

Capacidad de Carga

2



Capacidad de carga:	26
Capacidad de carga resistente:	26
Factores que influyen en la capacidad de carga:	26
Tipo de suelo:	27
Forma de la cimentación:	30
Pruebas de laboratorio:.....	30
Compresión triaxial:	30
¿Cómo se calcula?	31

Capacidad de carga:

La máxima resistencia del suelo ante la presencia de esfuerzo cortante, es así a lo que se conoce como la capacidad de carga última. Este estado límite nos indica todos los esfuerzos que el suelo puede aguantar antes de presentar daños irreparables; la manera de calcular la capacidad de carga es:

$$q_d = cN_c + p_v N_q + 0.50 \gamma B N_\gamma$$

De donde podemos calcular:

$$\bullet N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \phi}$$

$$\bullet N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\bullet N_\gamma = \frac{2(N_q + 1)}{\tan \phi}$$

11

12

13

14

Capacidad de carga resistente:

Este concepto simplemente hace una reducción del valor de la capacidad de carga última con el fin de minimizar la incertidumbre que se tiene ante las propiedades índice del suelo (como lo es el ángulo de fricción interna, el módulo de deformación, cohesión y peso específico).

$$q_R = c N_c f_c F_{R1} + p_v N_q f_q F_{R2} + 0.50 \gamma B N_\gamma f_\gamma F_{R3}$$

15

Los valores de F_{Rn} son aquellos que incrementan la capacidad de carga resistente, de ahí que sean mayores a 1.

Factores que influyen en la capacidad de carga:

Es importante mencionar que existen fenómenos que alteran la capacidad de carga del suelo, como los que se comentan a continuación:

- Tipo de suelo.
- Forma de la cimentación.
- Factores de resistencia.
- Elementos mecánicos.

Tipo de suelo:

Clasificar al suelo de acuerdo a sus propiedades índice es muy importante, ya que, no solo son indicadores sobre la teoría a utilizar para el cálculo de capacidad de carga, sino proporciona una idea del tipo comportamiento que puede presentar el suelo. Es valido considerar a las:

- Arcillas como suelos puramente cohesivos.
- Arenas como suelos puramente friccionantes.

Suelos puramente cohesivos, totalmente saturados:

Nos referimos a este tipo de suelo a los suelos que tienen el parámetro $\Phi = 0$, con la condición de S_r cercano 100%. Si el suelo a analizar persiste la condición de totalmente saturado observamos que la condición más desfavorable para la resistencia al corte ocurre cuando ($u_a = u_w$) provocando que el esfuerzo cortante se calcule así:

$$s = c + (\sigma - u_a) \tan \phi' \quad \text{---} \quad \boxed{16}$$

De donde:

- (u_a) = Representa presión el aire.
- c y ϕ = Son los parámetros de cohesión y fricción interna respectivamente.

Tomando esta condición desfavorable nos damos cuenta que la ecuación de la carga resistente queda de la siguiente manera:

$$q_R = c \cdot 5.14 f_c F_{R1} + p_v \quad \text{---} \quad \boxed{17}$$

De donde:

- $f_c = 1 + 0.25 \left(\frac{B}{L}\right)$ --- $\boxed{18}$
- $f_q = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi^o = 1$ --- $\boxed{19}$
- $f_\gamma = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right)$ --- $\boxed{20}$
- $N_c = 2 + \pi = 5.14$ --- $\boxed{21}$
- $N_\gamma = \frac{2(N_q+1)}{\tan \phi} = 1$ --- $\boxed{22}$
- $N_q = e^{\pi \tan \phi^o} \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi^o}{2}\right) = 1$ --- $\boxed{23}$

Suelos puramente cohesivos, parcialmente saturados:

Los suelos cohesivos presentan valores de 0 en el ángulo de fricción interna. De acuerdo a Fredlund y Rahardjo (1993) proponen la siguiente ecuación para calcular el esfuerzo cortante de la siguiente manera:

$$s = c' + (\sigma - u_a) \tan \phi' + (u_a - u_w) \tan \phi^b \quad \text{---} \quad \boxed{24}$$

De donde:

- $(u_a - u_w)$ = Representa el fenómeno de succión.
- c', ϕ', ϕ^b = Son parámetros que se proponen por Fredlund y Rahardjo.

