



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería.

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado.

**GRÁFICAS DE INTERACCIÓN PARA EL DISEÑO
DE ZAPATAS AISLADAS BAJO CONDICIONES DE
FLEXOCOMPRESIÓN BIAxIAL**

TESIS

Para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERÍA
OPCIÓN TERMINAL EN ESTRUCTURAS

Presenta:

VICTORIA CHÁVEZ PÉREZ

Asesor de tesis:

M. I. EDGAR IRAM VILLAGRÁN ARROYO

Puebla, Pue.

Junio 2016



OFICIO SIEP No. 2093/2014

ING. VICTORIA CHÁVEZ PEREZ
Pasante de la Maestría en Ingeniería
Opción terminal Estructuras
Presente.

Por medio del presente, el suscrito M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **"Gráficas de interacción para el diseño de zapatas aisladas bajo condiciones de flexocompresión biaxial"**, para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Estructuras. Asignándose como Asesor de Tesis al M. en I. Edgar Iram Villagrán Arroyo.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"PENSAR BIEN. PARA VIVIR MEJOR"
Puebla, Puebla a 23 de Junio de 2014

M.I. EDGAR IRAM VILLAGRÁN ARROYO
DIRECTOR



C.c.p. M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo. Asesor tema de tesis.

C.c.p.. Dr. José Joaquín Daniel Lozano Mercado. Coordinador de la Maestría en Ingeniería, opción terminal Estructuras.

c.c.p. Archivo.

GJS*JLM*DSM.

H Puebla de Zaragoza, a 6 de junio de 2016

M. I FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNANDEZ

Director de la Facultad de Ingeniería BUAP

P r e s e n t e

En atención al oficio No. 2093/2014 en el que me nombran asesor de la tesis **Graficas de interacción para el diseño de zapatas aisladas bajo condiciones de flexocompresión biaxial**, que presenta la pasante de la Maestría en Ingeniería Opción terminal en Estructuras, Victoria Chávez Pérez con matricula 214470505, me permito informar a usted que después de haber revisado la tesis correspondiente no tengo inconveniente alguno en autorizar la impresión de la misma.

Lo que hago de su conocimiento para los efectos académicos a que haya lugar.

Atentamente.



M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo

Asesor

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

A mis padres; y principalmente a mi madre por su ejemplo de constancia y dedicación.

A Todas y cada una de las personas que han estado y estarán presentes en cada etapa de mi vida tanto personal como profesional.

A la Facultad de Ingeniería BUAP

Índice

Introducción.....	6
Capítulo 1 Reseña histórica sobre el diseño de cimentaciones.....	8
1.1 Tipo de cimentaciones.....	16
1.2 Métodos de análisis y teorías existentes para el diseño de zapatas.....	20
1.2.1 Criterio de rigidez estructural.....	20
1.2.2 Criterio de rigidez para cimentaciones directas.....	21
1.2.3 Presiones de contacto en zapatas rígidas.....	23
1.3 Métodos de análisis existentes para zapatas.....	24
1.3.1 Zapatas cuadradas aisladas.....	24
1.3.2 Zapatas rectangulares aisladas.....	29
1.3.3 Zapatas rectangulares colindantes.....	31
1.4 Métodos de análisis existentes para zapatas con carga axial y flexión.....	32
1.4.1 Zapatas con carga axial.....	32
1.4.2 Zapatas con carga axial y momento.....	33
1.4.3 Zapatas con carga axial y flexión en dos direcciones.....	35
Capítulo 2 Análisis de zapatas cuadradas bajo condiciones de flexocompresión biaxial para la elaboración de gráficas para prediseño.	
2.1 Variables y métodos de análisis para zapatas aisladas cuadradas.....	37
2.1.1 Modelos de análisis para zapatas cuadradas centrales.....	38

2 Variables y métodos de análisis para zapata cuadrada aislada bajo condición de flexocompresión biaxial.....	39
2.2.1 Dimensiones y porcentaje de acero para zapatas desplantadas sobre suelo de resistencia baja.....	41
2.2.2 Dimensiones y porcentaje de acero para zapatas desplantadas sobre suelo de resistencia mediana.....	48
2.2.3 Dimensiones y porcentajes de acero para zapatas desplantadas sobre suelo de resistencia alta.....	53

Capítulo3 Análisis de zapatas rectangulares bajo condiciones de flexocompresión biaxial para la elaboración de gráficas para prediseño.

3.1 Variables y métodos de análisis para zapatas aisladas.....	56
3.1.1 Modelos de análisis para zapatas rectangulares centrales....	57
3.1.2 Dimensiones y porcentaje de acero para zapatas desplantadas sobre suelo de resistencia baja.....	57
3.1.3 Dimensiones y porcentaje de acero para zapatas desplantadas sobre suelo de resistencia mediana.....	59
3.1.4 Dimensiones y porcentajes de acero para zapatas desplantadas sobre suelo de alta resistencia.....	63

Capítulo 4 Comparación, análisis de resultados y gráficas

4.1 Comparación de resultados obtenidos para zapatas cuadradas, centrales y zapatas aisladas rectangulares, centrales.....	66
4.2 Formas de empleo.....	66
4.3 Ejemplos de aplicación.....	67
Conclusiones.....	87

Anexos

Gráficas para el prediseño de zapatas aisladas a flexocompresión
biaxia.....89

Bibliografía.....143

Introducción

La cimentación forma parte de una estructura; es la encargada de transmitir y distribuir las cargas de la estructura hacia el suelo, de tal forma que el suelo y los estratos tengan la capacidad suficiente para soportar estas cargas sin sufrir deformaciones excesivas, además de garantizar un adecuado funcionamiento de la estructura en conjunto.

En todo proceso de diseño estructural la cimentación es lo último que se diseña, debido a que para obtener las dimensiones adecuadas es necesario conocer las condiciones de servicio, las solicitaciones y uso de la estructura; además del lugar y tipo de suelo donde se va a construir.

Con la finalidad de proponer un método rápido y aproximado de análisis y prediseño para zapatas aisladas cuadradas y rectangulares, en esta investigación se analizarán y elaborarán gráficas de interacción para zapatas aisladas centrales, al igual que para diferente capacidad de carga del terreno donde se desplantará dicha estructura.

Objetivo

Establecer un procedimiento de predimensionamiento rápido y confiable de zapatas aisladas como ayuda para la elaboración de:

- Anteproyectos
- Concursos de obra
- Obras en las que se requiere un inicio rápido

Las gráficas que se obtendrán no se deben considerar como diseño definitivo; Las dimensiones y armados finales deberán ser establecidas por un calculista responsable, ya que las hipótesis aquí planteadas pueden no ser aplicables en casos específicos.

Hipótesis

- 1) Es posible generar graficas de predimensionamiento para zapatas aisladas cuadradas y rectangulares centrales.
- 2) Las dimensiones de las zapatas deben ser tales que no generen tensión en el suelo de desplante.
- 3) Se considera comportamiento lineal, tanto de la zapata como del suelo a nivel de desplante.
- 4) La profundidad de desplante considerada va de 1.0 m hasta 1.8 m
- 5) La resistencia mínima a compresión del concreto será $f'c = 250$ kg/cm²
- 6) El peso volumétrico del material de relleno es $\gamma = 1700$ Kg/m³

CAPÍTULO I.

Reseña histórica sobre el diseño de cimentaciones

La cimentación juega un papel muy importante dentro de la edificación; ya que es la parte de la estructura que transmite las cargas al suelo, de tal forma que los estratos resistentes tengan la capacidad suficiente para soportar las cargas sin sufrir deformaciones excesivas.

Desde el momento en que el hombre se hace sedentario, necesita de un lugar para construir su hogar y establecerse; las primeras viviendas fueron ligeras, hechas generalmente con materiales disponibles obtenidos de la naturaleza, como raíces y ramas de árboles.

Según el lugar de asentamiento; a sus necesidades y nuevas formas de edificación, los seres humanos fueron modificando sus sistemas constructivos; las antiguas civilizaciones utilizaron diversos sistemas constructivos de cimentación para sus edificaciones, según la región que habitaban para adaptarse a las nuevas formas y distribución de cargas.

Los antiguos constructores chinos empleaban un método relacionado con los drenes de arena, el cual consistía en hincar pilotes de madera en suelos aluviales blandos, posteriormente se extraían estos pilotes por rotación y los agujeros eran rellenados con cal viva bien compactada, estos pozos absorbían el agua, produciendo así una consolidación acelerada del suelo, este método fue uno de los principios del empleo de técnicas de mejora del suelo.

Los griegos desarrollaron formas de construcciones esbeltas con materiales muy pesados debido a que el terreno donde se asentaron tenía la capacidad de soportar cargas importantes, por lo que la

cimentación empleada en sus construcciones fue principalmente “cimentaciones superficiales” similares a zapatas corridas hechas con dos hiladas de largos bloques de piedras colocadas horizontalmente las cuales se mantenían unidas mediante anclaje de hierro y para el caso de columnas interiores emplearon zapatas aisladas del mismo material.

Los romanos elegían el tipo de cimentación según las características y según el tipo de carga que transmitiría al suelo: pilotes de madera en suelos muy blandos; planchas de madera sobre la superficie en suelos más resistentes o cimentaciones elevadas unidas por cemento romano o mortero de cal.

Las crecidas del río Tiber degradaron las cimentaciones de muchos edificios, lo que llevó a sustituir el barro por piedras de calidad, e inventaron el hormigón mezclando las piedras con puzolanas y limos.

La más importante innovación romana en cuanto a cimentaciones fue el uso de plataformas de hormigón en masa; en algunos casos el uso de este tipo de cimentación de gran espesor (losas de cimentación) fue una solución eficaz en suelos pobres.

Los mayas en Yucatán emplearon con frecuencia plataformas para cimentar sus construcciones; estas plataformas o placas se formaban por una capa de piedra rugosas de 30 a 60 cm a la que se añadía encima otra capa de piedras pequeñas y mortero de cal, esta plataforma era construida sobre un terreno bien nivelado.

Los aztecas convirtieron el lecho del lago donde se establecieron en chinampas construidas con un armazón de troncos atados con cuerdas de ixtle para lograr islas artificiales para sus cultivos; debido a las características del suelo para cimentar sus construcciones (templos)

también utilizaron el método de hincado de troncos de árboles para formar plataformas de cimentación para sus construcciones.

En la edad Media se dejaron de utilizar muchas técnicas constructivas ya establecidas, esto llevo a detener la evolución de los conocimientos; debido a que los monumentos construidos durante este periodo eran de menores dimensiones y altura.

Con la aparición del estilo Gótico en la edad media, grandes claros y el uso de columnas aisladas provocó la separación de las plataformas usadas anteriormente en edificaciones, por lo que fue necesario utilizar otro tipo de cimentación; apareciendo así las zapatas aisladas.

En terrenos más resistentes las dimensiones de las zapatas propuestas eran un poco más anchas que el elemento que soportaban y en terrenos blandos se prolongaba más allá de los límites de la columna o el muro que soportaban; en raras ocasiones las dimensiones de las zapatas estaban determinadas por las cargas que soportaban.

Cuando se producía un accidente, se ensanchaba la parte defectuosa hasta que la carga fuera soportada de modo adecuado.

Durante el siglo XI en Italia se produjeron el colapso de edificios importantes, debido a fallas en la cimentación, uno de ellos fue la torre de Pisa, la cual se inclinó debido a que es una torre pesada y la poca resistencia del suelo donde se construyó.

Con la llegada del estilo Gótico, se supuso una gran innovación conceptual en el empleo de muros delgados y el diseño de sus cimentaciones; se emplearon retículas de trabazón escalonadas que penetraban en el terreno hasta grandes profundidades, reflejando un

conocimiento pragmático y una apreciación de las características del suelo.

Sin embargo las altas y esbeltas construcciones, así como el desarrollo de las catedrales aportaron cargas y empujes muy superiores a los conocidos hasta entonces; por tanto en este periodo las fallas en las cimentaciones se explican por el predominio de razones religiosas o políticas más que técnicas, en la elección del lugar de construcción, un deficiente tratamiento de la mampostería enterrada y posible ahorro en zonas que no quedaban a la vista¹.

El arquitecto-ingeniero Vitrubio en su libro “De Architectura”, no trata a fondo las cimentaciones, su lema es; “**si existen dudas, use pilotes**”, sin embargo recomienda la utilización de cimientos escalonados sugiriendo que la cimentación de una columna debe ser 50% más ancha que la propia columna. También este autor en su libro III propone una medida preventiva para una buena cimentación del edificio “Alcanzar el firme”².

En el renacimiento continúa la preocupación por las cimentaciones, Palladio plantea que las cimentaciones deberían ser el doble de gruesas que los elementos soportados por ellas y que podría modificarse según la calidad del suelo.

Según Alberti la excavación de la cimentación debería ser horizontal para evitar cualquier deslizamiento y los elementos deberían ubicarse en el centro de la zapata, también recomienda abrir algunos pozos para conocer las características de los estratos presentes bajo la superficie.

¹ La influencia de la forma en las zapatas de medianera y de esquina, Tesis Doctoral

Capítulo 1 Antecedentes
Rocío Romero Hernández

² Los diez libros de Architectura

M. Vitruvio Polión

En esta etapa surge una mayor preocupación sobre las cimentaciones y sus técnicas constructivas, sin embargo no es posible realizar un proceso evolutivo sobre el diseño, ya que las cimentaciones fueron tan variadas como los edificios que soportaban.

En el siglo XVIII se empleó por vez primera el método de la precarga (Sowers); la zona donde se construiría la cimentación de la edificación se cargaba con anterioridad para provocar parte de los asentamientos antes de construir la obra; sin embargo al parecer se desconocía el fundamento de este procedimiento.

En 1783 un arquitecto Ingles Wyatt empleo por primera vez una cimentación parcialmente flotante, donde el peso de la tierra excavada era por lo menos el 50% del peso del edificio (Skempton, 1955) mediante la construcción de sótanos. Este método se usó a comienzos del siglo XIX, sin embargo pronto fue olvidado y reapareció hasta finales de la década de 1920 (D'Appolonia y Lambe, 1971.)

El aumento de las tensiones sobre el terreno, con obras cada vez más pesadas, el cimentar sobre terrenos malos y la necesidad de economizar debido al incremento del costo de la mano de obra, hace que la Mecánica de Suelos que hasta ese momento había sido prácticamente un arte, se convierta en ciencia; esta transformación de la Mecánica de Suelos se inicia con el científico francés Coulomb, quien en el año 1773 enuncia el criterio de rotura que lleva su nombre.

Antes del siglo XIX los proyectistas tendían a dimensionar cimentaciones muy pequeñas, ya que no había reglas ni experiencia que los guiase, y como consecuencia muchos edificios se derrumbaron. En el siglo XIX surgió la necesidad de hacer edificios más grandes, además

de construir en sitios donde los suelos eran blandos, por lo que fue necesario plantear un método seguro y sencillo para cimentar.

En 1870 se desarrolló en varios países el concepto de “**Presión Admisible del Suelo**” (Terzaghi y Peck, 1955), este concepto se basaba en los asentamientos que sufrían las zapatas dependiendo de la presión que transmitían al terreno, es decir una zapata con mayor intensidad de carga presenta más asentamiento que una zapata con menor carga.

De forma empírica se empezaron a observar el comportamiento de los edificios que empleaban cimentaciones superficiales y que ejercían distintas presiones sobre el terreno. A la presión máxima que no producía daños en el edificio se le llamo “**Presión Admisible del suelo**”.

En 1873 Baumann enunció por primera vez en Estados Unidos el principio de Presión Admisible, además de señalar que el punto de aplicación de las cargas debía coincidir con el eje de apoyo de la zapata.

A finales del siglo XIX se adoptaron algunas reglas empíricas sobre el dimensionamiento de las zapatas como la siguiente: al aumentar el ancho de una zapata también debía incrementarse su espesor (Sowers, 1972).

Aparecen las cimentaciones escalonadas, que consistía en hacer un poco más ancho los lechos inferiores de piedra o tabique que el escalón inmediato superior para producir un cimiento por ampliación de base. Este tipo de cimiento fue un avance importante, ya que permitió soportar cargas de mayor intensidad sin aumento de la presión transmitida al terreno, haciendo posible construir edificios más altos.

Este tipo de cimentación se limitó cuando ocupó toda la superficie en planta del edificio resultando imposible cualquier aumento en altura de los mismos sin introducir innovaciones técnicas

En el último cuarto del siglo XIX, la necesidad de transmitir cargas mayores hizo que los proyectistas fijaran su interés en las cimentaciones. El desarrollo más importante en el diseño de cimentaciones tuvo lugar en Chicago, con la reconstrucción de la ciudad que fue destruida por un gran incendio en 1871.

Las cimentaciones en Chicago se hacían con la *piedra de dimensión*, se llamaba así porque se cortaba aproximadamente de acuerdo a las dimensiones requeridas en el sitio de exploración, se utilizaban cimientos escalonados aislados; Baumann recomendaba que el espesor de las piedras fuera de 20.3 a 50.8 cm. La escasa capacidad portante del suelo obligaba a construir cimentaciones de mayores dimensiones, llegando a ser exageradamente grandes en edificios pesados, por lo que fue necesario encontrar nuevas formas de cimentar los edificios.

Por consiguiente se plantea un dilema, las cimentaciones por ampliación de base no podían hacerse a una profundidad mayor, y por otro lado los propietarios necesitaban cada vez más espacio para sótanos; al mismo tiempo que se aplican severas restricciones en la altura de los edificios ante la poca capacidad de sus cimentaciones.

En los primeros intentos para ampliar las áreas de las zapatas sin aumentar el peso se construyeron emparrillados de madera y las zapatas de mampostería se colocaban sobre ellos. Estos emparrillados consistentes en dos niveles de vigas de 30x30cm colocados en ángulos

rectos, este tipo de cimentación se empleó en el edificio Pullman de 9 plantas.

Posteriormente se utilizó un emparrillado construido con rieles de acero de ferrocarril ahogados en concreto como una mejora del emparrillado de madera (John Wellborn Root, Montauk Block Chicago). Este emparrillado fue un gran adelanto, ya que la cimentación era menos pesada y aumento espacio en sótanos.

En el edificio Rookery de 11 pisos se empleó un emparrillado metálico para cimentar todos sus pilares, con lo cual se redujo las dimensiones de la cimentación. Sin embargo el peso que transmite a la estructura al suelo no se redujo, por lo que era necesario considerar otros materiales para construcción.

Lo anterior quedó resuelto cuando se construyó un edificio de 92 m y 21 plantas, cuya estructura completa fue de acero y paredes reducidas a un recubrimiento a prueba de agua (Templo Masónico), esto permitió reducir la superficie de la cimentación al 50% de la planta del edificio.

Entre 1880 y 1887 los rieles de ferrocarril fueron sustituidos por vigas I de acero que ocupaban un poco más de espacio pero eran más económicas comparadas con los rieles. Estas vigas I se adaptaron muy bien a la construcción de zapatas en cantiliver. Este sistema se empezó a utilizar en la Ciudad de Chicago en la construcción casi simultánea de dos edificios.

Sin embargo las presiones admisibles dadas por los códigos de construcción trajeron algunos fracasos; esto obligó a introducir el método de los ensayos de cargas para determinar la presión admisible del

terreno; y con ello se inicia la aplicación de las formulas de la elasticidad a la Mecánica de Suelos.

Con la aparición del concreto reforzado, poco después de 1900 las zapatas con emparrillado se utilizaron cada vez menos, hasta que fueron sustituidas por completo por las zapatas de concreto reforzado, que son las que se conocen hasta la actualidad.

1.1 Tipo de cimentaciones.

Cada edificación demanda la necesidad de proponer y resolver un problema de cimentación; el tipo de cimentación a emplear dependerá de las características de la edificación, su funcionalidad estructural, profundidad de desplante y al proceso constructivo.

En la práctica generalmente se utilizan dos tipos de cimentaciones, que se clasifican en superficiales y profundas; estas cimentaciones presentan diferencias en cuanto a su geometría, comportamiento del suelo, funcionalidad estructural y sistema constructivo.

En este trabajo se hará mención de las características generales de las cimentaciones profundas sin abarcar su diseño; ya que el enfoque principal son las cimentaciones superficiales, principalmente zapatas aisladas.

1.1.1 Cimentaciones Profundas.

Este tipo de cimentaciones se utiliza cuando el estrato resistente donde se apoyará la cimentación a diseñar para una construcción se localiza a mayor profundidad, entonces la función principal de este tipo de cimentaciones es el de trasladar las cargas de la estructura hasta los estratos resistentes.

Las cimentaciones profundas son elementos de mayores longitudes comparados con su sección transversal, y pueden ser de dos tipos: Pilotes o Pilas.

Los Pilotes son de menor diámetro que las Pilas y por su forma de trabajo se clasifican en: Pilotes de punta y pilotes de fricción.

Los **pilotes de punta** se apoyan hasta el estrato resistente, que generalmente es un estrato rocoso, por lo que su mayor capacidad de carga se obtiene del estrato de apoyo, sin embargo también interviene en un porcentaje menor el suelo que rodea el fuste.

Los **pilotes de fricción** adquieren su capacidad de carga del suelo que los rodea, por lo que la capacidad de estos pilotes dependerá de las características del material que los rodea.

Los pilotes son más flexibles que las pilas y por las limitaciones de carga de estos elementos se utiliza más de un pilote para un mismo apoyo de una estructura; en cuanto a su sistema constructivo, los pilotes pueden ser prefabricados o colados en sitio.

Las pilas son otros de los elementos de las cimentaciones profundas; son de mayor diámetro y soportan más carga que los pilotes, cuando se utilizan pilas como elementos de cimentación, generalmente se utiliza una sola pila por elemento de apoyo de la estructura.

En cuanto a sistema constructivo, las pilas son coladas en sitio.

1.1.2 Cimentaciones superficiales

En este tipo de cimentaciones la sección transversal es de mayores dimensiones que el peralte; las cimentaciones superficiales transmiten cargas verticales por apoyo directo, la profundidad a que se desplantan dependerá de las características del suelo, de la carga que transmitirán y del costo de la cimentación.

En una cimentación superficial la reacción del suelo equilibra la fuerza transmitida por la estructura, según su función y proceso constructivo las cimentaciones superficiales pueden ser zapatas aisladas, zapatas combinadas, zapatas corridas y losas de cimentación.

Según su forma en planta las zapatas pueden ser: rectangulares y cuadradas, que son las más usadas, pero podrían ser circular y poligonal.

Zapatas Aisladas

Son el tipo de cimentación superficial más común, se emplean en suelos donde a poca profundidad se encuentra material resistente con la capacidad necesaria para soportar las cargas que se transmitirán; además de que el suelo es lo suficientemente homogéneo que permitirá asentamientos diferenciales mínimos.

Las zapatas aisladas pueden ser centrales, colindantes o de esquina, estas zapatas por su facilidad de construcción generalmente son cuadradas; sin embargo es recomendable diseñar zapatas de sección rectangular cuando se presentan las siguientes condiciones:

- Los claros entre columnas son diferentes
- Existe momento en una dirección o se requiere desplantar dos columnas juntas separadas por una junta constructiva.

Para las zapatas colindantes se recomienda que sean de sección rectangular, donde la dimensión mayor de la zapata sea paralela a la colindancia; y para zapatas de esquina se recomienda sean de sección cuadradas.

Zapatas corridas

Se emplea cuando la capacidad de carga del terreno es baja y existen varias columnas cercanas que soportan cargas elevadas, que al dimensionar las zapatas aisladas pueden quedar muy juntas o incluso traslaparse; en este caso se propone la unión de zapatas, formando una zapata combinada donde se desplantarán dos columnas; o zapatas corridas donde se desplantarán tres o más columnas alineadas.

Con la utilización de este tipo de cimentación se pueden evitar asentamientos diferenciales excesivos; también son una solución recomendada cuando se presentan momentos que producen excentricidades mayores, al utilizar zapatas combinadas o corridas facilita que la carga total se pueda situar en el centro de gravedad de la zapata.

Las zapatas combinadas generalmente son de sección rectangular, aunque en algunos casos es recomendable emplear zapatas combinadas de sección irregular (zapatas de planta trapezoidal).

1.2 Métodos de análisis y teorías existentes para el diseño de zapatas.

En la transmisión de cargas de una estructura al terreno, intervienen tres elementos principales que son:

- 1) Estructura
- 2) Cimentación
- 3) Terreno

En este proceso los factores a considerar serán:

- a. El tipo y características del terreno
- b. La forma y dimensiones de la cimentación
- c. La rigidez relativa terreno estructura y terreno cimentación

En la actualidad no se dispone de métodos analíticos que permitan determinar con exactitud las cargas de la estructura y su redistribución en función de la respuesta del terreno y los esfuerzos sobre los cimientos correspondientes al equilibrio final³.

1.2.1 Criterio de Rigidez estructural

Para el cálculo estructural, según la EHE (Instrucción Española del Hormigón Estructural), es el nombre de la normativa española para el cálculo y seguridad de estructuras de hormigón; en el artículo 59 publicado en el 2008, las zapatas se clasifican en *rígidas* y *flexibles*.

Para considerarse zapata rígida se debe cumplir la siguiente condición: el vuelo v en la dirección principal de mayor vuelo debe ser menor de $2h$, en donde h es el peralte de la zapata, es decir $v < 2h$.

³ Mecánica de Suelos y cimentaciones
Capítulo 4 Cimentaciones directas
Angel Muelas Rodríguez

Si el vuelo v , en la dirección principal de mayor vuelo es mayor que $2h$, ($v > 2h$) se considera zapata flexible.

Esta condición para clasificar las zapatas en rígidas o flexibles se comprobaba más adelante durante el desarrollo del tema de investigación.

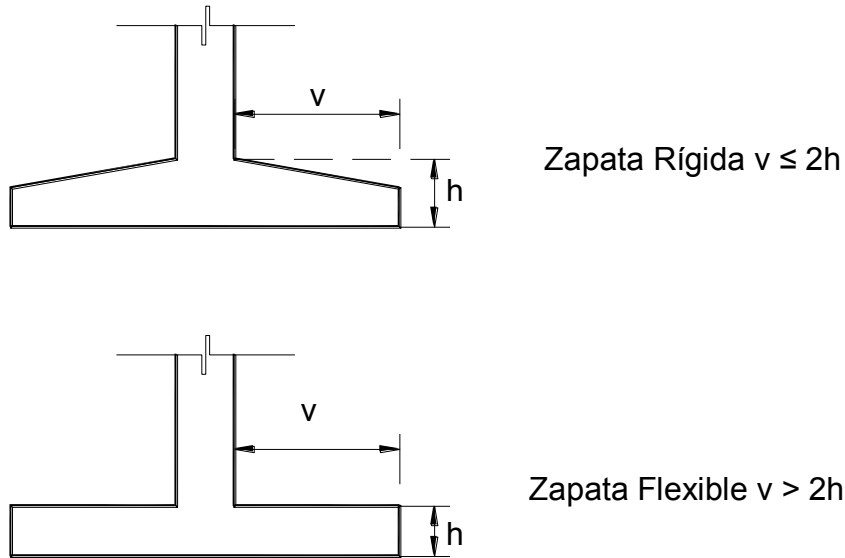


Fig. 1 (Clasificación de zapatas, según su forma de trabajo)

1.2.2 Criterio de rigidez para cimentaciones directas.

Se puede considerar que una zapata aislada es rígida (rigidez relativa) cuando a efectos de cálculo la distribución de presiones sobre el terreno puede considerarse lineal, es decir se considera aceptable la hipótesis de rigidez relativa cuando:

$$v \leq \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt[4]{\frac{4E_c I_c}{BK_{SB}}}$$

v Vuelo de la zapata en una dirección cualquiera

E_c Módulo de deformación del material de la zapata representativo del tipo de carga y su duración

I_c Momento de inercia de la sección de la zapata perpendicular a la dirección del vuelo considerado respecto a la horizontal que pasa por su centro de gravedad

B Ancho de la zapata en dirección perpendicular al vuelo considerado

K_{sB} Módulo de balasto de cálculo, representativo de las dimensiones del cimentado

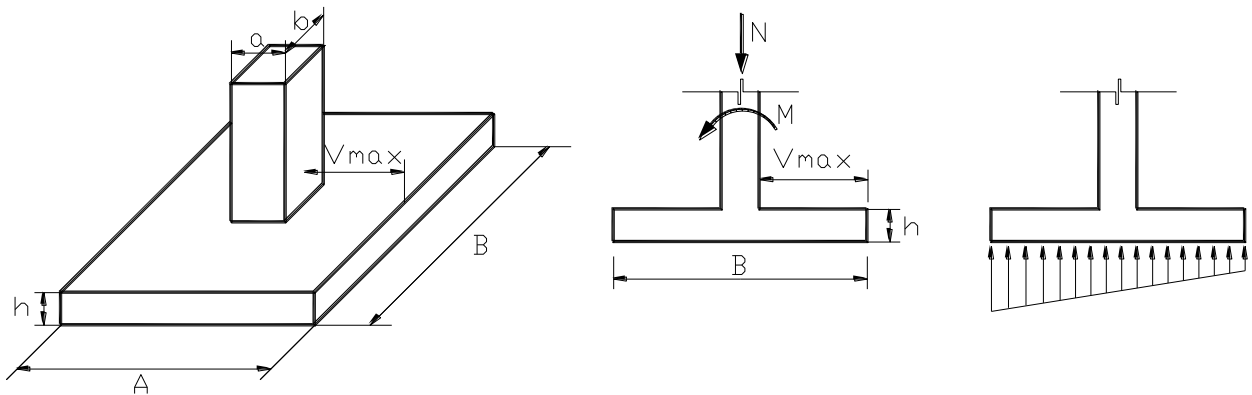


Fig. 2 (Elemento sometido a dos acciones)

$$\frac{A - a}{2} = V_{\max} \leq \sqrt[4]{\frac{4E_c I_c}{BK_{sB}}} \quad I_c = \frac{1}{12} \cdot B \cdot h^3$$

La condición anterior suele verificarse con los cantos y vuelos de zapatas aisladas; se debe comprobar el cumplimiento de esta condición si se desea efectuar el cálculo con la hipótesis de distribución lineal de presiones sobre el terreno.

En caso de no cumplirse, la zapata se considera flexible y la distribución de presiones sobre el terreno y sus esfuerzos se obtendrán a partir de modelos de cálculo que consideren la interacción suelo-estructura.

1.2.3 Presiones de contacto en zapatas rígidas

Las cimentaciones a base de zapatas requieren de un análisis de distribución de presiones de contacto; se sabe que la distribución no es lineal, en este caso se aplicará la teoría de la elasticidad.

La aplicación de la teoría de la elasticidad al estudio de la distribución de tensiones en un cuerpo semi infinito cargado parcialmente en su superficie a través de un elemento rígido muestra dos respuestas muy distintas según el suelo sea o no cohesivo⁴.

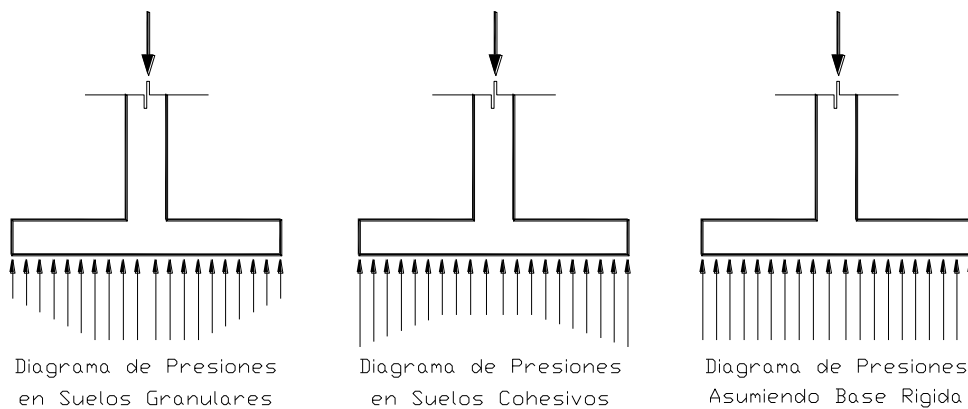


Fig. 3 (Distribución de la presiones de contacto)

La hipótesis de zapata rígida supone para una carga centrada un hundimiento uniforme de su plano de asiento, esto solo es posible cuando la elástica de la zapata produce deformaciones muy pequeñas respecto a la compresión que experimenta el suelo⁴.

Si la zapata es flexible existe una tendencia a concentrar la reacción del suelo en el centro de la zapata a medida que la rigidez de esta disminuye.

En la práctica la mayoría de las zapatas aisladas tienen rigidez suficiente para hacer válidas las hipótesis supuestas⁴.

⁴ Hormigón Armado I “Bases de Hormigón Armado” Pags. 9-11
Prof. Carlos Ricardo Llopiz
Instituto de Mecánica Estructural y Riesgo Sísmico
Universidad Nacional de Cuyo Argentina.

1.3 Métodos de análisis para zapatas aisladas

1.3.1 zapatas cuadradas

La zapata aislada comúnmente se utiliza para transmitir la carga concentrada de una columna a la capa resistente del terreno, esto se logra al aumentar el área de apoyo en ambas direcciones.

La mayoría de las zapatas cuadradas consiste en losas de espesor constante; sin embargo el cortante y los momentos son mayores cerca de la columna por lo que se requiere mayor espesor en esa zona, para zapatas donde los espesores resultan mayores de 90 o 120 cm, puede ser más económico usar zapatas escalonadas o zapatas ahusadas (como se muestran en la fig. 4)⁵

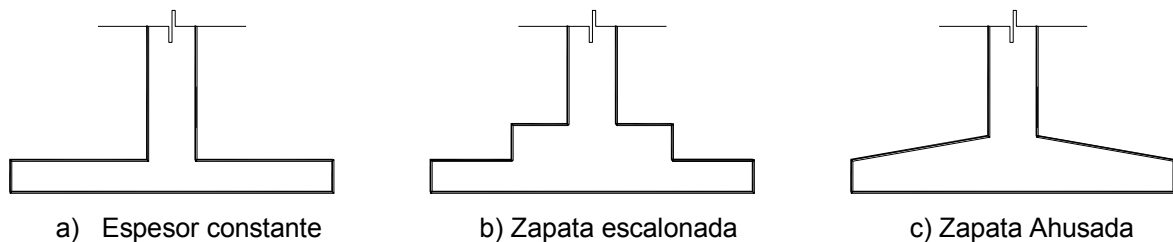


Fig. 4 (Clasificación por su geometría)

El costo de la mano de obra puede ser mayor al utilizar zapatas escalonadas o ahusadas, ya que es necesario hacer el colado en una sola etapa para garantizar una estructura monolítica y evitar zonas horizontales débiles a cortante.

A demás cuando se utilizan este tipo de zapatas, es necesario revisar los esfuerzos en más de una sección de la zapata⁵.

Antes de proceder al diseño de una zapata es necesario hacer Las siguientes consideraciones:

⁵ Diseño de Concreto Reforzado
Capítulo 11 Zapatas.
Jack C MacCormac
4ª Edición,
Alfa Omega, grupo editores S. A de C.V. 2002

a) Fuerza cortante en la losa de la zapata

Para la revisión del cortante hay dos condiciones que deben considerarse en las zapatas, independientemente de la forma de estas.

La primera es debido al cortante en un sentido o cortante de viga; la fuerza cortante (V_{u1}) que se toma a lo largo de las sección 1-1 es igual a la presión neta del suelo q_u multiplicada por área sombreada (Fig. No.5), el valor de V_{u1} si no se usan estribos es igual a:

$$V_{u1} = \phi V_c$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \cdot b \cdot d \quad \text{Ec. 11.3 (ACI 318 - 11)}$$

Y la altura máxima requerida (peralte):

$$d = \frac{6V_{u1}}{\sqrt{f'_c} \cdot b}$$

Donde

b = ancho total de la zapata

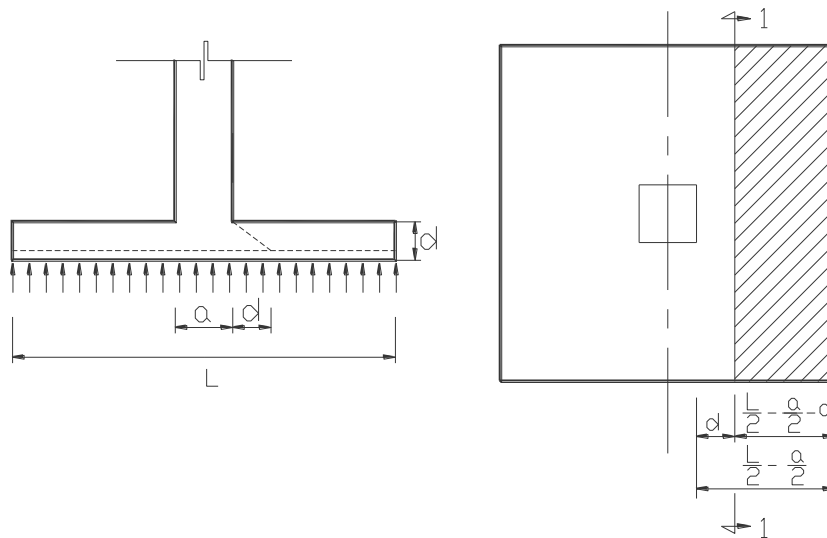


Fig. 5 (Fuerza cortante tipo viga)

La segunda condición de cortante es la del cortante en dos sentidos o por penetración; (Ver Fig. No 6). La carga de compresión de la columna

tiende a extenderse en la zapata, oponiéndose a la tensión diagonal en esa zona; una columna cuadrada tiende a perforar una porción de losa que tiene la forma de pirámide truncada.

El ACI establece que la sección crítica para el cortante por penetración se localiza a una distancia de $d/2$ de la cara de la columna.

La fuerza cortante V_{u2} consiste en toda la presión neta (q_u) hacia arriba sobre el área sombreada que se muestra en la fig.6, el perímetro alrededor del área penetrada se obtiene como: $b_0=4(a+d)$

La resistencia nominal al cortante por penetración V_c del concreto se especifica como el menor de los valores obtenidos con las siguientes ecuaciones del ACI⁵.

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_0 \cdot d}{3} \quad \text{Ec. 11.35 (ACI 318 - 11)}$$

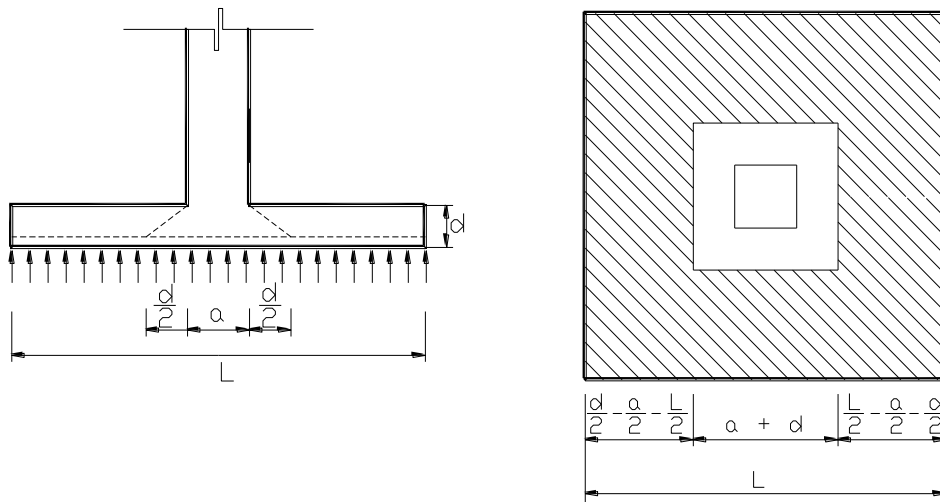


Fig. 6 (Cortante por penetración)

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_0 \cdot d}{6} \quad \text{Ec. 11.33 (ACI 318 - 11)}$$

Donde β es la relación de lado largo al lado corto de la columna, la carga concentrada o el área de reacción.

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2 \right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_0 \cdot d}{12} \quad \text{Ec. 11.34 (ACI 318 - 11)}$$

Donde α_s es igual a 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde y 20 para columnas de esquina.

Diversas pruebas realizadas han mostrado que cuando las losas de la zapata están sometidas a flexión en dos direcciones y el lado largo del área cargada es más de dos veces la longitud del lado corto, la resistencia obtenida con la expresión 11.35 puede ser demasiado grande⁵.

En las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en el capítulo referente a estructuras de concreto se establece las siguientes condiciones para el cortante que actúa en zapatas:

En elementos en los que el ancho b , no sea menor que cuatro veces el peralte efectivo d , el espesor no sea mayor de 600 mm y la relación M/Vd no exceda de 2.0 la fuerza resistente V_{CR} puede tomarse igual a:

$$0.5F_R b d \sqrt{F_c^*}$$

Si el espesor es mayor de 600 mm, o la relación M/Vd excede de 2.0 la resistencia a fuerza cortante se evaluara con las siguientes expresiones:

⁵ Diseño de Concreto Reforzado
Capítulo 11 Zapatas.
Jack C MacCormac
4ª Edición,
Alfa Omega, grupo editores S. A de C.V. 2002

$$\text{Si } p < 0.015 \quad V_{CR} = F_R bd(0.20 + 20p)\sqrt{f^* c}$$

$$\text{Si } p \geq 0.015 \quad V_{CR} = 0.5F_R bd\sqrt{f^* c}$$

Donde

M= momento flexionante que actúa en la sección

V= fuerza cortante que actúa en la sección

V_{CR} = fuerza cortante de diseño que toma el concreto

d= peralte efectivo

b= ancho de la sección

p= cuantía del refuerzo longitudinal a tensión

f^*c = resistencia nominal del concreto a compresión

b) Momentos flexionantes en la losa de la zapata

El momento externo en cualquier sección de una zapata debe determinarse pasando un plano vertical a través de la zapata y calculando el momento de las fuerzas que actúan sobre el área total de la zapata que quede a un lado de dicho plano vertical (Capítulo 15.4.1 ACI 318-11).

El momento flexionante en una zapata cuadrada es el mismo respecto a ambos ejes; sin embargo debe notarse que el peralte efectivo de la zapata no puede ser el mismo en las dos direcciones; el peralte efectivo usado en los cálculos podría ser el promedio para las dos direcciones⁵.

En el capítulo 15 del reglamento del ACI referente a momentos en zapatas, establece que los momentos factorizados (M_u) en zapatas aisladas se deben calcular para las secciones críticas localizadas como se indican a continuación:

- a) En la cara de la columna, pedestal o muro para zapatas que soportan una columna, pedestal o muro de concreto.
- b) En el punto medio entre el eje central y el borde del muro para zapatas que soportan muros de mampostería.
- c) En el punto medio entre la cara de la columna y el borde de la placa base de acero, para zapatas que soporten una columna con placa base de acero.

También en el ACI-318-11 en su artículo (15.4.3) establece que para zapatas cuadradas en una o en dos direcciones el acero de refuerzo debe distribuirse uniformemente a lo largo del ancho total de la zapata.

La losa de la zapata se considera resistente a momento flexionante cuando se cumple la siguiente condición:

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

Dónde:

M_u = Momento ultimo actuante.

M_n = Momento nominal

ϕ = Factor de reducción a flexión

1.3.2 Zapatas rectangulares aisladas

El procedimiento para el diseño de zapatas rectangulares es idéntico al diseño de zapatas cuadradas, después de calcular el área requerida así como las dimensiones laterales; los peraltes requeridos por cortante en un sentido o de viga y cortante por penetración se determinan con los métodos usuales⁵.

En el caso de Zapatas rectangulares el cortante de viga es el que controla el peralte de la zapata; mientras que el peralte por penetración controla el peralte de zapatas cuadradas.

El siguiente paso es seleccionar el refuerzo en la dirección larga, que se colocan con una separación uniforme; pero no es así para el refuerzo en la dirección corta. Como se muestra en la Fig. 7 el apoyo proporcionado por la zapata a la columna se concentra cerca de la mitad de la zapata; por lo que el momento en la dirección corta se concentra también en la misma área cercana a la columna⁵.

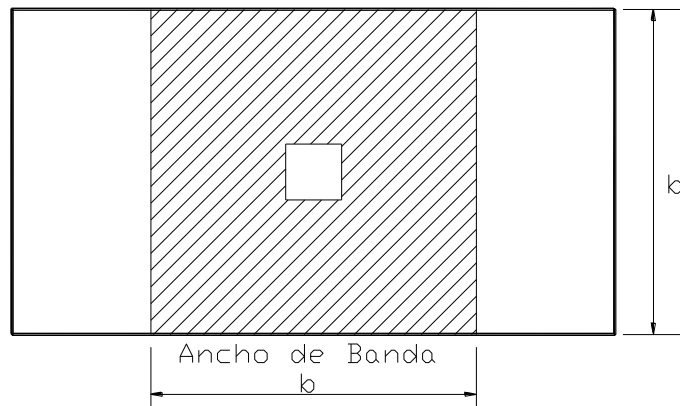


Fig. 7 (Zapata rectangular)

Como resultado del efecto de concentración lo lógico es también concentrar mayor porcentaje de acero de refuerzo en la dirección corta para esa zona⁵.

Para este caso el ACI en el capítulo 15 referente a momentos en zapatas y específicamente en el inciso (15.4.4.2) establece que: para el refuerzo en la dirección corta, una porción del refuerzo total $\gamma_s A_s$ debe distribuirse en forma uniforme sobre una franja (centrada con respecto al eje de la columna o pedestal) cuyo ancho sea igual a la longitud del lado corto de la zapata.

⁵ Diseño de Concreto Reforzado
Capítulo 11 Zapatas.
Jack C MacCormac
4ª Edición,
Alfa Omega, grupo editores S. A de C.V. 2002

El resto del refuerzo requerido en la sección corta $(1 - \gamma_s)A_s$ debe distribuirse uniformemente en las zonas que queden fuera de la franja central de la zapata.

La cantidad de refuerzo para este caso se determina con la siguiente expresión:

$$\gamma_s = \frac{2}{(\beta + 1)} \quad \text{Ec. 15.1 (ACI 318 - 11)}$$

Donde β es la relación del lado largo al lado corto de la zapata.

1.3.3. Zapatas rectangulares colindantes

Si la fuerza resultante en la base de la zapata se sitúa dentro del núcleo central; la zapata trabaja bajo carga axial y la distribución de esfuerzos en la base de la zapata son de compresión.

Si la fuerza resultante se sitúa fuera del núcleo central, la distribución de esfuerzos en la base de la zapata ya no serán solo de compresión, también existirá zonas con esfuerzos de tensión.

Si la excentricidad es grande, para el análisis de este tipo de zapatas ya no serán válidas las mismas ecuaciones que se emplean para zapatas cuadradas y rectangulares centrales

1.4 Métodos de análisis existentes para zapatas con carga axial y flexión

1.4.1 Zapatas con carga axial, método de análisis aplicando la teoría de Meyerhof

Empleando esta teoría y haciendo algunas consideraciones se obtiene un método simplificado que resulta práctico, este método de asume que la carga de hundimiento real de la cimentación bajo carga excéntrica es casi igual al del área efectiva bajo la misma carga pero centrada.

La carga se considera aplicada en el centro de gravedad de la zapata y la distribución de presiones de contacto entre la zapata y el suelo se considera uniforme para su análisis; aunque la distribución puede variar según las propiedades del suelo.

La capacidad de carga admisible se expresará como:

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

Donde

q = capacidad de carga admisible

P= carga axial (kg)

A = área de la zapata (cm²)

Se obtendrá el área de la zapata con la siguiente expresión:

$$A_z = \frac{P}{q_{adm}}$$

Este método se empleará únicamente para zapatas que soporten carga axial sin momentos.

1.4.2 Zapatas con flexión en una dirección

Se presenta cuando una zapata transmite una carga de servicio P con una excentricidad e , de modo que se produce un momento $M = P \cdot e$; en este caso puede analizarse la distribución de presiones asumiendo que presentan una variación lineal en la dirección L .

Para este caso se analizan dos condiciones:

- a) Cuando $e \leq L/6$, se presenta compresión bajo toda el área de la zapata y la presión máxima se obtiene con las siguientes expresiones:

$$q_{\max} = \frac{P}{B \cdot L} + \frac{6 \cdot e \cdot P}{B \cdot L^2} = \frac{P}{B \cdot L} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{L} \right)$$

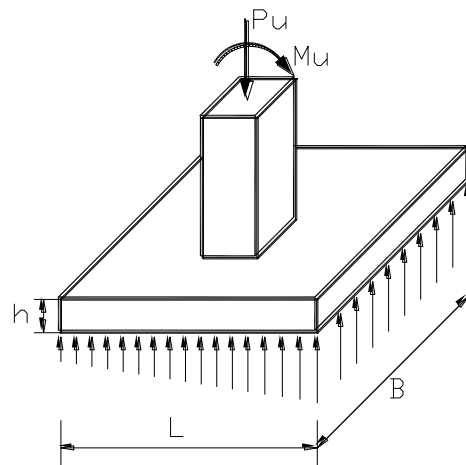
$$q_{\min} = \frac{P}{B \cdot L} - \frac{6 \cdot e \cdot P}{B \cdot L^2} = \frac{P}{B \cdot L} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{L} \right)$$

- b) Cuando la excentricidad es mayor que un sexto de ancho de la zapata ($e > L/6$), una parte de esta se encuentra exenta de presiones y para garantizar su estabilidad se debe cumplir con la siguiente condición:

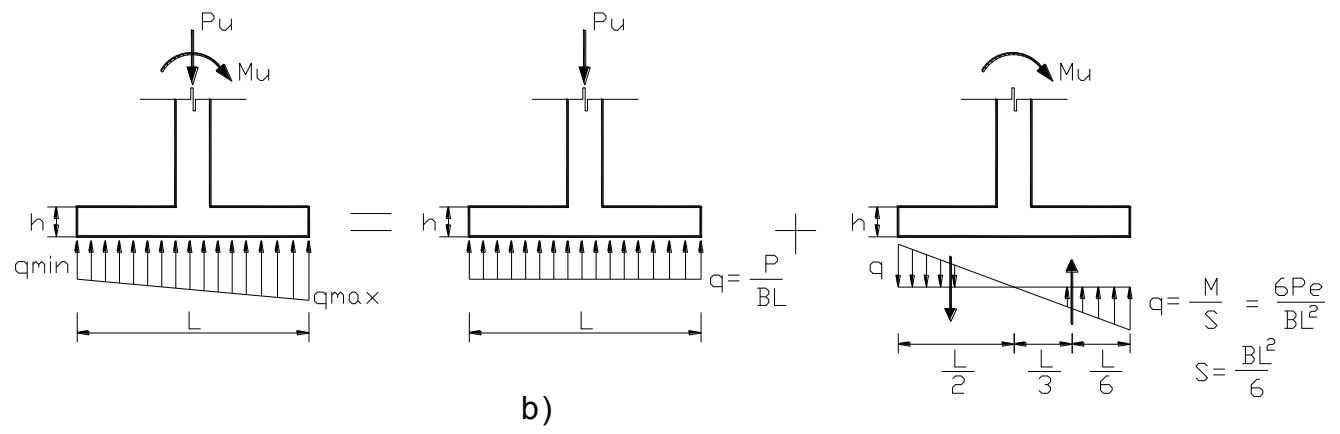
$$P = \frac{3 \cdot q \cdot m \cdot B}{2}$$

Despejando q se tiene: $q = \frac{2 \cdot P}{3 \cdot m \cdot B}$

Donde $m = \frac{L}{2} - e$



a)



b)

Fig. 8 (Zapatas con flexión uniaxial cuando $e < L/6$)

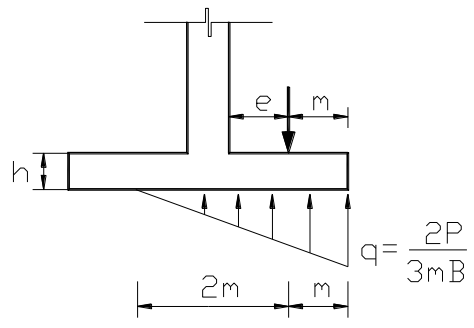


Fig. 9 (Zapatas con flexión uniaxial cuando $e > L/6$)

1.4.3 Zapatas con flexión biaxial

Cuando se trabaja con una cimentación que transmite una carga excéntrica P y dos momentos, uno en cada dirección, según los ejes de la zapata, Por la teoría de Meyerhof nos indica que la carga de hundimiento de la cimentación real bajo carga excéntrica es casi igual a la del área efectiva bajo la misma carga centrada (Mush y Weib 1969).

