frac{1}{w} = \frac{d - d_m}{(B - b)/2}$$

por lo tanto:

$$d = \frac{2(d_L)}{(2 - \frac{1}{w})}$$

$$d_m = d - \frac{B - b}{2w}$$

### 3.4 Ejemplos

#### EJEMPLO 3.4.1 : DISEÑO DE ZAPATA ESCALONADA (CON PENDIENTES) A FLEXOCOMPRESION UNIAxIAL

##### I.- DATOS :

- a) ACCIONES, RESISTENCIA DEL TERRENO Y DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA
  - $P = 50 \text{ TONS.}$
  - $M = 25 \text{ TONS.-M}$
  - $b = L = 50 \text{ cm}$
  - $\gamma_T = 17.0 \text{ TONS/M}^2 \Rightarrow \gamma_u = 15.0 \text{ TON/M}^2$  (SE CONSIDERA 2 TON/M<sup>2</sup> DE PESO DE CIMENTACION)

} ACCIONES INCREMENTADAS  
} CON FACTOR DE CARGA

##### b) MATERIALES :

- CONCRETO :  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$
- ACERO :  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

##### II.- CONSTANTES DE DISEÑO

##### a) ESFUERZOS RESISTENTES PARA DISEÑO :

$f^*_c = 0.8 f'_c = 160 \text{ kg/cm}^2$   
 $f^*_e = 0.85 f^*_c = 136 \text{ kg/cm}^2 \Leftrightarrow (f^*_c < 250 \text{ kg/cm}^2)$

##### b) FACTORES DE RESISTENCIA :

- CORTANTE :  $FR = 0.8$
- FLEXION :  $FR = 0.9$
- APLASTAMIENTO :  $FR = 0.7$

##### III DISEÑO ESTRUCTURAL

##### a) DIMENSIONES. (SUB-CAPITULO 2.1)

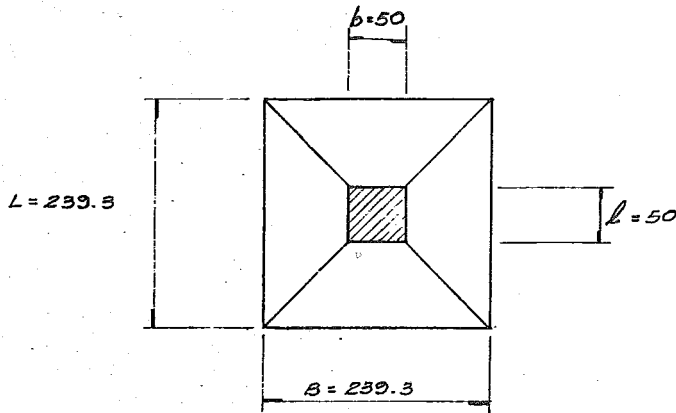
$$B = \frac{2a + \sqrt{4e^2 + 4(P/\gamma_u)}}{2} \text{----- EC. 2.1.2}$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{25 \times 10^5 \text{ kg-cm}}{50 \times 10^3 \text{ kg}} = 50.0 \text{ cm}$$

$$B = \frac{2(50) + \sqrt{4(50)^2 + 4(50 \times 10^3 / 1.5)}}{2} = 239.3 \text{ cm}$$

$$B = 239.3 \text{ cm}$$

- b) DISEÑO DE LOS PERALTES POR CORTANTE COMO VIGA ANCHA PARA ZAPATAS CON PENDIENTES (SUB-CAPITULO 3.1)



$$d_T = \frac{-CB - \sqrt{CB^2 - 4CA \cdot CC}}{2CA} \quad \text{EC. 3.1.12}$$

DONDE PARA PENDIENTE  $1/4$  SE TIENE DE 3.1.14

$$CA = \frac{1}{9}$$

$$CB = - \left[ \frac{B+b}{2} + \frac{5}{6} (B-b) + \frac{4}{3} \frac{q_u B}{U_c} \right]$$

$$CC = \frac{B q_u (L-l)}{2 U_c} + \frac{(B-b)^2}{16}$$

ESFUERZO PERMISIBLE COMO VIGA ANCHA :

$$U_c = 5.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore CA = 0.444$$

$$CB = - \left[ \frac{239.3 + 50}{2} + \frac{5}{6} (239.3 - 50) + \frac{4}{3} \frac{(1.5)(239.3)}{5.06} \right] = -397.0$$

$$CB = -397.0$$

$$CC = \frac{239.3(1.5)(239.3 - 50)}{2(5.06)} + \frac{(239.3 - 50)^2}{16} = 8954.0$$

$$CC = 8954.0$$

$$\therefore d_T = \frac{+397.0 - \sqrt{(-397)^2 - 4(0.444)(8954.0)}}{2(0.444)}$$

$$d = 23.13 \text{ cm}$$

$$\text{PARA } \omega = 4$$

$$d = \frac{\omega}{\omega - 1} d_T = \frac{4}{3} (23.13) = 30.8 \text{ cm} \text{ ----- EC. 3.1.8}$$

$$d = 30.8 \text{ cm}$$

$$d_m = \frac{\omega}{\omega - 1} d_T - \frac{B - b}{2\omega} = d - \frac{B - b}{2\omega} \text{ ----- EC. 3.1.10}$$

$$d_m = 30.8 - \frac{(239.3 - 50)}{2(4)} = 7.14 \text{ cm}$$

NOTA:

$d_m < 10 \text{ cm}$   $\therefore$  SE PROPONE  $d_m = 10$

SI SE DESEA CONSERVAR LA PENDIENTE EL PERALTE "d" SE INCREMENTA EN LA MISMA MAGNITUD QUE EL  $d_m$ .

ASI SE TIENE QUE  $d = 30.8 + (10 - 7.14) = 33.7 \text{ cm}$

PUESTO QUE "d" ES MEJOR QUE 10 CM DEL SUB-CAPITULO 3.2 SE TIENE: HACIENDO  $d_m = 10 \text{ cm}$ :

$$CA = 1$$

$$CB = \frac{B+b}{2} \cdot dm + \frac{B^2 u}{2U} = \frac{239.3 + 50}{2} \cdot 10 + \frac{239.3(1.5)}{5.06} = 205.59$$

$$CC = dm \frac{(B-b)}{2} - \frac{B^2 \sqrt{L-L'}}{2U} = \frac{10(239.3-50)}{2} - \frac{239.3(1.5)(239.3-50)}{2(5.06)} =$$

$$= -5767.85$$

$$d_T = \frac{-CB - \sqrt{CB^2 - 4CA \cdot CC}}{2CA} = \frac{-(205.59) + \sqrt{(205.59)^2 - 4(1)(-5767.85)}}{2(1)}$$

$$d_T = 25.0 \text{ cm}$$

4 DE ACUERDO A LA EXPRESION 3.2.2

$$CA = 2$$

$$CB = L - L' - 2dm = 50 - 239.3 - 2(10) = -209.3$$

$$CC = d_T (L - L') = 25(239.3 - 50) = 4732.5$$

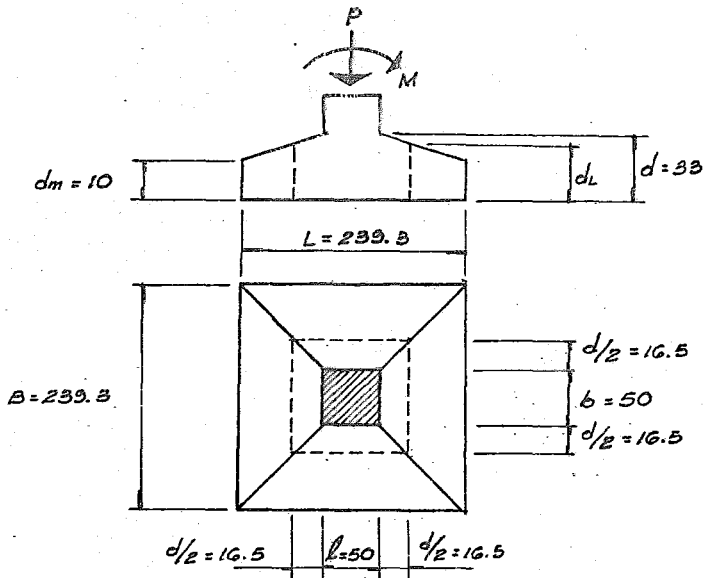
$$\therefore d = \frac{-CB - \sqrt{CB^2 - 4CA \cdot CC}}{2CA} = \frac{-(-209.3) - \sqrt{(-209.3)^2 - 4(2)(4732.5)}}{2(2)}$$

$$d = 33.04 \text{ cm}$$

POR LO TANTO:  $d = 33.04 \text{ cm.}$   
 $dm = 10.0 \text{ cm.}$

d) REVISION POR PENETRACION DE LOS PERALTES DE LA ZAPATA (SUB-CAPITULO 2.3.1)





LA SECCION CRITICA SE LOCALIZA A  $d/2$  EN DONDE EL PERALTE SERA  $d_L$ ; QUE ES  $d$  PROMEDIO ENTRE  $d''$  Y  $d_T$

$$d_L = \frac{d + d_T}{2} = \frac{33.04 + 25.0}{2}$$

$$d_L = 29.0 \text{ cm}$$

EN BASE AL SUBCAPITULO 2.3.1 Y SUBSTITUYENDO " $d_L$ " EN LAS EXPRESIONES CORRESPONDIENTES:

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(L + d_L) / (b + d_L)}} \quad \text{--- EC. 2.3.1.2.}$$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(50 + 29) / (50 + 29)}}$$

$\alpha = 0.4$  (VALOR DE  $\alpha$  PARA COLUMNAS CUADRADAS)

$$J_c = \frac{d_L (l + d_L)^3}{6} + \frac{(l + d_L) d_L^3}{6} + \frac{d_L (b + d) (l + d_L)^2}{2} \quad \text{EC. 2.3.1.5}$$

$$J_c = \frac{29(50+29)^3}{6} + \frac{(50+29)(29)^3}{6} + \frac{(29)(50+29)(50+29)^2}{2}$$

$$J_c = 9'853,209.2 \text{ cm}^4$$

$$A_{ce} = 2d_L (l + b + 2d_L) \quad \text{EC. 2.3.1.6}$$

$$A_{ce} = 2(29)(50+50+2(29)) = 9,164 \text{ cm}^2$$

$$P^* = P - A_c f_u = P - [(l+d)(b+d)] f_u = 50,000 - [(50+29)(50+29)] (1.5)$$

$$P^* = 40,639 \text{ kg}$$

$$\therefore v_{max} = \frac{P^*}{A_{ce}} + \frac{\alpha M_c}{J_c}$$

$$v_{max} = \frac{40,639 \text{ kg}}{9,164 \text{ cm}^2} + \frac{0.4(2,500,000 \text{ kg-cm})(25+14.5)}{9'853,209.2 \text{ cm}^4}$$

$$v_{max} = 8.4 \text{ kg/cm}^2 < v_{cl} = 0.8 \sqrt{f_c^*} = 0.8 \sqrt{160} = 10.12 \text{ kg/cm}^2$$

\(\therefore\) LOS PERALTES SON ADECUADOS.

|  |
|--|
| $d = 33 \text{ cm}$<br>$d_m = 10 \text{ cm}$ |
|--|

d) DISEÑO POR FLEXION

MOMENTO FLEXIONANTE DE DISEÑO

$$M_f = \frac{q_u B (B - b)^2}{8} = \frac{1.5 (239.3) (239.3 - 50)^2}{8}$$

$$M_f = 1,607,849 \text{ kg-cm}$$

CALCULO DEL PORCENTAJE DE ACERO  
PORCENTAJE MINIMO Y MAXIMO

$$\rho_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.7 \sqrt{200}}{4200} = 0.0024$$

$$\rho_b = \frac{f'_c}{f_y} \frac{4800}{(f_y + 6000)} = \frac{136}{4200} \frac{4800}{(4200 + 6000)} = 0.0152$$

$$\rho_{max} = 0.75(0.0152) = 0.0114$$

PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{F_R b d^2 f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{136}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(1607849)}{0.9(50)(33)^2(136)}} \right]$$

$$\rho = 0.0091$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad \text{OK}$$

AREA DE ACERO

$$A_s = \rho (b)(d) = 0.0091(50)(33) = 15.0 \text{ cm}^2$$

ARMADO: PROPONIENDO VARILLAS DE  $\phi \frac{1}{2}$ " (#4)

$$S = \frac{A_u (b)}{A_s} = \frac{1.27(239.3)}{15.0} = 20.3 \text{ cm}$$

USAR VARILLAS  $\phi \frac{1}{2}$ " (#4) @ 20 cm EN LAS DOS DIRECCIONES

e) REVISION POR APLASTAMIENTO DEL DADO O COLUMNA

$$A_1 = b \times l = (50)(50) = 2500 \text{ cm}^2$$

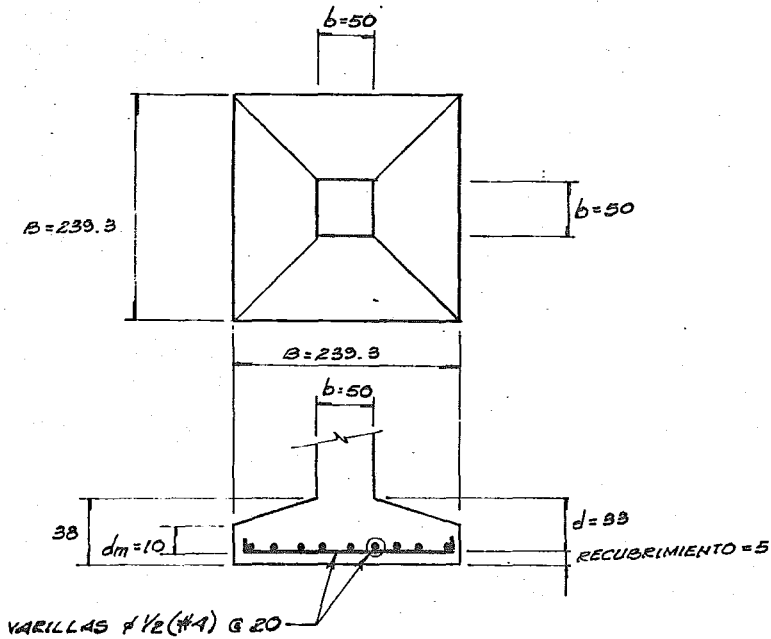
$$A_2 = (b + 4d)(l + 4d) = (50 + 4(33))(50 + 4(33)) = 33122$$

$$\beta = \sqrt{\frac{33122}{2500}} = 3.64 > 2 \Rightarrow \beta = 2$$

$$f_p = \beta(F_R) f_c^* = 2(0.7)(160) = 224 \text{ kg/cm}^2$$

$$(f_p)_{\text{act.}} = \frac{P}{b^2} + \frac{GM}{b^3} = \frac{50000}{(50)^2} + \frac{6(25 \times 10^5)}{(50)^3} = 140 \text{ kg/cm}^2 < f_p \text{ OK}$$

f) ZAPATA DISEÑADA



**EJEMPLO 3.4.2 : DISEÑO DE ZAPATA ESCALONADA  
(CON PENDIENTES) CUADRADA, A  
FLEXOCOMPRESION BIAXIAL.**

**I.- DATOS :**

- a) ACCIONES, RESISTENCIA DEL TERRENO Y DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

$$\left. \begin{array}{l} P = 120 \text{ TON} \\ M_y = 30 \text{ TON-M} \\ M_x = 15 \text{ TON-M} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ACCIONES INCREMENTADAS CON} \\ \text{FACTORES DE CARGA} \end{array}$$

DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA :

$$b = l = 50 \text{ cm}$$

PRESION ADMISIBLE EN EL TERRENO Y PRESION DE DISEÑO  
 $\gamma_T = 17.0 \text{ TON/M} \Rightarrow \gamma_U = 15.0 \text{ TON/M}^2$  (SE CONSIDERA 2 TON/M<sup>2</sup>  
 DE PESO DE CIMENTACION)

SE DESEA QUE LA ZAPATA A DISEÑAR SEA CUADRADA

- b) MATERIALES :

$$\text{CONCRETO } f'_c = 200 \text{ KG/CM}^2$$

$$\text{ACERO } f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$$

**II. CONSTANTES DE DISEÑO**

- a) ESFUERZOS RESISTENTES PARA DISEÑO :

$$f^*c = 0.8 f'_c = 160 \text{ KG/CM}^2$$

$$f^*c = 0.85 f'_c = 170 \text{ KG/CM}^2 \Leftrightarrow (f^*c < 250 \text{ KG/CM}^2)$$

- b) FACTORES DE RESISTENCIA :

$$\text{CORTANTE : } FR = 0.8$$

$$\text{FLEXION : } FR = 0.9$$

$$\text{APLASTAMIENTO : } FR = 0.7$$

### III DISEÑO ESTRUCTURAL

#### a) DIMENSIONES (SUB-CAPITULO 2.2.1)

$$B = L = \frac{2(e_y + e_x) + \sqrt{4(e_y + e_x)^2 - 4[e_x e_y - P/94]}}{2} \quad \text{EC. 2.2.2.3}$$

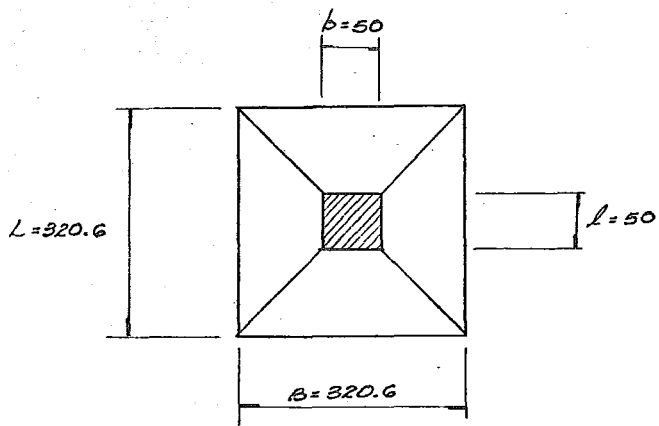
$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{30 \times 10^5}{120 \times 10^3} = 25 \text{ cm}$$

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{15 \times 10^5}{120 \times 10^3} = 12.5 \text{ cm}$$

$$B = \frac{2(25 + 12.5) + \sqrt{4(25 + 12.5)^2 - 4(4(12.5)(25) - 120000/1.5)}}{2}$$

$$B = 320.6 \text{ cm}$$

#### b) DISEÑO POR CORTANTE DEL PERALTE COMO VIGA ANCHA PARA ZAPATAS CON PENDIENTES (SUB-CAPITULO 3.1)



$$d_r = \frac{-\bar{c}B - \sqrt{\bar{c}B^2 - 4\bar{c}A \cdot \bar{c}C}}{2\bar{c}A} \quad \text{EC. 3.1.12}$$

DONDE PARA PENDIENTES  $\nabla$  SE TIENE DE 3.1.14

$$\bar{c}A = \frac{1}{9}$$

$$CB = - \left[ \frac{B+b}{2} + \frac{5}{6} (B-b) + \frac{1}{3} \frac{q_u B}{V_c} \right]$$

$$CC = \frac{B q_u (L-l)}{2 V_c} + \frac{(B-b)^2}{16}$$

ESFUERZO PERMISIBLE:  $V_c = 0.8 (0.5) \sqrt{160} = 5.06 \text{ kg/cm}^2 \therefore$

$$CA = 0.444$$

$$CB = - \left[ \frac{320.6 + 50}{2} + \frac{5}{6} (320.6 - 50) + \frac{1}{3} \frac{(1.5)(320.6)}{5.06} \right] = -537.52$$

$$CC = \frac{320.6(1.5)(320.6 - 50)}{2(5.06)} + \frac{(320.6 - 50)^2}{16} = 17435.37$$

$$d_r = \frac{537.52 - \sqrt{(-537.52)^2 - 4(0.444)(17435.37)}}{2(0.444)}$$

$$d_r = 33.36 \text{ cm}$$

PARA  $\omega = 1$

$$d = \frac{\omega}{\omega - 1} d_r = \frac{1}{3} (33.36) = 11.12 \text{ cm} \quad \text{EC. 3.1.8}$$

$$d = 44.5 \text{ cm}$$





SEGUN EL DESARROLLO DEL SUB-CAPITULO 2.5.2 Y  
SUSTITUYENDO  $d_L$  EN LAS EXPRESIONES CORRESPONDIENTE.  
PARA COLUMNAS O PADOS CUADRADOS  $l=b \Rightarrow \alpha = 0.4$

$$\alpha_x = \alpha_y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(l+d_L)/(b+d_L)}} \quad \text{EC. 2.3.2.3}$$

$$\alpha_x = \alpha_y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{1/1}} = 0.4$$

$$d_{cx} = d_{cy} = \frac{d_L (l+d_L)^3}{6} + \frac{(l+d_L) d_L^3}{6} + \frac{d_L (b+d_L)(l+d_L)^2}{2} \quad \text{EC. 2.3.2}$$

$$d_{cx} = d_{cy} = \frac{38.9(50+38.9)^3}{6} + \frac{(50+38.9)(38.9)^3}{6} + \frac{(38.9)(50+38.9)(50+38.9)^2}{2}$$

$$d_{cx} = d_{cy} = 19\,092\,806 \text{ cm}^4$$

CALCULO DE LA CARGA EFECTIVA QUE DEBE RESISTIR LA  
SECCION CRITICA

$$P^* = P - A_c \gamma_u = P - [(l+d)(b+d)] \gamma_u$$

$$P^* = 120\,000 \text{ KG} - (1.5)(50+44.45)(50+44.45)$$

$$P^* = 106\,604.63 \text{ KG}$$

$$U_{max} = \frac{P^*}{A_{CR}} + \frac{\alpha_x M_x C_x}{d_{cx}} + \frac{\alpha_y M_y C_y}{d_{cy}} \quad \text{EC. 2.5.2.2}$$

$$A_{CR} = 2 d_L (l+b+2d_L) = 2(38.9)(50+50+2(38.9)) = 13\,832.84 \text{ cm}^2$$

$$U_{max} = \frac{106\,604.63}{13\,832.84} + \frac{0.4(1\,500\,000)(25+22.2)}{19\,092\,806} + \frac{0.4(3\,000\,000)(25+22.2)}{19\,092\,806}$$

$$U_{max} = 7.71 + 1.48 + 2.98$$

$$U_{max} = 12.17 > U_{CL} = 0.8 \sqrt{f^* c} = 10.12 \text{ kg/cm}^2$$

SE INCREMENTA EL PERALTE EN  $0.6 \left( \frac{12.17}{10.12} - 1 \right) = 0.12$

$$d_L = (1 + 0.12)(38.9) = 43.6$$

CONSERVANDO LA MISMA PENDIENTE PARA  $\omega = 4$

$$d = \frac{2 d_L}{\left(2 - \frac{1}{\omega}\right)} = \frac{2(43.6)}{2 - \frac{1}{4}} = 49.8 \text{ cm}$$

$$d_m = d - \frac{B-b}{2\omega} = 49.8 - \frac{320.6 - 50}{2(4)} = 16 \text{ cm}$$

$$d_{cx} = d_{cy} = \frac{43.6(50+43.6)^3}{6} + \frac{(50+43.6)(43.6)^3}{6} + \frac{(43.6)(50+43.6)(50+43.6)^2}{2}$$

$$d_{cx} = d_{cy} = 25.128.375 \text{ cm}^4$$

$$P^* = 120.000 - 1.5(50 + 49.8)^2$$

$$P^* = 105.060 \text{ KG}$$

$$A_{cr} = 2(43.6)(50 + 50 + 2(43.6)) = 16.324 \text{ cm}^2$$

$$U_{max} = \frac{105.060}{16.324} + \frac{0.4(1.500.000)(25 + 24.9)}{25.128.375} + \frac{0.4(3.000.000)(25 + 24.9)}{25.128.375}$$

$$U_{max} = 6.43 + 1.2 + 2.14 = 9.8 \text{ kg/cm}^2 < U_{CL} = 10.12 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

∴ LOS PERALTES FINALES SON :

$$d = 49.8 \text{ cm}$$

$$d_m = 16 \text{ cm}$$

d) DISEÑO POR FLEXION.

$$M_f = \frac{q_u B(B-b)^2}{8} = \frac{1.5(320.6)(320.6-50)^2}{8}$$

$$M_f = 4\,401\,699 \text{ ton-m}$$

CALCULO DEL PORCENTAJE DE ACERO.

PORCENTAJE MINIMO Y MAXIMO:

$$\rho_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.7 \sqrt{200}}{4200} = 0.0024$$

$$\rho_b = \frac{f'_c}{f_y} \frac{1800}{(f_y + 6000)} = \frac{136}{4200} \frac{1800}{(4200 + 6000)} = 0.0152$$

$$\rho_{max} = 0.75(0.0152) = 0.0114$$

PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO:

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_f}{F.R. b d^2 f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{136}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(4\,401\,699)}{0.9(50)(49.8)^2(136)}} \right]$$

$$\rho = 0.0114$$

$$\rho = \rho_{max} \text{ OK}$$

AREA DE ACERO:

$$A_s = \rho(b)(d) = 0.0114(50)(49.8) = 28.4 \text{ cm}^2$$

ARMADO PROPONIENDO VARILLAS DE  $\phi \frac{5}{8}$ " (#5)

$$S = \frac{A_s(B)}{A_s} = \frac{1.98(320.6)}{28.4} = 22.4 \text{ cm}$$

USAR VARILLAS  $\phi \frac{5}{8}$ " (#5) @ 22 cm EN LAS DOS DIRECCIONES

e) REVISION POR APLASTAMIENTO DEL DADO O COLUMNA

$$A_1 = b(l) = (50)(50) = 2500 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = (b+4d)(l+4d) = (50+4(49.8))(50+4(49.8)) = 62100 \text{ cm}^2$$

$$\beta = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{62100}{2500}} = 5.0 > 2 \Rightarrow \beta = 2$$

$$f_p = \beta (F.R.) f'_c = 2(0.7)(160) = 224 \text{ kg/cm}^2$$

$$(f_p)_{act.} = \frac{P}{b^2} + \frac{GM_x}{b^3} + \frac{GM_y}{b^3}$$

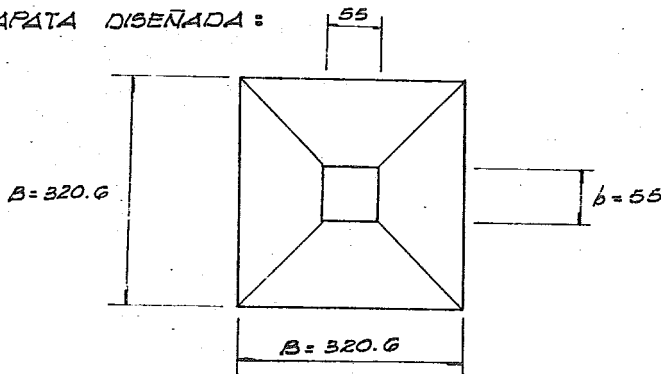
$$(f_p)_{act.} = \frac{120 \times 10^3}{(50)^2} + \frac{G(15 \times 10^5)}{(50)^3} + \frac{G(30 \times 10^5)}{(50)^3} = 264 \text{ kg/cm}^2 > f_p$$

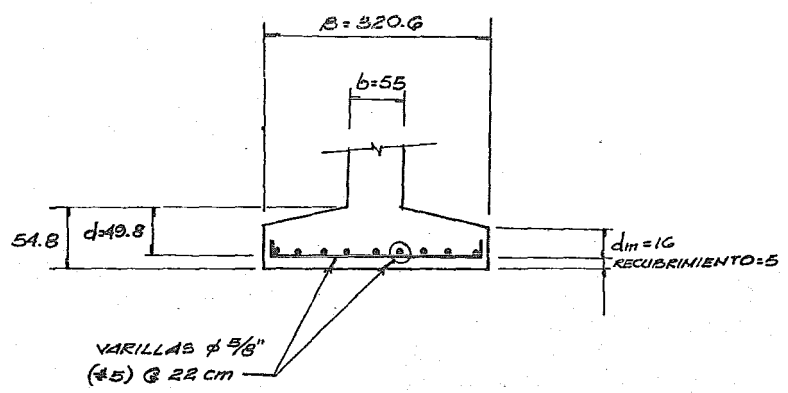
SE INCREMENTA EL DADO EN 5 CM.

$$(f_p)_{act.} = \frac{120 \times 10^3}{(55)^2} + \frac{G(15 \times 10^5)}{(55)^3} + \frac{G(30 \times 10^5)}{(55)^3} = 202 \text{ kg/cm}^2$$

$$(f_p)_{act.} < f_p \text{ OK} \Rightarrow b = l = 55 \text{ cm}$$

f) ZAPATA DISEÑADA:





### EJEMPLO 3.4.3 DISEÑO DE ZAPATA ESCALONADA (CON PENDIENTES), RECTANGULAR, A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL.

