

MÁXIMA CAPACIDAD ADMISIBLE: INFLUENCIA DE LA DIMENSIÓN Y LA PROFUNDIDAD DE FUNDACIÓN EN ZAPATAS AISLADAS Y COMBINADAS

Marcelo Pardo¹

Resumen

La influencia de las dimensiones de las fundaciones y de la profundidad de fundación no es tomada en cuenta durante la estimación de la máxima capacidad admisible en nuestro medio, generalmente la capacidad admisible es tomada como constante para diferentes dimensiones y profundidad de fundación. A la vez, la capacidad de carga real de la fundación no es del todo entendida, puesto que el valor de capacidad admisible es generalmente tomado como un valor de presión bruta a nivel de fundación y no así como un valor de carga que la columna puede transmitir a la fundación.

El presente artículo trata de mostrar el incremento de la capacidad de carga de una fundación con las dimensiones y profundidad de la misma. A la vez, se realiza un análisis sobre cuál de estos factores afecta en mayor medida al valor de capacidad admisible

Palabras-clave: *capacidad admisible; dimensiones de fundaciones; profundidad de fundación.*

¹ M.Sc., Profesor de la Carrera de Ing. Civil de la Universidad Privada Boliviana, marcelo.pardo@hotmail.com

1 INTRODUCCIÓN

El cálculo de la máxima capacidad admisible es de vital importancia para el dimensionamiento de fundaciones de una edificación. Sin embargo, aunque este valor es altamente dependiente de la forma y profundidad de fundación, es común en nuestro medio asumir un único valor de éste para una determinada obra civil.

El objeto de la presente nota técnica es el de mostrar la influencia que la dimensión y la profundidad de fundación tienen en el valor de la máxima capacidad admisible en un suelo arcilloso, suelo característico de la ciudad de Cochabamba.

2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE

La metodología de cálculo de capacidad admisible asumida para la realización del presente análisis tiene tres pasos principales. El primero se refiere al cálculo de capacidad segura de apoyo, el segundo al cálculo de la carga máxima para un asentamiento tolerable y el tercero al cálculo de la capacidad admisible.

2.1 Capacidad segura de apoyo

El cálculo de la capacidad última de apoyo es realizado en base a la ecuación propuesta por Hansen en 1970 (Bowles, 1996).

$$q_u = 5,14 \cdot s_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q \quad (1)$$

Donde: s_u es la resistencia a compresión no drenada del suelo, s'_c , d'_c , i'_c , b'_c y g'_c son factores de forma, profundidad, inclinación de la carga, inclinación de la fundación e inclinación de terreno respectivamente y q es la sobrecarga (i.e. $D_f \times \gamma$ en arcillas).

El cálculo de la capacidad segura de apoyo es realizado mediante la Ecuación 2.

$$q_s = \frac{q_u - \gamma \cdot D_f}{FS} + \gamma \cdot D_f \quad (2)$$

Donde γ es el peso unitario del suelo, D_f la profundidad de fundación y FS un factor de seguridad generalmente asumido en 3 en el cálculo de q_s .

2.2 Carga máxima para un asentamiento tolerable

La carga máxima para un asentamiento tolerable es calculada en base a iteraciones. Una carga es asumida y el asentamiento que ésta produce es calculado, el proceso es repetido hasta que el asentamiento calculado es igual o muy cercano al asentamiento tolerable asumido.

Por motivos de simplificación, el asentamiento total en este análisis es calculado como 1,0 veces el asentamiento edométrico (i.e. Criterio de Burland).

El cálculo del asentamiento edométrico requiere a su vez de la evaluación del incremento de carga producido bajo la fundación y de una estimación del espesor del estrato a ser considerado en el análisis. En el presente análisis se ha tomado 2 veces el ancho de la fundación como espesor de análisis y se ha empleado el método de Boussinesq para la evaluación del incremento de esfuerzos.

