

# LA VARIACIÓN DE LA POSICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO Y SU INFLUENCIA EN LA CAPACIDAD DE CARGA DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES: CASO ZAPATA CORRIDA INFINITA EN UN SUELO DE ORIGEN VOLCÁNICO, JUAN VIÑAS, CARTAGO, COSTA RICA.

Rolando Mora Ch.

Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

Apartado 2-14-2060-UCR

E-mail: rmorach@sol.racsa.co.cr

(Recibido 28/4/1999; Aceptado 14/5/1999)

**ABSTRACT:** In his study the modeling of the bearing capacity of a volcanic soil is performed, considering the influence exerted by the variation of the water level. The calculations have been done for different footing widths, depths of foundation and water level locations. Finally, a description of the model results is presented.

**RESUMEN:** En el presente estudio se realiza el modelaje de la capacidad de carga admisible de un suelo de origen volcánico, con la consideración de la influencia que ejerce la variación de la posición del nivel freático. Los cálculos se realizan para diversos anchos de placa, profundidades de cimentación y posiciones del nivel freático. Finalmente se describen los resultados obtenidos con el modelo.

## INTRODUCCIÓN

Son pocos los textos técnicos que tratan el tema de la influencia que puede tener la posición del nivel freático sobre la capacidad de carga admisible (CCA) de cimentaciones superficiales, por lo general solo se hace referencia a considerar el peso unitario sumergido cuando la situación así lo requiera. Sin embargo, la posición de nivel freático, en combinación con la profundidad de cimentación, el ancho de la fundación y asentamiento permisible, puede ser de suma importancia a la hora de seleccionar el tipo de cimentación, tanto desde el punto de vista mecánico, como desde un punto de vista económico también.

El presente estudio se ha realizado con la consideración de un suelo que se ha clasificado

como un limo arenoso (ML) de plasticidad intermedia (Mora & Garita, 1997), el cual es producto de la meteorización de flujos laháricos. Este material se encuentra ampliamente distribuido en los alrededores de la ciudad de Juan Viñas, cantón de Alvarado en la provincia de Cartago, Costa Rica, a unos 40 km al sureste de San José (Fig. 1).

Este depósito se ha seleccionado para el estudio pues presenta resistencia friccionante y cohesiva, lo cual lo convierte en un caso genérico y no extremo en términos de la Mecánica de Suelos, además este tipo de suelo es bastante común en el Valle Central de Costa Rica, por lo que puede servir como caso comparativo para otros estudios.

Con este material se modela la CCA de una placa corrida infinita, utilizando la teoría de Meyerhof (Szechy & Varga, 1971; ACMSIF,

1994), y variando la profundidad de cimentación y el ancho de la fundación, todo para niveles freáticos localizados a varias profundidades.

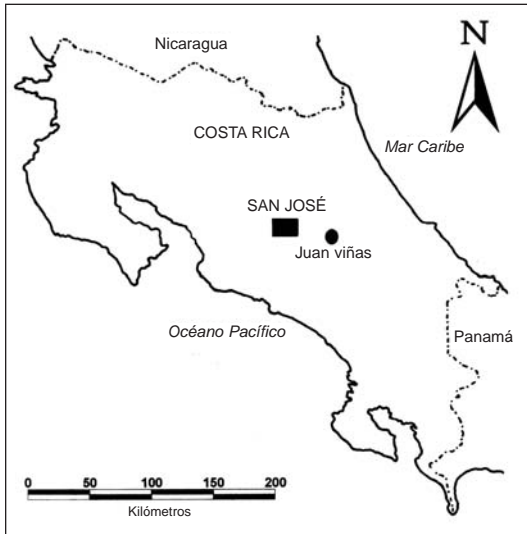


Fig. 1: Ubicación de la zona de estudio.

### CONSIDERACIONES RESPECTO AL PESO UNITARIO DEL SUELO

De acuerdo con la posición del nivel freático con respecto a la profundidad de cimentación, se pueden distinguir tres casos generales en los que se debe considerar la utilización o no del peso unitario sumergido del suelo (Fig. 2). En el primer caso (Fig. 2a) el nivel freático se encuentra a una profundidad igual o superior a la profundidad de cimentación más una vez el ancho de la fundación. En este caso, la CCA de una placa corrida infinita se calcula según la siguiente expresión (Szechy & Varga, 1971):

$$\sigma_{adm} = [(B/2)\gamma N_b + t\gamma N_t + cN_c]/F_s$$

donde: B es el ancho del cimiento [m],  $\gamma$  el peso unitario húmedo del suelo [ $\text{kN}/\text{m}^3$ ], t la profundidad de cimentación [m], c la cohesión del suelo [kPa],  $N_b$ ,  $N_t$ ,  $N_c$  los factores de capacidad de carga y  $F_s$  el factor de seguridad. Como se observa, en la expresión anterior se utiliza solamente el peso unitario húmedo del suelo.