En estos ciclos de expansión y compresión se presenta un fenómeno de succión(en el momento en que se seca el suelo) aumentando la resistencia al corte, en otras palabras al reducir su grado de saturación se presentará un incremento en la resistencia al corte. Dadas estas condiciones se puede calcular la capacidad de carga resistente de la siguiente manera:

$$q_R = cN_c f_c F_{R1} + p_v N_q f_q F_{R2} + 0.50 \gamma B N_\gamma f_\gamma F_{R3}$$

25

De donde:

- $f_c = 1 + 0.25 \left(\frac{B}{L}\right)$ 21
- $N_c = 2 + \pi = 5.14$ 22
- $f_q = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan 0^\circ = 1 ; \phi = 0$ 23
- $N_\gamma = \frac{2(N_q+1)}{\tan 0} = 1$ 24
- $f_\gamma = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right)$ 25
- $N_q = e^{\pi \tan 0^\circ} \tan^2 \left(45^\circ + \frac{0^\circ}{2}\right) = 1$ 26

Debido a que la expulsión de agua es muy lenta en suelos como las arcillas la magnitud de la consolidación primaria del suelo será muy pequeña y por ende, las pruebas enfocadas a este tipo de suelo serán del tipo "No drenadas".

Suelos puramente friccionantes:

Se considera a suelos totalmente friccionantes a limos y arcillas, esto por tener el parámetro $c=0$ y poder calcular el esfuerzo cortante de la siguiente manera:

$$s = \sigma + \tan \phi$$

26

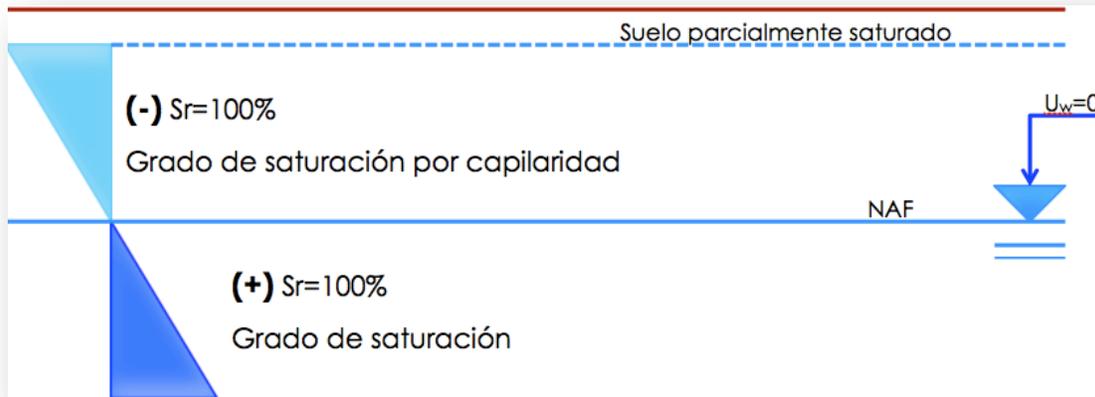
Donde la capacidad de carga resistente, sujeta a suelos donde prevalece la condición de $c=0$:

$$q_R = 0 + p_v N_q f_q F_{R2} + 0.50 \gamma B N_\gamma f_\gamma F_{R3}$$

27

Es posible considerar a los dos factores F_{R2} y F_{R3} de igual valor a F_r . Cabe resaltar que el primer término se reduce a 0 porque el valor de la cohesión se supone ≈ 0

Nivel de agua freática: Otro efecto a considerar en suelos friccionantes es el nivel de agua freática en área en que se presenta la cimentación, esto porque las arenas tienen un coeficiente elevado de permeabilidad ocasionando que se expulse el agua con relativa facilidad, en otras palabras, se consolida prácticamente en cuanto se le aplique una carga externa.



Por lo antes mencionado el calculo de capacidad de carga para suelos friccionantes, más la capacidad de carga resistente bajo el efecto del agua resulta en la siguiente ecuación:

$$q'_R = p'_V N_q f_q F_{R2} + 0.50 \gamma' B N_\gamma f_\gamma F_{R3} \text{ para la fracción sólida.}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \bullet \gamma' &= \gamma_{\text{suelo saturado}} - \gamma_{\text{agua}} \\ \bullet u_R &= p_v F_{R4} - p'_V F_{R5} \text{ para la fracción líquida.} \end{aligned}$$