En base al espesor asumido y el incremento de carga obtenido, el cambio en el índice de vacíos es calculado empleando la relación elastoplástica presentada en la Figura 1. El cálculo es realizado mediante ecuaciones linealizadas, el detalle puede ser encontrado en cualquier libro de mecánica de suelos básica.

Finalmente, el asentamiento edométrico es calculado con la Ecuación 3 en base al cambio de índice de vacíos obtenido, el índice de vacíos inicial y el espesor del estrato.

$$S_{oed} = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \cdot H \quad (3)$$

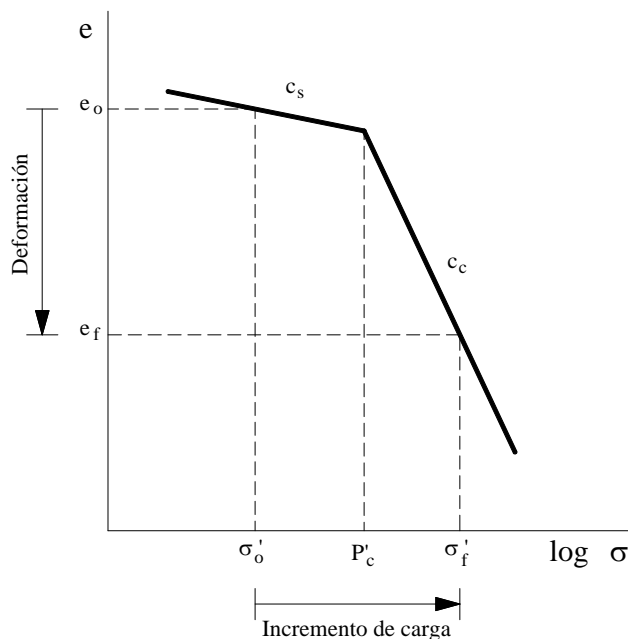


Figura 1 - Metodología de cálculo del asentamiento edométrico.

2.3 Capacidad admisible

La capacidad admisible, q_{adm} , corresponde al menor de los dos, el valor de capacidad segura de apoyo o la carga máxima para un asentamiento tolerable.

Con la finalidad de comprender mejor el valor de capacidad admisible, en este análisis, el valor de capacidad admisible será convertido a un valor de máxima carga en la columna, equivalente a la máxima carga que la o las columnas podrían transmitir a la fundación sin producir falla por cortante o falla por deformación (i.e. criterio de capacidad admisible). De esta manera, el valor de máxima carga es tomado como:

$$P_{\max} = \frac{q_{adm} - q'}{B \cdot L} \quad (4)$$

Donde q' representa el peso de la fundación y el suelo por encima el nivel de fundación y $B \times L$ son las dimensiones de la fundación.

3 RESULTADOS

Para la realización del presente análisis se asumen las propiedades físico mecánicas del suelo presentadas en la Tabla 1. Estas propiedades se suponen constantes en todo el espesor de influencia (i.e. dos veces el ancho de la fundación).

Tabla 1. Propiedades físico mecánicas del suelo.

Propiedades del suelo	Valor
Clasificación	CL Arcilla magra
Propiedades peso volumen	$\gamma_{sat} = 19,62 \text{ kN/m}^3$ $e_o = 0,70, G_s = 2,70$
Parámetros de resistencia	$c_u = 50 \text{ kPa}$
Parámetros de deformación	$c_c = 0,25, c_s = 0,0025$ $OCR = 2$

Las fundaciones consideradas son de forma cuadrada con dimensiones de 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 y 4,0 m. Las profundidades de fundación analizadas varían entre 0,0 y 8,0 m.

El factor de seguridad por capacidad de apoyo ha sido tomado en 3 y el asentamiento total máximo en 40 mm.