En el segundo caso (Fig. 2b) el nivel freático se encuentra entre el plano de cimentación y una profundidad no mayor que una vez el ancho

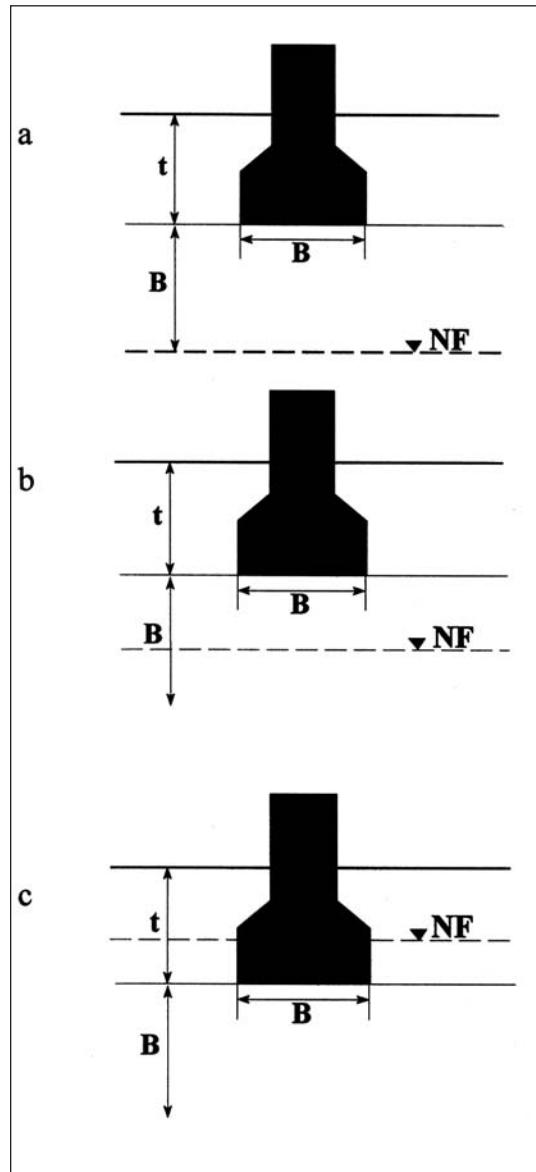


Fig. 2: Casos generales para considerar la utilización del peso unitario sumergido: a) nivel freático a una profundidad igual o superior a la profundidad de cimentación más una vez el ancho de la fundación. b) nivel freático localizado entre el plano de cimentación y una profundidad no mayor a una vez el ancho de la fundación. c) nivel freático a una profundidad inferior al plano de cimentación.

de la fundación. En esta ocasión se calcula la CCA con la expresión siguiente:

$$\sigma_{adm} = [(B/2)\gamma'N_b + t\gamma'N_t + cN_c]/F_s$$

donde:  $\gamma'$  es el peso unitario sumergido del suelo [kN/m<sup>3</sup>]. Es decir, el primer término de la ecuación ahora considera la utilización del peso unitario sumergido del material.

En el tercer caso (Fig. 2c) el nivel freático se encuentra a una profundidad inferior al plano de cimentación, por lo que la CCA se calcula como sigue:

$$\sigma_{adm} = [(B/2)\gamma'N_b + t\gamma'N_t + cN_c]/F_s$$

En esta ocasión los dos primeros términos de la ecuación consideran la utilización del peso unitario sumergido del material.

En el cuadro 1 se aprecian los parámetros físicos y mecánicos del suelo, obtenidos mediante ensayos de laboratorio con muestras inalteradas, así como los factores de capacidad de carga y factor de seguridad utilizados en el cálculo de la CCA.