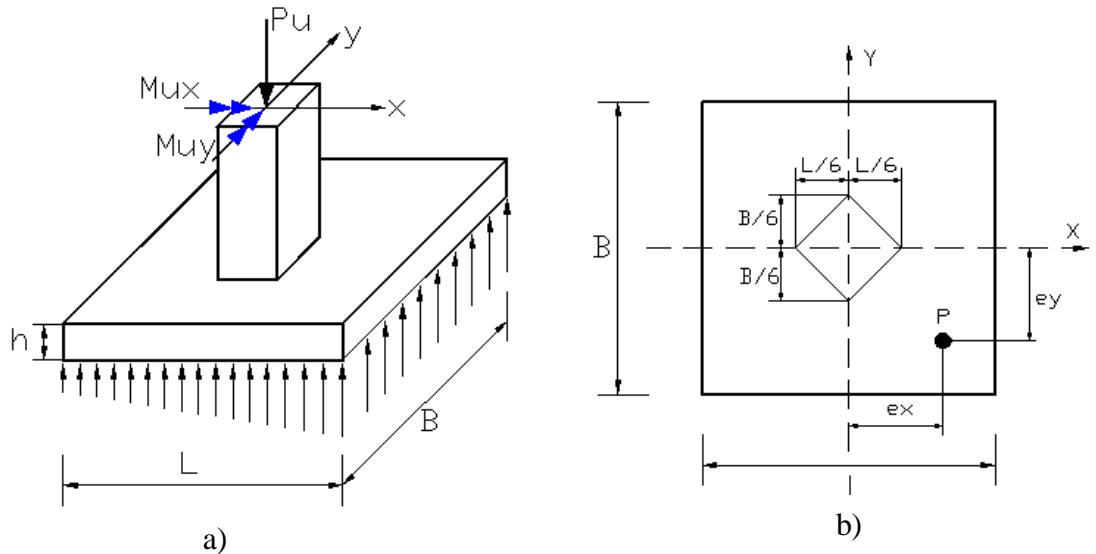


Fig. 10 (Zapatas con flexión biaxial)

Como se observa en la figura 10b la carga de servicio P actúa a la distancia e_x del eje "Y", e_y del eje "X" de modo que:

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

Si $e_x \leq L/6$ y $e_y \leq B/6$ toda la superficie bajo la zapata estará sometida a compresión con una distribución de presiones en forma de prisma rectangular truncado, como se muestra en la figura 10a.

La distribución de presiones debajo de la zapata se puede expresar como:

$$q = \frac{P}{BL} \left(1 \pm \frac{6e_x}{L} \pm \frac{6e_y}{B} \right) < q_a$$

Para facilitar la solución se supone que $q = q_a$

La forma de proceder es verificar la excentricidad máxima permitida para que no se presenten esfuerzos de tensión en el suelo y a demás verificar que los esfuerzos máximos, que siempre se presentarán en una esquina, no sobrepasen el esfuerzo admisible del suelo.

Con esta recomendación despejaríamos e para un valor de σ mínimo igual a cero.

$$\left(1 - \frac{6 \cdot e}{L} \right) = 0 \qquad e_{\max} = \frac{L}{6}$$

Si se conoce e , se puede determinar L mínimo y de ahí el ancho de la zapata con el σ máximo permisible del suelo.

CAPITULO II.

Análisis de zapatas cuadradas centrales bajo condiciones de flexo-compresión biaxial para la elaboración de gráficas de interacción.

2.1 Variables y métodos de análisis para zapatas aisladas cuadradas.

Como se mencionó en el capítulo anterior, las zapatas aisladas comúnmente se utilizan para transmitir la carga concentrada de una columna a la capa resistente del terreno.

Para el análisis se deberá considerar todas las acciones a la cual va a estar sometida la cimentación; estas acciones se consideran variables porque dependen del tipo de estructura y de las características del suelo o zona donde se va a construir.

Las acciones a las cuales está sometida una zapata pueden ser: carga axial; carga axial y momento, o una combinación de carga axial y dos momentos (flexo compresión biaxial).

Además se deberá considerar las características del suelo principalmente la capacidad de carga admisible ya que son parámetros que intervienen directamente en el dimensionamiento de la zapata.

En cuanto a su forma de trabajo, una zapata aislada puede trabajar como zapata central, zapata colindante o zapata de esquina, que nuevamente su forma de trabajo estará condicionada a las características geométricas de la estructura.

2.1.1 Variables y modelos de análisis para zapatas cuadradas con carga axial.

Para aplicar este método en el análisis de zapatas cuadradas que trabajan a carga axial, se tomarán tres intervalos de capacidad de carga última del terreno, así como las magnitudes de las cargas actuantes con las siguientes condiciones:

Se plantea tres intervalos para el análisis; considerando las siguientes variables:

- a) Capacidad de carga (q_{adm}) a nivel de desplante
- b) Nivel de desplante (h_d)
- c) Peso volumétrico del material de relleno
- d) Intervalo de carga axial a considerar
- e) Resistencia a compresión del concreto

Las variables planteadas serán la base para el planteamiento de análisis de zapatas a flexocompresión biaxial, ya que generalmente las zapatas no trabajan solamente a carga axial; existe una excentricidad por mínima que esta sea.

2. Variables y métodos de análisis para zapatas aisladas cuadradas bajo condiciones de flexocompresión biaxial

Método de análisis aplicando la teoría elástico lineal

Cuando una cimentación transmite una carga excéntrica P y dos momentos, uno en cada dirección, según los ejes de la zapata, la distribución de presiones bajo la zapata no es uniforme, lo que hace más difícil obtener una presión neta última con la cual diseñar la zapata.

Esta zapatas trabajarán a carga axial y a momentos que actúan sobre los ejes X y Y , la distancia a que actúa la carga axial P de cada uno de los ejes se obtendrá con las formulas:

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

Si $e_x \leq L/6$ y $e_y \leq B/6$ toda la superficie bajo la zapata estará sometida a compresión con una distribución de presiones en forma de prisma rectangular truncado.

La presión de contacto en este caso se obtendrá aplicando la siguiente expresión:

$$q_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{M_x \cdot C_x}{I_x} + \frac{M_y \cdot C_y}{I_y}$$
$$q_{\min} = \frac{P}{A} - \frac{M_x \cdot C_x}{I_x} - \frac{M_y \cdot C_y}{I_y}$$

En términos de excentricidades las ecuaciones anteriores se expresarían como:

$$q_{\max} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6 \cdot e_x}{l_x} + 6 \cdot \frac{e_y}{l_y} \right)$$

$$q_{\min} = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6 \cdot e_x}{l_x} - \frac{6 \cdot e_y}{l_y} \right)$$

Se deberá verificar las excentricidades máximas permitidas para que no se presenten esfuerzos de tensión en el suelo, además de verificar que los esfuerzos máximos no sobrepasen la capacidad de carga admisible del suelo.

Por lo tanto si despejamos e para un esfuerzo mínimo igual a cero, se tendría:

$$1 - \frac{6 \cdot e}{L} = 0 \qquad e_{\max} = \frac{L}{6}$$

Conociendo el valor de e se pueden obtener las dimensiones de la zapata.

Para aplicar este método en el análisis de zapatas cuadradas se tomarán tres intervalos de capacidad de carga del terreno, así como las magnitudes de las cargas actuantes con las siguientes condiciones:

- 1) Zapatas desplantadas en terrenos con capacidad de carga baja de 4 a 8 T/m²
- 2) Zapatas desplantadas en terrenos con capacidad de carga media, de 10 a 14 T/m²
- 3) Zapatas desplantadas sobre terrenos con capacidad de carga alta, de 16 a 20 T/m².

2.2.1 Dimensiones y porcentajes de acero para zapatas desplantadas sobre suelo con capacidad de carga baja

Para la cual se harán las siguientes consideraciones:

- a) Capacidad de carga (q_{adm}) a nivel de desplante de 4 T/m² a 8 T/m².
- b) Nivel de desplante (h_d) de 1.0 m a 1.5 m
- c) Peso volumétrico del material de relleno $\gamma = 1.7$ Ton/m³
- d) Intervalo de carga axial a considerar: de 2 a 20 Ton
- e) Dimensión mínima de dado a considerar: 30 cm.
- f) Concreto con resistencia a compresión $f'_c = 250$ kg/cm²

Con las condiciones planteadas y las variables que intervienen, se procede a obtener las tablas de dimensiones, peraltes y porcentajes de acero para cada capacidad de carga mencionada y para cada intervalo de valores mencionado, para posteriormente elaborar las gráficas finales para prediseño de zapatas a flexocompresión biaxial.

TABLA 2.1 AREAS PARA ZAPATAS CUADRADAS SOMETIDAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL, DESPLANTADA EN ZONA CON CAPACIDAD DE CARGA qadm =6 t/m2																			
carga axial (ton)	EXCENTRICIDADES MAYORES EN METROS																		
	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075	0.085	0.095	0.105	0.115	0.125	0.135	0.145	0.155	0.165	0.175	0.185	0.195	0.205
2	0.58	0.65	0.71	0.77	0.84	0.90	0.96	1.03	1.09	1.15	1.22	1.28	1.34	1.41	1.47	1.53	1.60	1.66	1.72
4	1.17	1.29	1.42	1.55	1.67	1.80	1.93	2.05	2.18	2.31	2.43	2.56	2.68	2.81	2.94	3.06	3.19	3.32	3.44
6	1.69	1.84	2.00	2.15	2.31	2.46	2.62	2.77	2.93	3.08	3.24	3.39	3.55	3.70	3.85	4.01	4.16	4.32	4.47
8	2.20	2.38	2.56	2.73	2.91	3.09	3.27	3.45	3.63	3.81	3.99	4.16	4.34	4.52	4.70	4.88	5.06	5.24	5.42
10	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90	5.10	5.30	5.50	5.70	5.90	6.10	6.30
12	3.21	3.42	3.64	3.86	4.08	4.30	4.52	4.74	4.96	5.18	5.40	5.61	5.83	6.05	6.27	6.49	6.71	6.93	7.15
14	3.70	3.94	4.18	4.41	4.65	4.89	5.12	5.36	5.60	5.83	6.07	6.31	6.54	6.78	7.02	7.25	7.49	7.73	7.96
16	4.20	4.45	4.71	4.96	5.21	5.47	5.72	5.97	6.22	6.48	6.73	6.98	7.24	7.49	7.74	8.00	8.25	8.50	8.75
18	4.70	4.96	5.23	5.50	5.77	6.04	6.31	6.57	6.84	7.11	7.38	7.65	7.92	8.18	8.45	8.72	8.99	9.26	9.53
20	5.19	5.47	5.76	6.04	6.32	6.60	6.89	7.17	7.45	7.73	8.02	8.30	8.58	8.87	9.15	9.43	9.71	10.00	10.28
	0.012	0.022	0.032	0.042	0.052	0.062	0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122	0.132	0.142	0.152	0.162	0.172	0.182	0.192
EXCENTRICIDADES MENORES EN METROS																			

AREA ZAPATA EN M2

TABLA 2.2 DIMENSIONES PARA ZAPATAS CUADRADAS SOMETIDAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL, DESPLANTADA EN ZONA CON CAPACIDAD DE CARGA qadm =6 t/m2																			
carga axial (ton)	EXCENTRICIDADES MAYORES EN METROS																		
	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075	0.085	0.095	0.105	0.115	0.125	0.135	0.145	0.155	0.165	0.175	0.185	0.195	0.205
2	0.76	0.80	0.84	0.88	0.91	0.95	0.98	1.01	1.04	1.07	1.10	1.13	1.16	1.19	1.21	1.24	1.26	1.29	1.31
4	1.08	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.43	1.48	1.52	1.56	1.60	1.64	1.68	1.71	1.75	1.79	1.82	1.86
6	1.30	1.36	1.41	1.47	1.52	1.57	1.62	1.66	1.71	1.76	1.80	1.84	1.88	1.92	1.96	2.00	2.04	2.08	2.12
8	1.48	1.54	1.60	1.65	1.71	1.76	1.81	1.86	1.90	1.95	2.00	2.04	2.08	2.13	2.17	2.21	2.25	2.29	2.33
10	1.64	1.70	1.76	1.82	1.87	1.92	1.98	2.03	2.07	2.12	2.17	2.21	2.26	2.30	2.35	2.39	2.43	2.47	2.51
12	1.79	1.85	1.91	1.97	2.02	2.07	2.13	2.18	2.23	2.28	2.32	2.37	2.42	2.46	2.50	2.55	2.59	2.63	2.67
14	1.92	1.99	2.04	2.10	2.16	2.21	2.26	2.32	2.37	2.42	2.46	2.51	2.56	2.60	2.65	2.69	2.74	2.78	2.82
16	2.05	2.11	2.17	2.23	2.28	2.34	2.39	2.44	2.49	2.55	2.59	2.64	2.69	2.74	2.78	2.83	2.87	2.92	2.96
18	2.17	2.23	2.29	2.35	2.40	2.46	2.51	2.56	2.62	2.67	2.72	2.77	2.81	2.86	2.91	2.95	3.00	3.04	3.09
20	2.28	2.34	2.40	2.46	2.51	2.57	2.62	2.68	2.73	2.78	2.83	2.88	2.93	2.98	3.02	3.07	3.12	3.16	3.21
	0.012	0.022	0.032	0.042	0.052	0.062	0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122	0.132	0.142	0.152	0.162	0.172	0.182	0.192
EXCENTRICIDADES MENORES EN METROS																			

DIMENSIONES ZAPATA CUADRADA (M)

TABLA 2. 3 PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS SOMETIDAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL, DESPLANTADA EN ZONA CON CAPACIDAD DE CARGA qadm =6 t/m2																			
carga axial (ton)	EXCENTRICIDADES MAYORES EN METROS																		
	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075	0.085	0.095	0.105	0.115	0.125	0.135	0.145	0.155	0.165	0.175	0.185	0.195	0.205
2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
8	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
12	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
16	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
18	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	0.012	0.022	0.032	0.042	0.052	0.062	0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122	0.132	0.142	0.152	0.162	0.172	0.182	0.192
EXCENTRICIDADES MENORES EN METROS																			

PERALTE h PARA ZAPATAS CUADRADAS (CM)

TABLA 2. 4 PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL, DESPLANTADA EN ZONA CON CAPACIDAD DE CARGA qadm =6 t/m2																			
carga axial (ton)	EXCENTRICIDADES MAYORES EN METROS																		
	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075	0.085	0.095	0.105	0.115	0.125	0.135	0.145	0.155	0.165	0.175	0.185	0.195	0.205
2	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
4	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
6	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
8	0.00264	0.00264	0.00266	0.00272	0.00278	0.00283	0.00288	0.00292	0.00296	0.00300	0.00304	0.00307	0.00310	0.00314	0.00316	0.00319	0.00322	0.00324	0.00327
10	0.00342	0.00350	0.00357	0.00364	0.00370	0.00376	0.00382	0.00387	0.00391	0.00396	0.00400	0.00404	0.00408	0.00411	0.00414	0.00418	0.00421	0.00424	0.00426
12	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
14	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
16	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00266	0.00269	0.00271	0.00274	0.00276	0.00278	0.00280	0.00282	0.00284	0.00286	0.00287	0.00289	0.00290	0.00292	0.00293
18	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
20	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
	0.012	0.022	0.032	0.042	0.052	0.062	0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122	0.132	0.142	0.152	0.162	0.172	0.182	0.192
EXCENTRICIDADES MENORES EN METROS																			

PORCENTAJE DE ACERO

TABLA 2.5 AREAS PARA ZAPATAS CUADRADAS SOMETIDAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL, DESPLANTADA EN ZONA CON CAPACIDAD DE CARGA qadm =8 t/m2																			
carga axial	EXCENTRICIDADES MAYORES EN METROS																		
(ton)	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075	0.085	0.095	0.105	0.115	0.125	0.135	0.145	0.155	0.165	0.175	0.185	0.195	0.205
2	0.49	0.57	0.65	0.73	0.80	0.88	0.96	1.04	1.11	1.19	1.27	1.35	1.42	1.50	1.58	1.65	1.73	1.81	1.89
4	0.90	1.01	1.12	1.23	1.34	1.45	1.56	1.67	1.78	1.89	2.00	2.11	2.22	2.33	2.44	2.55	2.65	2.76	2.87
6	1.30	1.43	1.57	1.70	1.83	1.97	2.10	2.24	2.37	2.51	2.64	2.77	2.91	3.04	3.18	3.31	3.44	3.58	3.71
8	1.69	1.84	2.00	2.15	2.31	2.46	2.62	2.77	2.93	3.08	3.24	3.39	3.55	3.70	3.85	4.01	4.16	4.32	4.47
10	2.07	2.24	2.42	2.59	2.76	2.94	3.11	3.28	3.46	3.63	3.80	3.98	4.15	4.32	4.49	4.67	4.84	5.01	5.19
12	2.45	2.64	2.83	3.02	3.21	3.40	3.59	3.78	3.97	4.16	4.35	4.54	4.73	4.92	5.11	5.30	5.49	5.68	5.87
14	2.83	3.03	3.24	3.44	3.65	3.85	4.06	4.26	4.47	4.67	4.88	5.08	5.29	5.49	5.70	5.90	6.11	6.31	6.52
16	3.21	3.42	3.64	3.86	4.08	4.30	4.52	4.74	4.96	5.18	5.40	5.61	5.83	6.05	6.27	6.49	6.71	6.93	7.15
18	3.58	3.81	4.04	4.28	4.51	4.74	4.97	5.21	5.44	5.67	5.90	6.14	6.37	6.60	6.83	7.06	7.30	7.53	7.76
20	3.95	4.20	4.44	4.69	4.93	5.18	5.42	5.67	5.91	6.16	6.40	6.65	6.89	7.14	7.38	7.63	7.87	8.12	8.36
	0.012	0.022	0.032	0.042	0.052	0.062	0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122	0.132	0.142	0.152	0.162	0.172	0.182	0.192
EXCENTRICIDADES MENORES EN METROS																			

AREA ZAPATA EN M2

TABLA 2.6 DIMENSIONES PARA ZAPATAS CUADRADAS SOMETIDAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL, DESPLANTADA EN ZONA CON CAPACIDAD DE CARGA qadm =8 t/m2																			
carga axial	EXCENTRICIDADES MAYORES EN METROS																		
(ton)	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075	0.085	0.095	0.105	0.115	0.125	0.135	0.145	0.155	0.165	0.175	0.185	0.195	0.205
2	0.70	0.76	0.81	0.85	0.90	0.94	0.98	1.02	1.05	1.09	1.13	1.16	1.19	1.22	1.26	1.29	1.32	1.35	1.37
4	0.95	1.01	1.06	1.11	1.16	1.20	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.45	1.49	1.53	1.56	1.60	1.63	1.66	1.70
6	1.14	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.54	1.58	1.62	1.67	1.71	1.74	1.78	1.82	1.86	1.89	1.93
8	1.30	1.36	1.41	1.47	1.52	1.57	1.62	1.66	1.71	1.76	1.80	1.84	1.88	1.92	1.96	2.00	2.04	2.08	2.12
10	1.44	1.50	1.55	1.61	1.66	1.71	1.76	1.81	1.86	1.90	1.95	1.99	2.04	2.08	2.12	2.16	2.20	2.24	2.28
12	1.57	1.63	1.68	1.74	1.79	1.84	1.89	1.94	1.99	2.04	2.09	2.13	2.17	2.22	2.26	2.30	2.34	2.38	2.42
14	1.68	1.74	1.80	1.86	1.91	1.96	2.01	2.06	2.11	2.16	2.21	2.25	2.30	2.34	2.39	2.43	2.47	2.51	2.55
16	1.79	1.85	1.91	1.97	2.02	2.07	2.13	2.18	2.23	2.28	2.32	2.37	2.42	2.46	2.50	2.55	2.59	2.63	2.67
18	1.89	1.95	2.01	2.07	2.12	2.18	2.23	2.28	2.33	2.38	2.43	2.48	2.52	2.57	2.61	2.66	2.70	2.74	2.79
20	1.99	2.05	2.11	2.17	2.22	2.28	2.33	2.38	2.43	2.48	2.53	2.58	2.63	2.67	2.72	2.76	2.81	2.85	2.89
	0.012	0.022	0.032	0.042	0.052	0.062	0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122	0.132	0.142	0.152	0.162	0.172	0.182	0.192
EXCENTRICIDADES MENORES EN METROS																			

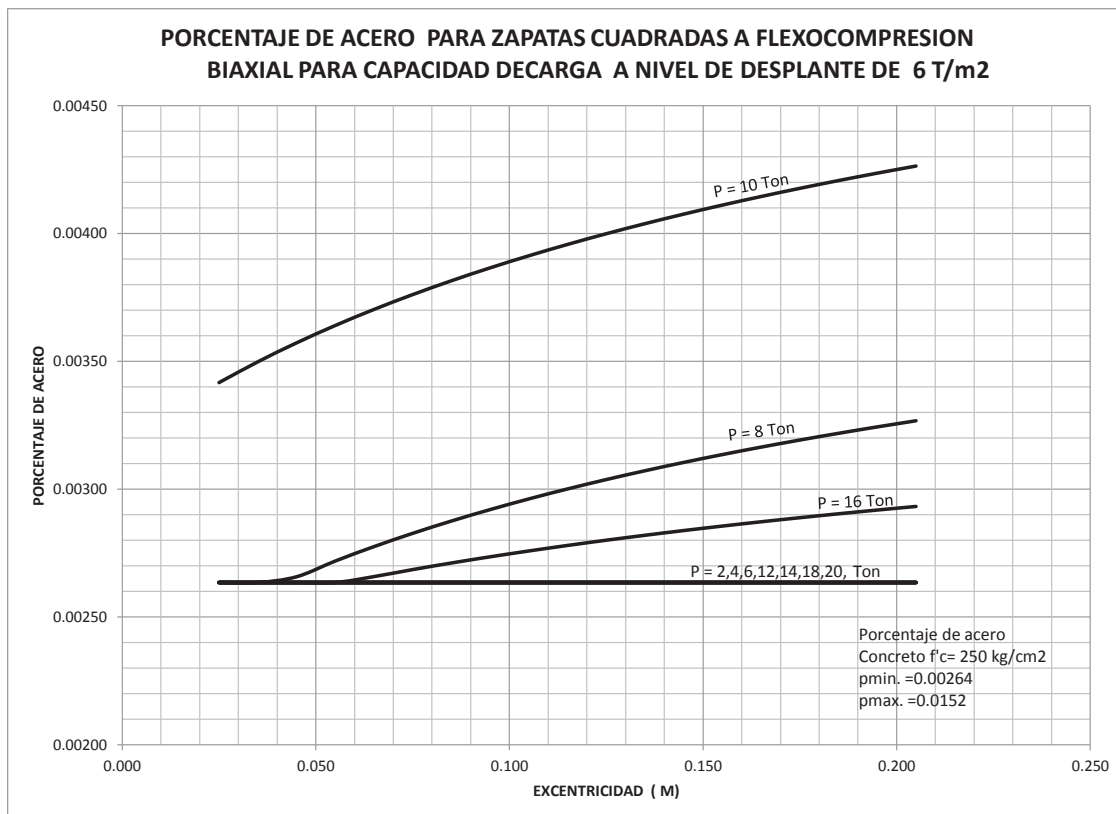
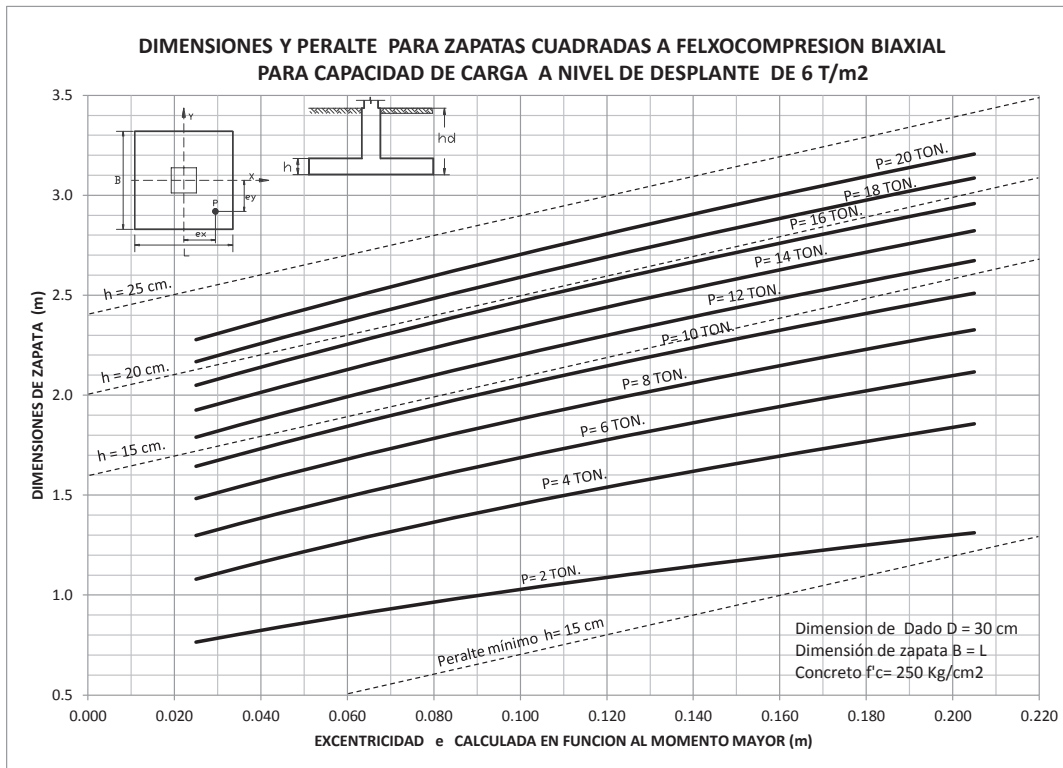
DIMENSIONES ZAPATA CUADRADA (M)

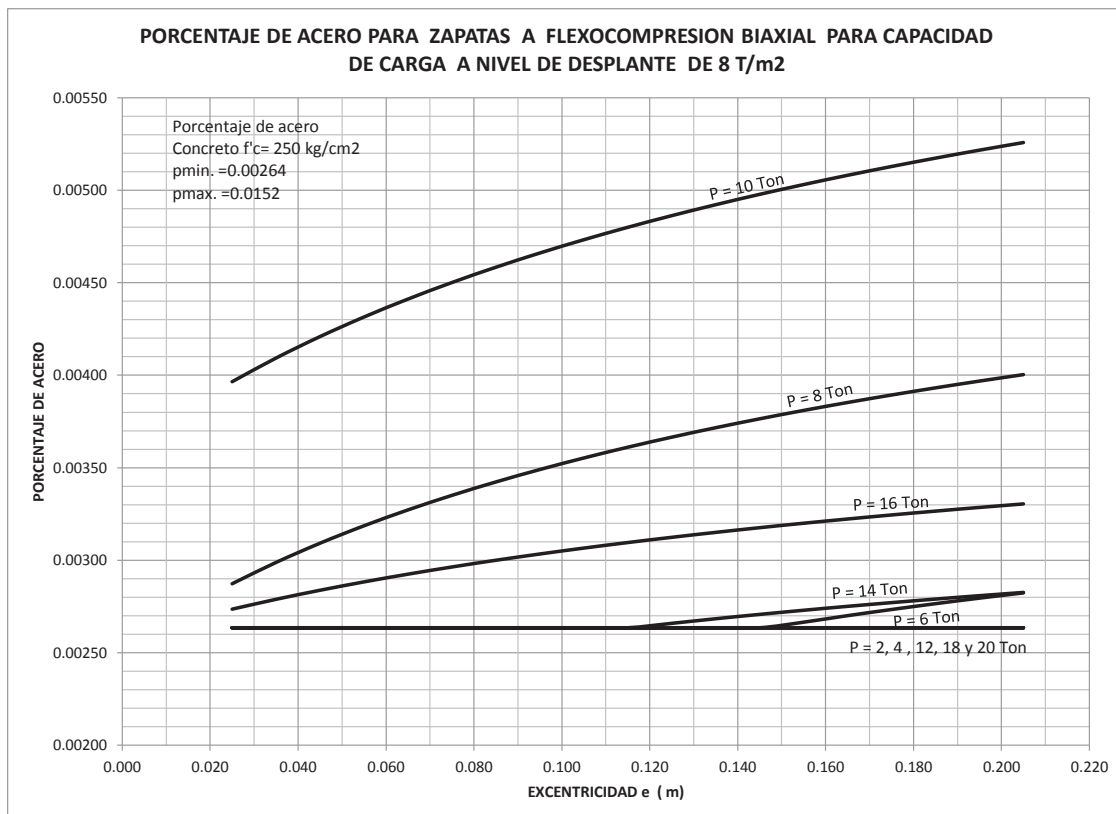
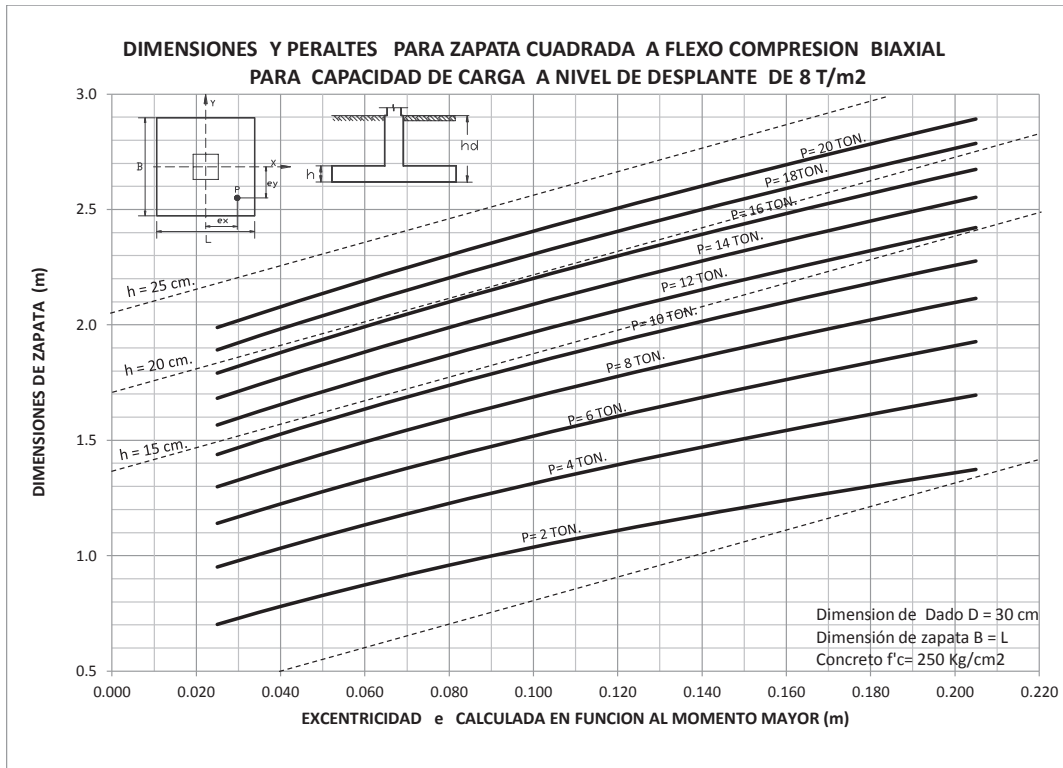
TABLA 2. 7 PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS SOMETIDAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL, DESPLANTADA EN ZONA CON CAPACIDAD DE CARGA qadm =8 t/m2																			
carga axial (ton)	EXCENTRICIDADES MAYORES EN METROS																		
	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075	0.085	0.095	0.105	0.115	0.125	0.135	0.145	0.155	0.165	0.175	0.185	0.195	0.205
2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
8	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
12	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
16	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
18	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	0.012	0.022	0.032	0.042	0.052	0.062	0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122	0.132	0.142	0.152	0.162	0.172	0.182	0.192
EXCENTRICIDADES MENORES EN METROS																			

PERALTE h PARA ZAPATAS CUADRADAS (CM)

TABLA 2. 8 PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL, DESPLANTADA EN ZONA CON CAPACIDAD DE CARGA qadm =8 t/m2																			
carga axial (ton)	EXCENTRICIDADES MAYORES EN METROS																		
	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.075	0.085	0.095	0.105	0.115	0.125	0.135	0.145	0.155	0.165	0.175	0.185	0.195	0.205
2	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
4	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
6	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00267	0.00270	0.00273	0.00277	0.00280	0.00282
8	0.00287	0.00299	0.00309	0.00319	0.00327	0.00335	0.00342	0.00349	0.00355	0.00361	0.00367	0.00372	0.00376	0.00381	0.00385	0.00389	0.00393	0.00397	0.00400
10	0.00397	0.00409	0.00421	0.00431	0.00441	0.00450	0.00458	0.00466	0.00473	0.00480	0.00486	0.00492	0.00498	0.00503	0.00508	0.00513	0.00517	0.00522	0.00526
12	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
14	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00266	0.00268	0.00271	0.00273	0.00275	0.00277	0.00279	0.00281	0.00283
16	0.00274	0.00279	0.00284	0.00288	0.00292	0.00296	0.00300	0.00303	0.00307	0.00310	0.00312	0.00315	0.00318	0.00320	0.00322	0.00324	0.00327	0.00329	0.00330
18	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
20	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
	0.012	0.022	0.032	0.042	0.052	0.062	0.072	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122	0.132	0.142	0.152	0.162	0.172	0.182	0.192
EXCENTRICIDADES MENORES EN METROS																			

PORCENTAJE DE ACERO





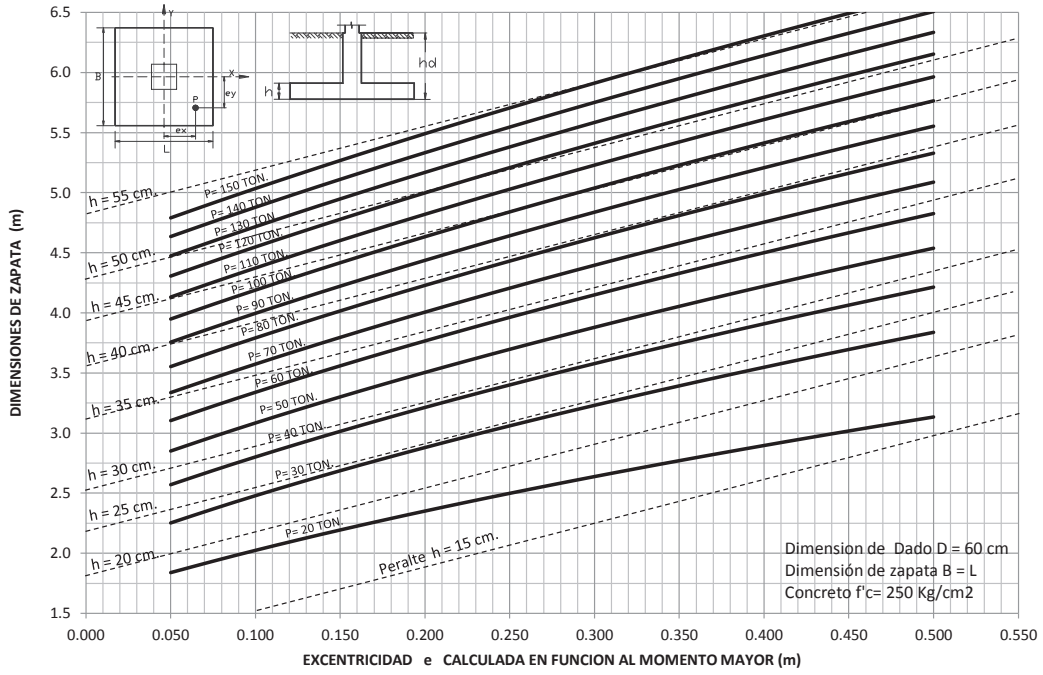
2.2.2 Dimensiones y porcentajes de acero para zapatas desplantadas sobre suelo con capacidad de carga media

Para la cual se harán las siguientes consideraciones:

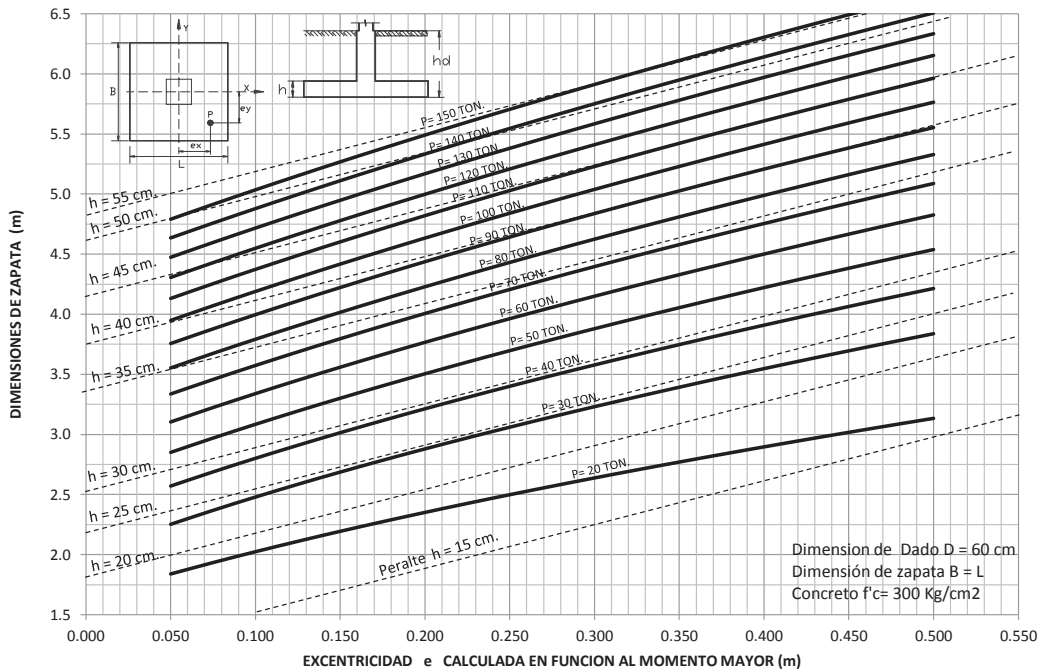
- a) Capacidad de carga (q_{adm}) a nivel de desplante de 10 a 14 T/m²
- b) Nivel de desplante (h_d) de 1.5 m a 1.8 m
- c) Peso volumétrico del material de relleno $\gamma = 1.7$ Ton/m³
- d) Intervalo de carga axial a considerar: 25 a 145 Ton.
- e) Dimensión mínima de dado a considerar: 60 cm
- f) Concreto con resistencia a compresión $f'_c = 250$ a 300 kg/cm²

Con las condiciones planteadas y las variables que intervienen, se procede a obtener las tablas de dimensiones, peraltes y porcentajes de acero para cada capacidad de carga mencionada y para cada intervalo de valores mencionado, para posteriormente elaborar las gráficas finales para prediseño de zapatas a flexocompresión biaxial.

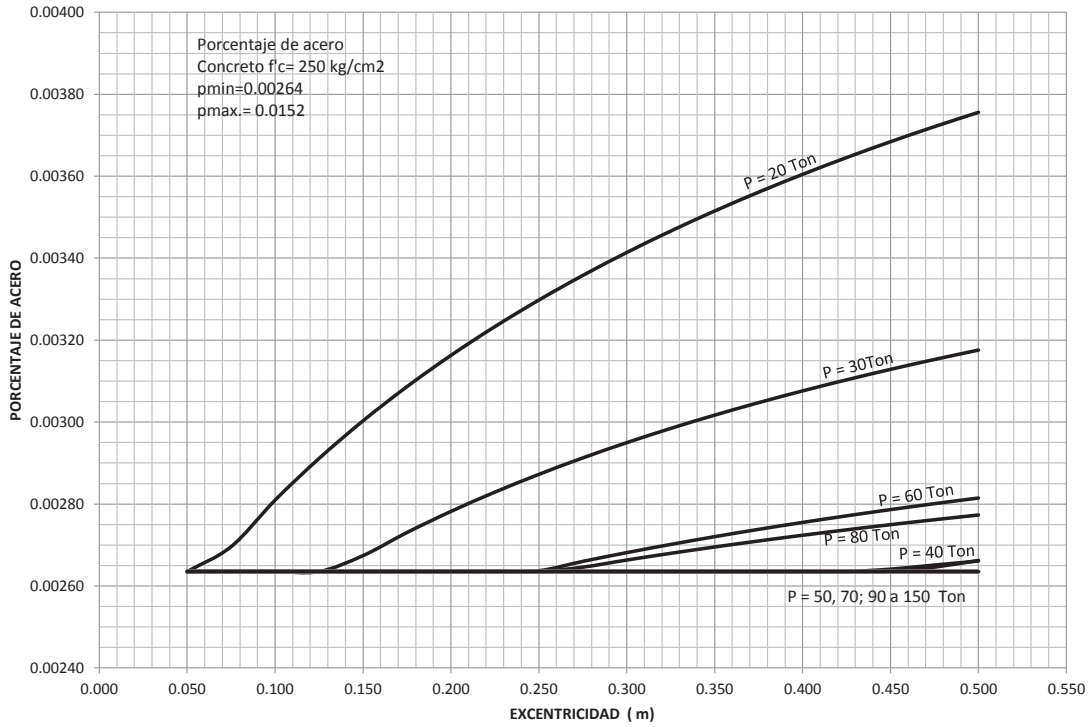
**DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL
PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²**



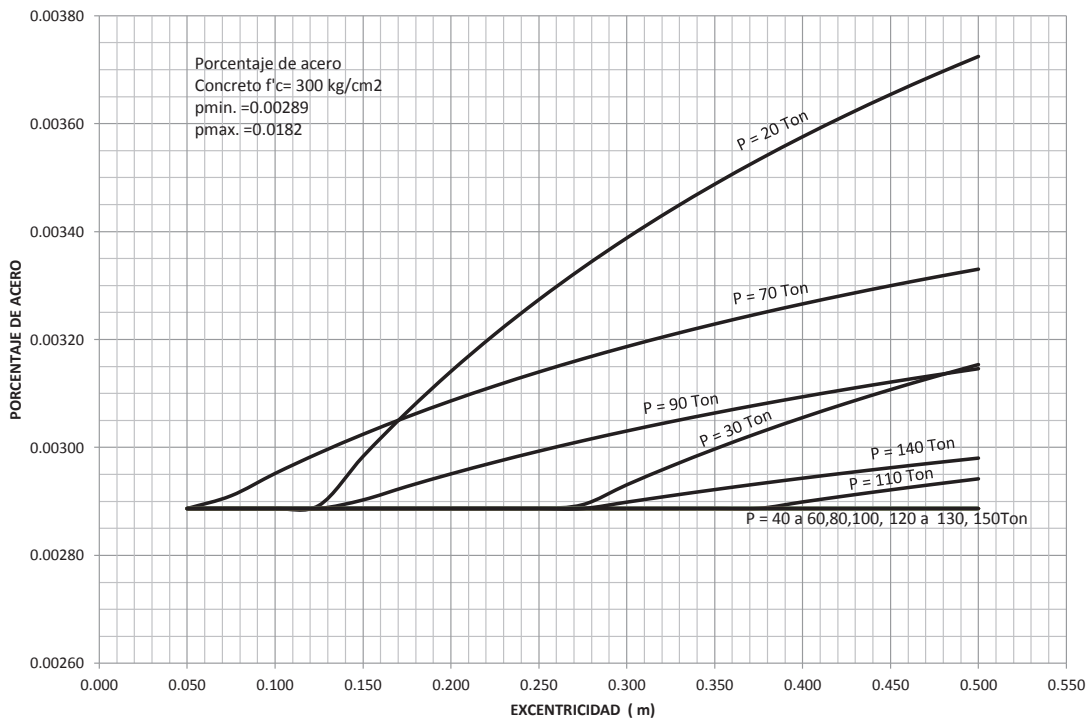
**DIMENSIONES Y PERALTE PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL
PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²**



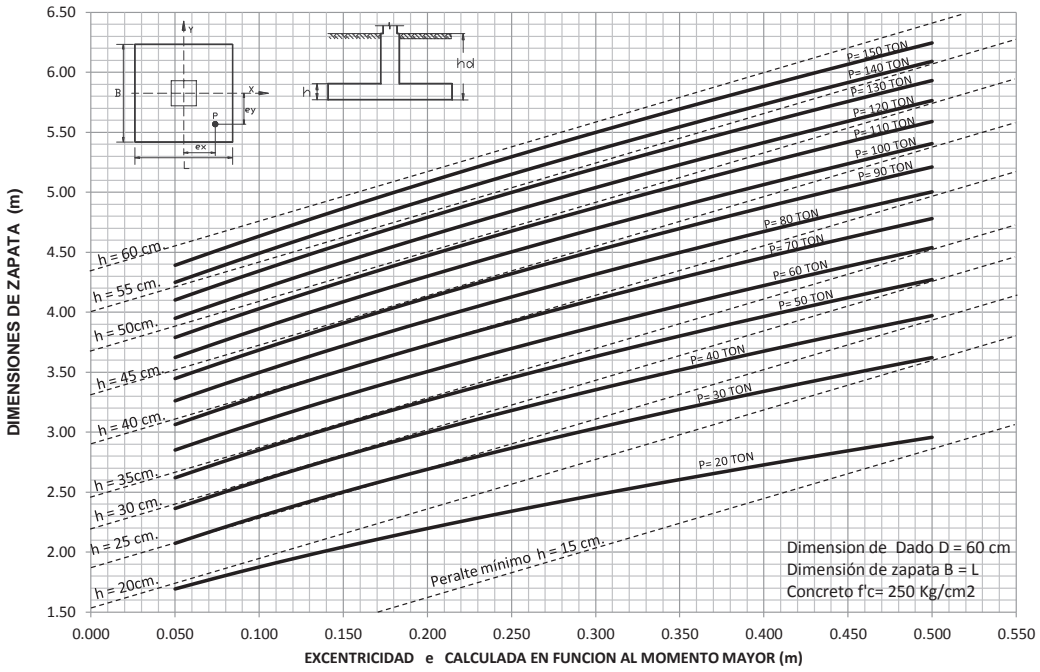
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²



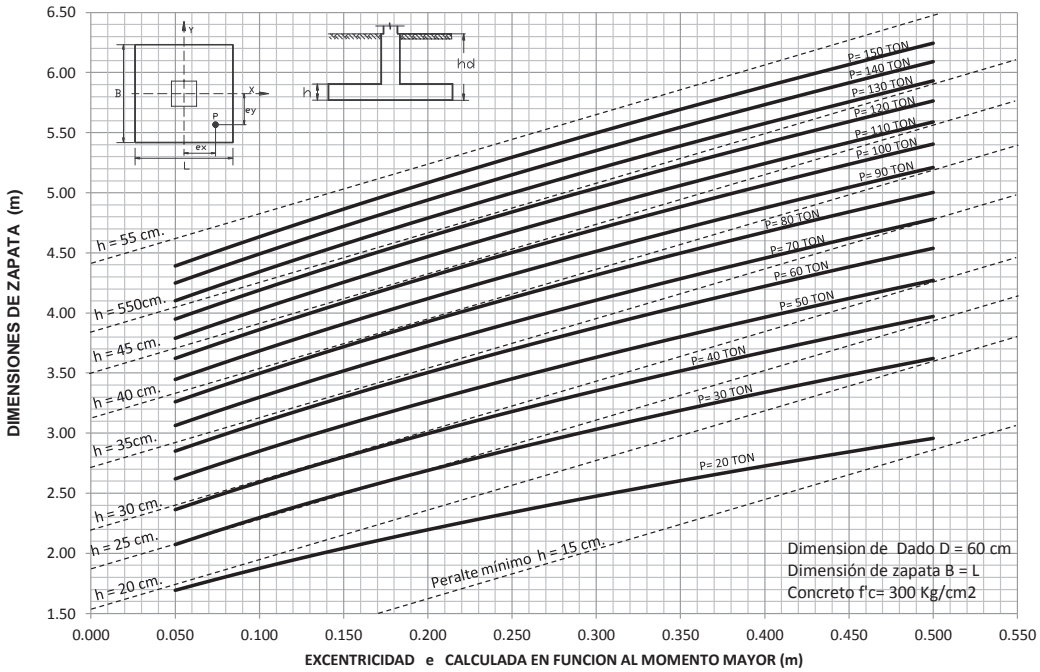
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²



