

DISEÑO DE PLATAFORMAS (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT, U.K.)

El diseño se basa en el análisis desarrollado por Meyerhof (1974), Valsangkar y Meyerhof (1979), Hanna y Meyerhof (1980), para cimentaciones sobre plataformas con suelo resistente pero que descansan sobre subrasantes blandas.

El análisis basado en falla por impacto representa una simplificación de la situación actual de campo y es en cierto sentido semi - empírica. Los resultados de esta metodología han sido comparados con otros métodos de diseño que trabajan con cargas puntuales y también con la experiencia de los miembros de la FPS en el diseño y comportamiento de plataformas de carga para máquinas de pilotes.

Capacidad portante

Donde una carga es aplicada directamente a la subrasante, la capacidad de carga del suelo puede ser calculada usando factores establecidos previamente.

Cuando una carga es aplicada a una plataforma que ha sido colocada sobre una subrasante, el procedimiento para calcular la capacidad de carga de este sistema se establece en la figura A1.

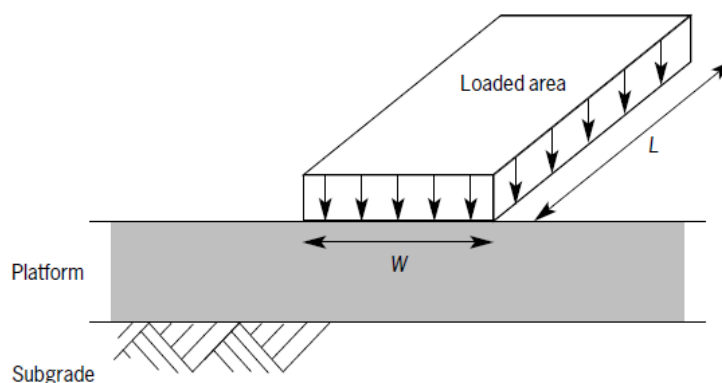


Figure A1 Design of platforms

Capacidad de carga y factores de forma para la subrasante

La capacidad de carga R de un suelo cohesivo con una resistencia al corte no drenado C_u cuando una carga es aplicada en la superficie, se obtiene de la siguiente manera:

$$R = C_u N_c S_c$$

El factor de capacidad de carga para una subrasante cohesiva es $N_c = (2 + \pi)$, y cuando la carga es aplicada a la superficie del suelo sobre un área rectangular con dimensiones W y L , el factor de forma es dado por la norma "BS EN 1997-1".

$$S_c = 1 + 0.2 (W/L)$$

La capacidad de carga R de una subrasante granular cuando la carga es aplicada en la superficie es:

$$R = 0.5 Y'_s W N_{Ys} S_Y$$

Donde Y'_s es el peso volumétrico efectivo de la subrasante. El factor de forma es dado por la norma "BS EN 1997-1".

$$S_Y = 1 - 0.3 (W/L)$$

El valor del factor de capacidad de carga N_Y para un material granular es una función del valor de diseño del ángulo de resistencia al cortante φ'_d como se muestra en la Tabla A1 y la Figura A2.

Table A1 Design values for N_Y for granular material¹⁵

| φ'_d | N_Y |
|--------------|-------|
| 25° | 10.9 |
| 30° | 22.4 |
| 35° | 48 |
| 40° | 109 |
| 45° | 272 |

