**INERTIX**

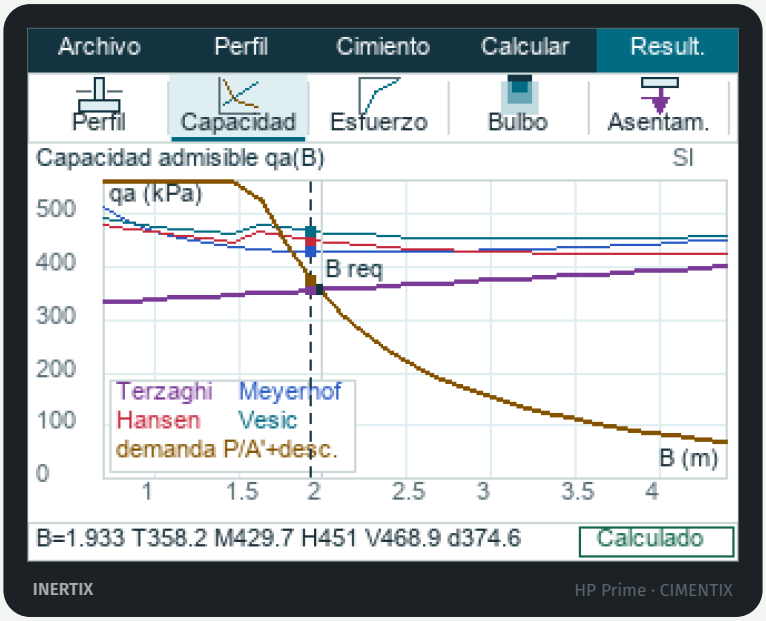
Programas de ingeniería civil para HP Prime

GUÍA DE USO

# CIMENTIX

## Capacidad portante y asentamientos de cimentaciones superficiales

**Versión 2026.10** **HP Prime G1 · G2** Geotecnia · Octubre de 2026





CONTACTO Y SOPORTE

**Asistente técnico INERTIX** +591 69666824

**Ing. Carlos Paredes Aguilar**
+591 73842694

**Ing. Samuel Huarachi Flores**
+591 63562947

# Contenido


**1. Presentación y alcance** **4**

1.1. Qué calcula . . . 4

1.2. Unidades y convenciones . . . 4

1.3. Límites y fuera de alcance . . . 4

**2. Instalación** **5**

2.1. Qué necesita . . . 5

2.2. Copiar el programa a la calculadora . . . 5

**3. Licencia de uso** **6**

**4. La interfaz** **7**

4.1. Teclas . . . 7

4.2. Editar un valor y resultados pendientes . . . 8

**5. Ejemplo guiado** **9**

5.1. Enunciado . . . 9

5.2. Datos . . . 9

5.3. Paso a paso . . . 9

5.4. Resultados . . . 15

5.5. Opciones importantes . . . 16

5.6. Errores y avisos . . . 22

**6. Referencia de menús y opciones** **23**

6.1. 1 · Archivo . . . 23

6.2. 2 · Perfil . . . 24

6.3. 3 · Cimiento . . . 24

6.4. 4 · Calcular . . . 24

6.5. 5 · Result. . . . 24

**7. Fundamento teórico breve** **25**

7.1. Capacidad portante . . . 25

7.2. Capacidad admisible y presión neta . . . 25

7.3. Esfuerzos en el suelo . . . 25

7.4. Asentamientos . . . 25

**8. Novedades de la E.030-2026** **26**

8.1. Perfil sísmico del sitio . . . . . 26

**9. Preguntas frecuentes** **27**

# 1 Presentación y alcance

CIMENTIX calcula la **capacidad portante** y los **asentamientos** de cimentaciones superficiales en la calculadora HP Prime. El perfil de suelo se dibuja a escala con sus estratos, el nivel freático y la zapata; se resuelve por cuatro métodos clásicos y los resultados se ven en gráficas interactivas. Además, el programa desarrolla cada método **paso a paso** para comparar con la solución hecha a mano. Está pensado para estudiantes y profesionales de geotecnia y cimentaciones.

## 1.1 Qué calcula

- Capacidad última $q_u$ por Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic, con factores de capacidad, forma, profundidad e inclinación; falla general o local.
- Capacidad admisible $q_a = q_u/\mathrm{FS}$ o dada por el estudio de suelos ($\sigma_t$), y presión neta de diseño $\sigma_n$ con descuentos de relleno, piso y sobrecarga.
- Presión aplicada $q = P/A'$ con área efectiva por excentricidad, factor de seguridad real y al deslizamiento.
- Esfuerzos iniciales $\sigma_v$, $u$ y $\sigma'_v$ en un perfil de hasta 6 estratos con nivel freático.
- Incremento de esfuerzo $\Delta\sigma(z)$ por Boussinesq, 2:1 y Westergaard, y bulbo de presiones.
- Asentamiento elástico por estratos (Steinbrenner) y consolidación primaria de arcillas normalmente consolidadas o sobreconsolidadas.
- Ancho $B$ requerido por capacidad y por asentamiento, y curvas $q_a(B)$ de los cuatro métodos.

## 1.2 Unidades y convenciones

| Magnitud | SI (MKS) | Convención |
|---|---|---|
| Longitudes y profundidades | m | Profundidad $z$ positiva hacia abajo desde la superficie |
| Cargas $P$ y $H$ | kN (tf) | $P$ vertical hacia abajo; $H$ paralela a $B$ |
| Presiones, $c'$, $E$ | kPa (tf/m$^2$) | — |
| Pesos unitarios | kN/m$^3$ (tf/m$^3$) | $\gamma_w$ = 9.81 kN/m$^3$ |
| Ángulo $\varphi'$ | grados | De 0° a 50° |
| Asentamientos | mm | Positivos hacia abajo |

El cálculo se hace siempre en SI; 1 **Archivo** Unidades cambia solo la presentación a MKS (1 tf = 9.80665 kN) y no recalcula.

## 1.3 Límites y fuera de alcance

Límites: de 1 a 6 estratos; zapata cuadrada, rectangular ($L \geq B$), circular o corrida; ancho requerido buscado hasta $B$ = 20 m.

> **⚠ Fuera de alcance**
> Se usan $c'$ y $\varphi'$ del estrato de apoyo: con un estrato más débil a menos de $B$ bajo la base, CIMENTIX **avisa**, pero no aplica Meyerhof-Hanna. $H$ se toma paralela a $B$; Terzaghi no admite carga inclinada. El asentamiento es el del centro de una base flexible ($I_f$ = 1), con fondo incompresible y solo consoli-

dación primaria; en zapatas circulares, el esfuerzo fuera del eje y el asentamiento elástico usan un cuadrado de igual área. **No** incluye el diseño estructural de la zapata ni zapatas combinadas o conectadas (eso es ZAPATIX).

# 2 Instalación

## 2.1 Qué necesita

- Calculadora **HP Prime G1 o G2** con el firmware actualizado.
- Un computador con **HP Connectivity Kit** y el cable USB de la calculadora.
- Los dos archivos que recibió con su compra:
  - la aplicación: `CIMENTIX.hpappdir`;
  - el archivo de licencia: `LIC_CIMENTIX.hpprgm`.

  En el plan fundador el archivo de licencia es `INERTIX_LICENCIA.hpprgm`.

## 2.2 Copiar el programa a la calculadora

1. Conecte la calculadora al computador y abra HP Connectivity Kit. La calculadora aparece como **HP Prime** en el panel *Calculadoras*.
2. Seleccione el archivo `CIMENTIX.hpappdir` y **arrástrelo sobre HP Prime** en ese panel. La aplicación se copia automáticamente al lugar que le corresponde; espere a que termine la transferencia.
3. Haga lo mismo con el **archivo de licencia**: arrástrelo sobre **HP Prime**. Basta copiarlo una vez; no hay que abrirlo ni escribir ninguna clave.
4. En la calculadora pulse Apps para abrir la *Biblioteca de aplicaciones*. CIMENTIX aparece allí con su icono.
5. Toque el icono de CIMENTIX para abrirlo. Con la licencia copiada, entra directamente (sección siguiente).

**Copia de seguridad**
Antes de instalar, respalde su calculadora desde HP Connectivity Kit (clic derecho sobre la calculadora, *Copia de seguridad*). Así conserva sus programas y notas ante cualquier imprevisto.

# 3 Licencia de uso

CIMENTIX funciona con un **archivo de licencia** preparado para su calculadora. **No hay que escribir ninguna clave**: el programa lee la licencia por sí solo cada vez que se abre.