Cuadro 1

Parámetros físicos y mecánicos, y factores de capacidad de carga del material estudiado

|                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| Ángulo de fricción interna | 29°                    |
| Cohesión                   | 15 kPa                 |
| Peso unitario húmedo       | 15,1 kN/m <sup>3</sup> |
| Peso unitario sumergido    | 5,3 kN/m <sup>3</sup>  |
| N <sub>b</sub>             | 20                     |
| N <sub>t</sub>             | 19                     |
| N <sub>c</sub>             | 35                     |
| Factor de seguridad        | 3,0                    |

### MODELAJE DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

El modelaje de la CCA se ha realizado con la utilización de la hoja de cálculo Corel Quattro Pro 7, en ella se han insertado las ecuaciones y las funciones lógicas necesarias para tomar en cuenta cada una de las consideraciones hechas para el peso unitario del suelo en el apartado anterior (Cuadro 2).

La CCA se ha calculado para profundidades de cimentación de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5, y 2,0 m, así como para anchos de placa de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 m; el cálculo se expresa en forma de matriz, donde las columnas son los anchos de placa y las filas las profundidades de cimentación. Cualquier valor intermedio entre los antes mencionados, puede ser obtenido por interpolación en el gráfico que la hoja de cálculo presenta.

El nivel freático puede modificarse introduciendo su localización en profundidad con respecto a la superficie del terreno. Los parámetros del suelo y los factores de capacidad de carga se digitan en la sección superior de la hoja de cálculo, donde el único parámetro calculado es el peso unitario sumergido del suelo.

Cuadro 2

Hoja de cálculo utilizada para el modelaje de la capacidad de carga admisible.

#### CAPACIDAD DE SOPORTE, TEORÍA: MEYERHOF (placa corrida infinita)

|                                       |  |                      |          |       |
|---------------------------------------|--|----------------------|----------|-------|
| Proyecto:                             | Modelaje de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales |                      |          |       |
| Localidad:                            | Juan Viñas, Alvarado, Cartago, Costa Rica                        |                      |          |       |
| Tipo de suelo:                        | Limo arenoso (MI), (lahar meteorizado) de plasticidad intermedia |                      |          |       |
| Realizó:                              | R. Mora  | Fecha:               | 03/04/99 |       |
| Parámetros del suelo:                 | Factores de capacidad de carga:                                  |                      |          |       |
| Ángulo de fricción:                   | 29°  | N <sub>b</sub> :     | 20       |       |
| Cohesión [kPa]:                       | 15   | N <sub>t</sub> :     | 19       |       |
| Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]:   | 15,1   | N <sub>c</sub> :     | 35       |       |
| Peso unit. sum. [kN/m <sup>3</sup> ]: | 5,3  |                      |          |       |
| Nivel freático [m]:                   | 4,50   | Factor de seguridad: | 3,0      |       |
|                                       | Ancho de placa [m]   |                      |          |       |
|                                       | 0,5  | 1,0                  | 1,5      | 2,0   |
| Profundidad [m]                       | Capacidad de carga admisible [kPa]                               |                      |          |       |
| 0,0                                   | 200,2  | 225,3                | 250,5    | 275,7 |
| 0,5                                   | 248,0  | 273,2                | 298,3    | 323,5 |
| 1,0                                   | 295,8  | 321,0                | 346,1    | 371,3 |
| 1,5                                   | 343,6  | 368,8                | 394,0    | 419,1 |
| 2,0                                   | 391,4  | 416,6                | 441,8    | 466,9 |

### DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Nivel freático a 4,5 m de profundidad (Fig. 3a): La posición del nivel freático es tal que

no influencia el peso unitario del material, la CCA se incrementa con la profundidad de cimentación y con el ancho de placa, y su comportamiento lineal no sufre modificaciones súbitas. Este comportamiento se presenta cuando la posición del nivel freático es superior a 4,0 m.

Nivel freático a 4,0 m de profundidad (Fig. 3b): El resultado para placas de ancho de 0,5; 1,0 y 1,5 m es igual al caso anterior. La placa de 2,0 m de ancho sufre una disminución de la CCA a partir de 1,5 m de profundidad de cimentación, la cual llega a ser inferior a la CCA de placas de 1,0 y 1,5 m de ancho a 2 m de desplante y muy cercana a la de una placa de 0,5 m de ancho.

Nivel freático a 3,5 m de profundidad (Fig. 4a): La CCA de la placa de 0,5 m de ancho se mantiene invariable, no así la de 1,0 m de ancho,

se mantiene sin modificaciones, lo mismo que la placa de 1,0 m de ancho. La de 1,5 m de ancho presenta una disminución de su CCA a partir de 1,5 m de profundidad de cimentación, la cual se mantiene casi constante hasta 2,0 m de desplante y alcanza un valor similar al de una placa de 0,5 m de ancho a la misma profundidad. La placa de 2,0 m de ancho muestra disminución de su capacidad de carga a partir de 1,0 m de desplante y se mantiene por debajo de la placa de 1,0 m de ancho a partir de una profundidad de cimentación de 1,5 m, además, a 2,0 m de desplante alcanza una CCA bastante cercana a la de las placas de 0,5 y 1,5 m de ancho.