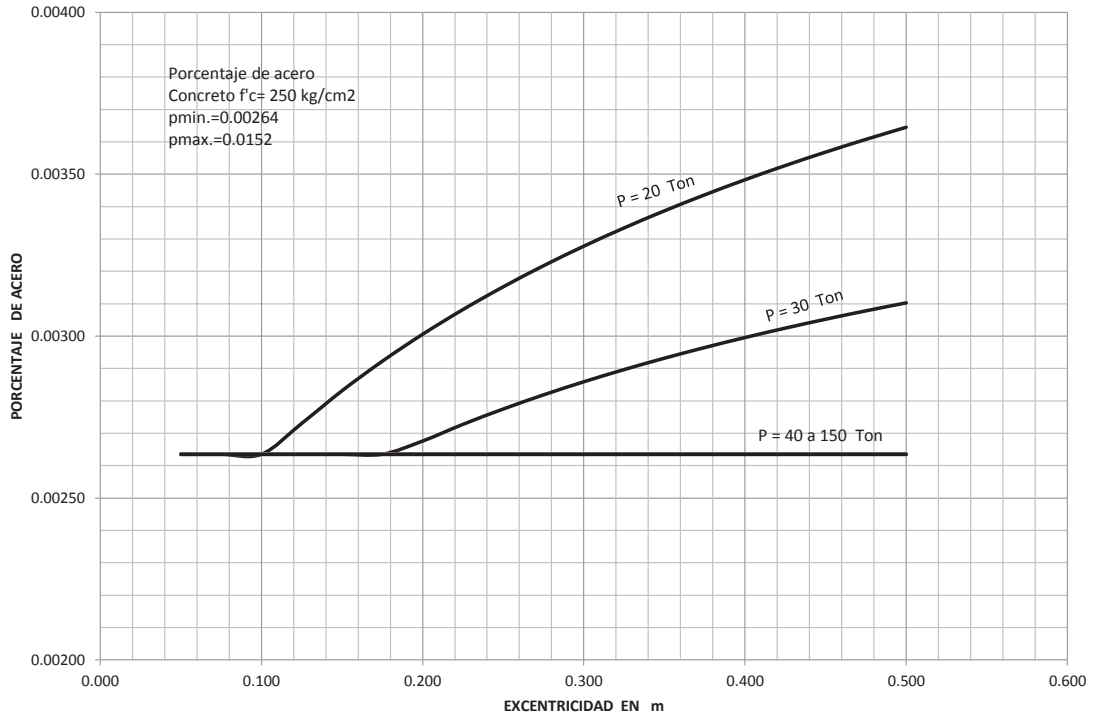
DIMENSIONES PARA ZAPATA CUADRADA A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA D A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



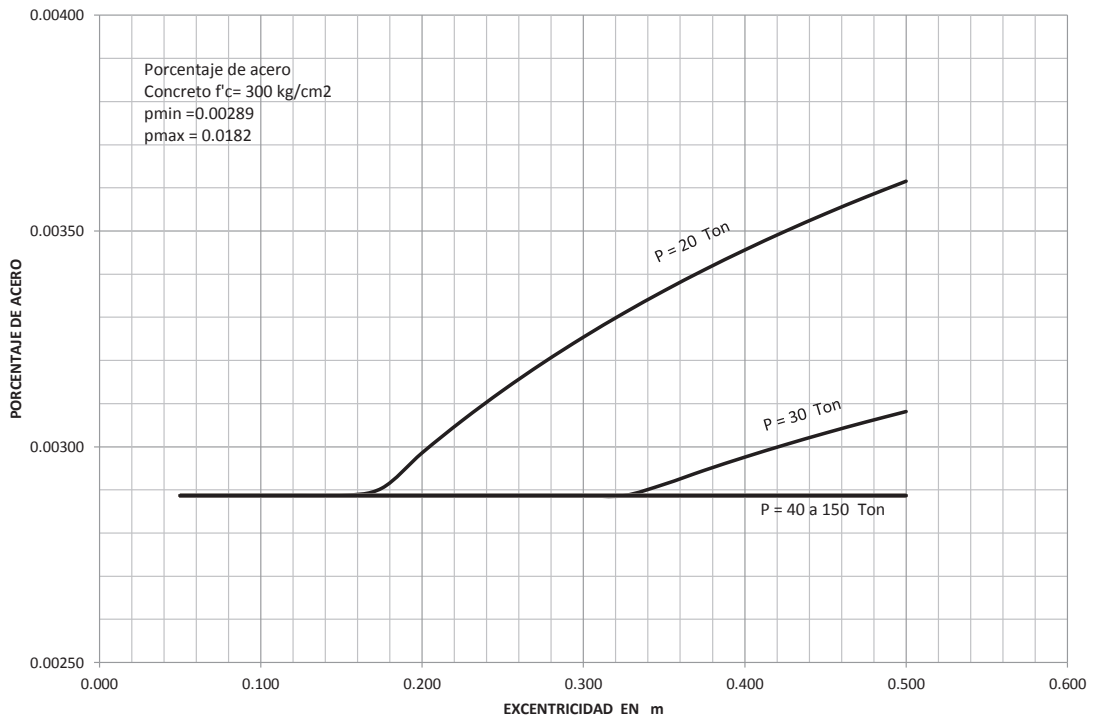
DIMENSIONES PARA ZAPATA CUADRADA A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



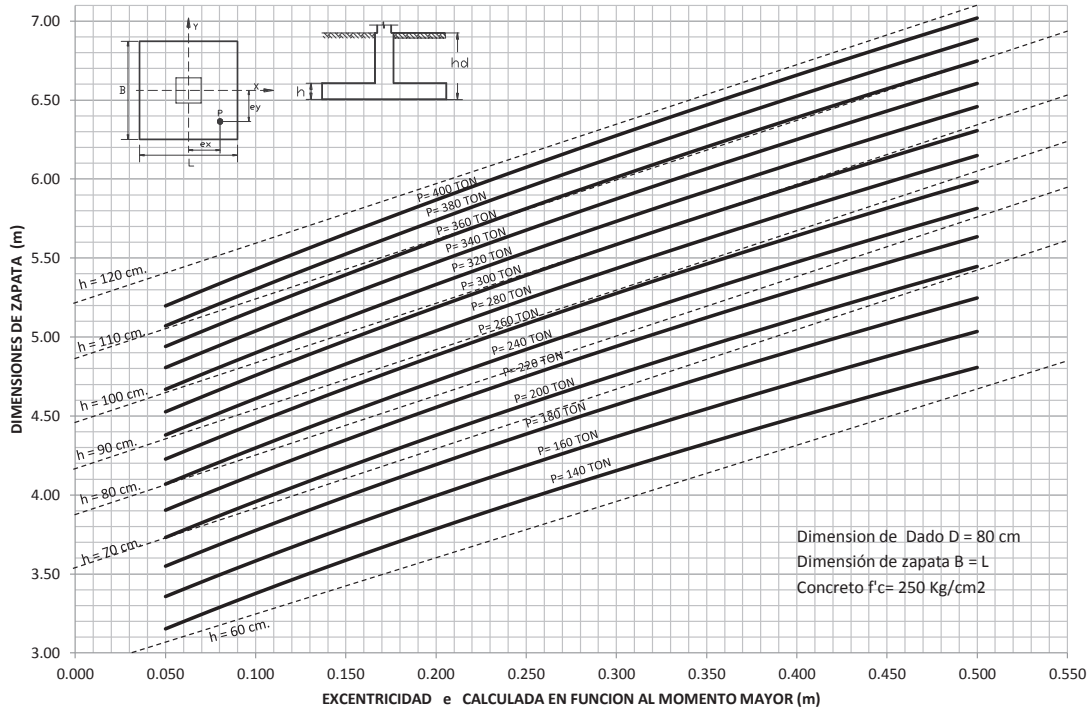
2.2.3 Dimensiones y porcentajes de acero para zapatas desplantadas sobre suelo con capacidad de carga alta

Para la cual se harán las siguientes consideraciones:

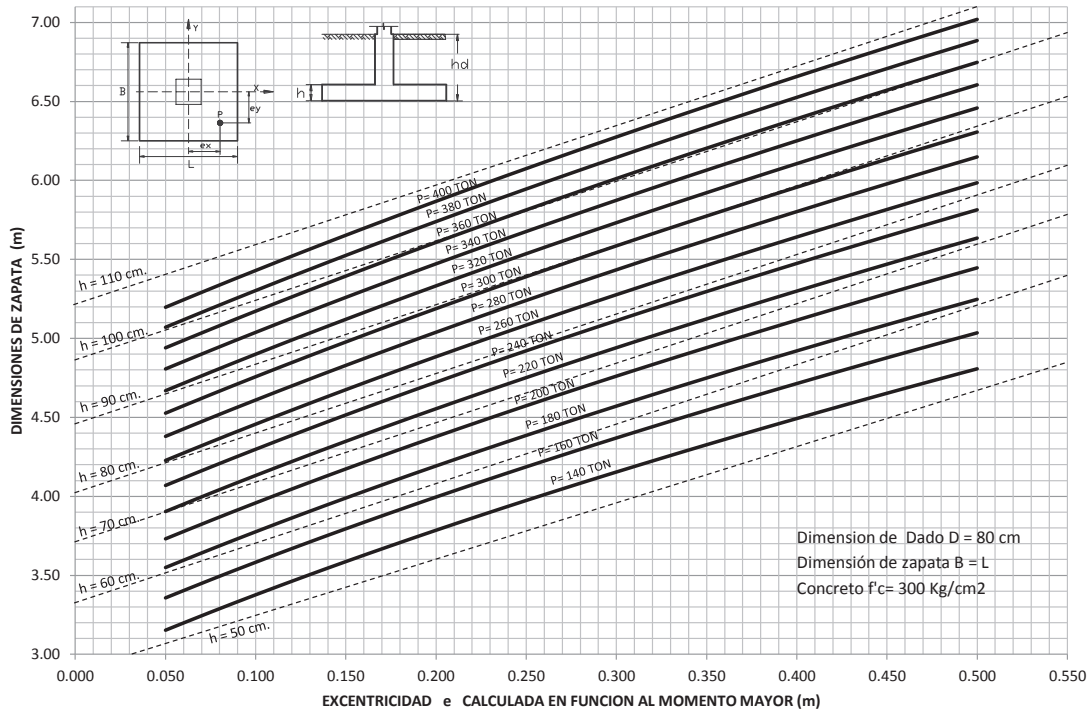
- a) Capacidad de carga (q_{adm}) a nivel de desplante de 16 a 20 t/m².
- b) Nivel de desplante considerado (hd) de 1.6 m a 2.0 m
- c) Peso volumétrico del material de relleno $\gamma = 1.7$ Ton/m³
- d) Intervalo de carga axial a considerar: 150 a 380 ton
- e) Dimensión mínima de dado a considerar: 80 cm
- f) Concreto con resistencia a compresión $f'c = 250$ a 350 kg/cm²

Con las condiciones planteadas y las variables que intervienen, se procede a obtener las tablas de dimensiones, peraltes y porcentajes de acero para cada capacidad de carga mencionada y para cada intervalo de valores mencionado, para posteriormente elaborar las gráficas finales para prediseño de zapatas a flexocompresión biaxial.

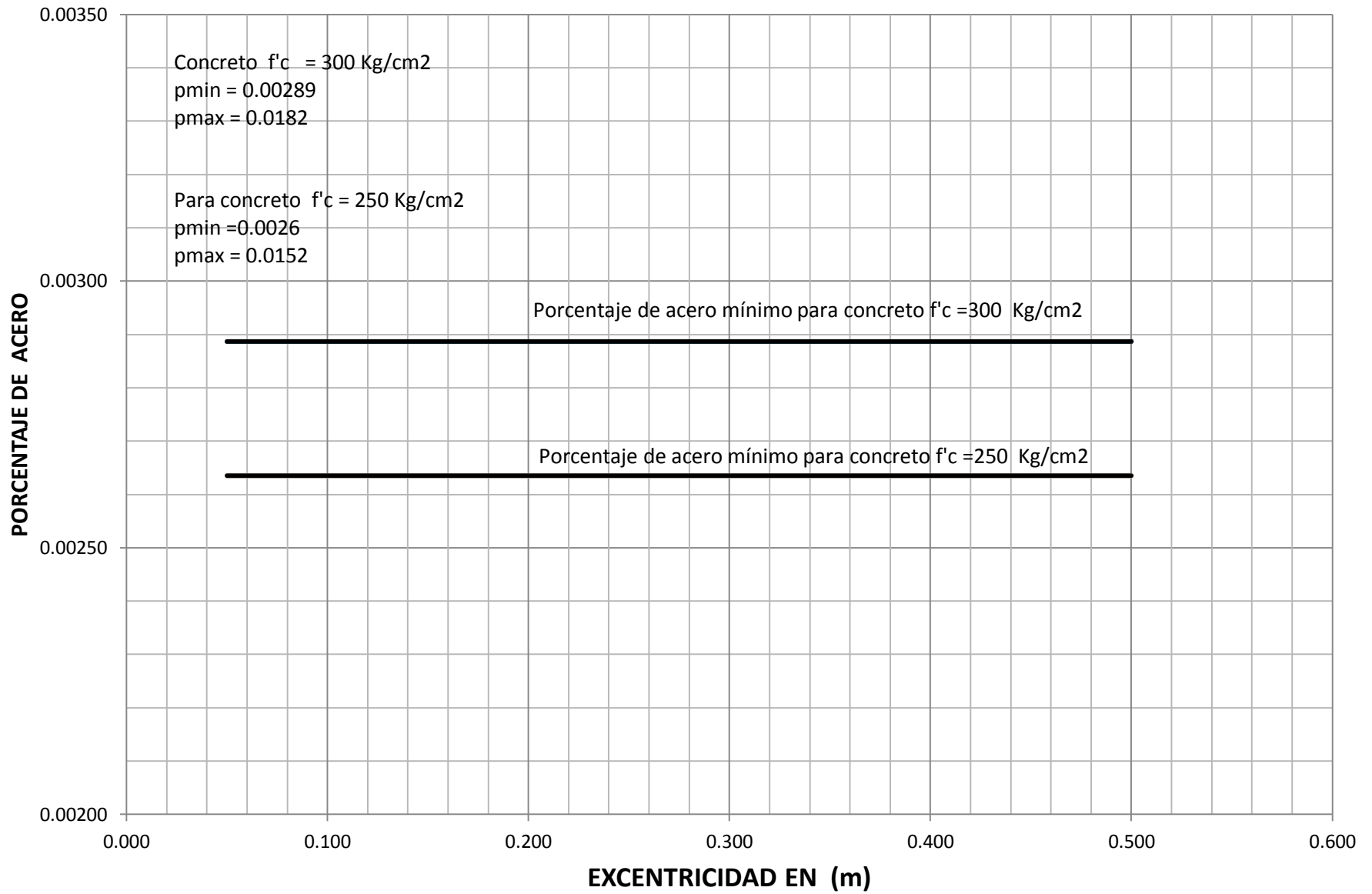
**DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL
PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 20 T/m²**



**DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL
PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 20 T/m²**



**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA
CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 16 A 20 T/m2**



CAPITULO III.

Análisis de zapatas rectangulares centrales bajo condiciones de flexocompresión biaxial para la elaboración de gráficas de interacción.

3.1 Variables y métodos de análisis para zapatas aisladas rectangulares.

Las acciones a las cuales está sometida una zapata pueden ser: carga axial; carga axial y momento, o una combinación de carga axial y dos momentos (flexocompresión biaxial).

Para el caso de zapatas rectangulares, las dimensiones se obtendrán haciendo la relación de lados (largo/ancho = 1.5); con esta consideración se obtendrán las dimensiones preliminares de zapatas a sometidas a carga axial y zapatas sometidas a flexocompresión biaxial con los mismos intervalos de carga y capacidad de carga definidos para el análisis de zapatas cuadradas.

Teniendo las dimensiones de la zapata se obtiene el peralte preliminar de la zapata, tomando en cuenta el peralte mínimo $h = 15$ cm para zapatas que recomienda las normas técnicas para concreto NTC-2004; por lo que si el peralte calculado es menor a 15 cm se tomará el peralte mínimo de 15 cm.

3.1.1 Modelo de análisis para zapatas rectangulares centrales

Para el análisis de zapatas rectangulares que trabajan flexo compresión biaxial, se aplicarán los mismos criterios empleados para el análisis de zapatas cuadradas.

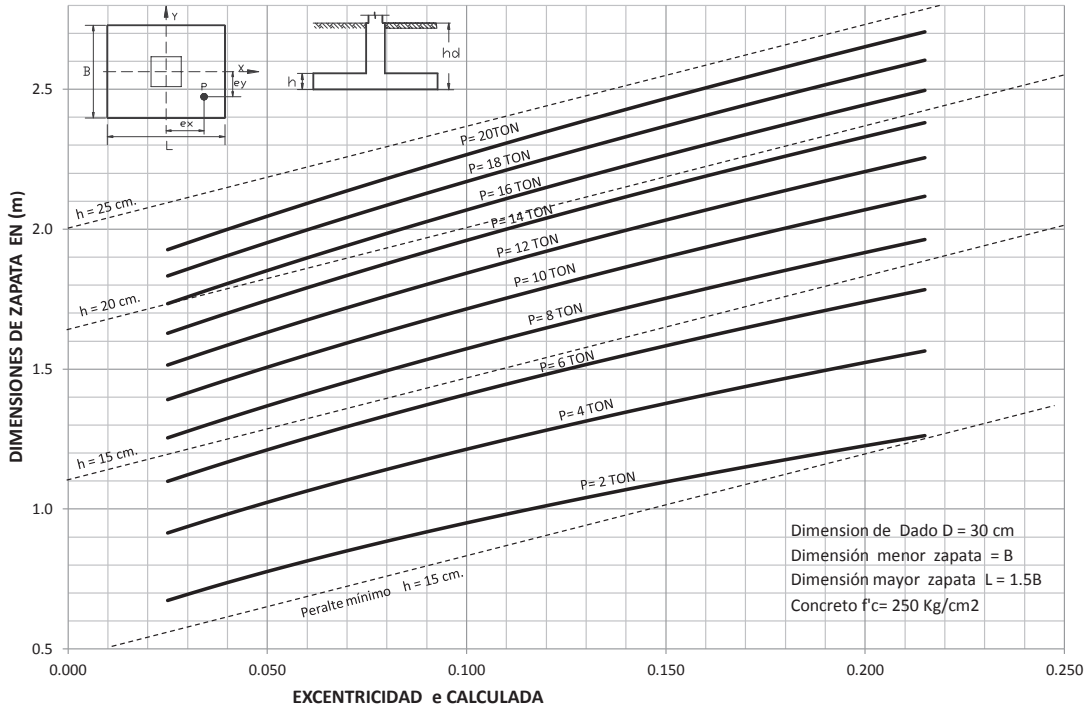
Se tomarán tres intervalos de capacidad de carga admisible del terreno, así como intervalos de magnitudes de cargas axiales en las siguientes condiciones:

3.1.2 Dimensiones y porcentajes de acero para zapatas desplantadas sobre suelo con capacidad de carga baja.

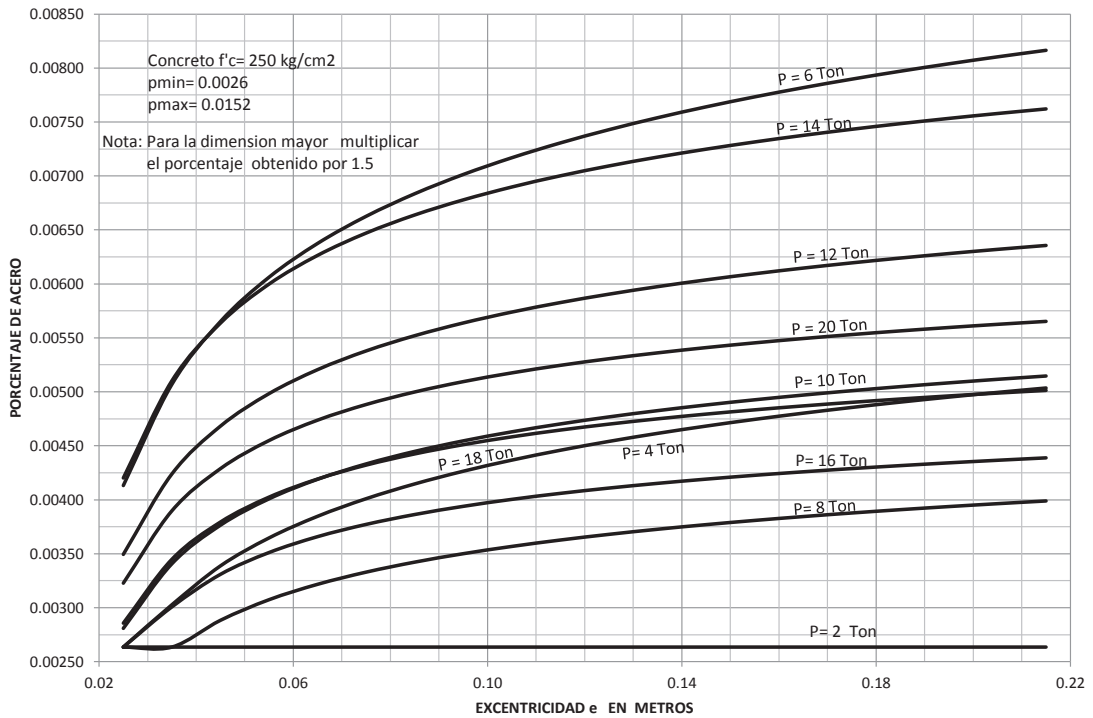
Para la cual se hará las siguientes consideraciones:

- a) Capacidad de carga (q_{adm}) a nivel de desplante de 4 T/m² a 8 T/m².
- b) Nivel de desplante (h_d) de 1.0m a 1.5 m.
- c) Peso volumétrico del material de relleno $\gamma = 1.7$ T/m³
- d) Intervalo de carga axial a considerar: de 2 a 20 Ton.
- e) Dimensión mínima de dado a considerar: 30 cm.
- f) Concreto con resistencia a compresión $f'_c = 250$ Kg/cm²
- g) En las gráficas se obtendrá la dimensión menor de la zapata; considerando que la dimensión mayor es igual a 1.5 veces la dimensión obtenida.

**DIMENSIONES Y PERALTES DE ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION
BIAXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 6 T/m²**



**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION
BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 6 T/m²**



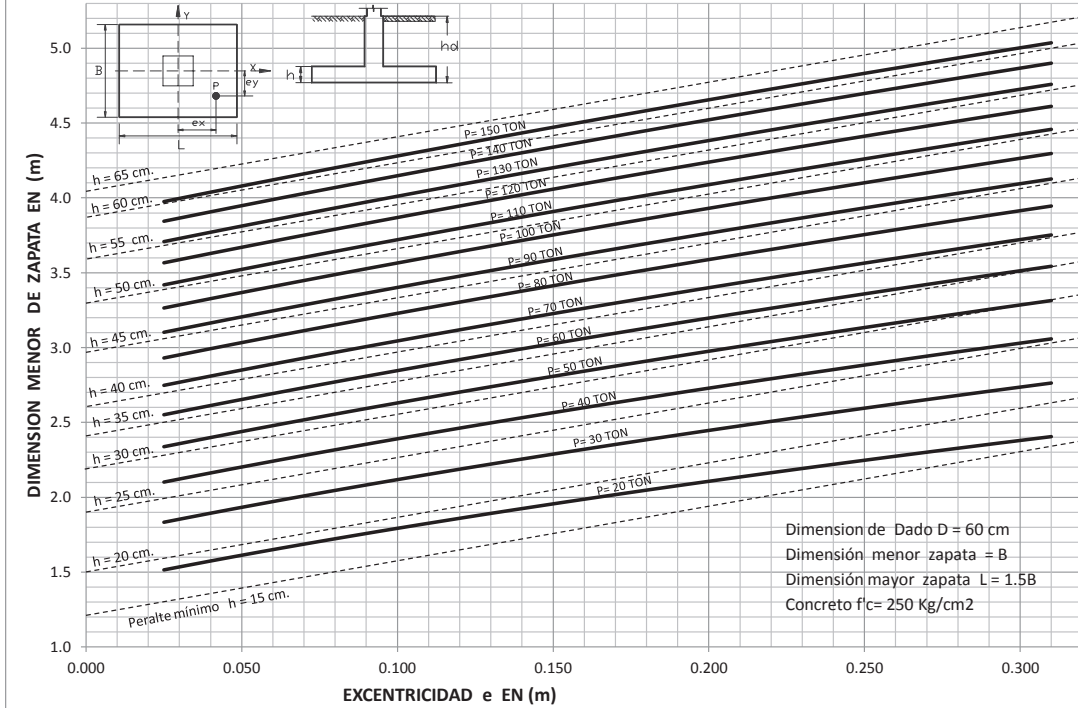
3.1.3 Dimensiones y porcentaje de acero para zapatas rectangulares desplantadas en suelo con capacidad de carga intermedia.

Para la cual se harán las siguientes consideraciones:

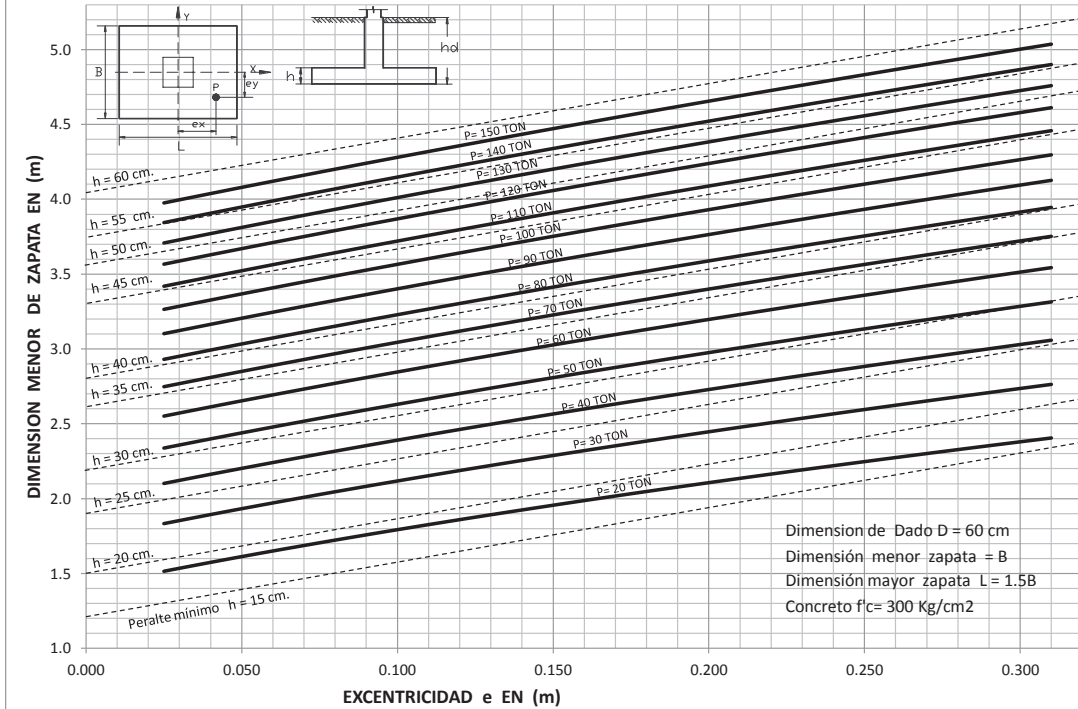
- a) Capacidad de carga (q_{adm}) a nivel de desplante de 10 a 14 T/m².
- b) Nivel de desplante (h_d) de 1.5 m a 1.8 m.
- c) Peso volumétrico del material de relleno $\gamma = 1.7$ T/m³
- d) Intervalo de carga axial a considerar: 25 a 145 Ton.
- e) Dimensión mínima de dado a considerar: 60 cm.
- f) Concreto con resistencia a compresión $f'_c = 250$ a 300 Kg/cm²
- g) En las gráficas se obtendrá la dimensión menor de la zapata; considerando que la dimensión mayor es igual a 1.5 veces la dimensión obtenida

Con las condiciones planteadas se obtendrán las dimensiones, los peraltes y los porcentajes de acero a flexión para elaborar graficas que se utilizaran para un pre-diseño de zapatas a flexo compresión.

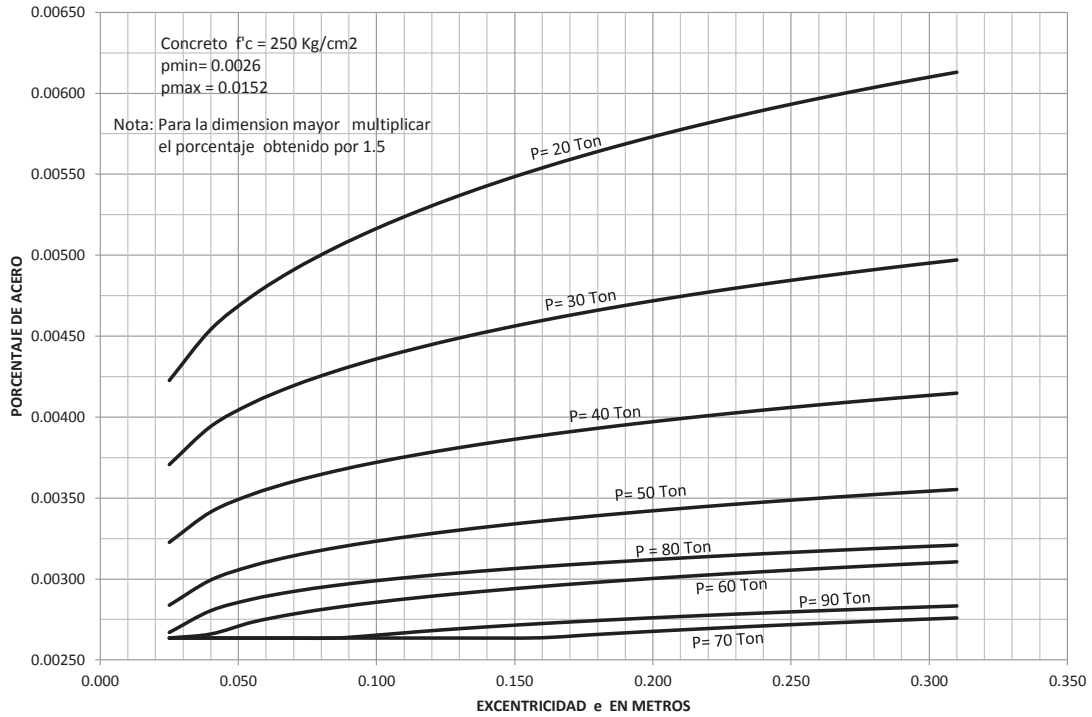
**DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION
BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²**



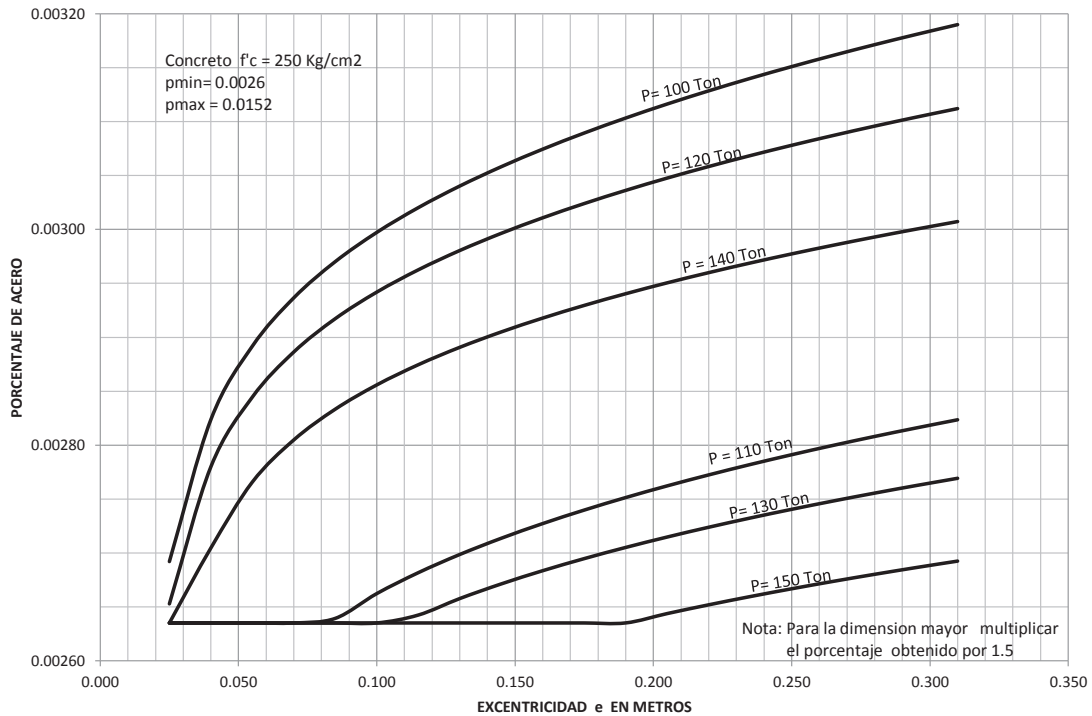
**DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION
BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²**



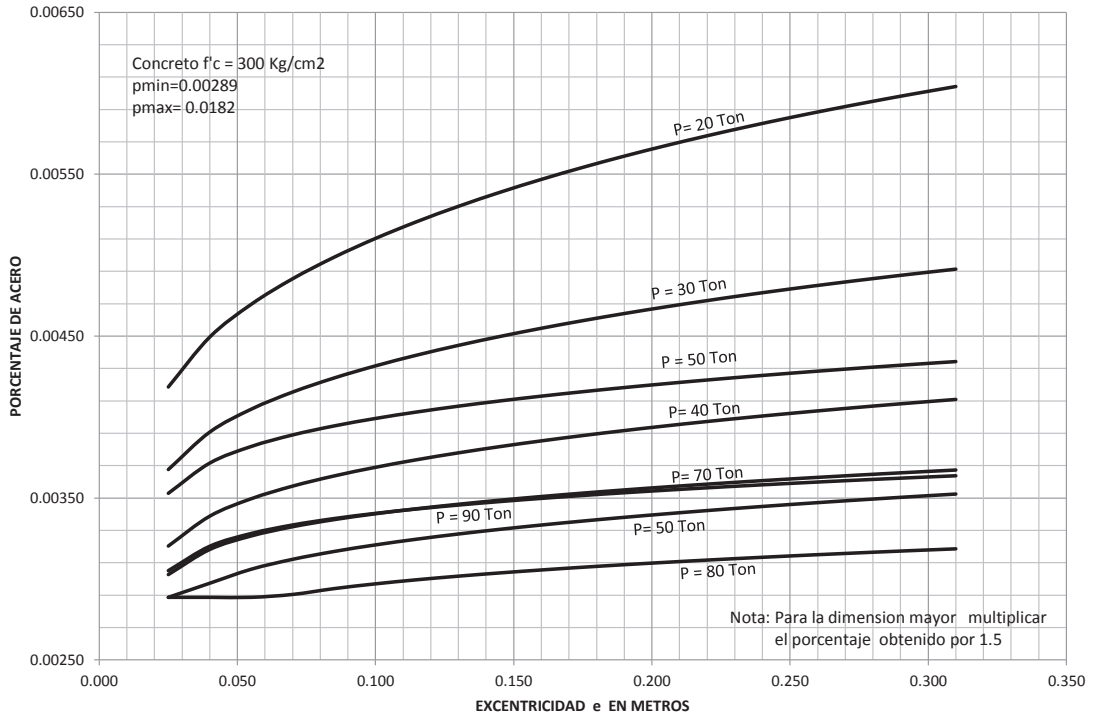
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAIXAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10T/m2



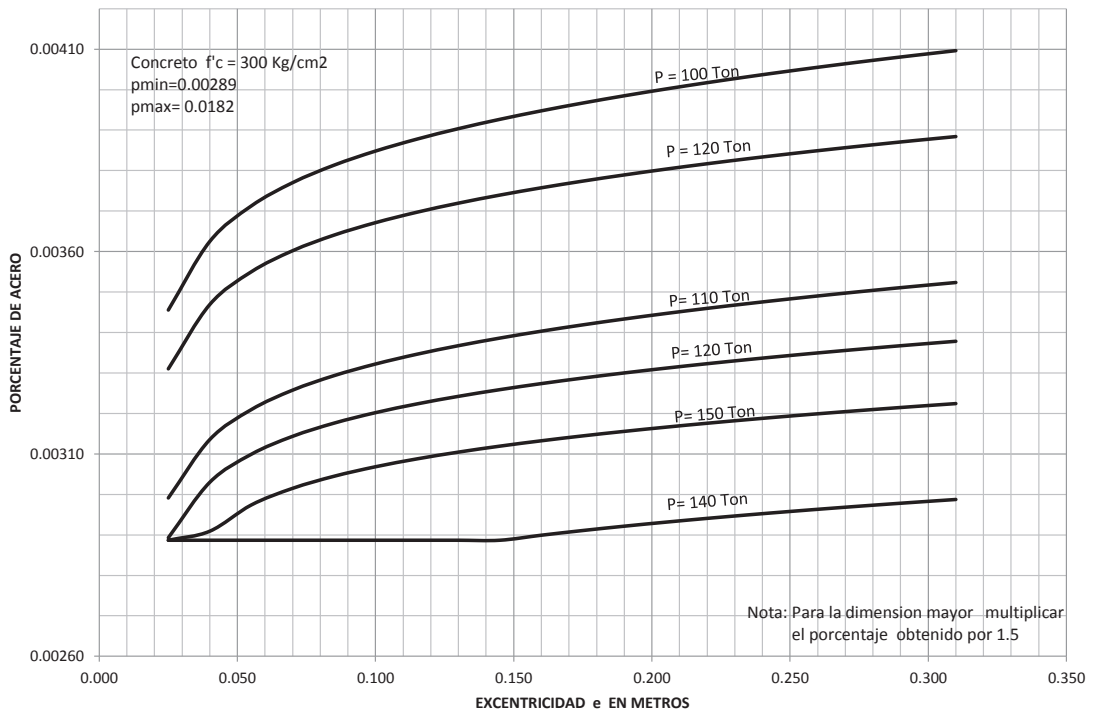
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS RECTANGULAR ES A FLEXOCOMPRESION BIAIXAL PARA PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m2



**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL
PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m2**



**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA
CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m2**



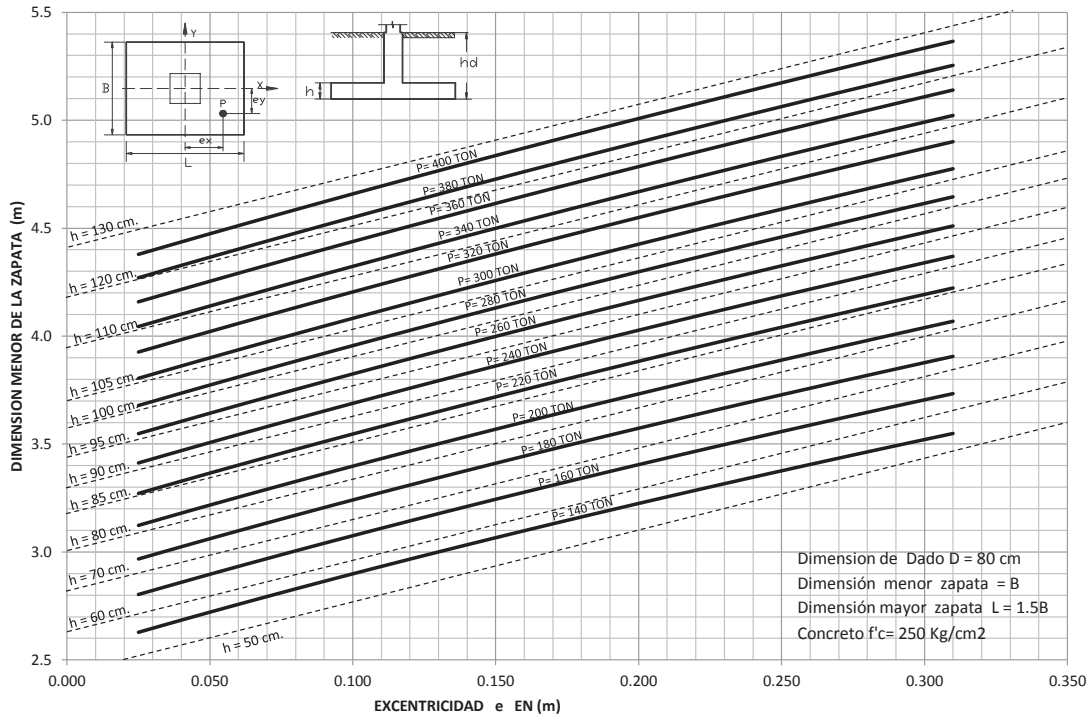
3.1.4 Dimensiones y porcentaje de acero para zapatas rectangulares desplantadas en suelo con capacidad de carga alta.

Para la cual se harán las siguientes consideraciones:

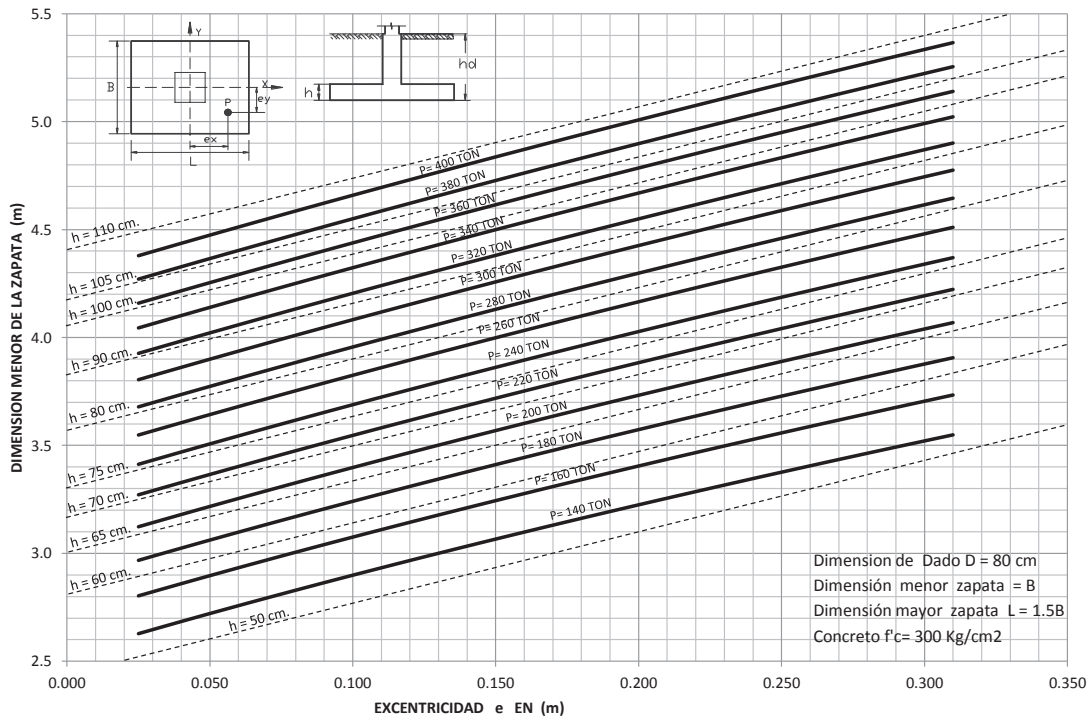
- a) Capacidad de carga (q_{adm}) a nivel de desplante de 16 a 20 T/m².
- b) Nivel de desplante considerado (h_d) de 1.8 m a 2.0 m
- c) Peso volumétrico del material de relleno $\gamma = 1.7$ T/m³
- d) Intervalo de carga axial a considerar: 150 a 380 Ton
- e) Dimensión mínima de dado a considerar: 80 cm
- f) Concreto con resistencia a compresión $f'_c = 250$ a 300 Kg/cm²
- g) En las gráficas se obtendrá la dimensión menor de la zapata; considerando que la dimensión mayor es igual a 1.5 veces la dimensión obtenida

Con las condiciones planteadas se obtendrán las dimensiones, los peraltes y los porcentajes de acero a flexión para elaborar graficas que se utilizaran para un prediseño de zapatas a flexocompresión.

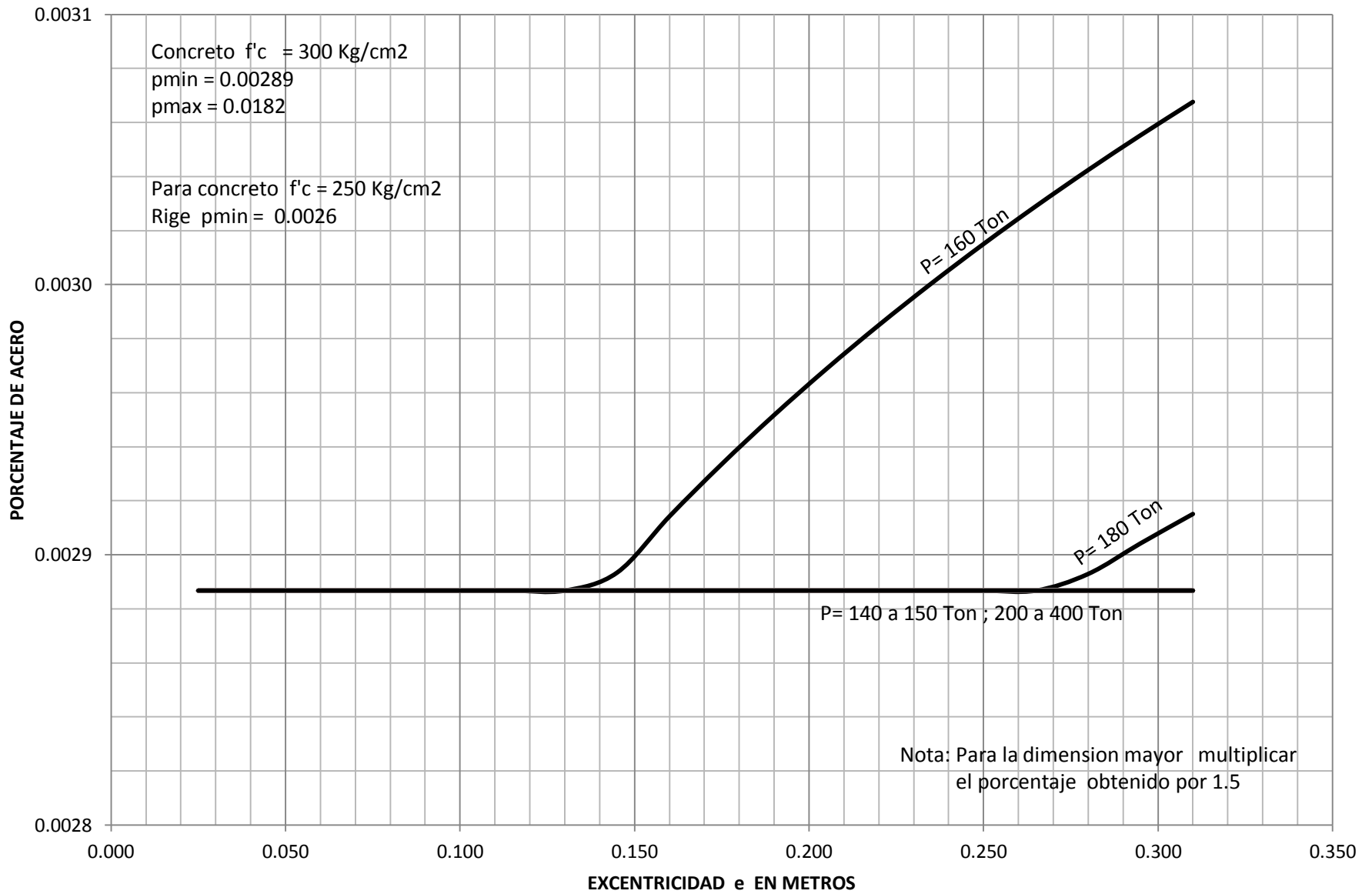
**DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION
BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 18 T/m2**



**DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION
BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 18 T/m2**



**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA
CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 18 T/m2**



CAPITULO IV.

Comparación, análisis de resultados y graficas

4.1 Comparación de resultados obtenidos

Después de obtener las gráficas de dimensiones, peraltes y porcentajes de acero para zapatas cuadradas y rectangulares centrales, se procede a analizar estos resultados para obtener las gráficas finales que se utilizarán en el prediseño de zapatas a flexocompresión biaxial.

4.2 Formas de empleo

Se mostrará la forma de empleo para obtener las dimensiones, peraltes y armado preliminar, para zapatas cuadradas y rectangulares, que será comparado con un análisis detallado para obtener el porcentaje de aproximación de las gráficas.