1. Al comprar, indique el **ID de la calculadora** (número de serie). Si aún no lo tiene, abra CIMENTIX sin la licencia: la pantalla `Licencia de uso` lo muestra en la línea `ID de la calculadora`.
2. Con su compra recibe dos archivos:
   - la aplicación: `CIMENTIX.hpappdir`;
   - el archivo de licencia: `LIC_CIMENTIX.hpprgm`.

   En el *plan fundador* hay un único archivo de licencia, `INERTIX_LICENCIA.hpprgm`, que sirve para todos los programas.
3. Copie ese archivo a la calculadora igual que la aplicación: arrástrelo sobre **HP Prime** en HP Connectivity Kit. Queda guardado en el catálogo de programas (Program).
4. Abra CIMENTIX desde la *Biblioteca de aplicaciones*: entra directamente, sin pedir nada.

**Si aparece la pantalla de licencia**

- `FALTA ARCHIVO DE LICENCIA`: el archivo no está en la calculadora o fue borrado. Cópielo de nuevo y vuelva a abrir el programa (Enter reintenta, Esc sale).
- `LICENCIA NO VÁLIDA` o `SERIAL NO AUTORIZADO`: el archivo o la aplicación no corresponden al ID de esta calculadora. Escriba al asistente técnico con el ID que muestra la pantalla.

No modifique el contenido del archivo de licencia. Si el problema persiste, escriba al asistente técnico o directamente a Ing. Carlos Paredes Aguilar (+591 73842694) o a Ing. Samuel Huarachi Flores (+591 63562947).

**Restablecimiento de la calculadora**

Solo en caso de formatear la calculadora, vuelva a copiar la aplicación y su archivo de licencia. Conserve ambos archivos y su comprobante de compra.

# 4 La interfaz

Al abrirlo, CIMENTIX muestra el caso base `Arena sobre arcilla` sin calcular. La pantalla tiene siempre las mismas zonas.




1. **Barra de menú.** Cinco categorías; se abren con las teclas 1 a 5 o tocándolas.
2. **Cinta.** Órdenes de la categoría activa.
3. **Lienzo.** Columna de estratos a escala, zapata, carga y nivel freático; aquí se dibujan también las gráficas.
4. **Panel de datos.** Propiedades del objeto seleccionado y resumen de resultados.
5. **Línea de estado.** Ayuda de teclas y valores del cursor.
6. **Botón de cálculo.** `Calcular` si hay cambios sin resolver; `Calculado` si los resultados están al día.

## 4.1 Teclas

| Tecla | Dónde | Acción |
|---|---|---|
| 1 … 5 | Siempre | Abre la categoría del menú y pone el foco en la cinta. |
| ◄ ► | Cinta | Elige la orden; en los extremos pasa a la categoría vecina. |
| Enter | Cinta | Activa la orden resaltada. |
| Esc | Cinta | Devuelve el foco al lienzo. |
| ▲ ▼ | Lienzo (perfil) | Recorren la selección: NF, zapata y estratos. |
| Enter | Lienzo (perfil) | Abre las propiedades del objeto seleccionado. |
| Flechas | Gráficas | Mueven el cursor; la línea de estado muestra los valores. |
| Esc | Gráficas | Vuelve al perfil. |
| ◄ ► | Procedimiento | Sección anterior o siguiente; ▲ ▼ desplazan. |

**Pantalla táctil**

Tocar una categoría o una orden la activa. En el perfil, un toque selecciona un estrato, la zapata o el triángulo del NF y un segundo toque abre sus propiedades. En las gráficas, un toque mueve el cursor. Tocar `Calcular` resuelve.

## 4.2 Editar un valor y resultados pendientes




Edición en la celda: el cursor se ve en su posición.



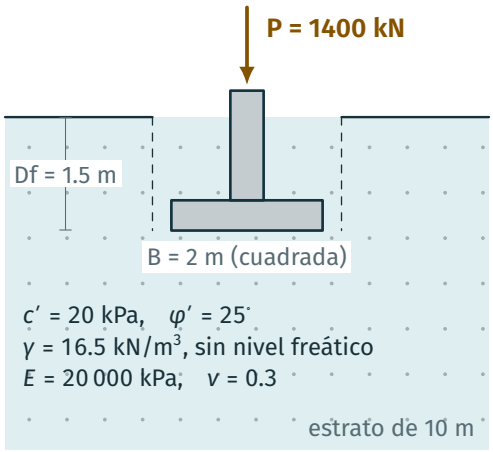

Tras un cambio, los resultados quedan pendientes.

- En un formulario, ▲ ▼ cambian de campo. Teclear un número **reemplaza** el valor; Enter sobre un campo lo abre con el texto seleccionado.
- Dentro del campo, ◀ ▶ mueven el cursor y Del borra el carácter anterior. Enter acepta y pasa al campo siguiente; Esc anula la edición. Un campo vacío conserva el valor anterior.
- En los campos con < > (lista), ◀ ▶ cambian la opción. Al final del formulario están `Aceptar` y `Cancelar`.
- Un dato fuera de rango muestra un mensaje que dice qué corregir y el formulario sigue abierto.
- Cualquier cambio deja los resultados **pendientes**: las vistas de resultados piden calcular antes de mostrarse. Vuelva a 4 **Calcular** Resolver.

# 5 Ejemplo guiado

## 5.1 Enunciado

Una zapata cuadrada de **2 × 2 m** se apoya a **1.5 m** de profundidad en un suelo c-φ homogéneo, sin nivel freático, y recibe una carga de servicio vertical de **1400 kN**. Calcular la **capacidad portante última** por Terzaghi, la **capacidad admisible** con FS = 3 y la carga admisible de la zapata. Revisar también la presión aplicada, el incremento de esfuerzo bajo la base y el **asentamiento elástico** frente a un admisible de 25 mm.




## 5.2 Datos

| Suelo (1 estrato) | Valor |
|---|---|
| Tipo y espesor | Granular c-φ, 10 m |
| Peso unitario $\gamma$ / $\gamma_{sat}$ | 16.5 / 19 kN/m³ |
| Cohesión $c'$ | 20 kPa |
| Ángulo de fricción $\varphi'$ | 25° |
| Módulo $E$ / Poisson $\nu$ | 20 000 kPa / 0.3 |
| Nivel freático | No hay |

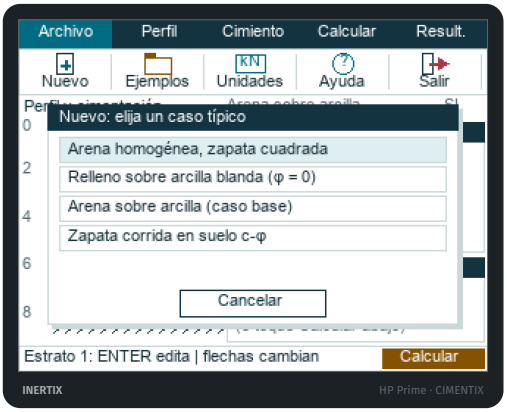
| Zapata, carga y criterios | Valor |
|---|---|
| Forma y ancho $B$ | Cuadrada, 2 m |
| Profundidad $D_f$ | 1.5 m |
| Carga $P$ / $H$ | 1400 kN / 0 |
| Método y falla | Terzaghi, general |
| FS / $s_{adm}$ | 3 / 25 mm |
| Descuentos $\sigma_n$ | $\gamma_m$ = 0 (como el libro) |

Fuente: ejemplo *Terzaghi c-φ: zapata de 2 x 2 m* de CIMENTIX (Archivo > Ejemplos). Procede de J. E. Bowles, *Foundation Analysis and Design*, ejemplo 4.1 (capacidad portante por Terzaghi de una zapata cuadrada en suelo c-φ). El módulo $E$ y el coeficiente $\nu$ no forman parte del ejemplo del libro: los fija el programa para calcular el asentamiento, que es por tanto un resultado propio de CIMENTIX y no un valor de referencia bibliográfica.

## 5.3 Paso a paso

El ejemplo se construye **con el teclado** en 17 pasos, a partir de la plantilla `Arena homogénea` de 1 Archivo Nuevo (CIMENTIX no tiene un modelo vacío: «Nuevo» siempre parte de un caso típico que se adapta). En cada paso, la fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior; ▶ ×2 significa pulsar la tecla dos veces. Se parte de la pantalla inicial de CIMENTIX.

## 1 Nuevo: elegir un caso típico




TECLAS

1 Enter

1 **Archivo** Nuevo abre la lista de casos típicos. El primero, `Arena homogénea, zapata cuadrada`, tiene un solo estrato y ningún nivel freático: es la base más cercana al enunciado.

✔ **Debe verse:** Lista «Nuevo: elija un caso típico» con «Arena homogénea, zapata cuadrada» resaltado

## 2 Cargar la plantilla «Arena homogénea»




TECLAS

Enter ×2

Enter elige la plantilla y un segundo Enter confirma que se reemplaza el caso actual. El lienzo muestra el perfil de un estrato con la zapata, y el botón indica `Calcular`: aún no hay resultados.