Nivel freático a 3,0 m de profundidad (Fig. 4b): La CCA de la placa de 0,5 m de ancho se mantiene invariable, no así la de 1,0 m de ancho,

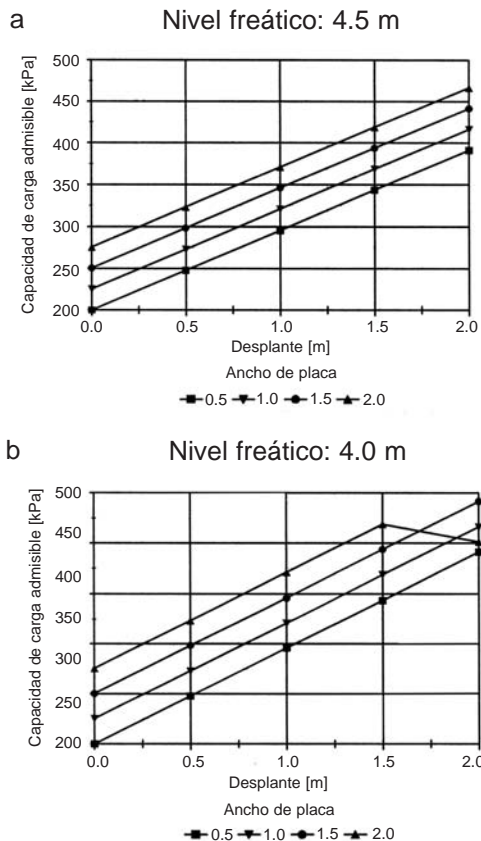


Fig. 3: Capacidad de carga admisible. a) nivel freático a 4,5 m de profundidad. b) nivel freático a 4,0 m de profundidad.

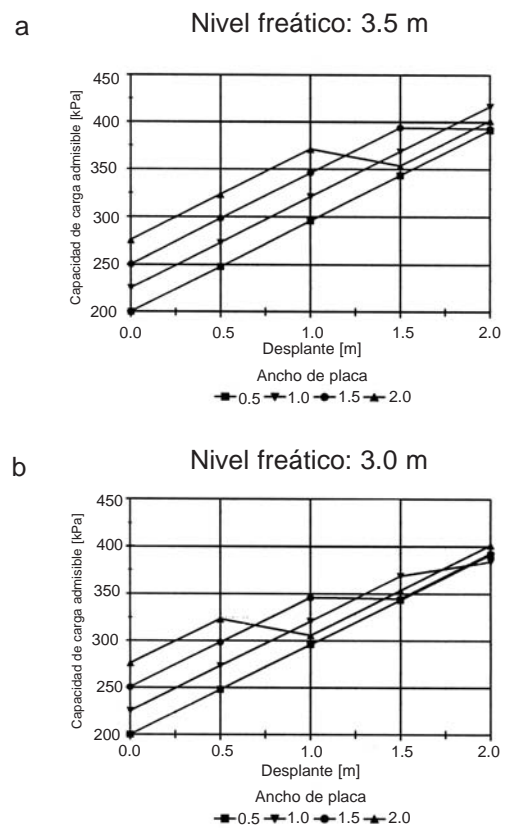


Fig. 4: Capacidad de carga admisible. a) nivel freático a 3,5 m de profundidad. b) nivel freático a 3,0 m de profundidad.

la cual cambia de pendiente a partir de 1,5 m de profundidad de cimentación y alcanza valores inferiores al del resto de las placas a 2,0 m. La placa de 1,5 m muestra un descenso de la CCA a 1,0 m de desplante, a partir de esta profundidad su comportamiento es similar al de la placa de 0,5 m de ancho. La placa de 2,0 m de ancho presenta un descenso de su CCA a partir de 0,5 m de desplante, de 1,0 a 1,5 m se mantiene por debajo de los valores alcanzados por la placa de 1,0 m de ancho y ligeramente arriba de la placa de 0,5 m de ancho.