4.2.1 Ejemplos

Ejemplo 1 Se diseñará una zapata cuadrada a flexocompresión biaxial en las siguientes condiciones:

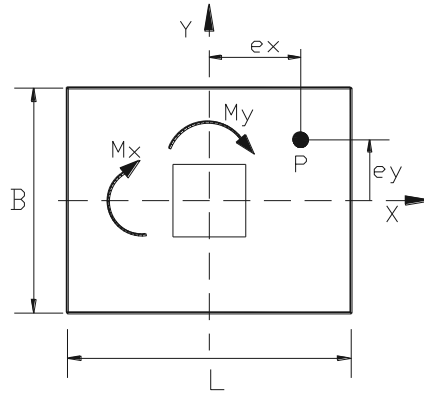
Carga axial $P = 80 \text{ Ton}$

Momentos $M_x = 14 \text{ T-m}$

$M_y = 18 \text{ T-m}$

$e_x = 0.23 \text{ m}$

$e_y = 0.18 \text{ m}$



Profundidad de desplante: $h_d = 1.70 \text{ m}$

Capacidad de carga del terreno a nivel de desplante $q = 12 \text{ T/m}^2$

Peso vol. Del material de relleno $\gamma = 1.7 \text{ T/m}^3$

Materiales concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

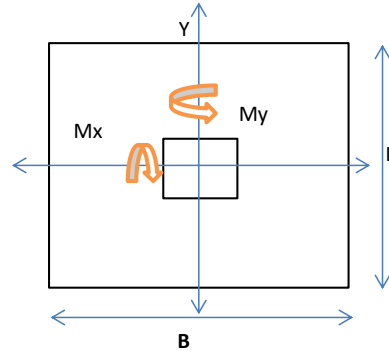
Factor de carga $F.C = 1.4$

Con los datos planteados, aplicamos la gráfica correspondiente para obtener las dimensiones de la zapata, peralte y porcentaje de acero que posteriormente se verificará haciendo un análisis detallado

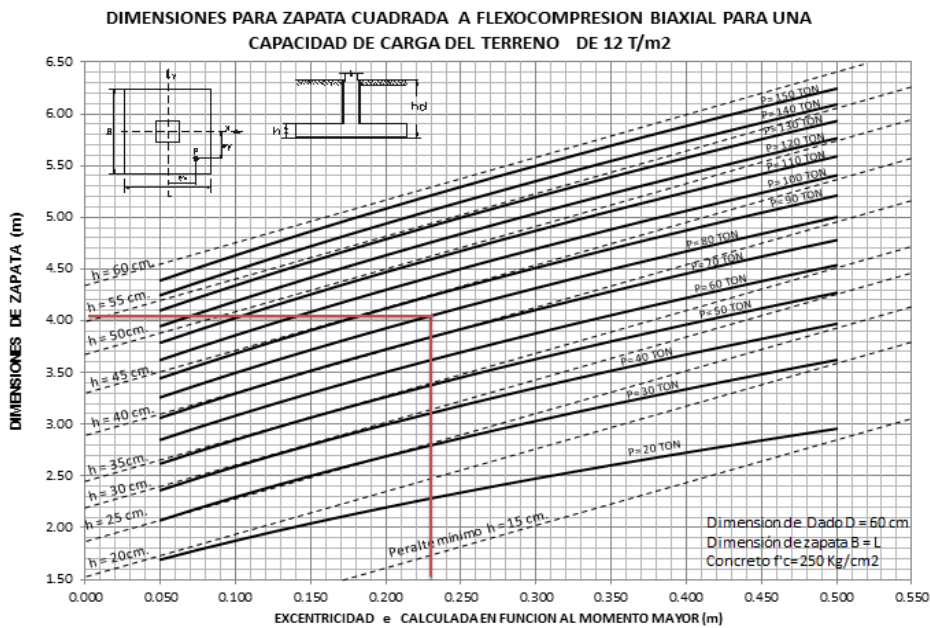
EJEMPLO 1 DISEÑAR UNA ZAPATA CUADRADA CON LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

Datos:

Carga axial	P=	80 Ton
Momento	Mx=	14 T-m
Momento	My=	18 T-m
	ex=	0.23
	ey=	0.18
factor de carga	F.C =	1.4
Profundidad de desplante	hd=	1.7 m
capacidad de carga	qadm=	12 T/m ²
Peso material de relleno	γ=	1.7 t/m ³



Dimension de columna	a1=	50 cm	Materiales	
	a2=	50 cm	concreto	f'c= 250 kg/cm ²
			acero	fy= 4200 kg/cm ²
Dimension de dado	a3=	60 cm	Peso concrel	γ= 2.4 t/m ³
	a4=	60 cm		



1) Obtener dimensiones de zapata empleando graficas de prediseño

a) Tipo de zapata

CUADRADA

ancho de zapata	B=	4.00 m
Long. De zapata	L=	4.00 m
Peralte propuesto	h=	45 cm

Con los datos obtenidos se procede a verificar estas dimensiones y peralte mediante el análisis de peso de la zapata.

2) Analisis de peso

Peso de estructura	80 Ton
Peso de dado	1.08 Ton
Peso losa zapata	17.28 Ton
Peso relleno sobre zapata	33.24 Ton

Peso total= 131.60 Ton

3) Calculo de esfuerzo actuante a nivel de desplante por teoría Elastico- Lineal

$$\sigma_{max} = \frac{P_{Total}}{A} + \frac{M_x C_y}{I_y} + \frac{M_y C_x}{I_x}$$

$$\sigma_{min} = \frac{P_{Total}}{A} - \frac{M_x C_y}{I_y} - \frac{M_y C_x}{I_x}$$

Condicion para aplicar teoria elastico - Lineal

Verificar excentricidades

$$e_{x_{calculado}} \leq e_{x_{max}} \quad e_{x_{max}} = \frac{b}{6}$$

$$e_{y_{calculado}} \leq e_{y_{max}} \quad e_{y_{max}} = \frac{c}{6}$$

Excentricidad calculada

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad 0.137 \text{ m} \quad \leq \quad e_{x_{max}} = \quad 0.67 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_x}{P} \quad 0.106 \text{ m} \quad \leq \quad e_{y_{max}} = \quad 0.67 \text{ m}$$

Se cumple con excentricidades; por lo tanto aplica formula de la escuadría

esfuerzo maximo $\sigma_{max} = 11.225 \text{ T/m}^2$ **LA ZAPATA PASA**

esfuerzo minimo $\sigma_{min} = 5.2247 \text{ T/m}^2$

4) Calculo de esfuerzo neto

excentricidades $e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.23 \text{ m}$

$$e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.18 \text{ m}$$

Dimensiones $b_{neto} = b - 2e_{x_{neto}} \quad 3.55 \text{ m}$

$$c_{neto} = c - 2e_{y_{neto}} \quad 3.65 \text{ m}$$

Area $A_{neto} = 12.958 \text{ m}^2$

esfuerzo neto $f_{neto} = 6.174 \text{ T/m}^2$

5) Diseño por flexión y cortante

Datos

b=	100 cm
h=	45 cm
r=	7 cm
d=	38 cm
f*c=	200 kg/cm ²
f''c=	170 kg/cm ²
f _y =	4200 kg/cm ²

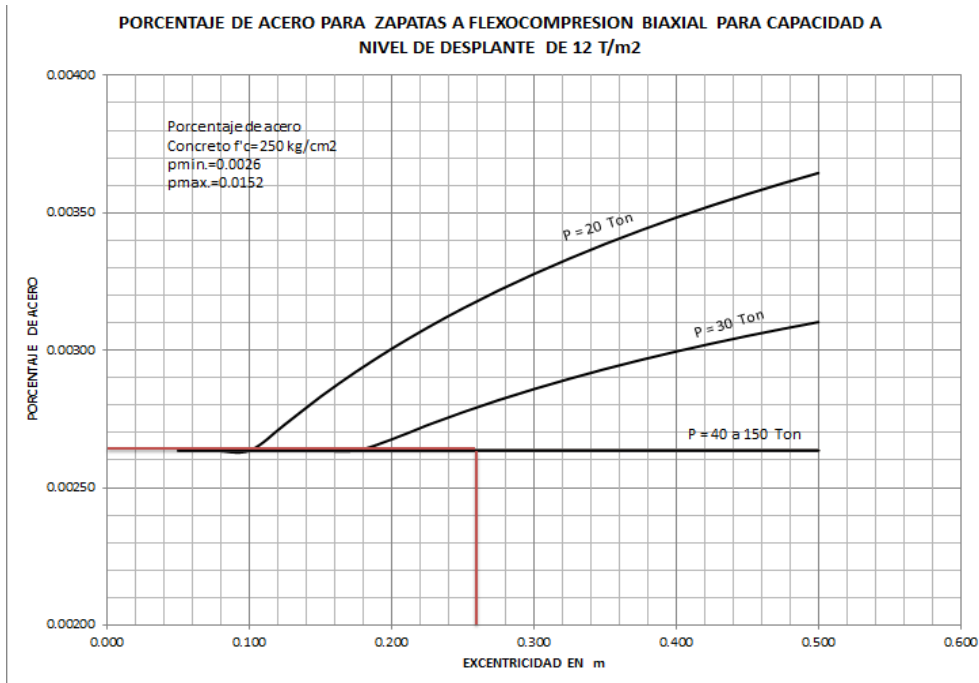
P _{min} =	0.00260
P _{max} =	0.0152

Acciones para diseño

Long. De volado	
L _v =	1.7 m
L _v =	1.7 m
Momentos	
M _x =	8.921 T-m
M _y =	8.921 T-m
Cortantes	
V _x =	10.496 Ton
V _y =	10.496 Ton

a) Diseño por flexion

Direccion X		Direccion y	
q=	0.05823	q=	0.05823
p=	0.00260	p=	0.00260
As=	9.88 cm ²	As=	9.88 cm ²



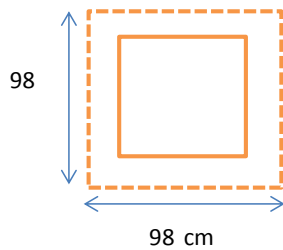
Con la grafica se obtiene el porcentaje de acero minimo

b) Revision por cortante

1) como viga ancha $VCR = 0.5Frbd\sqrt{f^*c}$ VCR= 21496.046 kg
 VU= 14694.193 kg

Condicion: **PASA POR CORTANTE**

b) Revision por cortante por penetracion o punzonamiento



Perimetro critico=	392 cm
Area critica=	14896 cm ²
Esfuerzo actuante=	7.52 kg/cm ²
Esfuerzo resistente del concreto =	9.90 kg/cm ²

Condicion: **PASA CORTANTE**

Ejemplo 2 Se diseñará una zapata cuadrada a flexocompresión biaxial en las siguientes condiciones:

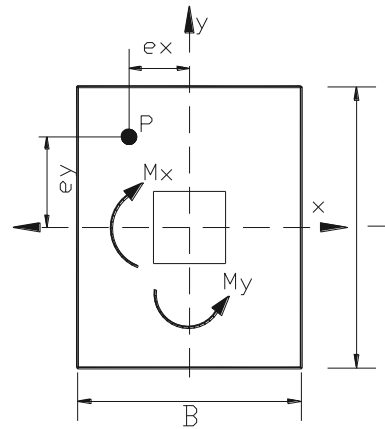
Carga axial $P = 115 \text{ Ton}$

Momentos $M_x = 24 \text{ T-m}$

$M_y = 16 \text{ T-m}$

$e_x = 0.14 \text{ m}$

$e_y = 0.21 \text{ m}$



Profundidad de desplante: $h_d = 1.80 \text{ m}$

Capacidad de carga del terreno a nivel de desplante $q = 14 \text{ T/m}^2$

Peso vol. Del material de relleno $\gamma = 1.7 \text{ T/m}^3$

Materiales concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

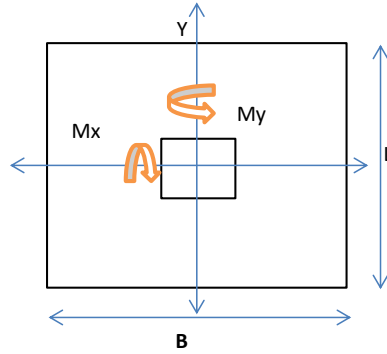
Factor de carga $F.C = 1.4$

Con los datos planteados, aplicamos la gráfica correspondiente para obtener las dimensiones de la zapata, peralte y porcentaje de acero que posteriormente se verificará haciendo un análisis detallado

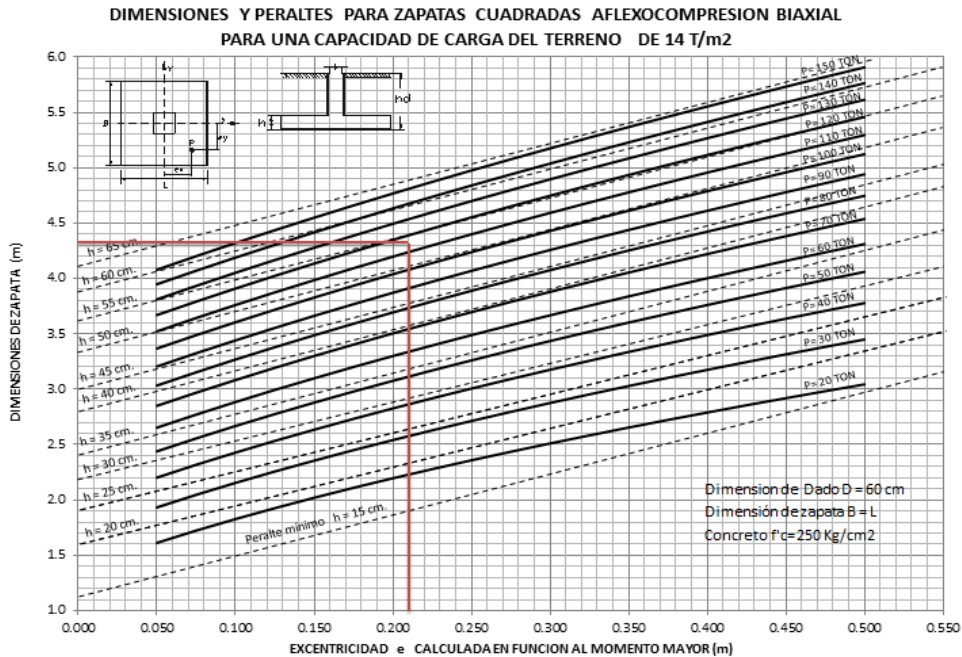
EJEMPLO 2 DISEÑAR UNA ZAPATA CUADRADA CON LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

Datos:

Carga axial	P=	115 Ton
Momento	Mx=	24 T-m
Momento	My=	16 T-m
	ex=	0.14
	ey=	0.21
factor de carga	F.C =	1.4
Profundidad de desplante	hd=	1.7 m
capacidad de carga	qadm=	14 T/m ²
Peso material de relleno	γ=	1.7 t/m ³



Dimension de columna	a1=	60 cm	Materiales	
	a2=	60 cm	concreto	f'c= 250 kg/cm ²
			acero	fy= 4200 kg/cm ²
Dimension de dado	a3=	70 cm	Peso concrel	γ= 2.4 t/m ³
	a4=	70 cm		



1) Obtener dimensiones de zapata empleando graficas de prediseño

a) Tipo de zapata	CUADRADA
ancho de zapata	B= 4.30 m
Long. De zapata	L= 4.30 m
Peralte propuesto	h= 50 cm

Con los datos obtenidos se procede a verificar estas dimensiones y peralte mediante el análisis de peso de la zapata.

2) Analisis de peso

Peso de estructura	115 Ton
Peso de dado	1.4112 Ton
Peso losa zapata	22.188 Ton
Peso relleno sobre zapata	36.72 Ton
Peso total=	175.32 Ton

3) Calculo de esfuerzo actuante a nivel de desplante por teoría Elastico- Lineal

$$\sigma_{max} = \frac{P_{Total}}{A} + \frac{M_x C_y}{I_y} + \frac{M_y C_x}{I_x}$$

$$\sigma_{min} = \frac{P_{Total}}{A} - \frac{M_x C_y}{I_y} - \frac{M_y C_x}{I_x}$$

Condicion para aplicar teoria elastico - Lineal

Verificar excentricidades

$$e_{x_{calculado}} \leq e_{x_{max}} \quad e_{x_{max}} = \frac{b}{6}$$

$$e_{y_{calculado}} \leq e_{y_{max}} \quad e_{y_{max}} = \frac{c}{6}$$

Excentricidad calculada

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad 0.091 \text{ m} \quad \leq \quad e_{x_{max}} = \quad 0.72 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_x}{P} \quad 0.137 \text{ m} \quad \leq \quad e_{y_{max}} = \quad 0.72 \text{ m}$$

Se cumple con excentricidades; por lo tanto aplica formula de la escuadría

esfuerzo maximo $\sigma_{max} = 12.500 \text{ T/m}^2$ **LA ZAPATA PASA**

esfuerzo minimo $\sigma_{min} = 6.4632 \text{ T/m}^2$

4) Calculo de esfuerzo neto

excentricidades $e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.14 \text{ m}$

$$e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.21 \text{ m}$$

Dimensiones $b_{neto} = b - 2e_{x_{neto}} \quad 4.0217 \text{ m}$

$$c_{neto} = c - 2e_{y_{neto}} \quad 3.8826 \text{ m}$$

Area $A_{neto} = 15.615 \text{ m}^2$

esfuerzo neto $f_{neto} = 7.365 \text{ T/m}^2$

5) Diseño por flexión y cortante

Datos

b=	100 cm
h=	50 cm
r=	7 cm
d=	43 cm
f*c=	200 kg/cm ²
f''c=	170 kg/cm ²
f _y =	4200 kg/cm ²

P _{min} =	0.0026
P _{max} =	0.0152

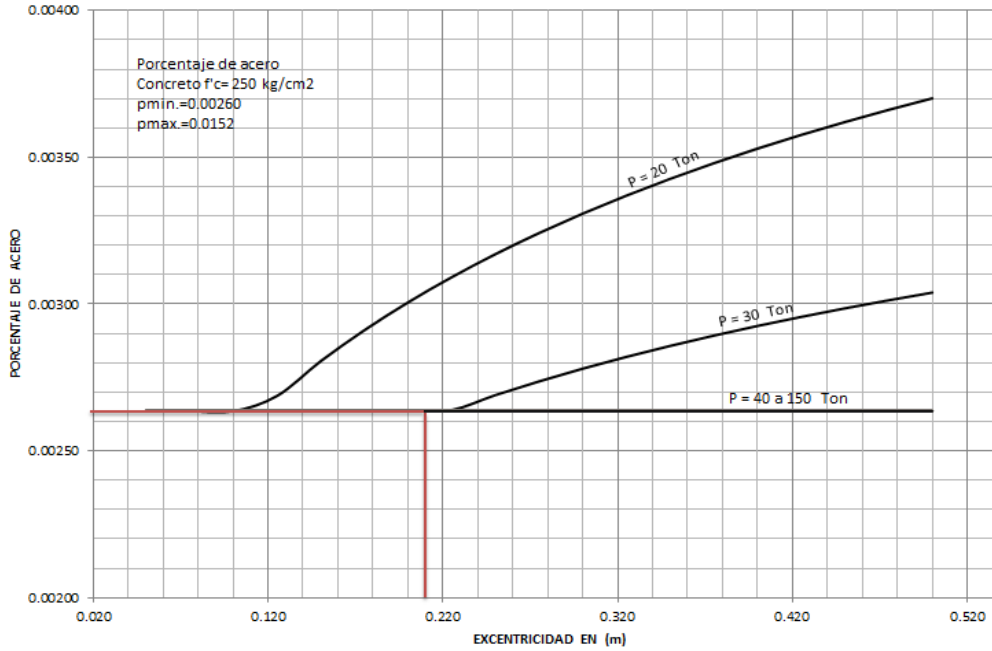
Acciones para diseño

Long. De volado	
L _v =	1.8 m
L _v =	1.8 m
Momentos	
M _x =	11.931 T-m
M _y =	11.931 T-m
Cortantes	
V _x =	13.257 Ton
V _y =	13.257 Ton

a) Diseño por flexion

Direccion X		Direccion y	
q=	0.06090	q=	0.06090
p=	0.00260	p=	0.00260
As=	11.18 cm ²	As=	11.18 cm ²

PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS A FLEXOCOMPRESION BIAxIAL PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 14 T/m²



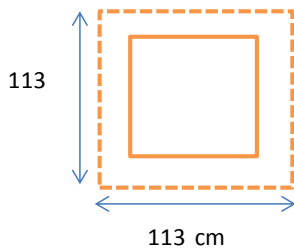
Se puede observar que con la grafica se obtiene un porcentaje mínimo de acero

b) Revision por cortante

1) como viga ancha $VCR = 0.5Frbd\sqrt{f^*c}$ VCR= 24324.473 kg
 VU= 18559.269 kg

Condicion: **PASA POR CORTANTE**

b) Revision por cortante por penetracion o punzonamiento



Perimetro critico=	452 cm
Area critica=	19436 cm ²
Esfuerzo actuante=	8.28 kg/cm ²
Esfuerzo resistente del concreto =	9.90 kg/cm ²

Condicion: **PASA CORTANTE**

Ejemplo 3 Se diseñará una zapata cuadrada a flexocompresión biaxial en las siguientes condiciones:

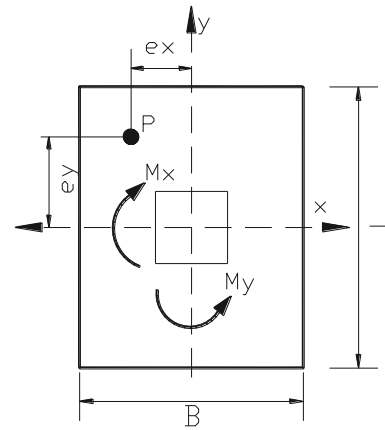
Carga axial $P = 248 \text{ Ton}$

Momentos $M_x = 38 \text{ T-m}$

$M_y = 23 \text{ T-m}$

$e_x = 0.093 \text{ m}$

$e_y = 0.153 \text{ m}$



Profundidad de desplante: $h_d = 1.80 \text{ m}$

Capacidad de carga del terreno a nivel de desplante $q = 20 \text{ T/m}^2$

Peso vol. Del material de relleno $\gamma = 1.7 \text{ T/m}^2$

Materiales concreto $f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$

Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

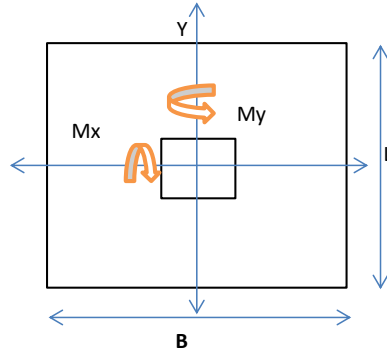
Factor de carga $F.C = 1.1$

Con los datos planteados, aplicamos la gráfica correspondiente para obtener las dimensiones de la zapata, peralte y porcentaje de acero que posteriormente se verificará haciendo un análisis detallado

EJEMPLO 3 DISEÑAR UNA ZAPATA CUADRADA CON LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

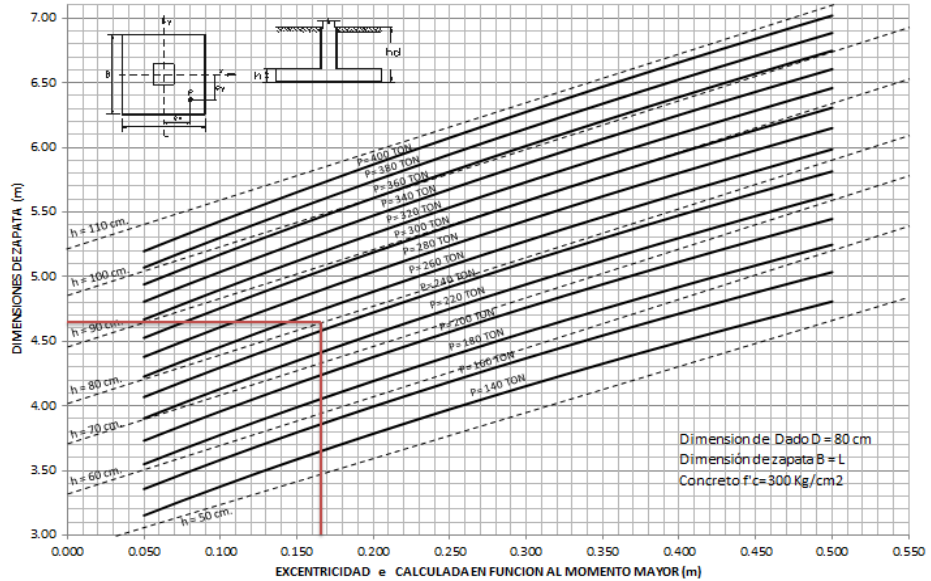
Datos:

Carga axial	P=	248 Ton
Momento	Mx=	38 T-m
Momento	My=	23 T-m
	ex=	0.093
	ey=	0.153
factor de carga	F.C =	1.1
Profundidad de desplante	hd=	1.8 m
capacidad de carga	qadm=	20 T/m ²
Peso material de relleno	γ=	1.7 t/m ³



Dimension de columna	a1=	70 cm	Materiales	
	a2=	70 cm	concreto	f'c= 300 kg/cm ²
			acero	fy= 4200 kg/cm ²
Dimension de dado	a3=	80 cm	Peso concrel	γ= 2.4 t/m ³
	a4=	80 cm		

DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO DE 20 T/m²



1) Obtener dimensiones de zapata empleando graficas de prediseño

a) Tipo de zapata	CUADRADA
ancho de zapata	B= 4.60 m
Long. De zapata	L= 4.60 m
Peralte propuesto	h= 70 cm

Con los datos obtenidos se procede a verificar estas dimensiones y peralte mediante el análisis de peso de la zapata.

2) Analisis de peso

Peso de estructura	248 Ton
Peso de dado	1.6896 Ton
Peso losa zapata	35.5488 Ton
Peso relleno sobre zapata	38.37 Ton
Peso total=	323.61 Ton

3) Calculo de esfuerzo actuante a nivel de desplante por teoría Elastico- Lineal

$$\sigma_{max} = \frac{P_{Total}}{A} + \frac{M_x C_y}{I_y} + \frac{M_y C_x}{I_x}$$

$$\sigma_{min} = \frac{P_{Total}}{A} - \frac{M_x C_y}{I_y} - \frac{M_y C_x}{I_x}$$

Condicion para aplicar teoria elastico - Lineal

Verificar excentricidades

$$e_{x_{calculado}} \leq e_{x_{max}} \quad e_{x_{max}} = \frac{b}{6}$$

$$e_{y_{calculado}} \leq e_{y_{max}} \quad e_{y_{max}} = \frac{c}{6}$$

Excentricidad calculada

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad 0.071 \text{ m} \quad \leq \quad e_{x_{max}} = \quad 0.77 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_x}{P} \quad 0.117 \text{ m} \quad \leq \quad e_{y_{max}} = \quad 0.77 \text{ m}$$

Se cumple con excentricidades; por lo tanto aplica formula de la escuadría

esfuerzo maximo $\sigma_{max} = 19.054 \text{ T/m}^2$ **LA ZAPATA PASA**

esfuerzo minimo $\sigma_{min} = 11.533 \text{ T/m}^2$

4) Calculo de esfuerzo neto

excentricidades $e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.09 \text{ m}$

$$e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.15 \text{ m}$$

Dimensiones $b_{neto} = b - 2e_{x_{neto}} \quad 4.415 \text{ m}$

$$c_{neto} = c - 2e_{y_{neto}} \quad 4.294 \text{ m}$$

Area $A_{neto} = 18.954 \text{ m}^2$

esfuerzo neto $f_{neto} = 13.084 \text{ T/m}^2$

5) Diseño por flexión y cortante

Datos

b=	100 cm
h=	70 cm
r=	7 cm
d=	63 cm
f*c=	240 kg/cm ²
f''c=	204 kg/cm ²
f _y =	4200 kg/cm ²

P _{min} =	0.0026
P _{max} =	0.0152

Acciones para diseño

Long. De volado	
L _v =	1.9 m
L _v =	1.9 m
Momentos	
M _x =	23.617 T-m
M _y =	23.617 T-m
Cortantes	
V _x =	24.860 Ton
V _y =	24.860 Ton

a) Diseño por flexion

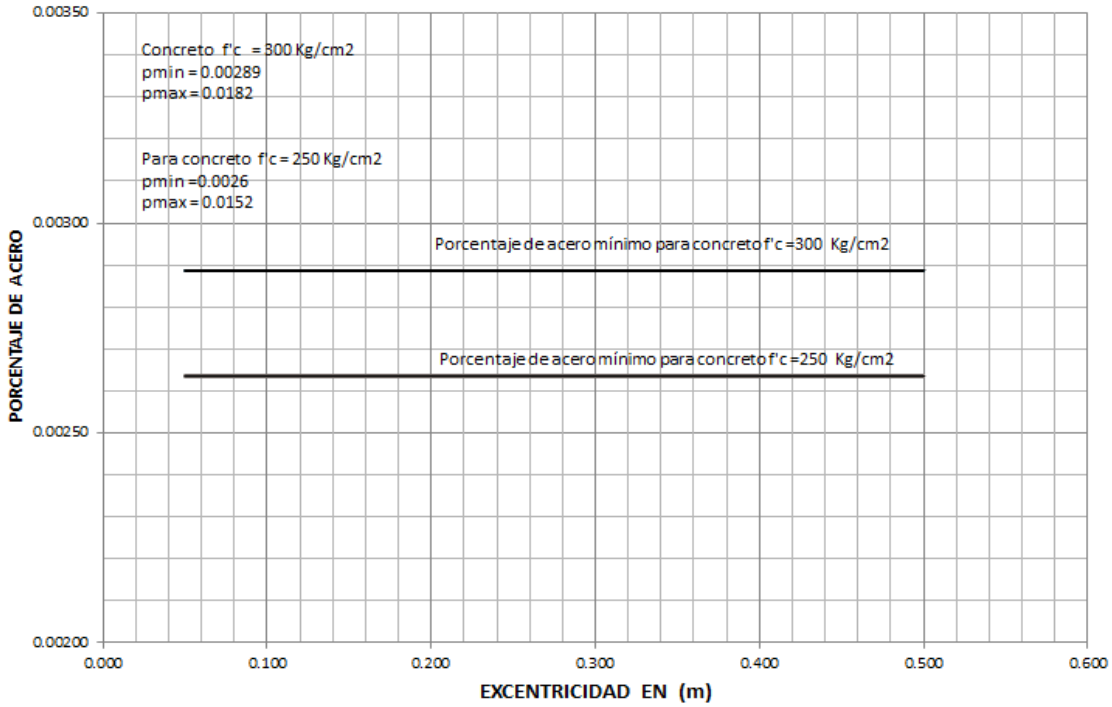
Direccion X

q= 0.03631
 p= 0.00260
 As= 16.38 cm²

Direccion y

q= 0.03631
 p= 0.00260
 As= 16.38 cm²

PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 16 A 20 T/m²



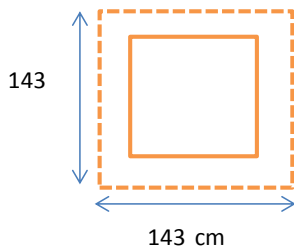
b) Revision por cortante

1) como viga ancha $VCR = 0.5Frbd\sqrt{f^*c}$

VCR= 39039.672 kg
 VU= 27346.295 kg

Condicion: **PASA POR CORTANTE**

b) Revision por cortante por penetracion o punzonamiento



Perimetro critico= 572 cm
 Area critica= 36036 cm²
 Esfuerzo actuante= 7.57 kg/cm²
 Esfuerzo resistente del concreto = 10.84 kg/cm²

Condicion: **PASA CORTANTE**

Ejemplo 4 Se diseñará una zapata rectangular a flexocompresión biaxial en las siguientes condiciones:

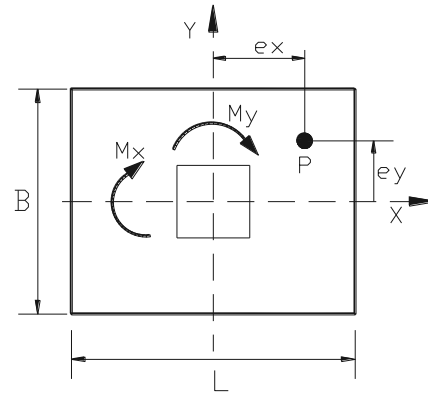
Carga axial $P = 87 \text{ Ton}$

Momentos $M_x = 12 \text{ T-m}$

$M_y = 17 \text{ T-m}$

$e_x = 0.14 \text{ m}$

$e_y = 0.20 \text{ m}$



Profundidad de desplante: $h_d = 1.60 \text{ m}$

Capacidad de carga del terreno a nivel de desplante $q = 10 \text{ T/m}^2$

Peso vol. Del material de relleno $\gamma = 1.7 \text{ T/m}^3$

Materiales concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

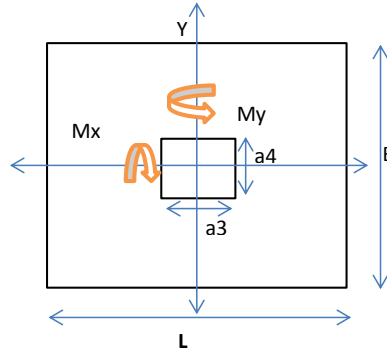
Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Con los datos planteados, aplicamos la gráfica correspondiente para obtener las dimensiones de la zapata, peralte y porcentaje de acero que posteriormente se verificará haciendo un análisis detallado

EJEMPLO 4 DISEÑAR UNA ZAPATA RECTANGULAR CON LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

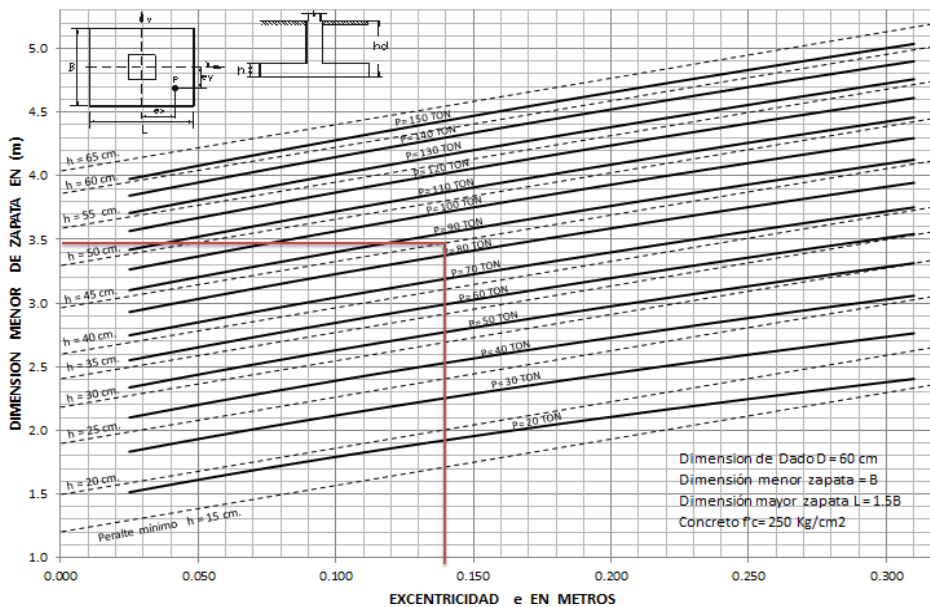
Datos:

Carga axial	P=	87 Ton
Momento	Mx=	12 T-m
Momento	My=	17 T-m
	ex=	0.20
	ey=	0.14
factor de carga	F.C =	1.4
Profundidad de desplante	hd=	1.7 m
capacidad de carga	qadm=	10 T/m ²
Peso material de relleno	γ=	1.7 t/m ³



Dimension de columna	a1=	60 cm	Materiales	
	a2=	50 cm	concreto	f'c= 250 kg/cm ²
			acero	fy= 4200 kg/cm ²
Dimension de dado	a3=	70 cm	Peso concrel	γ= 2.4 t/m ³
	a4=	60 cm		

DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESLANTE DE 10 T/m²



1) Obtener dimensiones de zapata empleando graficas de prediseño

a) Tipo de zapata **RECTANGULAR**

ancho de zapata	B=	3.50 m
Long. De zapata	L=	5.30 m
Peralte propuesto	h=	45 cm

Con los datos obtenidos se procede a verificar estas dimensiones y peralte mediante el análisis de peso de la zapata.

2) Analisis de peso

Peso de estructura	87 Ton
Peso de dado	1.26 Ton
Peso losa zapata	20.034 Ton
Peso relleno sobre zapata	38.53 Ton

Peso total= 146.82 Ton

3) Calculo de esfuerzo actuante a nivel de desplante por teoría Elastico- Lineal

$$\sigma_{max} = \frac{P_{Total}}{A} + \frac{M_x C_y}{I_y} + \frac{M_y C_x}{I_x}$$

$$\sigma_{min} = \frac{P_{Total}}{A} - \frac{M_x C_y}{I_y} - \frac{M_y C_x}{I_x}$$

Condicion para aplicar teoria elastico - Lineal

Verificar excentricidades

$$e_{x_{calculado}} \leq e_{x_{max}} \quad e_{x_{max}} = \frac{b}{6}$$

$$e_{y_{calculado}} \leq e_{y_{max}} \quad e_{y_{max}} = \frac{c}{6}$$

Excentricidad calculada

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad 0.116 \text{ m} \quad \leq \quad e_{x_{max}} = \quad 0.58 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_x}{P} \quad 0.082 \text{ m} \quad \leq \quad e_{y_{max}} = \quad 0.88 \text{ m}$$

Se cumple con excentricidades; por lo tanto aplica formula de la escuadría

esfuerzo maximo $\sigma_{max} = 10.061 \text{ T/m}^2$ **SE ACEPTA**

esfuerzo minimo $\sigma_{min} = 5.7684 \text{ T/m}^2$

4) Calculo de esfuerzo neto

excentricidades $e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.20 \text{ m}$

$$e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.14 \text{ m}$$

Dimensiones $b_{neto} = b - 2e_{x_{neto}} \quad 3.11 \text{ m}$

$$c_{neto} = c - 2e_{y_{neto}} \quad 5.02 \text{ m}$$

Area $A_{neto} = 15.621 \text{ m}^2$

esfuerzo neto $f_{neto} = 5.569 \text{ T/m}^2$

5) Diseño por flexión y cortante

Datos

b=	100 cm
h=	45 cm
r=	7 cm
d=	38 cm
f*c=	200 kg/cm ²
f''c=	170 kg/cm ²
f _y =	4200 kg/cm ²

P _{min} =	0.0026
P _{max} =	0.0152

Acciones para diseño

Long. De volado	
L _v =	2.3 m
L _v =	1.45 m
Momentos	
M _x =	14.731 T-m
M _y =	5.855 T-m
Cortantes	
V _x =	12.810 Ton
V _y =	8.076 Ton

Ejemplo 5 Se diseñará una zapata rectangular a flexocompresión biaxial en las siguientes condiciones:

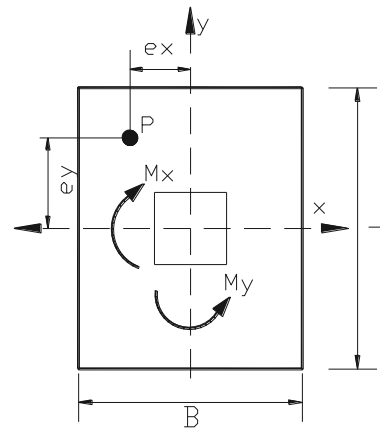
Carga axial $P = 263 \text{ Ton}$

Momentos $M_x = 35 \text{ T-m}$

$M_y = 21.5 \text{ T-m}$

$e_x = 0.082 \text{ m}$

$e_y = 0.0133 \text{ m}$



Profundidad de desplante: $h_d = 1.80 \text{ m}$

Capacidad de carga del terreno a nivel de desplante $q = 20 \text{ T/m}^2$

Peso vol. Del material de relleno $\gamma = 1.7 \text{ T/m}^2$

Materiales concreto $f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$

Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

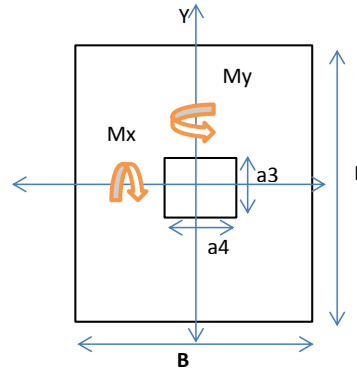
Factor de carga $F.C = 1.1$

Con los datos planteados, aplicamos la gráfica correspondiente para obtener las dimensiones de la zapata, peralte y porcentaje de acero que posteriormente se verificará haciendo un análisis detallado

EJEMPLO 5 DISEÑAR UNA ZAPATA RECTANGULAR CON LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

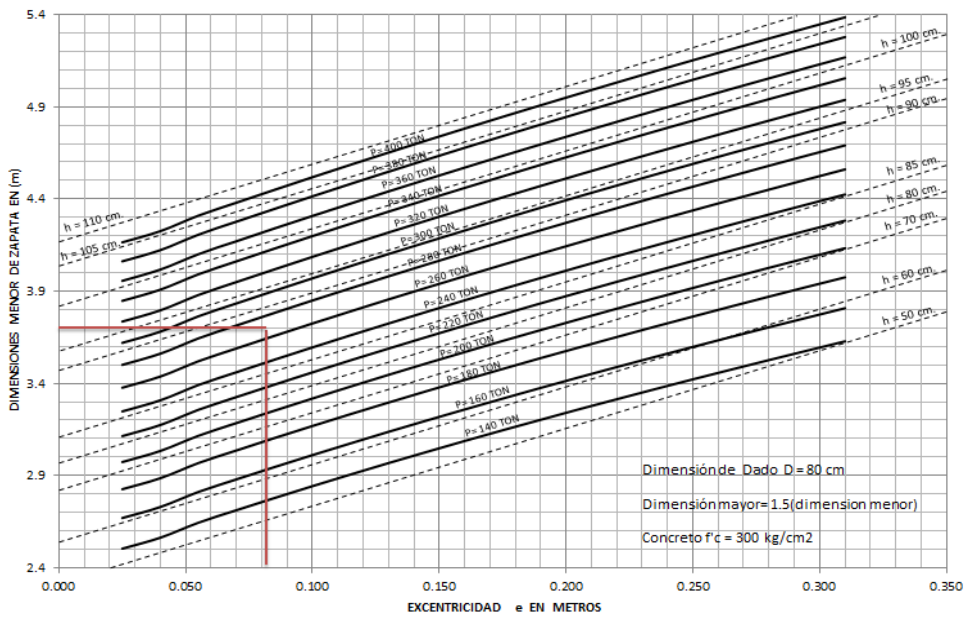
Datos:

Carga axial	P=	263 Ton
Momento	Mx=	35 T-m
Momento	My=	21.5 T-m
	ex=	0.082
	ey=	0.133
factor de carga	F.C =	1.1
Profundidad de desplante	hd=	1.8 m
capacidad de carga	qadm=	20 T/m ²
Peso material de relleno	γ=	1.7 t/m ³



Dimension de columna	a1=	80 cm	Materiales	
	a2=	70 cm	concreto	f'c= 300 kg/cm ²
			acero	fy= 4200 kg/cm ²
Dimension de dado	a3=	90 cm	Peso concrel	γ= 2.4 t/m ³
	a4=	80 cm		

DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 20 T/m²



1) Obtener dimensiones de zapata empleando graficas de prediseño

a) Tipo de zapata **RECTANGULAR**

Ancho de zapata	B=	3.70 m
Long. De zapata	L=	5.55 m
Peralte propuesto	h=	85 cm

Con los datos obtenidos se procede a verificar estas dimensiones y peralte mediante el análisis de peso de la zapata.

2) Analisis de peso

Peso de estructura	263 Ton
Peso de dado	1.6416 Ton
Peso losa zapata	41.8914 Ton
Peso relleno sobre zapata	32.00 Ton

Peso total= 338.53 Ton

3) Calculo de esfuerzo actuante a nivel de desplante por teoría Elastico- Lineal

$$\sigma_{max} = \frac{P_{Total}}{A} + \frac{M_x C_y}{I_y} + \frac{M_y C_x}{I_x}$$

$$\sigma_{min} = \frac{P_{Total}}{A} - \frac{M_x C_y}{I_y} - \frac{M_y C_x}{I_x}$$

Condicion para aplicar teoria elastico - Lineal

Verificar excentricidades

$$e_{x_{calculado}} \leq e_{x_{max}} \quad e_{x_{max}} = \frac{b}{6}$$

$$e_{y_{calculado}} \leq e_{y_{max}} \quad e_{y_{max}} = \frac{c}{6}$$

Excentricidad calculada

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad 0.064 \text{ m} \quad \leq \quad e_{x_{max}} = \quad 0.62 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_x}{P} \quad 0.103 \text{ m} \quad \leq \quad e_{y_{max}} = \quad 0.93 \text{ m}$$

Se cumple con excentricidades; por lo tanto aplica formula de la escuadría

esfuerzo maximo $\sigma_{max} = 19.250 \text{ T/m}^2$ **LA ZAPATA PASA**

esfuerzo minimo $\sigma_{min} = 12.5899 \text{ T/m}^2$

4) Calculo de esfuerzo neto

excentricidades $e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.08 \text{ m}$

$$e_{x_{neto}} = \frac{M_y}{P_{col}} \quad 0.13 \text{ m}$$

Dimensiones $b_{neto} = b - 2e_{x_{neto}} \quad 3.54 \text{ m}$

$$c_{neto} = c - 2e_{y_{neto}} \quad 5.28 \text{ m}$$

Area $A_{neto} = 18.686 \text{ m}^2$

esfuerzo neto $f_{neto} = 14.074 \text{ T/m}^2$

5) Diseño por flexión y cortante

Datos

b=	100 cm
h=	85 cm
r=	7 cm
d=	78 cm
f*c=	240 kg/cm ²
f''c=	204 kg/cm ²
f _y =	4200 kg/cm ²

P _{min} =	0.0026
P _{max} =	0.0152

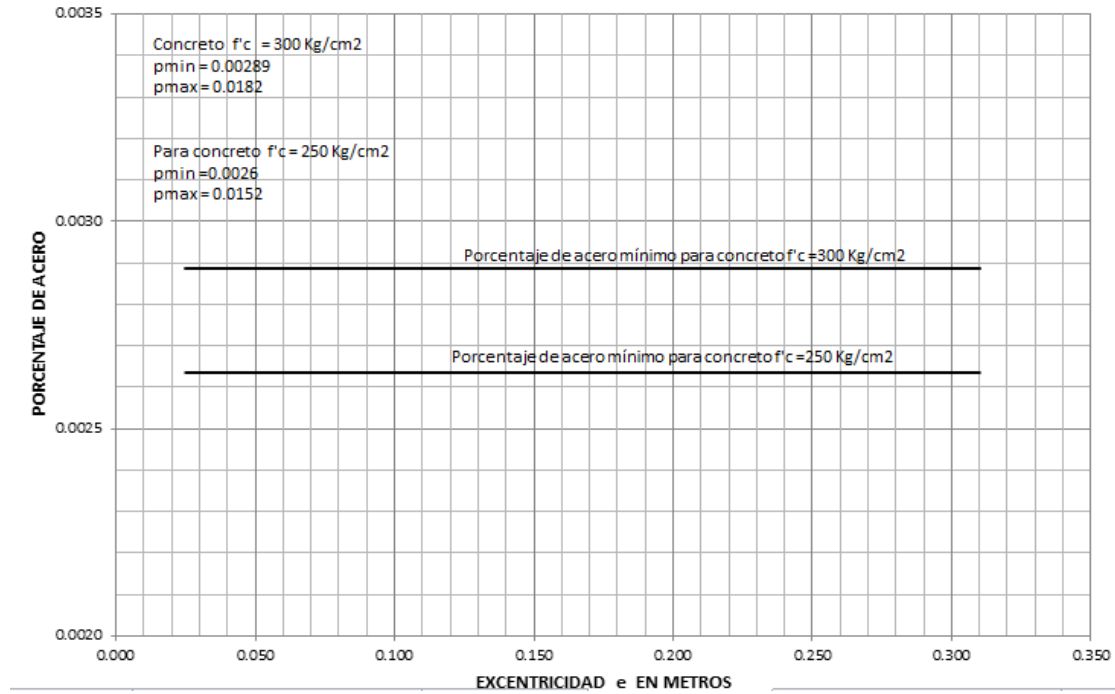
Acciones para diseño

Long. De volado	
L _{vx} =	1.45 m
L _{vy} =	2.325 m
Momentos	
M _x =	14.796 T-m
M _y =	38.041 T-m
Cortantes	
V _x =	20.408 Ton
V _y =	32.723 Ton

a) Diseño por flexion

Direccion X		Direccion y	
q=	0.01468	q=	0.03430
p=	0.00260	p=	0.00260
As=	20.28 cm ²	As=	20.28 cm ²

PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 20 T/m²

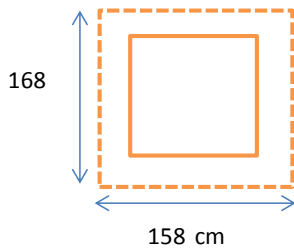


b) Revision por cortante

1) como viga ancha $VCR = 0.5Frbd\sqrt{f'c}$ VCR= 48334.832 kg
 VU= 22448.786 kg

Condicion: **PASA POR CORTANTE**

b) Revision por cortante por penetracion o punzonamiento



Perimetro critico=	652 cm
Area critica=	50856 cm ²
Esfuerzo actuante=	5.69 kg/cm ²
Esfuerzo resistente del concreto =	10.84 kg/cm ²

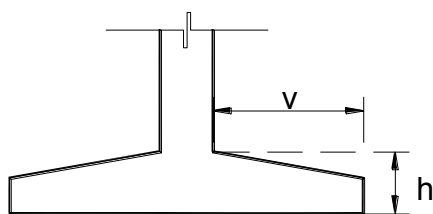
Condicion: **PASA POR CORTANTE**

Conclusiones

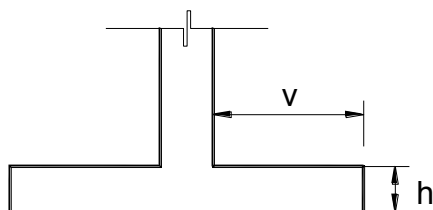
Del análisis realizado para obtener las gráficas con las tres clasificaciones que se hizo de la resistencia del suelo: capacidad de carga baja, capacidad de carga intermedia y capacidad de carga alta se observó los siguientes resultados:

- En la clasificación de resistencia baja del suelo (de 4 a 8 t/m²) y con acciones menores, se obtienen dimensiones de zapatas de hasta 4 m, peraltes de van de 15 a 25 cm para zapatas cuadradas así como para zapatas rectangulares y los porcentajes de acero varían en función al peralte.

Atendiendo al criterio de rigidez según la norma EHE donde clasifica a las zapatas en rígidas o flexibles, según la longitud del vuelo de la zapata, y con los resultados obtenidos, se cumple la condición planteada en esta normativa donde menciona que $v > 2h$, por lo que para capacidades de carga del suelo de 4 a 8 t/m² y con intervalos de carga axial de 4 a 20 ton y momentos flexionantes que provocan excentricidades el orden de 0.025 a 0.210 m; la zapata trabaja a flexión principalmente.



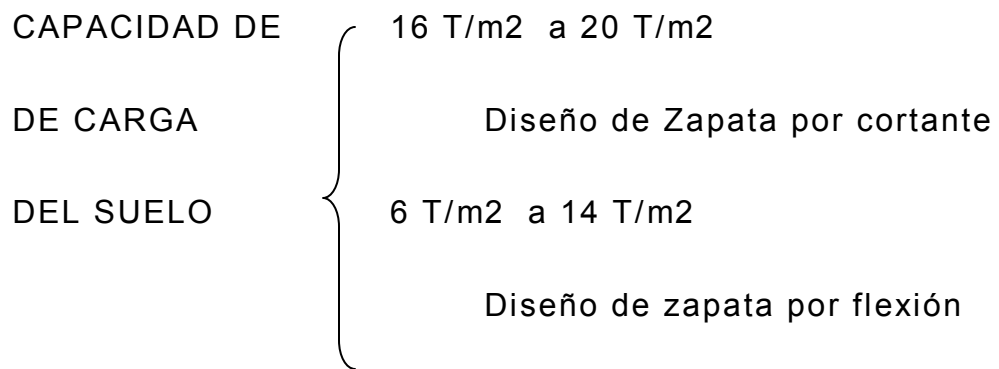
Zapata Rígida $v \leq 2h$



Zapata Flexible $v > 2h$

Fig. 1 (Clasificación de zapatas, según su forma de trabajo)

- Para la clasificación de resistencia intermedia del suelo (de 10 a 14 t/m²) y con carga axial de hasta 150 ton y momentos en función a excentricidades, se obtuvieron dimensiones de zapatas de hasta 6 m para zapatas cuadradas y para zapatas rectangulares la dimensión menor obtenida fue también hasta de 6 m, con peraltes de 20 cm hasta 60 cm respectivamente y los porcentajes de acero para flexión varían en función al peralte, pero también se observó que a mayor capacidad de carga del suelo los porcentajes de acero tienden al mínimo.