Así que la capacidad de carga debida a la presencia de agua a nivel de desplante de la cimentación se calcula de la siguiente manera:

$$q_R = q'_R + u_R \quad ; \quad p_v = p'_V + u$$

$$q_R = p'_V N_q f_q F_{R2} + 0.50 \gamma' B N_\gamma f_\gamma F_{R3} + p_v F_{R4} - p'_V F_{R5}$$

Donde a todos los factores de seguridad se les da un valor igual a 1 y la ecuación que utilizará es la siguiente.

$$q_R = [p'_V (N_q f_q - 1) + 0.50 \gamma' B N_\gamma f_\gamma] F_R + p_v$$

Forma de la cimentación:

El efecto que tiene la forma de la cimentación recae directamente en los valores de N_c , N_q , N_γ , f_c , f_q y f_γ , que a su vez toman valores distintos de acuerdo a la teoría que se utilice para el cálculo mismo de capacidad de carga.

$$q_R = cN_c f_c F_{R1} + p_v N_q f_q F_{R2} + 0.50 \gamma B N_\gamma f_\gamma F_{R3}$$

15

De donde podemos calcular:

$$\bullet f_c = 1 + 0.25 \left(\frac{B}{L} \right)$$

$$\bullet f_q = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi$$

$$\bullet f_\gamma = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$$

18

19

20

Pruebas de laboratorio:

Las siguientes pruebas de laboratorio nos arrojan parámetros decisivos en la elección de la teoría que se utilizará para calcular la capacidad de carga última del suelo en cuestión.

- Compresión triaxial.
- Corte directo



Para poder conocer, así:
 ϕ , c , D_r , γ_m .

Compresión triaxial:

Se recomienda este tipo de prueba bajo la variación de no consolidada no drenada, esto porque, al tener una fracción significativa de agua en el suelo analizado podemos obtener: una distribución de esfuerzos uniforme, una medición de la magnitud de la presión de poro y medir el cambio de volumen que experimenta el suelo.

En seguida de la compresión triaxial realizamos un análisis por medio de los círculos de Mohr, esto es, a medida en que se incrementa el esfuerzo principal σ_1 se mantiene constante el esfuerzo lateral σ_3 hasta que se llegue al límite y falle el material. Es en este momento en el que se "imprimen" los círculos de Mohr, se encuentra la recta de falla "s" y se obtiene el esfuerzo cortante máximo que soporta el suelo.

¿Cómo se calcula?

La manera de encontrar el esfuerzo máximo de un cierto suelo consiste en tomar en cuenta aspectos geométricos de la cimentación y diversos factores característicos del suelo, tal y como se propone en los siguientes pasos:

1. Se realizan distintas pruebas, para obtener parámetros como: Φ , c , D_r , γ_m ; los cuales nos ayudan a realizar análisis sobre el comportamiento del suelo ante cargas externas con un grado de detalle mayor.
2. Para entender el comportamiento del suelo, bajo el concepto de capacidad de carga, se realiza un análisis con los círculos de Mohr.
3. Conocido el comportamiento, el tipo del suelo y nivel de aguas freáticas, procedemos a calcular factores importantes como:

$$\bullet N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \phi} \quad \text{---} \quad \boxed{21}$$

$$\bullet N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad \text{---} \quad \boxed{22}$$

$$\bullet N_\gamma = \frac{2(N_q + 1)}{\tan \phi} \quad \text{---} \quad \boxed{23}$$

4. De la misma manera se calculan los factores de forma como:

$$\bullet f_c = 1 + 0.25 \left(\frac{B}{L} \right) \quad \text{---} \quad \boxed{18}$$

$$\bullet f_q = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi \quad \text{---} \quad \boxed{19}$$

$$\bullet f_\gamma = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right) \quad \text{---} \quad \boxed{20}$$

5. Un punto adicional a considerar es el factor de resistencia del suelo, estos valores menores a 1 nos ayudan con la incertidumbre que se tiene en el área en la que se realiza este estudio.
6. Teniendo todos estos factores calculados podemos proceder a obtener la capacidad de carga del suelo, para

Suelos puramente cohesivos, totalmente saturados: ---

$$q_R = c 5.14 f_c F_{R1} + p_v$$

Suelos puramente cohesivos, parcialmente saturados: ---

$$q_R = c N_c f_c F_{R1} + p_v N_q f_q F_{R2} + 0.50 \gamma B N_\gamma f_\gamma F_{R3}$$

Suelos puramente friccionantes: ---

$$q_R = p_v N_q f_q F_{R2} + 0.50 \gamma B N_\gamma f_\gamma F_{R3}$$