✔ **Debe verse:** Perfil de un solo estrato con la zapata, rótulo «Arena homogénea» y chip «Calcular»

## 3 Resistencia del estrato



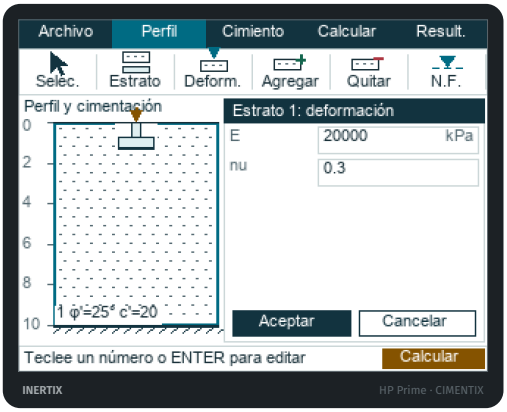

TECLAS

2 ▶ Enter ▼ ×2 1 6 . 5 Enter 1 9 Enter
2 0 Enter 2 5 Enter

2 **Perfil** Estrato abre las propiedades del estrato de apoyo. El tipo `Granular` y el espesor de 10 m se conservan; se escriben $\gamma$, $\gamma_{sat}$, $c'$ y $\varphi'$ del enunciado. Cada Enter acepta el valor y pasa al campo siguiente, hasta dejar el foco en `Aceptar`.

✔ **Debe verse:** Formulario «Estrato 1: resistencia»: $\gamma$ = 16.5, $\gamma$sat = 19 kN/m³, c' = 20 kPa, $\varphi$' = 25°; foco en Aceptar

## 4 Deformabilidad del estrato




TECLAS

Enter 2 ▶ ×2 Enter 2 0 ×4 Enter ▼

Enter guarda la resistencia. 2 **Perfil** Deform. abre los parámetros elásticos: $E$ = 20 000 kPa y $\nu$ = 0.3. En un estrato granular solo se piden $E$ y $\nu$; en uno cohesivo aparecen además $C_c$, $C_r$, $e_0$ y OCR para la consolidación.

✔ **Debe verse:** Formulario «Estrato 1: deformación»: E = 20000 kPa, nu = 0.3; foco en Aceptar

## 5 Geometría de la zapata




TECLAS

Enter 3 Enter ▼ 2 Enter 1 . 5 Enter

3 **Cimiento** Zapata: la forma ya es `Cuadrada`, así que solo se piden $B$ = 2 m y $D_f$ = 1.5 m. En una zapata rectangular el formulario añade $L$.

✔ **Debe verse:** Formulario «Zapata»: Forma Cuadrada, B = 2 m, Df = 1.5 m

## 6 Cargas de servicio



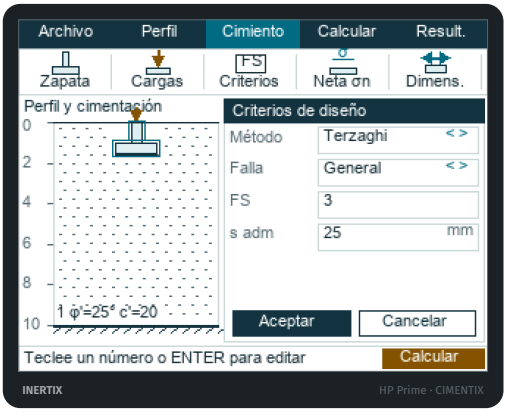

TECLAS

Enter 3 ▶ Enter 1 4 0 ×2 Enter ▼ ×3

3 **Cimiento** Cargas: $P$ = 1400 kN, sin carga horizontal ni excentricidades. Si hubiera excentricidad, CIMENTIX trabajaría con el área efectiva $B'L'$.

✔ **Debe verse:** Formulario «Cargas de servicio»: P = 1400 kN, H = 0, eB = eL = 0

## 7 Criterios: Terzaghi y FS = 3




TECLAS

Enter 3 ▶ ×2 Enter ▶ ▼ ×4

3 **Cimiento** Criterios: con ▶ el método principal pasa de `Vesic` a `Terzaghi`. Falla general, FS = 3 y $s_{adm}$ = 25 mm ya son los de la plantilla. Los cuatro métodos se calculan siempre; el principal es el que se usa para $q_a$.

✔ **Debe verse:** Formulario «Criterios de diseño»: Método Terzaghi, Falla General, FS = 3, s adm = 25 mm

## 8 Presión neta: sin descuentos ($\gamma_m$ = 0)




TECLAS

Enter 3 ▶ ×3 Enter ▼ 0 Enter ▼ ×3

3 **Cimiento** Neta σn: el libro compara la presión aplicada directamente con $q_a$, así que el peso del relleno $\gamma_m$ se pone en 0. En un proyecto real aquí se descuentan el relleno, el piso y la sobrecarga para obtener $\sigma_n$.

✔ **Debe verse:** Formulario «Presión neta σn»: qa = qu/FS, γm = 0 y demás descuentos en 0

## 9 Resolver



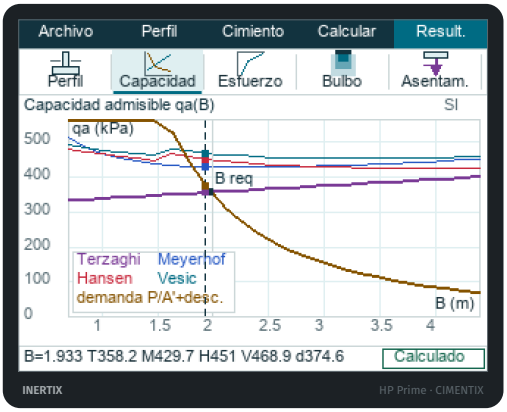

TECLAS

Enter 4 Enter

Enter acepta y 4 **Calcular** Resolver calcula. El panel muestra $q_a$ = 359.5 kPa por Terzaghi; la presión aplicada, 350 kPa, no supera $\sigma_n$ y la capacidad **cumple**. El asentamiento, 29.45 mm, aparece en rojo: supera los 25 mm admisibles. Aquí manda el asentamiento, no la capacidad.

✔ **Debe verse:** Tarjeta de resultados: qa Terzaghi 359.5 kPa, q / σn = 350 / 359.5 kPa, s / s adm = 29.45 / 25 mm; chip «Calculado»

## 10 Capacidad admisible $q_a(B)$



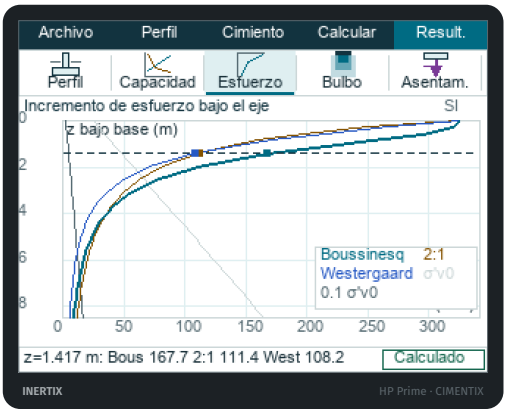

TECLAS

5 ▶ Enter

5 **Result.** Capacidad dibuja $q_a$ de los cuatro métodos en función del ancho $B$, frente a la demanda $P/A'$ más los descuentos. Donde la demanda corta la curva del método principal está el `B req` por capacidad. Las flechas recorren $B$ sin recalcular.

✔ **Debe verse:** Curvas qa(B) de los cuatro métodos frente a la demanda P/A', con la marca «B req»

## 11 Incremento de esfuerzo $\Delta\sigma(z)$



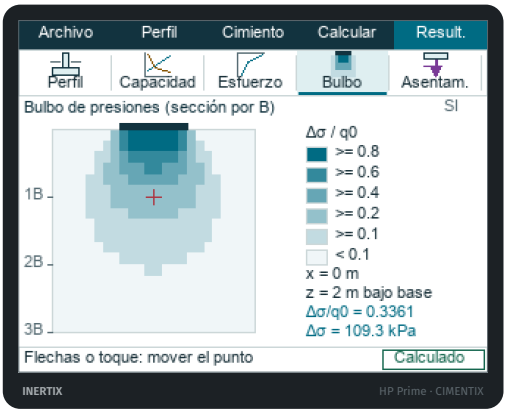

TECLAS

5 ▶ ×2 Enter

5 **Result.** Esfuerzo compara el incremento bajo el eje por Boussinesq, 2:1 y Westergaard con $\sigma'_{v0}$ y 0.1 $\sigma'_{v0}$. Por debajo del punto en que $\Delta\sigma$ baja del 10 % del esfuerzo inicial, la carga ya casi no influye.