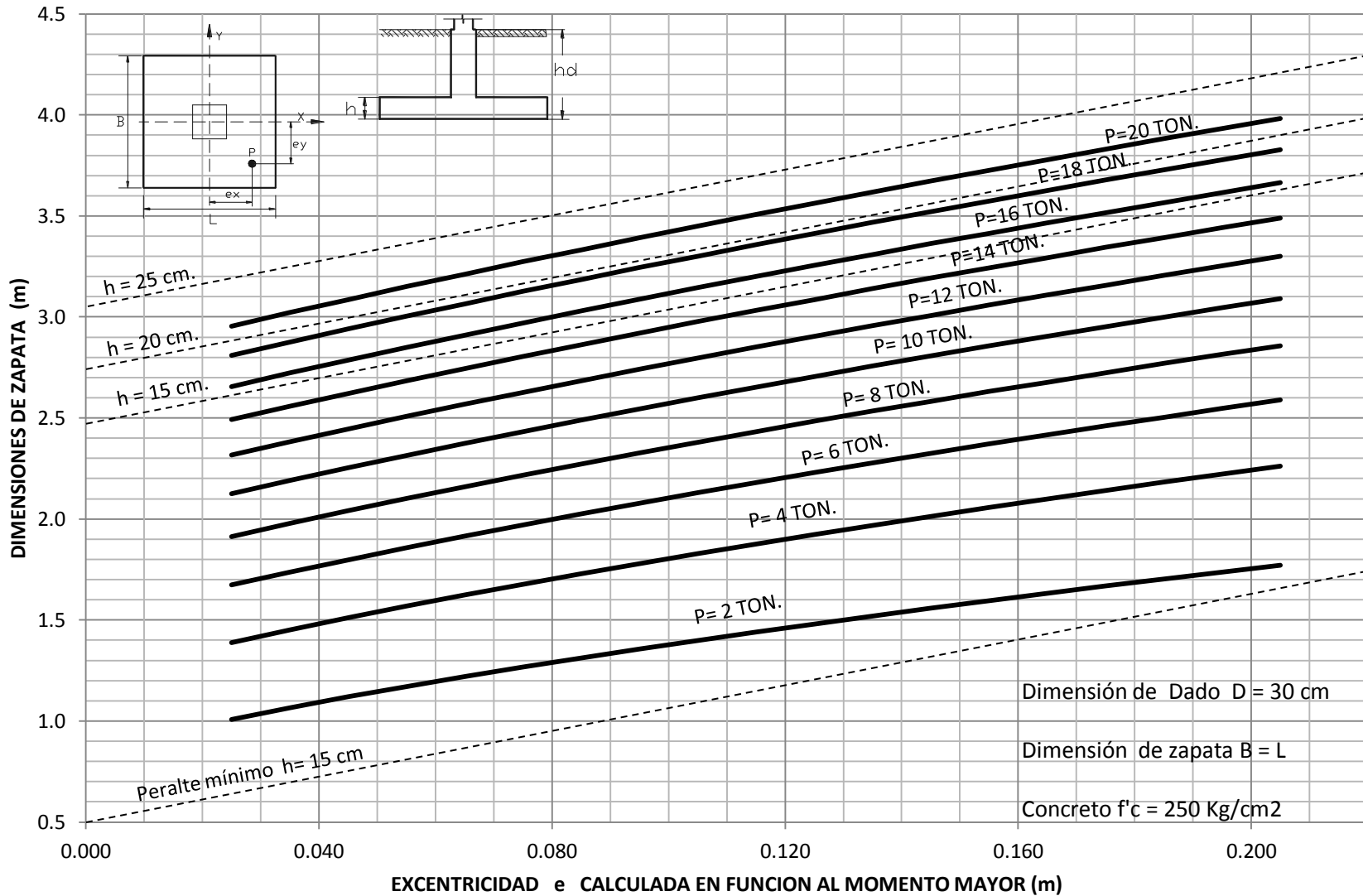
- En el intervalo de resistencia alta (de 16 a 20 t/m²), con carga axial de hasta 400 ton y momentos en función a excentricidades; se obtienen dimensiones de zapatas en algunos casos mayores a 7 m y peraltes de 60 hasta 120 cm; en cuanto a porcentajes de aceros para este intervalo los porcentajes calculados son los mínimos; el mismo comportamiento se observa para zapatas cuadradas y rectangulares.

Para los tres intervalos de clasificación y según los resultados obtenidos, para zapatas aisladas se considera que la dimensión máxima de la zapata tanto rectangular como cuadrada será de 6 m para el empleo adecuado de las gráficas de prediseño.

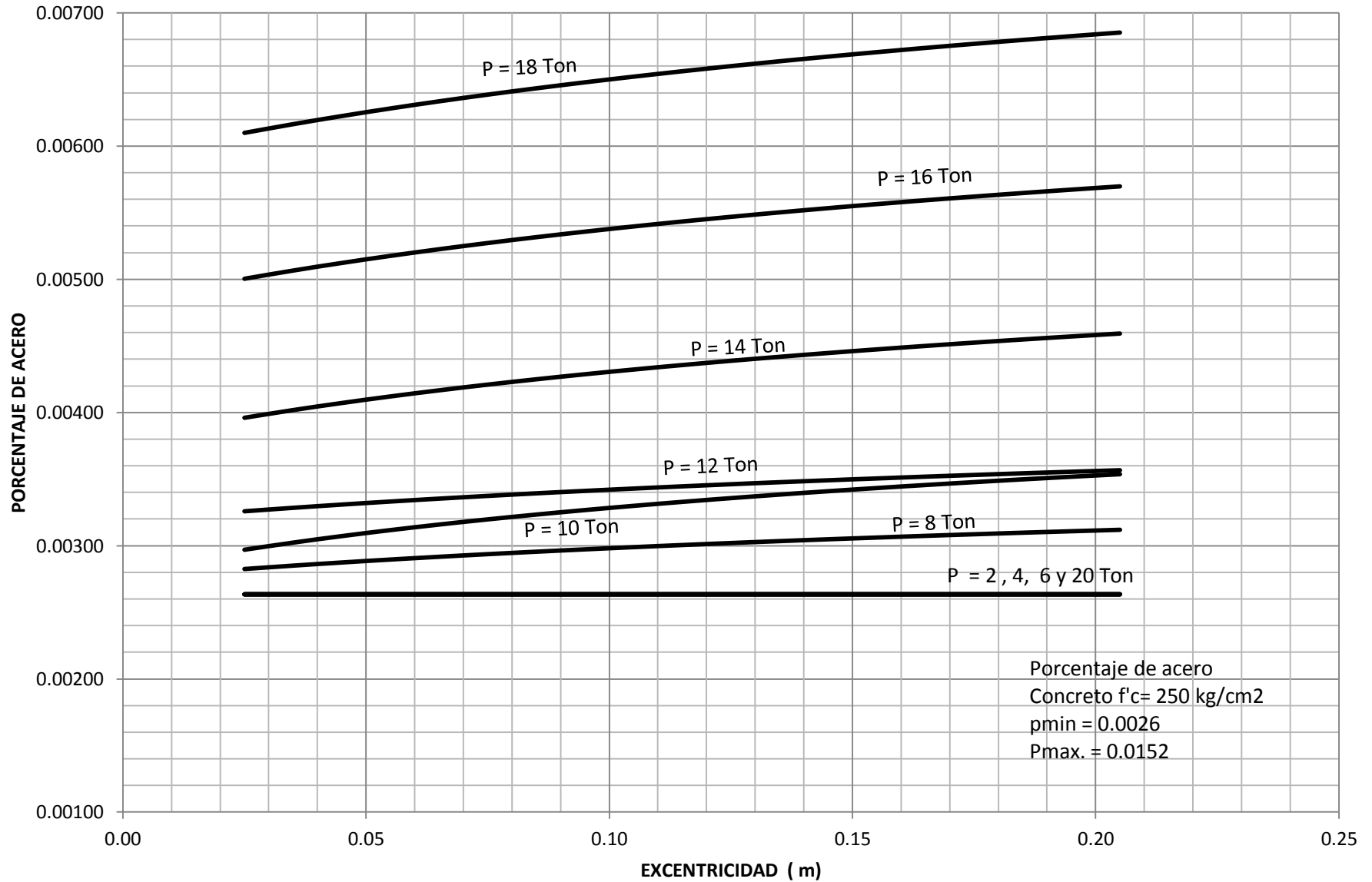
ANEXO

GRAFICAS PARA EL PRESIDEÑO DE ZAPATAS AISLADAS A
FLEXOCOMPRESION BIAxIAL

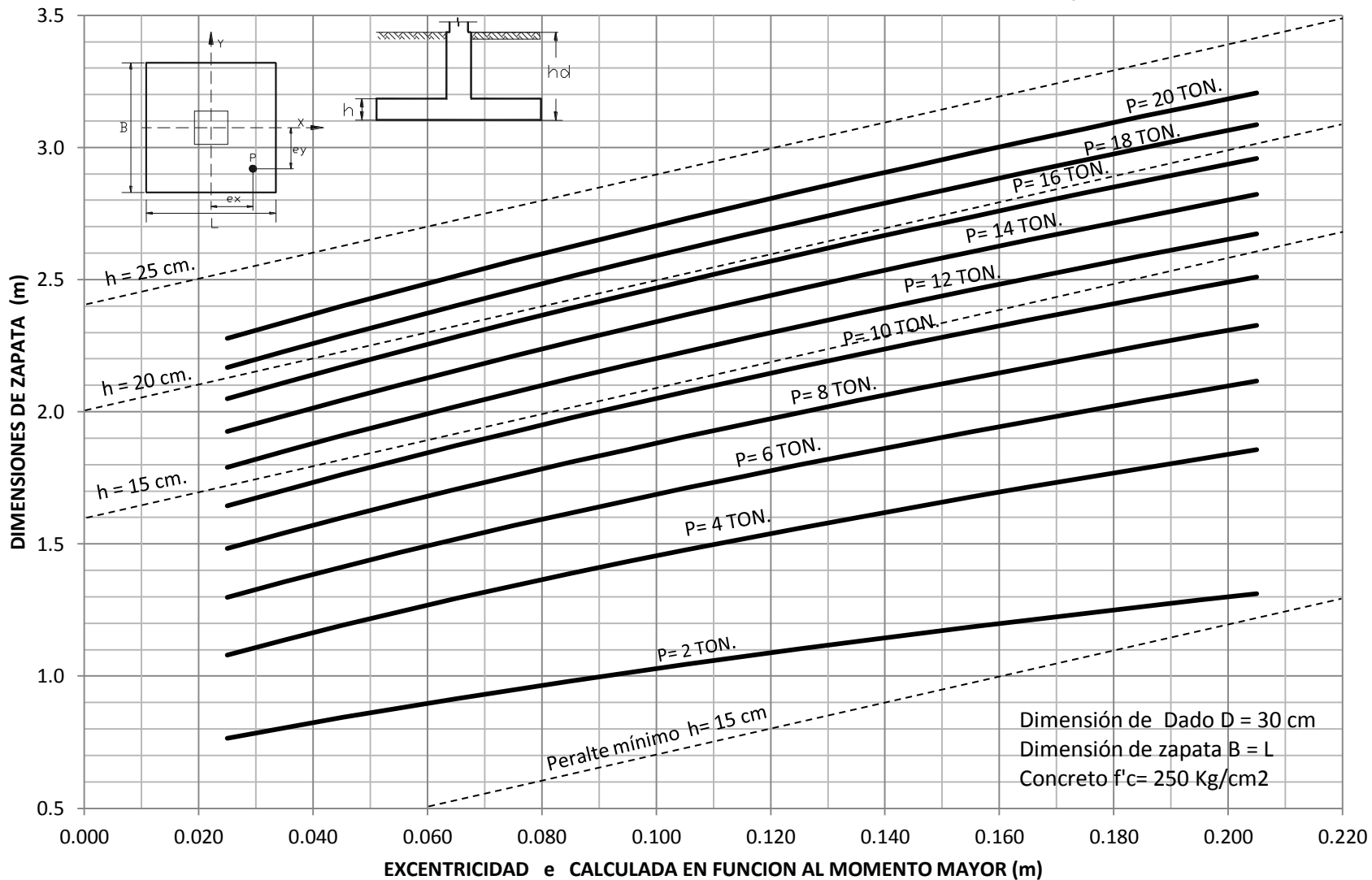
DIMENSIONES Y PERALTE PARA ZAPATA CUADRADA A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 4 T/m²



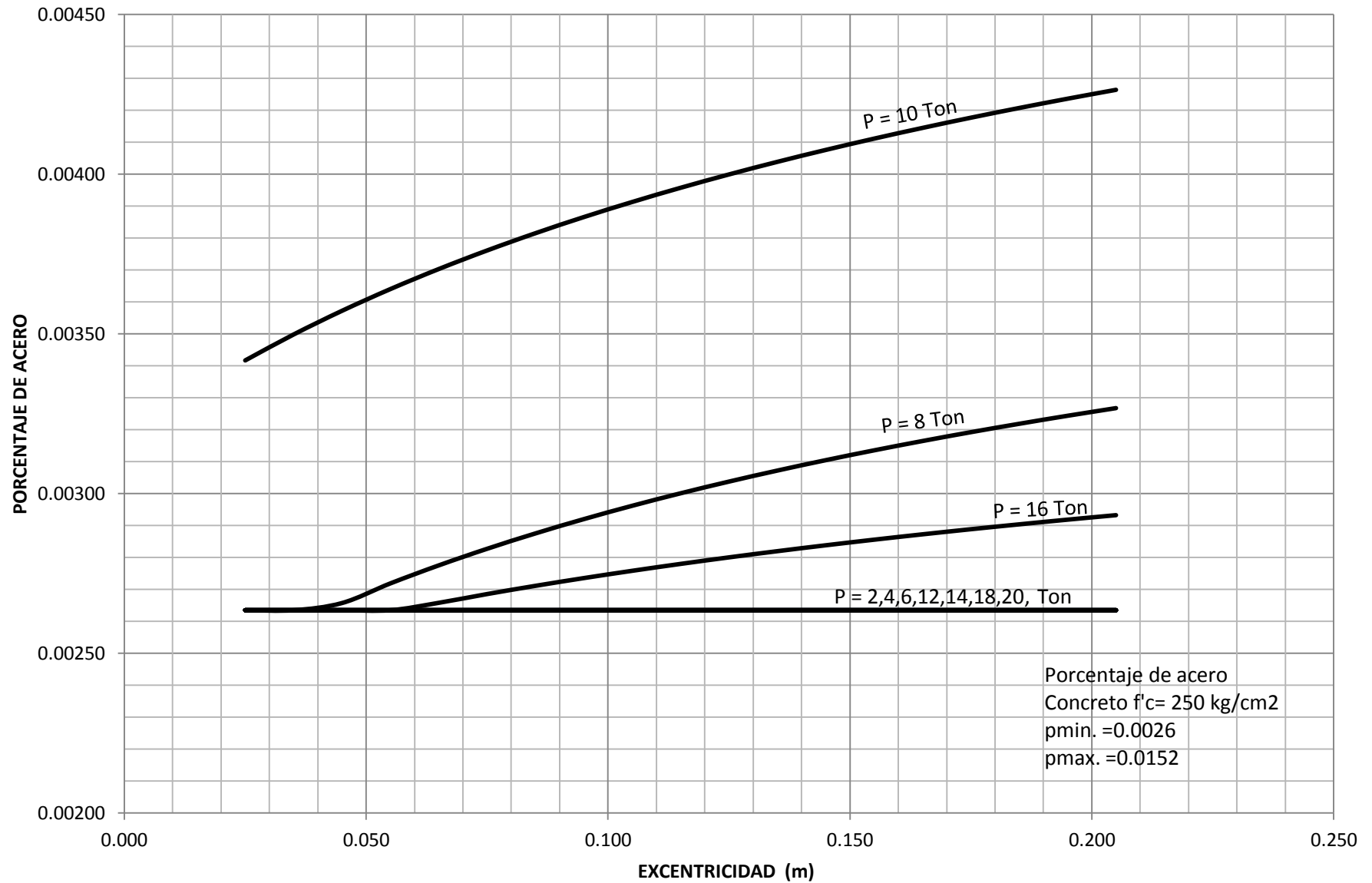
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA CUADRADA A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 4 T/m²



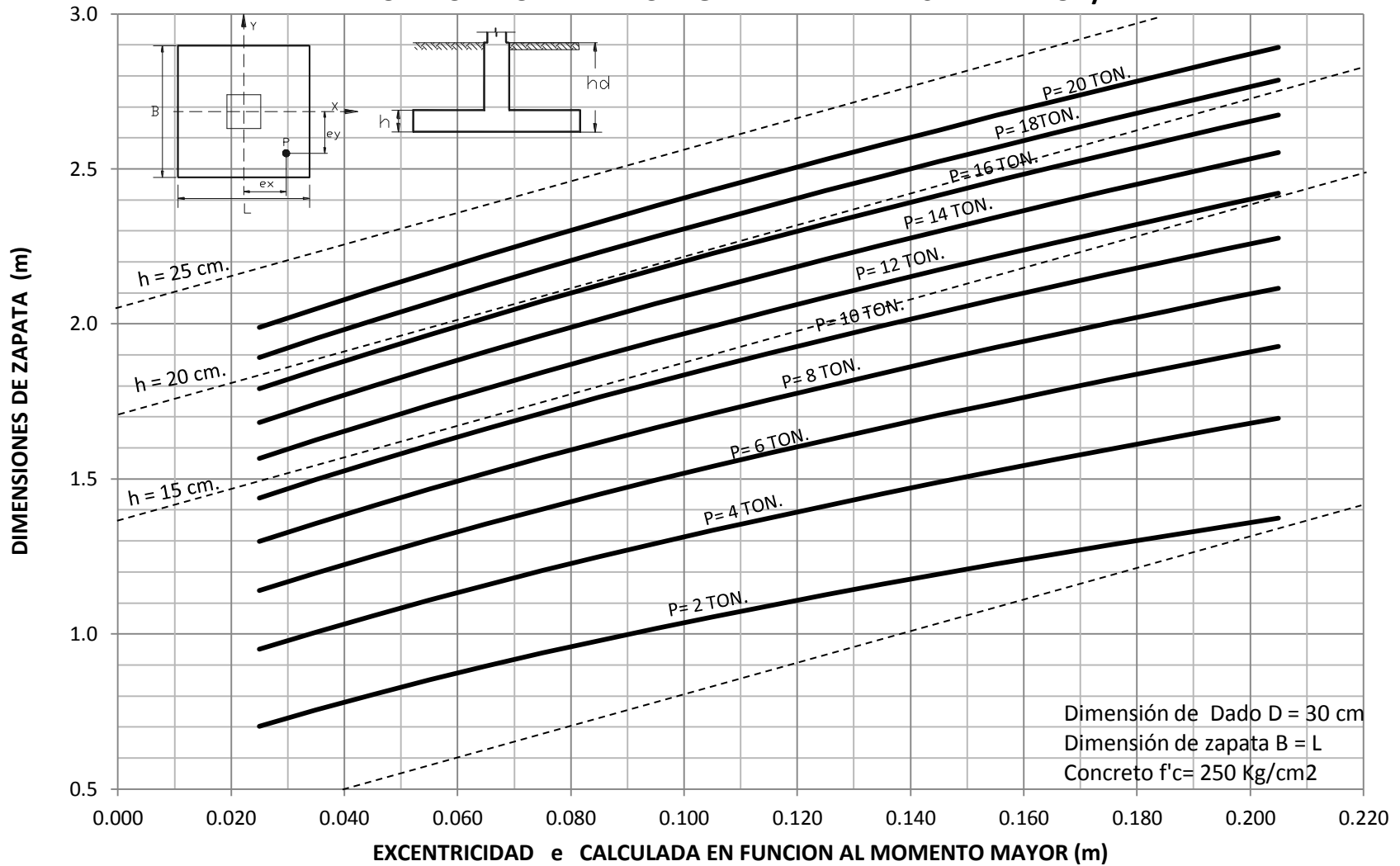
DIMENSIONES Y PERALTE PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 6 T/m²



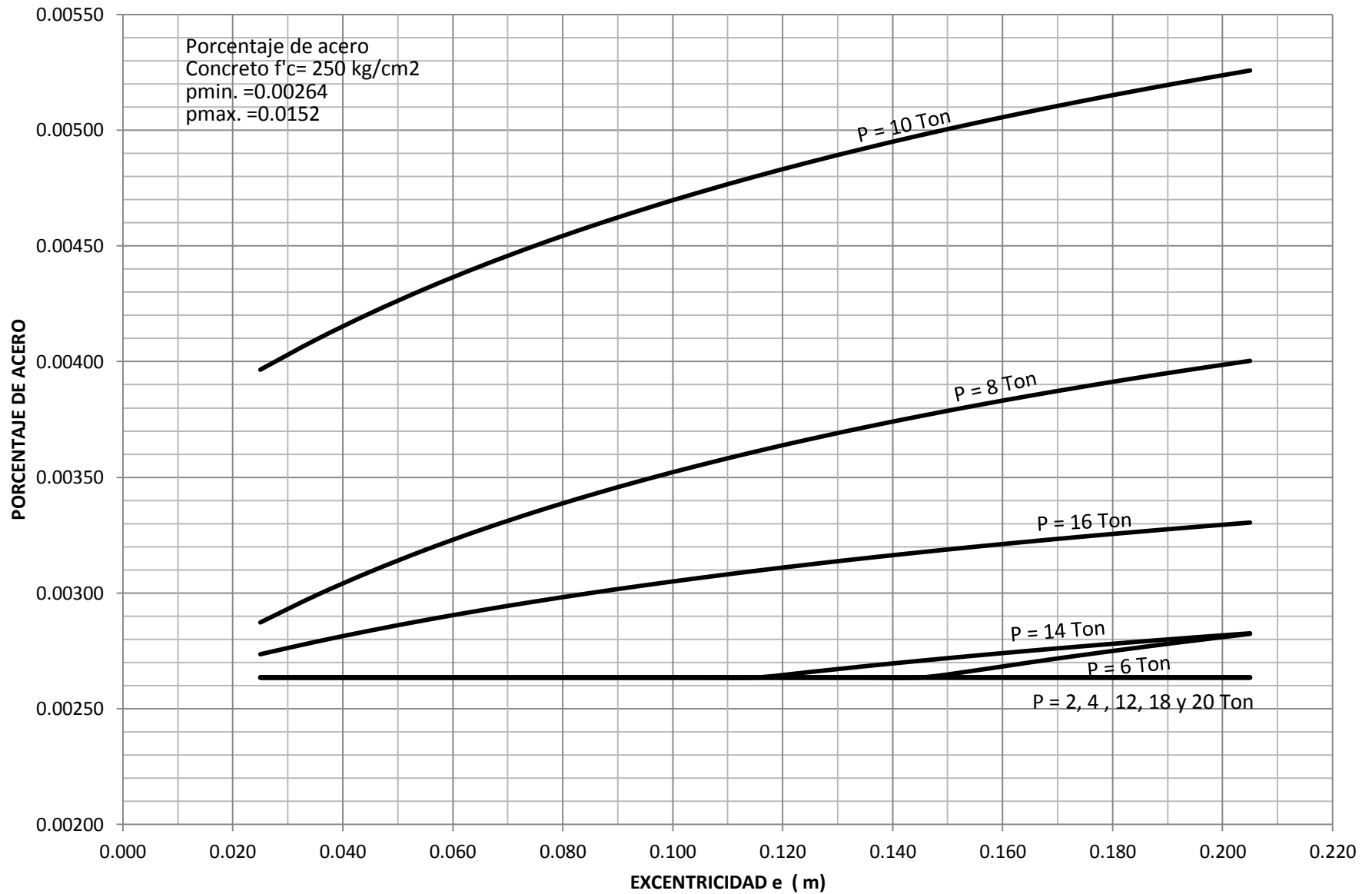
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA CAPACIDAD DECARGA A NIVEL DE DESPLANTE 6 T/m²



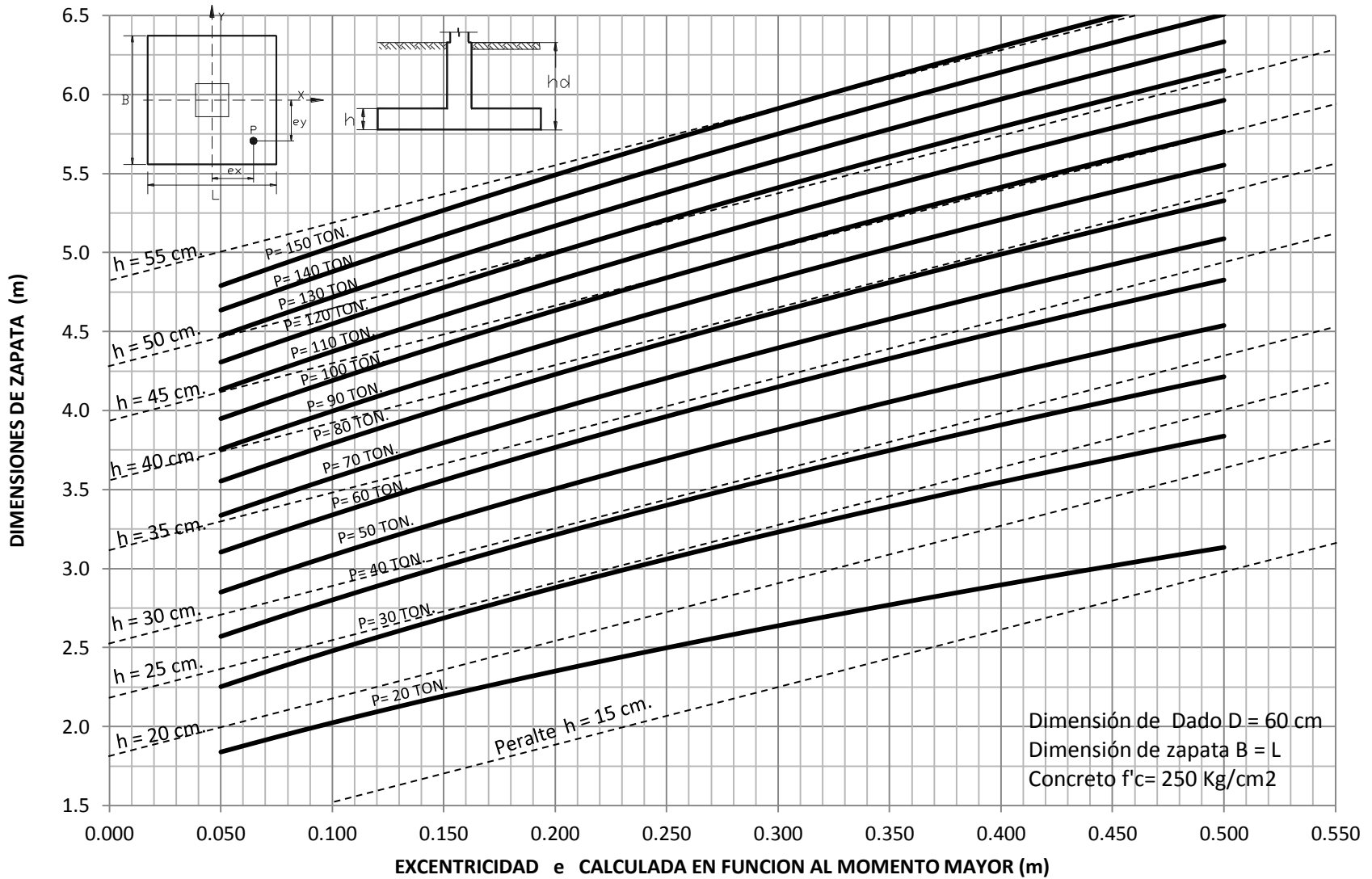
**DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATA CUADRADA A FLEJO COMPRESION BIAIXIAL
PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 8 T/m²**



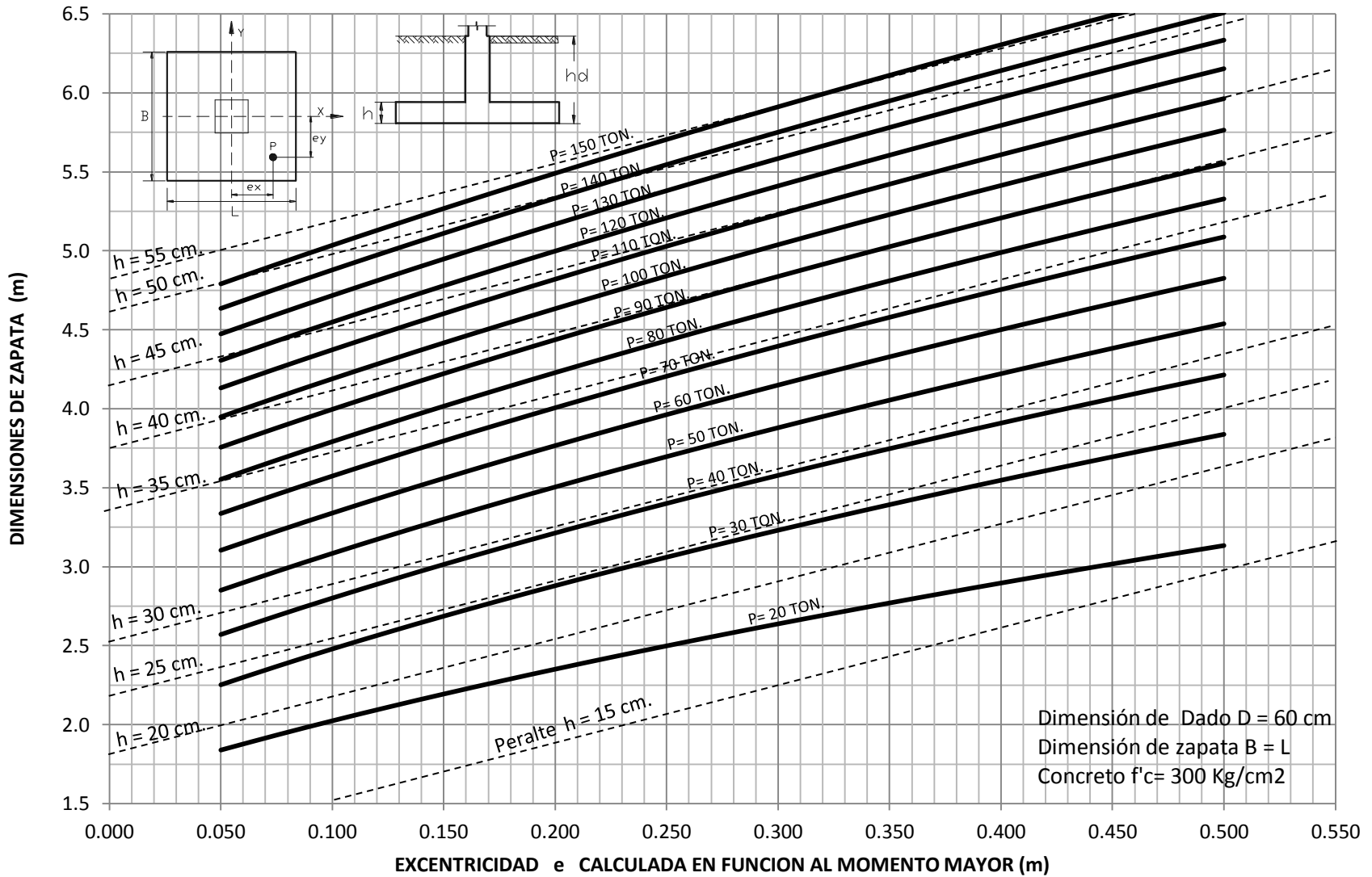
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 8 T/m²



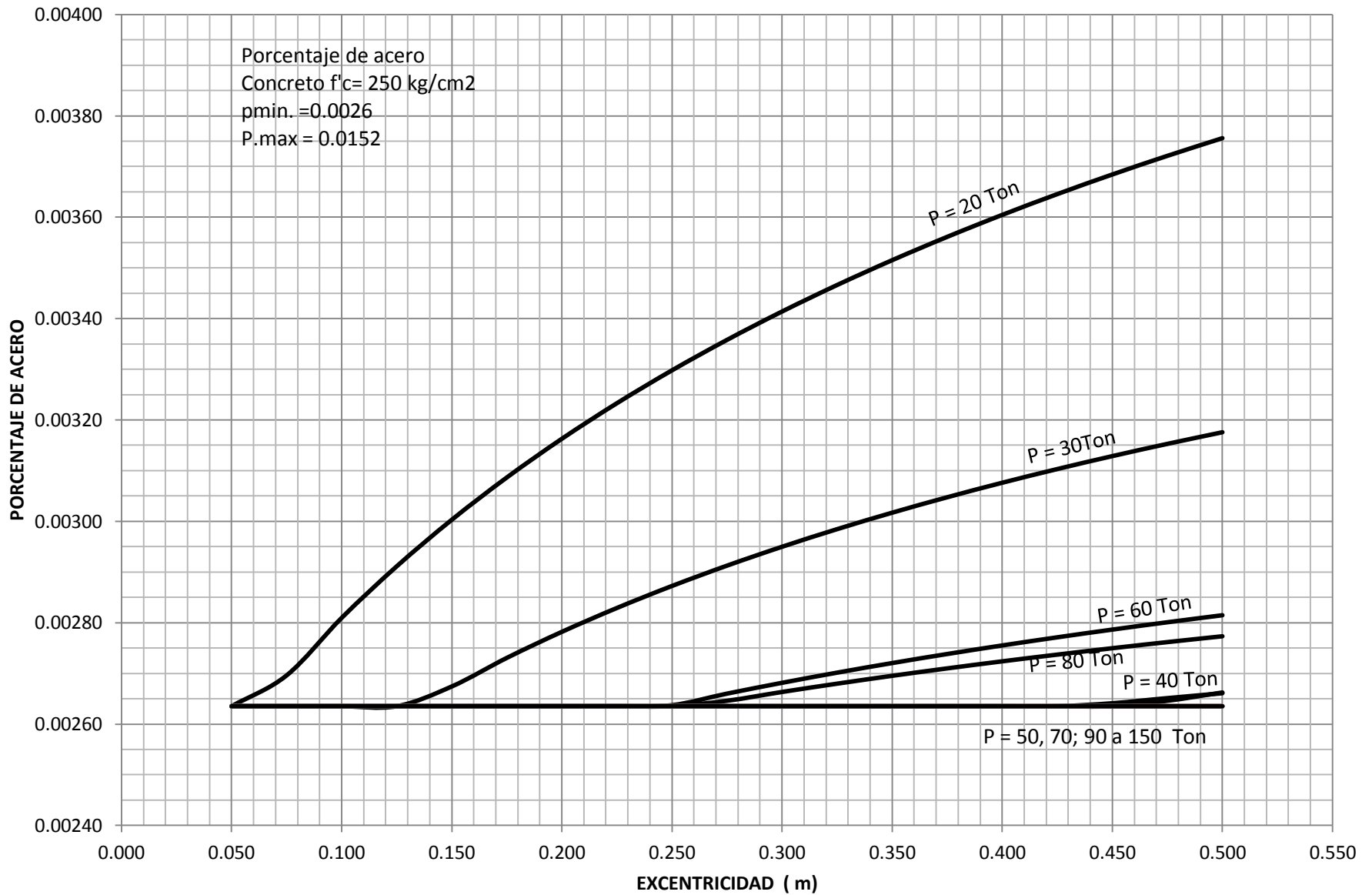
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 10 T/m²



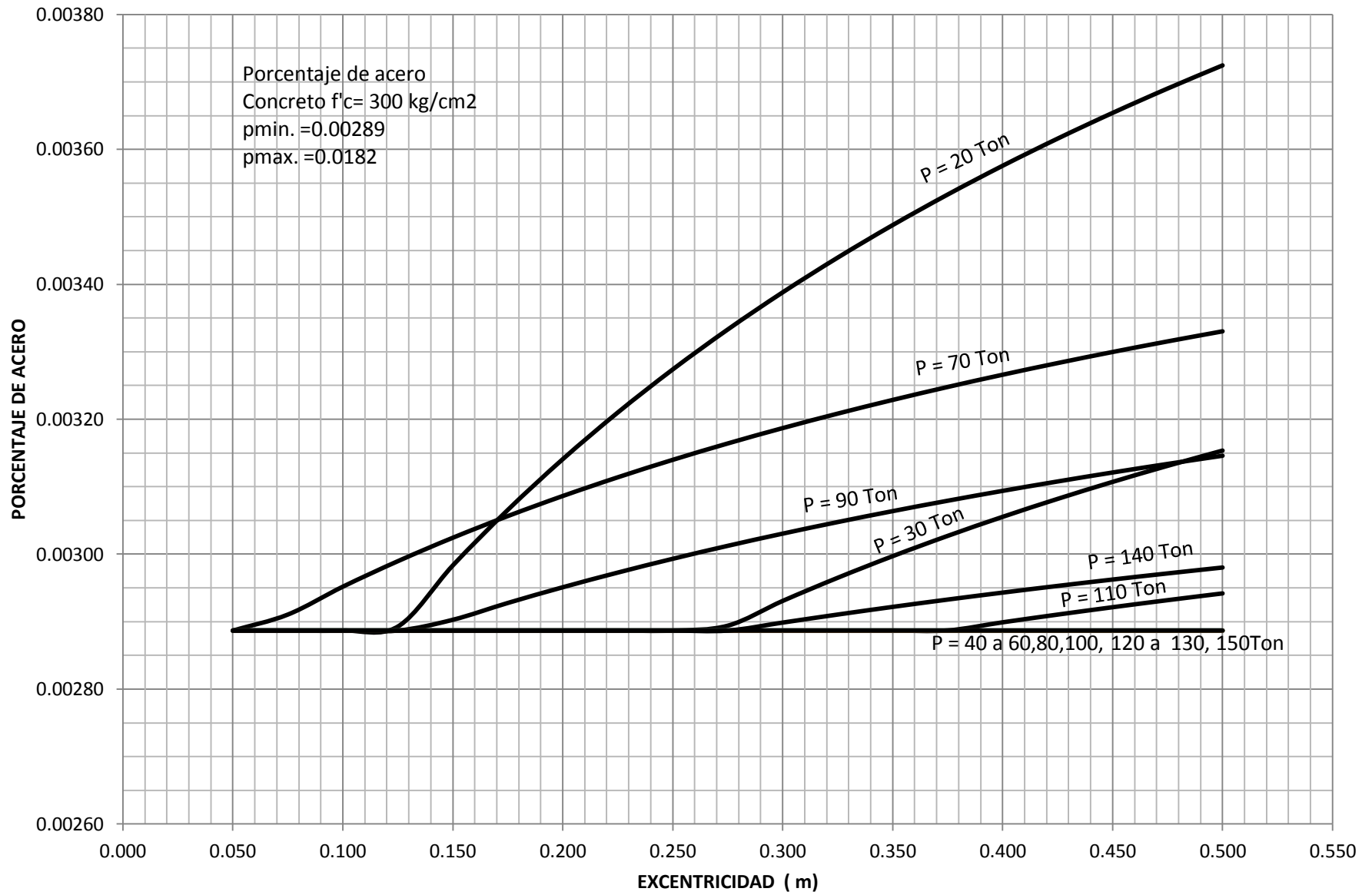
DIMENSIONES Y PERALTE PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAxIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 10 T/m²



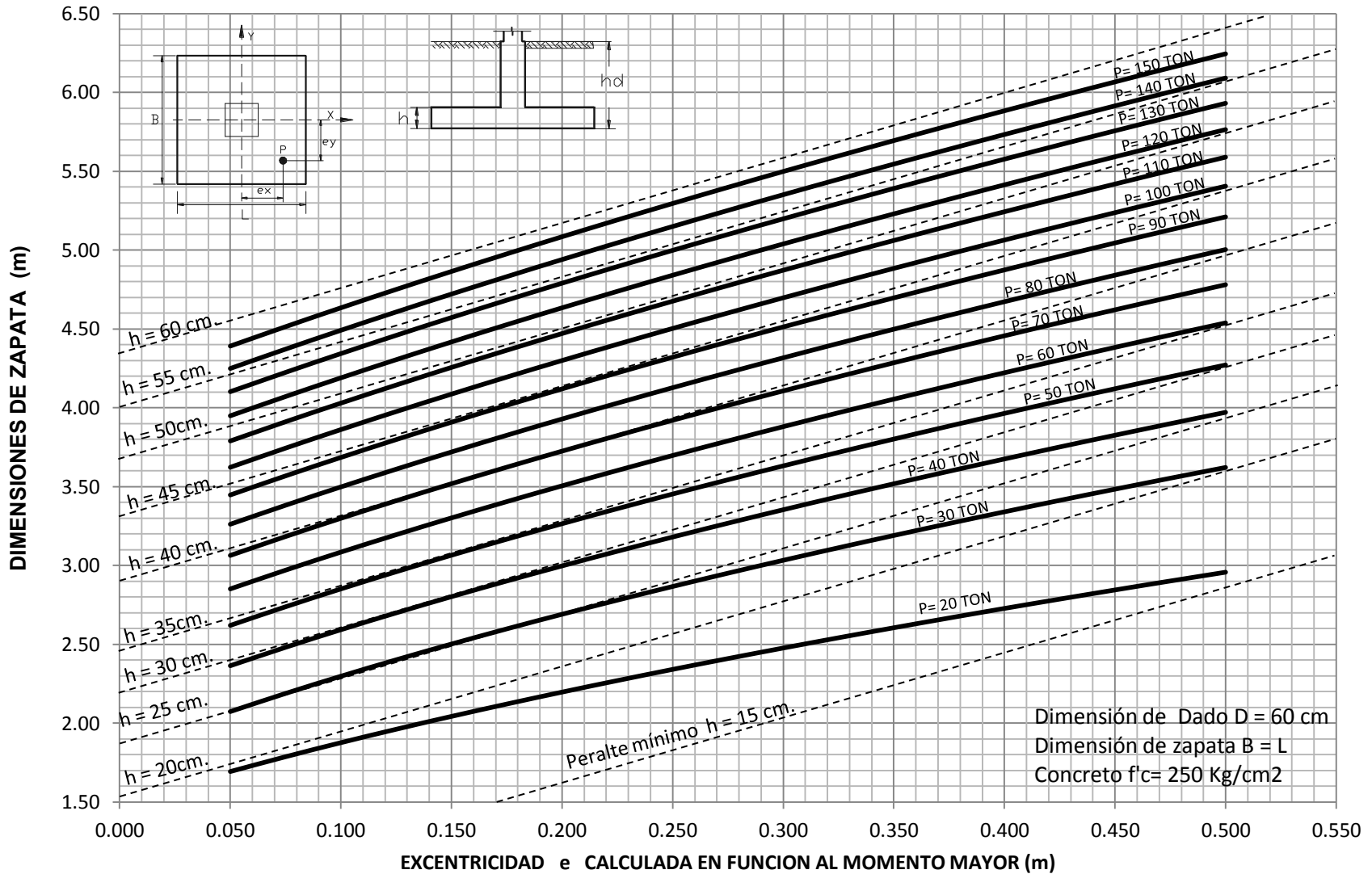
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA
CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE 10 T/m²**



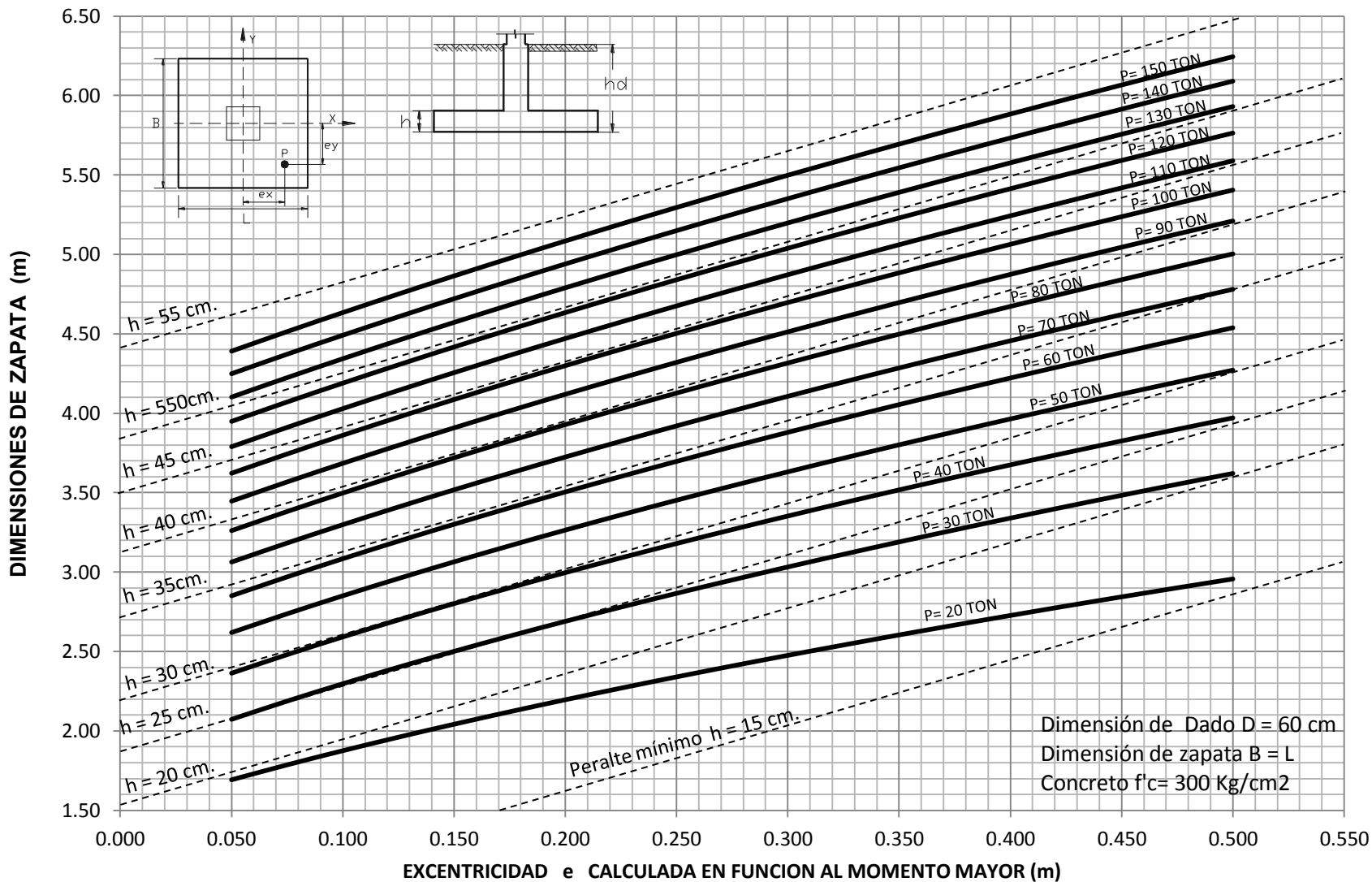
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA
CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²**



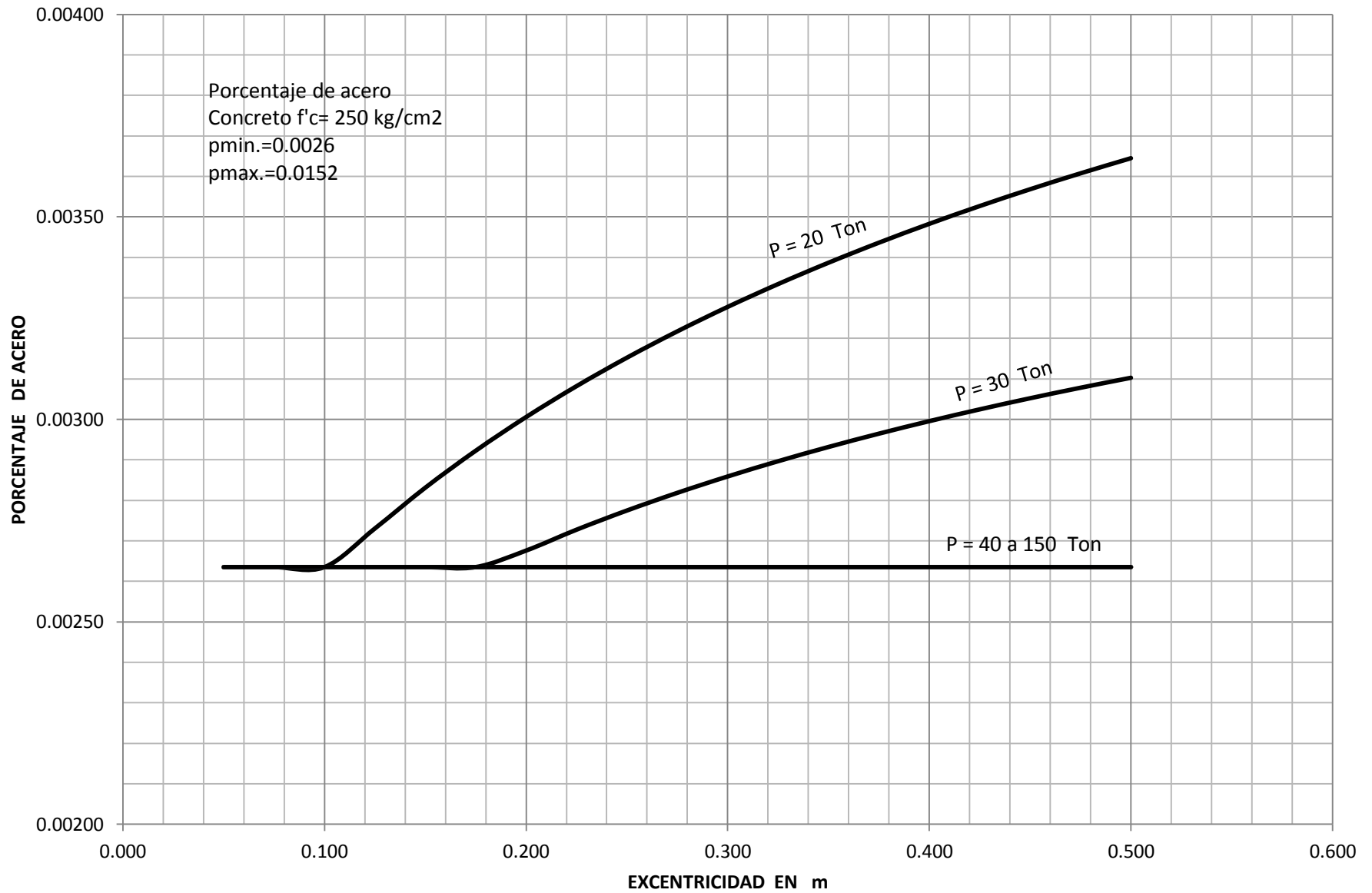
DIMENSIONES PARA ZAPATA CUADRADA A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