#### I. DATOS

- a) ACCIONES, RESISTENCIA DEL TERRENO Y DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

$$\left. \begin{array}{l} P = 150 \text{ TON} \\ M_x = 25.0 \text{ TON-M} \\ M_y = 35.0 \text{ TON-M} \end{array} \right\} \text{ACCIONES INCREMENTADAS CON} \\ \text{FACTORES DE CARGA}$$

DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA:

$$b = 60 \text{ cm} \\ l = 80 \text{ cm}$$

PRESION ADMISIBLE Y PRESION DE DISEÑO:

$$q_T = 22 \text{ TON/M}^2 \Rightarrow q_u = 20 \text{ TON/M}^2 \text{ (SE CONSIDERA 2 TON/M}^2 \text{ DE} \\ \text{PESO DE CIMENTACION)}$$

SE DESEA QUE LA ZAPATA SEA RECTANGULAR DE ACUERDO  
A LAS DIMENSIONES OPTIMAS:

- b) MATERIALES:

$$\text{CONCRETO: } f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{ACERO: } f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

#### II CONSTANTES DE DISEÑO

- a) ESFUERZOS RESISTENTES PARA DISEÑO:

$$f^*c = 0.8 f'_c = 160 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''c = 0.85 f''c = 136 \text{ kg/cm}^2 \Leftrightarrow (f^*c < 250 \text{ kg/cm}^2)$$

- b) FACTORES DE RESISTENCIA:

$$\text{CORTANTE: } FR = 0.8$$

$$\text{FLEXION: } FR = 0.9$$

$$\text{APLASTAMIENTO: } FR = 0.7$$

### III DISEÑO ESTRUCTURAL

a) DIMENSIONES: (SUB-CAPITULO 2.2.2.)  
DEL DESARROLLO:

$$L = \frac{-CB + \sqrt{CB^2 - 4CA \cdot CC}}{2CA} \quad \text{EC. 2.2.2.3.}$$

$$B = R_e L \quad \text{EC. 2.2.2.4}$$

DONDE:

$$CA = R_e$$

$$CB = -2(R_e e_y + e_x)$$

$$CC = 4 e_y e_x - \frac{P}{\gamma_y}$$

$$e_y = \frac{M_{\text{mayor}}}{P} = \frac{35 \times 10^5 \text{ KG-cm}}{150 \times 10^3 \text{ KG}} = 23.33 \text{ cm}$$

$$e_x = \frac{M_{\text{menor}}}{P} = \frac{25 \times 10^5 \text{ KG-cm}}{150 \times 10^3 \text{ KG}} = 16.67 \text{ cm}$$

RELACION DE MOMENTOS:

$$R_{em} = \frac{e_x}{e_y} = \frac{16.67}{23.33} = 0.714$$

RELACION ENTRE LOS LADOS DEL DADO O COLUMNA:

$$R_{ec} = \frac{\text{LADO MENOR}}{\text{LADO MAYOR}} = \frac{b}{l} = \frac{60 \text{ cm}}{80 \text{ cm}} = 0.75$$

$$R_{em} = 0.714 < R_{ec} = 0.75 \Rightarrow R_e = R_{em} = 0.714$$

POR LO TANTO:  $CA = 0.714$

$$CB = -2(0.714(23.33) + 16.67) = -66.66$$

$$CC = 4(16.67)(23.33) - \frac{1500}{2.0} = -73444.36$$

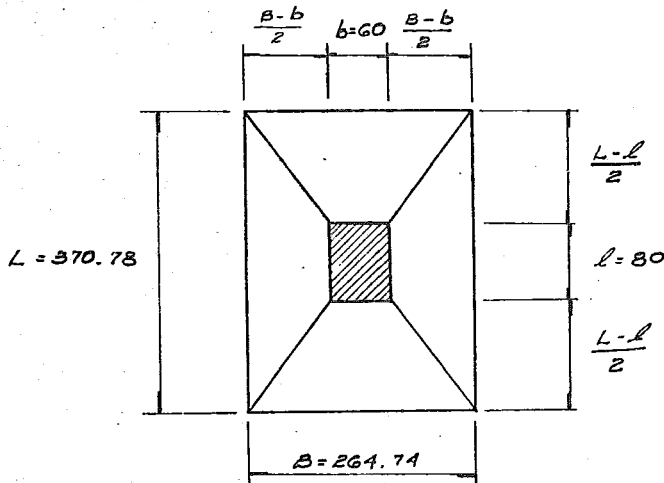
$$L = -(-66.66) + \frac{\sqrt{(-66.66)^2 - 4(0.714)(-73444.36)}}{2(0.714)}$$

$$L = 370.78 \text{ cm}$$

$$B = R_c L = 0.714(370.78) = 264.74 \text{ cm}$$

|                         |
|-------------------------|
| $L = 370.78 \text{ cm}$ |
| $B = 264.74 \text{ cm}$ |

b) DISEÑO POR CORTANTE DEL PERALTE COMO VIGA ANCHA  
(SUBCAPITULO 3.1)



SE CALCULA LA LONGITUD CRITICA DE LA VIGA ANCHA  
IDEALIZADA EN LA ZAPATA

$$\frac{L-l}{2} = \frac{370.78 - 80}{2} = 145.39 \text{ cm}$$

$$\frac{B-b}{2} = \frac{264.74 - 60}{2} = 102.37 \text{ cm}$$



LA LONGITUD CRITICA ES  $\frac{L-l}{2} = 145.33 > \frac{B-b}{2} = 102.37$

$$\therefore d_T = \frac{-CB - \sqrt{CB^2 - 4\bar{CA} \cdot CC}}{2\bar{CA}} \quad \text{EC. 3.1.12}$$

DONDE PARA ESCUELOS CON PENDIENTE  $\frac{1}{4}$  SE TIENE DE 3.1.14

$$\bar{CA} = \frac{A}{9}$$

$$CB = -\left[ \frac{B+b}{2} + \frac{5}{6} (B-b) + \frac{4}{3} \frac{q_u B}{U_c} \right]$$

$$CC = \frac{B q_u (L-l)}{2 U_c} + \frac{(B-b)^2}{16}$$

ESFUERZO RESISTENTE COMO VIGA :

$$U_c = 0.8(0.5) \sqrt{f'_c} = 5.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore \bar{CA} = 0.444$$

$$CB = -\left[ \frac{264.74 + 60}{2} + \frac{5}{6} (264.74 - 60) + \frac{4}{3} \frac{(2.0)(264.74)}{(5.06)} \right] = -472.51$$

$$CC = \frac{264.74(2.0)(370.78 - 80)}{2(5.06)} + \frac{(264.74 - 60)^2}{16} = 17833.56$$

$$\therefore d_T = \frac{-(-472.51) - \sqrt{(-472.51)^2 - 4(0.444)(17833.56)}}{2(0.444)}$$

$$d_T = 39.15 \text{ cm}$$

DE 3.1.14 SE TIENE :  $\frac{1}{W} = \frac{1}{4}$  POR LO TANTO :

$$d = \frac{\omega}{\omega - 1} d_r \quad \text{EC. 3.1.8}$$

$$d = \frac{4}{3} (39.15) = 52.2 \text{ cm}$$

$$d = 52.2 \text{ cm}$$

$$d_m = d - \frac{e - b}{2\omega} \quad \text{EC. 3.1.10}$$

$$d_m = 52.2 - \frac{(264.74 - 60)}{2(4)} = 26.60 \text{ cm}$$

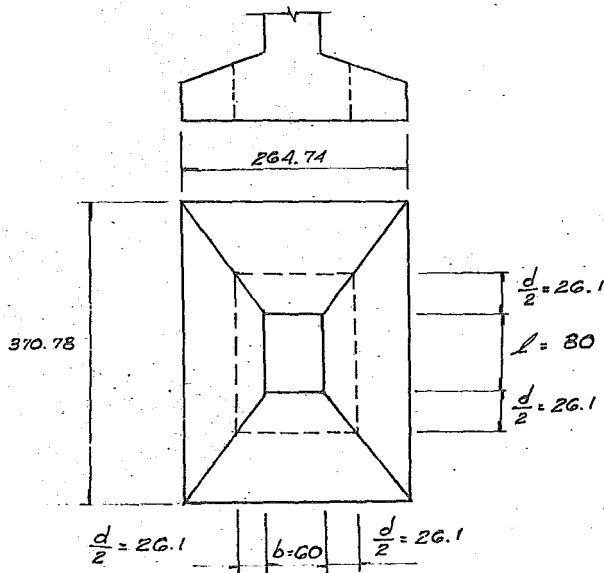
$$d_m = 26.6 \text{ cm} > 10 \text{ cm} \quad \therefore \text{SE ACEPTA EL PERALTE}$$

POR LO ANTERIOR :

$$d = 52.2 \text{ cm}$$

$$d_m = 26.6 \text{ cm}$$

C) REVISIÓN POR PENETRACIÓN DE LOS PERALTES DE LA ZAPATA. (SUB-CAPÍTULO 2.3.2)



LA SECCION CRITICA SE LOCALIZA A  $\frac{d}{2} = 26.1$  EN DONDE EL PERALTE SERA  $d_L$ ; QUE ES EL PROMEDIO ENTRE "d" Y "d\_T".

$$d_L = \frac{52.2 + 39.15}{2} = 45.7 \text{ cm}$$

$$d_L = 45.7 \text{ cm}$$

SEGUN EL DESARROLLO DEL SUB-CAPITULO 2.3.2 Y SUBSTITUYENDO  $d_L$  EN LAS EXPRESIONES CORRESPONDIENTES

$$\alpha_x = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(b + d_L)/(l + d_L)}} \quad \text{EC. 2.3.2.4}$$

$$\alpha_x = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(60 + 45.7)/(80 + 45.7)}}$$

$$\alpha_x = 0.3806$$

$$\alpha_y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(l + d_L)/(b + d_L)}} \quad \text{EC. 2.3.2.3}$$

$$\alpha_y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{(80 + 45.7)/(60 + 45.7)}}$$

$$\alpha_y = 0.4222$$

$$J_{cx} = \frac{d_L (b + d_L)^3}{6} + \frac{(b + d_L) d_L^3}{6} + \frac{d_L (l + d_L) (b + d_L)^2}{2} \quad \text{EC. 2.3.2.4}$$

$$J_{cx} = \frac{45.7(60+45.7)^3}{6} + \frac{(60+45.7)(45.7)^3}{6} + \frac{(45.7)(80+45.7)(60+45.7)^2}{2}$$

$$J_{cx} = 42.766\ 300 \text{ cm}^4$$

$$J_{cy} = \frac{d_L (L + d_L)^3}{6} + \frac{(L + d_L) d_L^3}{6} + \frac{d_L (b + d_L) (L + d_L)^2}{2} \quad \text{EC. 2.3.2.3}$$

$$J_{cy} = \frac{(45.7)(80+45.7)^3}{6} + \frac{(80+45.7)(45.7)^3}{6} + \frac{(45.7)(60+45.7)(80+45.7)^2}{2}$$

$$J_{cy} = 55\,289\,232 \text{ cm}^4$$

CALCULO DE LA CARGA QUE DEBERA RESISTIR LA SECCION CRITICA

$$P^* = P - A_c T_r = P - [(L + d)(b + d)] \gamma_u$$

$$P^* = 150\,000 - [(80 + 52.2)(80 + 52.2)](2.0)$$

$$P^* = 121\,400.0 \text{ KG}$$

$$A_{cr} = 2d_L(L + b + 2d_L) = 2(45.7)(80 + 60 + 2(45.7))$$

$$A_{cr} = 21\,150 \text{ cm}^2$$

ESFUERZO MAXIMO ACTUANTE EN EL AREA CRITICA :

$$U_{max} = \frac{P^*}{A_{cr}} + \frac{\alpha_x M_x C_x}{J_{cx}} + \frac{\alpha_y M_y C_y}{J_{cy}} \quad \text{EC. 2.3.2.2}$$

$$U_{max} = \frac{121\,400}{21\,150} + \frac{0.3806(2\,500\,000)(30 + 26.1)}{42\,766\,800} + \frac{0.4222(3\,500\,000)(40 + 26.1)}{55\,289\,232}$$

$$U_{max} = 5.74 + 1.25 + 1.77 = 8.76 \text{ KG/cm}^2$$

$$U_{max} = 8.76 \text{ KG/cm}^2 < U_{CL} = 0.8 \sqrt{100} = 10.12 \text{ KG/cm}^2 \quad \text{OK}$$

∴ LOS PERALTES FINALES SON :

|                         |
|-------------------------|
| $d = 52.2 \text{ cm}$   |
| $d_m = 26.6 \text{ cm}$ |

c) DISEÑO POR FLEXIÓN:

MOMENTO FLEXIONANTE DE DISEÑO

LADO LARGO:

$$M_f = \frac{\phi_u B (L - l)^2}{8} \text{----- EC. 1.5.1}$$

$$M_f = \frac{2.0 (264.74) (370.78 - 80)^2}{8}$$

$$M_f = 5596140 \text{ KG-CM}$$

LADO CORTO:

$$M_f = \frac{\phi_u L (B - b)^2}{8}$$

$$M_f = \frac{2.0 (370.78) (264.74 - 60)^2}{8}$$

$$M_f = 3885632 \text{ KG-CM}$$

PORCENTAJE DE ACERO MAXIMO Y MINIMO

$$\rho_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.7 \sqrt{2500}}{4200} = 0.0024$$

$$\rho_b = \frac{f'_c}{f_y} \frac{4800}{(f_y + 6000)} = \frac{136}{4200} \frac{4800}{(4200 + 6000)} = 0.0152$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 (0.0152) = 0.0114$$

LADO LARGO: PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO:

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_f}{F_R (b) (d^2) f'_c}} \right] \text{----- EC. 1.5.8}$$

SE SUBSTITUYE "B" POR "b", EN LA EXPRESION ANTERIOR

$$\rho = \frac{136}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(5596140)}{0.9(60)(52.2)^2(136)}} \right]$$

$$\rho = 0.0109 ; \rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad OK$$

AREA DE ACERO :

$$A_s = \rho (b) (d) = 0.0109 (60) (52.2) = 34.1 \text{ cm}^2$$

ARMADO : PROPONIENDO VARILLAS  $\phi \frac{3}{4}$ " (#6)

$$S_x = \frac{(A_s) (b)}{A_v} = \frac{(2.85)(264.74)}{34.1} = 22 \text{ cm}$$

USAR VARILLAS  $\phi \frac{3}{4}$ " (#6) @ 22 CM PARALELAS AL LADO LARGO

LADO CORTO : PORCENTAJE DE ACERO DE REFUERZO

$$\rho = \frac{f''_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_f}{FR(l)(d^2)f''_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{136}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(3885632)}{0.9(80)(52.2)^2(136)}} \right]$$

$$\rho = 0.0051$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad OK$$

AREA DE ACERO :

$$A_s = \rho (l) (d) = 0.0051 (80) (52.2) = 21.3 \text{ cm}^2$$

ARMADO POR FRANJAS:

FRANJA CENTRAL

$$A_{sc} = \left[ \frac{2B}{B+L} \right] A_s = \left[ \frac{2(264.74)}{264.74 + 370.78} \right] 21.3 = 17.8 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{fc} = \frac{A_{sc}}{l(d)} = \frac{17.8}{80(52.2)} = 0.0043 > \rho_{min} \quad \text{OK}$$

ARMADO: PROPONIENDO VARILLAS  $\phi 5/8"$  (#5)

$$S_{fc} = \frac{A_v(B)}{A_{sc}} = \frac{1.93(264.74)}{17.8} = 29.5$$

USAR VARILLAS  $\phi 5/8"$  (#5) @ 30 cm PARALELAS A LADO CORTO (FRANJA CENTRAL)

FRANJAS EXTREMAS:

$$A_{se} = A_s - A_{sc} = 21.3 - 17.8 = 3.5 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{fc} = \frac{A_{se}}{(L-B)d_m} = \frac{3.5}{(370.78 - 264.74)26.6} = 0.0012 < \rho_{min}$$

ARMADO: PROPONIENDO VARILLAS  $\phi 5/8"$  (#5)

$$S_{fe} = \frac{A_v(L-B)}{A_{se(min)}} = \frac{1.93(370.78 - 264.74)}{6.76} = 31 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 3.5 d_m = 3.5(26.6) = 93 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 50 \text{ cm}$$

USAR VARILLAS  $\phi 5/8"$  (#5) @ 31 cm PARALELAS AL LADO CORTO (FRANJAS EXTREMAS)

e) REVISION POR APLASTAMIENTO DEL DADO O COLUMNA

$$A_1 = b(l) = 60(80) = 4800 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = (b + 4d)(l + 4d) = (60 + 4(52.2))(80 + 4(52.2))$$

$$A_2 = 77629 \text{ cm}^2$$

$$\beta = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{77629}{4800}} = 4.0 > 2 \Rightarrow \beta = 2$$

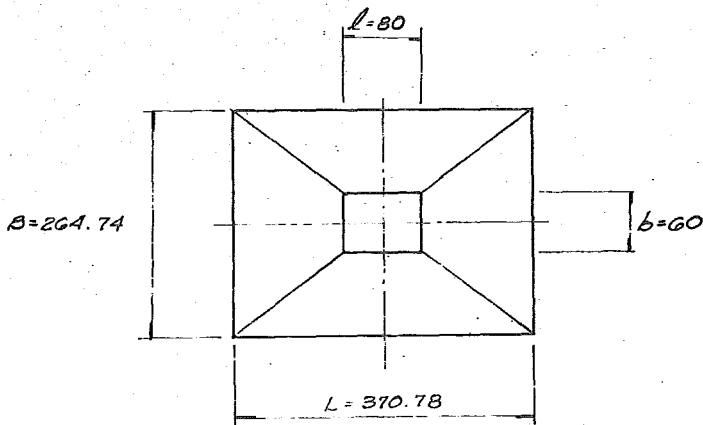
$$f_p = \beta (F.R.) f_c^* = 2(0.7)(160) = 224 \text{ kg/cm}^2$$

$$(f_p)_{act} = \frac{P}{b(l)} + \frac{G(M_x)}{l(b^2)} + \frac{G(M_y)}{b(l^2)}$$

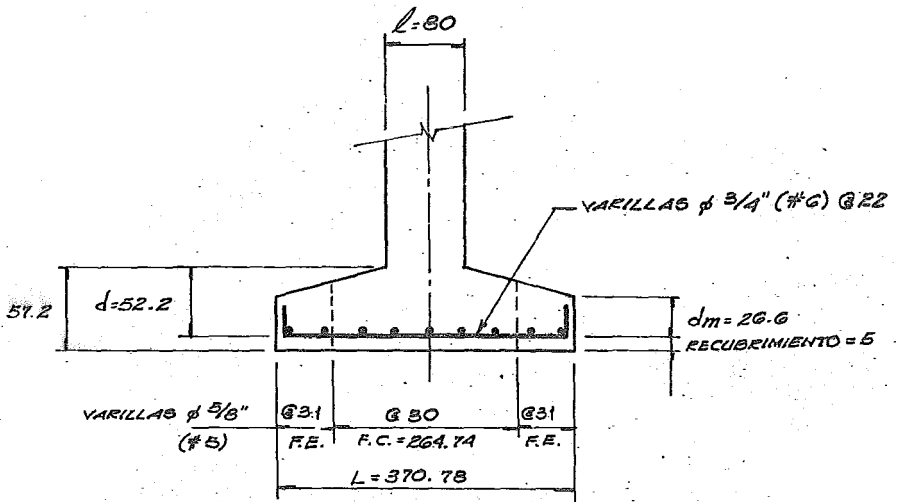
$$(f_p)_{act} = \frac{150000}{60(80)} + \frac{G(25 \times 10^5)}{80(60)^2} + \frac{G(35 \times 10^5)}{60(80)^2} = 138 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_p > (f_p)_{act} \quad \text{OK}$$

f) ZAPATA DISEÑADA:







## CAPITULO 4

PROGRAMAS DE COMPUTADORA PARA EL DISEÑO  
ESTRUCTURAL DE ZAPATAS AISLADAS

La computadora es una herramienta útil para la solución rápida y precisa de diferentes y diversos problemas. Sin embargo, es necesario proveerla de instrucciones ordenadas en forma lógica (PROGRAMA), a fin de que resuelva el problema deseado adecuadamente.

Con objeto de dar mayor versatilidad al diseño estructural de zapatas aisladas de cimentación, en este capítulo se presentan dos programas de computadora, como ayudas de diseño:

- Programa general para el diseño de zapatas aisladas
- Programa para la elaboración de "Tablas de Zapatas a compresión simple"




Los cuales se elaboraron en base a las expresiones matemáticas desarrolladas en los capítulos anteriores, así como en los ejemplos correspondientes; y de acuerdo a las especificaciones del criterio de "resistencia última", establecidas en las "Normas Técnicas Complementarias del reglamento de Construcciones del Distrito Federal" de 1977.

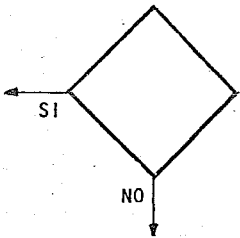

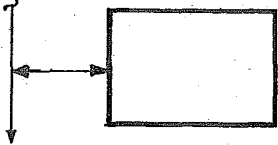

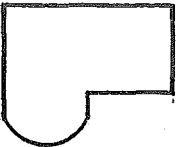
Estos programas se desglosan y explican, en forma detallada, mediante su diagrama de flujo, que es la representación esquemática de la secuencia de pasos que debe ejecutar la computadora para resolver el problema planteado.


Asimismo en cada caso se presenta la codificación del programa, que es la traducción del diagrama de flujo al "lenguaje de computadora". Siendo el lenguaje utilizado el FORTRAN IV.

Los programas pueden ser adaptados a otro "lenguaje" a partir del diagrama de flujo, ya que en éste se define el algoritmo de solución.

En dicho diagrama, se utilizan símbolos que representan una acción determinada que debe ejecutar la computadora. A continuación se describe la acción que especifica cada uno de los símbolos usados; así como la instrucción que en lenguaje FORTRAN IV es equivalente, con objeto de que se pueda establecer la correlación entre los diagramas de flujo aquí presentado y su codificación correspondiente.

| <u>S I M B O L O</u>  | <u>ACCION REPRESENTADA</u>   | <u>INSTRUCCION EN FORTRAN IV</u>  |
|---|--|---|
|    | Línea de flujo. Indica la secuencia en que se deben ejecutar las operaciones o instrucciones del programa  | Se establece implícitamente en la codificación. Se van ejecutando secuencialmente las instrucciones en la forma en que aparecen ordenadas |
|   | Lectura de datos. Se leen los valores de las variables   | "READ"<br>"DATA"  |
|  | Operación aritmética. Se ejecuta la operación indicada, asignándose el valor calculado a la variable que aparecen en el miembro izquierdo de la igualdad | * multiplicación<br>/ división<br>- resta<br>+ suma<br>** exponentiación  |

| S I M B O L O   | ACCION REPRESENTADA  | INSTRUCCION EN<br>FORTRAN IV              |
|---|--|---|
|    | <p>Dirección Condicional del flujo. Se comparan los valores de dos variables y/o argumentos; si se cumple la relación establecida entre ellos se sigue la línea de flujo que indica "SI", en caso contrario se sigue la línea "NO"</p>       | "IF"                                      |
|    | <p>Contador. Indica el inicio de una parte del programa, que se repite, el número de veces establecidas en la variable que aparece dentro del símbolo, la cual varía del valor inferior al valor superior que se especifica (parametros)</p> | "DO"                                      |
|    | <p>Subprograma. Programa independiente que calcula determinadas variables del programa principal, en un punto específico de este</p>   | "SUBROUTINE"                              |
|  | <p>Conexión. Al principio o al final de un diagrama de flujo indican la continuidad del mismo en otro blo que. Se indica la posición que continúa o a la que llega la línea de flujo</p>   | ETIQUETA DE IDENTIFICACION DE PROPOSICION |
|  | <p>Impresión. Se imprimen los valores de las variables especificadas dentro del símbolo</p>  | " WRITE "                                 |

| S I M B O L O  | ACCION REPRESENTADA  | INSTRUCCION EN<br>FORTRAN IV     |
|--|--|----------------------------------|
|  <p>Línea de flujo principal</p> <p>cambio de flujo</p> | <p>Cambio de flujo.-Indica el punto donde termina la parte que se repite del programa de acuerdo a un contador ("DO").</p> <p>Se cambia el flujo directamente por necesidades del programa</p> | <p>"CONTINUE"</p> <p>"GO TO"</p> |

Debido a que en FORTRAN IV, los nombres de las variables sólo pueden indicarse con una combinación de letras y números (iniciando con una letra y un máximo de 6 caracteres), las variables de las fórmulas utilizadas se ajustaron a esta regla. Por lo cual en la codificación de cada programa, se puede establecer la relación entre la variable original y su nombre en FORTRAN IV, en base al diagrama de flujo.

#### 4.1. Programa general para el diseño de zapatas aisladas

Este programa permite resolver un gran número de zapatas, sujetas a diferentes condiciones de carga, en un tiempo mínimo; - obteniendo el diseño completo en cada caso.

Dicho programa tiene las siguientes capacidades de cálculo y ventajas:

1. El programa diseña para cualquier capacidad de carga del terreno las zapatas sujetas a las siguientes acciones:
  - Compresión axial
  - Flexocompresión axial
  - Flexocompresión biaxial
  
2. Tiene la capacidad de proponer las dimensiones exactas de una zapata específica, para que no se rebase el esfuerzo admisible en el terreno, pudiendo diseñar dos tipos de zapatas:
  - Cuadradas
  - Rectangulares

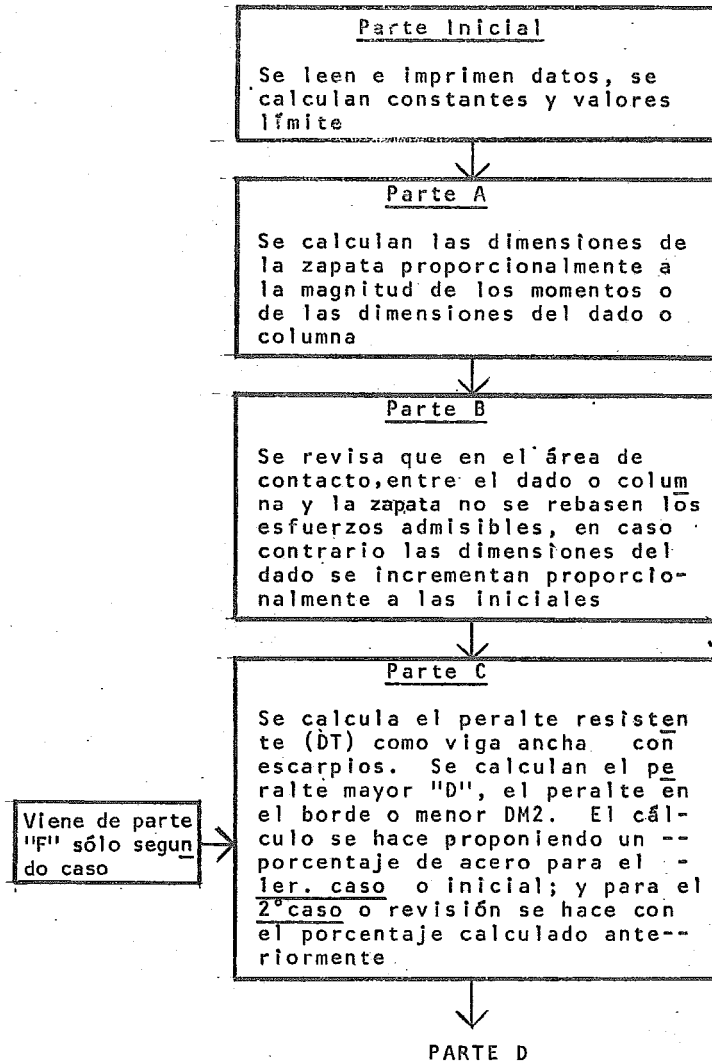
las dimensiones de la zapata las calcula proporcionalmente a la magnitud de la carga y de los momentos actuantes, o bien a las dimensiones del dado o columna,
  
3. Las zapatas pueden ser diseñadas de dos tipos:
  - peralte constante (zapatas de bloque)
  - peralte variable (zapatas con escarpíos)

Se hace el cálculo inicial de dichos peraltes en base al criterio de "viga ancha" revisándose posteriormente por el criterio de "penetración" en el cual se puede incrementar el peralte calculado.

4. El refuerzo de las zapatas, por flexión se da con todos los diámetros de varilla; para que se elija el más conveniente, según la separación calculada entre varillas de un diámetro específico, pudiéndose dar, según el caso, dos tipos de armado:
  - Armado con separación de varillas constante en las dos direcciones (zapatas cuadradas)
  - Armado con separación constante de varillas en la dirección corta, y armado por franja central y franjas extremas en la dirección larga de las zapatas (zapatas rectangulares)
5. En el programa, se pueden incrementar proporcionalmente las dimensiones del dado o columna si en el área de contacto entre ésta y la zapata se genera un esfuerzo de aplastamiento mayor que el valor admisible.