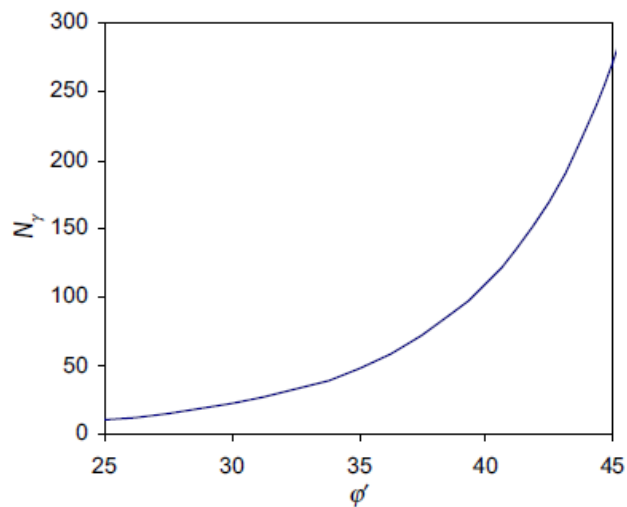


Figure A2 Design values of N_Y

Capacidad de carga de un sistema con dos capas de suelo

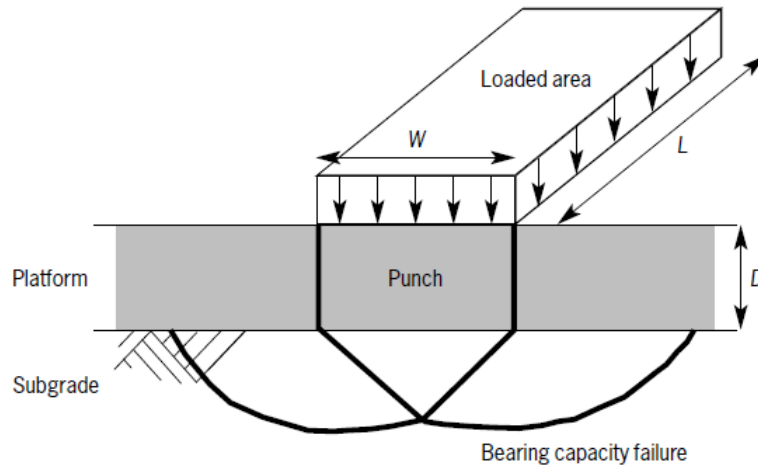


Figure A3 Punching failure mechanism

En este análisis la capacidad de carga R es considerada como la suma de la cortante requerida para impactar a través del plano vertical en la plataforma de material granular y la capacidad de carga de la subrasante (Figura A3).
(Esta suma es considerada conservadora).

La siguiente expresión es obtenida para la capacidad de carga de la plataforma sobre una subrasante cohesiva.

$$R = c_u N_c s_c + (\gamma_p D^2 / W) K_p \tan \delta s_p$$

De igual forma, la siguiente expresión se utiliza para obtener la capacidad de una plataforma sobre una subrasante granular.

$$R = 0.5 \gamma'_s W N_{\gamma s} s_\gamma + (\gamma_p D^2 / W) K_p \tan \delta s_p$$

Donde:

D = es el espesor del material de la plataforma.

W = ancho de la huella de la maquinaria.

N_c = Factor de capacidad de carga para una subrasante cohesiva.

$N_{\gamma s}$ = Factor de capacidad de carga para una subrasante granular.

$K_p \tan \delta$ = coeficiente de la resistencia al corte por impacto.

γ_p = Es el peso volumétrico del material de la plataforma.

γ'_s = Peso volumétrico efectivo de la subrasante.

s_c , s_γ y s_p = factores de forma que están en función de W y L (la longitud efectiva de la huella de la máquina).

El coeficiente de la resistencia al corte por impacto está en función del ángulo de fricción como se muestra en la tabla 2 y en la figura A4:

Table A2 Design punching shearing resistance coefficient for platform material¹⁷

| ϕ'_d | $K_p \tan \delta$ |
|-----------|-------------------|
| 35° | 3.1 |
| 40° | 5.5 |
| 45° | 10.0 |

En cuanto al factor de forma, éste deberá ser aplicado al coeficiente de la resistencia al corte por impacto.

$$S_p = 1 + (W/L)$$

Geosintético de refuerzo

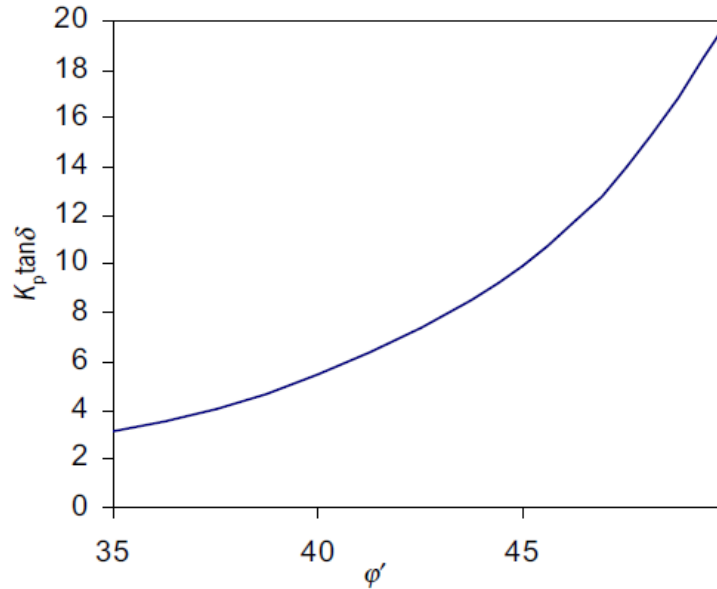


Figure A4 Design values of $K_p \tan \delta$

Se trata de una capa de refuerzo en la que el Geosintético está diseñado para recibir cargas tensionantes.