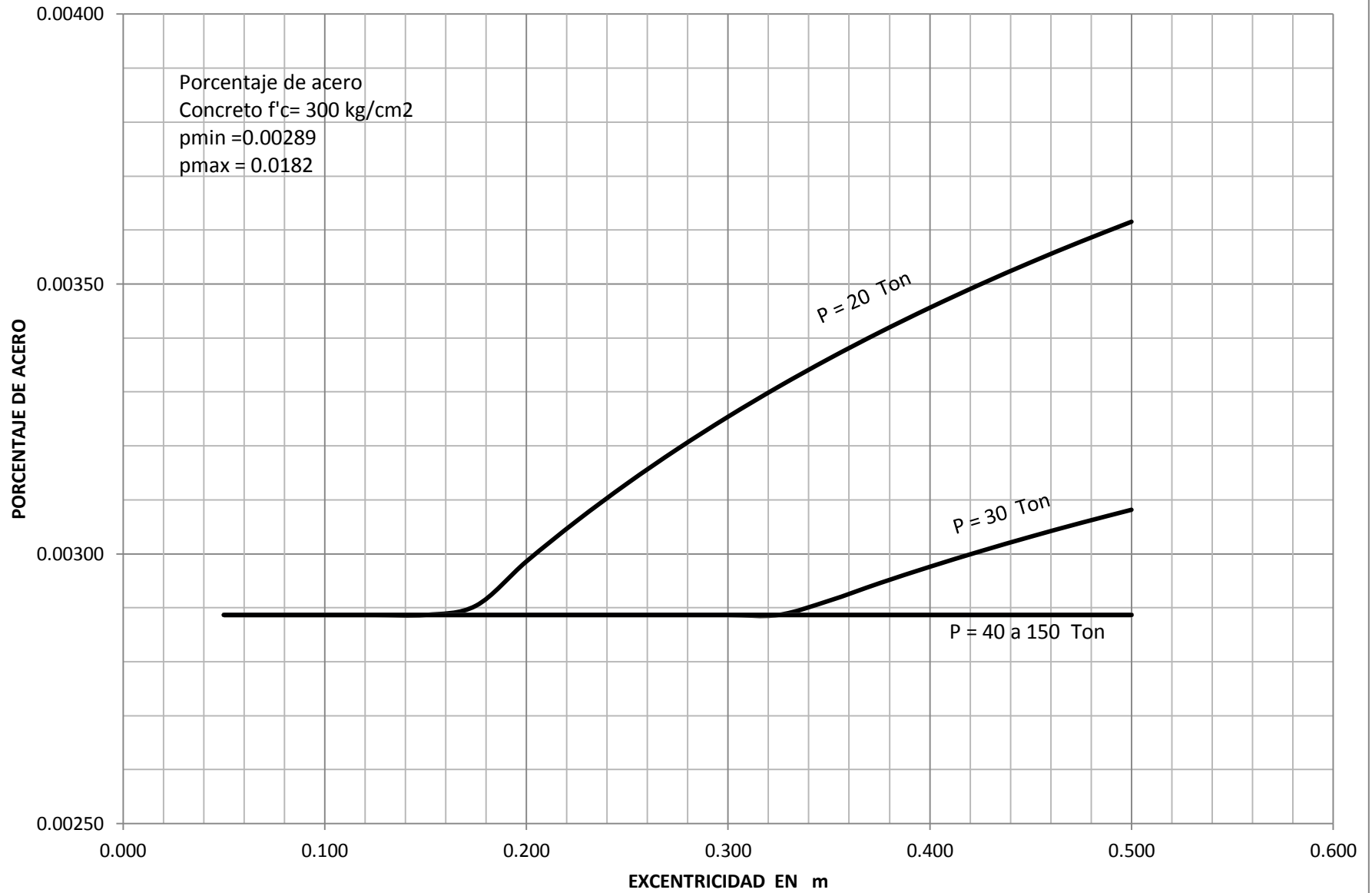
DIMENSIONES PARA ZAPATA CUADRADA A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



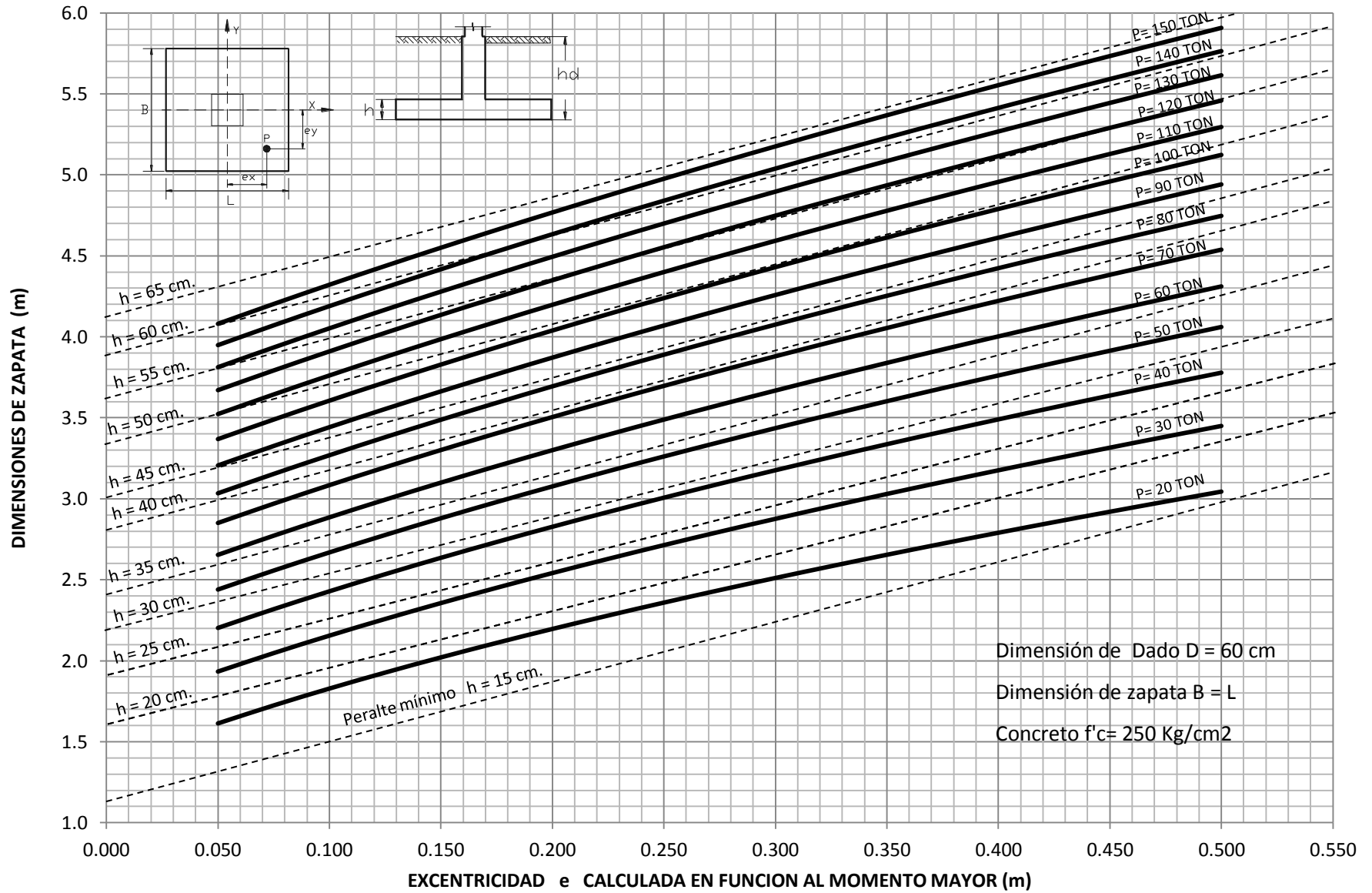
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



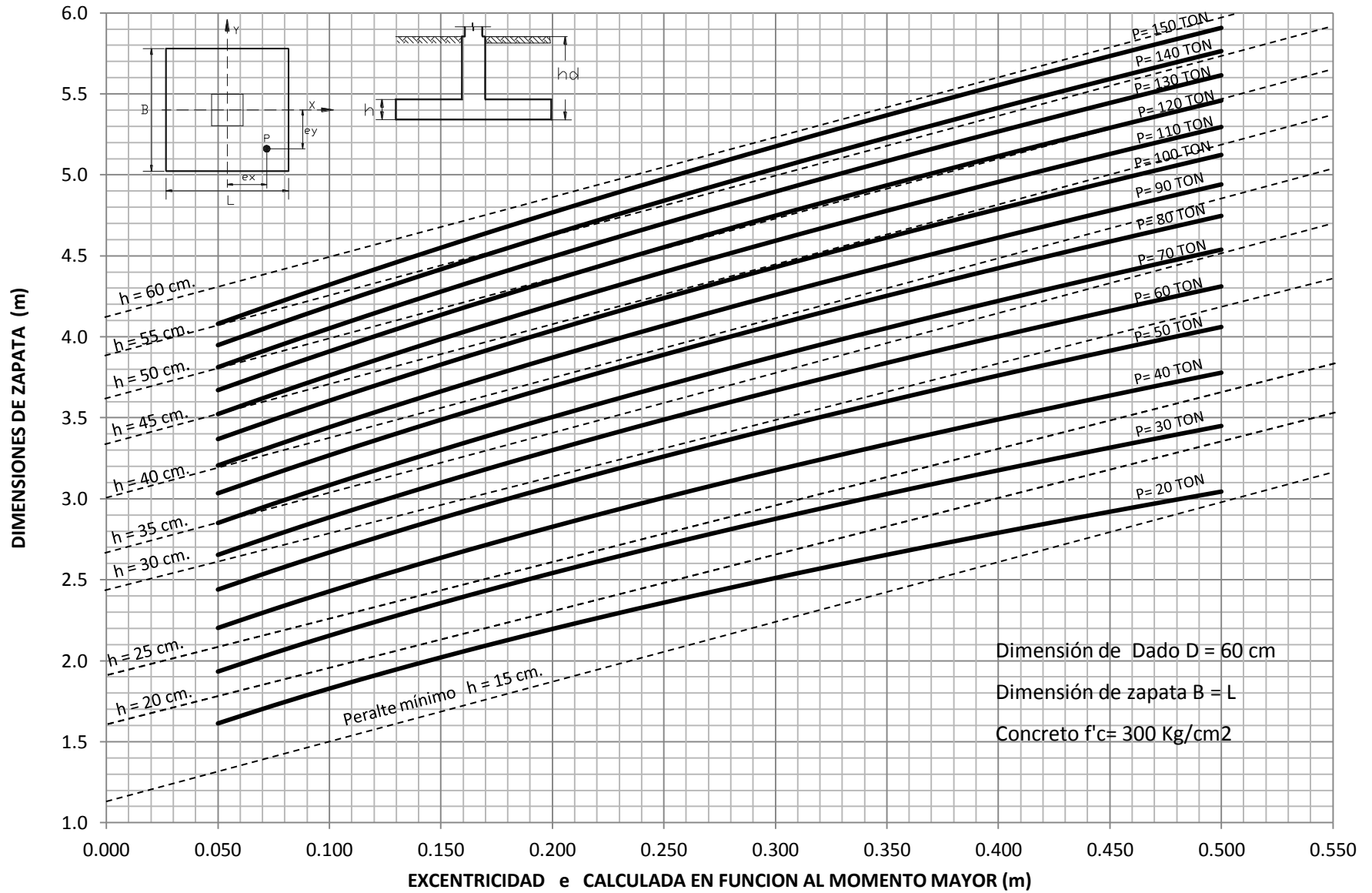
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



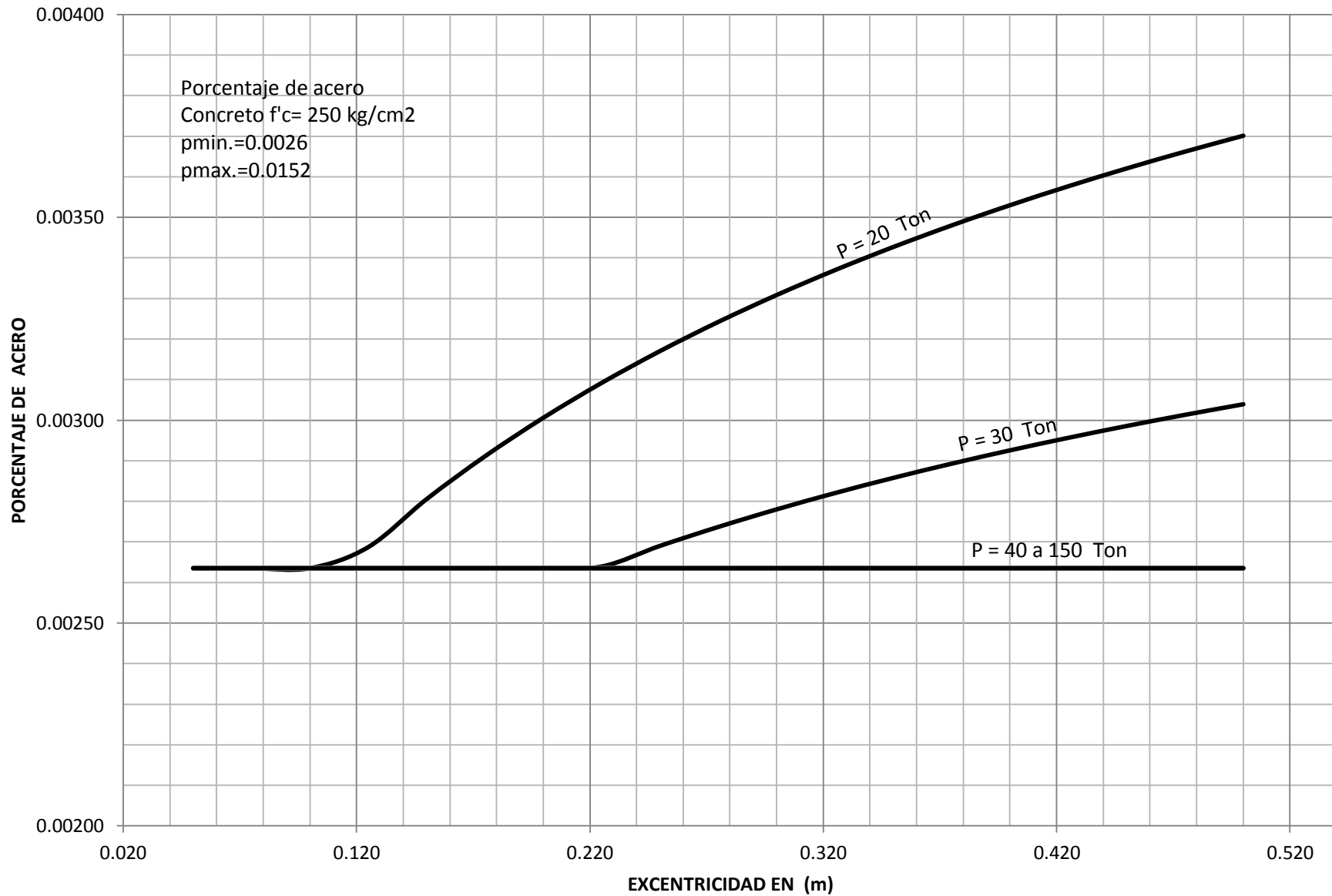
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS AFLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 14 T/m²



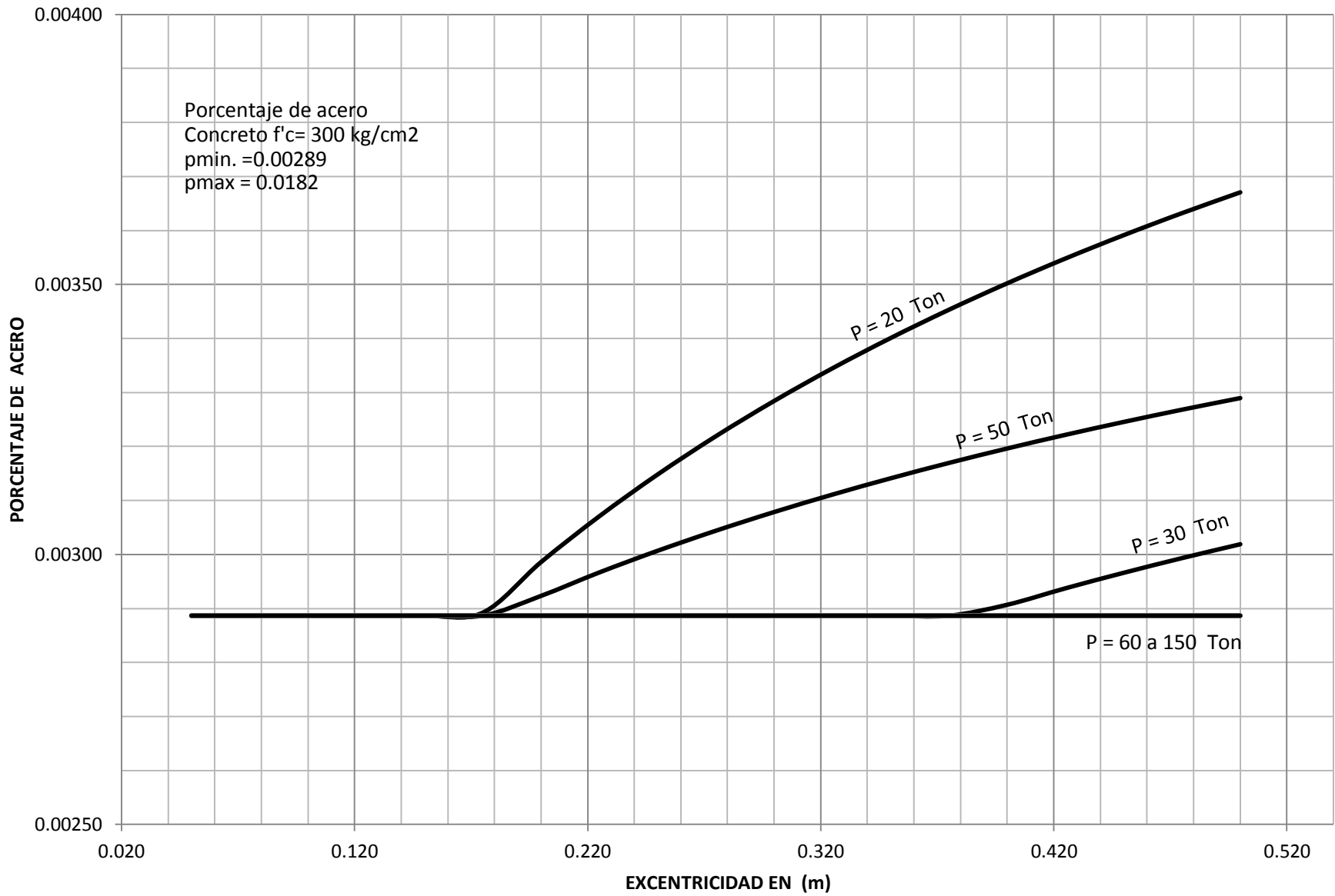
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 14 T/m²



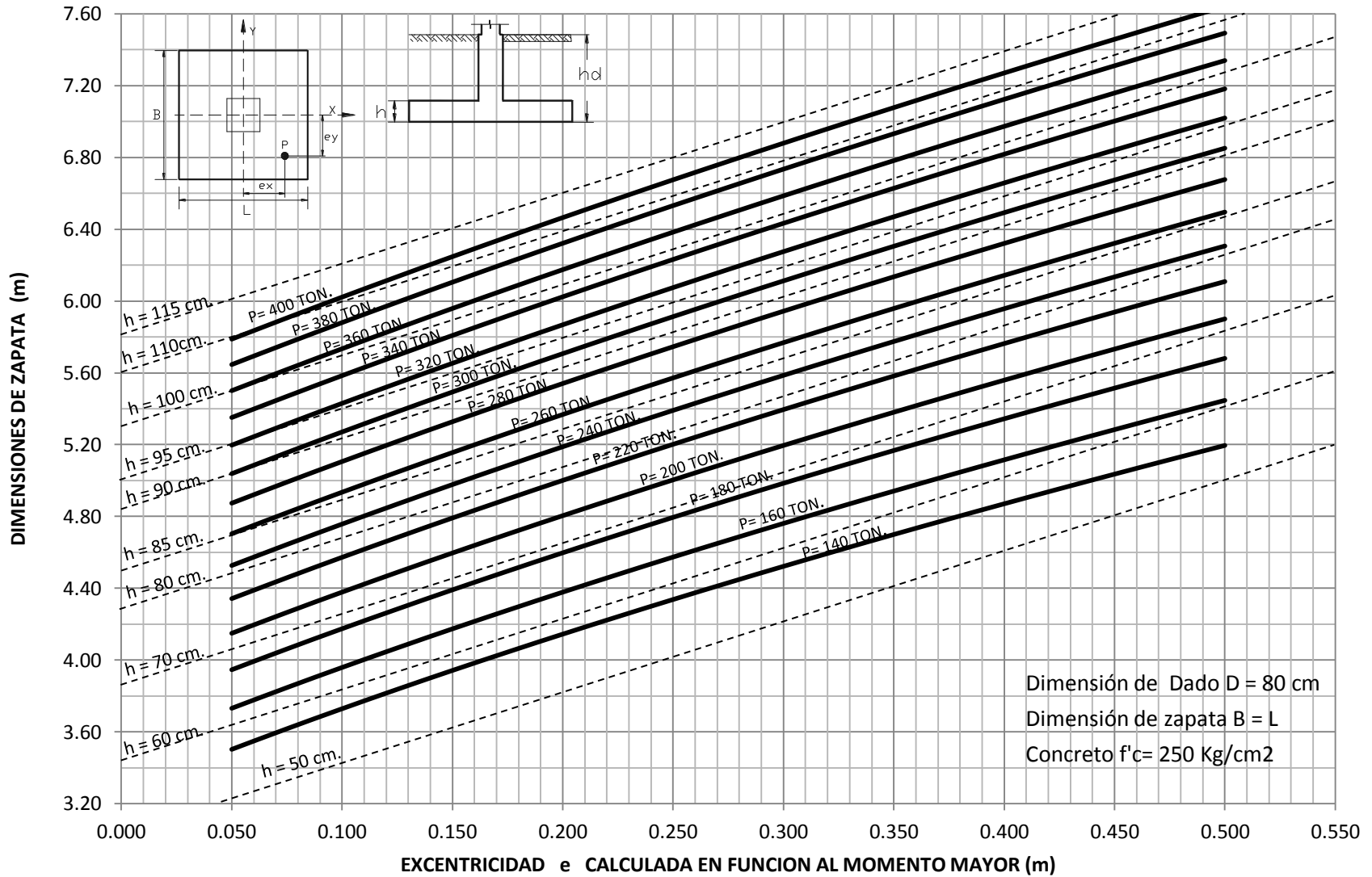
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 14 T/m2



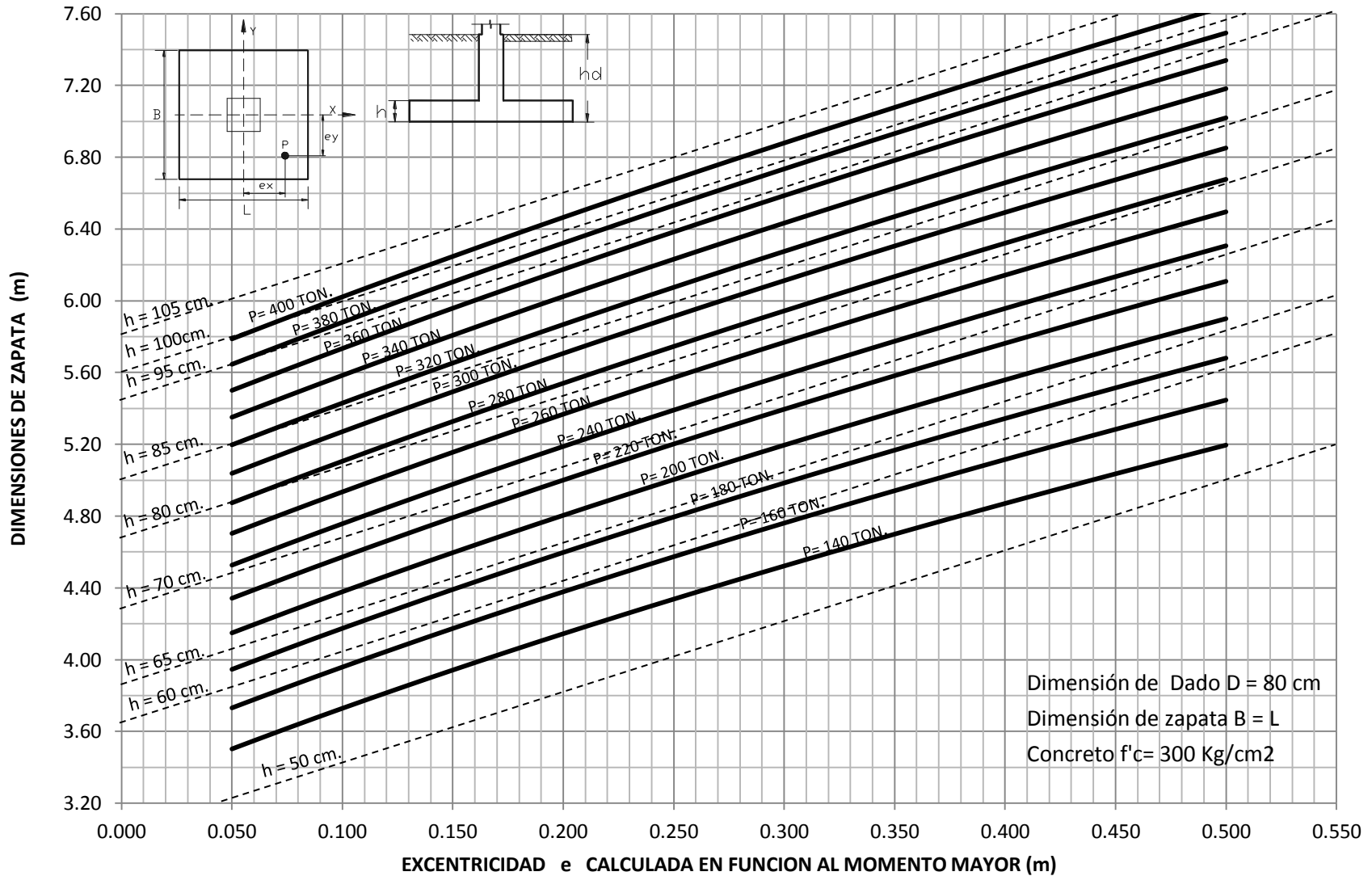
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAxIAL
PARA CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 14 T/m²**



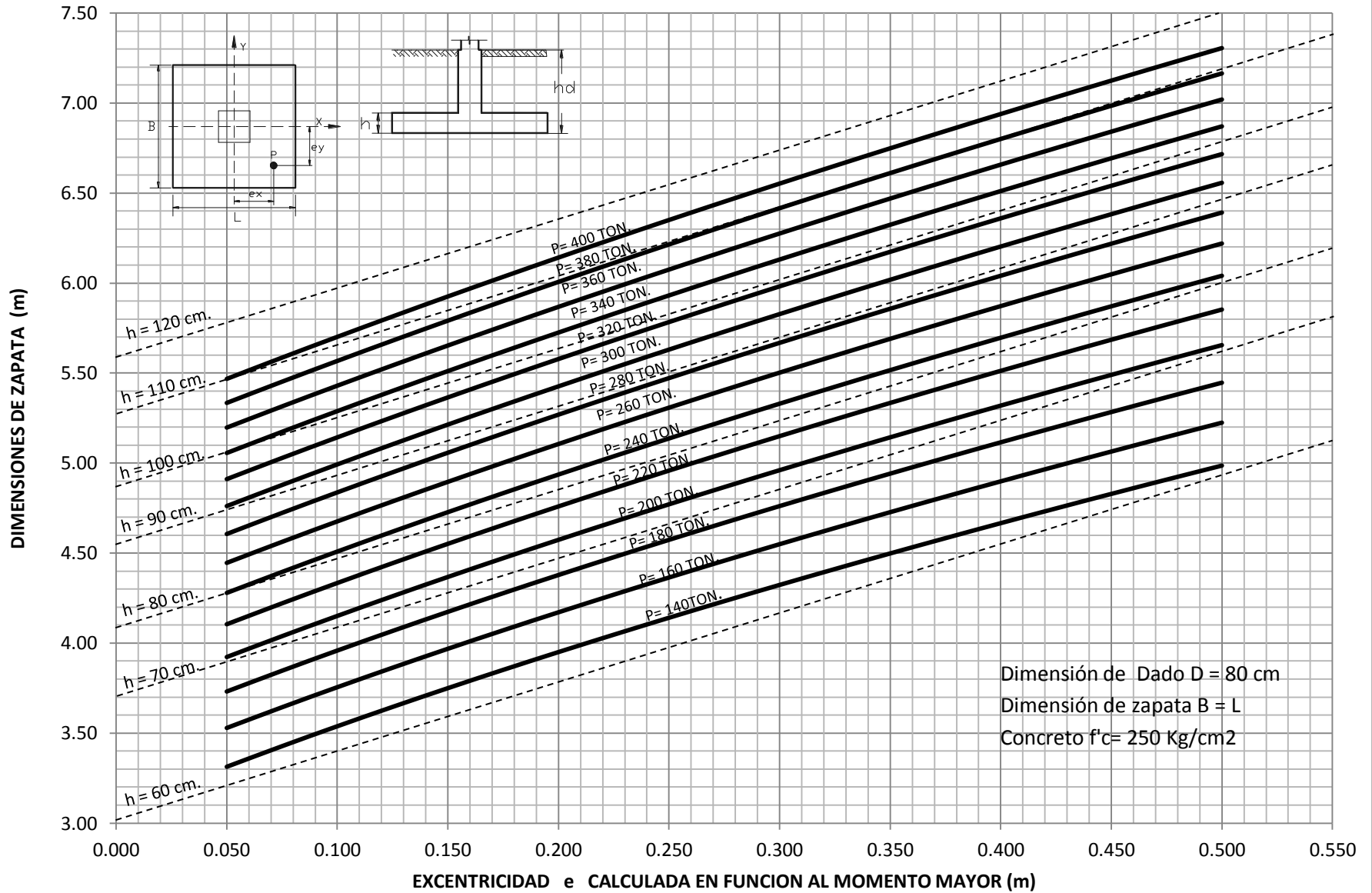
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 16 T/m²



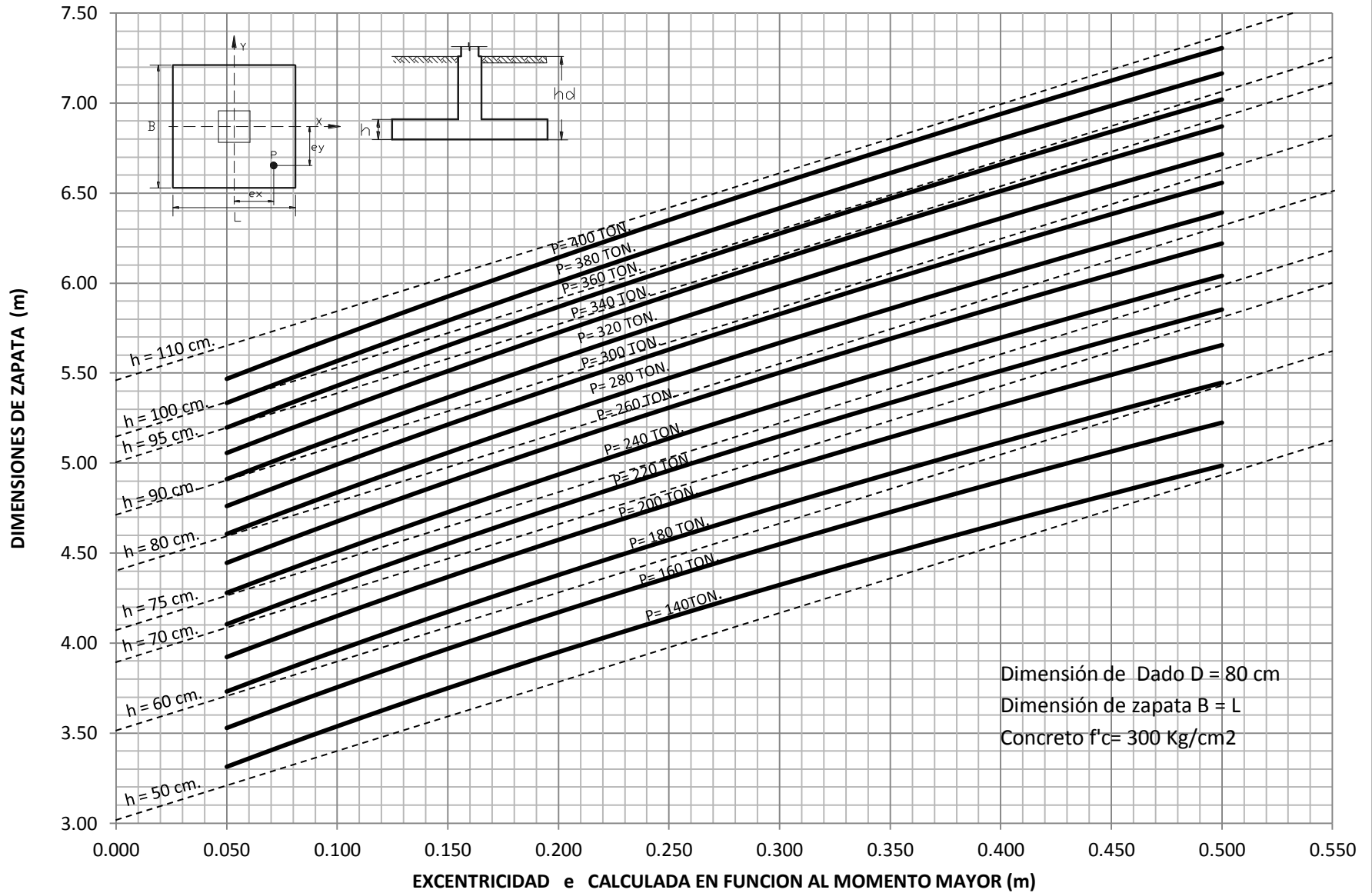
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLATE DE 16 T/m²



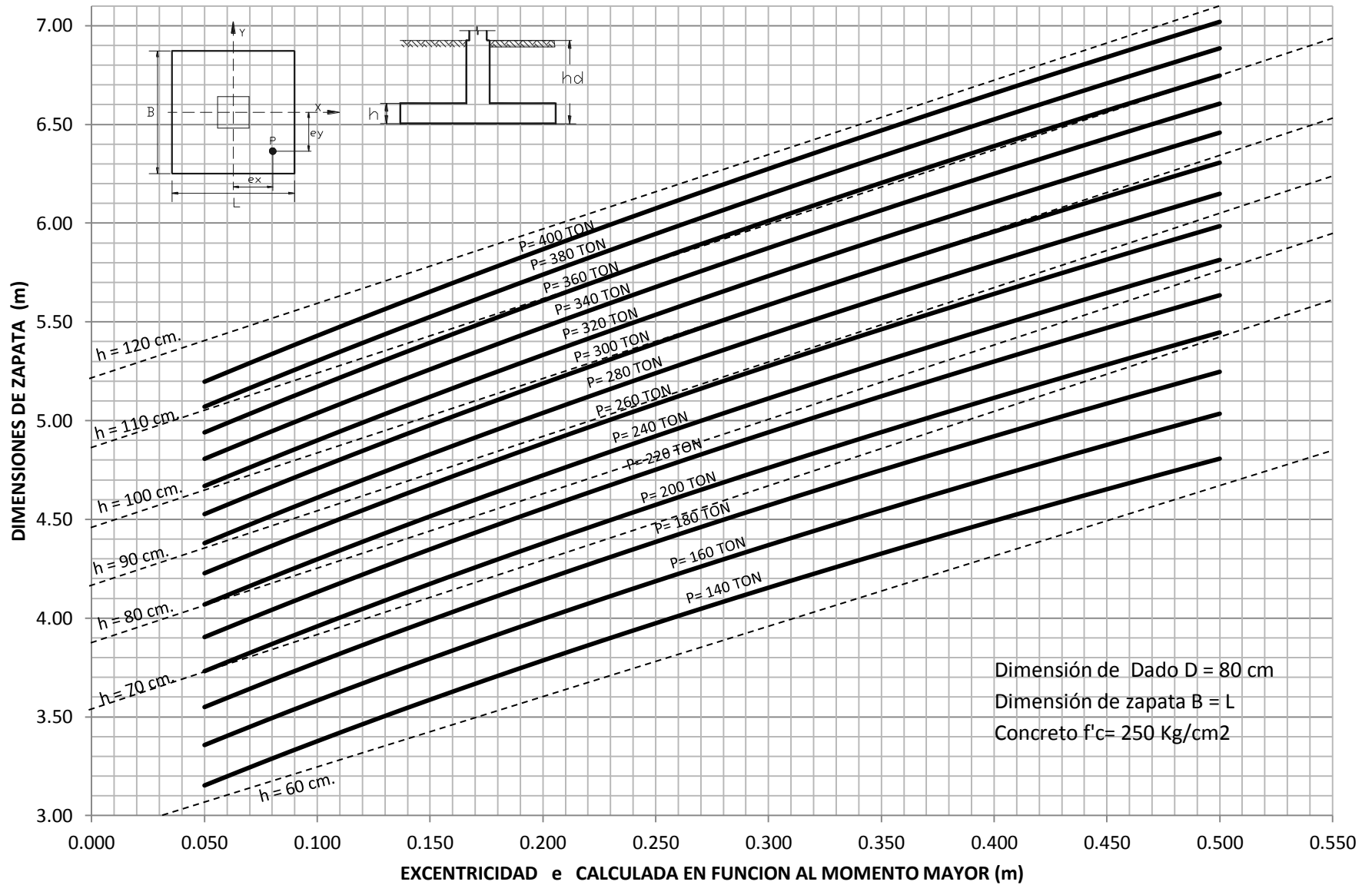
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 18 T/m²



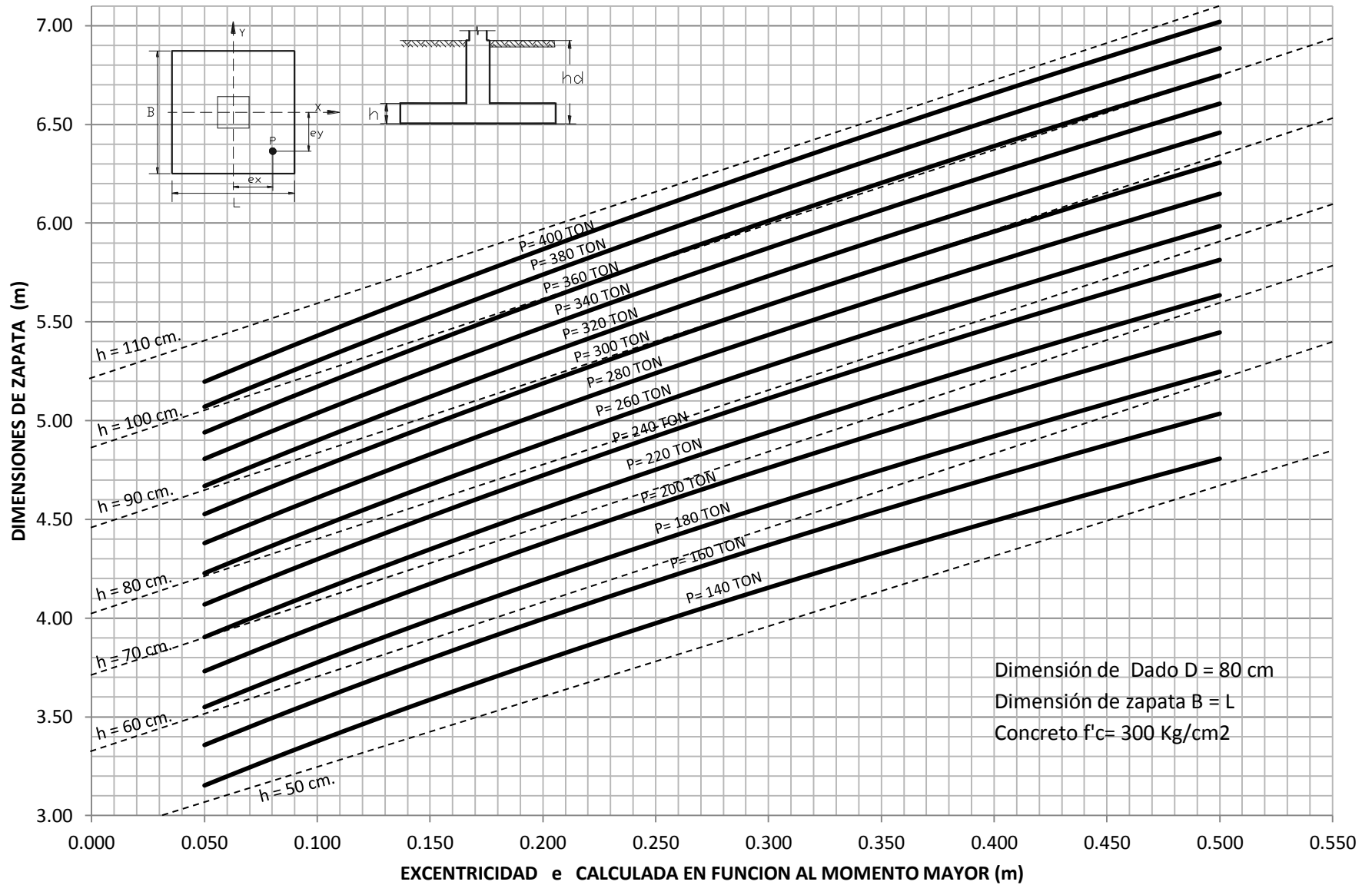
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 18 T/m²



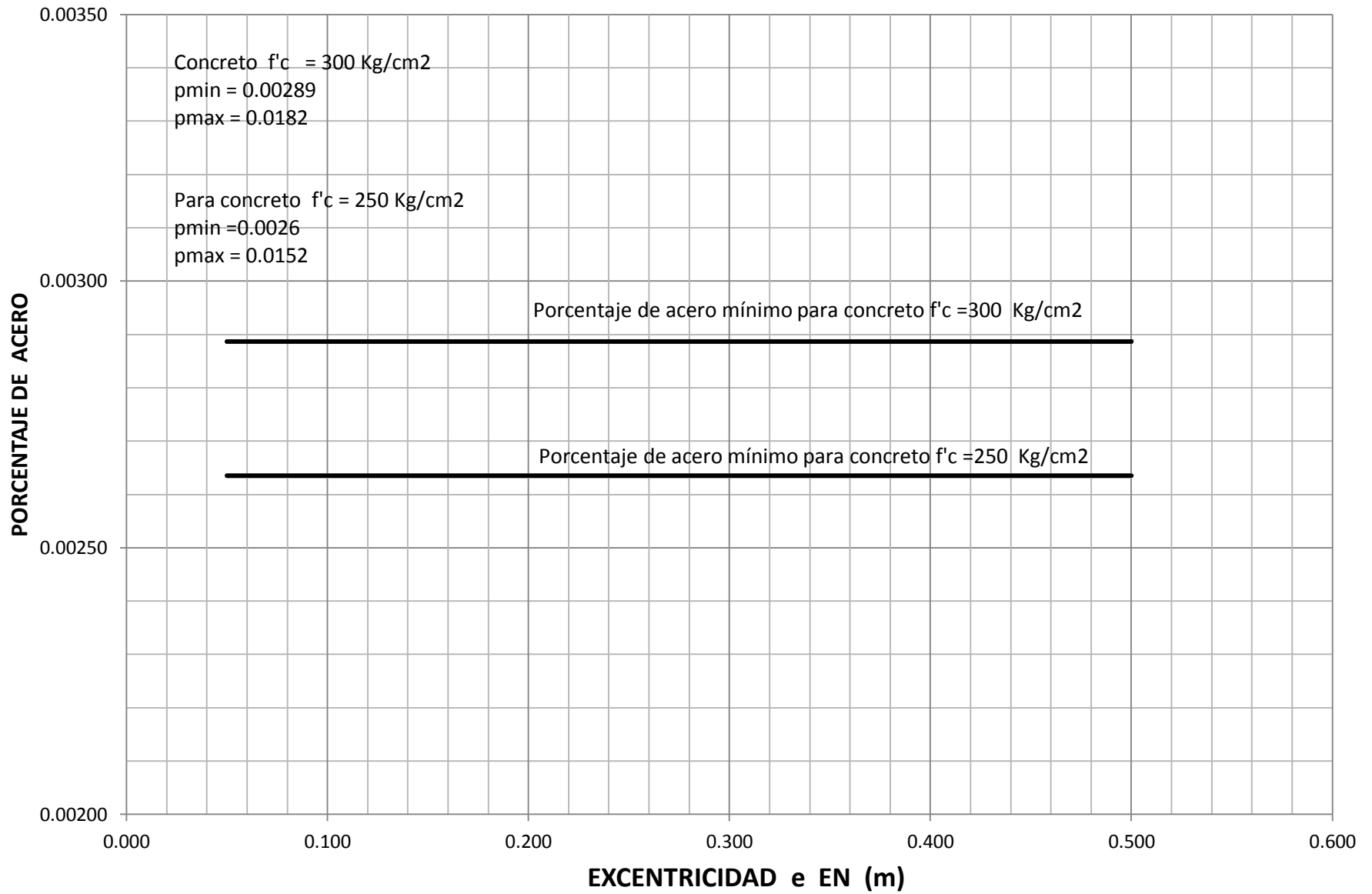
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAxIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 20 T/m²



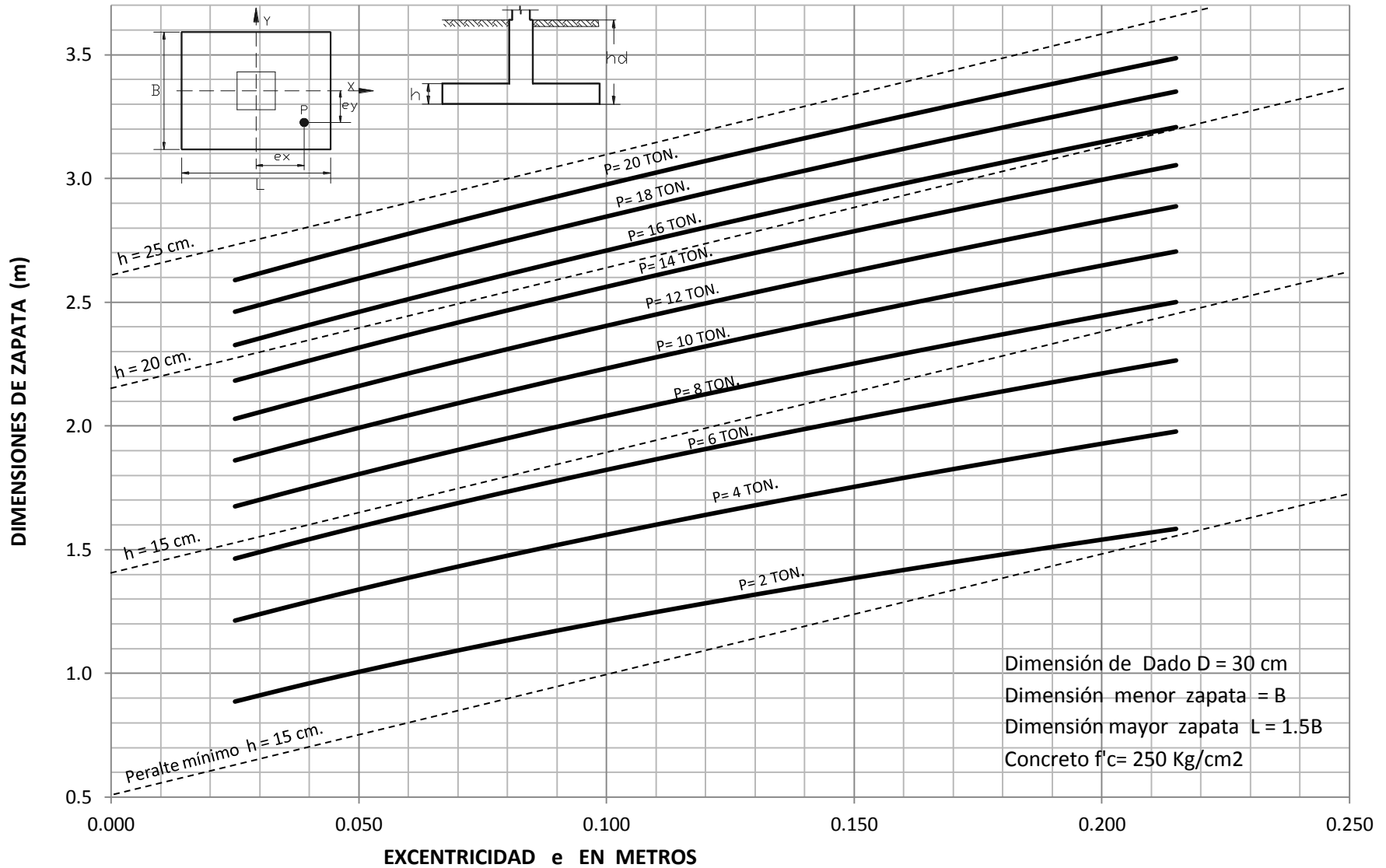
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 20 T/m²