4.1.1. Diagrama de Flujo. Programa General para el diseño de zapatas aisladas

4.1.1.a. Diagrama por bloques





Parte D

Se revisan los distintos peraltes de la zapata con escarpíos, si hay poca diferencia entre ellos o si la pendiente del escarpío es mínima se hace el peralte constante (zapata de bloque)

Va a parte "F" sólo 2° caso si es necesario

Sólo 2° caso si el valor último calculado del peralte mayor "D" como viga ancha, es mayor que el anterior se continúa con la parte "E", en caso contrario y sólo si el peralte anterior fue modificado en la revisión por penetración en la parte "E", se continúa con la parte "F"

Parte E

Se revisa el peralte diseñado como viga ancha, por penetración, y se incrementan en caso necesario los peraltes de la zapata con escarpíos o el peralte de la zapata de bloque

Parte F

A parte "C" si es necesario (inicia 2° caso)

Se calcula el área de acero por flexión y el porcentaje correspondiente. Si éste es diferente que el propuesto para el cálculo del peralte como viga ancha se regresa el programa a la parte "C" con el porcentaje calculado. iniciándose el 2° caso. Si, pasa lo contrario se calcula la separación de varillas si la zapata es cuadrada, Si es rectangular se calcula el área de acero en la dirección no crítica de la zapata, se continúa con la parte "G"

Parte F

136.

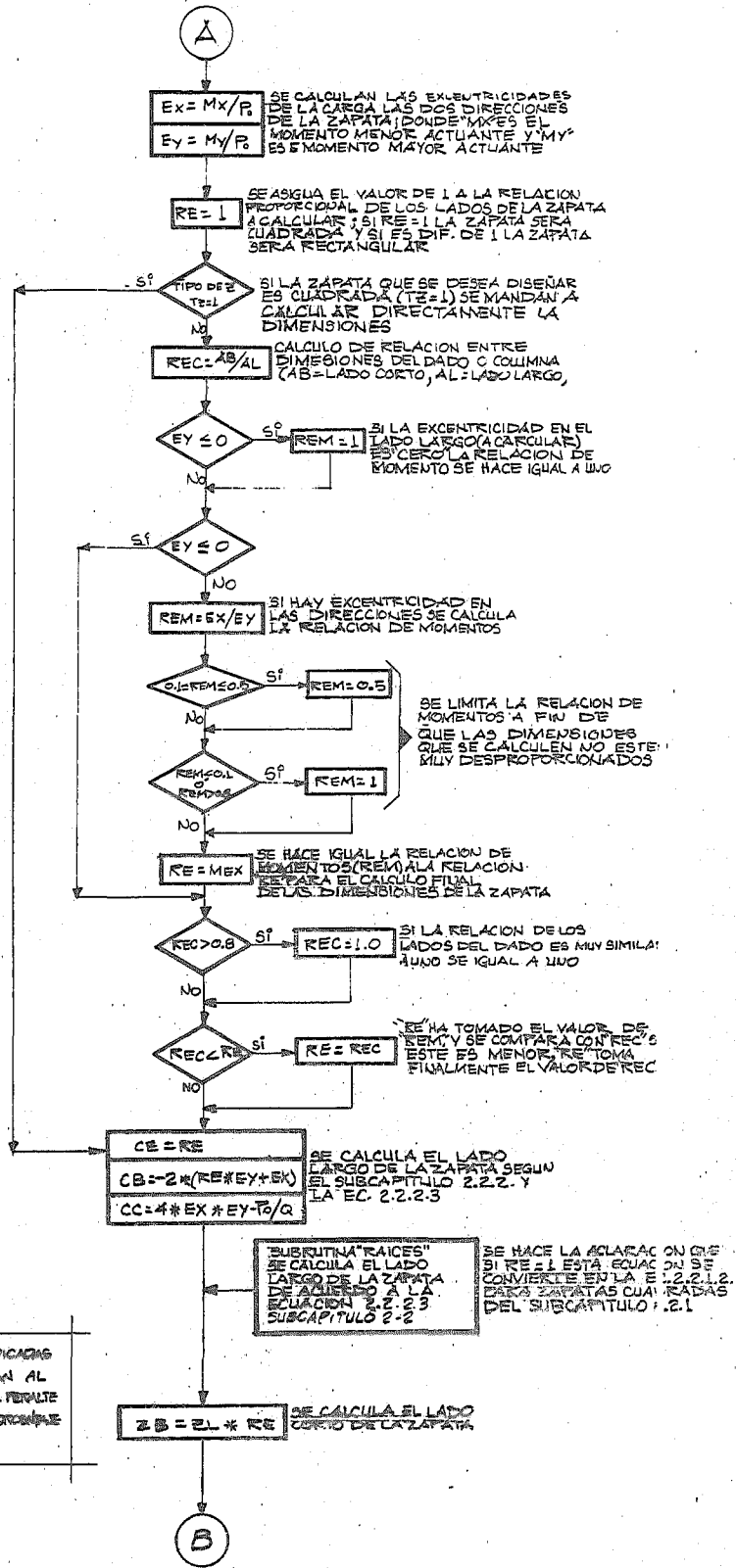
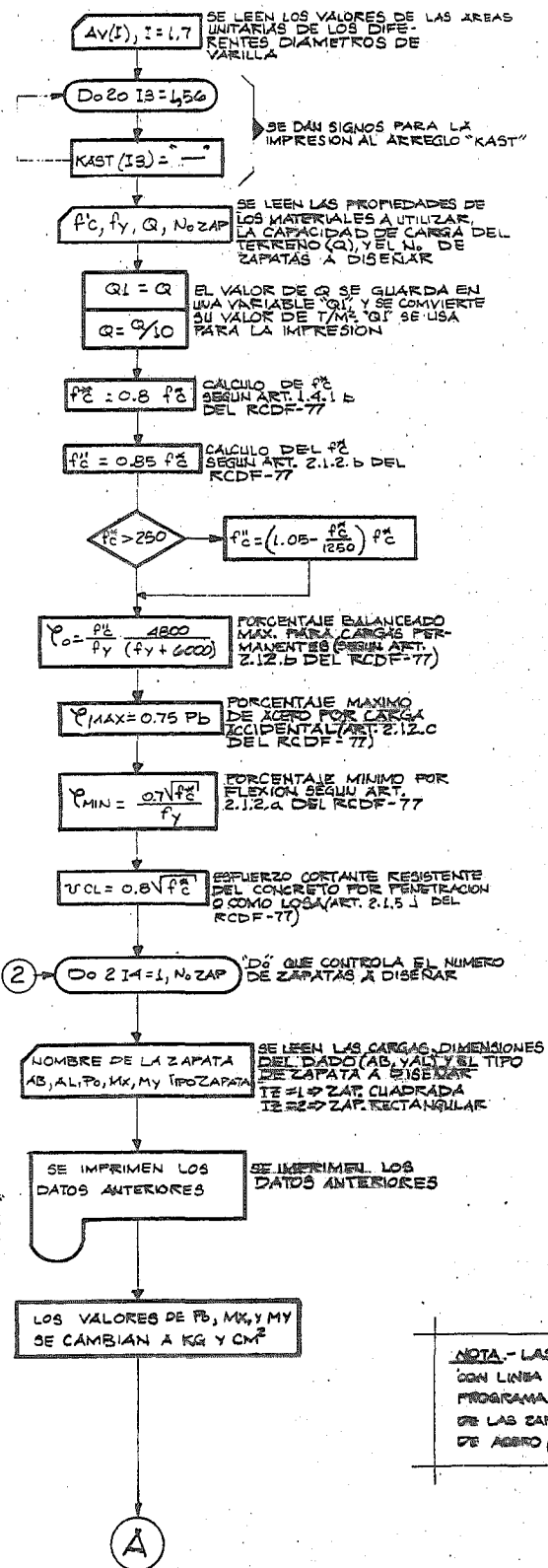
↓  
Parte G

Se calcula la separación de varillas de los diferentes diámetros; para las franjas extremas y central del lado largo, así como la separación en el lado corto. Se hace la impresión de resultados

↓  
FIN

NOTA: El segundo caso sólo debe considerarse cuando el programa se implementa para que diseñe el peralte de las zapatas en función del porcentaje de acero ( $\rho$ ), como se indica en el diagrama de flujo detallado de la sección 4.1.1.b.

**4.1.1.b PROGRAMA GENERAL PARA EL DISEÑO DE  
ZAPATAS AISLADAS  
DIAGRAMA DE FLUJO**



NOTA.- LAS PROPOSICIONES INDICADAS CON LINEA PUNTEADA IMPLEMENTAN AL PROGRAMA PARA QUE DISEÑE EL PERALTE DE LAS ZAPATAS EN FUNCION DEL PORCENTAJE DE ACERO (t)

(B)

AC = AB \* AL  
SE CALCULA EL AREA DE CONTACTO DE LA COLUMNA DADO CON LA ZAPATA PARA REVISAR EL APLASTAMIENTO EN ESTA ZONA

TA1 = AC

AL = ZB \* ZL  
SE CALCULA EL AREA TOTAL DE LA ZAPATA

DO 52 I=2,10

AI = I

A2 = TA1

TA1 > AI ?

TA1 = AI \* AB \* AI<sup>2</sup>

B = √(A2 / AC)

B > 2 ?

SI B > 2 SE IGUALA A DOS

Fp = β \* 0.7 \* Fc \*  
SE CALCULA EL ESFUERZO RESISTENTE POR APLASTAMIENTO EN EL AREA DE CARGA

Fpact =  $\frac{P \cdot G_M}{AC \cdot K \cdot (AB)^2 + AB \cdot AL^2}$   
SE CALCULA EL ESFUERZO ACTUANTE NO REBASE EL VALOR ADMISIBLE

Fp > Fpact ?

AB = AB - 2  
AZ = AZ - 2

AGNA =  $\frac{P_G}{0.7 \cdot F \cdot G}$

PRO = AB / AL

A = √(AGNA / PRO)

AL = A

AB = PRO \* AL

SUBROUTINA "FIX" PARA REDONDEAR VALORES DE AL Y AB A NUMEROS ENTEROS

(C)

(C)

B = ZB  
A = AB  
B2 = ZL  
A2 = AL  
A PARTIR DE AQUI EL PROGRAMASE MANEJA COMO UNA SUBROUTINA IMPLICITA, POR LO QUE SE ASIGNA INICIALMENTE LAS VARIABLES DE LAS DIMENSIONES DE LA ZAPATA A LAS VARIABLES B1 A B2 Y A2 SIENDO LAS DIMENSIONES ASIGNADAS A B1 Y A2 LAS DE DIRECCION EN QUE LA ZAPATA ES MAS CRITICA PARA EL DISEÑO

ID = 1  
SI LAS DIMENSIONES EN LOS LADOS CORTOS ZB Y AB SON LAS CRITICAS SE HACE ID = 1

ZB = ZL ?

DIFB = ZB - AB  
DIFL = ZL - AL  
SE CALCULAN LAS DISTANCIAS DEL BORDE DE LA ZAPATA AL PARO DE LA COLUMNA EN LA 2 DIRECCIONES

DIFL > DIFB ?

B = ZL  
A = AL  
B2 = ZB  
A2 = AB  
SE CAMBIAN LAS DIMENSIONES ASIGNADAS A B1 Y A2 POR LAS DE ZL Y AL RESPECTIVAMENTE

ID = 2  
SI B = ZL Y A = ZL ENTONCES ID = 2

UCT = 0.4 \* Fc  
SE CALCULA EL CORTANTE RESISTENTE DEL CONCRETO COMO VIGA ANCHA CONSIDERANDO F2 = 0.01 SEGUN EL ART. 2.1.5.0.1 DEL RCDP-77

DTA = 0.0  
D = 0.0  
DM2 = 0.0  
K = 2  
LP = 0  
SE BORRAN LOS VALORES ANTERIORES DE LAS VARIABLES INDICADAS LAS VARIABLES INDICADAS K=2 INDICA QUE EL CALCULO DE LA ZAPATA SE HARA SUPONIENDO F2 = 0.01 INICIALMENTE Y LA VARIABLE LP = 0 INDICA QUE EL PERALTE CALCULADO ANTERIORMENTE RESISTE POR PENETRACION

CTA = 4/9  
CTB =  $\frac{(B+A) + 4B + 5(B-A)}{2 \cdot 3UCT}$   
CTC =  $\frac{BQ(BZ-AZ) + (B-A)}{2UCT}$   
COEFICIENTE DE LA ECUACION 3.1.14 DEL SUBCAPITULO 3.1 PARA CALCULAR EL PERALTE COMO VIGA ANCHA PARA ZAPATAS CON ESCARPES CON PENDIENTE 1/4

SUBROUTINA "RAICES" CALCULA EL PERALTE "DT" COMO VIGA ANCHA DE AZERDO A LAS ECUACIONES 3.1.11 Y 3.1.14 DEL SUBCAPITULO 3.1

D = DT \* DT  
EL VALOR DEL PERALTE MAYOR "D" (EN EL BORDE DADO DEL DADO) SE ALMACENA EN LA VARIABLE "D"

DADM = DM2  
EL VALOR DEL PERALTE EN EL BORDE DADO DE LA ZAPATA SE ALMACENA EN LA VARIABLE "DADM"

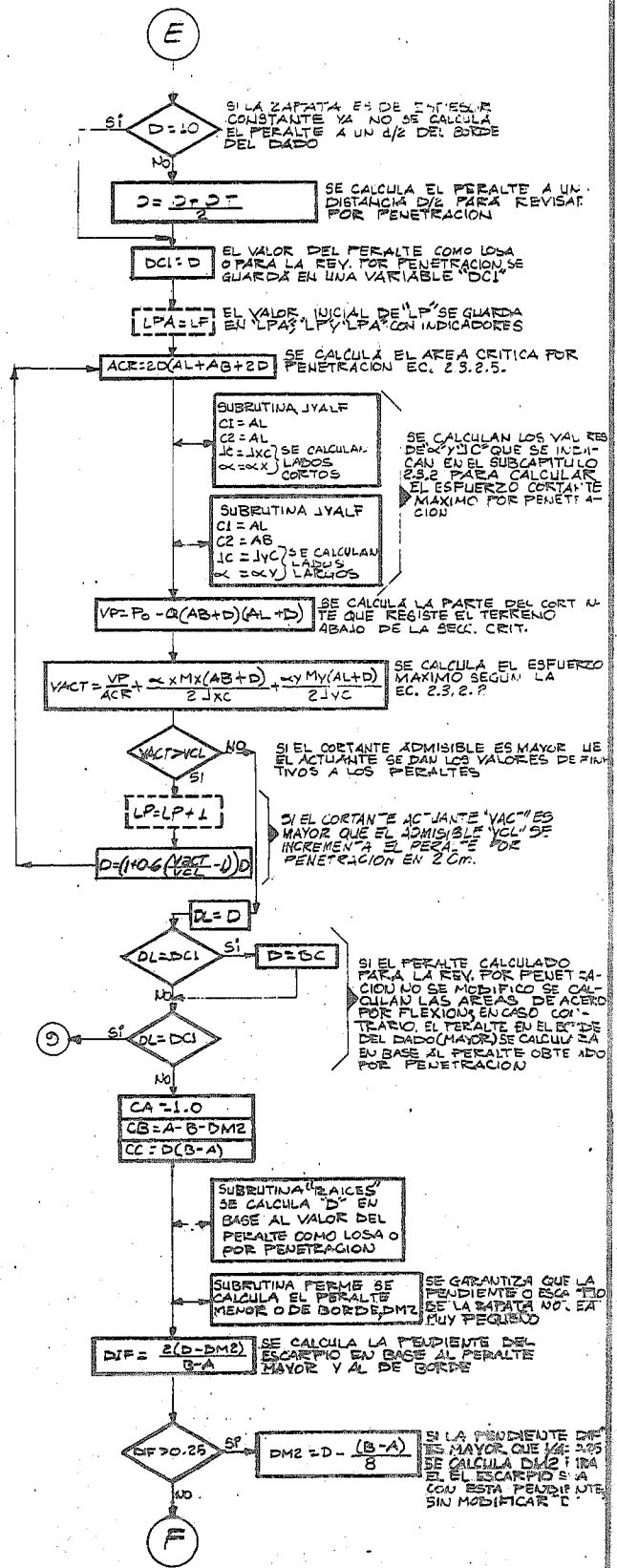
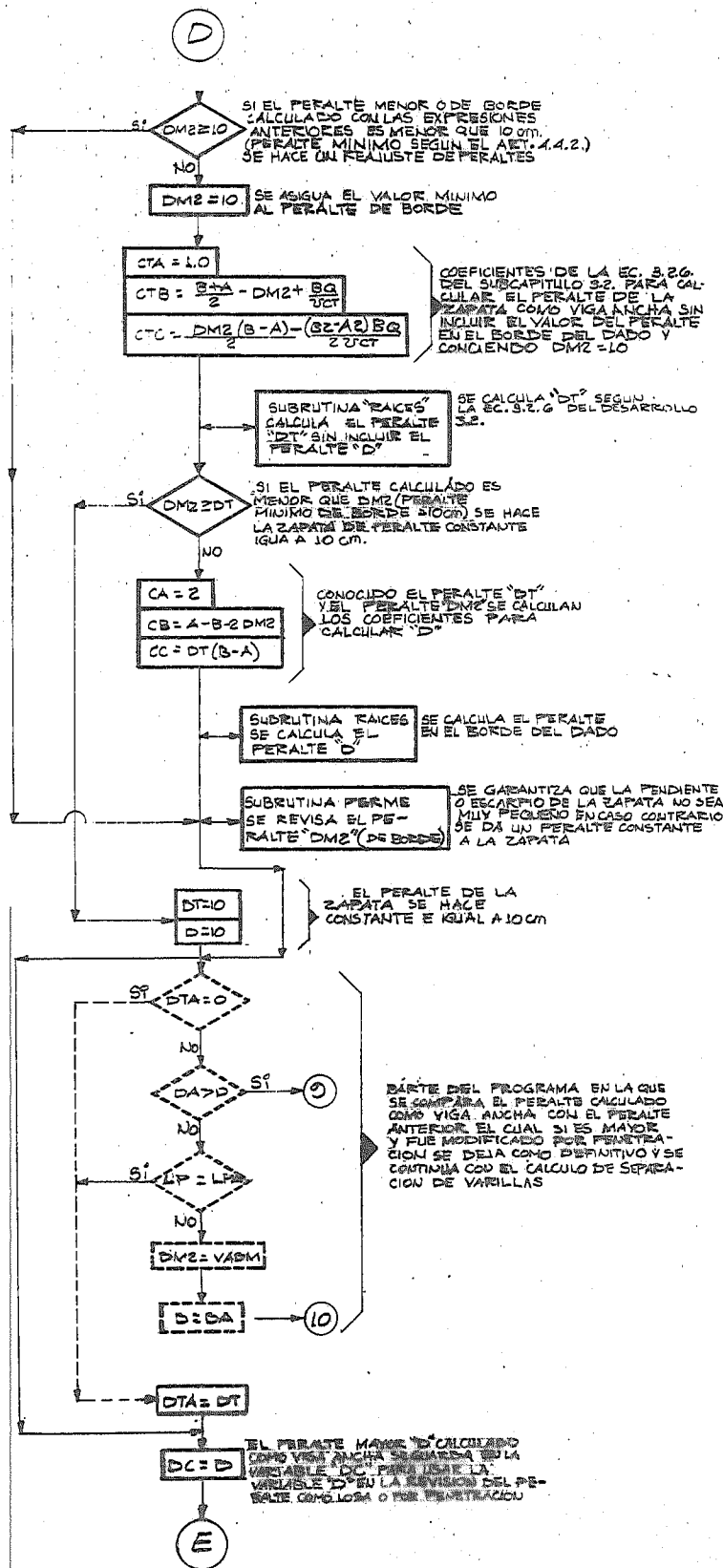
D = 1/3 \* DT  
SE CALCULA EL VALOR DEL PERALTE MAYOR SEGUN LA ECUACION 3.1.8 DEL SUBCAPITULO 3.1

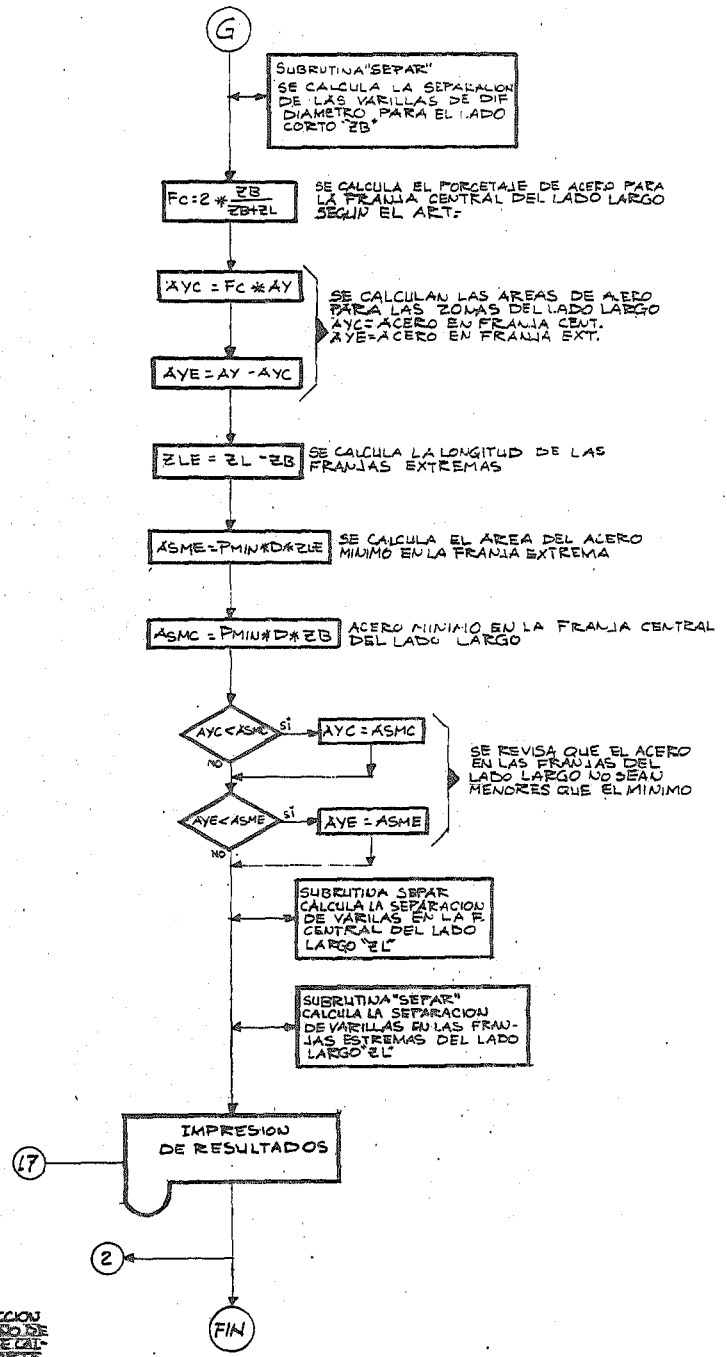
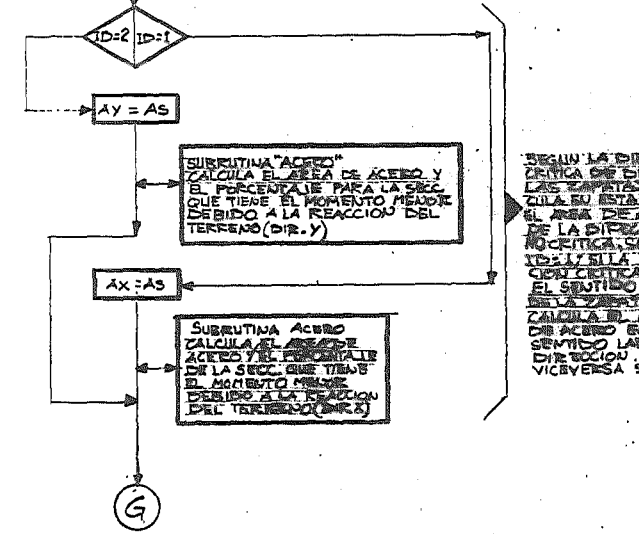
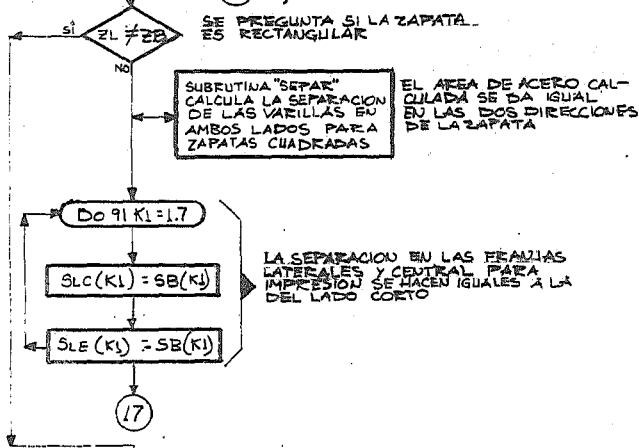
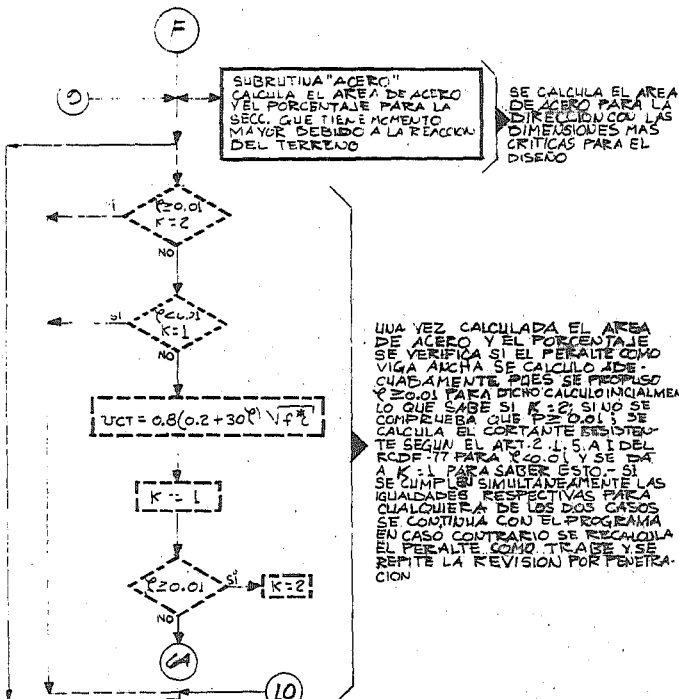
DM2 = DT \* (B-A + 2B) / 8  
SE CALCULA EL VALOR DEL PERALTE MENOR "DM2" DEL BORDE CON LA EC. 3.1.6 DEL SUBCAPITULO 3.1

(D)

SEGUN EL ART. 2.1.4 DEL RCDP-77 EL ESFUERZO POR APLASTAMIENTO ESTA DADO POR  $F_p = \beta \cdot F_c \cdot F_c$  DONDE  $\beta$  ES UN FACTOR DEPENDIENTE DE LA RAIZ CUADRADA DE LA RELACION ENTRE EL AREA CONCENTRICA  $A_2$  Y EL AREA DE CONTACTO  $A_1$ . EN ESTE CASO, PERO QUE NO DEBE EXCEDER DE 2. EN ESTA PARTE SE CALCULA EL AREA CONCENTRICA  $A_2$  Y EL VALOR DE  $\beta$

SI LA CARGA ACTUANTE ES MAYOR QUE LA RESISTENTE POR APLASTAMIENTO, SE INCREMENTAN LAS DIMENSIONES DEL DADO PROPORCIONALMENTE CON EL FIN DE QUE Y SEA IGUAL A "Fp"





SEGUN LA DIRECCION CRITICA QUE DISEÑO DE LAS ZAPATAS SE CALCULA EN ESTA PARTE EL AREA DE ACERO DE LA DIRECCION NO CRITICA SIEMPRE Y SI LA DIRECCION CRITICA ES EN EL SENTIDO CORTO DE LA ZAPATA SE CALCULA EL AREA DE ACERO EN EL SENTIDO LARGO O DIRECCION Y Y VICEVERSA SI  $ID=2$ .