Nivel freático a 2,5 m de profundidad (Fig. 5a): La placa de 0,5 m de ancho se mantiene invariable hasta 1,5 m de desplante, para posteriormente cambiar de pendiente y establecerse en 375 kPa. La placa de 1,0 m de ancho presenta la mayor CCA a 1,0 m de profundidad de cimentación, pero es la

de menor CCA a 1,5 m de desplante. La placa de 1,5 m de ancho modifica su comportamiento a partir de 0,5 m de desplante, y ofrece los mismos valores de CCA que la placa de 0,5 m de ancho entre 1,0 y 1,5 m de profundidad de cimentación. La placa de 2,0 m de ancho desarrolla una CCA inferior a la de placas de 1,0 y 1,5 m de ancho a una profundidad de cimentación de 0,5 m; a 1,0 m de desplante solo es superada por la placa de 1,0 m, luego se mantiene como la que brinda la mayor capacidad de soporte de 1,25 a 2,0 m de desplante.

Nivel freático a 2,0 m de profundidad (Fig. 5b): La placa de 0,5 m de ancho modifica su pendiente de 1,0 m a 1,5 m de desplante. La placa de 1,0 m de ancho muestra la mayor CCA a 0,5 m de desplante, luego modifica su pendiente hasta 1,0 m de profundidad de cimentación. La placa de 1,5 m presenta una CCA constante desde la superficie hasta un desplante de 0,5 m, luego tiene valores similares a los de la placa de 0,5 m de ancho hasta un desplante de 1,0 m. La placa de 2,0 m de ancho presenta valores de CCA algo superiores a los de una placa de 0,5 m de ancho hasta un desplante de 1,0 m. A partir de una profundidad de cimentación superior a 1,25 m, todas las placas muestran lo que podemos llamar un comportamiento normal, es decir la CCA se incrementa con la mayor profundidad de cimentación y con el incremento en el ancho de placa.

Nivel freático a 1,5 m de profundidad (Fig. 6a): Todas las placas presentan un descenso en la CCA muy marcado a 2,0 m de profundidad de cimentación. La placa de 0,5 m de ancho muestra un comportamiento similar al de la placa de 1,5 m de ancho de 0,0 a 0,5 m de desplante, luego su CCA sufre un cambio de pendiente hasta 1,0 m de desplante. La placa de 1,0 m de ancho presenta comportamientos extremos en la superficie y a 0,5 m de profundidad de cimentación, en el primer caso es la de mayor CCA y en el segundo es la de menor. La placa de 2,0 m de ancho muestra valores de CCA inferiores a los de la placa de 1,0 m hasta 0,75 m de desplante.

Nivel freático a 1,0 m de profundidad (Fig. 6b): Todas las placas muestran un descenso de la CCA a partir de un desplante de 1,0 m, luego de este punto vuelven a presentar una tendencia de incremento con el aumento de la profundidad de

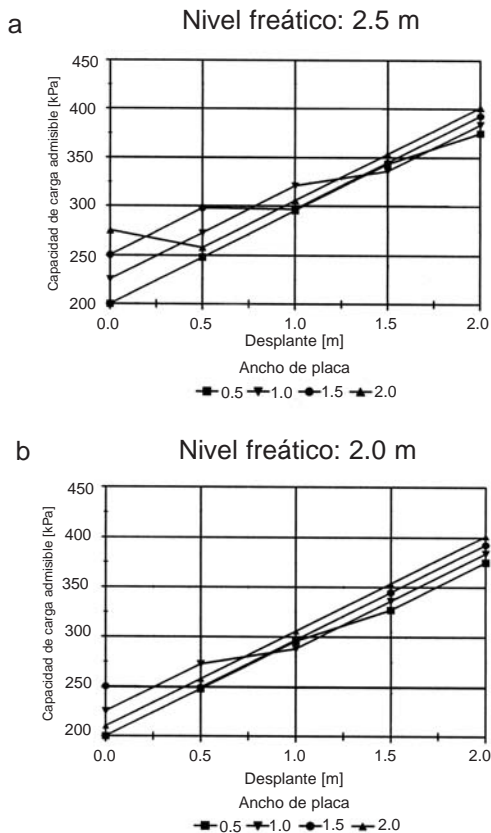
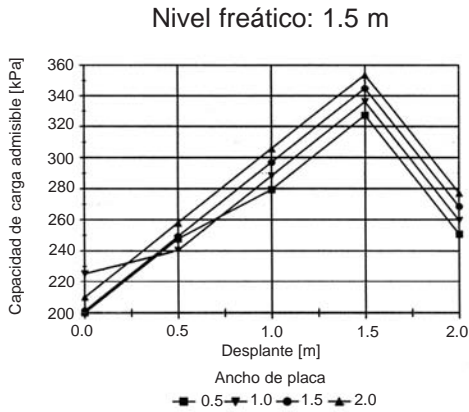