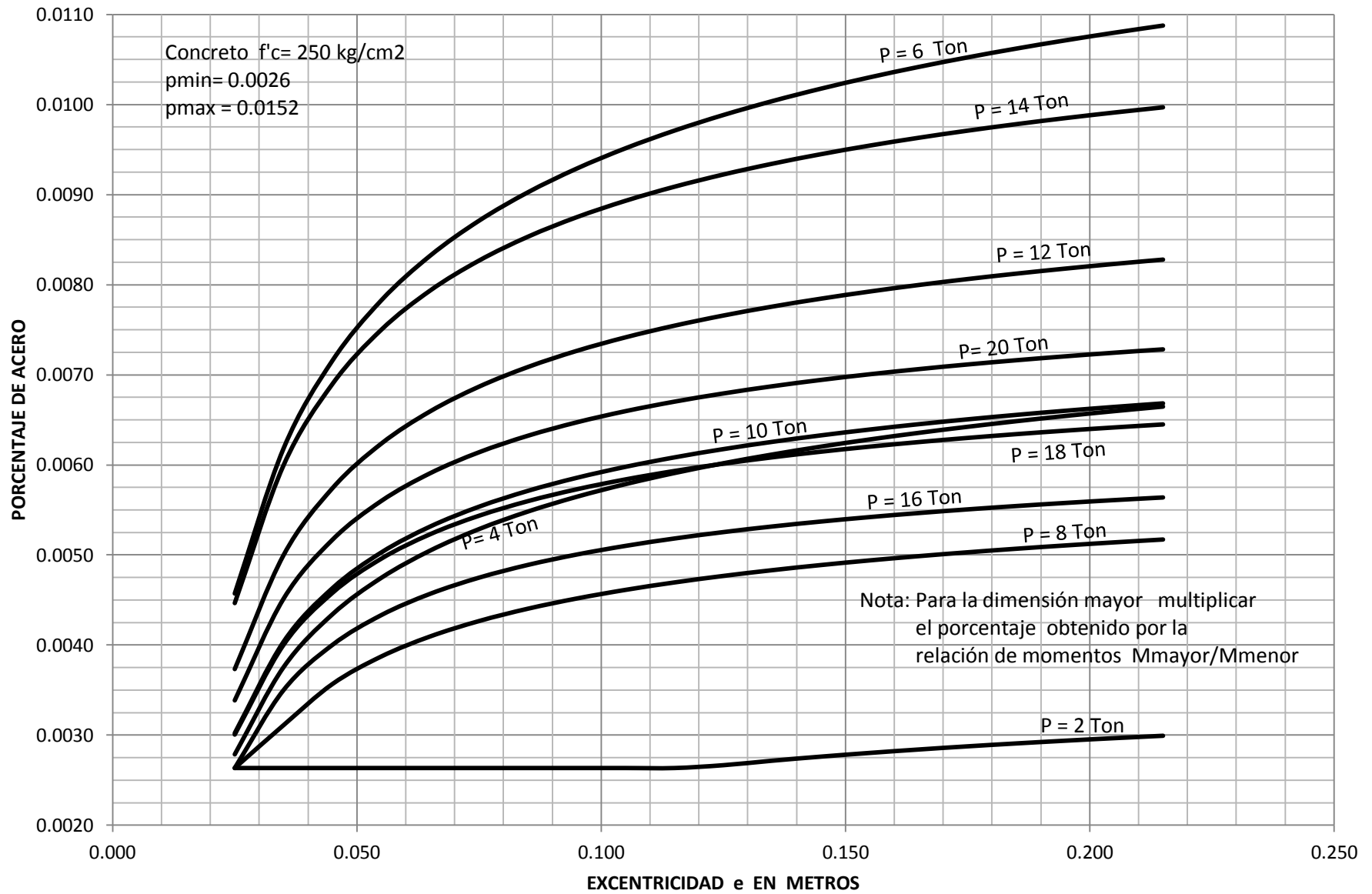
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS CUADRADAS A FLEXOCOMPRESION BIAxIAL PARA
CAPACIDAD A NIVEL DE DESPLANTE DE 16 A 20 T/m2**



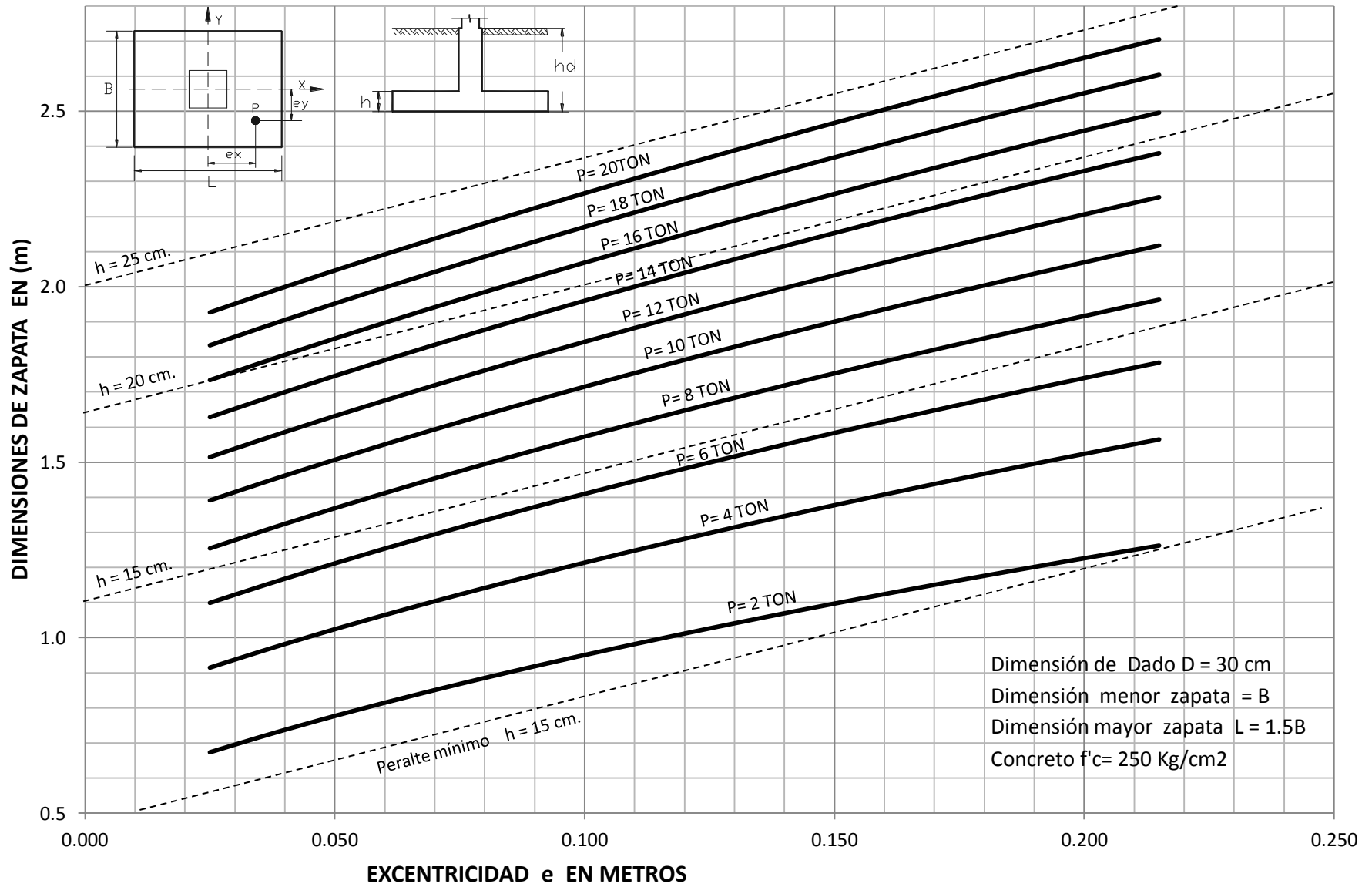
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 4 T/m²



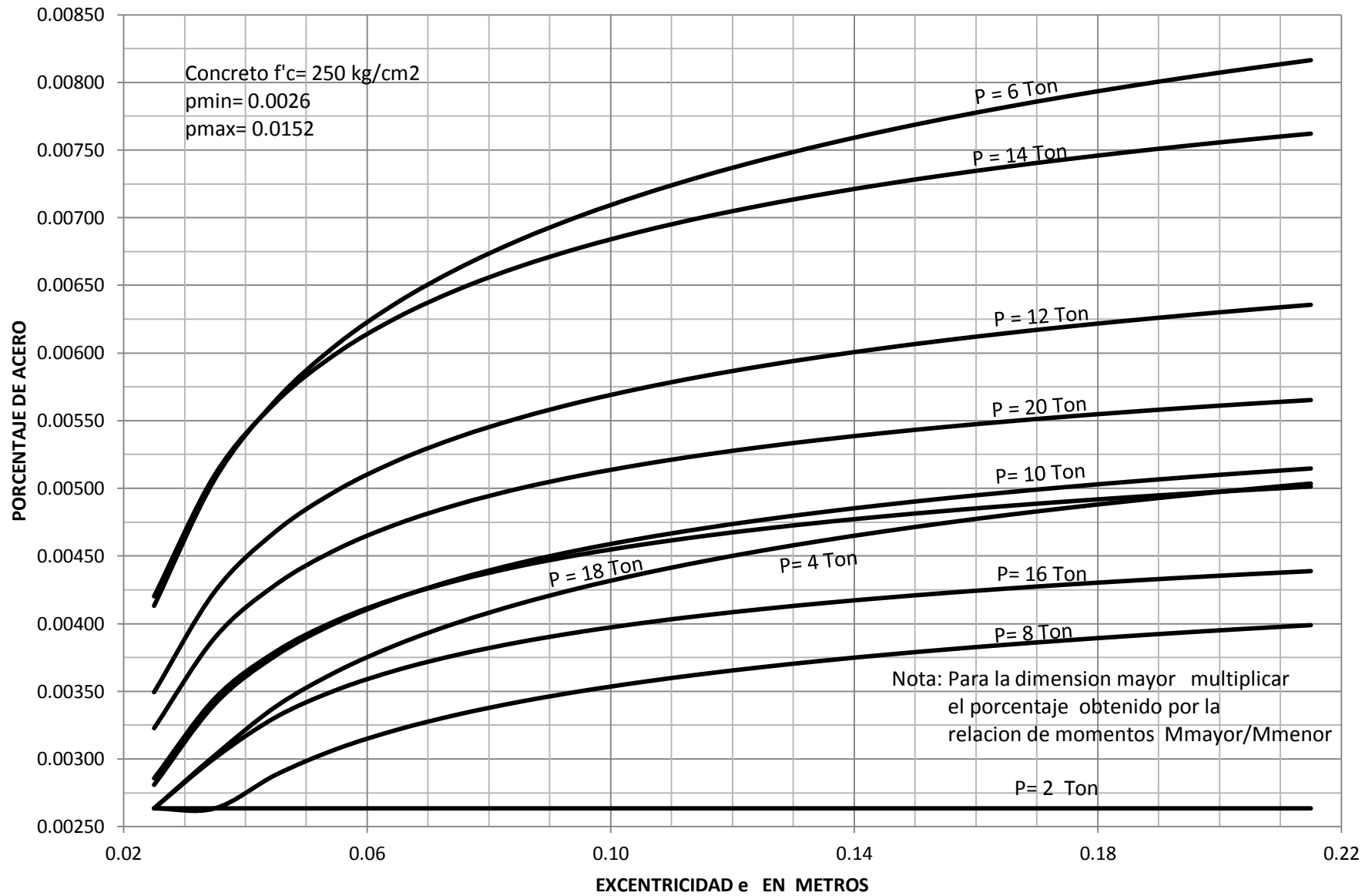
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESIÓN BIAxIAL DESPLANTADA EN UNA CAPACIDAD DE CARGA DE 4 T/m²



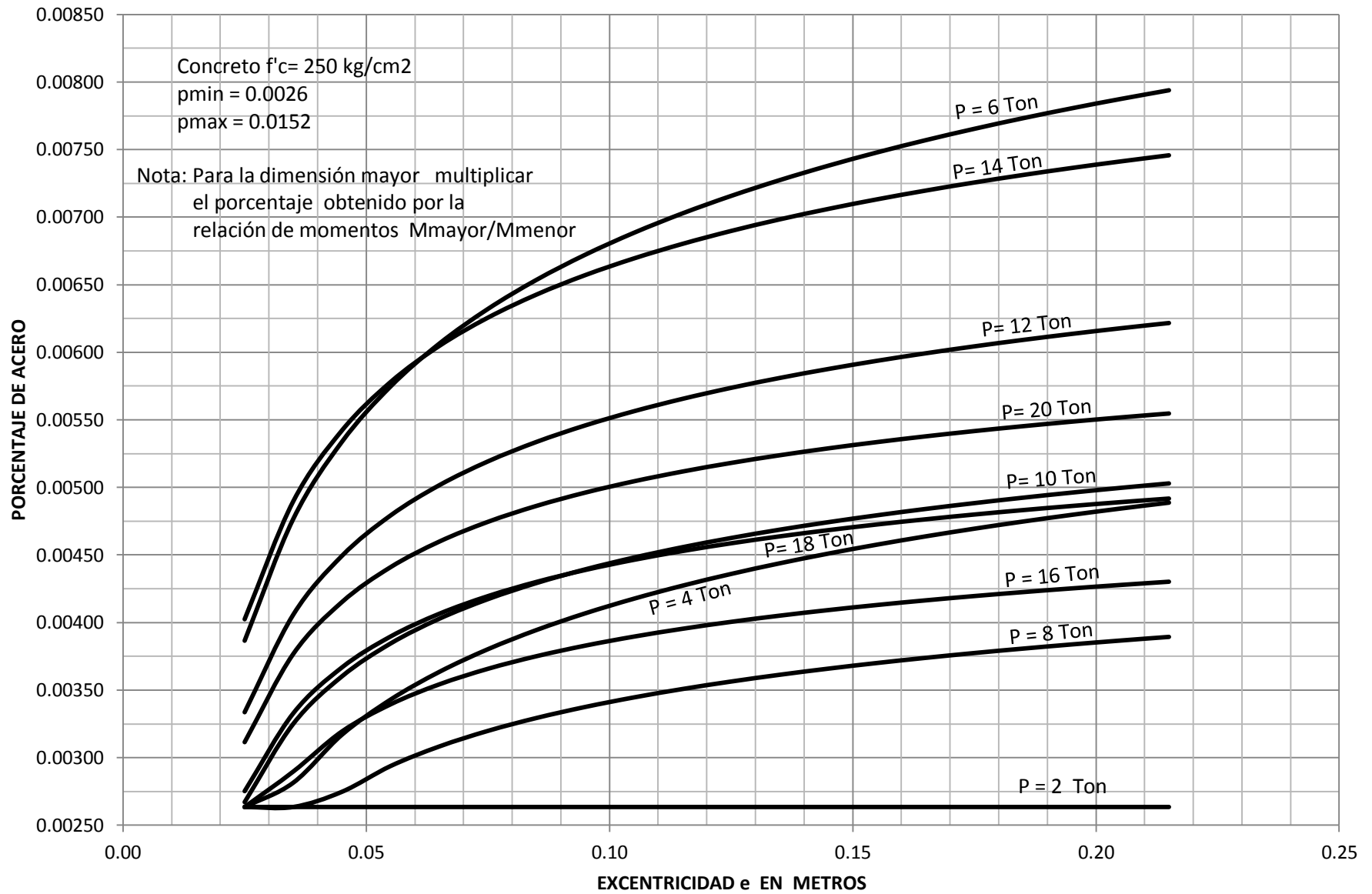
DIMENSIONES Y PERALTES DE ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 6 T/m²



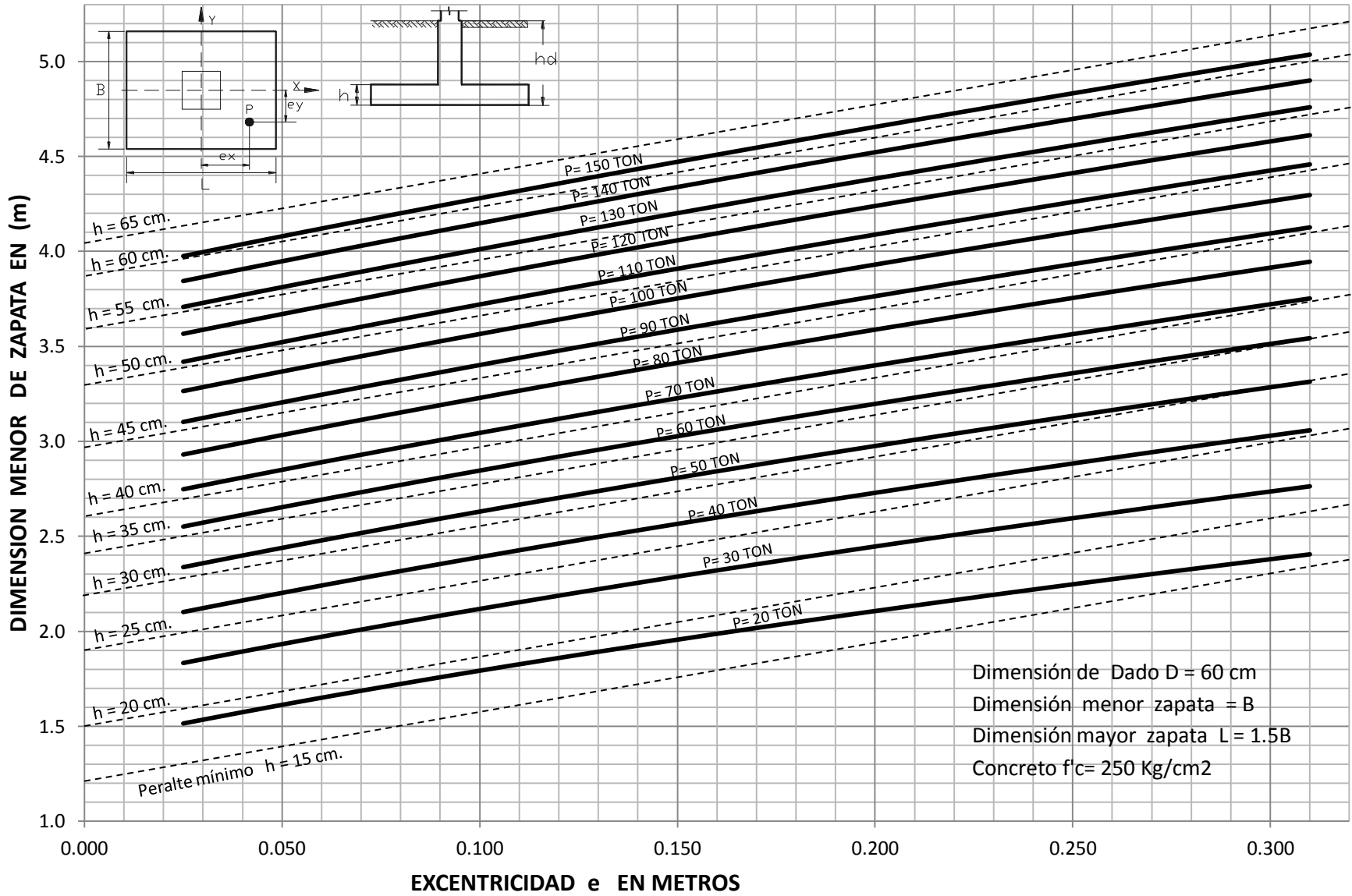
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION
BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 6 T/m²**



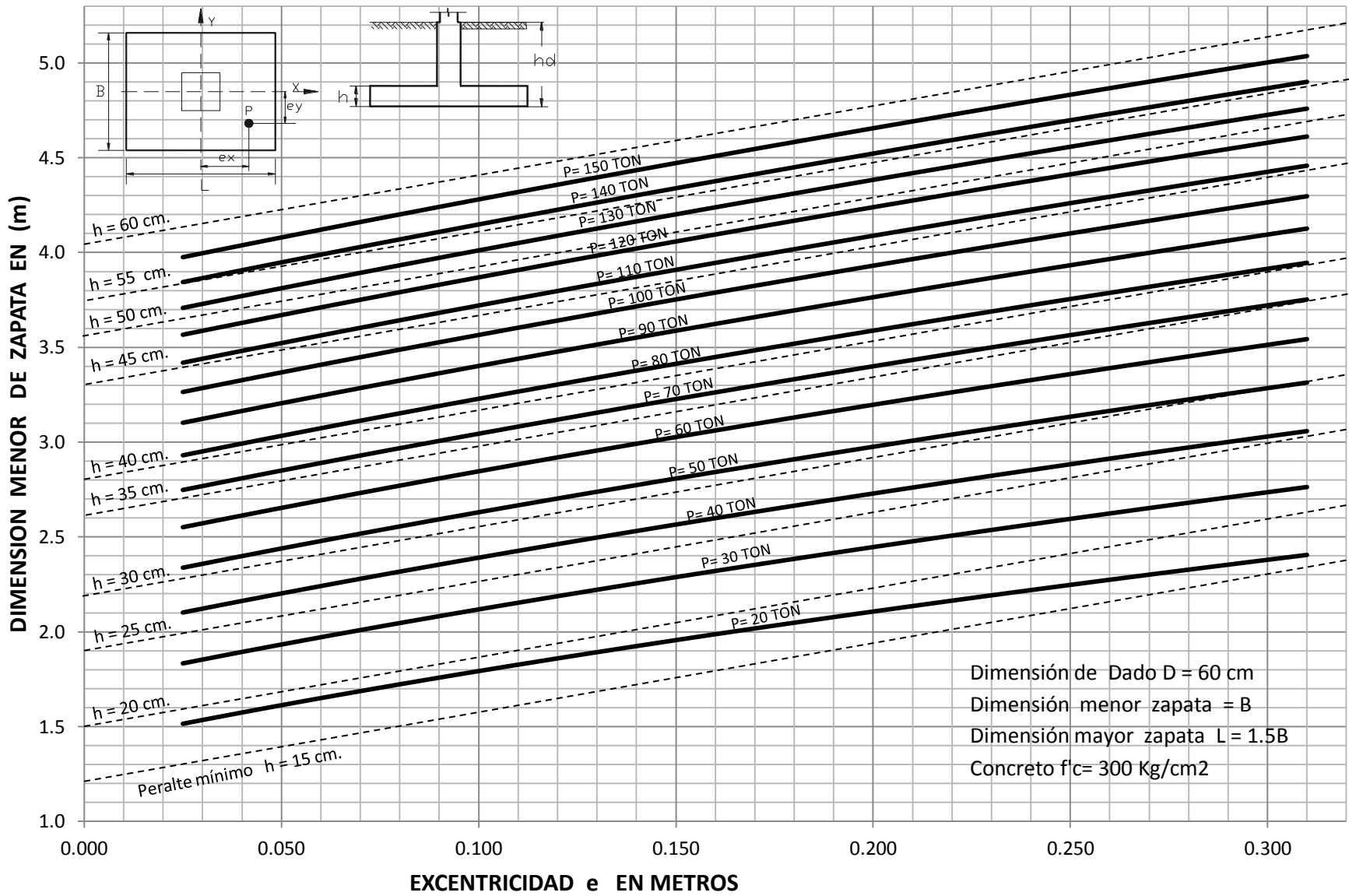
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL
PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 8 T/m²**



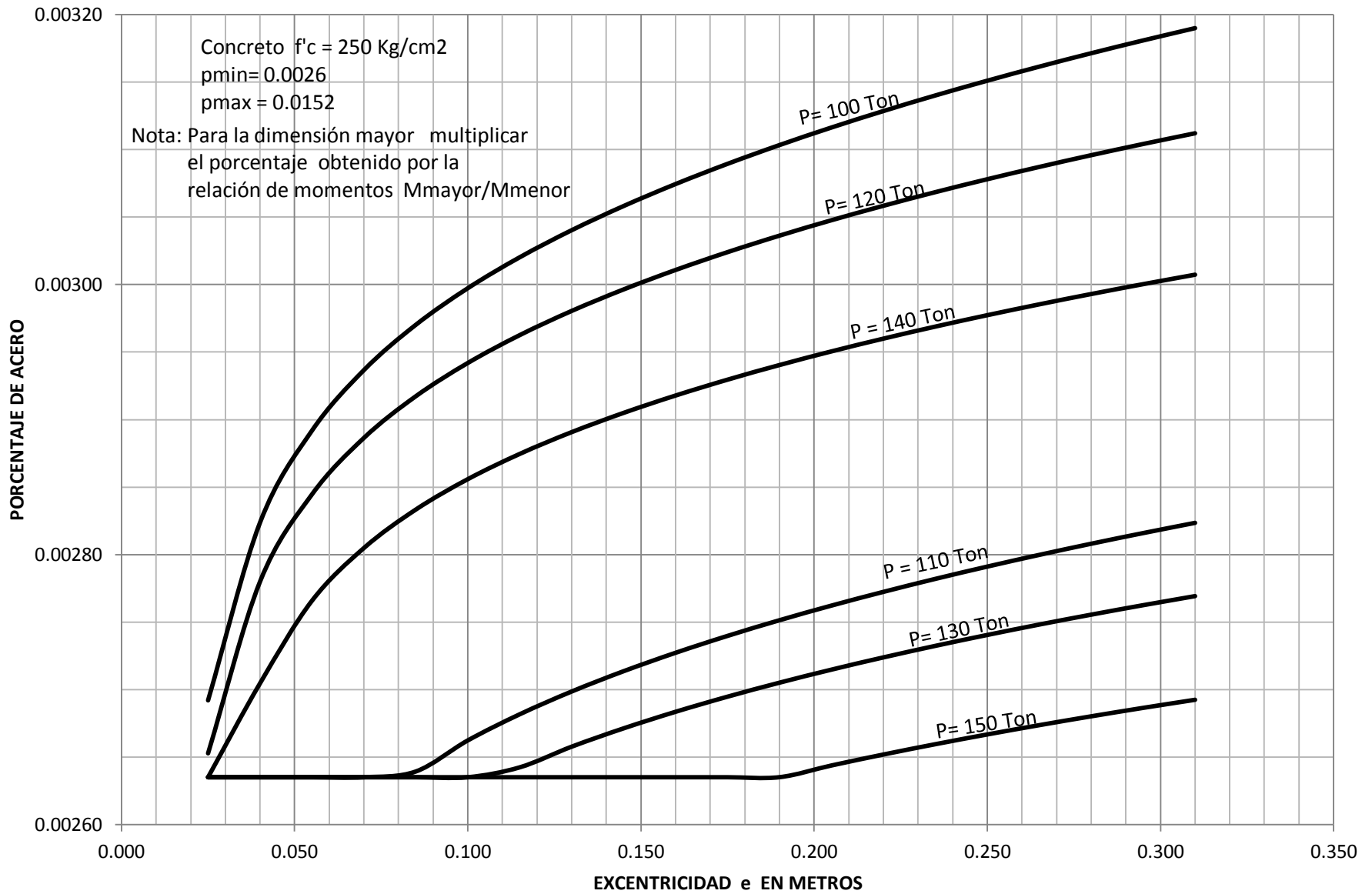
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²



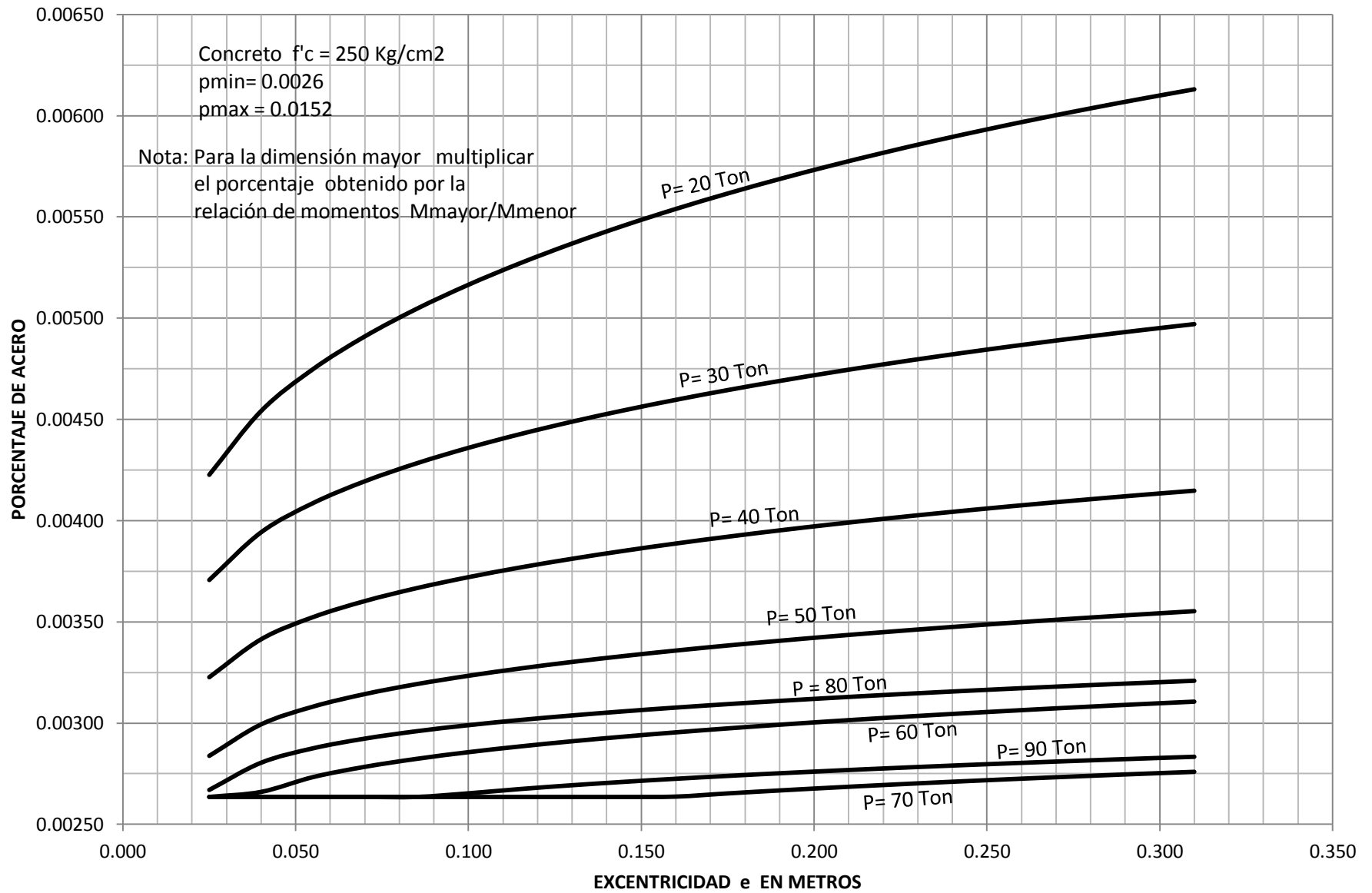
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²



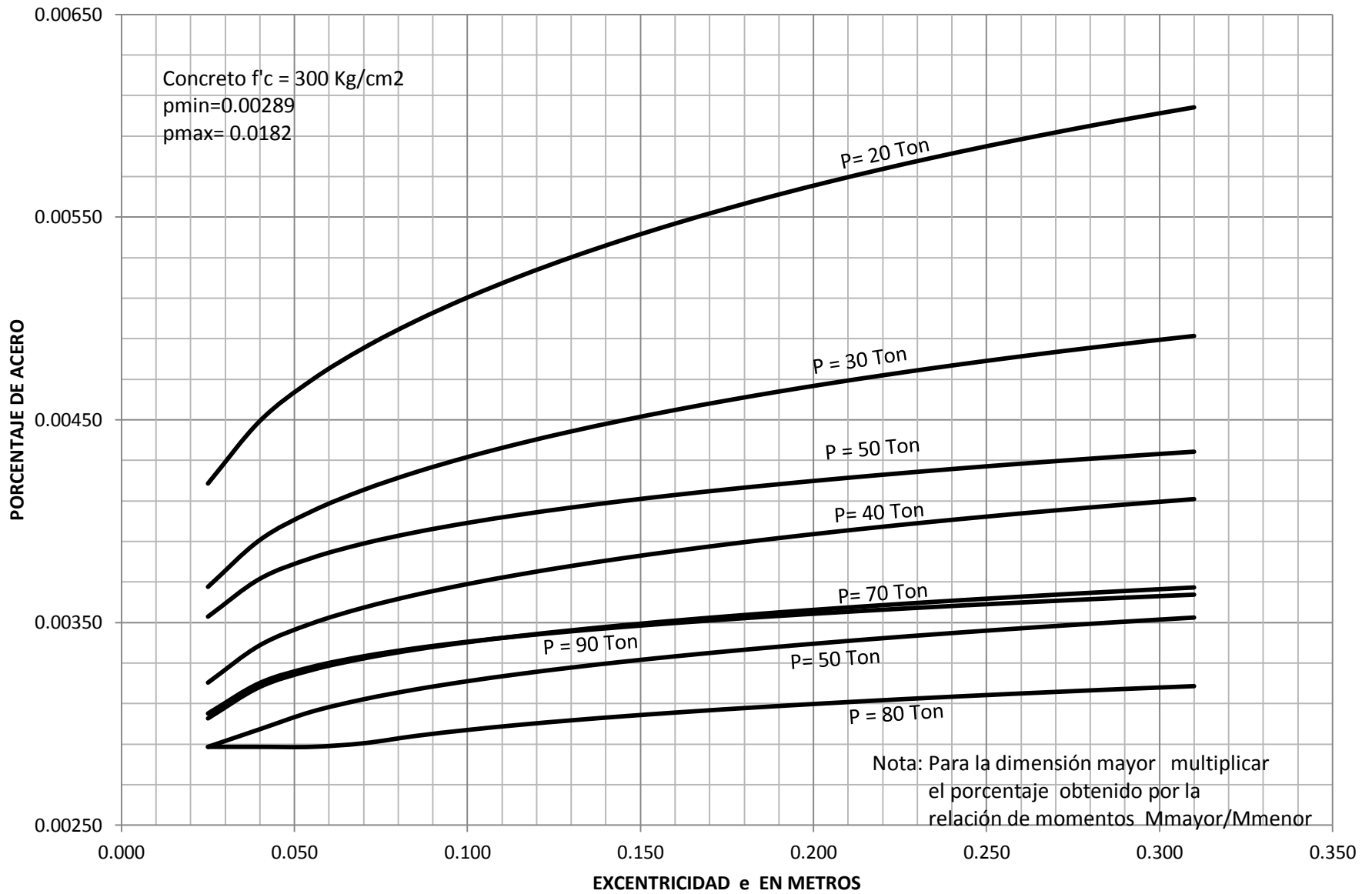
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL
PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²**



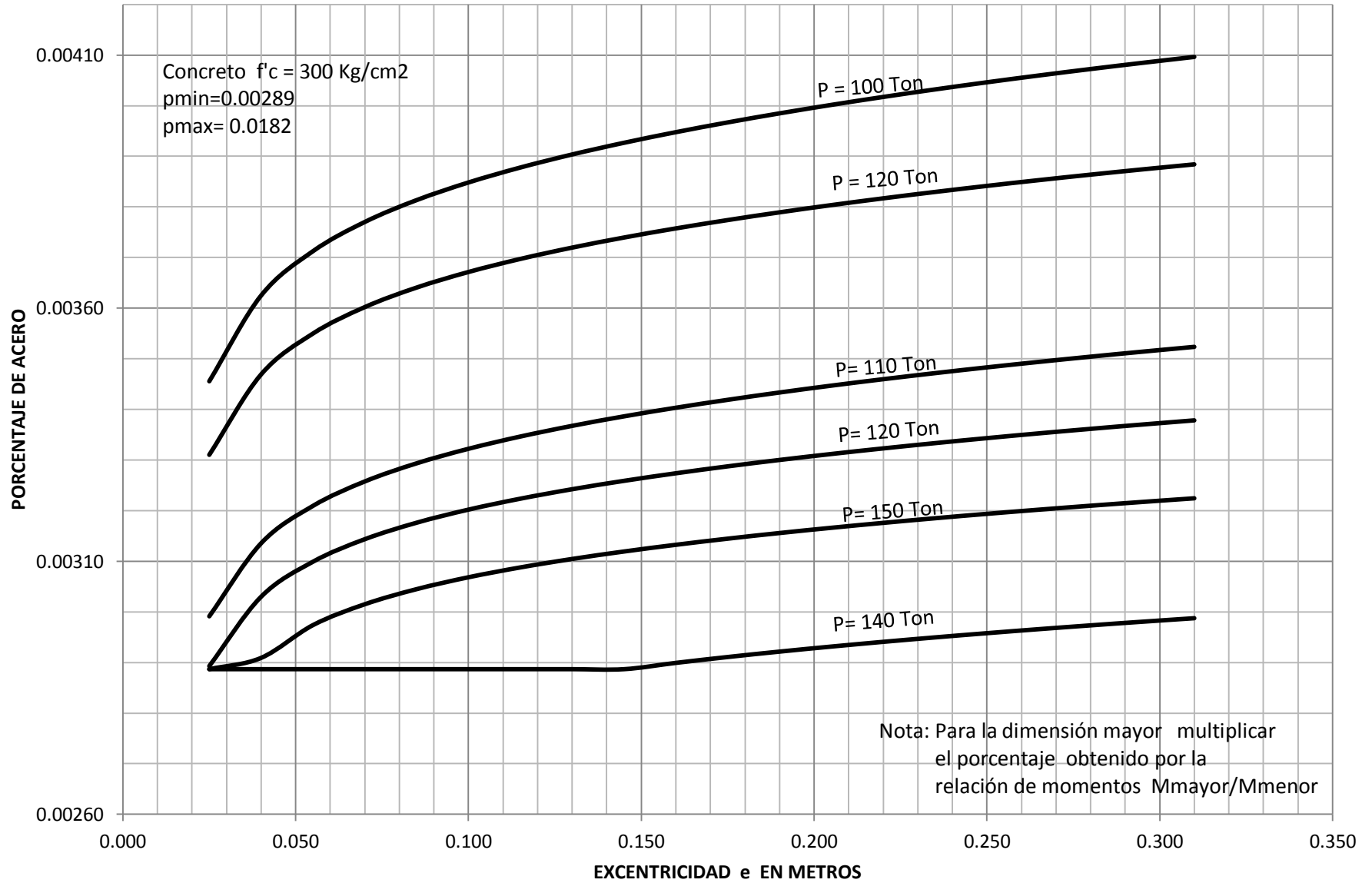
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAxIAL PARA
UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10T/m²**



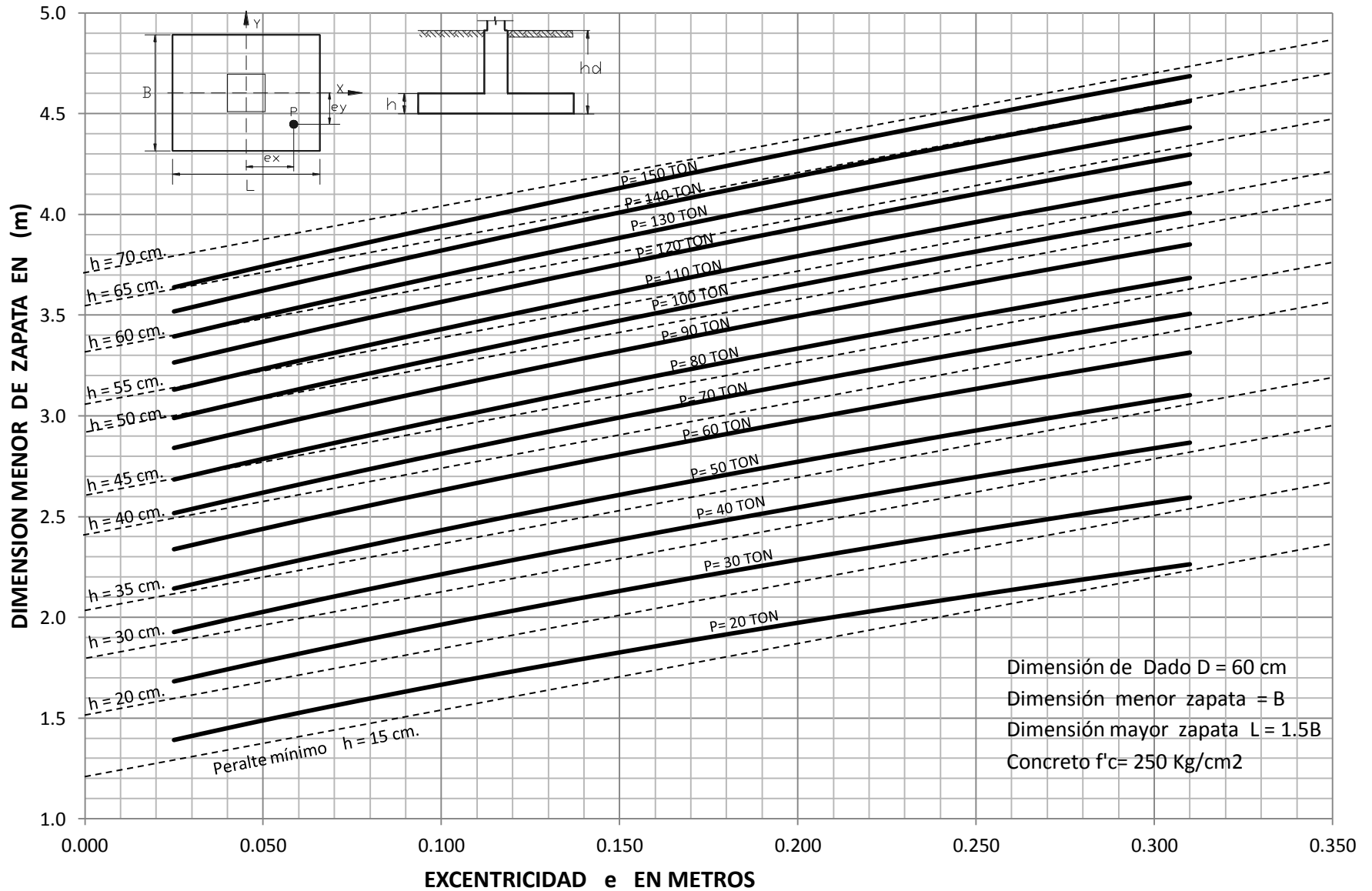
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL
PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²**



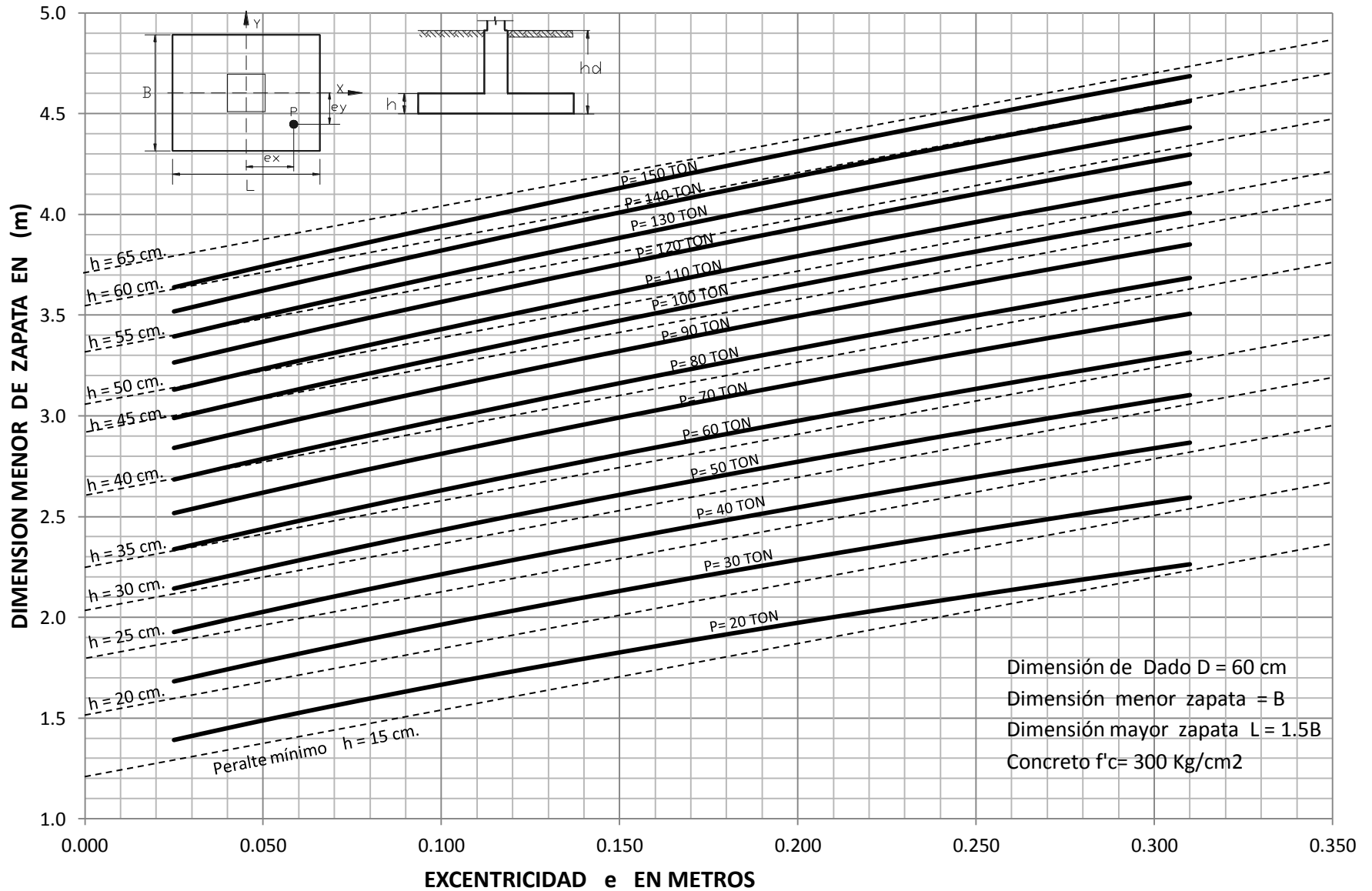
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA
UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 10 T/m²**



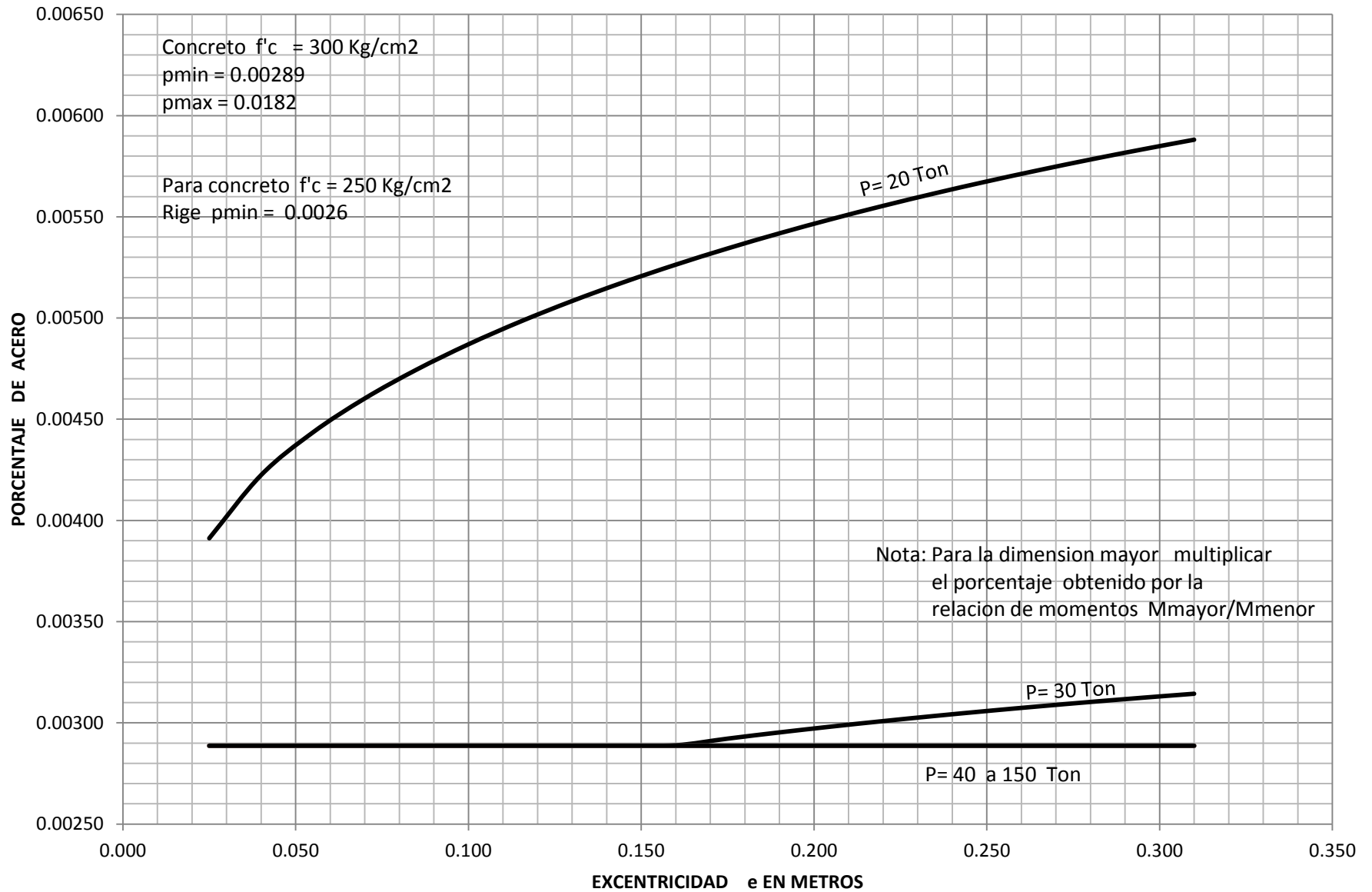
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