✔ **Debe verse:** Δσ bajo el eje por Boussinesq, 2:1 y Westergaard, con σ'v0 y 0.1 σ'v0

## 12 Bulbo de presiones



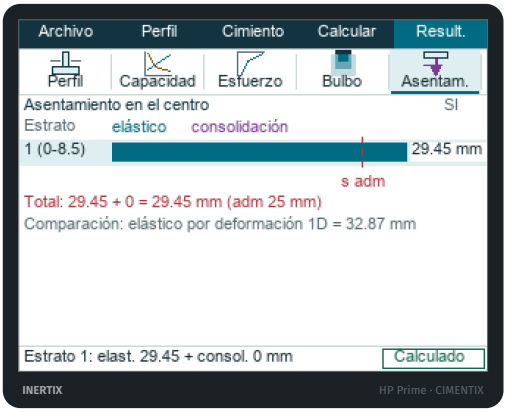

TECLAS

5 ▶ ×3 Enter

5 **Result.** Bulbo muestra las bandas de $\Delta\sigma/q_0$ en una sección por el centro de la zapata. Con las flechas o un toque se inspecciona cualquier punto $(x, z)$.

✔ **Debe verse:** Bandas de Δσ/q0 bajo la zapata y valores en el punto del cursor

## 13 Asentamiento



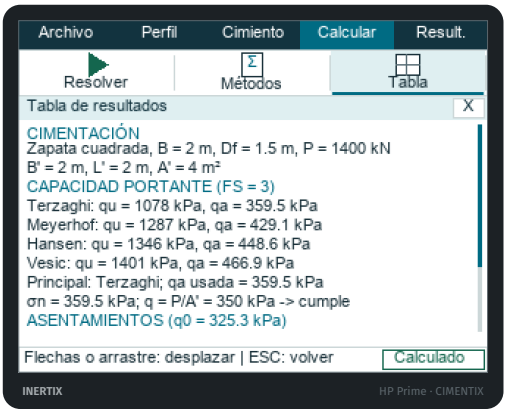

TECLAS

5 ▶ ×4 Enter

5 **Result.** Asentam. reparte el asentamiento por estratos: aquí solo hay asentamiento elástico (29.45 mm), porque el estrato es granular. La marca roja es $s_{adm}$.

✔ **Debe verse:** Barra del estrato 1: 29.45 mm frente a s adm = 25 mm

## 14 Tabla de resultados




TECLAS

4 ▶ ×2 Enter

4 **Calcular** Tabla reúne en un documento desplazable $q_u$ y $q_a$ de los cuatro métodos, la presión neta, la verificación $q \le \sigma_n$, los asentamientos y el ancho requerido.

✔ **Debe verse:** Tabla con qu y qa de los cuatro métodos, σn, q = P/A' y asentamientos

## 15 Lista de procedimientos



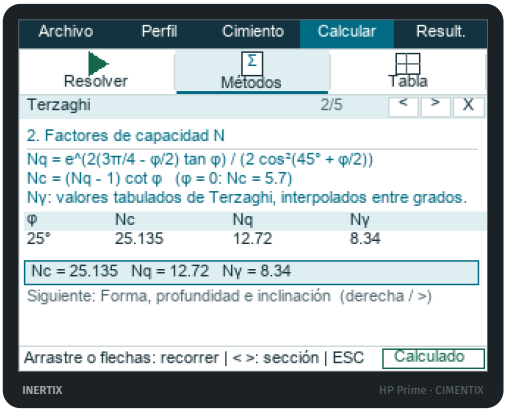

TECLAS

Esc 4 ▶ Enter ▼

Esc cierra la tabla y 4 **Calcular** Métodos abre la lista de once procedimientos; con ▼ se resalta `2. Terzaghi`. Un método que no aplica al caso se marca `(no disponible)`.

✔ **Debe verse:** Lista «Procedimientos» con «2. Terzaghi» resaltado

## 16 Factores de capacidad de Terzaghi



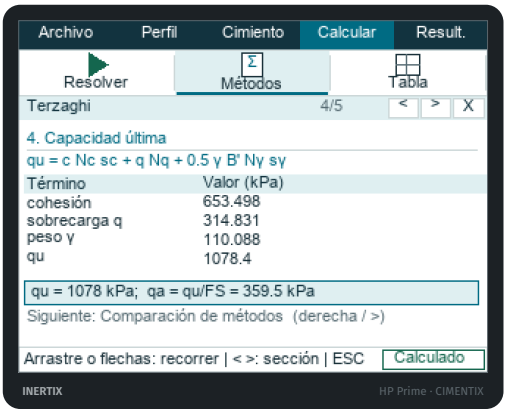

TECLAS

Enter ▶

Enter abre el procedimiento y ▶ pasa a la sección 2: las fórmulas de $N_q$, $N_c$ y $N_\gamma$ con $\varphi = 25°$. Los valores coinciden con los del libro.

✔ **Debe verse:** Sección 2/5: Nc = 25.135, Nq = 12.72, Nγ = 8.34

## 17 Capacidad última




TECLAS

▶×2

▶×2 llega a la sección 4: los tres términos de $q_u$ (cohesión, sobrecarga y peso propio) suman 1078.4 kPa, y $q_a$ = 359.5 kPa. La sección 5 compara los cuatro métodos.

✔ **Debe verse:** Sección 4/5: cohesión 653.5 + sobrecarga 314.8 + peso 110.1 = qu 1078.4 kPa; qa = 359.5 kPa

## 5.4 Resultados

**Resultados del ejemplo**

CIMENTIX reproduce el ejemplo 4.1 de Bowles: $q_u$ = 1078.4 kPa y $Q_{adm}$ = 1438 kN. La capacidad portante cumple, pero el asentamiento elástico (29.45 mm) supera los 25 mm admisibles: el ancho lo gobierna el asentamiento ($B$ requerido = 2.27 m).

| Magnitud | Referencia | CIMENTIX | Estado |
|---|---|---|---|
| Factor $N_c$ | 25.13 | 25.135 | Coincide |
| Factor $N_q$ | 12.72 | 12.720 | Coincide |
| Factor $N_\gamma$ | 8.34 | 8.34 | Coincide |
| Capacidad última $q_u$ (Terzaghi) | 1078.29 kPa | 1078.42 kPa | Coincide (0.01 %) |
| Capacidad admisible $q_a = q_u/3$ | — | 359.47 kPa | — |
| Carga admisible $Q_{adm} = q_a B^2$ | 1438 kN | 1437.9 kN | Coincide |
| Presión aplicada $q = P/A'$ | — | 350.0 kPa | $\le \sigma_n$ = 359.47: cumple |
| Asentamiento elástico $s$ | — | 29.45 mm | > 25 mm: no cumple |
| $B$ requerido (capacidad / asentamiento) | — | 1.975 / 2.267 m | Manda el asentamiento |
| $q_u$ Meyerhof / Hansen / Vesic | — | 1287.4 / 1345.8 / 1400.8 kPa | Comparación |

Referencia: Bowles, ejemplo 4.1; el libro redondea los factores $N$. Los valores de CIMENTIX son los del motor, idénticos en HP Prime y TI-Nspire. La validación del programa admite una tolerancia de 0.1 % en $q_u$.

## Comprobación a mano

$$q = \gamma D_f = 16.5 \times 1.5 = 24.75 \text{ kPa}$$

$$q_u = 1.3\,c\,N_c + q\,N_q + 0.4\,\gamma\,B\,N_\gamma = 1.3(20)(25.135) + 24.75(12.72) + 0.4(16.5)(2)(8.34)$$

$$= 653.5 + 314.8 + 110.1 = 1078.4 \text{ kPa}$$

$$q_a = q_u/\text{FS} = 1078.4/3 = 359.5 \text{ kPa}; \qquad Q_{adm} = 359.5 \times 2^2 = 1438 \text{ kN}$$

## 5.5 Opciones importantes

Seis casos cortos para lo que el ejemplo guiado no toca: presión neta con $\sigma_t$ dato, carga inclinada, arcilla con $\varphi = 0$, nivel freático, consolidación y edición del perfil. Cada uno parte de [1] **Archivo** Ejemplos: [Enter] abre la lista, [▼] baja hasta el caso y [Enter] lo carga (los ejemplos no piden confirmación). Cada paso se comprobó en el emulador de desarrollo contra el estado del motor; las cifras son las de CIMENTIX.