Fig. 5: Capacidad de carga admisible. a) nivel freático a 2,5 m de profundidad. b) nivel freático a 2,0 m de profundidad.

a



b

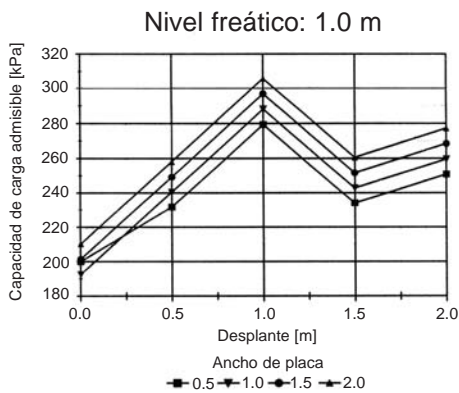


Fig. 6: Capacidad de carga admisible. a) nivel freático a 1,5 m de profundidad. b) nivel freático a 1,0 m de profundidad.

cimentación. La placa de 0,5 m de ancho presenta una CCA mayor que la placa de 1,0 m de ancho entre profundidades de cimentación de 0,0 y 0,25 m.

Nivel freático a 0,5 m de profundidad (Fig. 7a): Todas las placas presentan la misma tendencia, disminuyen su CCA a partir de 0,5 m y hasta 1,0 m de desplante, para luego incrementar en la medida en que se aumenta la profundidad de cimentación, pero con una pendiente menor en comparación con el tramo comprendido entre la superficie del terreno y 0,5 m.

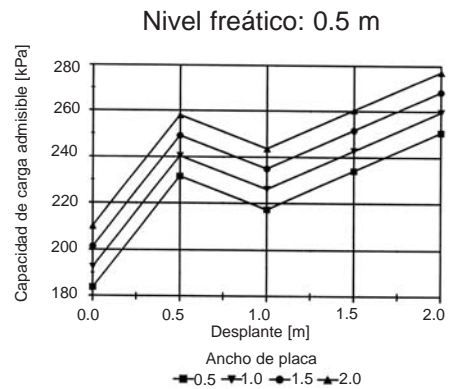
Nivel freático a 0,0 m de profundidad (Fig. 7b): En esta situación las placas presentan el comportamiento típico de aumento de la CCA con el incremento de la profundidad de cimentación y el ancho de placa.

## CONCLUSIONES

La variación de la posición del nivel freático tiene una influencia sumamente importante en la capacidad de carga admisible de cimentaciones superficiales. En algunos casos, estructuras de cimentación de anchos menores pueden presentar una CCA mayor que las que cuentan con anchos mayores, esto debido a la ubicación del nivel freático con respecto a la estructura misma.

Debido a esto, el diseño de estructuras de cimentación debe considerar las variaciones estacionales del nivel freático y sobre todo establecer cual puede ser el nivel más cercano a la superficie que pueda alcanzar. Con base en este tipo de

a



b

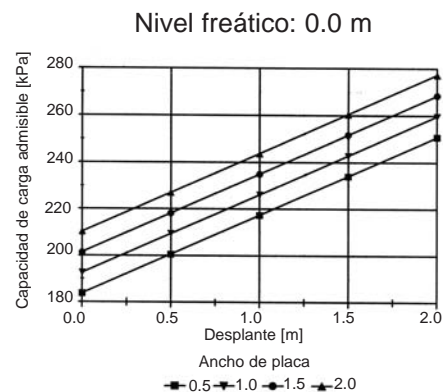


Fig. 7: Capacidad de carga admisible. a) nivel freático a 0,5 m de profundidad. b) nivel freático a 0,0 m de profundidad.

investigaciones se puede establecer el tipo de fundación más apropiado desde el punto de vista de su CCA, y además, desde un punto de vista económico, se puede evitar invertir en estructuras que no brindan una mejoría significativa en términos de CCA.

### REFERENCIAS

- ACMSIF, 1994: Código de Cimentaciones de Costa Rica. - Asociación Costarricense de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. Cartago. Ed. Tecnológica de Costa Rica. 200 págs
- MORA, R. & GARITA, E., 1997: Estudio de estabilidad de laderas, Juan Viñas, Turrialba, Costa Rica. - Proyecto Geología Ambiental, Trabajo Comunal Universitario, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. 21 págs. [informe interno].
- SZÉCHY, K. & VARGA, L., 1971: Alapozás. - 545 págs. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.