En base a los parámetros, dimensiones y tolerancias citadas, la capacidad admisible y la máxima carga en la columna han sido calculadas. Las Tablas 2 y 3 presentan los resultados obtenidos. El valor de máxima carga en la columna ha sido expresado en toneladas debido a la mayor familiaridad de los profesionales del medio con esta unidad de carga.

Tabla 2. Valores de capacidad admisible obtenidos (q_{adm} , kPa).

Prof., m	B, m						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,00	37,25	46,77	56,75	66,90	77,14	87,42	97,73
1,00	94,13	97,58	104,75	113,29	122,47	132,02	130,99
2,00	151,00	148,38	152,75	159,67	164,88	161,62	159,17
3,00	204,46	199,18	195,34	191,68	188,57	191,03	187,36
4,00	226,71	222,81	219,22	215,96	213,06	210,47	208,19
5,00	247,96	244,74	241,69	238,84	236,21	233,80	231,60
6,00	268,69	265,95	263,32	260,82	258,46	256,25	254,20
7,00	289,10	286,73	284,43	282,21	280,09	278,08	276,18
8,00	309,32	307,23	305,19	303,21	301,29	299,45	297,70

Tabla 3. Valores de máxima carga en la columna (P_{max} , t) para zapatas aisladas y combinadas.

Prof., m	B, m						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,00	3,80	10,73	23,14	42,63	70,77	109,16	159,40
1,00	7,60	17,88	34,71	59,68	94,36	140,35	181,64
2,00	11,39	25,03	46,28	76,73	115,27	152,82	195,61
3,00	14,84	32,18	55,65	84,62	119,00	165,05	209,58
4,00	15,11	33,10	57,39	87,59	123,46	164,82	211,56
5,00	15,28	33,63	58,55	89,67	126,70	169,45	217,74
6,00	15,39	34,00	59,37	91,17	129,12	172,99	222,59
7,00	15,47	34,26	59,98	92,30	130,96	175,74	226,44
8,00	15,53	34,47	60,44	93,17	132,41	177,94	229,54

La variación de los valores obtenidos y presentados en las Tablas 2 y 3 puede ser apreciada de manera gráfica en las Figuras 2 y 3.

3.1 Influencia de la dimensión

La Figura 2 muestra que a partir de los 2,50 m de profundidad de fundación (para los parámetros, dimensiones y tolerancias asumidos) la capacidad admisible se hace menor para dimensiones de fundación mayores; sin embargo, debido a la mínima disminución y al incremento del área de fundación, la máxima carga en la columna continua incrementándose con la dimensión de la fundación. La Figuras 3 muestra este incremento.

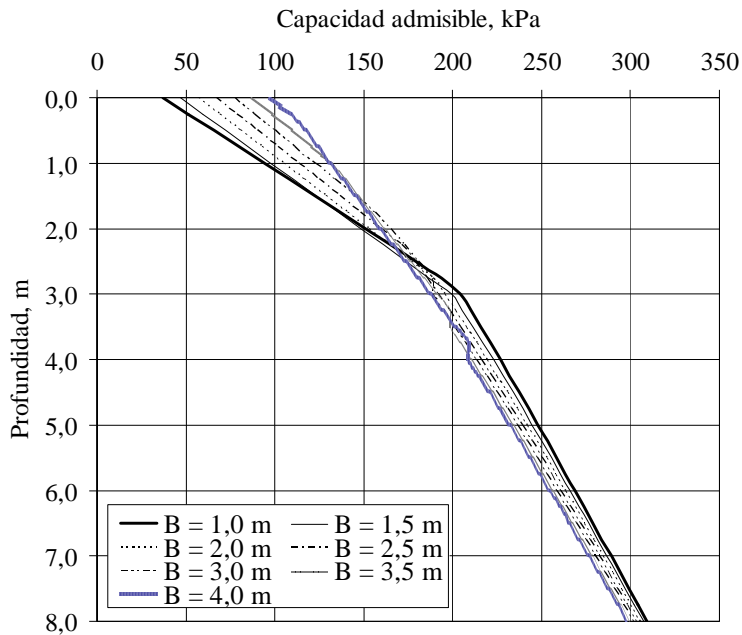


Figura 2 - Variación de la capacidad admisible.