### OI-1 · Presión neta $\sigma_n$ con $\sigma_t$ dato (MKS) y dimensionado

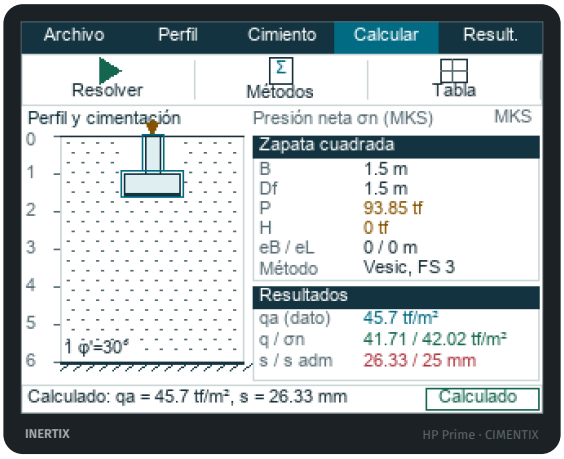
**Objetivo.** Trabajar con la capacidad admisible del estudio de suelos y descontar relleno, piso y sobrecarga. **Datos** (ejemplo 5, caso 1 del programa): $\sigma_t$ = 45.70 tf/m², $\gamma_m$ = 1.80 tf/m³, $D_f$ = 1.50 m, $h_p$ = 0.20 m, $\gamma_p$ = 2.40 tf/m³, s/c = 0.50 tf/m², $P$ = 93.85 tf, zapata cuadrada de 1.50 m.

1. **Cargar el ejemplo 5.** [1] **Archivo** Ejemplos, [▼]×4, [Enter]. Las unidades pasan a MKS y los resultados quedan pendientes.
2. **Revisar la presión neta.** [3] **Cimiento** Neta σn: qa vale `Dato`, así que se usa $\sigma_t$ y no $q_u/\text{FS}$.
3. **Resolver.** [Esc], [4] **Calcular** Resolver: $\sigma_n = 45.70 - 1.8(1.5) - 2.4(0.2) - 0.5 = 42.02$ tf/m² y $q = 41.71$ tf/m²: cumple.
4. **qa(B) con $q_a$ dato.** [5] **Result.** Capacidad: la línea de $q_a$ dato es horizontal; la demanda la corta en $B$ = 1.495 m.

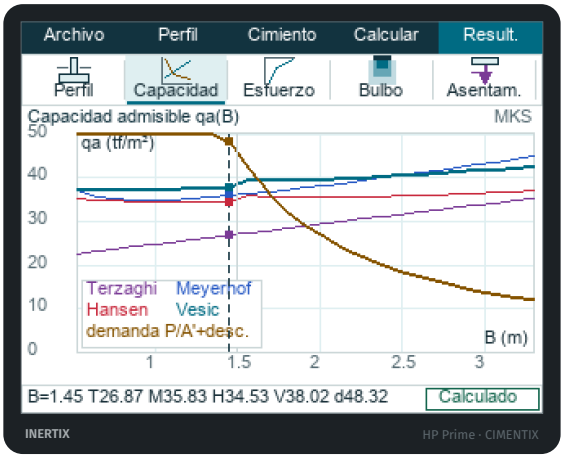
5. **Dimens.** 3 **Cimiento** Dimens.: el asentamiento (26.33 mm) no cumple; pide 1.567 m y propone $B$ = 1.6 m (`Cancelar` deja el caso como está).




Presión neta con $\sigma_t$ dato.




$q/\sigma_n$ = 41.71/42.02 tf/m$^2$: cumple.




qa(B) en MKS: «qa dato» y la demanda.




Dimens.: capacidad 1.495 m, asentamiento 1.567 m.

**Lectura.** Con $q_a$ dato, CIMENTIX no recalcula $q_u$; solo descuenta. El ancho por capacidad es $\sqrt{93.85/42.02}$ = 1.4946 m; el que gobierna es el de asentamiento. Para volver a SI: 1 **Archivo** Unidades.

### OI-2 · Carga inclinada: Meyerhof como método principal

**Datos** (ejemplo 2, Bowles 4.5): zapata cuadrada de 1.25 m a $D_f$ = 0.7 m en arena con $\varphi$ = 30°, $P$ = 111.8 kN y $H$ = 40.7 kN.

1. **Cargar el ejemplo 2.** 1 **Archivo** Ejemplos, ▼, **Enter**.
2. **Criterios.** 3 **Cimiento** Criterios: el ejemplo ya trae `Meyerhof`; con $H$ > 0 Terzaghi no sirve como principal.
3. **Resolver.** Esc, 4 **Calcular** Resolver: $q_u$ = 227.9 kPa, $q_a$ = 75.97 kPa frente a $q$ = 71.55 kPa: cumple.
4. **Terzaghi no disponible.** 4 **Calcular** Métodos lista `2. Terzaghi (no disponible)`.
5. **Procedimiento de Meyerhof.** ▼, **Enter** abre Meyerhof; ▶×2 llega a la sección 3: factores de forma, profundidad e inclinación.



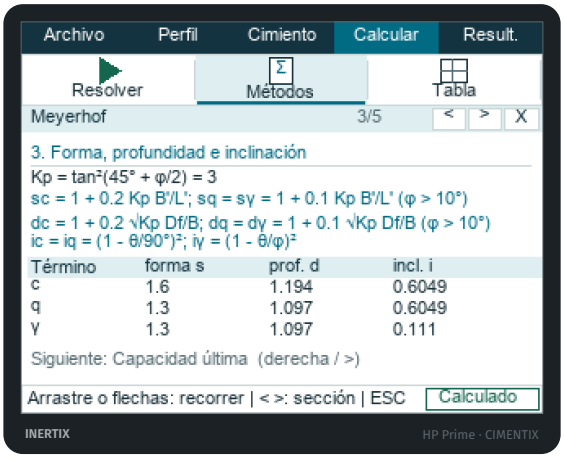

Criterios: Meyerhof, falla general, FS = 3.




$q_a$ = 75.97 kPa frente a $q$ = 71.55 kPa.




Métodos: Terzaghi no disponible con $H > 0$.



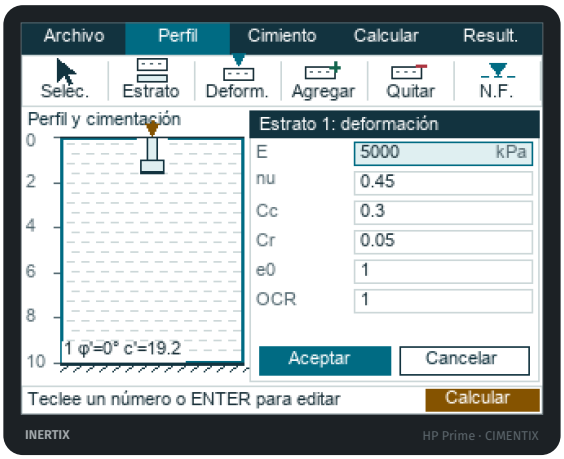

Meyerhof, sección 3: factores $s$, $d$ e $i$.

**Lectura.** La inclinación reduce mucho la capacidad (Meyerhof 227.9, Hansen 171.3, Vesic 264.2 kPa). El método principal decide $q_a$, la verificación y el ancho requerido.

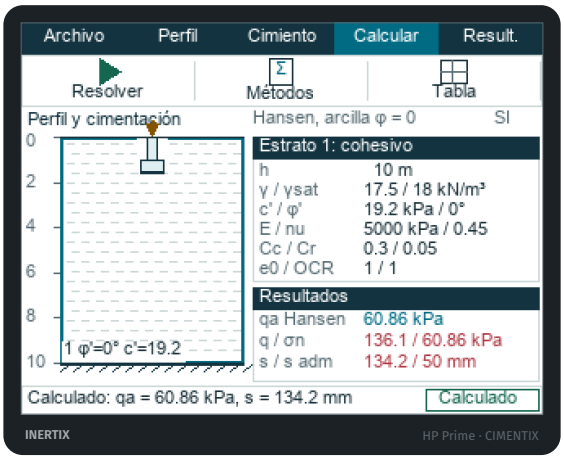
### OI-3 · Arcilla con $\varphi = 0$ (Hansen): no cumple y se dimensiona

**Datos** (ejemplo 3, Bowles 4-3): arcilla con $c$ = 19.2 kPa y $\varphi = 0$, zapata cuadrada de 1.05 m a $D_f$ = 1.5 m, $P$ = 150 kN, FS = 3, $s_{adm}$ = 50 mm.