La fuerza a tensión del diseño del refuerzo (T_d) deberá ser evaluada aplicando un factor con valor mínimo de 2 al esfuerzo tensionante último:

$$T_d = T_{ult} / 2$$

La capacidad de carga que provista por el Geosintético se verá reflejada de la siguiente manera:

$$R = C_U N_C S_C + (Y_P D^2 / W) K_p \tan \delta S_p + \text{GSC}$$

Condiciones de carga:

La metodología presentada en esta guía será considerada como un proceso completo. No es apropiado utilizar sólo una parte de la esta metodología.

Las cargas que se utilicen en éste diseño (ya sean triangulares o trapezoidales), deberán ser convertidas es una carga rectangular usando el método de Meyerhof (1953).

En éste proceso de diseño se considerarán dos condiciones de carga: caso 1 y caso 2; la diferencia de ellos radica en:

Caso 1:

Esta condición de carga podrá utilizarse cuando sea poco probable que el operador de la maquinaria sea capaz de ayudar en la recuperación de una falla inminente de la plataforma. Las operaciones en donde se aplica este tipo de condición pueden ser:

- Mantenerse estático
- Transporte
- Manejo (en grúas, como el levantamiento de una pila de concreto prefabricada ó el manejo de cubiertas o cajones)

Caso 2:

Estas condiciones de carga pueden usarse cuando el operador de la grúa pueda controlar la carga de forma segura, por ejemplo liberando una carga o reduciendo la velocidad para apoyar en la recuperación de una falla inminente en la plataforma. El caso 2 es generalmente tomado como la peor combinación de cargas y orientación de la maquinaria. Las operaciones en donde se aplica este tipo de condiciones son:

- Instalación de cubiertas
- Excavaciones
- Extracción de barrenos
- Extracción de cubiertas
- Movimiento de la grúa o giros con un mástil empotrado (como una pila suspendida en el eje donde será colocada) cerca de la superficie de la plataforma.

Los valores de diseño para las cargas se obtienen aplicando un factor al valor de la característica correspondiente:

$$q_{1d} = \gamma_q q_{1k}$$

$$q_{2d} = \gamma_q q_{2k}$$

Existen dos situaciones de la plataforma a tomar en cuenta para cada condición de carga (Tabla A3)

| Table A3 Values for loading factors γ_q | | |
|--|-------------------|-----|
| Loading condition | Platform required | |
| | No | Yes |
| Case 1 | 2.0 | 1.6 |
| Case 2 | 1.5 | 1.2 |

Metodología del cálculo

Consta de 8 pasos:

1. Definir las condiciones del suelo
2. Definir las condiciones de carga
3. Obtener la capacidad de carga, factores de forma y coeficiente de la resistencia al corte por impacto
4. Revisar únicamente el soporte de la subrasante
5. Revisar únicamente el soporte de la plataforma
6. Determinar el espesor requerido de la plataforma
7. Analizar la sección reforzada con Geosintético
8. Evaluación final de resultados

Limitaciones del método

Se enuncian a continuación:

- El mecanismo de falla cortante por impacto sólo se aplicará cuando la plataforma de carga sea significativamente más fuerte que la subrasante.
- El método no se aplicará cuando se deduzca que la subrasante no tenga suficiente capacidad portante. Para una subrasante cohesiva, los cálculos presentados no son apropiados para arcillas muy blandas con $C_u < 20$ KPa.
- En plataformas con grandes espesores, es poco probable que la cortante por impacto sea el mecanismo de falla crítico. El método de diseño basado en la cortante por impacto no es apropiado cuando $(D/W) > 1.5$.
- En la práctica deberá haber un mínimo de espesor para la plataforma con la cual no se tendrá un efecto significativo en la capacidad de carga. El espesor mínimo por tanto será al menos $0.5W$ o 300mm.
- El método es aplicable para superficies con nula o poca pendiente. Taludes con inclinación superior de 1:10 requerirán un análisis que no se menciona en esta metodología.

A. Condiciones del Suelo

Es importante delimitar la mecánica de suelos del material que será utilizado.

B. Caracterización de las condiciones de carga

Asignar valores a las variables siguientes para definir las condiciones de carga:

- q_1 (carga, caso 1)
- q_2 (carga, caso 2)
- W (Ancho de huella de la grúa)
- L_1 (Longitud de huella bajo la carga del caso 1)
- L_2 (Longitud de huella bajo la carga del caso 2)

Se calculará el valor de la carga aplicando el factor de seguridad que le corresponde.

$$q_{1d} = Y_q q_{1k}$$

$$q_{2d} = Y_q q_{2k}$$

Es recomendable que los factores para las dimensiones de la maquinaria sean la unidad:

$$W_d = W_K$$

$$W_{1d} = W_{1K}$$

$$W_{2d} = W_{2K}$$

C. Determine la capacidad de carga, factores de forma y coeficiente de la resistencia al corte por impacto

La tabla A1 previamente mostrada, ayuda a identificar el valor de diseño para N_γ y en la tabla A2 los valores para el coeficiente de cortante por impacto $K_p \tan^\delta$.