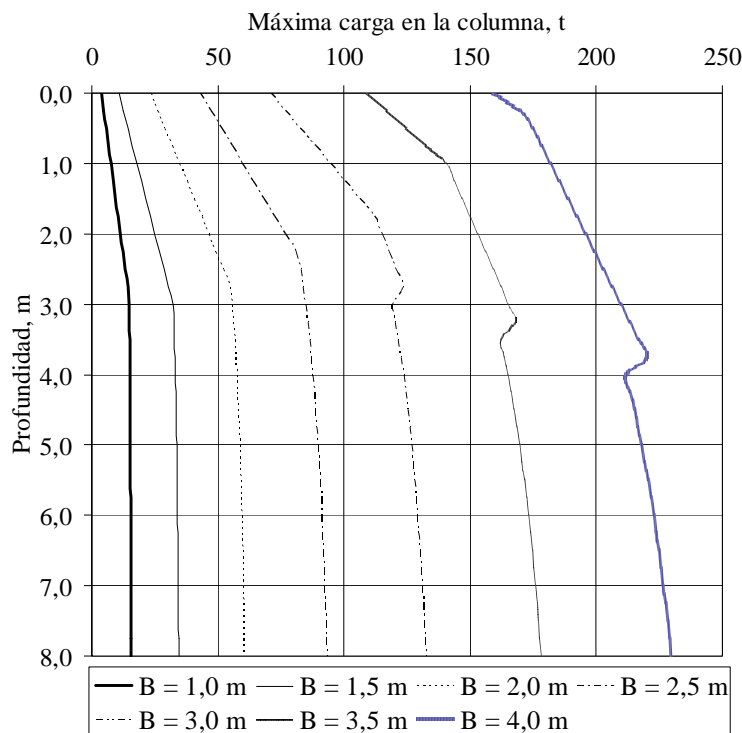


Figura 3 - Variación de la máxima carga en la columna para zapatas aisladas y combinadas.

Como se puede ver en la Figura 2, la razón para que la carga admisible sea menor a partir de cierta profundidad se debe a un punto de inflexión en las curvas de capacidad admisible. Este punto de inflexión (ubicado aproximadamente a 3 m de profundidad en la fundación de 1,0 m y 0,25 m en la de 4,0 m) se presenta a menores profundidades para fundaciones de mayores dimensiones y se debe a un cambio en los factores críticos en el suelo. A profundidades bajas, la carga máxima para un asentamiento tolerable se hace crítica frente a la capacidad segura de apoyo. Alcanzada una cierta profundidad (punto de inflexión) la carga segura se torna en factor crítico (ver Figura 4).

3.2 Influencia de la profundidad de fundación

La Figura 2 muestra que la capacidad admisible se incrementa con la profundidad de fundación de manera indefinida. Sin embargo, es importante notar que a profundidades considerables (i.e. profundidades mayores al punto de inflexión de la curva de capacidad admisible) el factor crítico es la capacidad segura y que este valor se incrementa principalmente debido al valor de sobrecarga q (ver Ecuación 1).

Durante la determinación del valor de máxima carga en la columna (Ecuación 4), un esfuerzo q' similar al esfuerzo q es restado al valor de carga admisible por efectos de peso de la fundación y el material de relleno, por lo que la máxima carga en la columna tiende a un valor constante (ver Figura 3).