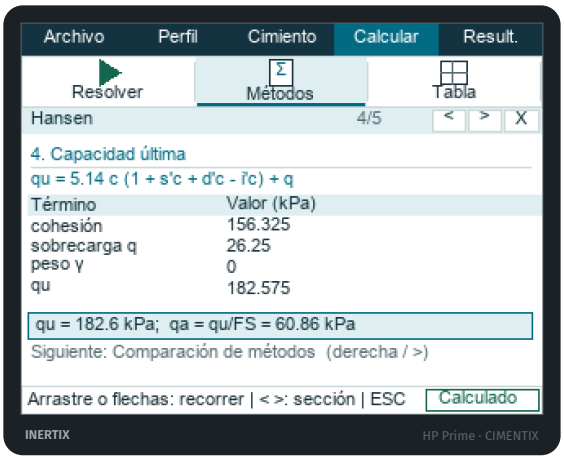
1. **Cargar el ejemplo 3.** `1` **Archivo** Ejemplos, `▼`×2, `Enter`.
2. **Deform. de un estrato cohesivo.** `2` **Perfil** Deform. pide $E$, $\nu$, $C_c$, $C_r$, $e_0$ y OCR: el estrato consolida.
3. **Resolver.** `Esc`, `4` **Calcular** Resolver: $q_u$ = 182.57 kPa, $q_a$ = 60.86 kPa; $q$ = 136.05 kPa y $s$ = 134.2 mm: no cumple ninguno.
4. **Procedimiento de Hansen.** `4` **Calcular** Métodos, `▼`×3, `Enter`, `▶`×3: sección 4; con $\varphi = 0$ solo cuentan cohesión y sobrecarga.
5. **Dimens.** `Esc`×3, `3` **Cimiento** Dimens.: 1.571 m por capacidad y 1.805 m por asentamiento; propone 1.85 m. `Aceptar` lo aplica y deja el caso pendiente de calcular.



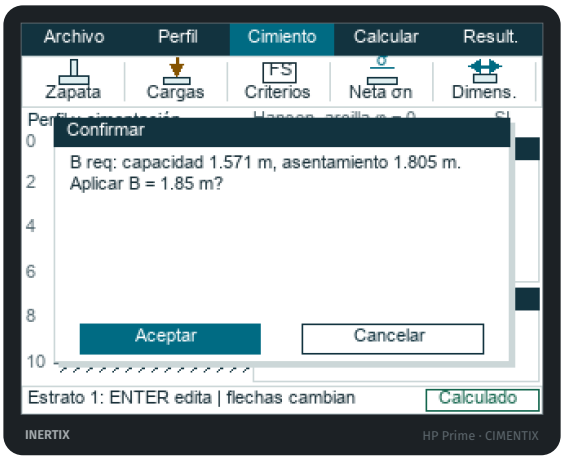

Deform. de un estrato cohesivo.




$q$ = 136.1 > 60.86 kPa y $s$ = 134.2 > 50 mm.




Hansen, sección 4: capacidad última con $\varphi = 0$.




Dimens.: propone $B$ = 1.85 m.

**Lectura.** En arcilla, $q_u$ casi no crece con $B$ (no hay término de fricción); el dimensionado es el camino directo. Dimens. redondea hacia arriba a 0.05 m.

### OI-4 · Nivel freático: esfuerzos iniciales y $\Delta\sigma(z)$

**Datos** (ejemplo 4, Bowles 4-8): arena con $\varphi = 35°$, $\gamma = 18.1$ y $\gamma_{sat} = 19.925$ kN/m$^3$, zapata cuadrada de 2.5 m a $D_f = 1.1$ m, NF a 1.95 m, $P = 3000$ kN, FS = 2.5.

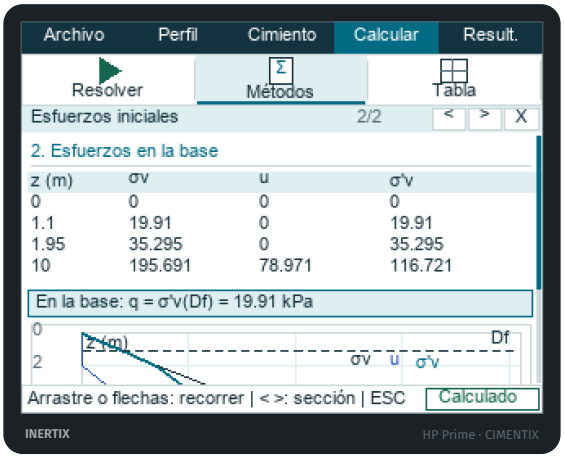
1. **Cargar el ejemplo 4.** 1 **Archivo** Ejemplos, ▼×3, **Enter**.
2. **Nivel freático.** 2 **Perfil** N.F.: `Existe` y $D_w = 1.95$ m (también se abre tocando el triángulo del NF).
3. **Resolver.** Esc, 4 **Calcular** Resolver: $q_u = 1407.7$ kPa, $q_a = 563.1$ kPa; $s = 25.40$ mm (apenas sobre 25).
4. **Esfuerzos iniciales.** 4 **Calcular** Métodos, **Enter**, ▶: sección 2, $\sigma_v$, $u$ y $\sigma'_v$ por debajo del NF.
5. **$\Delta\sigma(z)$ bajo el NF.** Esc×3, 5 **Result.** Esfuerzo: la curva $\sigma'_{v0}$ cambia de pendiente en el NF.



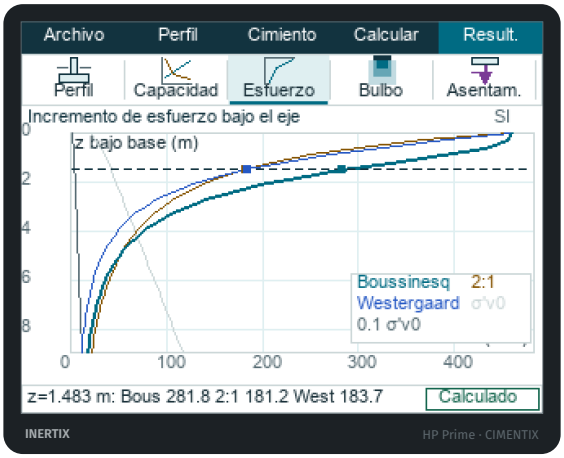

N.F.: existe, $D_w$ = 1.95 m.




$q_a$ = 563.1 kPa, $s$ = 25.4 mm.




Esfuerzos en la base.



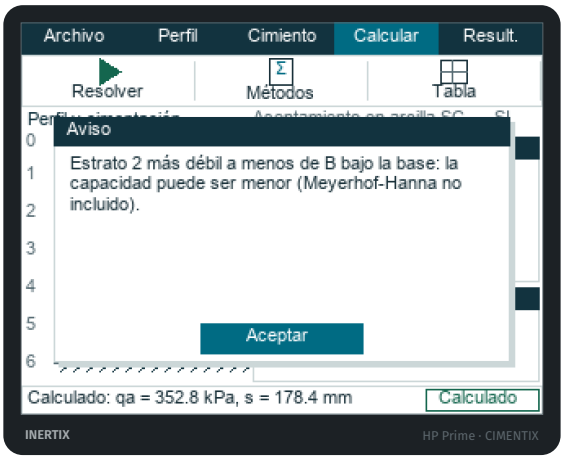

$\Delta\sigma(z)$ con $\sigma'_{v0}$ y 0.1 $\sigma'_{v0}$.

**Lectura.** Bajo el NF el peso efectivo es $\gamma_{sat} - \gamma_w$: el término $\frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$ baja. CIMENTIX usa el $\gamma$ efectivo medio entre $D_f$ y $D_f + B$.

### OI-5 · Arena sobre arcilla SC: aviso, consolidación y bulbo

**Datos** (ejemplo 6, caso propio del programa): 2 m de arena sobre 4 m de arcilla sobreconsolidada (OCR = 1.4), NF a 1.5 m, zapata rectangular de 2 × 3 m a $D_f$ = 1.2 m, $P$ = 1200 kN.

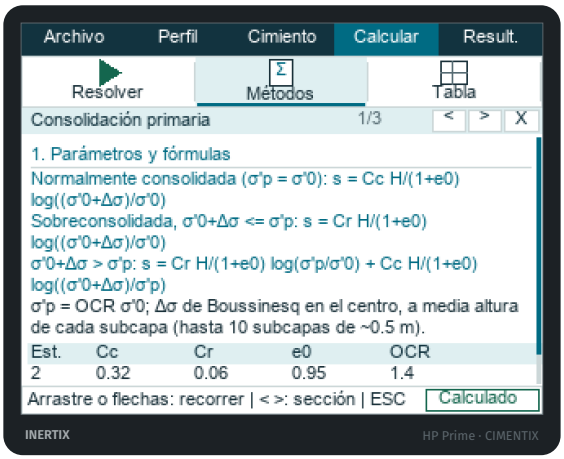
1. **Cargar el ejemplo 6.** 1 **Archivo** Ejemplos, ▼×5, **Enter**.
2. **Resolver: aviso.** 4 **Calcular** Resolver avisa: la arcilla, más débil, está a menos de $B$ bajo la base. Los resultados valen igual.
3. **Asentamiento por estrato.** **Enter** cierra el aviso; 5 **Result.** Asentam.: E1 elástico y E2 elástico más consolidación; total 178.4 mm.
4. **Consolidación primaria.** **Esc**, 4 **Calcular** Métodos, ▼×8, **Enter**: fórmulas NC/SC y subcapas de la arcilla.
5. **Bulbo.** **Esc**×3, 5 **Result.** Bulbo: bandas de $\Delta\sigma/q_0$ bajo la zapata rectangular; las flechas mueven el punto.