D. Revisión de la capacidad de carga sólo de la subrasante

La capacidad de carga sin una plataforma se puede calcular con la siguiente expresión:

$$R_d = C_U N_C S_C$$

Aplicando los factores mostrados en la tabla A3:

$$\text{Caso 1: } q_{1d} = 2.0q_{1k}$$

$$\text{Caso 2: } q_{2d} = 1.5q_{2k}$$

Cuando ambas q_{1d} y q_{2d} son $< R_d$, no se requerirá una plataforma de carga.

E. Revisión de la capacidad de carga sólo del material de la plataforma

Confirme que el material propuesto para la plataforma sea capaz de proveer la resistencia adecuada con un espesor suficiente para asegurar que el material de la subrasante no afectará la capacidad de carga:

$$R = 0.5 Y_P W_d N_{Yp} S_Y$$

Se aplicarán los factores 1.6 a la carga 1 y 1.2 a la carga 2, entonces se revisará lo siguiente:

$$q_{1d} < 0.5 Y_P W_d N_{Yp} S_Y$$

$$\text{y } q_{2d} < 0.5 Y_P W_d N_{Yp} S_Y$$

En caso de que esta condición no se cumpla no tiene sentido calcular el espesor requerido basado en la calidad del material. Se requerirá un material de mejor calidad.

El material de la plataforma deberá ser de mayor calidad que la subrasante, por lo tanto se revisará que la capacidad de carga de la plataforma sea mayor que la capacidad de carga de la subrasante con la siguiente condición:

$$0.5 Y_P W_d N_{Yp} S_Y > C_{Ud} N_C S_C$$

Si este no es el caso se necesitará un material de mejor calidad para la plataforma.

F. Determine el espesor requerido de la plataforma

Calcular el espesor necesario requerirá dos condiciones de carga:

Para el caso 1, donde $q_{1d} = 1.6 q_{1k}$:

$$D_1 = \left\{ \frac{W_d (q_{1d} - c_{ud} N_c S_{c1})}{\gamma_p K_p \tan \delta s_{p1}} \right\}^{0.5}$$

Para el caso 2, donde $q_{2d} = 1.2 q_{2k}$:

$$D_2 = \left\{ \frac{W_d (q_{2d} - c_{ud} N_c s_{c2})}{\gamma_p K_p \tan \delta s_{p2}} \right\}^{0.5}$$

Para el diseño se utilizará el valor D_1 o D_2 , que tenga mayor magnitud, recordando que el espesor mínimo será al menos $0.5W$ o 300mm , incluso aunque los resultados sean menores a estas condiciones.

Cundo los cálculos indiquen que se requerirá una espesor mayor a 0.8m se ha de considerar el uso de un material Geosintético de refuerzo.

Uso de Mirafi® RS-i Series ó CR series (*Calibrado al 5% o al 2% de deformación*)

Se calculará el aporte estructural que proporcionará el Geosintético con la expresión siguiente, en la que se anexa el GSC (*Geosynthetic structural coefficient / coeficiente estructural del Geosintético*):

$$R_d = c_{ud} N_c s_c + (D^2/W_d) \gamma_p K_p \tan \delta s_p + \text{GSC}$$

Para ambas condiciones de carga:

Para el caso 1, dónde $q_{1d} = 1.6 q_{1k}$:

$$D_1 = \{W_d [q_{1d} - c_{ud} N_c s_{c1} - \text{GSC}] / [\gamma_p K_p \tan \delta s_{p1}]\}^{0.5}$$

Para el caso 2, dónde $q_{2d} = 1.2 q_{2k}$:

$$D_2 = \{W_d [q_{2d} - c_{ud} N_c s_{c2} - \text{GSC}] / [\gamma_p K_p \tan \delta s_{p2}]\}^{0.5}$$

El diseño del espesor de la plataforma debe satisfacer las siguientes condiciones: ambas q_{1d} y q_{2d} deben ser menores a R_d .

$$q_{1d} = 1.25q_{1k}$$

$$q_{2d} = 1.05q_{2k}$$

$$R_d = c_{ud} N_c s_c + (D^2/W_d) \gamma_p K_p \tan \delta s_p$$

Si estos dos requerimientos no se cumplen, el espesor de la plataforma continuará incrementando hasta que se satisfagan las condiciones.