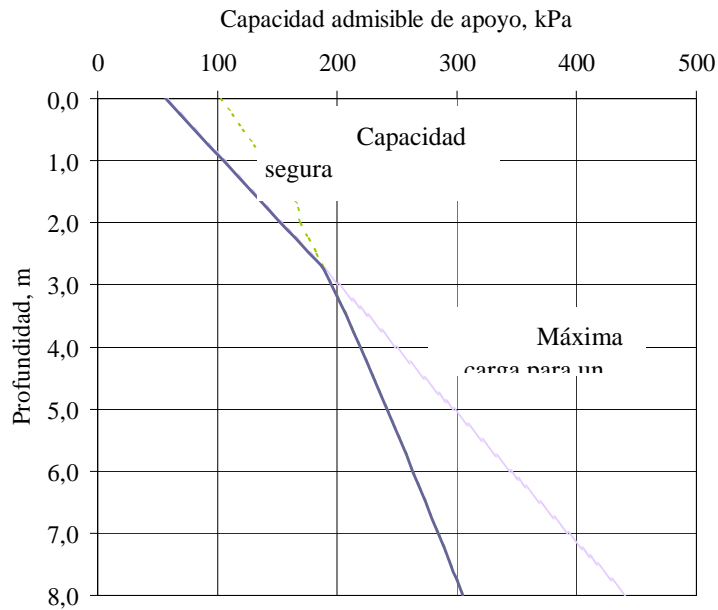


Figura 4 - Variación de la capacidad segura y máxima carga para un asentamiento para una fundación de 2,0 x 2,0 [m²].

La Figura 5 muestra que mientras la dimensión de la fundación incrementa el valor de máxima carga en la columna prácticamente de manera indefinida, la profundidad de fundación solo lo hace hasta cierto punto. Mayores profundidades de fundación no garantizan una mayor capacidad de carga del terreno.

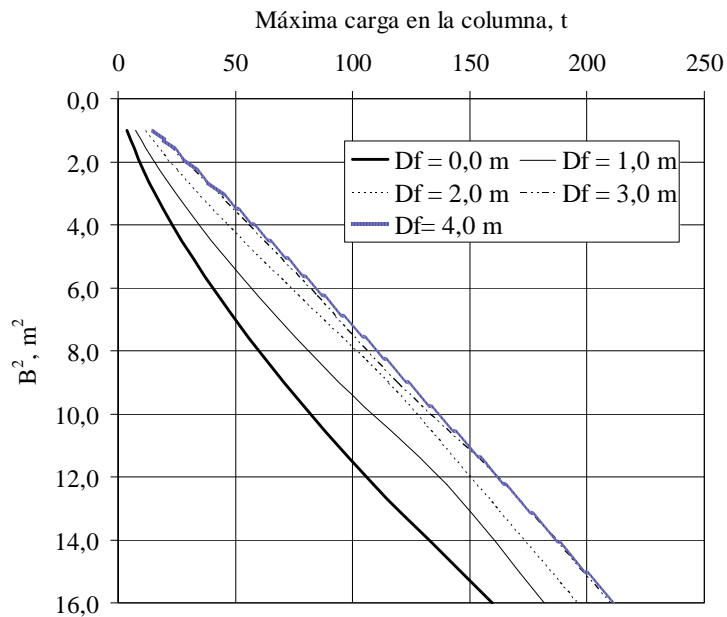


Figura 5. Variación de la máxima carga en la columna con el área de fundación para diferentes profundidades de fundación.

4 CONCLUSIONES

Un análisis de la influencia de la dimensión y la profundidad de fundación ha sido realizado. Se han analizado 7 fundaciones cuadradas y profundidades de fundación entre 0,0 y 8,0 m.

Se ha mostrado que la dimensión de la fundación aumenta el valor de la máxima carga en la columna de manera indefinida. Por el contrario, la profundidad de fundación aporta un incremento significativo de máxima carga en la columna solo hasta un punto de inflexión en la curva de capacidad admisible. Dicho punto corresponde a un cambio de factor crítico, las deformaciones dominantes a profundidades bajas son reemplazadas por la capacidad segura.

5 REFERENCIAS

BOWLES, J. E. (1996). **Foundation analysis and design**. New York: McGraw-Hill.