Programa General para el diseño estructural de  
zapatas aisladas.

```

00120      PKQUPAM TAP
00130      DIMENSION AV (7),SB (7),SLC (7),SLC (7)
00140      DATA AV/0.49,0.71,1.27,1.98,2.85,5.07,11.40/
00150      PESISTENCIA DE MATERIALES EN KG/CM, DEL TERRENO EN T/M2
00160      READ (1,*)FPC,FY,Q,NZAP
00170      Q1=
00180      Q=Q/10.
00190      FAC=0.8*FPC
00200      FOPC=0.05*FAC
00210      IF (FAC.GT.250.)FOPC= 1.05-FAC/1250. *FAC
00220      QUB=FOPC*4800./FY/ FY+6000.
00230      RUMAX=0.75*QUB
00240      RUMIN=0.7*FPC**0.5/FY
00250      VOL=0.8*FAC**0.5
00260      CU 2 24=1,NZAP
00270      CAPAS EN TON-M, DIMENSIONES DEL DADO EN CMS, NOMBRE DE ZAPATA
00280      CU 4 CAPACITRES MAXIMO
00290      READ (1,20)NOMZA
00300      FORMAT (A4)
00310      READ (1,*)AB,AL,P,NX,WY,TZ
00320      WRITE (11,21)NOMZA
00330      FORMAT (1H1,6 / ,15X,'***** ZAPATA ',A5,' *****',//)
00340      WRITE (11,22)
00350      FORMAT (4X,'*1. DATOS DE DISEÑO ',//)
00360      WRITE (11,23)
00370      FORMAT (12X,'-MATERIALES ')
00380      WRITE (11,24) FPC
00390      FORMAT (17X,'1. CONCRETO=',F5.0,' KG/CM2')
00400      WRITE (11,25) FY
00410      FORMAT (17X,'2. ACERO=',F5.0,' KG/CM2')
00420      WRITE (11,26) Q1
00430      FORMAT (/ ,12X,'-RESISTENCIA DEL TERRENO ',3X,F5.0,' T/M2',//)
00440      WRITE (11,27)
00450      FORMAT (12X,'-CARGAS ACTUANTES ')
00460      WRITE (11,28) P
00470      FORMAT (17X,'1. CARGA AXIAL=',F13.1,' TON')
00480      WRITE (11,29) WX
00490      FORMAT (17X,'2. MTU. EN EL LADO CORTO (P) : ',F6.1,' T-M')
00500      WRITE (11,30) WY
00510      FORMAT (17X,'3. MTU. EN EL LADO LARGO (L) : ',F6.1,' T-M',//)
00520      WRITE (11,31)
00530      FORMAT (12X,'-DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA: ')
00540      WRITE (11,32) AB
00550      FORMAT (17X,'1. LADO CORTO (AB) = ',F6.0,' CM')
00560      WRITE (11,33) AL
00570      FORMAT (17X,'2. LADO LARGO (AL) = ',F6.0,' CM',//)
00580      P= P*1000.
00590      WX=WX*100000.
00600      WY=WY*100000.
00610      FA=WX/P
00620      FY=WX/P
00630      QE=1
00640      IF (17.F5.0.1) GO TO 4
00650      REC=AL/AL
00660      IF (LY.LE.0.) REC=1.0
00670      IF (LY.LE.0.) GO TO 3
00680      QEM=FA/LY
00690      IF (X.F5.0.F 1.1.AN".E".LE.0.0)REM=0.0

```

```

00640      IF (REM.LT.0.1.OR.REM.GT.0.9)REM=1.0
00650      RE=RE*4
00660 3      IF (REC.GT.0.9)REC=1.0
00670      IF (REC.LT.0)RE=REC
00680 4      CA=RE
00690      CB=-2*(RF*FY+EX)
00700      CC=4.*FA*EY-P/Q
00710      CALL RAICES(CA,CB,CC,ZL)
00720      ZB=ZL*RE
00730 55     AL=AR*AL
00740      TA1=AL
00750      A1=ZB*ZL
00760      QU 52 I=2,10
00770      A1=1
00780      AZ=TA1
00790      IF (TA1.GT.A1)GO TO 53
00800      TAI=AL*AR*AI**2.
00810 52     CONTINUE
00820 53     BETA=(AZ/AC)**0.5
00830      IF (BETA.GT.2.)BETA 2.
00840      FP= BETA * .7 * FAC
00850      FPACT= P/AC + 6*WX/AB**2/AL + 6*WY/AL**2/AB
00860      IF (FP .GE. FPACT)GO TO 54
00870      IF (WX .EQ. 0. .AND. WY .EQ. 0.)GO TO 56
00880      AB = AB + 2
00890      AL = AL + 2
00900      GU TO 55
00910 56     ALNA=P/U.7/FAC
00920      PRO=AB/AL
00930      A = ACNA/PRO **0.5
00940      AL=A
00950      AB=PRO*AL
00960      CALL FIX(AL)
00970      CALL FIX(AB)
00980 54     B=ZB
00990      A=AB
01000      BZ=ZL
01010      AZ=AL
01020      IU=1
01030      IF (ZB.EQ.ZL)GO TO 6
01040      DIFB=ZB-AB
01050      DIFL=ZL-AL
01060      IF (DIFL.GT. DIFB) GO TO 6
01070 5      B=ZL
01080      A=AL
01090      BZ=ZB
01100      AZ=AB
01110      IU=2
01120 6      VLT=0.4*FAC**0.5
01130 64     CTA=4./Y.
01140      CTB=-1.*((B+A)/2.+4.*B*Q/3./VCT+5.*(B-A)/6.)
01150      CTC=R*Q*(B2-A2)/2./VCT+(B-A)**2./16.
01160      CALL RAICES(CTA,CTB,CTC,DT)
01170      D=4./J.*DT
01180      DM2=DT-(B-A-2.*D)/8.
01190      IF (DM2.GE.10.)GO TO 65
01200      DM2=10.
01210      CTA=1.
01220      CTB=(B+A)/2.-DM2+(R*Q)/VCT
01230      CTC=DM2*(B-A)/2.- (B2-A2)*B*Q/2./VCT

```



```

01170 CALL RAICES (CIA,CTB,CTC,DT)
01200 IF (UM2.GE.DT)GO TO 63
01210 CA=2.
01220 CB=A-C-2.*DM2
01230 CC=JT* C-A
01240 CALL RAICES (CA,CB,CC,D)
01250 65 CALL PERME (U,C,A,DM2)
01260 GU TO 67
01270 53 DT=10.
01280 C=10.
01290 67 DL=U
01300 IF (D.LE.10.)GO TO 68
01310 D = (U + DT) / 2
01320 68 DCL=D
01330 7 ACR=2.*U*(AL+AB+2*D)
01340 CALL JYALF (U,AB,AL,JYC,ALFAX)
01350 CALL JYALF (U,AL,AB,JYL,ALFAY)
01360 VP=P-Q*(AB+D)*(AL+D)
01370 VACT=VP/ACR+ALFAX*WX*(AB+D)/2./JXC+ALFAY*WY*(AL+D)/2./JYC
01380 IF (VACT-VCL)81,81,8
01390 R DU = U.0 * (VACT/VCL - 1)
01400 D = (1 + DU) * D
01410 IF (DD .LT. 0.05) D=D+2
01420 GU TO 7
01430 81 DL = U
01440 IF (DL.EQ.DCL)D=DC
01450 IF (DL.EQ.DCL)GO TO 9
01460 CA=1.
01470 CB=A-B-DM2
01480 CC=U*(B-A)
01490 CALL RAICES (CA,CB,CC,D)
01500 CALL PERME (U,B,A,DM2)
01510 DIF=2.*(D-DM2)/(B-A)
01520 IF (DIF.GT.0.25)UM2=D-(B-A)/8.
01530 9 CALL ACERU (B,A,B2,A2,D,DT,DM2,Q,FY,FBPC,ROMIN,ROMAX,AS,RO)
01540 10 IF (ZL.NE.ZB)GO TO 12
01550 11 CALL SEPAR (AV,D,SB,AS,ZB)
01560 DU 91 K1=1,7
01570 SLC (K1)=SB (K1)
01580 91 SLE (K1)=SB (K1)
01590 GU TO 17
01600 12 GU TO (15,14),ID
01610 14 AY=AS
01620 CALL ACERU (B2,A2,B,A,D,DT,DM2,Q,FY,FBPC,ROMIN,ROMAX,AX,RO)
01630 GU TO 16
01640 15 AX=AS
01650 CALL ACERU (B2,A2,U,A,D,DT,DM2,Q,FY,FBPC,ROMIN,ROMAX,AY,RO)
01660 16 CALL SEPAR (AV,D,SB,AX,ZB)
01670 FL=Z*ZB/(ZB+ZL)
01680 AYC=FL*AY
01690 AYE=AY-AYC
01700 ZLE=ZL-ZB
01710 ASME=ROMIN*UM2*ZLE
01720 ASMC=ROMIN*D*AL
01730 IF (AYC.LT.ASMC)AYC=ASMC
01740 IF (AYE.LT.ASME)AYE=ASME
01750 CALL SEPAR (AV,D,SLC,AYC,ZB)
01760 CALL SEPAR (AV,DM2,SLE,AYE,ZLE)
01770 IF (SLE (1) .LE. SLE (1) )GO TO 17
01780 DU 18 IS = 1,7

```



```

02300      SUBROUTINE RAICES (A,B,C,D)
02310      D1=P**2.
02320      D2=4.*A*C
02330      IF (D2.GT.D1) GO TO 4
02340      J1=(-B+(D1-D2)**0.5 /2./A
02350      J2=(-B-D1-D2)**0.5 /2./A
02360      U=J1
02370      IF (D1.GT.0..AND.D2.GT.0.) D=D2
02380      GO TO 5
02390 4      RR,TC(4,6)
02400 6      FORMAT (3X,'EXISTE INDETERMINACION')
02410      U=U.
02420 5      RETURN
02430      END

```

```

02530      SUBROUTINE DALTER (ROMAX,FY,FBPC,TMR,B,A,D,DM2,RO)
02540      Q=ROMAX*FY/FBPC
02550      U=(TMR/ U.9*A*FBPC*Q*(1.-0.5*Q))**0.5+2.
02560      DIF = 2*(D-DM2)/(B-A)
02570      IF (DIF .GT. U.25) DM2 = D - (B-A)/8
02580      RO=ROMAX
02590      RETURN
02600      END

```

```

02500      SUBROUTINE FIX (R)
02510      IR=R
02520      R1=IR
02530      UR=R-R1
02540      R=R1
02550      IF (DR.GT.0.5) R=R+1
02560      RETURN
02570      END

```

```

02440      SUBROUTINE PERME (D,R,A,DM2)
02450      DIF=2.*(D-DM2)/(B-A)
02460      IF (DIF.GT.0.09) GO TO 2
02470      DM2=D
02480 2      RETURN
02490      END

```

```

02650 SUBROUTINE ALERO (B, C2, C4, D, DT, DM2, Q, FY, FBPC, ROMIN, ROMAX, AS, RO)
02660 IMX=B*(R2-A2)**2.*C4/D
02670 CA=.9*A*D**2*FBPC
02680 CR=FBPC/FY
02700 CC=TMR*2
02710 RO = C2*(1-(1-CC/CA)**.5)
02720 AS=RU*A*D
02730 IF(RU.LT.ROMIN)RU=ROMIN
02740 IF(RU.GT.ROMAX)CALL DALTE (ROMAX,FY,FBPC,TMR,B,A,D,DM2,RO)
02750 AS=RU*A*D
02760 RETURN
02770 END

```

```

02780 SUBROUTINE JYALF(D,C1,C2,JC,ALFA)
02790 JC=D*(C1+D)**3./6.
02800 JC=JC+(C1+D)*D**3./6.
02810 JC=JC+D*(C2+D)*(C1+D)**2./2.
02820 ALFA=1.-1./(1.+0.67*((C1+D)/(C2+D))**0.5)
02830 RETURN
02840 END

```

```

02850 SUBROUTINE SEPAR(AV,D,S,AS,B)
02860 DIMENSION AV(7),S(7)
02870 SMAX=3.5*D
02880 UN 4 I=1,7
02881 S1 = AV(I) * B / AS
02890 CALL FIX(S1)
02894 IF(S1.GT.SMAX)S1=SMAX
02895 IF(S1.GT.50.)S1=50.
02900 S(I)=S1
02904 RETURN
02905 END

```

#### 4.1.3. Indicaciones para su uso,

Programa General para el diseño estructural de zapatas aisladas.

Para el uso del programa se deben proporcionar, adicionalmente a la computadora, los datos requeridos mediante un archivo correspondiente.

Los datos se deberán imprimir en "tarjetas", debiendo elaborar una de estas para cada proposición de lectura de datos ("READ"). En la cual se imprimirían los valores que correspondan a las variables que se indiquen en el "READ".

Las tarjetas solo deberán tener valores numéricos, sin los nombres de las variables respectivas, puesto que la computadora hace la asignación directa entre el "READ" y la tarjeta de datos. Por esto es importante ordenar las tarjetas en la secuencia que aparecen los "READ" correspondientes en la codificación.

Se pueden leer valores no numéricos (signos o caracteres alfanuméricos) y asignarlos a una variable, siempre y cuando ésta no intervenga en alguna operación aritmética.

Los datos en cada tarjeta se deberán separar por "comas", pues la proposición de lectura se presenta como READ(1,\*), donde el símbolo "\*" indica que los datos se proporcionarán con "formato libre"; en algunas computadoras el símbolo equivalente es "/". El número "1" indica la unidad donde se deben leer los datos, en este caso de un archivo específico; dicho número varía para cada computadora.

En este programa la lectura de datos se hace con tres proposiciones "READ" básicamente:

1er. READ.- Se asignan los valores, en el orden especificado, de la resistencia  $f'_c$  del concreto (FPC), la resistencia  $f_y$  de acero (FY), el esfuerzo  $q$  en el terreno para el diseño de la zapata (Q), y el número o cantidad de zapatas que se van a diseñar (NZAP). Los valores de  $f'_c$  y  $f_y$  se especificarán en  $\text{kg/cm}^2$  y el de  $q$  en  $\text{Ton/m}^2$ .

2º READ.- Se lee el nombre o nomenclatura con que se indica la zapata a diseñar (NOMZA). La variable no tiene valor numérico, y sólo sirve para la identificación de resultados, en la impresión.

3er. READ.- Se asignan los valores de las dimensiones "b" y "l" del dado o columna (AB y AL respectivamente), las cargas últimas actuantes P, Mx, My (P, Wx, Wy respectivamente), y el tipo de zapata que se desea diseñar (TZ). El valor de "TZ" será 1 para zapatas cuadradas y 2 para rectangulares. Los valores de "b" y "l" se darán en centímetros, y las cargas actuantes en Ton y Ton-m.

Es importante considerar el valor de "NZAP", pues éste es un parámetro que repite dentro del programa la ejecución del 2º y 3er READ, por tanto se deberán incluir en el archivo de datos, tarjetas con los nombres y datos correspondientes, del número de zapatas a diseñar, de acuerdo a esos "READ".

Se hace la aclaración que una tarjeta de datos sólo es leída una vez dentro del programa, por tanto si la ejecución de una proposición "READ" se repite, se leerá una nueva tarjeta,

A continuación se presenta un ejemplo para la elaboración de las tarjetas de datos:

Nº DE LECTURA

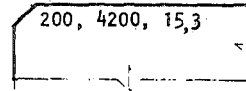
CODIFICACION EN FORTRAN IV

ARCHIVO DE DATOS  
(tarjetas)

ASIGNACION DE VALORES QUE  
EJECUTA LA COMPUTADORA

1er READ

READ (1,\*) FPC,FY,Q,NZAP



FPC = 200  
FY = 4200  
Q = 15.  
NZAP= 3

2º READ

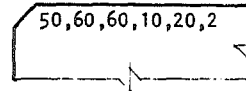
READ (1,220) NOMZA  
220 FORMAT (A4)



NOMZA = "Z-1"  
Los caracteres alfanuméricos "Z-1" los asigna a la variable NOMZA

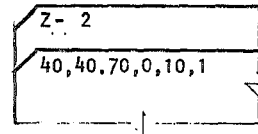
3er. READ

READ(1,\*) AB,AL,P,WX,WY,TZ



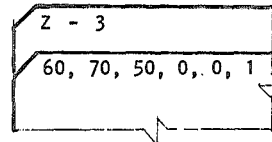
AB = 50    WX= 10  
AL = 60    WY= 20  
P = 60    TZ= 2  
La zapata se diseñará rectangular y a flexocompresión biaxial

Se repite  
2º y 3er READ  
NZAP = 2



NOMZA = "Z-2"  
AB = 40.    WX = 0.0  
AL = 40.    WY = 10.0  
P = 70.    TZ = 1.  
La zapata se diseñará cuadrada y a flexocompresión uniaxial

Se repite  
2º y 3er. READ  
NZAP = 3



NOMZA = "Z - 3"  
AB = 60    WX = 0  
AL = 70    WY = 0  
P = 50    TZ = 1.  
La zapata se diseñará cuadrada y a compresión axial.

4.1.4. Ejemplos

## Ejemplo N°1 Zapata a flexocompresión biaxial

a. Datos.- La zapata, será la "Z-1" y se desea que se diseñe de forma rectangular proporcional a los lados del dado o bien a los momentos actuantes

## - Materiales

Concreto  $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$  (FPC)

Acero  $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$  (FY)

- Esfuerzo en el terreno para el diseño  $q_u = 15T/m^2$

- Dimensiones del dado o. columna

Lado corto  $b = 30 \text{ cm}$  ( AB )

Lado largo  $l = 40 \text{ cm}$  ( AL )

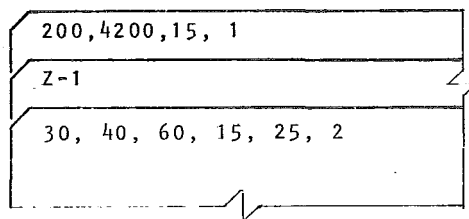
- Cargas últimas actuantes (afectadas con factores de carga)

Carga axial  $P = 60 \text{ ton}$  ( P )

Momento (dir. x)  $M_x = 15 \text{ ton-m}$  (WX)

Momento (dir Y)  $M_y = 25 \text{ ton-m}$  (WY)

b. Tarjetas de datos





## C. Resultados

\*\*\*\* ZAPATA Z-1 \*\*\*\*

## \*1. DATOS DE DISEÑO

## -MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM<sup>2</sup>
2. ACERO 4200. KG/CM<sup>2</sup>

-RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M<sup>2</sup>

## -CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 60.0 TON
2. MTG. EN EL LADO CORTO B 15.0 T-M
3. MTG. EN EL LADO LARGO L 25.0 T-M

## -DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CORTO AB 30. CM
2. LADO LARGO AL 40. CM

## \*2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| * DIMENSIONES EN CMS. * |              |         |             |         |  |  |
|-------------------------|--------------|---------|-------------|---------|--|--|
| * L A D O S *           | * PERALTES * |         | * D A D O * |         |  |  |
| * B L *                 | * DI *       | * DS *  | * AB *      | * AL *  |  |  |
| * 205. 342. *           | * 26. *      | * 46. * | * 46. *     | * 56. * |  |  |

## \*3. ARMAO DE ZAPATA

| ARMAO DE ZAPATA |          | SEPARACIONES CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA EN CMS. |     |     |     |     |     |      |
|-----------------|----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| LADO            | FRANJA   | 5/16  | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1   | 11/2 |
| CORTO           | UNICA    | 4.  | 6.  | 11. | 17. | 24. | 43. | 50.  |
| LARGO           | CENTRAL  | 8.  | 12. | 21. | 32. | 47. | 50. | 50.  |
| LARGO           | EXTREMAS | 8.  | 12. | 21. | 32. | 47. | 50. | 50.  |

Ejemplo N°2. Se pretenden diseñar 9 zapatas sujetas a diferentes condiciones de carga.

a. Datos

- Materiales.- Los materiales serán los mismos para todas zapatas

Concreto .  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$  (FPC)

Acero  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  (FY)

- Esfuerzo en el terreno, para el diseño  $q_u = 15 \text{ t/m}^2$

- Las dimensiones del dado y las cargas últimas actuantes se especifican a continuación para cada zapata; así como el tipo de zapata que se desea diseñar:

| ZAPATA | b<br>(cm) | l<br>(cm) | p<br>(ton) | Mx<br>(t-m) | My<br>(t-m) | TIPO DE<br>ZAPATA |
|--------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------------|
| Z-1    | 70        | 70        | 200        | 0           | 0           | cuad.             |
| Z-2    | 40        | 60        | 75         | 20          | 40          | rect.             |
| Z-3    | 35        | 45        | 80         | 25          | 30          | cuad.             |
| Z-4    | 40        | 45        | 60         | 10          | 25          | cuad.             |
| Z-5    | 30        | 30        | 120        | 60          | 100         | cuad.             |
| Z-6    | 70        | 70        | 200        | 15          | 100         | rect.             |
| Z-7    | 60        | 80        | 150        | 25          | 35          | rect.             |
| Z-8    | 50        | 50        | 50         | 0           | 25          | cuad.             |
| Z-9    | 20        | 20        | 190        | 80          | 0           | cuad.             |

## b. Tarjetas de datos:

|                         |
|-------------------------|
| 200, 4.200, 15, 9       |
| Z-1                     |
| 70, 70, 200, 0, 0,      |
| Z-2                     |
| 40, 60, 75, 20, 40, 2   |
| Z-3                     |
| 35, 45, 80, 25, 30, 1   |
| Z-4                     |
| 40, 45, 60, 10, 25, 1   |
| Z-5                     |
| 30, 30, 120, 60, 100, 1 |
| Z-6                     |
| 70, 70, 200, 15, 100, 2 |
| Z-7                     |
| 60, 80, 150, 25, 35, 2  |
| Z-8                     |
| 50, 50, 50, 0, 25, 1    |
| Z-9                     |
| 20, 20, 190, 80, 0, 1   |

## C. Resultados

\*\*\*\*\* ZAPATA 2-1 \*\*\*\*\*

## \*1. DATOS DE DISEÑO

## -MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM2
2. ACERO 4200. KG/CM2

-RESISTENCIA DEL TERREÑO 15. T/M2

## -CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 200.0 TON
2. MTO. EN EL LADO CORTO B 0.0 T-M
3. MTO. EN EL LADO LARGO L 0.0 T-M

## -DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CURTO AB 70. CM
2. LADO LARGO AL 70. CM

## \*2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| * DIMENSIONES EN CMS. * |        |                     |       |             |       |   |   |
|-------------------------|--------|---------------------|-------|-------------|-------|---|---|
| * L A D O S *           |        | * P E R A L T E S * |       | * D A D O * |       |   |   |
| * B                     | * L    | * DI                | * DS  | * AB        | * AL  | * | * |
| * 365.                  | * 365. | * 14.               | * 51. | * 70.       | * 70. | * | * |

## \*3. ARMADO DE ZAPATA

| ARMADO DE ZAPATA |          | SEPARACIONES CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA EN CMS. |     |     |     |     |     |       |
|------------------|----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| LADO             | FRANJA   | 5/16  | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1   | 1 1/2 |
| CORTO            | UNICA    | 4.  | 6.  | 11. | 18. | 26. | 45. | 50.   |
| LARGO            | CENTRAL  | 4.  | 6.  | 11. | 18. | 26. | 45. | 50.   |
| LARGO            | EXTREMAS | 4.  | 6.  | 11. | 18. | 26. | 45. | 50.   |

\*\*\*\*\* ZAPATA 2-2 \*\*\*\*\*

### \*1. DATOS DE DISEÑO

#### -MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM<sup>2</sup>
2. ACERO 4200. KG/CM<sup>2</sup>

-RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M<sup>2</sup>

#### -CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 75.0 TON
2. MTU. EN EL LADO CORTO B 20.0 T-M
3. MTU. EN EL LADO LARGO L 40.0 T-M

#### -DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CORTO AB 40. CM
2. LADO LARGO AL 60. CM

### \*2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| * DIMENSIONES EN CMS. * |              |         |             |         |         |  |
|-------------------------|--------------|---------|-------------|---------|---------|--|
| * L A D O S *           | * PERALTES * |         | * D A D O * |         |         |  |
| * L *                   | * B *        | * D I * | * U S *     | * A B * | * A L * |  |
| * 211. *                | * 423. *     | * 36. * | * 56. *     | * 48. * | * 68. * |  |

### \*3. ARMAZO. DE ZAPATA

| ARMAZO DE ZAPATA | SEPARACIONES CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARTILLA EN CMS. |        |      |     |     |     |     |     |      |
|------------------|--|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                  | LADO   | FRANJA | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1.  | 11/2 |
| CORTO            | UNICA  | 3.     | 5.   | 9.  | 14. | 20. | 35. | 50. |      |
| LARGO            | CENTRAL  | 6.     | 8.   | 15. | 24. | 34. | 50. | 50. |      |
| LARGO            | EXTREMAS   | 6.     | 8.   | 15. | 24. | 34. | 50. | 50. |      |

\*\*\*\*\* ZAPATA 2-3 \*\*\*\*\*

\*1. DATOS DE DISEÑO

-MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM<sup>2</sup>
2. ACERO 4200. KG/CM<sup>2</sup>

-RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M<sup>2</sup>

-CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 80.0 TON
2. MTO. EN EL LADO CORTO B. 25.0 T-M
3. MTO. EN EL LADO LARGO L 30.0 T-M

-DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CORTO AB 35. CM
2. LADO LARGO AL 45. CM

\*2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| * DIMENSIONES EN CMS. * |                     |         |             |         |  |  |
|-------------------------|---------------------|---------|-------------|---------|--|--|
| * L A D O S *           | * P E R A L T E S * |         | * D A D O * |         |  |  |
| * B L *                 | * D I *             | * U S * | * A B *     | * A L * |  |  |
| * 300. 300. *           | * 10. *             | * 46. * | * 51. *     | * 61. * |  |  |

\*3. ARMADO DE ZAPATA

| ARMADO DE ZAPATA |          | SEPARACIONES CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA EN CMS. |     |     |     |     |     |      |
|------------------|----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| LAJO             | FRANJA   | 5/16  | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1   | 11/2 |
| CORTO            | UNICA    | 7.  | 10. | 18. | 28. | 40. | 50. | 50.  |
| LARGO            | CENTRAL  | 7.  | 10. | 18. | 28. | 40. | 50. | 50.  |
| LARGO            | EXTREMAS | 7.  | 10. | 18. | 28. | 40. | 50. | 50.  |

\*\*\*\*\* ZAPATA Z-4 \*\*\*\*\*

\*1. DATOS DE DISEÑO

-MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM<sup>2</sup>
2. ACERO 4200. KG/CM<sup>2</sup>

-RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M<sup>2</sup>

-CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 60.0 TON
2. MTU. EN EL LADO CORTO B 10.0 T-M
3. MTU. EN EL LADO LARGO L 25.0 T-M

-DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CORTO AB 40. CM
2. LADO LARGO AL 45. CM

\*2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| * DIMENSIONES EN CMS. * |                     |             |           |         |         |
|-------------------------|---------------------|-------------|-----------|---------|---------|
| * L A D O S *           | * P E R A L T E S * | * D A D O * |           |         |         |
| * B *                   | * L *               | * D I *     | * D O S * | * A B * | * A L * |
| * 200. *                | * 200. *            | * 10. *     | * 38. *   | * 46. * | * 51. * |

\*3. ARMADO DE ZAPATA

| ARMADO DE ZAPATA |          | SEPARACIONES CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA EN CMS. |     |     |     |     |     |       |
|------------------|----------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| LADO             | FRANJA   | 5/16   | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1   | 1 1/2 |
| CORTO            | UNICA    | 7.   | 11. | 19. | 30. | 43. | 50. | 50.   |
| LARGO            | CENTRAL  | 7.   | 11. | 19. | 30. | 43. | 50. | 50.   |
| LARGO            | EXTREMAS | 7.   | 11. | 19. | 30. | 43. | 50. | 50.   |

## \*\*\*\*\* ZAPATA 2-5 \*\*\*\*\*

## \*1. DATOS DE DISEÑO

## -MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM2
2. ACERO 4200. KG/CM2

-RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M2

## -CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 120.0 TON
2. MTU. EN EL LADO CORTO B 60.0 T-M
3. MTU. EN EL LADO LARGO L 100.0 T-M

## -DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CORTO AB 30. CM
2. LADO LARGO AL 30. CM

## \*2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| * DIMENSIONES EN CMS. * |        |                     |       |             |       |     |
|-------------------------|--------|---------------------|-------|-------------|-------|-----|
| * L A D O S *           |        | * P E R A L T E S * |       | * D A D O * |       |     |
| * B                     | * L    | * DI                | * DS  | * AB        | * AL  | * * |
| * 418.                  | * 418. | * 17.               | * 59. | * 78.       | * 78. | * * |

## \*3. ARMAJO DE ZAPATA

| ARMAJO DE ZAPATA |          | SEPARACIONES CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA EN CMS. |     |     |     |     |     |       |
|------------------|----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| LADO             | FRANJA   | 5/16  | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1   | 1 1/2 |
| CORTO            | UNICA    | 4.  | 6.  | 10. | 16. | 23. | 40. | 50.   |
| LARGO            | CENTRAL  | 4.  | 6.  | 10. | 16. | 23. | 40. | 50.   |
| LARGO            | EXTREMAS | 4.  | 6.  | 10. | 16. | 23. | 40. | 50.   |



\*\*\*\*\* ZAPATA 2-6 \*\*\*\*\*

#1. DATOS DE DISEÑO

-MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM<sup>2</sup>
2. ACERO 4200. KG/CM<sup>2</sup>

-RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M<sup>2</sup>

-CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 200.0 TON
2. MTU. EN EL LADO CORTO B 15.0 T-M
3. MTU. EN EL LADO LARGO L 100.0 T-M

-DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CORTO AB 70. CM
2. LADO LARGO AL 70. CM

#2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| * DIMENSIONES EN CMS. * |          |              |         |             |         |  |  |
|-------------------------|----------|--------------|---------|-------------|---------|--|--|
| * L A D O S *           |          | * PERALTES * |         | * D A D O * |         |  |  |
| * B *                   | * L *    | * DI *       | * DS *  | * AB *      | * AL *  |  |  |
| * 291. *                | * 563. * | * 49. *      | * 77. * | * 72. *     | * 72. * |  |  |

#3. ARMADO DE ZAPATA

| ARMADO DE ZAPATA |          | SEPARACIONES CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA EN CMS. |     |     |     |     |     |       |
|------------------|----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| LADO             | FRANJA   | 5/16  | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1   | 1 1/2 |
| CORTO            | UNICA    | 2.  | 3.  | 6.  | 9.  | 13. | 23. | 50.   |
| LARGO            | CENTRAL  | 4.  | 6.  | 11. | 17. | 25. | 44. | 50.   |
| LARGO            | EXTREMAS | 4.  | 6.  | 11. | 17. | 25. | 44. | 50.   |