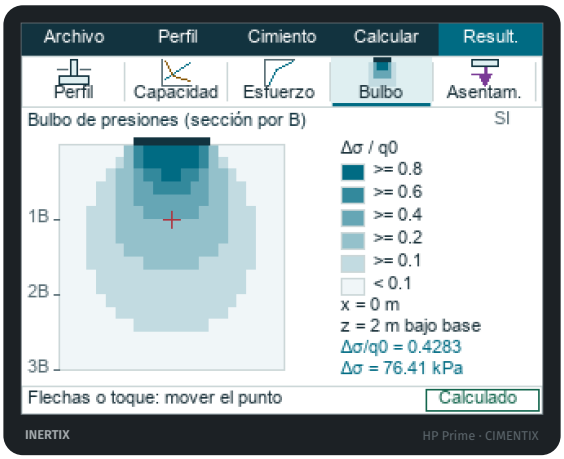

Aviso de estrato débil.




Asentamiento por estrato.




Consolidación primaria.




Bulbo de presiones.

**Lectura.** Elástico 27.58 mm + consolidación 150.83 mm = 178.41 mm, muy sobre 25 mm; el ancho por asentamiento sería 4.32 m. El aviso recuerda que la capacidad con la arcilla cerca puede ser menor (Meyerhof-Hanna no incluido).

### OI-6 · Editar el perfil y datos no válidos

1. **Agregar un estrato.** Con el ejemplo 1 cargado, 2 **Perfil** Agregar inserta una copia del estrato con 2 m; los resultados quedan pendientes.
2. **Dato no válido.** 3 **Cimiento** Zapata, Enter en un campo, Del, -, Enter: «Valor no válido: -. Corríjalo, bórrelo o pulse ESC para anular». El formulario sigue abierto.
3. **$D_f$ bajo el fondo del perfil.** En el mismo formulario, $D_f$ = 15 m y `Aceptar`: «Df debe estar entre 0 y 11.95 m (fondo del perfil)». El caso no cambia.
4. **Quitar con confirmación.** 2 **Perfil** Quitar pregunta «¿Quitar el estrato 1?»; Esc cancela.



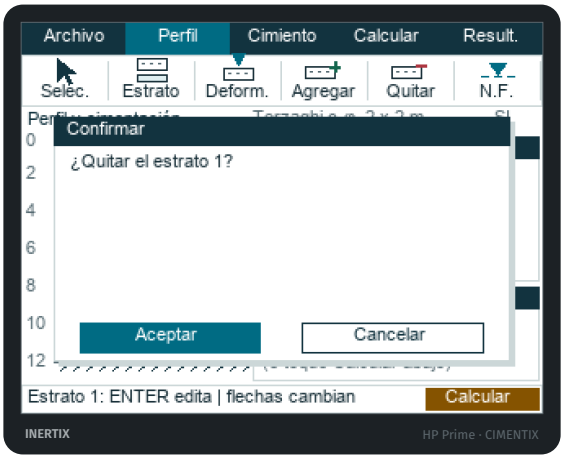

Estrato 2 agregado (copia de 2 m).




Valor no válido: el formulario sigue abierto.




$D_f$ bajo el fondo: rechazado.




Quitar pide confirmación.

### Resumen de los casos

Cifras del motor de CIMENTIX (SI salvo OI-1, en MKS), tal como se comprobaron en el emulador.

| Caso | Opción | Resultado clave |
|---|---|---|
| OI-1 | Neta $\sigma_n$, $q_a$ dato, MKS | $\sigma_n$ = 42.02, $q$ = 41.71 tf/m²; $B$ req 1.495 / 1.567 m; $s$ = 26.33 mm |
| OI-2 | Criterios: Meyerhof, $H > 0$ | $q_u$ M/H/V = 227.9/171.3/264.2 kPa; Terzaghi no disponible; $q_a$ = 75.97 kPa |
| OI-3 | Hansen, $\varphi = 0$, Dimens. | $q_u$ = 182.57, $q_a$ = 60.86 kPa; $s$ = 19.26 + 114.94 = 134.2 mm; $B$ req 1.571 / 1.805 m |
| OI-4 | N.F. a 1.95 m | $q_u$ T = 1407.7, $q_a$ = 563.1 kPa; s = 25.40 mm; $B$ req 2.334 / 2.532 m |
| OI-5 | Dos estratos, SC | Elástico 27.58 + consolidación 150.83 = 178.41 mm; $B$ req 1.512 / 4.322 m |
| OI-6 | Agregar, Quitar, validación | $D_f$ = 15 m rechazado (fondo 11.95 m); el caso no cambia |

## 5.6 Errores y avisos

- **Dato no válido** (fondo rosado, `Revisar`): el texto dice qué corregir. Al cerrarlo el formulario sigue abierto con el resto de los valores; nada se aplica hasta `Aceptar`.

- **Fuera de rango al aceptar**: espesor, $D_f$, $B$ o cargas imposibles se rechazan con el motivo (OI-6). El caso anterior se conserva.
- **No disponible**: un método sin factores para el caso (Terzaghi con $H > 0$) aparece así en 4 Calcular Métodos; no es un error (OI-2).
- **Aviso tras Resolver**: estrato más débil a menos de $B$ bajo la base. Los resultados se muestran; el aviso marca un límite del modelo (OI-5).
- **Tecla On durante un cálculo.** La HP Prime permite cortar un programa con On. Si se pulsa mientras CIMENTIX calcula, carga un ejemplo o una plantilla, quita un estrato, aplica un ancho o acepta un formulario, al volver a abrir el programa el caso queda **intacto** (se reponen los datos anteriores a la acción cortada), los resultados quedan **pendientes** y la barra inferior dice `Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`. Basta con 4 Calcular Resolver.




Valor no válido: el mensaje explica el motivo.




Tras un cambio, los resultados quedan pendientes.

# 6 Referencia de menús y opciones

## 6.1 1 · Archivo

| Orden | Qué hace |
|---|---|
| Nuevo | Reemplaza el caso por un caso típico (pide confirmación): Arena homogénea con zapata cuadrada; Relleno sobre arcilla blanda ($\varphi = 0$); Arena sobre arcilla (caso base); Zapata corrida en suelo c-φ. |
| Ejemplos | Casos resueltos: Terzaghi c-φ (zapata de 2 x 2 m), Meyerhof con carga inclinada, Hansen en arcilla con $\varphi = 0$, Terzaghi con nivel freático, Presión neta σn con σt dato (MKS) y Asentamiento de arena sobre arcilla SC. |
| Unidades | SI (kN, kPa) o MKS (tf, tf/m$^2$); no recalcula. |
| Ayuda | Documento con el menú, el lienzo, la edición, las gráficas, las hipótesis y las unidades. |
| Salir | Pide confirmación y cierra el programa. |

## 6.2 2 · Perfil

| Orden | Qué hace |
|---|---|
| Selec. | Vuelve al lienzo para seleccionar un estrato, la zapata o el NF. |
| Estrato | Tipo (granular o cohesivo), espesor, $\gamma$, $\gamma_{sat}$, $c'$ y $\varphi'$ del estrato seleccionado, y $V_s$ con $N_{60}$ o $S_u$ para el perfil sísmico E.030-2026 (0 = no medido). |
| Deform. | $E$ y $\nu$; en estratos cohesivos, además $C_c$, $C_r$, $e_0$ y OCR. |
| Agregar | Inserta debajo una copia del estrato seleccionado con 2 m de espesor (máximo 6 estratos). |
| Quitar | Elimina el estrato seleccionado (pide confirmación; queda al menos uno). |
| N.F. | Nivel freático: existe o no, y su profundidad $D_w$. |