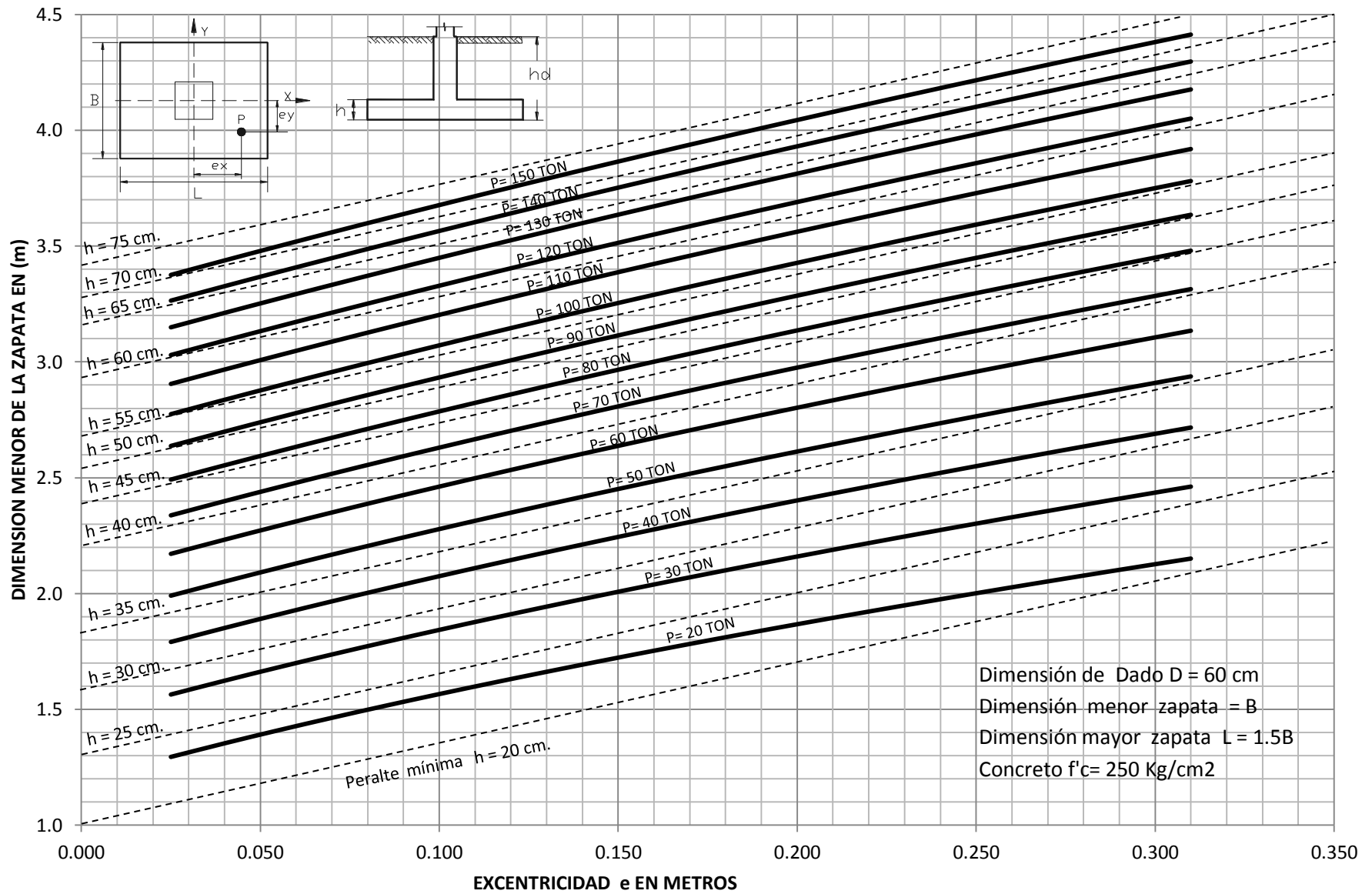
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 12 T/m²



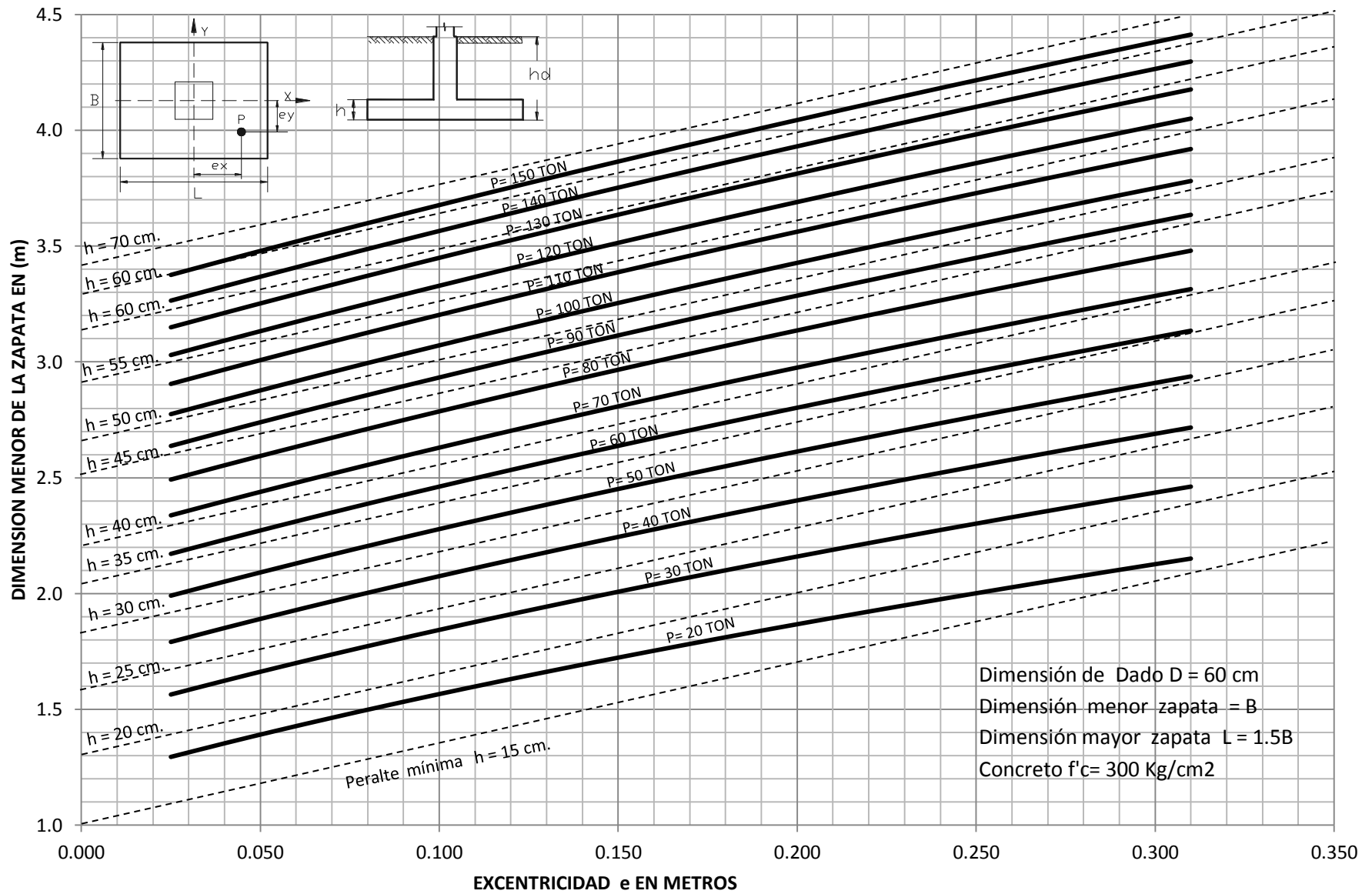
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAxIAL PARA
UNA CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO DE 12 T/m²**



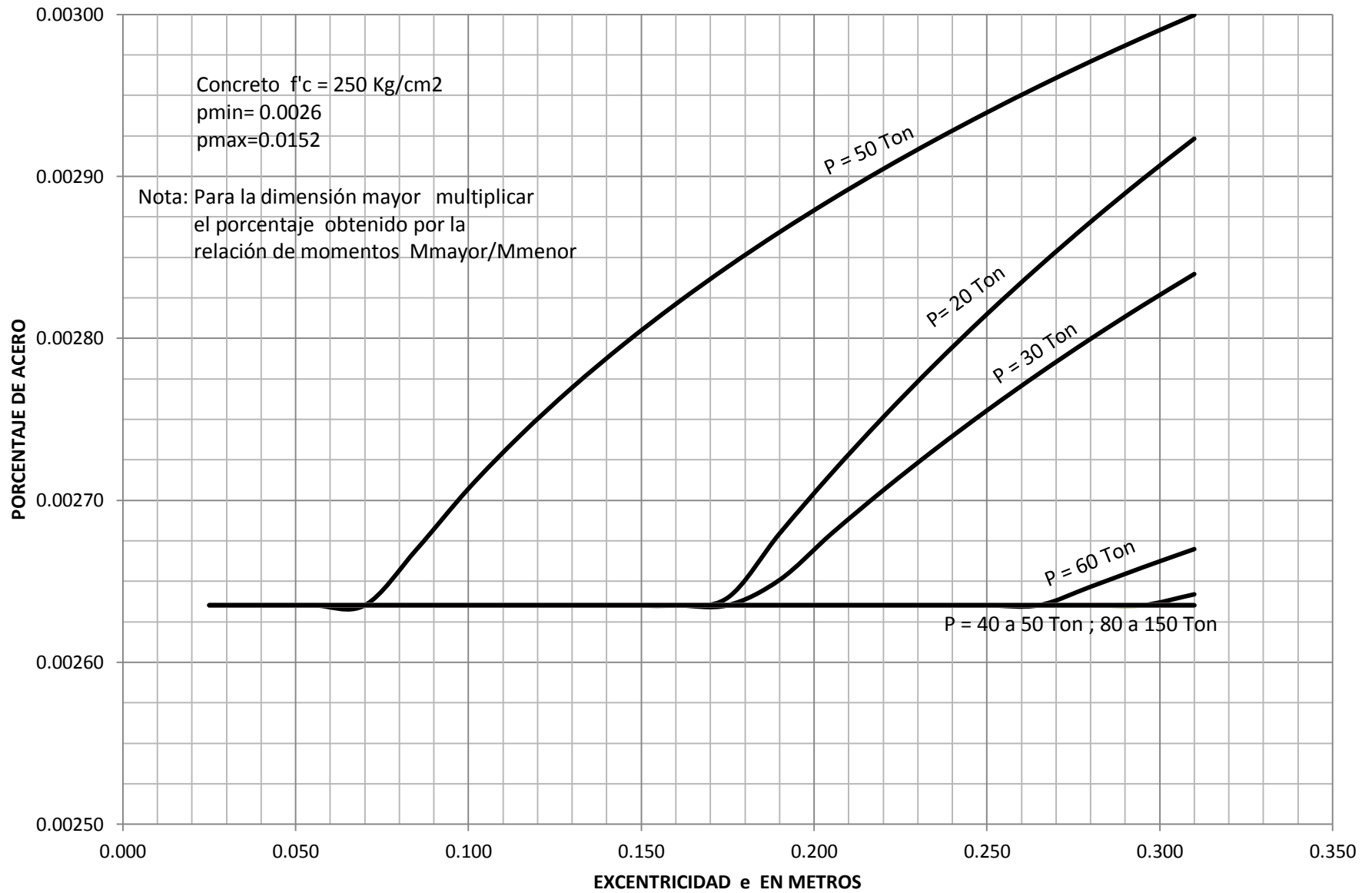
DIMENSIONES Y PERALTES DE ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 14 T/m²



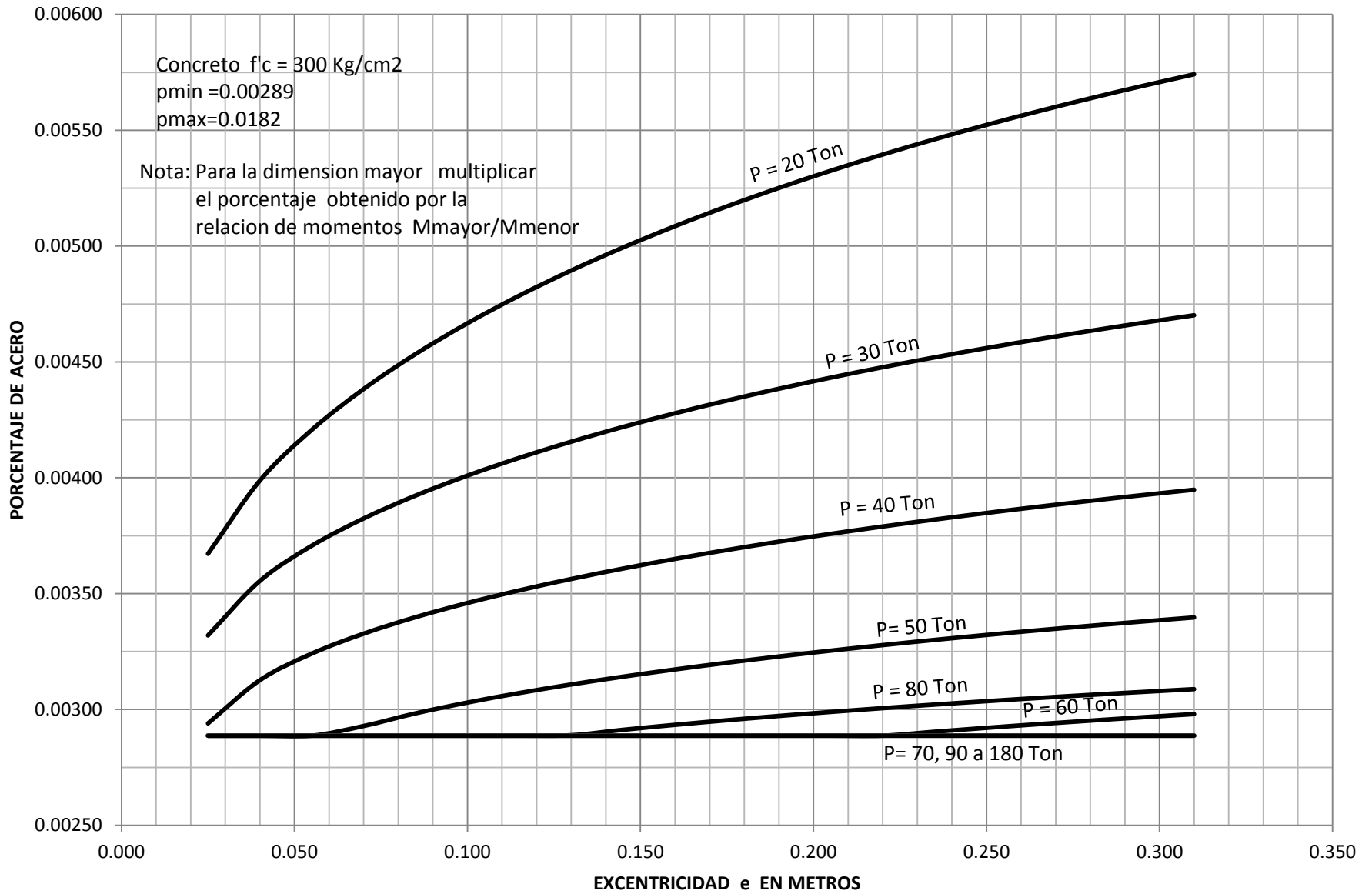
DIMENSIONES Y PERALTES DE ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 14 T/m²



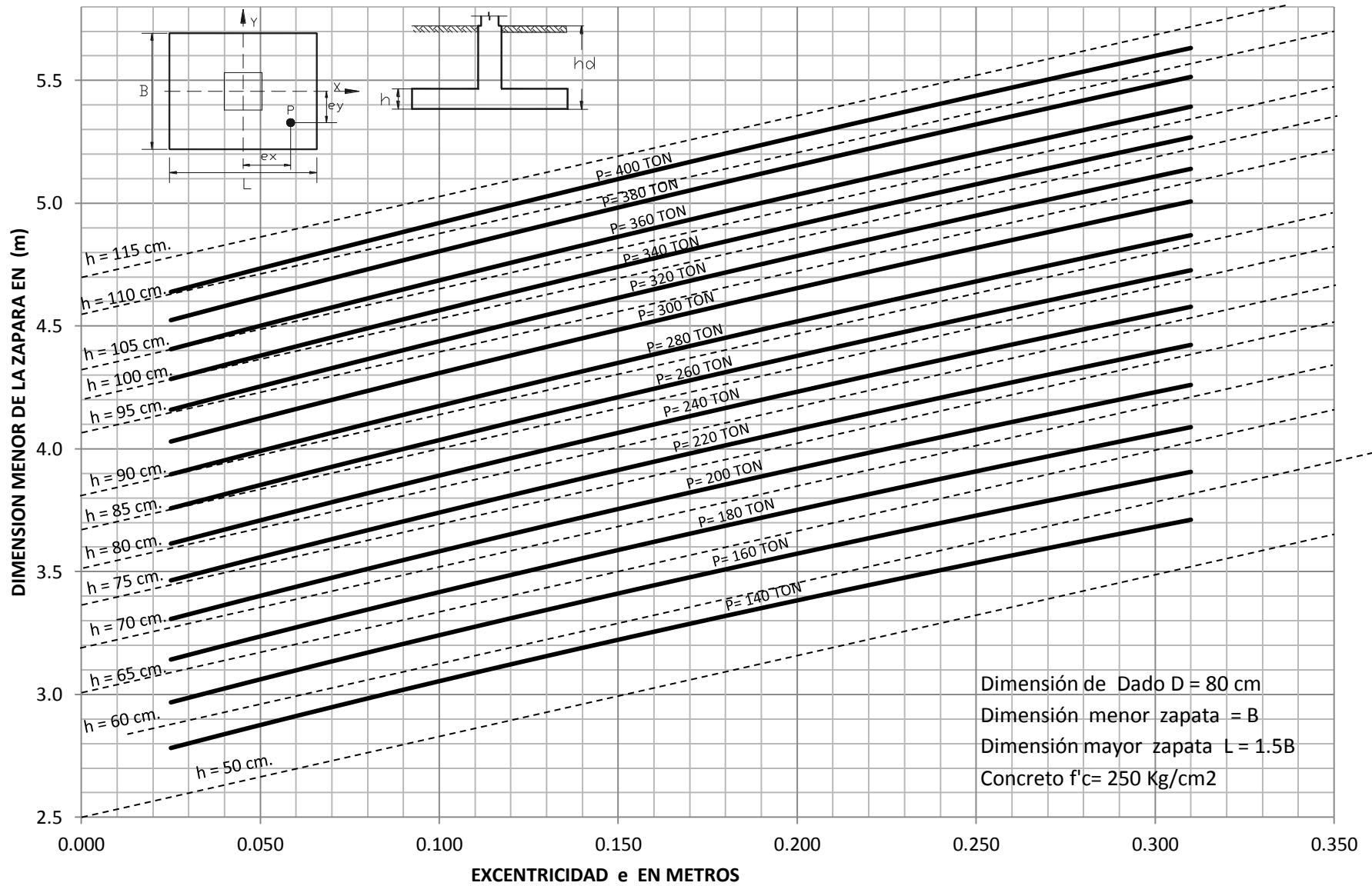
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL
PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 14 T/m²**



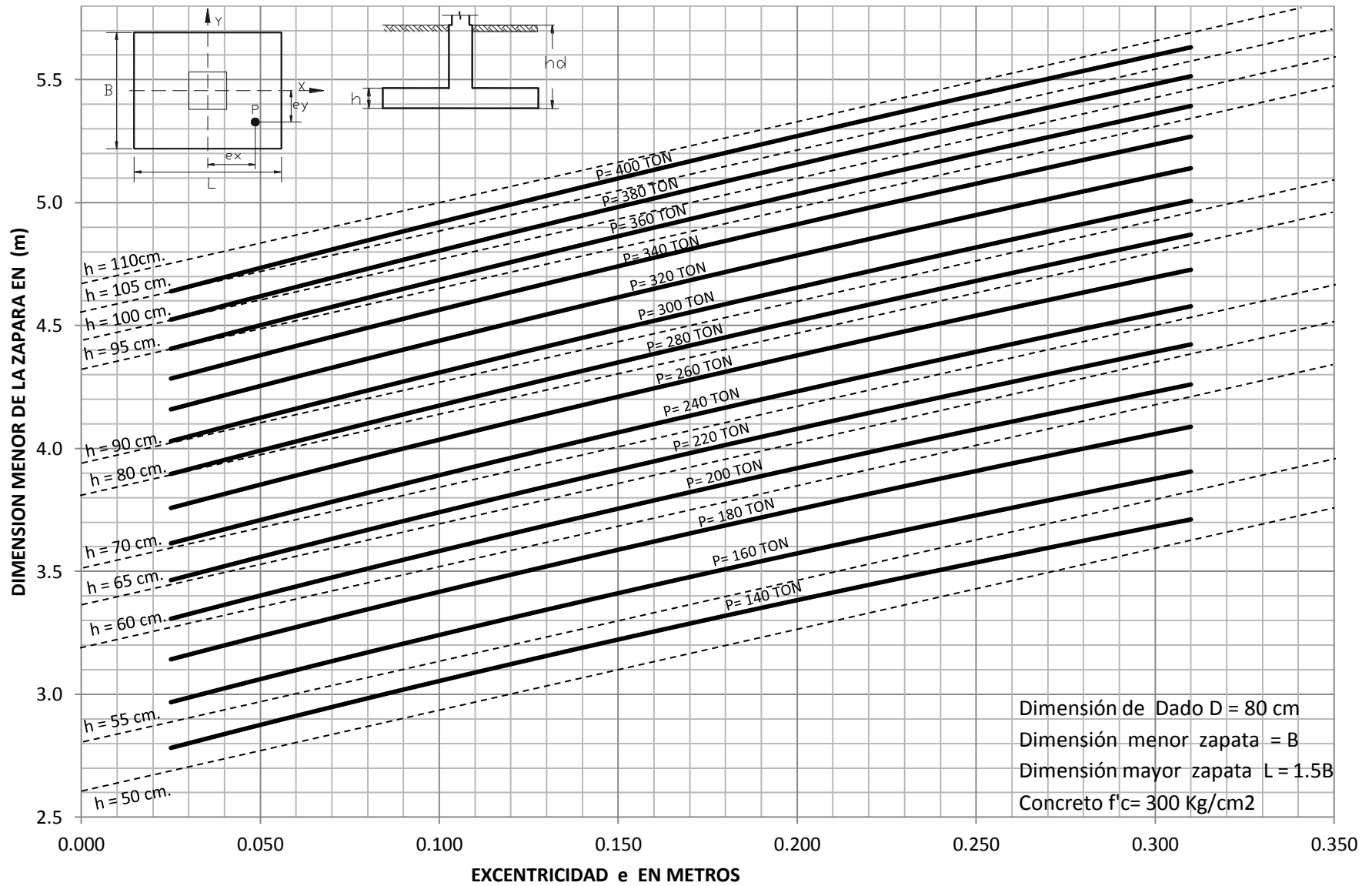
**PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA
UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 14 T/m²**



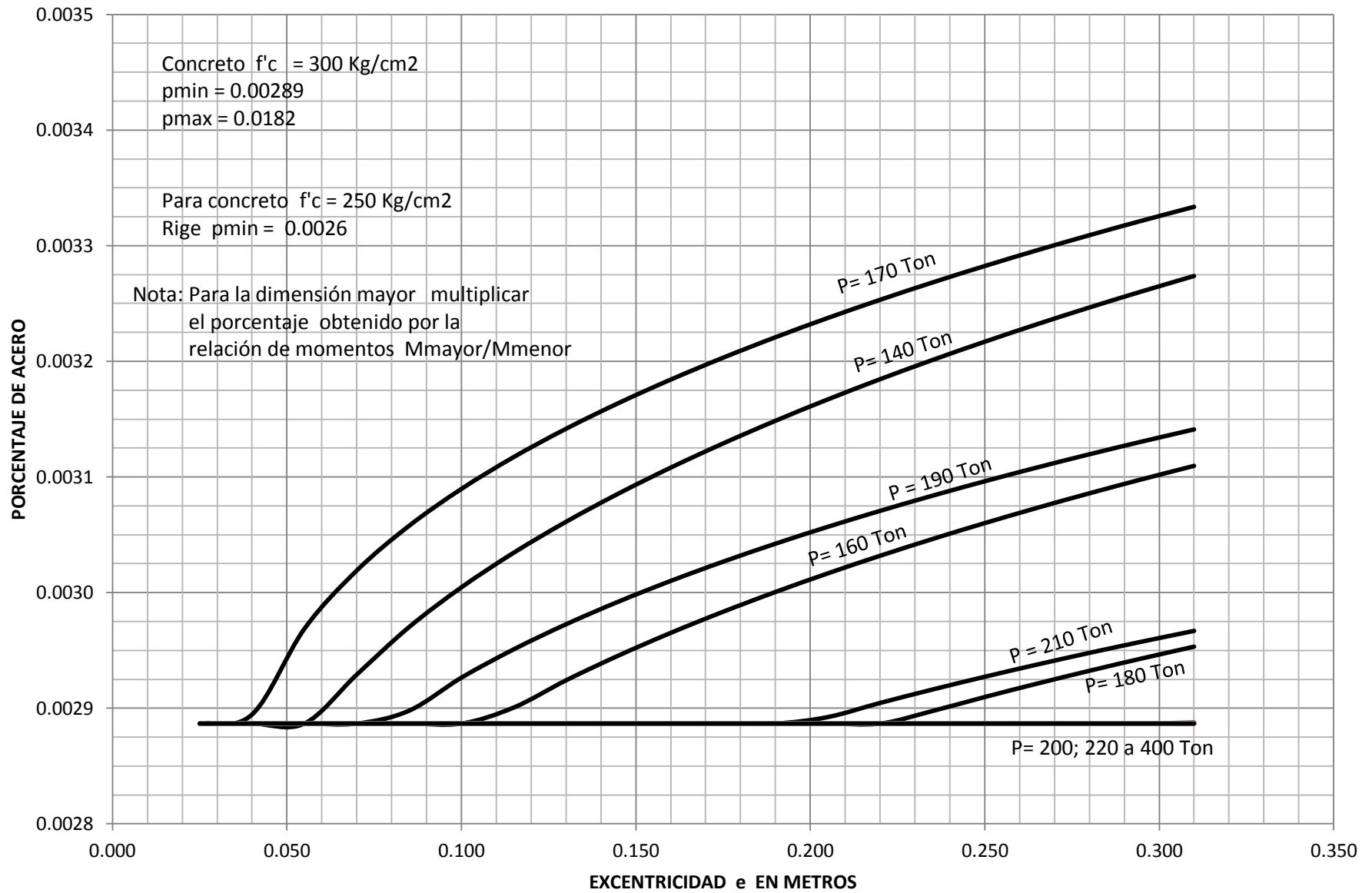
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 16 T/m²



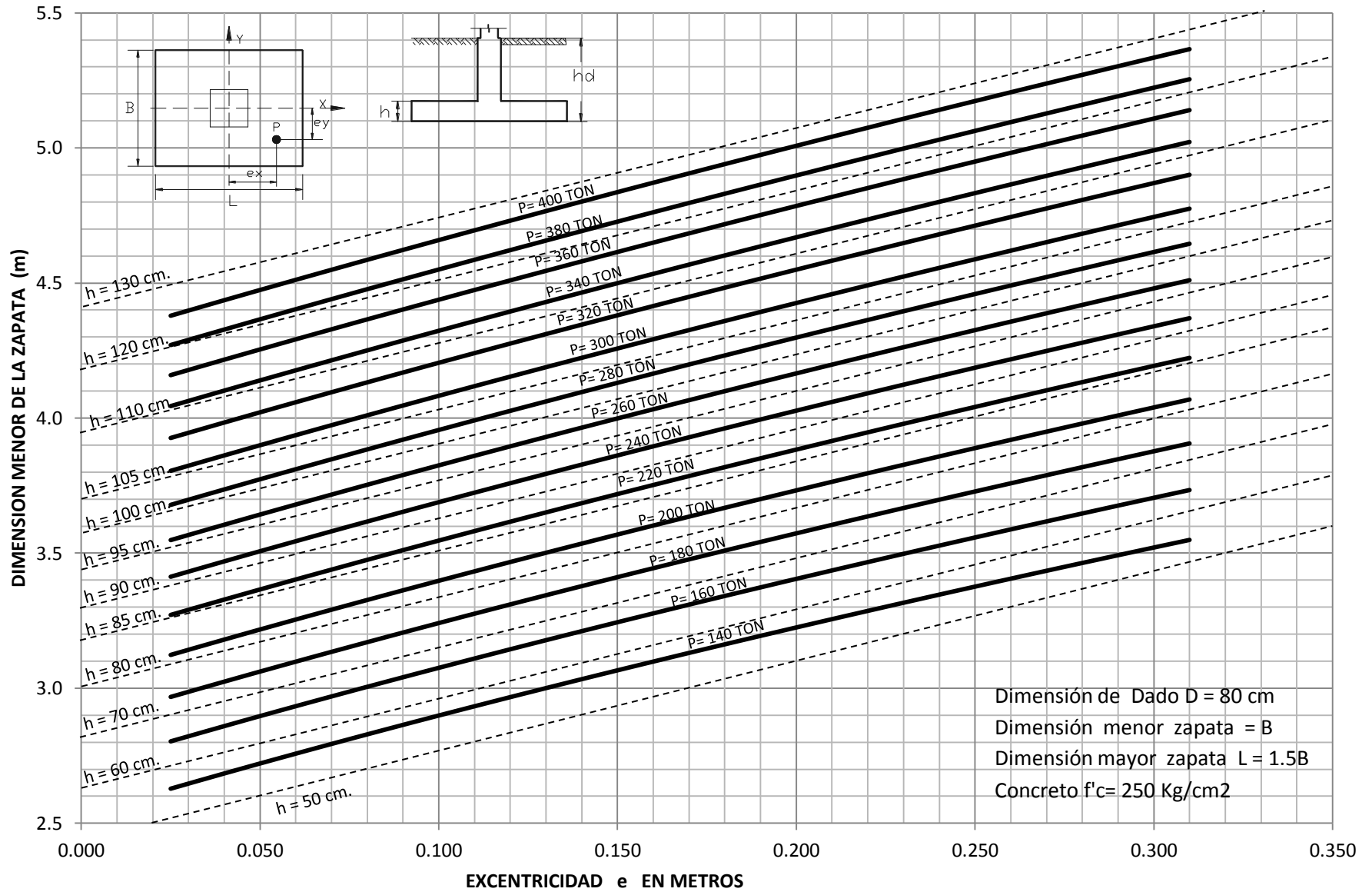
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 16 T/m²



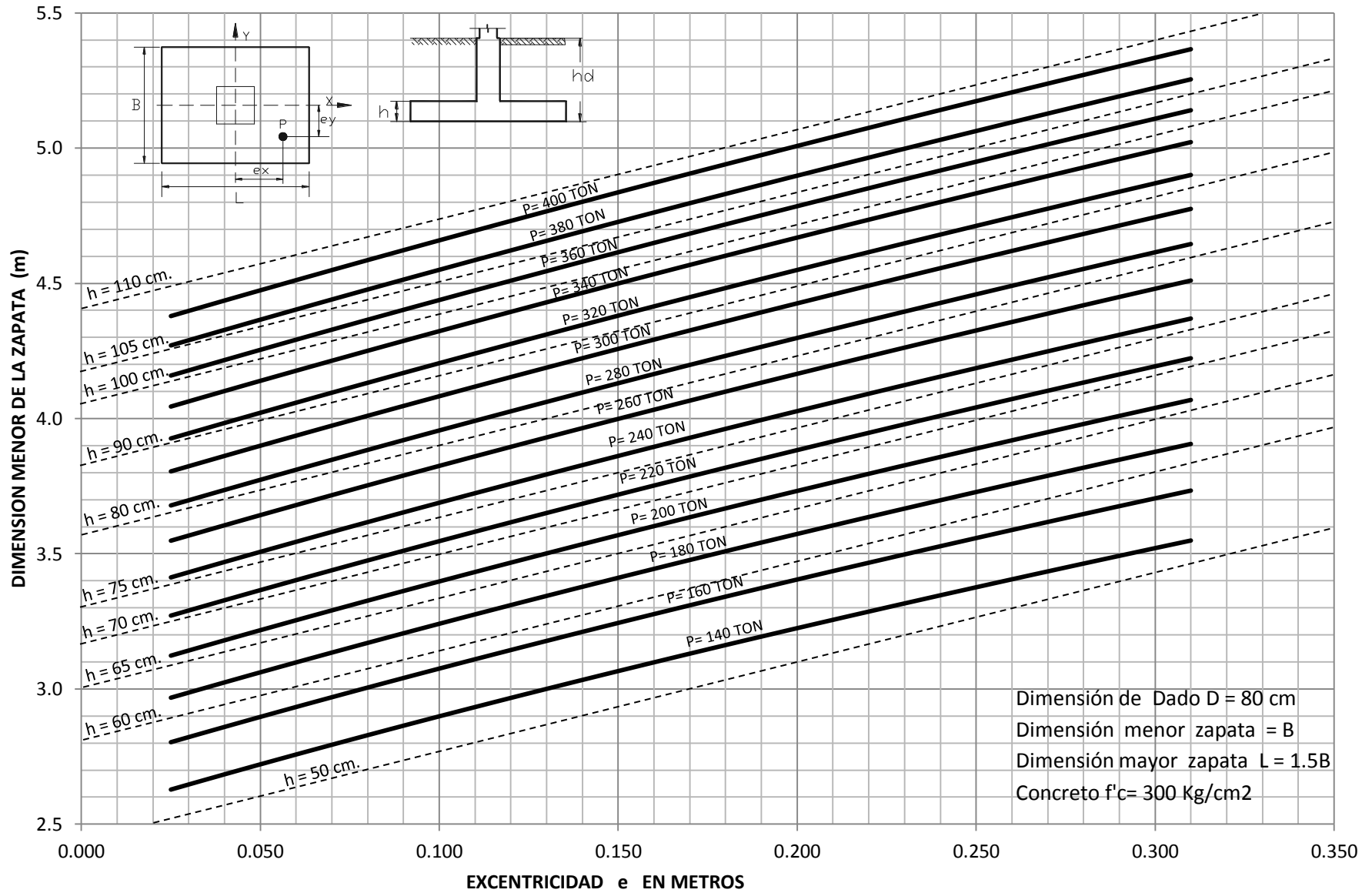
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAxIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 16 T/m²



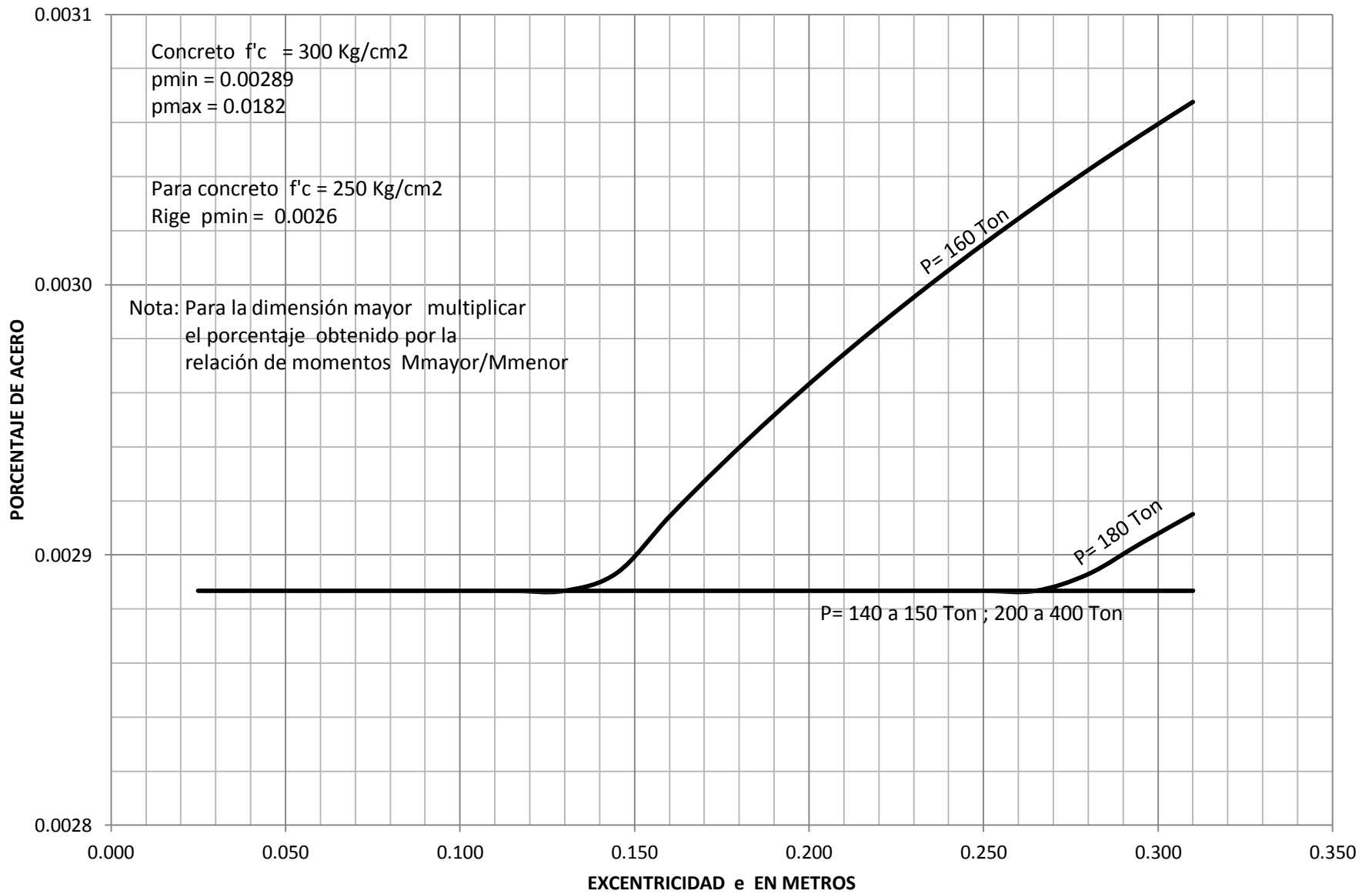
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 18 T/m²



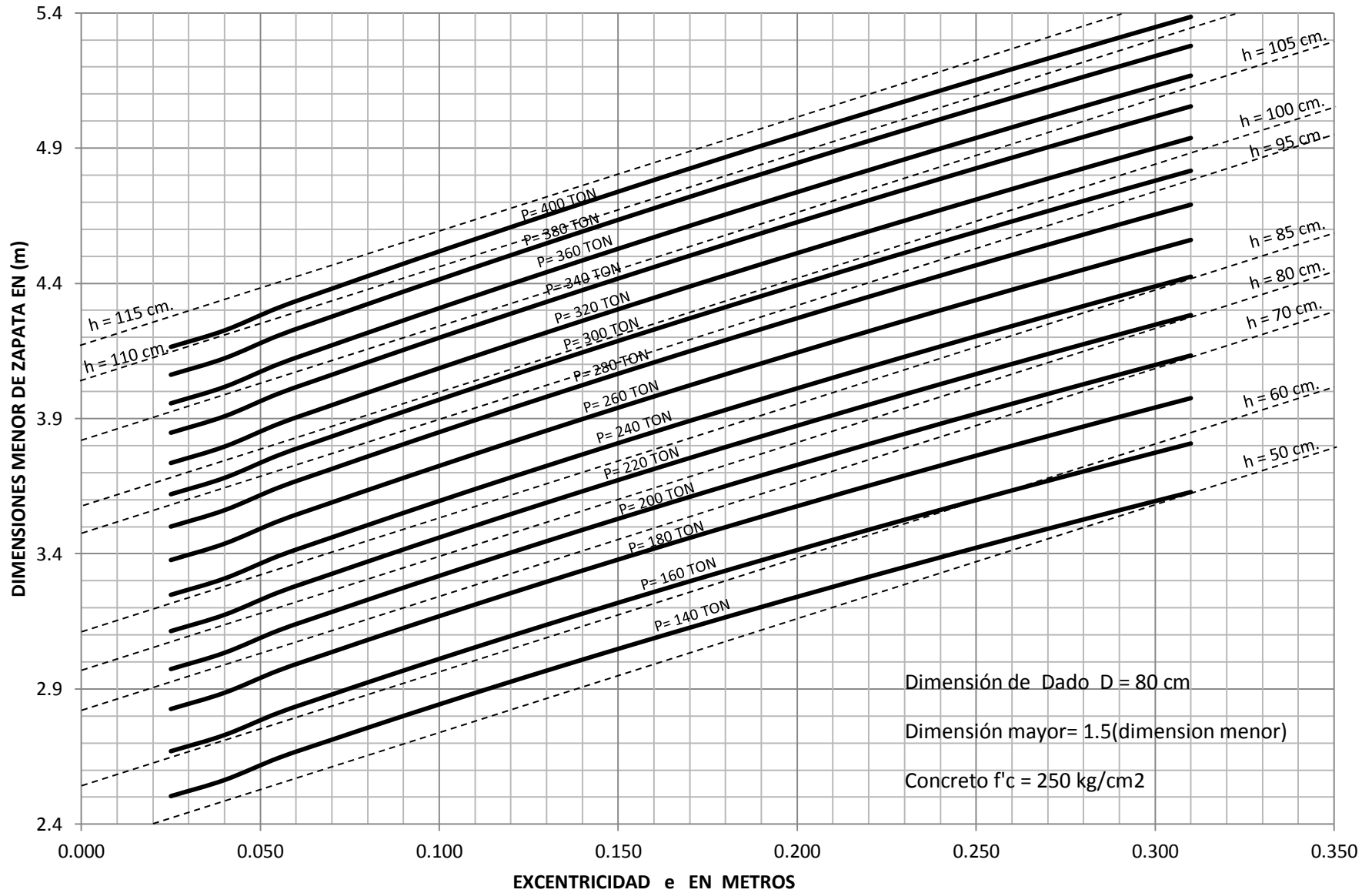
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 18 T/m2



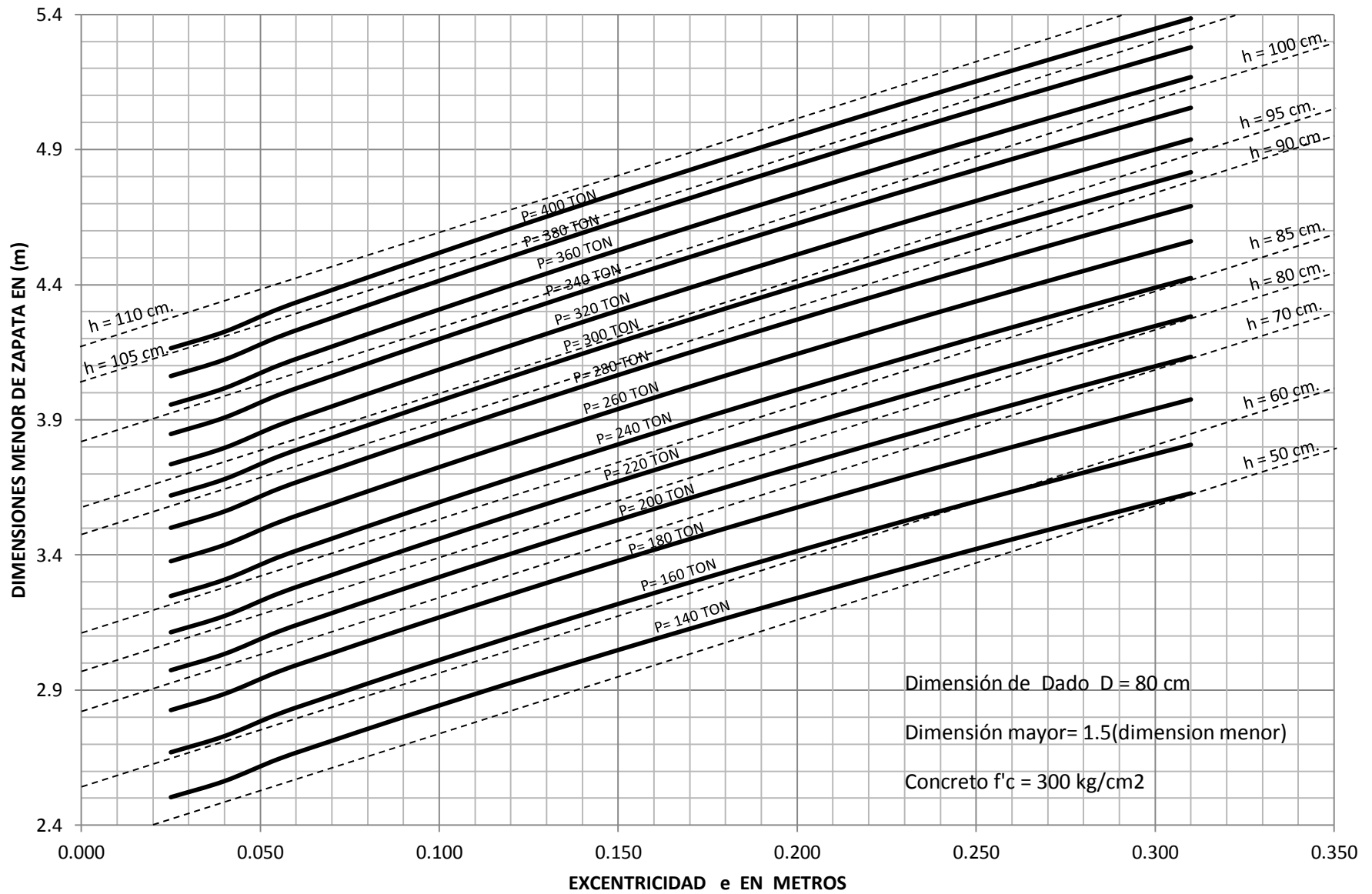
PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAIXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 18 T/m²



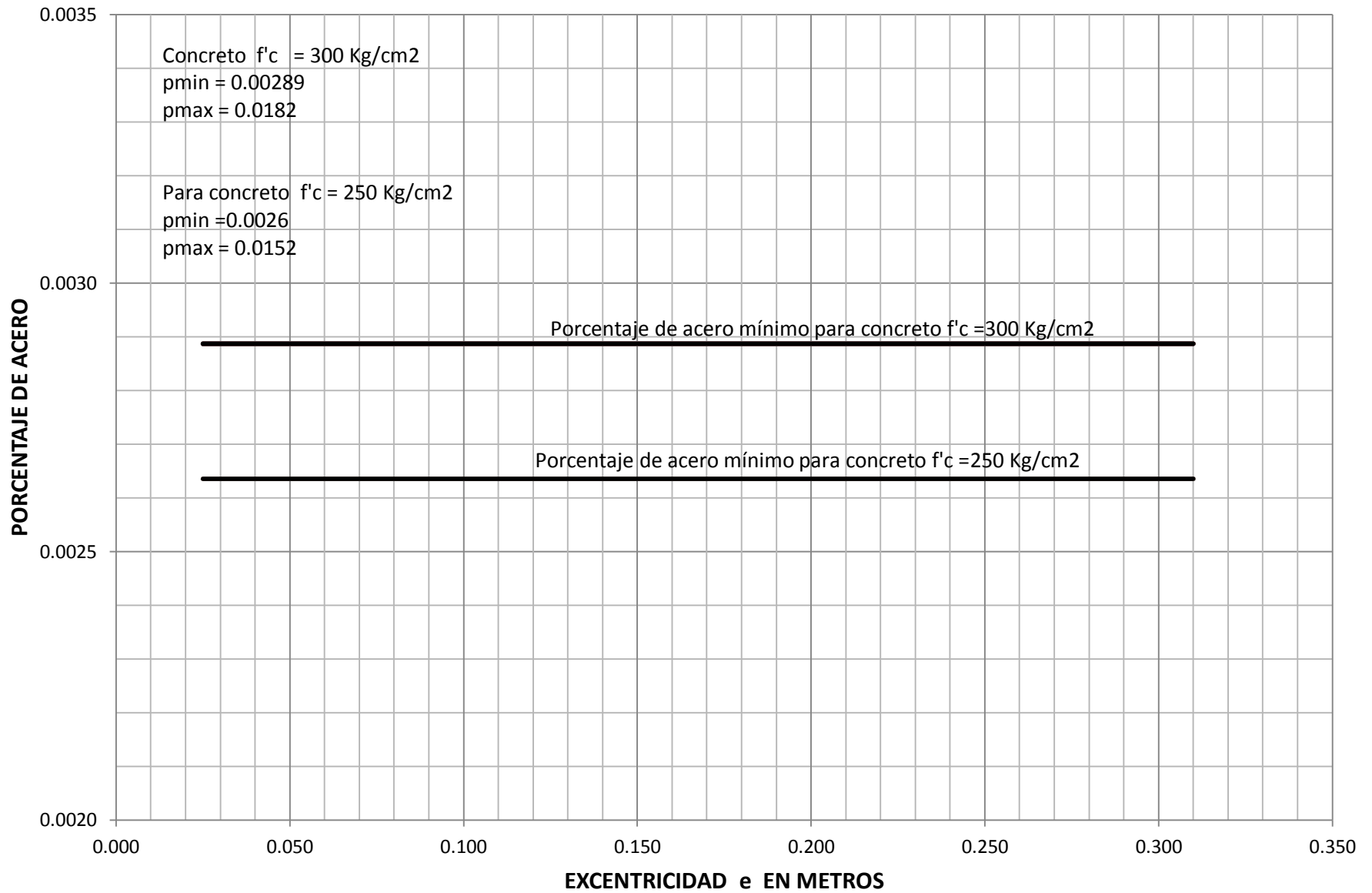
DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA UNA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 20 T/m²



DIMENSIONES Y PERALTES PARA ZAPATAS RECTANGULARES A FLEXOCOMPRESION BIAXIAL PARA UNA CAPCIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE 20 T/m²



PORCENTAJE DE ACERO PARA ZAPATA RECTANGULAR A FLEXOCOMPRESION BIAxIAL PARA CAPACIDAD DE CARGA A NIVEL DE DESPLANTE DE 20 T/m²



Bibliografía

- Arthur H. Nilson (2001), *Diseño de Estructuras de Concreto*, Duodécima Edición, Mc Graw Hill Interamericana S. A.
- Calavera J. (2000), *Cálculo de Estructuras de Cimentación*. Cuarta edición, INTEMAC. Instituto Técnico de Materiales y construcciones, Madrid España.
- Carlos Ricardo Llopiz, *Bases de hormigón armado*. Instituto de Mecánica Estructural y Riesgo sísmico, Universidad Nacional de Cuyo Argentina.
- Jack c MacCormac, (2002) *Diseño de Concreto Reforzado*. Cuarta edición, alfa Omega, Grupo editores S. A de C. V
- Luis Garza Vásquez, (2000), *Diseño y Construcción de Cimentaciones*. Facultad nacional de Minas, Universidad nacional de Colombia.
- Rocío Romero Hernández (2004), *La Influencia de la forma en el cálculo de zapatas de medianeras y de esquina*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, Sevilla España.
- Peck Ralph B. Hanson, Walter E. Thornburn, Thomas H. (1995), *Ingeniería de Cimentaciones*, México: Limusa noriega editores.

- Gobierno, D. F. *Normas Técnicas complementarias del Reglamento de construcciones para el D.F.* México: Gobierno D. F. 2004.
- Comité ACI 318, *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-11)*