## \*\*\*\*\* ZAPATA Z-7 \*\*\*\*\*

## \*1. DATOS DE DISEÑO

## -MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM<sup>2</sup>
2. ACERO 4200. KG/CM<sup>2</sup>

-RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M<sup>2</sup>

## -CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 150.0 TON
2. MTO. EN EL LADO CORTO B 25.0 T-M
3. MTO. EN EL LADO LARGO L 35.0 T-M

## -DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CORTO AB 60. CM
2. LADO LARGO AL 80. CM

## \*2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| * DIMENSIONES EN CMS. * |        |                     |       |             |       |  |  |
|-------------------------|--------|---------------------|-------|-------------|-------|--|--|
| * L A D O S *           |        | * P E R A L T E S * |       | * D A D O * |       |  |  |
| * B                     | * L    | * DI                | * DS  | * AB        | * AL  |  |  |
| * 301.                  | * 421. | * 27.               | * 57. | * 60.       | * 80. |  |  |

## \*3. ARMAO DE ZAPATA

| ARMAO DE ZAPATA |          | SEPARACIONES CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA EN CMS. |     |     |     |     |     |      |
|-----------------|----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| LADO            | FRANJA   | 5/16  | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1   | 11/2 |
| CORTO           | UNICA    | 4.  | 5.  | 10. | 15. | 22. | 39. | 50.  |
| LARGO           | CENTRAL  | 8.  | 11. | 20. | 31. | 45. | 50. | 50.  |
| LARGO           | EXTREMAS | 8.  | 11. | 20. | 31. | 44. | 50. | 50.  |

\*\*\*\*\* ZAPATA 2-3 \*\*\*\*\*

\*1. DATOS DE DISEÑO

-MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM<sup>2</sup>
2. ACERO 4200. KG/CM<sup>2</sup>

-RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M<sup>2</sup>

-CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 50.0 TON
2. MTG. EN EL LADO CORTO B 0.0 T-M
3. MTG. EN EL LADO LARGO L 25.0 T-M

-DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CORTO AB 50. CM
2. LADO LARGO AL 50. CM

\*2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| DIMENSIONES EN CMS. |              |         |             |         |         |     |
|---------------------|--------------|---------|-------------|---------|---------|-----|
| * L A Z O J O *     | * PERALTES * |         | * D A D O * |         |         |     |
| * B                 | * L *        | * DI *  | * US *      | * AB *  | * AL *  | * * |
| * 250. *            | * 239. *     | * 10. * | * 33. *     | * 50. * | * 50. * | * * |

\*3. ARMADO DE ZAPATA

| ARMADO DE ZAPATA |          | SEPARACIONES CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA EN CMS. |     |     |     |     |     |       |
|------------------|----------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| LADO             | FRANJA   | 5/16   | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1   | 1 1/2 |
| CORTO            | UNILA    | 8.   | 11. | 20. | 32. | 46. | 50. | 50.   |
| LARGO            | CENTRAL  | 8.   | 11. | 20. | 32. | 46. | 50. | 50.   |
| LARGO            | EXTREMAS | 8.   | 11. | 20. | 32. | 46. | 50. | 50.   |

\*\*\*\*\* ZAPATA 2-9 \*\*\*\*\*

\*1. DATOS DE DISEÑO

-MATERIALES

1. CONCRETO 200. KG/CM<sup>2</sup>
2. ACERO 4200. KG/CM<sup>2</sup>

-RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M<sup>2</sup>

-CARGAS ACTUANTES

1. CARGA AXIAL 190.0 TON
2. MTO. EN EL LADO CORTO B 80.0 T-M
3. MTO. EN EL LADO LARGO L 0.0 T-M

-DIMENSIONES DEL DADO O COLUMNA

1. LADO CORTO AB 20. CM
2. LADO LARGO AL 20. CM

\*2. DIMENSIONES RESISTENTES DE LA ZAPATA Y SU DADO

| * DIMENSIONES EN CMS. * |                     |             |         |  |  |
|-------------------------|---------------------|-------------|---------|--|--|
| * L A D O S *           | * P E R A L T E S * | * D A D O * |         |  |  |
| * B L *                 | * D I S *           | * A B *     | * A L * |  |  |
| * 400. 400. *           | * 19. 60. *         | * 66. *     | * 66. * |  |  |

\*3. ARMAJO DE ZAPATA

| ARMAJO DE ZAPATA |          | SEPARACIONES CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA EN CMS. |     |     |     |     |     |      |
|------------------|----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| LAJO             | FRANJA   | 5/16  | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1   | 11/2 |
| CORTO            | UNICA    | 4.  | 6.  | 11. | 18. | 26. | 46. | 50.  |
| LARGO            | CENTRAL  | 4.  | 6.  | 11. | 18. | 26. | 46. | 50.  |
| LARGO            | EXTREMAS | 4.  | 6.  | 11. | 18. | 26. | 46. | 50.  |

#### 4.2. Programa General para la elaboración de "Tablas de Zapatas a compresión simple"

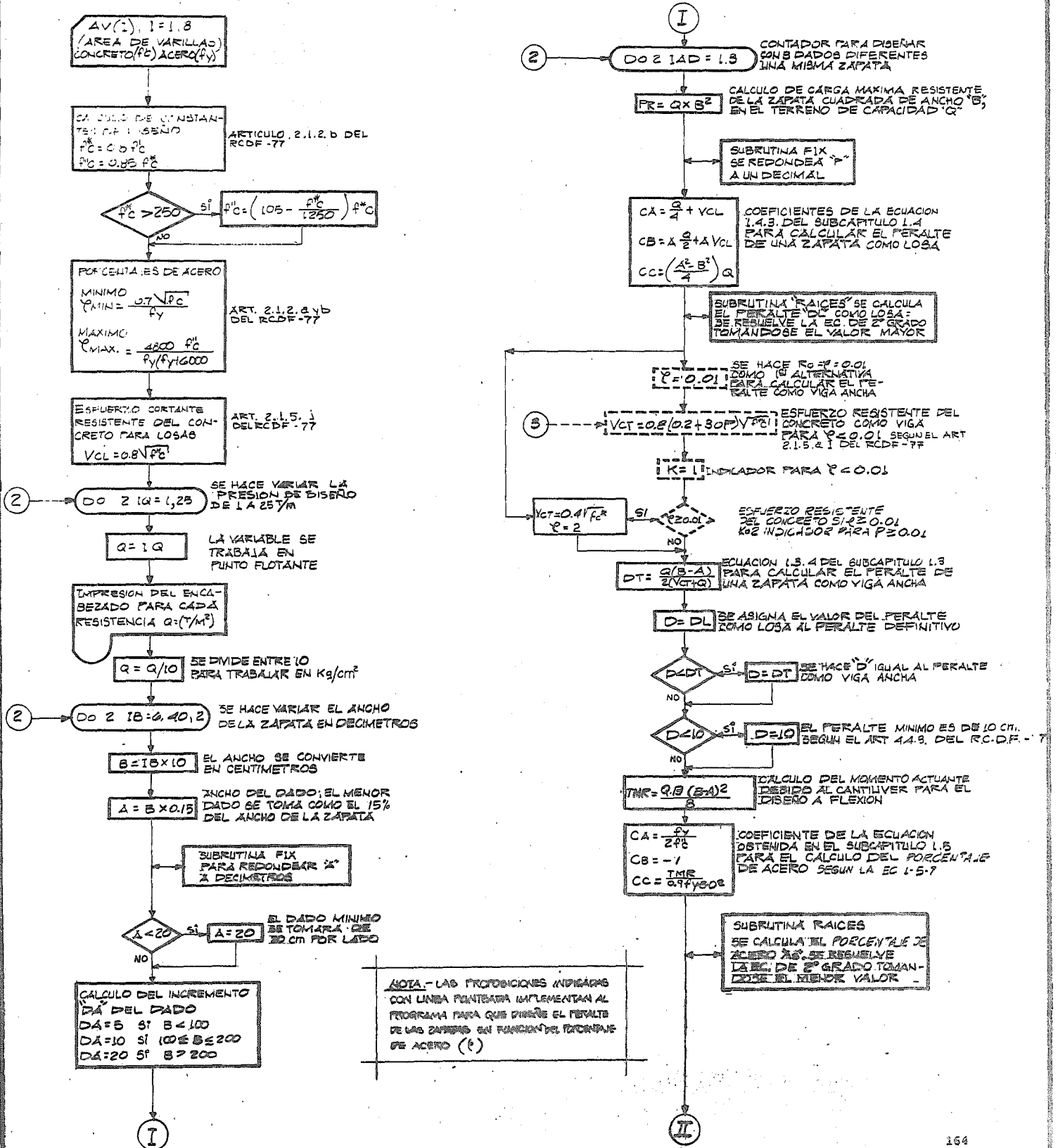
Con el fin de sistematizar al máximo el diseño estructural de las zapatas aisladas, se realizó este programa, con el cual se obtienen "tablas de zapatas cuadradas", para diferentes capacidades de carga del terreno; en las que se presentan las dimensiones y acero de refuerzo necesarios de zapatas, para soportar una carga axial determinada.

El programa, puede diseñar las zapatas de las tablas, con resistencias específicas de concreto ( $f'_c$ ) y de acero ( $f_y$ ). Las que se elaboraron en este caso, y que se presentan en la sección 4.2.4, se calcularon con resistencias de  $f'_c=10200$  Kg/cm<sup>2</sup> y  $f_y = 4,200$  Kg/cm<sup>2</sup>, por ser las más usuales.

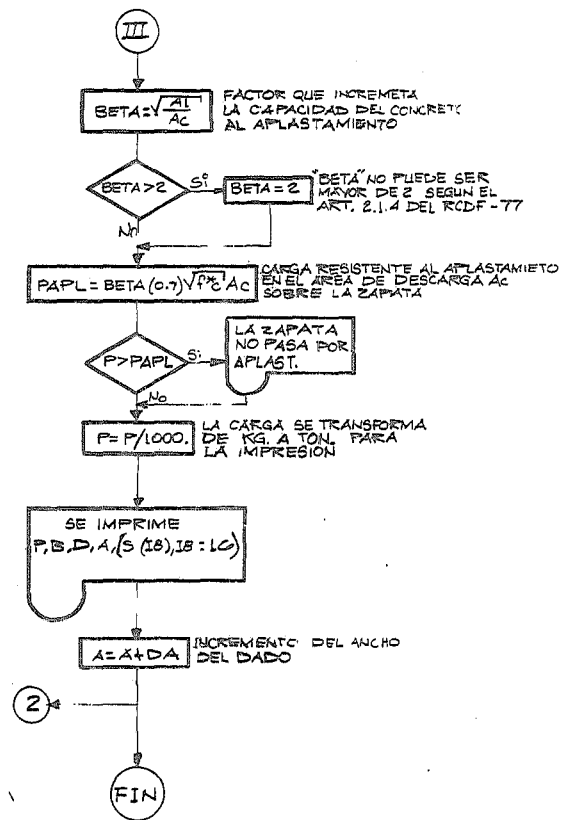
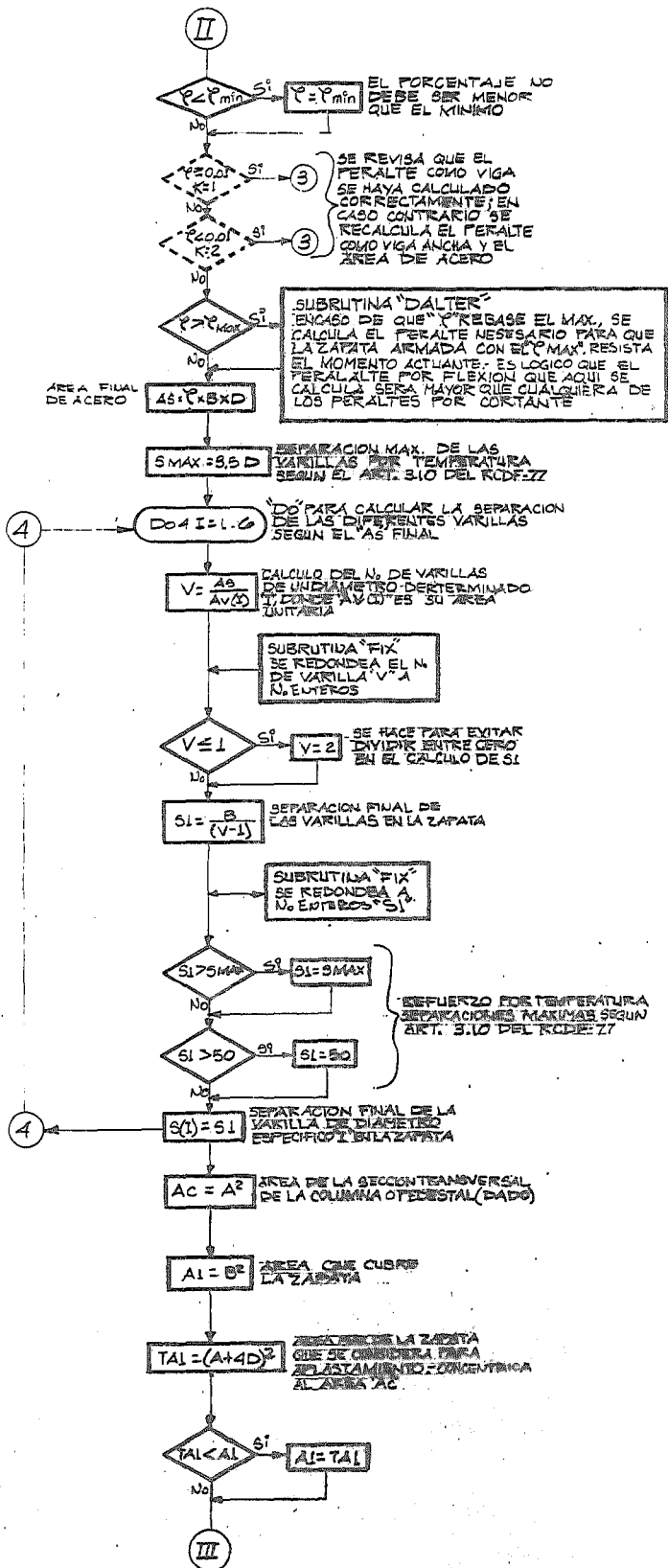
Conociendo la carga axial última actuante y la capacidad del terreno; mediante las tablas se puede obtener el diseño completo de zapatas directamente, sin cálculos adicionales.

Con objeto de facilitar el manejo de las Tablas, el programa se estructuró de tal forma que la computadora imprime en cada hoja de resultados una tabla correspondiente a una capacidad de carga del terreno.

**4.2.1 PROGRAMA PARA LA ELABORACION DE  
TABLAS DE ZAPATAS  
DIAGRAMA DE FLUJO**



NOTA - LAS PROFUNDIDADES INDICADAS CON LINEA PUNTEADA IMPLEMENTAN AL PROGRAMA PARA QUE DISEÑE EL PERALTE DE LAS ZAPATAS EN FUNCION DEL PORCENTAJE DE ACERO (P)



Programa para la elaboración de "Tablas de zapatas  
a compresión simple"

```

00010 PROGRAM TZAP
00020 DIMENSION S(6),AV(6)
00030 DATA(AV/.32,.49,.71,1.27,1.98,2.95/)
00040 READ(1,*)FPC,FY
00070 FAC=0.8*FPC
00080 FBPC=0.85*FAC
00090 IF(FAC.GT.250.)FBPC=(1.05-FAC/1250.)*FAC
00100 RUMAX=FBPC*4800./FY/(FY+6000.)
00110 VCL=0.8*FAC**0.5
00120 RUMIN=0.7*FPC**0.5/FY
00130 DO 2 IQ=1,25
00140   Q=I
00150   WRITE(11,11)
00160 11  FORMAT(1H1)
00170   WRITE(11,12)Q
00180 12  FORMAT(23X,'RESISTENCIA DEL TERRENO',F6.0,' T/M2')
00190   WRITE(11,13)
00200 13  FORMAT(10X,'CARGA DIMENSIONES DE LA ARMADO DE ZAPATA CON DIF
00210 1ERENTES')
00220   WRITE(11,14)
00230 14  FORMAT(10X,'AXIAL',5X,'ZAPATA EN CMS',5X,'DIAMETROS DE VARILLA *SE
00240 1P. EN CMS*')
00250   WRITE(11,15)
00260 15  FORMAT(10X,62 '---')
00270   WRITE(11,16)
00280 16  FORMAT(10X,'(TON)',4X,'A',6X,'B',6X,'D',5X,'1/4',' 5/16',' 3/8'
00290 1,' 1/2',' 5/8',' 3/4')
00300   WRITE(11,15)
00310   Q=Q/10.
00320   DO 2 IB=6,40,2
00330     B=IB*10.
00340     A=B*0.15
00350     CALL FIX(A)
00360     A=A/10.
00370     CALL FIX(A)
00380     A=A*10.
00390     IF(A.LT.20)A=20
00391     IF(B.GE.200. .AND. A.LT.40 .AND. B.LE.300) A = 40
00392     QA = 10
00400     IF(B.LT.100)QA=5
00420     IF(B.GT.200.)QA=20.
00430     DO 2 IAU=1,3
00440       P=Q**R**2.
00450       R=P*10
00460       CALL FIX(P)
00470       P=P/10.
00480       CA=Q/4.+VCL
00490       CJ=A*Q/2.+A*VCL
00500       CL=(A**2.-R**2.)*Q/4.
00510       CALL RAICES(CA,CR,CC,DL)
00520       VCT=0.4*FAC**0.5
00570       CT=(Q*(R-A)/2.)/(VCT+Q)
00580       D=DL
00590       IF(D.LT.CT)D=CT
00600       IF(D.LT.10.)D=10
00610       TRR=0.*R*(B-A)**2/8
00620       CA=FY/(2./FBPC)
00630       CJ=-1

```



```

00640      CC=TRK/0.9/FY/B/D**2
00650      CALL RAICES (CA,CB,CC,RO)
00660      IF (RO.LT.ROMIN) RO = ROMIN
00700      IF (RO.GT.ROMAX) CALL DALTER (ROMAX, FY, FBPC, TMR, B, D, RO)
00710      AS=RO**3*D
00720      SMAX=3.5*D
00730      PU + I=1.6
00740      V=AS/AV (I)
00750      CALL FIX (V)
00760      IF (V.LF.1.) V=2.
00770      S1=B/(V-1.)
00780      CALL FIX (S1)
00790      IF (S1.GT.SMAX) S1=SMAX
00800      IF (S1.GT.50.) S1=50.
00810  4      S (I)=S1
00820      AC=A**2.
00830      AI=B**2.
00840      TAI=(A+4.*D)**2.
00850      IF (TAI.LT.AI) AI=TAI
00860      BETA=(AI/AC)**0.5
00870      IF (BETA.GT.2.) BETA=2.
00880      PAPL=BETA*0.7*FAC*AC
00890      IF (P.GT.PAPL) WRITE (11,17)
00900  17      FORMAT (15X,'EL AREA DE CONTACTO NO RESISTE EL APLASTAMIENTO')
00910      P=P/100.
00911      IF (B.EQ.400.AND.A.EQ.120) GO TC 30
00920      WRITE (11,26) P, A, B, D, (S (I8), I8=1,6)
00930  26      FORMAT (2X,F5.1,3X,F4.0,3X,F4.0,3X,F4.0,1X,6F6.0)
00940  30      A=A+DA
00950  2      CONTINUE
00960      STOP
00970      END

```

```

00980      SUBROUTINE RAICES(A,B,C,D)
00990      B1=3**2.
01000      B2=4.*A*C
01010      IF(B2.GT.B1)GO TO 4
01020      D1=(-B+(B1-B2)**0.5)/2./A
01030      D2=(-B-(B1-B2)**0.5)/2./A
01040      D=D1
01050      IF(D1.GT.0..AND.D2.GT.0.)D=D2
01060      GO TO 5
01070 4     WRITE(11,6)
01080 5     FORMAT(3X,'EXISTE INDETERMINACION')
01090      D=0.
01100 5     RETURN
01110      END

```

```

01120      SUBROUTINE FIX(R)
01130      IR=R
01140      R1=IR
01150      DR=R-R1
01160      R=R1
01170      IF(DR.GT.0.5)R=R+1
01180      RETURN
01190      END

```

```

01200      SUBROUTINE DALTER(ROMAX,FY,FBPC,TMR,B,D,RO)
01210      Q=ROMAX*FY/FBPC
01220      D=(TMR/(0.9*B*FBPC*Q*(1.-0.5*Q)))**0.5+2.
01230      RQ=ROMAX
01240      WRITE(11,200)
01250 200    FORMAT(15X,'NO PASA A FLEXION EL PERALTE POR CORTANTE')
01260      RETURN
01270      END

```

#### 4.2.3. Indicaciones para su uso

Programa para la elaboración de "Tablas de zapatas a compresión simple"

Para la elaboración de "Tablas de zapatas" mediante el uso del programa presentado, debe definirse previamente:

- 1° El rango de capacidades de carga del terreno en que se desean obtener "Tablas de zapatas"
- 2° La resistencia del concreto " $f'c$ " y la resistencia del acero de refuerzo " $f_y$ ". Con las cuales se deben diseñar las zapatas.

Como se puede ver en la codificación, el rango de la capacidad del terreno se hace variar en la proposición:

$$D0 \quad 2 \quad 1Q = 1, 16$$

de  $1 \text{ ton/m}^2$  a  $16 \text{ ton/m}^2$ . Si se desean elaborar tablas para mayores capacidades del terreno se puede modificar dicha proposición.

La resistencia del concreto y el acero de refuerzo es constante en todas las tablas que se generen. Por lo que sus valores, con los que se desean diseñar las zapatas, deben ser proporcionados adicionalmente a la computadora mediante una tarjeta de datos, que es leída en el programa, por la única proposición "READ" que aparece en la codificación.

A continuación se presenta la forma para elaborar dicha tarjeta de datos

CODIFICACION EN  
FORTRAN IV

READ(1,\*)FPC,FY

ARCHIVO DE DATOS  
(Tarjeta única)

200,4200

ASIGNACION DE VA-  
LORES QUE EJECUTA  
LA COMPUTADORA

FPC = 200  
FY = 4200

Como se dijo en el subcapítulo 4.1.3 el símbolo "\*", en la proposición "READ", es un "formato libre", lo que implica que los datos deben separarse por comas en la tarjeta.

En la siguiente sección se presentan las tablas elaboradas con los valores del ejemplo anterior y de acuerdo a la codificación del inciso 4.2.2.

#### 4.2.4. Tablas de Zapatas

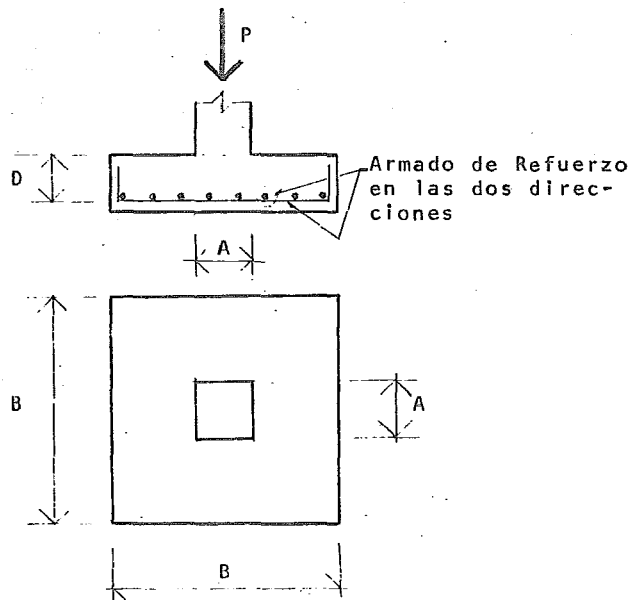
En las páginas anexas se muestran las tablas que se obtuvieron como resultados de la ejecución del programa, con valores de resistencia del concreto  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$  y del acero de refuerzo.  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .

Se hace la aclaración que en las Tablas, la "carga axial", - indicada, es la carga de diseño de cada zapata, por consigu<sup>en</sup>te ésta debe ser comparada con la carga última actuante, -- afectada con los correspondientes factores de carga; para ob<sup>ten</sup>er el diseño requerido.

Además, es indispensable tomar en cuenta que la "Resistencia del Terreno", corresponde realmente a la presión de diseño de la zapata. Por lo que para el uso de las Tablas, el esfuerzo o presión admisible del suelo, debe ser reducido con la presión generada por el peso de la cimentación y la sobrecar<sup>ga</sup> adicional (ver subcapítulo 1.1); el valor resultante será el valor de la "Resistencia del Terreno" especificado en -- ellas.

Los resultados que se obtienen para las zapatas en dichas Ta<sup>blas</sup> son los siguientes

1. Dimensión de los lados de la zapata (B). Para una determinada carga actuante última, se especifica un ancho necesario de acuerdo a la resistencia del terreno. El programa diseña zapatas que varían de ancho de 60 a 400 cm.
2. Peralte efectivo (D). El peralte necesario de la zapata para resistir los efectos del cortante en una y dos direcciones, generados por la acción de la carga axial. Este peralte debe ser incrementado con el recubrimiento -- que se le dé a las varillas.
3. Dimensión del dado o Columna (A) Para una carga axial el diseño de la zapata se realiza con 3 dimensiones de dados o columnas, con objeto de cubrir el mayor número de casos.
4. Armado de Refuerzo. Para cada zapata diseñada, se presenta el armado necesario con varillas de 1/4" a 3/4" de diámetro, a fin de que se elija el más conveniente. Se siguen las disposiciones establecidas en el RCDF-77 para las separaciones máximas permisible entre varillas.



RESISTENCIA DEL TERRENO 1. T/M<sup>2</sup>  
 CARGA DIMENSIONES DE LA ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES  
 AXIAL ZAPATA EN CMS DIAMETROS DE VARILLA \*SEP. EN CMS\*

| TON  | A    | B    | D   | 1/4 | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
|------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 0.4  | 20.  | 60.  | 10. | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 0.4  | 25.  | 60.  | 10. | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 0.4  | 30.  | 60.  | 10. | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 0.6  | 20.  | 80.  | 10. | 16. | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 0.6  | 25.  | 80.  | 10. | 16. | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 0.6  | 30.  | 80.  | 10. | 16. | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.0  | 20.  | 100. | 10. | 17. | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.0  | 30.  | 100. | 10. | 17. | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.0  | 40.  | 100. | 10. | 17. | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.4  | 20.  | 120. | 10. | 15. | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.4  | 30.  | 120. | 10. | 15. | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.4  | 40.  | 120. | 10. | 15. | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.0  | 20.  | 140. | 10. | 16. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.0  | 30.  | 140. | 10. | 16. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.0  | 40.  | 140. | 10. | 16. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.6  | 20.  | 160. | 10. | 15. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.6  | 30.  | 160. | 10. | 15. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.6  | 40.  | 160. | 10. | 15. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.2  | 30.  | 180. | 10. | 15. | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.2  | 40.  | 180. | 10. | 15. | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.2  | 50.  | 180. | 10. | 15. | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.0  | 40.  | 200. | 10. | 14. | 22.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 4.0  | 50.  | 200. | 10. | 14. | 22.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 4.0  | 60.  | 200. | 10. | 14. | 22.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 4.8  | 40.  | 220. | 10. | 15. | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.8  | 60.  | 220. | 10. | 15. | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.8  | 80.  | 220. | 10. | 15. | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8  | 40.  | 240. | 10. | 14. | 22.  | 34. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8  | 60.  | 240. | 10. | 14. | 22.  | 34. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8  | 80.  | 240. | 10. | 14. | 22.  | 34. | 35. | 35. | 35. |
| 6.8  | 40.  | 260. | 10. | 14. | 22.  | 32. | 35. | 35. | 35. |
| 6.8  | 60.  | 260. | 10. | 14. | 22.  | 32. | 35. | 35. | 35. |
| 6.8  | 80.  | 260. | 10. | 14. | 22.  | 32. | 35. | 35. | 35. |
| 7.8  | 40.  | 280. | 10. | 14. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.8  | 60.  | 280. | 10. | 14. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.8  | 80.  | 280. | 10. | 14. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.0  | 40.  | 300. | 10. | 14. | 23.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 9.0  | 60.  | 300. | 10. | 14. | 23.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 9.0  | 80.  | 300. | 10. | 14. | 23.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 10.2 | 50.  | 320. | 10. | 13. | 21.  | 32. | 35. | 35. | 35. |
| 10.2 | 70.  | 320. | 10. | 14. | 23.  | 32. | 35. | 35. | 35. |
| 10.2 | 90.  | 320. | 10. | 14. | 23.  | 32. | 35. | 35. | 35. |
| 11.6 | 50.  | 340. | 10. | 11. | 18.  | 26. | 35. | 35. | 35. |
| 11.6 | 70.  | 340. | 10. | 13. | 21.  | 31. | 35. | 35. | 35. |
| 11.6 | 90.  | 340. | 10. | 14. | 23.  | 34. | 35. | 35. | 35. |
| 13.0 | 50.  | 360. | 10. | 10. | 15.  | 22. | 35. | 35. | 35. |
| 13.0 | 70.  | 360. | 10. | 11. | 18.  | 26. | 35. | 35. | 35. |
| 13.0 | 90.  | 360. | 10. | 13. | 21.  | 30. | 35. | 35. | 35. |
| 14.4 | 60.  | 380. | 10. | 9.  | 14.  | 21. | 35. | 35. | 35. |
| 14.4 | 80.  | 380. | 10. | 11. | 17.  | 24. | 35. | 35. | 35. |
| 14.4 | 100. | 380. | 10. | 12. | 19.  | 29. | 35. | 35. | 35. |
| 16.0 | 60.  | 400. | 10. | 8.  | 12.  | 18. | 33. | 35. | 35. |
| 16.0 | 80.  | 400. | 10. | 9.  | 14.  | 21. | 35. | 35. | 35. |

| CARGA AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO         |      |     | 2. T/M2  |      |     |     |     |     |
|-------------|---------------------------------|------|-----|--|------|-----|-----|-----|-----|
|             | DIMENSIONES DE LA ZAPATA EN CMS |      |     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| TUN         | A                               | b    | D   | 1/4  | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 0.7         | 20.                             | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 0.7         | 25.                             | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 0.7         | 30.                             | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.3         | 20.                             | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.3         | 25.                             | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.3         | 30.                             | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.0         | 20.                             | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.0         | 30.                             | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.0         | 40.                             | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.9         | 20.                             | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.9         | 30.                             | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.9         | 40.                             | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.9         | 20.                             | 140. | 10. | 16.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.9         | 30.                             | 140. | 10. | 16.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.9         | 40.                             | 140. | 10. | 16.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.1         | 20.                             | 160. | 10. | 15.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.1         | 30.                             | 160. | 10. | 15.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.1         | 40.                             | 160. | 10. | 15.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 6.5         | 30.                             | 180. | 10. | 15.  | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 6.5         | 40.                             | 180. | 10. | 15.  | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 6.5         | 50.                             | 180. | 10. | 15.  | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 8.0         | 40.                             | 200. | 10. | 14.  | 22.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 8.0         | 50.                             | 200. | 10. | 14.  | 22.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 8.0         | 60.                             | 200. | 10. | 14.  | 22.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 9.7         | 40.                             | 220. | 10. | 15.  | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.7         | 60.                             | 220. | 10. | 15.  | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.7         | 80.                             | 220. | 10. | 15.  | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 11.5        | 40.                             | 240. | 10. | 12.  | 18.  | 30. | 35. | 35. | 35. |
| 11.5        | 60.                             | 240. | 10. | 14.  | 22.  | 34. | 35. | 35. | 35. |
| 11.5        | 80.                             | 240. | 10. | 14.  | 22.  | 34. | 35. | 35. | 35. |
| 13.5        | 40.                             | 260. | 10. | 10.  | 15.  | 24. | 35. | 35. | 35. |
| 13.5        | 60.                             | 260. | 10. | 12.  | 19.  | 29. | 35. | 35. | 35. |
| 13.5        | 80.                             | 260. | 10. | 14.  | 22.  | 32. | 35. | 35. | 35. |
| 15.7        | 40.                             | 280. | 10. | 8.   | 13.  | 19. | 35. | 35. | 35. |
| 15.7        | 60.                             | 280. | 10. | 10.  | 16.  | 23. | 35. | 35. | 35. |
| 15.7        | 80.                             | 280. | 10. | 12.  | 19.  | 28. | 35. | 35. | 35. |
| 18.0        | 40.                             | 300. | 10. | 7.   | 10.  | 16. | 30. | 35. | 35. |
| 18.0        | 60.                             | 300. | 10. | 8.   | 12.  | 19. | 33. | 35. | 35. |
| 18.0        | 80.                             | 300. | 10. | 10.  | 15.  | 23. | 35. | 35. | 35. |
| 20.5        | 50.                             | 320. | 10. | 6.   | 10.  | 14. | 27. | 35. | 35. |
| 20.5        | 70.                             | 320. | 10. | 7.   | 11.  | 17. | 32. | 35. | 35. |
| 20.5        | 90.                             | 320. | 10. | 9.   | 14.  | 20. | 35. | 35. | 35. |
| 23.1        | 50.                             | 340. | 10. | 5.   | 8.   | 12. | 23. | 34. | 35. |
| 23.1        | 70.                             | 340. | 10. | 6.   | 10.  | 14. | 26. | 35. | 35. |
| 23.1        | 90.                             | 340. | 10. | 7.   | 11.  | 17. | 31. | 35. | 35. |
| 25.9        | 50.                             | 360. | 10. | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 33. | 36. |
| 25.9        | 70.                             | 360. | 10. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 35. | 35. |
| 25.9        | 90.                             | 360. | 10. | 6.   | 9.   | 14. | 26. | 35. | 35. |
| 28.9        | 60.                             | 380. | 10. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 35. |
| 28.9        | 80.                             | 380. | 10. | 5.   | 8.   | 11. | 20. | 32. | 35. |
| 28.9        | 100.                            | 380. | 10. | 6.   | 9.   | 13. | 24. | 35. | 35. |
| 32.0        | 60.                             | 400. | 11. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 38. |
| 32.0        | 80.                             | 400. | 10. | 4.   | 6.   | 10. | 17. | 27. | 35. |

| CARGA AXIAL      | RESISTENCIA DEL TERRENO         |      | 3. T/M <sup>2</sup> |  |      |     |     |     |     |
|------------------|---------------------------------|------|---------------------|--|------|-----|-----|-----|-----|
|                  | DIMENSIONES DE LA ZAPATA EN CMS |      |                     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| T/M <sup>2</sup> | A                               | B    | D                   | 1/4  | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 1.1              | 20.                             | 60.  | 10.                 | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.1              | 25.                             | 60.  | 10.                 | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.1              | 30.                             | 60.  | 10.                 | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.2              | 20.                             | 80.  | 10.                 | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.2              | 25.                             | 80.  | 10.                 | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.2              | 30.                             | 80.  | 10.                 | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.0              | 20.                             | 100. | 10.                 | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.0              | 30.                             | 100. | 10.                 | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.0              | 40.                             | 100. | 10.                 | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.3              | 20.                             | 120. | 10.                 | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.3              | 30.                             | 120. | 10.                 | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.3              | 40.                             | 120. | 10.                 | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.9              | 20.                             | 140. | 10.                 | 16.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.9              | 30.                             | 140. | 10.                 | 16.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.9              | 40.                             | 140. | 10.                 | 16.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.7              | 20.                             | 160. | 10.                 | 15.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.7              | 30.                             | 160. | 10.                 | 15.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.7              | 40.                             | 160. | 10.                 | 15.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.7              | 30.                             | 180. | 10.                 | 15.  | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.7              | 40.                             | 180. | 10.                 | 15.  | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 12.0             | 40.                             | 200. | 10.                 | 12.  | 20.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 12.0             | 50.                             | 200. | 10.                 | 14.  | 22.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 12.0             | 60.                             | 200. | 10.                 | 14.  | 22.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 14.5             | 40.                             | 220. | 10.                 | 10.  | 16.  | 22. | 35. | 35. | 35. |
| 14.5             | 60.                             | 220. | 10.                 | 13.  | 20.  | 31. | 35. | 35. | 35. |
| 14.5             | 80.                             | 220. | 10.                 | 15.  | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 17.3             | 40.                             | 240. | 10.                 | 8.   | 12.  | 18. | 34. | 35. | 35. |
| 17.3             | 60.                             | 240. | 10.                 | 10.  | 15.  | 24. | 35. | 35. | 35. |
| 17.3             | 80.                             | 240. | 10.                 | 13.  | 20.  | 30. | 35. | 35. | 35. |
| 20.3             | 40.                             | 260. | 10.                 | 6.   | 10.  | 14. | 26. | 35. | 35. |
| 20.3             | 60.                             | 260. | 10.                 | 8.   | 12.  | 17. | 32. | 35. | 35. |
| 20.3             | 80.                             | 260. | 10.                 | 10.  | 15.  | 24. | 35. | 35. | 35. |
| 23.5             | 40.                             | 280. | 11.                 | 6.   | 9.   | 13. | 25. | 39. | 39. |
| 23.5             | 60.                             | 280. | 10.                 | 6.   | 10.  | 14. | 25. | 35. | 35. |
| 23.5             | 80.                             | 280. | 10.                 | 8.   | 12.  | 17. | 35. | 35. | 35. |
| 27.0             | 40.                             | 300. | 12.                 | 6.   | 9.   | 12. | 23. | 37. | 43. |
| 27.0             | 60.                             | 300. | 10.                 | 5.   | 8.   | 12. | 21. | 33. | 35. |
| 27.0             | 80.                             | 300. | 10.                 | 6.   | 10.  | 14. | 27. | 35. | 35. |
| 30.7             | 50.                             | 320. | 12.                 | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 32. | 41. |
| 30.7             | 70.                             | 320. | 10.                 | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 32. | 35. |
| 30.7             | 90.                             | 320. | 10.                 | 6.   | 9.   | 13. | 23. | 35. | 35. |
| 34.7             | 50.                             | 340. | 13.                 | 5.   | 7.   | 11. | 19. | 31. | 46. |
| 34.7             | 70.                             | 340. | 10.                 | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 35. |
| 34.7             | 90.                             | 340. | 10.                 | 5.   | 7.   | 11. | 19. | 31. | 35. |
| 38.9             | 50.                             | 360. | 14.                 | 5.   | 7.   | 10. | 19. | 30. | 45. |
| 38.9             | 70.                             | 360. | 11.                 | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 36. |
| 38.9             | 90.                             | 360. | 10.                 | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 35. |
| 43.3             | 60.                             | 380. | 14.                 | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 38. |
| 43.3             | 80.                             | 380. | 11.                 | 4.   | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 35. |
| 43.3             | 100.                            | 380. | 10.                 | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 24. | 35. |
| 48.0             | 60.                             | 400. | 15.                 | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 36. |
| 48.0             | 80.                             | 400. | 12.                 | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 33. |



RESISTENCIA DEL TERRENO 4. T/M2  
 CARGA DIMENSIONES DE LA ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES  
 AXIAL ZAPATA EN CMS DIAMETROS DE VARILLA \*SEP. EN CMS\*

| TUN  | A    | B    | D   | 1/4 | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
|------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 1.4  | 20.  | 60.  | 19. | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.4  | 25.  | 60.  | 19. | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 1.4  | 30.  | 60.  | 10. | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.6  | 20.  | 80.  | 10. | 16. | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.6  | 25.  | 80.  | 10. | 16. | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.6  | 30.  | 80.  | 10. | 16. | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.0  | 20.  | 100. | 10. | 17. | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.0  | 30.  | 100. | 10. | 17. | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.0  | 40.  | 100. | 10. | 17. | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8  | 20.  | 120. | 10. | 15. | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8  | 30.  | 120. | 10. | 15. | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8  | 40.  | 120. | 10. | 15. | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.8  | 20.  | 140. | 10. | 16. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.8  | 30.  | 140. | 10. | 16. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.8  | 40.  | 140. | 10. | 16. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.2 | 20.  | 160. | 10. | 12. | 20.  | 32. | 35. | 35. | 35. |
| 10.2 | 30.  | 160. | 10. | 15. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.2 | 40.  | 160. | 10. | 15. | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 13.0 | 30.  | 180. | 10. | 11. | 18.  | 26. | 35. | 35. | 35. |
| 13.0 | 40.  | 180. | 10. | 13. | 20.  | 30. | 35. | 35. | 35. |
| 13.0 | 50.  | 180. | 10. | 15. | 22.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 16.0 | 40.  | 200. | 10. | 10. | 14.  | 22. | 35. | 35. | 35. |
| 16.0 | 50.  | 200. | 10. | 11. | 17.  | 25. | 35. | 35. | 35. |
| 16.0 | 60.  | 200. | 10. | 12. | 20.  | 29. | 35. | 35. | 35. |
| 19.4 | 40.  | 220. | 10. | 7.  | 11.  | 17. | 31. | 35. | 35. |
| 19.4 | 60.  | 220. | 10. | 9.  | 15.  | 22. | 35. | 35. | 35. |
| 19.4 | 80.  | 220. | 10. | 12. | 20.  | 31. | 35. | 35. | 35. |
| 23.0 | 40.  | 240. | 11. | 6.  | 10.  | 14. | 27. | 38. | 38. |
| 23.0 | 60.  | 240. | 10. | 7.  | 11.  | 16. | 30. | 35. | 35. |
| 23.0 | 80.  | 240. | 10. | 9.  | 14.  | 22. | 35. | 35. | 35. |
| 27.0 | 40.  | 260. | 12. | 6.  | 9.   | 13. | 26. | 43. | 43. |
| 27.0 | 60.  | 260. | 10. | 6.  | 9.   | 13. | 24. | 35. | 35. |
| 27.0 | 80.  | 260. | 10. | 7.  | 11.  | 16. | 32. | 35. | 35. |
| 31.4 | 40.  | 280. | 14. | 6.  | 8.   | 13. | 23. | 40. | 48. |
| 31.4 | 60.  | 280. | 10. | 5.  | 7.   | 11. | 20. | 31. | 36. |
| 31.4 | 80.  | 280. | 10. | 6.  | 9.   | 13. | 23. | 35. | 35. |
| 36.0 | 40.  | 300. | 15. | 5.  | 8.   | 12. | 21. | 37. | 50. |
| 36.0 | 60.  | 300. | 12. | 5.  | 7.   | 10. | 19. | 30. | 41. |
| 36.0 | 80.  | 300. | 10. | 4.  | 7.   | 10. | 19. | 30. | 35. |
| 41.0 | 50.  | 320. | 15. | 5.  | 7.   | 11. | 19. | 32. | 46. |
| 41.0 | 70.  | 320. | 12. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 40. |
| 41.0 | 90.  | 320. | 10. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 35. |
| 46.2 | 50.  | 340. | 17. | 4.  | 7.   | 10. | 19. | 31. | 42. |
| 46.2 | 70.  | 340. | 13. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 38. |
| 46.2 | 90.  | 340. | 10. | 4.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 34. |
| 51.8 | 50.  | 360. | 18. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 28. | 45. |
| 51.8 | 70.  | 360. | 14. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 24. | 36. |
| 51.8 | 90.  | 360. | 12. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 33. |
| 57.8 | 60.  | 380. | 19. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 38. |
| 57.8 | 80.  | 380. | 14. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 35. |
| 57.8 | 100. | 380. | 12. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 29. |
| 64.0 | 60.  | 400. | 19. | 4.  | 6.   | 9.  | 15. | 25. | 36. |
| 64.0 | 80.  | 400. | 16. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 33. |

| CARGA<br>AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO 5. T/M2    |      |     |   |     |      |     |     |     |
|----------------|------------------------------------|------|-----|---|-----|------|-----|-----|-----|
|                | DIMENSIONES DE LA<br>ZAPATA EN CMS |      |     | ARRANQUE DE ZAPATA CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VAPILLA *SEP. EN CMS* |     |      |     |     |     |
|                | T/M2                               | A    | B   | D   | 1/4 | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 |
| 1.8            | 20.                                | 60.  | 10. | 20.   | 30. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 1.8            | 25.                                | 60.  | 10. | 20.   | 30. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 1.8            | 30.                                | 60.  | 10. | 20.   | 30. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 3.2            | 20.                                | 80.  | 10. | 16.   | 27. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 3.2            | 25.                                | 80.  | 10. | 16.   | 27. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 3.2            | 30.                                | 80.  | 10. | 16.   | 27. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 5.0            | 20.                                | 100. | 10. | 17.   | 25. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 5.0            | 30.                                | 100. | 10. | 17.   | 25. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 5.0            | 40.                                | 100. | 10. | 17.   | 25. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 7.2            | 20.                                | 120. | 10. | 15.   | 24. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 7.2            | 30.                                | 120. | 10. | 15.   | 24. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 7.2            | 40.                                | 120. | 10. | 15.   | 24. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 9.8            | 20.                                | 140. | 10. | 14.   | 23. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 9.8            | 30.                                | 140. | 10. | 16.   | 23. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 9.8            | 40.                                | 140. | 10. | 16.   | 23. | 35.  | 35. | 35. | 35. |
| 12.8           | 20.                                | 160. | 10. | 10.   | 16. | 23.  | 35. | 35. | 35. |
| 12.8           | 30.                                | 160. | 10. | 11.   | 18. | 27.  | 35. | 35. | 35. |
| 12.8           | 40.                                | 160. | 10. | 15.   | 23. | 32.  | 35. | 35. | 35. |
| 15.2           | 30.                                | 180. | 10. | 9.  | 13. | 20.  | 35. | 35. | 35. |
| 15.2           | 40.                                | 180. | 10. | 10.   | 15. | 22.  | 35. | 35. | 35. |
| 15.2           | 50.                                | 180. | 10. | 12.   | 18. | 30.  | 35. | 35. | 35. |
| 20.0           | 40.                                | 200. | 10. | 7.  | 11. | 17.  | 33. | 35. | 35. |
| 20.0           | 50.                                | 200. | 10. | 8.  | 13. | 20.  | 35. | 35. | 35. |
| 20.0           | 60.                                | 200. | 10. | 10.   | 15. | 22.  | 35. | 35. | 35. |
| 24.2           | 40.                                | 220. | 11. | 6.  | 10. | 15.  | 27. | 39. | 39. |
| 24.2           | 60.                                | 220. | 10. | 7.  | 12. | 17.  | 31. | 35. | 35. |
| 24.2           | 80.                                | 220. | 10. | 10.   | 16. | 22.  | 35. | 35. | 35. |
| 28.8           | 40.                                | 240. | 13. | 6.  | 9.  | 13.  | 27. | 40. | 45. |
| 28.8           | 60.                                | 240. | 10. | 6.  | 9.  | 13.  | 24. | 35. | 35. |
| 28.8           | 80.                                | 240. | 10. | 7.  | 11. | 17.  | 30. | 35. | 35. |
| 33.8           | 40.                                | 260. | 15. | 6.  | 9.  | 13.  | 24. | 37. | 50. |
| 33.8           | 60.                                | 260. | 11. | 5.  | 7.  | 11.  | 20. | 32. | 38. |
| 33.8           | 80.                                | 260. | 10. | 6.  | 9.  | 12.  | 24. | 35. | 35. |
| 39.2           | 40.                                | 280. | 16. | 5.  | 8.  | 12.  | 22. | 35. | 50. |
| 39.2           | 60.                                | 280. | 12. | 5.  | 7.  | 10.  | 20. | 31. | 44. |
| 39.2           | 80.                                | 280. | 10. | 4.  | 7.  | 10.  | 19. | 28. | 35. |
| 45.0           | 40.                                | 300. | 19. | 5.  | 8.  | 12.  | 21. | 33. | 50. |
| 45.0           | 60.                                | 300. | 14. | 4.  | 7.  | 10.  | 19. | 30. | 43. |
| 45.0           | 80.                                | 300. | 11. | 4.  | 6.  | 9.   | 17. | 27. | 37. |
| 51.2           | 50.                                | 320. | 18. | 5.  | 7.  | 10.  | 19. | 29. | 46. |
| 51.2           | 70.                                | 320. | 14. | 4.  | 6.  | 9.   | 17. | 27. | 40. |
| 51.2           | 90.                                | 320. | 11. | 4.  | 6.  | 8.   | 15. | 25. | 36. |
| 57.8           | 50.                                | 340. | 20. | 4.  | 7.  | 10.  | 18. | 28. | 42. |
| 57.8           | 70.                                | 340. | 16. | 4.  | 6.  | 9.   | 15. | 26. | 38. |
| 57.8           | 90.                                | 340. | 13. | 4.  | 5.  | 8.   | 14. | 23. | 34. |
| 64.8           | 50.                                | 360. | 22. | 4.  | 6.  | 9.   | 17. | 28. | 40. |
| 64.8           | 70.                                | 360. | 17. | 4.  | 6.  | 8.   | 15. | 24. | 36. |
| 64.8           | 90.                                | 360. | 14. | 3.  | 5.  | 8.   | 14. | 22. | 33. |
| 72.2           | 60.                                | 380. | 21. | 4.  | 6.  | 8.   | 15. | 24. | 38. |
| 72.2           | 80.                                | 380. | 17. | 3.  | 5.  | 8.   | 14. | 22. | 32. |
| 72.2           | 100.                               | 380. | 14. | 3.  | 5.  | 7.   | 13. | 20. | 29. |
| 80.0           | 60.                                | 400. | 23. | 4.  | 6.  | 8.   | 15. | 24. | 33. |
| 80.0           | 80.                                | 400. | 19. | 3.  | 5.  | 7.   | 13. | 21. | 31. |

| CARGA<br>AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO            |      |     | 6. T/M2   |      |     |     |     |     |
|----------------|------------------------------------|------|-----|---|------|-----|-----|-----|-----|
|                | DIMENSIONES DE LA<br>ZAPATA EN CMS |      |     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| TUN            | A                                  | B    | D   | 1/4   | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 2.2            | 20.                                | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.2            | 25.                                | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.2            | 30.                                | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.8            | 20.                                | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.8            | 25.                                | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.8            | 30.                                | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 6.0            | 20.                                | 100. | 10. | 17.   | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 6.0            | 30.                                | 100. | 10. | 17.   | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 6.0            | 40.                                | 100. | 10. | 17.   | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 8.6            | 20.                                | 120. | 10. | 15.   | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 8.6            | 30.                                | 120. | 10. | 15.   | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 8.6            | 40.                                | 120. | 10. | 15.   | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 11.8           | 20.                                | 140. | 10. | 12.   | 17.  | 28. | 35. | 35. | 35. |
| 11.8           | 30.                                | 140. | 10. | 14.   | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 11.8           | 40.                                | 140. | 10. | 16.   | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 15.4           | 20.                                | 160. | 12. | 9.  | 15.  | 23. | 40. | 40. | 40. |
| 15.4           | 30.                                | 160. | 10. | 9.  | 15.  | 23. | 35. | 35. | 35. |
| 15.4           | 40.                                | 160. | 10. | 11.   | 18.  | 27. | 35. | 35. | 35. |
| 19.4           | 30.                                | 180. | 11. | 8.  | 12.  | 18. | 36. | 39. | 39. |
| 19.4           | 40.                                | 180. | 10. | 8.  | 13.  | 18. | 35. | 35. | 35. |
| 19.4           | 50.                                | 180. | 10. | 9.  | 15.  | 22. | 35. | 35. | 35. |
| 24.0           | 40.                                | 200. | 11. | 7.  | 11.  | 15. | 29. | 38. | 38. |
| 24.0           | 50.                                | 200. | 10. | 7.  | 11.  | 15. | 29. | 35. | 35. |
| 24.0           | 60.                                | 200. | 10. | 8.  | 12.  | 18. | 33. | 35. | 35. |
| 29.0           | 40.                                | 220. | 13. | 6.  | 10.  | 14. | 27. | 44. | 45. |
| 29.0           | 60.                                | 220. | 10. | 6.  | 9.   | 14. | 24. | 35. | 35. |
| 29.0           | 80.                                | 220. | 10. | 8.  | 12.  | 18. | 35. | 35. | 35. |
| 34.6           | 40.                                | 240. | 15. | 6.  | 9.   | 13. | 24. | 40. | 50. |
| 34.6           | 60.                                | 240. | 11. | 5.  | 8.   | 11. | 22. | 34. | 38. |
| 34.6           | 80.                                | 240. | 10. | 6.  | 9.   | 13. | 27. | 35. | 35. |
| 40.6           | 40.                                | 260. | 17. | 5.  | 8.   | 12. | 24. | 37. | 50. |
| 40.6           | 60.                                | 260. | 13. | 5.  | 7.   | 11. | 20. | 32. | 44. |
| 40.6           | 80.                                | 260. | 10. | 4.  | 7.   | 10. | 19. | 29. | 35. |
| 47.0           | 40.                                | 280. | 19. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 35. | 50. |
| 47.0           | 60.                                | 280. | 14. | 5.  | 7.   | 10. | 19. | 31. | 47. |
| 47.0           | 80.                                | 280. | 11. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 28. | 40. |
| 54.0           | 40.                                | 300. | 21. | 5.  | 7.   | 11. | 20. | 33. | 50. |
| 54.0           | 60.                                | 300. | 16. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 43. |
| 54.0           | 80.                                | 300. | 13. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 37. |
| 61.4           | 50.                                | 320. | 20. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 29. | 46. |
| 61.4           | 70.                                | 320. | 16. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 27. | 40. |
| 61.4           | 90.                                | 320. | 13. | 4.  | 6.   | 8.  | 15. | 25. | 36. |
| 69.4           | 50.                                | 340. | 23. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 28. | 42. |
| 69.4           | 70.                                | 340. | 18. | 4.  | 6.   | 8.  | 15. | 24. | 38. |
| 69.4           | 90.                                | 340. | 15. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 34. |
| 77.8           | 50.                                | 360. | 25. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 40. |
| 77.8           | 70.                                | 360. | 20. | 4.  | 6.   | 8.  | 15. | 24. | 36. |
| 77.8           | 90.                                | 360. | 16. | 3.  | 5.   | 7.  | 14. | 21. | 33. |
| 86.6           | 60.                                | 380. | 24. | 4.  | 6.   | 8.  | 15. | 24. | 35. |
| 86.6           | 80.                                | 380. | 20. | 3.  | 5.   | 7.  | 14. | 21. | 32. |
| 86.6           | 100.                               | 380. | 17. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 29. |
| 96.0           | 60.                                | 400. | 26. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 33. |
| 96.0           | 80.                                | 400. | 22. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 31. |

| CARGA AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO         |      |     | 7. T/M <sup>2</sup>  |      |     |     |     |     |
|-------------|---------------------------------|------|-----|--|------|-----|-----|-----|-----|
|             | DIMENSIONES DE LA ZAPATA EN CMS |      |     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| TJM         | A                               | B    | D   | 1/4  | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 2.5         | 20.                             | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.5         | 25.                             | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.5         | 30.                             | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.5         | 20.                             | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.5         | 25.                             | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.5         | 30.                             | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.0         | 20.                             | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.0         | 30.                             | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.0         | 40.                             | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.1        | 20.                             | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.1        | 30.                             | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.1        | 40.                             | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 13.7        | 20.                             | 140. | 11. | 10.  | 17.  | 23. | 37. | 37. | 37. |
| 13.7        | 30.                             | 140. | 10. | 12.  | 20.  | 28. | 35. | 35. | 35. |
| 13.7        | 40.                             | 140. | 10. | 14.  | 23.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 17.9        | 20.                             | 160. | 13. | 9.   | 15.  | 23. | 40. | 45. | 45. |
| 17.9        | 30.                             | 160. | 10. | 8.   | 13.  | 20. | 36. | 36. | 36. |
| 17.9        | 40.                             | 160. | 10. | 9.   | 15.  | 23. | 35. | 35. | 35. |
| 22.7        | 30.                             | 180. | 12. | 7.   | 12.  | 18. | 36. | 44. | 44. |
| 22.7        | 40.                             | 180. | 10. | 7.   | 11.  | 16. | 30. | 36. | 36. |
| 22.7        | 50.                             | 180. | 10. | 8.   | 13.  | 18. | 35. | 35. | 35. |
| 29.0        | 40.                             | 200. | 12. | 6.   | 10.  | 15. | 29. | 43. | 43. |
| 29.0        | 50.                             | 200. | 10. | 6.   | 10.  | 14. | 25. | 36. | 36. |
| 29.0        | 60.                             | 200. | 10. | 7.   | 11.  | 15. | 29. | 35. | 35. |
| 37.9        | 40.                             | 220. | 14. | 6.   | 9.   | 14. | 24. | 44. | 50. |
| 37.9        | 60.                             | 220. | 11. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 37. |
| 37.9        | 80.                             | 220. | 10. | 7.   | 10.  | 16. | 27. | 35. | 35. |
| 40.3        | 40.                             | 240. | 17. | 6.   | 9.   | 13. | 24. | 40. | 50. |
| 40.3        | 60.                             | 240. | 12. | 5.   | 8.   | 11. | 22. | 34. | 44. |
| 40.3        | 80.                             | 240. | 10. | 5.   | 8.   | 11. | 22. | 34. | 35. |
| 47.3        | 40.                             | 260. | 19. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 47.3        | 60.                             | 260. | 14. | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 32. | 50. |
| 47.3        | 80.                             | 260. | 11. | 4.   | 7.   | 10. | 19. | 29. | 39. |
| 54.9        | 40.                             | 280. | 21. | 5.   | 8.   | 11. | 20. | 35. | 47. |
| 54.9        | 60.                             | 280. | 16. | 4.   | 7.   | 10. | 19. | 31. | 47. |
| 54.9        | 80.                             | 280. | 13. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 28. | 40. |
| 63.0        | 40.                             | 300. | 23. | 5.   | 7.   | 10. | 19. | 30. | 50. |
| 63.0        | 60.                             | 300. | 18. | 4.   | 7.   | 9.  | 18. | 27. | 43. |
| 63.0        | 80.                             | 300. | 15. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 37. |
| 71.7        | 50.                             | 320. | 23. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 40. |
| 71.7        | 70.                             | 320. | 19. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 40. |
| 71.7        | 90.                             | 320. | 15. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 25. | 36. |
| 80.9        | 50.                             | 340. | 25. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 38. |
| 80.9        | 70.                             | 340. | 21. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 24. | 34. |
| 80.9        | 90.                             | 340. | 17. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 34. |
| 90.7        | 50.                             | 360. | 28. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 36. |
| 90.7        | 70.                             | 360. | 23. | 4.   | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 33. |
| 90.7        | 90.                             | 360. | 19. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 33. |
| 101.1       | 60.                             | 380. | 27. | 4.   | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 35. |
| 101.1       | 80.                             | 380. | 23. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 32. |
| 101.1       | 100.                            | 380. | 19. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 29. |
| 112.0       | 60.                             | 400. | 29. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 33. |
| 112.0       | 80.                             | 400. | 25. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 31. |

| CARGA AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO         |      |     | 8. T/M <sup>2</sup>  |      |     |     |     |     |
|-------------|---------------------------------|------|-----|--|------|-----|-----|-----|-----|
|             | DIMENSIONES DE LA ZAPATA EN CMS |      |     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| TON         | A                               | B    | D   | 1/4  | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 2.9         | 20.                             | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.9         | 25.                             | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 2.9         | 30.                             | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.1         | 20.                             | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.1         | 25.                             | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.1         | 30.                             | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 8.0         | 20.                             | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 8.0         | 30.                             | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 8.0         | 40.                             | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 11.5        | 20.                             | 120. | 10. | 13.  | 20.  | 30. | 35. | 35. | 35. |
| 11.5        | 30.                             | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 11.5        | 40.                             | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 15.7        | 20.                             | 140. | 12. | 10.  | 16.  | 23. | 41. | 41. | 41. |
| 15.7        | 30.                             | 140. | 10. | 10.  | 16.  | 23. | 35. | 35. | 35. |
| 15.7        | 40.                             | 140. | 10. | 13.  | 20.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 20.5        | 20.                             | 160. | 14. | 9.   | 15.  | 20. | 40. | 50. | 50. |
| 20.5        | 30.                             | 160. | 11. | 8.   | 12.  | 20. | 40. | 40. | 40. |
| 20.5        | 40.                             | 160. | 19. | 8.   | 13.  | 20. | 35. | 35. | 35. |
| 25.9        | 30.                             | 180. | 14. | 7.   | 11.  | 16. | 36. | 48. | 48. |
| 25.9        | 40.                             | 180. | 11. | 7.   | 11.  | 16. | 30. | 40. | 40. |
| 25.9        | 50.                             | 180. | 10. | 7.   | 11.  | 16. | 30. | 35. | 35. |
| 32.0        | 40.                             | 200. | 14. | 6.   | 10.  | 14. | 29. | 48. | 48. |
| 32.0        | 50.                             | 200. | 12. | 6.   | 9.   | 13. | 25. | 40. | 41. |
| 32.0        | 60.                             | 200. | 10. | 6.   | 9.   | 13. | 25. | 35. | 35. |
| 38.7        | 40.                             | 220. | 16. | 6.   | 9.   | 13. | 24. | 44. | 50. |
| 38.7        | 60.                             | 220. | 12. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 42. |
| 38.7        | 80.                             | 220. | 10. | 6.   | 9.   | 13. | 24. | 35. | 35. |
| 46.1        | 40.                             | 240. | 18. | 5.   | 8.   | 12. | 24. | 40. | 50. |
| 46.1        | 60.                             | 240. | 14. | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 34. | 48. |
| 46.1        | 80.                             | 240. | 11. | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 34. | 38. |
| 54.1        | 40.                             | 260. | 21. | 5.   | 8.   | 11. | 22. | 37. | 50. |
| 54.1        | 60.                             | 260. | 16. | 5.   | 7.   | 10. | 20. | 32. | 50. |
| 54.1        | 80.                             | 260. | 13. | 4.   | 7.   | 10. | 19. | 29. | 43. |
| 62.7        | 40.                             | 280. | 23. | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 31. | 47. |
| 62.7        | 60.                             | 280. | 18. | 4.   | 7.   | 10. | 17. | 28. | 47. |
| 62.7        | 80.                             | 280. | 15. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 28. | 40. |
| 72.0        | 40.                             | 300. | 26. | 4.   | 7.   | 10. | 19. | 30. | 43. |
| 72.0        | 60.                             | 300. | 21. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 43. |
| 72.0        | 80.                             | 300. | 17. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 37. |
| 81.9        | 50.                             | 320. | 25. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 40. |
| 81.9        | 70.                             | 320. | 21. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 25. | 36. |
| 81.9        | 90.                             | 320. | 17. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 23. | 36. |
| 92.5        | 50.                             | 340. | 28. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 38. |
| 92.5        | 70.                             | 340. | 23. | 4.   | 5.   | 8.  | 15. | 24. | 34. |
| 92.5        | 90.                             | 340. | 19. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 34. |
| 103.7       | 50.                             | 360. | 30. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 24. | 36. |
| 103.7       | 70.                             | 360. | 25. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 33. |
| 103.7       | 90.                             | 360. | 21. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 30. |
| 115.5       | 60.                             | 380. | 30. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 32. |
| 115.5       | 80.                             | 380. | 25. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 32. |
| 115.5       | 100.                            | 380. | 21. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 20. | 29. |
| 128.0       | 60.                             | 400. | 32. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 31. |
| 128.0       | 80.                             | 400. | 27. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 20. | 29. |

| CARGA<br>AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO 9. T/M <sup>2</sup> |      |     |   |      |     |     |     |     |
|----------------|---|------|-----|---|------|-----|-----|-----|-----|
|                | DIMENSIONES DE LA<br>ZAPATA EN CMS          |      |     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VAPILLA *SFP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| T.M            | A   | B    | D   | 1/4   | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 3.2            | 20.   | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.2            | 25.   | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.2            | 30.   | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8            | 20.   | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8            | 25.   | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8            | 30.   | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.0            | 20.   | 100. | 10. | 17.   | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.0            | 30.   | 100. | 10. | 17.   | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.0            | 40.   | 100. | 10. | 17.   | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 12.0           | 20.   | 120. | 10. | 11.   | 17.  | 30. | 35. | 35. | 35. |
| 12.0           | 30.   | 120. | 10. | 15.   | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 12.0           | 40.   | 120. | 10. | 15.   | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 17.6           | 20.   | 140. | 13. | 9.  | 16.  | 23. | 44. | 44. | 44. |
| 17.6           | 30.   | 140. | 10. | 9.  | 14.  | 20. | 35. | 35. | 35. |
| 17.6           | 40.   | 140. | 10. | 11.   | 17.  | 28. | 35. | 35. | 35. |
| 23.0           | 20.   | 160. | 15. | 8.  | 13.  | 20. | 40. | 50. | 50. |
| 23.0           | 30.   | 160. | 12. | 8.  | 12.  | 18. | 40. | 44. | 44. |
| 23.0           | 40.   | 160. | 10. | 7.  | 11.  | 18. | 32. | 36. | 36. |
| 27.2           | 30.   | 180. | 15. | 7.  | 11.  | 16. | 30. | 50. | 50. |
| 27.2           | 40.   | 180. | 13. | 7.  | 11.  | 15. | 30. | 44. | 44. |
| 27.2           | 50.   | 180. | 11. | 6.  | 10.  | 15. | 30. | 37. | 37. |
| 36.0           | 40.   | 200. | 15. | 6.  | 10.  | 14. | 29. | 50. | 50. |
| 36.0           | 50.   | 200. | 13. | 6.  | 9.   | 13. | 25. | 40. | 45. |
| 36.0           | 60.   | 200. | 11. | 6.  | 9.   | 13. | 25. | 38. | 38. |
| 43.6           | 40.   | 220. | 17. | 6.  | 9.   | 13. | 24. | 44. | 50. |
| 43.6           | 60.   | 220. | 13. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 37. | 46. |
| 43.6           | 80.   | 220. | 11. | 5.  | 8.   | 12. | 24. | 37. | 37. |
| 51.8           | 40.   | 240. | 20. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 34. | 50. |
| 51.8           | 60.   | 240. | 15. | 5.  | 7.   | 11. | 20. | 34. | 48. |
| 51.8           | 80.   | 240. | 12. | 5.  | 7.   | 11. | 20. | 34. | 42. |
| 60.8           | 40.   | 260. | 23. | 5.  | 8.   | 11. | 20. | 32. | 50. |
| 60.8           | 60.   | 260. | 19. | 4.  | 7.   | 10. | 19. | 32. | 43. |
| 60.8           | 80.   | 260. | 14. | 4.  | 7.   | 10. | 19. | 29. | 43. |
| 70.6           | 40.   | 280. | 25. | 5.  | 7.   | 10. | 19. | 31. | 47. |
| 70.6           | 60.   | 280. | 20. | 4.  | 7.   | 10. | 17. | 28. | 40. |
| 70.6           | 80.   | 280. | 16. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 28. | 40. |
| 81.0           | 40.   | 300. | 28. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 43. |
| 81.0           | 60.   | 300. | 22. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 37. |
| 81.0           | 80.   | 300. | 18. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 37. |
| 92.2           | 50.   | 320. | 28. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 27. | 40. |
| 92.2           | 70.   | 320. | 23. | 4.  | 6.   | 8.  | 15. | 25. | 36. |
| 92.2           | 90.   | 320. | 19. | 4.  | 5.   | 8.  | 15. | 23. | 36. |
| 104.0          | 50.   | 340. | 30. | 4.  | 6.   | 8.  | 15. | 24. | 38. |
| 104.0          | 70.   | 340. | 25. | 4.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 34. |
| 104.0          | 90.   | 340. | 21. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 21. | 31. |
| 116.6          | 50.   | 360. | 33. | 4.  | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 36. |
| 116.6          | 70.   | 360. | 27. | 3.  | 5.   | 7.  | 14. | 21. | 33. |
| 116.6          | 90.   | 360. | 23. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 30. |
| 130.0          | 60.   | 380. | 33. | 3.  | 5.   | 7.  | 14. | 21. | 32. |
| 130.0          | 80.   | 380. | 27. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 29. |
| 130.0          | 100.  | 380. | 23. | 3.  | 5.   | 7.  | 12. | 19. | 29. |
| 144.0          | 60.   | 400. | 35. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 31. |
| 144.0          | 80.   | 400. | 30. | 3.  | 5.   | 7.  | 12. | 19. | 29. |

| CARGA AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO 10. T/M2 |      |     |  |      |     |     |     |     |
|-------------|----------------------------------|------|-----|--|------|-----|-----|-----|-----|
|             | DIMENSIONES DE LA ZAPATA EN CMS  |      |     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| TUN         | A                                | B    | D   | 1/4  | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 3.6         | 20.                              | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.6         | 25.                              | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 3.6         | 30.                              | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 6.4         | 20.                              | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 6.4         | 25.                              | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 6.4         | 30.                              | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.0        | 20.                              | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.0        | 30.                              | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.0        | 40.                              | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 14.4        | 20.                              | 120. | 11. | 11.  | 17.  | 30. | 38. | 38. | 38. |
| 14.4        | 30.                              | 120. | 10. | 13.  | 20.  | 30. | 35. | 35. | 35. |
| 14.4        | 40.                              | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 19.6        | 20.                              | 140. | 14. | 9.   | 16.  | 23. | 47. | 48. | 48. |
| 19.6        | 30.                              | 140. | 11. | 9.   | 14.  | 20. | 38. | 38. | 38. |
| 19.6        | 40.                              | 140. | 10. | 10.  | 16.  | 23. | 35. | 35. | 35. |
| 25.6        | 20.                              | 160. | 16. | 8.   | 13.  | 20. | 40. | 50. | 50. |
| 25.6        | 30.                              | 160. | 13. | 8.   | 12.  | 18. | 32. | 47. | 47. |
| 25.6        | 40.                              | 160. | 11. | 7.   | 11.  | 18. | 32. | 39. | 39. |
| 32.4        | 30.                              | 180. | 16. | 7.   | 11.  | 16. | 30. | 50. | 50. |
| 32.4        | 40.                              | 180. | 14. | 7.   | 10.  | 15. | 30. | 45. | 48. |
| 32.4        | 50.                              | 180. | 11. | 6.   | 10.  | 15. | 30. | 40. | 40. |
| 40.0        | 40.                              | 200. | 16. | 6.   | 9.   | 13. | 25. | 40. | 50. |
| 40.0        | 50.                              | 200. | 14. | 6.   | 9.   | 13. | 25. | 40. | 49. |
| 40.0        | 60.                              | 200. | 12. | 6.   | 9.   | 12. | 25. | 40. | 42. |
| 48.4        | 40.                              | 220. | 19. | 5.   | 8.   | 12. | 24. | 37. | 50. |
| 48.4        | 60.                              | 220. | 14. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 48.4        | 80.                              | 220. | 12. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 40. |
| 57.6        | 40.                              | 240. | 22. | 5.   | 8.   | 11. | 22. | 34. | 50. |
| 57.6        | 60.                              | 240. | 17. | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 34. | 48. |
| 57.6        | 80.                              | 240. | 13. | 5.   | 7.   | 10. | 20. | 34. | 46. |
| 67.6        | 40.                              | 260. | 24. | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 32. | 50. |
| 67.6        | 60.                              | 260. | 19. | 4.   | 7.   | 10. | 19. | 29. | 43. |
| 67.6        | 80.                              | 260. | 15. | 4.   | 6.   | 10. | 17. | 29. | 43. |
| 78.4        | 40.                              | 280. | 27. | 4.   | 7.   | 10. | 19. | 31. | 47. |
| 78.4        | 60.                              | 280. | 22. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 28. | 40. |
| 78.4        | 80.                              | 280. | 17. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 40. |
| 90.0        | 40.                              | 300. | 30. | 4.   | 7.   | 9.  | 18. | 27. | 43. |
| 90.0        | 60.                              | 300. | 24. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 37. |
| 90.0        | 80.                              | 300. | 20. | 4.   | 6.   | 8.  | 16. | 25. | 37. |
| 102.4       | 50.                              | 320. | 30. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 36. |
| 102.4       | 70.                              | 320. | 24. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 25. | 36. |
| 102.4       | 90.                              | 320. | 20. | 3.   | 5.   | 8.  | 15. | 23. | 36. |
| 115.6       | 50.                              | 340. | 33. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 24. | 34. |
| 115.6       | 70.                              | 340. | 27. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 34. |
| 115.6       | 90.                              | 340. | 23. | 3.   | 5.   | 7.  | 14. | 21. | 31. |
| 129.6       | 50.                              | 360. | 35. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 22. | 33. |
| 129.6       | 70.                              | 360. | 30. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 33. |
| 129.6       | 90.                              | 360. | 25. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 30. |
| 144.4       | 60.                              | 380. | 35. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 32. |
| 144.4       | 80.                              | 380. | 30. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 20. | 29. |
| 144.4       | 100.                             | 380. | 25. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 19. | 27. |
| 160.0       | 60.                              | 400. | 38. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 20. | 29. |
| 160.0       | 80.                              | 400. | 32. | 3.   | 4.   | 7.  | 12. | 19. | 29. |

| CARGA AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO 11. T/42 |      |     |  |      |     |     |     |     |
|-------------|----------------------------------|------|-----|--|------|-----|-----|-----|-----|
|             | DIMENSIONES DE LA ZAPATA EN CMS  |      |     | APMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| TUN         | A                                | B    | D   | 1/4  | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 4.0         | 20.                              | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.0         | 25.                              | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.0         | 30.                              | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.0         | 20.                              | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.0         | 25.                              | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.0         | 30.                              | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 11.0        | 20.                              | 100. | 10. | 14.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 11.0        | 30.                              | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 11.0        | 40.                              | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 15.8        | 20.                              | 120. | 12. | 11.  | 17.  | 24. | 40. | 40. | 40. |
| 15.8        | 30.                              | 120. | 10. | 11.  | 17.  | 30. | 35. | 35. | 35. |
| 15.8        | 40.                              | 120. | 10. | 15.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 21.6        | 20.                              | 140. | 15. | 9.   | 14.  | 23. | 47. | 50. | 50. |
| 21.6        | 30.                              | 140. | 12. | 9.   | 14.  | 20. | 41. | 41. | 41. |
| 21.6        | 40.                              | 140. | 10. | 9.   | 14.  | 20. | 35. | 35. | 35. |
| 27.2        | 20.                              | 160. | 18. | 8.   | 12.  | 18. | 40. | 50. | 50. |
| 27.2        | 30.                              | 160. | 14. | 8.   | 11.  | 18. | 32. | 50. | 50. |
| 27.2        | 40.                              | 160. | 12. | 7.   | 11.  | 18. | 32. | 42. | 42. |
| 35.6        | 30.                              | 180. | 17. | 7.   | 11.  | 15. | 30. | 50. | 50. |
| 35.6        | 40.                              | 180. | 15. | 6.   | 10.  | 15. | 30. | 45. | 50. |
| 35.6        | 50.                              | 180. | 12. | 6.   | 10.  | 15. | 26. | 43. | 43. |
| 44.0        | 40.                              | 200. | 17. | 6.   | 9.   | 13. | 25. | 40. | 50. |
| 44.0        | 50.                              | 200. | 15. | 6.   | 9.   | 13. | 25. | 40. | 50. |
| 44.0        | 60.                              | 200. | 13. | 6.   | 9.   | 12. | 25. | 40. | 45. |
| 53.2        | 40.                              | 220. | 20. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 53.2        | 60.                              | 220. | 15. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 53.2        | 80.                              | 220. | 13. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 44. |
| 63.4        | 40.                              | 240. | 23. | 5.   | 8.   | 11. | 22. | 34. | 48. |
| 63.4        | 60.                              | 240. | 18. | 5.   | 7.   | 10. | 20. | 34. | 48. |
| 63.4        | 80.                              | 240. | 14. | 5.   | 7.   | 10. | 20. | 30. | 48. |
| 74.4        | 40.                              | 260. | 26. | 5.   | 7.   | 10. | 20. | 32. | 50. |
| 74.4        | 60.                              | 260. | 21. | 4.   | 7.   | 10. | 19. | 29. | 43. |
| 74.4        | 80.                              | 260. | 16. | 4.   | 6.   | 10. | 17. | 29. | 43. |
| 86.2        | 40.                              | 280. | 29. | 4.   | 7.   | 10. | 17. | 28. | 47. |
| 86.2        | 60.                              | 280. | 23. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 28. | 40. |
| 86.2        | 80.                              | 280. | 19. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 40. |
| 99.0        | 40.                              | 300. | 37. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 43. |
| 99.0        | 60.                              | 300. | 26. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 37. |
| 99.0        | 80.                              | 300. | 21. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 25. | 37. |
| 112.6       | 50.                              | 320. | 37. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 25. | 36. |
| 112.6       | 70.                              | 320. | 26. | 4.   | 5.   | 8.  | 15. | 23. | 36. |
| 112.6       | 90.                              | 320. | 22. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 32. |
| 127.2       | 50.                              | 340. | 35. | 4.   | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 34. |
| 127.2       | 70.                              | 340. | 29. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 21. | 34. |
| 127.2       | 90.                              | 340. | 24. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 31. |
| 142.6       | 50.                              | 360. | 38. | 3.   | 5.   | 7.  | 14. | 21. | 33. |
| 142.6       | 70.                              | 360. | 32. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 30. |
| 142.6       | 90.                              | 360. | 27. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 20. | 30. |
| 157.8       | 60.                              | 380. | 38. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 29. |
| 157.8       | 80.                              | 380. | 37. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 19. | 29. |
| 157.8       | 100.                             | 380. | 27. | 3.   | 4.   | 6.  | 12. | 19. | 27. |
| 174.0       | 60.                              | 400. | 41. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 19. | 29. |
| 174.0       | 80.                              | 400. | 35. | 3.   | 4.   | 6.  | 11. | 18. | 27. |



| CARGA AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO 12. T/42 |      |     |  |      |     |     |     |     |
|-------------|----------------------------------|------|-----|--|------|-----|-----|-----|-----|
|             | DIMENSIONES DE LA ZAPATA EN CMS  |      |     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| TON         | A                                | B    | D   | 1/4  | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 4.3         | 20.                              | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.3         | 25.                              | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.3         | 30.                              | 60.  | 10. | 20.  | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.7         | 20.                              | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.7         | 25.                              | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 7.7         | 30.                              | 80.  | 10. | 16.  | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 12.0        | 20.                              | 100. | 10. | 14.  | 25.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 12.0        | 30.                              | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 12.0        | 40.                              | 100. | 10. | 17.  | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 17.3        | 20.                              | 120. | 12. | 10.  | 17.  | 24. | 43. | 43. | 43. |
| 17.3        | 30.                              | 120. | 10. | 10.  | 17.  | 24. | 35. | 35. | 35. |
| 17.3        | 40.                              | 120. | 10. | 13.  | 24.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 23.5        | 20.                              | 140. | 15. | 9.   | 14.  | 20. | 47. | 50. | 50. |
| 23.5        | 30.                              | 140. | 12. | 8.   | 13.  | 20. | 44. | 44. | 44. |
| 23.5        | 40.                              | 140. | 10. | 8.   | 13.  | 20. | 35. | 35. | 35. |
| 30.7        | 20.                              | 160. | 19. | 8.   | 12.  | 18. | 32. | 50. | 50. |
| 30.7        | 30.                              | 160. | 15. | 7.   | 11.  | 18. | 32. | 50. | 50. |
| 30.7        | 40.                              | 160. | 13. | 7.   | 11.  | 16. | 32. | 45. | 45. |
| 38.9        | 30.                              | 180. | 18. | 7.   | 10.  | 15. | 30. | 45. | 50. |
| 38.9        | 40.                              | 180. | 16. | 6.   | 10.  | 15. | 30. | 45. | 50. |
| 38.9        | 50.                              | 180. | 13. | 6.   | 9.   | 14. | 26. | 45. | 47. |
| 48.0        | 40.                              | 200. | 19. | 6.   | 9.   | 13. | 25. | 40. | 50. |
| 48.0        | 50.                              | 200. | 16. | 6.   | 9.   | 12. | 25. | 40. | 50. |
| 48.0        | 60.                              | 200. | 14. | 5.   | 8.   | 12. | 25. | 40. | 49. |
| 58.1        | 40.                              | 220. | 22. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 58.1        | 60.                              | 220. | 16. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 58.1        | 80.                              | 220. | 13. | 5.   | 8.   | 12. | 22. | 37. | 47. |
| 69.1        | 40.                              | 240. | 25. | 5.   | 7.   | 11. | 20. | 34. | 48. |
| 69.1        | 60.                              | 240. | 19. | 5.   | 7.   | 10. | 20. | 30. | 48. |
| 69.1        | 80.                              | 240. | 15. | 5.   | 7.   | 10. | 20. | 30. | 48. |
| 81.1        | 40.                              | 260. | 28. | 4.   | 7.   | 10. | 19. | 29. | 43. |
| 81.1        | 60.                              | 260. | 22. | 4.   | 7.   | 10. | 17. | 29. | 43. |
| 81.1        | 80.                              | 260. | 18. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 29. | 43. |
| 94.1        | 40.                              | 280. | 31. | 4.   | 7.   | 10. | 17. | 28. | 40. |
| 94.1        | 60.                              | 280. | 25. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 40. |
| 94.1        | 80.                              | 280. | 20. | 4.   | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 40. |
| 108.0       | 40.                              | 300. | 34. | 4.   | 6.   | 9.  | 17. | 27. | 37. |
| 108.0       | 60.                              | 300. | 28. | 4.   | 6.   | 8.  | 16. | 25. | 37. |
| 108.0       | 80.                              | 300. | 23. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 23. | 37. |
| 122.9       | 50.                              | 320. | 34. | 4.   | 6.   | 8.  | 15. | 25. | 36. |
| 122.9       | 70.                              | 320. | 28. | 3.   | 5.   | 8.  | 15. | 23. | 36. |
| 122.9       | 90.                              | 320. | 23. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 32. |
| 138.7       | 50.                              | 340. | 37. | 3.   | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 34. |
| 138.7       | 70.                              | 340. | 31. | 3.   | 5.   | 7.  | 14. | 21. | 31. |
| 138.7       | 90.                              | 340. | 26. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 31. |
| 155.5       | 50.                              | 360. | 40. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 30. |
| 155.5       | 70.                              | 360. | 34. | 3.   | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 30. |
| 155.5       | 90.                              | 360. | 29. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 20. | 30. |
| 173.3       | 60.                              | 380. | 40. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 20. | 29. |
| 173.3       | 80.                              | 380. | 34. | 3.   | 5.   | 7.  | 12. | 19. | 27. |
| 173.3       | 100.                             | 380. | 29. | 3.   | 4.   | 6.  | 12. | 18. | 27. |
| 192.0       | 60.                              | 400. | 43. | 3.   | 4.   | 6.  | 12. | 19. | 27. |
| 192.0       | 80.                              | 400. | 37. | 3.   | 4.   | 6.  | 11. | 18. | 27. |

| CARGA<br>AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO 13. T/M <sup>2</sup> |      |     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |     |      |     |     |     |     |
|----------------|--|------|-----|---|-----|------|-----|-----|-----|-----|
|                | TUM  | A    | B   | D   | 1/4 | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 4.7            | 20.  | 60.  | 10. | 20.   | 30. | 35.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.7            | 25.  | 60.  | 10. | 20.   | 30. | 35.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.7            | 30.  | 60.  | 10. | 20.   | 30. | 35.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.3            | 20.  | 80.  | 10. | 16.   | 27. | 35.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.3            | 25.  | 80.  | 10. | 16.   | 27. | 35.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 4.3            | 30.  | 80.  | 10. | 16.   | 27. | 35.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 13.0           | 20.  | 100. | 10. | 12.   | 20. | 33.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 13.0           | 30.  | 100. | 10. | 17.   | 25. | 35.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 13.0           | 40.  | 100. | 10. | 17.   | 25. | 35.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 19.7           | 20.  | 120. | 13. | 10.   | 17. | 24.  | 45. | 45. | 45. | 45. |
| 19.7           | 30.  | 120. | 10. | 9.  | 15. | 24.  | 36. | 36. | 36. | 36. |
| 19.7           | 40.  | 120. | 10. | 12.   | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 25.5           | 20.  | 140. | 16. | 9.  | 14. | 20.  | 47. | 50. | 50. | 50. |
| 25.5           | 30.  | 140. | 13. | 8.  | 13. | 20.  | 35. | 46. | 46. | 46. |
| 25.5           | 40.  | 140. | 11. | 8.  | 13. | 20.  | 35. | 38. | 38. | 38. |
| 33.3           | 20.  | 160. | 20. | 7.  | 11. | 18.  | 32. | 50. | 50. | 50. |
| 33.3           | 30.  | 160. | 16. | 7.  | 11. | 16.  | 32. | 50. | 50. | 50. |
| 33.3           | 40.  | 160. | 14. | 7.  | 11. | 16.  | 32. | 48. | 48. | 48. |
| 42.1           | 30.  | 180. | 19. | 6.  | 10. | 15.  | 30. | 45. | 50. | 50. |
| 42.1           | 40.  | 180. | 17. | 6.  | 9.  | 14.  | 26. | 45. | 50. | 50. |
| 42.1           | 50.  | 180. | 14. | 6.  | 9.  | 14.  | 26. | 45. | 50. | 50. |
| 52.0           | 40.  | 200. | 20. | 6.  | 9.  | 12.  | 25. | 40. | 50. | 50. |
| 52.0           | 50.  | 200. | 17. | 5.  | 8.  | 12.  | 25. | 40. | 50. | 50. |
| 52.0           | 60.  | 200. | 15. | 5.  | 8.  | 12.  | 22. | 40. | 50. | 50. |
| 62.9           | 40.  | 220. | 23. | 5.  | 8.  | 12.  | 22. | 37. | 50. | 50. |
| 62.9           | 60.  | 220. | 19. | 5.  | 8.  | 11.  | 20. | 37. | 50. | 50. |
| 62.9           | 30.  | 220. | 14. | 5.  | 8.  | 12.  | 22. | 37. | 50. | 50. |
| 74.9           | 40.  | 240. | 26. | 5.  | 7.  | 11.  | 20. | 34. | 48. | 48. |
| 74.9           | 60.  | 240. | 20. | 5.  | 7.  | 10.  | 18. | 30. | 48. | 48. |
| 74.9           | 30.  | 240. | 16. | 5.  | 7.  | 10.  | 18. | 30. | 48. | 48. |
| 87.9           | 40.  | 260. | 29. | 4.  | 7.  | 10.  | 19. | 29. | 43. | 43. |
| 87.9           | 60.  | 260. | 23. | 4.  | 6.  | 10.  | 17. | 29. | 43. | 43. |
| 87.9           | 30.  | 260. | 17. | 4.  | 6.  | 9.   | 17. | 29. | 43. | 43. |
| 101.9          | 40.  | 280. | 32. | 4.  | 6.  | 9.   | 17. | 28. | 40. | 40. |
| 101.9          | 60.  | 280. | 26. | 4.  | 6.  | 9.   | 16. | 25. | 40. | 40. |
| 101.9          | 30.  | 280. | 22. | 4.  | 6.  | 8.   | 16. | 25. | 40. | 40. |
| 117.0          | 40.  | 300. | 36. | 4.  | 6.  | 9.   | 16. | 25. | 37. | 37. |
| 117.0          | 60.  | 300. | 29. | 4.  | 6.  | 8.   | 15. | 25. | 37. | 37. |
| 117.0          | 30.  | 300. | 24. | 4.  | 5.  | 8.   | 15. | 23. | 33. | 33. |
| 133.1          | 50.  | 320. | 36. | 4.  | 5.  | 8.   | 15. | 23. | 36. | 36. |
| 133.1          | 70.  | 320. | 30. | 3.  | 5.  | 8.   | 14. | 23. | 32. | 32. |
| 133.1          | 30.  | 320. | 25. | 3.  | 5.  | 7.   | 14. | 21. | 32. | 32. |
| 150.3          | 50.  | 340. | 39. | 3.  | 5.  | 8.   | 14. | 21. | 31. | 31. |
| 150.3          | 70.  | 340. | 33. | 3.  | 5.  | 7.   | 13. | 21. | 31. | 31. |
| 150.3          | 30.  | 340. | 28. | 3.  | 5.  | 7.   | 13. | 20. | 31. | 31. |
| 167.5          | 50.  | 360. | 42. | 3.  | 5.  | 7.   | 13. | 21. | 30. | 30. |
| 167.5          | 70.  | 360. | 36. | 3.  | 5.  | 7.   | 12. | 20. | 30. | 30. |
| 167.5          | 30.  | 360. | 31. | 3.  | 5.  | 7.   | 12. | 19. | 28. | 28. |
| 187.7          | 60.  | 380. | 42. | 3.  | 5.  | 7.   | 12. | 19. | 27. | 27. |
| 187.7          | 30.  | 380. | 36. | 3.  | 4.  | 6.   | 12. | 18. | 27. | 27. |
| 187.7          | 100.   | 380. | 31. | 3.  | 4.  | 6.   | 12. | 16. | 27. | 27. |
| 207.0          | 60.  | 400. | 45. | 3.  | 4.  | 6.   | 11. | 18. | 27. | 27. |
| 207.0          | 30.  | 400. | 39. | 3.  | 4.  | 6.   | 11. | 17. | 25. | 25. |

| CARGA<br>AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO 14. T/42   |      |     |   |      |     |     |     |     |
|----------------|------------------------------------|------|-----|---|------|-----|-----|-----|-----|
|                | DIMENSIONES DE LA<br>ZAPATA EN CMS |      |     | ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES<br>DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| TUN            | A                                  | B    | D   | 1/4   | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 5.0            | 20.                                | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.0            | 25.                                | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.0            | 30.                                | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.0            | 20.                                | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.0            | 25.                                | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.0            | 30.                                | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 14.0           | 20.                                | 100. | 10. | 12.   | 20.  | 33. | 36. | 36. | 36. |
| 14.0           | 30.                                | 100. | 10. | 17.   | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 14.0           | 40.                                | 100. | 10. | 17.   | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 20.2           | 20.                                | 120. | 10. | 10.   | 15.  | 24. | 48. | 48. | 48. |
| 20.2           | 30.                                | 120. | 11. | 9.  | 15.  | 24. | 38. | 38. | 38. |
| 20.2           | 40.                                | 120. | 10. | 11.   | 17.  | 30. | 35. | 35. | 35. |
| 27.4           | 20.                                | 140. | 17. | 8.  | 13.  | 20. | 47. | 50. | 50. |
| 27.4           | 30.                                | 140. | 14. | 8.  | 13.  | 20. | 35. | 49. | 49. |
| 27.4           | 40.                                | 140. | 11. | 8.  | 13.  | 20. | 35. | 40. | 40. |
| 35.8           | 20.                                | 160. | 20. | 7.  | 11.  | 16. | 32. | 50. | 50. |
| 35.8           | 30.                                | 160. | 17. | 7.  | 11.  | 16. | 32. | 50. | 50. |
| 35.8           | 40.                                | 160. | 14. | 7.  | 11.  | 16. | 32. | 50. | 50. |
| 45.4           | 30.                                | 180. | 20. | 6.  | 10.  | 15. | 26. | 45. | 50. |
| 45.4           | 40.                                | 180. | 18. | 6.  | 9.   | 14. | 26. | 45. | 50. |
| 45.4           | 50.                                | 180. | 15. | 6.  | 9.   | 14. | 26. | 45. | 50. |
| 56.0           | 40.                                | 200. | 21. | 6.  | 9.   | 12. | 25. | 40. | 50. |
| 56.0           | 50.                                | 200. | 18. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 40. | 50. |
| 56.0           | 60.                                | 200. | 16. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 40. | 50. |
| 67.8           | 40.                                | 220. | 24. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 67.8           | 60.                                | 220. | 19. | 5.  | 8.   | 11. | 20. | 31. | 50. |
| 67.8           | 80.                                | 220. | 15. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 80.6           | 40.                                | 240. | 27. | 5.  | 7.   | 10. | 20. | 30. | 48. |
| 80.6           | 60.                                | 240. | 22. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 48. |
| 80.6           | 80.                                | 240. | 17. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 48. |
| 94.6           | 40.                                | 260. | 31. | 4.  | 7.   | 10. | 17. | 29. | 43. |
| 94.6           | 60.                                | 260. | 25. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 29. | 43. |
| 94.6           | 80.                                | 260. | 20. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 26. | 43. |
| 109.8          | 40.                                | 280. | 34. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 28. | 40. |
| 109.8          | 60.                                | 280. | 28. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 40. |
| 109.8          | 80.                                | 280. | 23. | 4.  | 6.   | 8.  | 16. | 25. | 40. |
| 126.0          | 40.                                | 300. | 37. | 4.  | 6.   | 8.  | 15. | 25. | 37. |
| 126.0          | 60.                                | 300. | 31. | 4.  | 6.   | 8.  | 15. | 23. | 37. |
| 126.0          | 80.                                | 300. | 26. | 4.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 37. |
| 143.4          | 50.                                | 320. | 37. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 32. |
| 143.4          | 70.                                | 320. | 31. | 3.  | 5.   | 7.  | 14. | 21. | 32. |
| 143.4          | 90.                                | 320. | 26. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 32. |
| 161.8          | 50.                                | 340. | 41. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 31. |
| 161.8          | 70.                                | 340. | 35. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 31. |
| 161.8          | 90.                                | 340. | 29. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 31. |
| 181.4          | 50.                                | 360. | 44. | 3.  | 5.   | 7.  | 12. | 20. | 30. |
| 181.4          | 70.                                | 360. | 38. | 3.  | 5.   | 7.  | 12. | 19. | 28. |
| 181.4          | 90.                                | 360. | 32. | 3.  | 4.   | 7.  | 12. | 19. | 28. |
| 202.2          | 60.                                | 380. | 44. | 3.  | 4.   | 6.  | 12. | 19. | 27. |
| 202.2          | 80.                                | 380. | 39. | 3.  | 4.   | 6.  | 12. | 18. | 27. |
| 202.2          | 100.                               | 380. | 33. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 18. | 25. |
| 224.0          | 60.                                | 400. | 48. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 17. | 27. |
| 224.0          | 80.                                | 400. | 41. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 17. | 25. |

| CARGA AXIAL | RESISTENCIA DEL TERRENO 15. T/M <sup>2</sup> |      |     |   |      |     |     |     |     |
|-------------|--|------|-----|---|------|-----|-----|-----|-----|
|             | DIMENSIONES DE LA ZAPATA EN CMS              |      |     | ARMAZON DE ZAPATA CON DIFERENTES DIAMETROS DE VARILLA *SEP. EN CMS* |      |     |     |     |     |
| TUN         | A  | B    | D   | 1/4   | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
| 5.4         | 20.  | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.4         | 25.  | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.4         | 30.  | 60.  | 10. | 20.   | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.6         | 20.  | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.6         | 25.  | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 9.6         | 30.  | 80.  | 10. | 16.   | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 15.0        | 20.  | 100. | 11. | 11.   | 20.  | 33. | 38. | 38. | 38. |
| 15.0        | 30.  | 100. | 10. | 14.   | 25.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 15.0        | 40.  | 100. | 10. | 17.   | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 21.6        | 20.  | 120. | 14. | 9.  | 15.  | 24. | 50. | 50. | 50. |
| 21.6        | 30.  | 120. | 11. | 9.  | 15.  | 24. | 40. | 40. | 40. |
| 21.6        | 40.  | 120. | 10. | 10.   | 17.  | 24. | 35. | 35. | 35. |
| 29.4        | 20.  | 140. | 18. | 8.  | 13.  | 20. | 35. | 50. | 50. |
| 29.4        | 30.  | 140. | 15. | 8.  | 13.  | 20. | 35. | 50. | 50. |
| 29.4        | 40.  | 140. | 12. | 8.  | 13.  | 17. | 35. | 42. | 42. |
| 39.4        | 20.  | 160. | 21. | 7.  | 11.  | 16. | 32. | 50. | 50. |
| 39.4        | 30.  | 160. | 18. | 7.  | 11.  | 16. | 32. | 50. | 50. |
| 39.4        | 40.  | 160. | 15. | 7.  | 11.  | 16. | 32. | 50. | 50. |
| 49.6        | 30.  | 180. | 21. | 6.  | 9.   | 14. | 26. | 45. | 50. |
| 49.6        | 40.  | 180. | 19. | 6.  | 9.   | 14. | 26. | 45. | 50. |
| 49.6        | 50.  | 180. | 15. | 6.  | 9.   | 14. | 26. | 45. | 50. |
| 60.0        | 40.  | 200. | 22. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 40. | 50. |
| 60.0        | 50.  | 200. | 19. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 40. | 50. |
| 60.0        | 60.  | 200. | 17. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 40. | 50. |
| 72.6        | 40.  | 220. | 25. | 5.  | 8.   | 11. | 20. | 37. | 50. |
| 72.6        | 50.  | 220. | 20. | 5.  | 7.   | 11. | 20. | 31. | 50. |
| 72.6        | 60.  | 220. | 16. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 86.4        | 40.  | 240. | 29. | 5.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 48. |
| 86.4        | 60.  | 240. | 23. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 48. |
| 86.4        | 80.  | 240. | 18. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 48. |
| 101.4       | 40.  | 260. | 32. | 4.  | 6.   | 10. | 17. | 29. | 43. |
| 101.4       | 60.  | 260. | 25. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 26. | 43. |
| 101.4       | 80.  | 260. | 21. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 43. |
| 117.6       | 40.  | 280. | 36. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 25. | 40. |
| 117.6       | 60.  | 280. | 29. | 4.  | 6.   | 8.  | 16. | 25. | 40. |
| 117.6       | 80.  | 280. | 24. | 4.  | 6.   | 8.  | 16. | 25. | 35. |
| 135.0       | 40.  | 300. | 39. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 33. |
| 135.0       | 60.  | 300. | 33. | 4.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 33. |
| 135.0       | 80.  | 300. | 27. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 33. |
| 153.6       | 50.  | 320. | 39. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 32. |
| 153.6       | 70.  | 320. | 33. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 32. |
| 153.6       | 90.  | 320. | 29. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 32. |
| 173.4       | 50.  | 340. | 43. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 31. |
| 173.4       | 70.  | 340. | 36. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 31. |
| 173.4       | 90.  | 340. | 31. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 28. |
| 194.4       | 50.  | 360. | 46. | 3.  | 5.   | 7.  | 12. | 19. | 28. |
| 194.4       | 70.  | 360. | 40. | 3.  | 4.   | 7.  | 12. | 19. | 28. |
| 194.4       | 90.  | 360. | 34. | 3.  | 4.   | 6.  | 12. | 19. | 28. |
| 216.6       | 60.  | 380. | 46. | 3.  | 4.   | 6.  | 12. | 18. | 27. |
| 216.6       | 80.  | 380. | 40. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 18. | 25. |
| 216.6       | 100.   | 380. | 35. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 17. | 25. |
| 240.0       | 60.  | 400. | 50. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 17. | 25. |
| 240.0       | 80.  | 400. | 43. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 17. | 25. |

RESISTENCIA DEL TERRENO 10. T/M<sup>2</sup>  
 CARGA DIMENSIONES DE LA ARMADO DE ZAPATA CON DIFERENTES  
 AXIAL ZAPATA EN CMS DIAMETROS DE VARILLA \*SEP. EN CMS\*

| TON   | A    | B    | H   | 1/4 | 5/16 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 |
|-------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 5.8   | 20.  | 60.  | 10. | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8   | 25.  | 60.  | 10. | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 5.8   | 30.  | 60.  | 10. | 20. | 30.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.2  | 20.  | 80.  | 10. | 16. | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.2  | 25.  | 80.  | 10. | 16. | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 10.2  | 30.  | 80.  | 10. | 16. | 27.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 16.0  | 20.  | 100. | 11. | 11. | 20.  | 33. | 40. | 40. | 40. |
| 16.0  | 30.  | 100. | 10. | 14. | 20.  | 33. | 35. | 35. | 35. |
| 16.0  | 40.  | 100. | 10. | 17. | 25.  | 35. | 35. | 35. | 35. |
| 23.0  | 20.  | 120. | 11. | 9.  | 15.  | 24. | 50. | 50. | 50. |
| 23.0  | 30.  | 120. | 12. | 9.  | 15.  | 24. | 40. | 42. | 42. |
| 23.0  | 40.  | 120. | 10. | 10. | 15.  | 24. | 35. | 35. | 35. |
| 31.4  | 20.  | 140. | 19. | 8.  | 12.  | 17. | 35. | 50. | 50. |
| 31.4  | 30.  | 140. | 15. | 8.  | 12.  | 17. | 35. | 50. | 50. |
| 31.4  | 40.  | 140. | 13. | 8.  | 12.  | 17. | 35. | 44. | 44. |
| 41.0  | 20.  | 160. | 22. | 6.  | 10.  | 15. | 27. | 50. | 50. |
| 41.0  | 30.  | 160. | 19. | 7.  | 11.  | 16. | 32. | 50. | 50. |
| 41.0  | 40.  | 160. | 16. | 7.  | 11.  | 16. | 32. | 50. | 50. |
| 51.8  | 30.  | 180. | 22. | 6.  | 9.   | 14. | 26. | 45. | 50. |
| 51.8  | 40.  | 180. | 19. | 6.  | 9.   | 14. | 26. | 45. | 50. |
| 51.8  | 50.  | 180. | 17. | 6.  | 9.   | 14. | 26. | 45. | 50. |
| 64.0  | 40.  | 200. | 23. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 40. | 50. |
| 64.0  | 50.  | 200. | 20. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 40. | 50. |
| 64.0  | 60.  | 200. | 17. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 40. | 50. |
| 77.4  | 40.  | 220. | 26. | 5.  | 7.   | 11. | 20. | 31. | 50. |
| 77.4  | 60.  | 220. | 21. | 5.  | 7.   | 10. | 20. | 31. | 50. |
| 77.4  | 80.  | 220. | 17. | 5.  | 8.   | 12. | 22. | 37. | 50. |
| 92.2  | 40.  | 240. | 30. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 48. |
| 92.2  | 60.  | 240. | 24. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 48. |
| 92.2  | 80.  | 240. | 19. | 4.  | 7.   | 10. | 18. | 30. | 48. |
| 108.2 | 40.  | 260. | 33. | 4.  | 6.   | 9.  | 17. | 29. | 43. |
| 108.2 | 60.  | 260. | 27. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 43. |
| 108.2 | 80.  | 260. | 22. | 4.  | 6.   | 9.  | 16. | 26. | 43. |
| 125.4 | 40.  | 280. | 37. | 4.  | 6.   | 8.  | 16. | 25. | 35. |
| 125.4 | 60.  | 280. | 31. | 4.  | 6.   | 8.  | 16. | 25. | 35. |
| 125.4 | 80.  | 280. | 25. | 4.  | 6.   | 8.  | 15. | 23. | 35. |
| 144.0 | 40.  | 300. | 41. | 3.  | 5.   | 7.  | 14. | 21. | 33. |
| 144.0 | 60.  | 300. | 34. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 33. |
| 144.0 | 80.  | 300. | 28. | 3.  | 5.   | 8.  | 14. | 23. | 33. |
| 163.8 | 50.  | 320. | 41. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 32. |
| 163.8 | 70.  | 320. | 35. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 32. |
| 163.8 | 90.  | 320. | 29. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 21. | 32. |
| 185.0 | 50.  | 340. | 45. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 28. |
| 185.0 | 70.  | 340. | 38. | 3.  | 5.   | 7.  | 13. | 20. | 28. |
| 185.0 | 90.  | 340. | 32. | 3.  | 5.   | 7.  | 12. | 20. | 28. |
| 207.4 | 50.  | 360. | 49. | 3.  | 4.   | 6.  | 12. | 18. | 28. |
| 207.4 | 70.  | 360. | 42. | 3.  | 4.   | 6.  | 12. | 19. | 28. |
| 207.4 | 90.  | 360. | 36. | 3.  | 4.   | 6.  | 12. | 18. | 28. |
| 231.0 | 60.  | 380. | 49. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 18. | 25. |
| 231.0 | 80.  | 380. | 42. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 17. | 25. |
| 231.0 | 100. | 380. | 36. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 17. | 25. |
| 256.0 | 60.  | 400. | 52. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 17. | 25. |
| 256.0 | 80.  | 400. | 45. | 3.  | 4.   | 6.  | 11. | 17. | 25. |

#### 4.2.5. Ejemplo para el uso de las Tablas

En este ejemplo se detallan los pasos a seguir para el uso de las tablas, así como los datos necesarios

Diseño de Zapata cuadrada a compresión axial (combinación de Cargas Vertical y Accidental)

##### a. Datos iniciales

- Presión admisible del terreno:  $\sigma_a = 10 \text{ T/m}^2$
- Carga axial actuante:  $P_{act} = 30 \text{ Ton}$   
(Combinación de Carga vertical y accidental)
- Materiales:      Concreto       $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$   
                          Acero de       $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
                          Refuerzo
- Dimensión de columna    $b = 40 \text{ cm}$

##### b. Datos para uso de Tablas

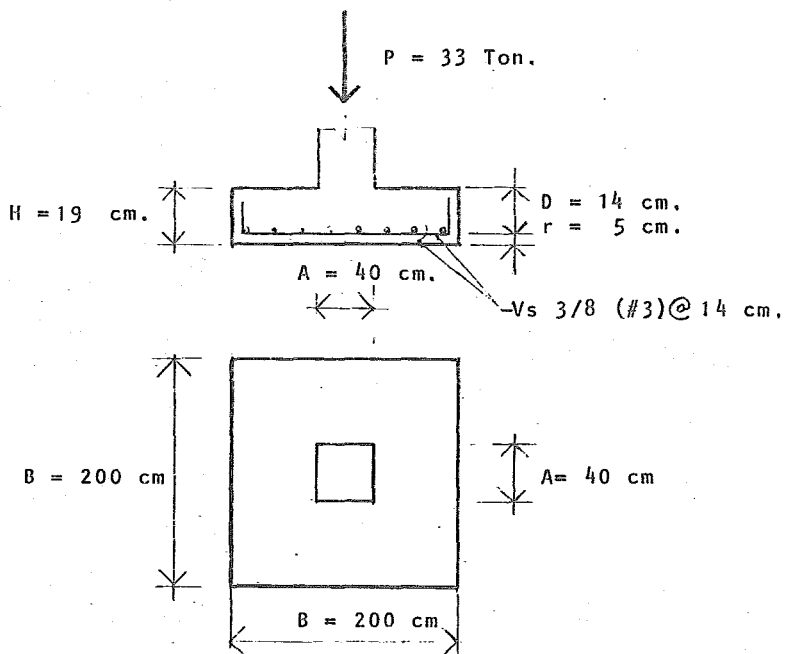
- Presión de diseño de la zapata:  
se considera una presión generada ( $q_c$ )  
por el peso de la cimentación:  $q_d = 2.0 \text{ T/m}^2$
- $q_u = 10.0 - 2.0 = 8.0 \text{ T/m}^2$
- Carga última actuante  
Factor de carga            F.C. = 1.1  
(combinación de carga  
vertical y accidental)  
 $P_u = 1.1 (30) = 33 \text{ ton.}$

c. Uso de las Tablas

- 1° Con el valor calculado de " $q_u$ ", se busca la tabla correspondiente de "Resistencia del Terreno", En este caso para 8. Ton/m<sup>2</sup>.
- 2° En dicha tabla, se localiza en la columna de "Carga Axial" el valor similar a "Pu" (33 ton); siendo para este ejemplo 32. Ton.
- 3° Como se podrá observar aparecen tres renglones con el mismo valor de "carga axial", por lo que se procede a elegir el renglón, cuyo valor correspondiente a la columna "A", dimensión del "dado" o "columna", sea igual o similar al valor indicado como dato ("b").

Se elige el primer renglón de la carga axial de 32 Ton. Pues el valor de A es igual a 40 cm., que coincide con los datos.

- 4° Se obtienen los datos de diseño del renglón especificado; eligiéndose el armado más adecuado.
  - Dimensión en planta: B = 200. cm.  
de la zapata
  - Peralte efectivo : D = 14. cm.
  - Dimensión del dado: A = 40. cm.  
o columna de diseño
  - Armado: Varillas 3/8" (#3) a cada 14 cm. en ambas direcciones
- 5° Se elabora el dibujo de la zapata diseñada, considerando el recubrimiento que sea requerido para el armado de la zapata





## C O N C L U S I O N E S

En general los pasos a seguir para el diseño de cualquier tipo de zapata de cimentación, son fundamentalmente los expuestos en este trabajo, en el cual se presenta un método alternativo sencillo, que se desarrolla para zapatas simétricas en geometría (cuadradas y rectangulares), por tanto se considera, que el tratar de usar las expresiones matemáticas aquí presentadas para otro tipo de zapatas requerirá consideraciones específicas adicionales para su utilización.

La diferencia entre el método sistemático y los iterativos, normalmente empleados, radica en que el primero se basa en expresiones algebraicas que permiten el cálculo directo de las dimensiones de la zapata, de acuerdo a las variables que influyen en su diseño, disminuyendo o eliminando las iteraciones que mediante los métodos comunes serían necesarias; conociéndose con exactitud la resistencia de la zapata calculada, lo que en los otros casos no es posible.

Las expresiones matemáticas, correspondientes a cada uno de los pasos del método sistemático, se obtuvieron mediante consideraciones simplificadoras atendiendo a ciertas ventajas de criterio y facilidad matemática para su determinación, algunas de ellas son las mismas que se usan en los

otros métodos. En cierta forma las expresiones, determinantes de este método sistemático, son aquellas que substituyen los procedimientos iterativos en los pasos fundamentales de diseño, como es el cálculo de los lados de la zapata a flexocompresión, y el de los peraltes por cortante como viga ancha para zapatas con pendientes.

Respecto al cálculo de los lados de una zapata a flexocompresión conviene hacer la observación de que en la práctica lo normal es proponer las dimensiones y revisar la presión en el suelo mediante la fórmula de la escuadría, lo cual es adecuado cuando la excentricidad de la carga, generada por el o los momentos, es pequeña y queda contenida dentro del núcleo central, situado a la distancia de un sexto de la dimensión respecto al centroide de la zapata. Esto se determina igualando a cero las presiones mínimas que por la fórmula de la escuadra se calcularían.

Así lo definen los autores que determinan las dimensiones de esta forma para que no se generen "tensiones" en el terreno, las cuales no son admitidas. Sin embargo cuando -- los momentos actuantes generan una excentricidad grande, -- en terrenos muy resistentes, el uso de la fórmula de la escuadría genera dimensiones antieconómicas, pues mientras que se busca que no aparezcan "tensiones" en el terreno se incrementan desmedidamente las dimensiones hasta lograrlo;

pero el esfuerzo máximo de compresión se reduce significativamente al grado de no aprovecharse totalmente la resistencia del terreno, por lo cual el uso de este procedimiento se hace inadecuado. El método presentado en este trabajo de acuerdo al criterio de lados equivalentes resulta ser una alternativa más adecuada para el cálculo de las dimensiones en estos casos, pues al considerar una disminución de los lados de la zapata para la transmisión de la carga al suelo, se aprovecha al máximo la resistencia de éste, obteniéndose por ello medidas más pequeñas y por tanto más económicas. Se podría argumentar que si una parte de la zapata no trabaja se debería eliminar, lo cual es probable, pero debe considerarse que normalmente los efectos de momentos transmitidos por la superestructura a la cimentación son generados por fuerzas de viento o sismo y éstos pueden ser reversibles.

El criterio de lados equivalentes se utiliza considerando bajo el área efectiva, del suelo de apoyo, una distribución uniforme de esfuerzos, sin embargo existen hipótesis que consideran una distribución variable triangular como la que se presenta en el libro "Foundation Design" de E. Bowles, con base en la cual se obtiene una expresión muy similar a la presentada en este trabajo, para flexocompresión uniaxial, y fácilmente puede ser substituida en este método. Para flexocompresión biaxial el desarrollo matemático es más complejo. Las dimensiones a flexocompresión que se obtienen con dicho criterio son mayores en un 10 ó 15 % a las que resultan al suponer la distribución uniforme.

A pesar de que las dimensiones de los lados de una zapata dependen de la capacidad del suelo, para flexocompresión, se debe revisar la estabilidad por volteo, y por ello en caso necesario, incrementar las dimensiones de los lados

calculados por resistencia del suelo.

En cuanto al procedimiento presentado en este trabajo para la determinación del peralte por cortante, éste se calcula directamente mediante expresiones algebraicas desarrolladas para la mayoría de los casos. Cuando hay necesidad de hacer iteraciones éstas se hacen en base a un peralte inicial calculado sin necesidad de proponerlo empíricamente, como se vió en los ejemplos, lo cual disminuye substancialmente el tiempo de cálculo.

Para zapatas con pendientes, las expresiones obtenidas representan una gran ventaja, pues los peraltes significativos de una zapata se calculan directamente a cortante, como viga ancha. Se intentó establecer alguna expresión para el cortante por penetración, sin embargo esto no fue posible en zapatas a flexocompresión, pues la variación de esfuerzos implicaba expresiones demasiado complicadas, por lo que para este caso se optó por calcular mediante una expresión directa el cortante como viga y revisar, como tradicionalmente se hace, el esfuerzo por penetración, incrementando el peralte en caso necesario.

El método y los ejemplos en cada capítulo, se desarrollaron paso a paso para la mejor comprensión de los criterios de diseño utilizados.

El método en general, se sistematizó al máximo mediante los programas de computadora, los cuales representan una alternativa rápida y sencilla para el diseño de las zapatas aisladas.

Dichos programas sirven como ayuda de diseño en forma ---

directa, para resolver cualquier tipo y número de zapatas mediante el uso constante de la computadora, en un tiempo mínimo ("Programa general para el diseño de zapatas aisladas"); o bien de forma indirecta para diseñar con "Tablas", obtenidas con la computadora, zapatas a compresión simple.

El uso del "programa general para el diseño de zapatas aisladas", requerirá de la disponibilidad de una computadora. Sin embargo con tres o cuatro ejecuciones del "programa para la elaboración de Tablas de zapatas", con diferentes valores de resistencia del concreto ( $f_c$ ) y del acero ( $f_y$ ), se puede obtener un gran número de "Tablas" para el diseño de zapatas a compresión simple, sin necesidad del uso posterior de la computadora.

El método establecido, así como los programas de computadora, se desarrollaron de acuerdo a las "Normas Técnicas Complementarias" del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal", con el criterio de "Resistencia última"; siguiendo este mismo criterio se pueden adaptar al reglamento ACI-318-77, modificando simplemente, los valores de los esfuerzos resistentes del concreto por cortante y por flexión. De la misma forma, pueden adaptarse al diseño por "Esfuerzos permisibles", de los mismos reglamentos.

Consciente de que el trabajo desarrollado es sólo una alternativa, de las muchas otras que se puedan plantear para la solución de las zapatas aisladas de cimentación, se considera haber logrado el objetivo propuesto, esperando haber transmitido algo nuevo, no a la Ingeniería misma, sino al Ingeniero que la realiza.

B I B L I O G R A F I A

1. Bowles, E. Joseph.-Foundation Analysis and Design.  
Mc Craw-Hill book company. Second Edition, USA, 1977
2. González C. Oscar, Robles, F.V. Francisco, Casillas G. de L. Juan; Díaz de C. Roger. Aspectos Fundamentales del - Concreto Reforzado. Editorial Limusa. Primera Edición. México, 1980
3. Instituto de Ingeniería UNAM (INFORME N°400) Requisitos de Seguridad y Servicio para las Estructuras. Título IV del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal UNAM, México, 1977.
4. Instituto de Ingeniería UNAM (INFORME N°401) Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.-Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal UNAM, México, 1977.
5. Jumikis, Alfreds R. Foundation Engineering Intext Educational Publishers. Forth Printing. New York, 1971
6. Loera, Santiago.-Resistencia a Cortante de Elementos Anchos de Concreto Reforzado.- Instituto de Ingeniería UNAM (Informe 474), México, 1983
7. Magdaleno Carlos, Rojas Rafael y Ferregut Carlos Cimentaciones Superficiales, IPN, Unidad Profesional de Zacatenco, Depto. de Estructuras, Primera Edición, México s/f.
8. Mc Cracken, Daniel D.- Programación Fortran IV, Editorial Limusa. Segunda Edición.- México, 1978
9. Mell Pírala, Roberto.- Diseño Estructural.- Editorial Limusa PRIMERA Edición.- México, 1985
10. Noel J. Everard. J.L. Tanner III, Diseño de Concreto Armado Mc Graw-Hill.- Primera Edición, México, 1981.
11. Organick, Elliot I.- Fortran IV, Fondo Educativo Interamericano, S.A., Edición 1966, Colombia, 1972
12. Reglamento de las Construcciones de concreto reforzado -- (ACI-318-77), Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, PRIMERA Edición, 1979, México, 1984
13. Tomlinson M.J. Diseño y Construcción de Cimientos. URMO, S.A. de ediciones. Primera Edición, España, 1979