## 6.3 3 · Cimiento

| Orden | Qué hace |
|---|---|
| Zapata | Forma (cuadrada, rectangular, circular o corrida), $B$ o $D$, $L$ y $D_f$. |
| Cargas | $P$, $H$ (paralela a $B$) y excentricidades $e_B$, $e_L$. |
| Criterios | Método principal, falla general o local, FS y asentamiento admisible. |
| Neta σn | $q_a = q_u/\text{FS}$ o $\sigma_t$ dato, y descuentos $\gamma_m$, $h_p$, $\gamma_p$ y s/c. |
| Dimens. | Calcula el $B$ requerido por capacidad y por asentamiento y propone aplicarlo. |

## 6.4 4 · Calcular

| Orden | Qué hace |
|---|---|
| Resolver | Calcula todo el caso y actualiza el panel de resultados. |
| Métodos | Procedimientos paso a paso (11; el último es el perfil sísmico E.030-2026): esfuerzos iniciales; Terzaghi; Meyerhof; Hansen; Vesic; comparación y presión neta; incremento de esfuerzo; asentamiento elástico; consolidación primaria; ancho requerido. Terzaghi no está disponible con $H > 0$, ni la consolidación si no hay arcilla bajo la base. |
| Tabla | Documento con todos los resultados. |

## 6.5 5 · Result.

| Orden | Qué hace |
|---|---|
| Perfil | Vuelve al perfil con el panel de resultados. |
| Capacidad | Curvas $q_a(B)$ de los cuatro métodos frente a la demanda; cursor en $B$. |
| Esfuerzo | $\Delta\sigma(z)$ por Boussinesq, 2:1 y Westergaard con $\sigma'_{v0}$; cursor en $z$. |
| Bulbo | Bandas de $\Delta\sigma/q_0$; cursor en $(x, z)$. |
| Asentam. | Asentamiento elástico y por consolidación de cada estrato frente a $s_{adm}$. |

# 7 Fundamento teórico breve

## 7.1 Capacidad portante

Terzaghi (forma solo con $s_c$ y $s_\gamma$) y los métodos generales de Meyerhof, Hansen y Vesic:

$$q_u = c\,N_c\,s_c + q\,N_q + \tfrac{1}{2}\gamma\,B\,N_\gamma\,s_\gamma \qquad q_u = c\,N_c\,s_c d_c i_c + q\,N_q\,s_q d_q i_q + \tfrac{1}{2}\gamma\,B'\,N_\gamma\,s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

Donde: $q = \sigma'_v(D_f)$ es la sobrecarga efectiva en la base; $\gamma$ el peso unitario efectivo medio entre $D_f$ y $D_f + B$; $B' = B - 2|e_B|$ el ancho efectivo; $s$, $d$, $i$ los factores de forma, profundidad e inclinación de cada método.

| Método | Factores de capacidad |
|---|---|
| Terzaghi | $N_q = \dfrac{e^{2(3\pi/4-\varphi/2)\tan\varphi}}{2\cos^2(45° + \varphi/2)}$, $N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$ (5.7 si $\varphi = 0$), $N_\gamma$ tabulado; cuadrada $s_c = 1.3$, $s_\gamma = 0.8$ |
| Meyerhof | $N_q = e^{\pi\tan\varphi}\tan^2(45° + \varphi/2)$, $N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$ (5.14 si $\varphi = 0$), $N_\gamma = (N_q - 1)\tan(1.4\varphi)$ |
| Hansen | Mismos $N_q$, $N_c$; $N_\gamma = 1.5\,(N_q - 1)\tan\varphi$ |
| Vesic | Mismos $N_q$, $N_c$; $N_\gamma = 2\,(N_q + 1)\tan\varphi$ |

Con falla local se usan $c^* = \tfrac{2}{3}c$ y $\tan\varphi^* = \tfrac{2}{3}\tan\varphi$.

## 7.2 Capacidad admisible y presión neta

$$q_a = q_u/\mathrm{FS} \quad (\text{o } q_a = \sigma_t \text{ dato})$$
$$\sigma_n = q_a - \gamma_m D_f - h_p\,\gamma_p - s/c, \qquad \text{se exige } q = P/A' \le \sigma_n$$

## 7.3 Esfuerzos en el suelo

$$\sigma_v = \textstyle\sum \gamma\,h, \qquad u = \gamma_w\,(z - D_w), \qquad \sigma'_v = \sigma_v - u$$
$$\Delta\sigma_{\text{centro}} = 4\,q_0\,I(B/2,\,L/2) \quad \text{(Boussinesq)}, \qquad \Delta\sigma = \frac{q_0\,B\,L}{(B + z)(L + z)} \quad \text{(2:1)}$$

Donde: $q_0 = P/A + \gamma_m D_f - \sigma_v(D_f)$ es la presión neta en la base e $I$ el factor de influencia de la esquina de un rectángulo. Westergaard usa la solución para un suelo con $\nu = 0$.

## 7.4 Asentamientos

$$s_e = 4\,q_0\,B'\,\frac{1 - \nu^2}{E}\left[I_s(H_2) - I_s(H_1)\right], \qquad I_s = I_1 + \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}\,I_2 \quad \text{(Steinbrenner, por estratos)}$$

Donde: $B' = B/2$; $H_1$ y $H_2$ son el techo y el fondo de cada estrato bajo la base.

$$\text{NC:}\quad s_c = \frac{C_c\,H}{1+e_0}\log\frac{\sigma'_0+\Delta\sigma}{\sigma'_0}$$

$$\text{SC, } \sigma'_0+\Delta\sigma \le \sigma'_p\text{:}\quad s_c = \frac{C_r\,H}{1+e_0}\log\frac{\sigma'_0+\Delta\sigma}{\sigma'_0}$$

$$\text{SC, } \sigma'_0+\Delta\sigma > \sigma'_p\text{:}\quad s_c = \frac{C_r\,H}{1+e_0}\log\frac{\sigma'_p}{\sigma'_0} + \frac{C_c\,H}{1+e_0}\log\frac{\sigma'_0+\Delta\sigma}{\sigma'_p}$$

Donde: $\sigma'_p = \text{OCR}\cdot\sigma'_0$; $\Delta\sigma$ de Boussinesq en el eje, a media altura de cada subcapa (hasta 10 subcapas por estrato).

**Nota**

El ancho requerido se busca por bisección: por capacidad, $q_a(B)$ – descuentos = $P/A'(B)$; por asentamiento, $s(B) = s_{adm}$. $q_a$ depende de $B$ a través de $N_\gamma$ y de la profundidad relativa $D_f/B$.

# 8 Novedades de la E.030-2026

La NTE E.030 «Diseño Sismorresistente» se modificó con la RM 183-2026-VIVIENDA (El Peruano, 3 de mayo de 2026). Los proyectos con licencia o expediente en trámite siguen con la versión anterior (disposición transitoria); por eso, donde aplica, el programa conserva la E.030-2018 y agrega la 2026 como opción aparte.

## 8.1 Perfil sísmico del sitio

Cada estrato acepta $V_s$ (m/s) y, según su tipo, $N_{60}$ (granular) o $S_u$ (cohesivo) en 2 Perfil Estrato; 0 = no medido. Tras calcular, el procedimiento 11 `Perfil sísmico E.030-2026` y la tabla de resultados dan:

- los tramos de los 30 m bajo el fondo de cimentación (Art. 15.1) y $\bar{V}_{s30} = \sum d \,/\, \sum(d/V_s)$, solo si todos los tramos tienen $V_s$;
- $\bar{N}_{60}$ de los estratos granulares y $\bar{S}_u$ de los cohesivos, como promedios armónicos ponderados (15.5, 15.6);
- el perfil S0 a S4 de la Tabla 3: con $V_{s30}$ o, si falta, el más desfavorable de $N_{60}$ y $S_u$ (14.5);
- un aviso de licuación si hay estratos granulares bajo el nivel freático con $N_{60} < 15$ (Art. 63.2), y otro de vigas de conexión en suelos S3 y S4 (Art. 65.1).

Si el perfil tiene menos de 30 m bajo la base, el procedimiento lo indica: el responsable del EMS confirma el perfil. $S$, $T_P$ y $T_L$, y el control de $T_s$, se obtienen en ESPECTRIX.




Estrato con Vs y Su.




Clasificación del perfil (Tabla 3).

## 9 Preguntas frecuentes

**¿Por qué cambian los resultados si cambio solo el método principal?**

Los cuatro métodos se calculan siempre; el principal es el que da $q_a$, la verificación y el ancho requerido. La sección 5 de cada procedimiento compara los cuatro.

**Terzaghi aparece como «no disponible». ¿Es un error?**

No: Terzaghi no tiene factores de inclinación. Con carga horizontal elija Meyerhof, Hansen o Vesic en 3 **Cimiento** Criterios.

**¿Qué valor uso en «Neta σn» si tengo la capacidad admisible del estudio de suelos?**

Cambie `qa` a `Dato` y escriba $\sigma_t$; los descuentos se restan igual.

**La capacidad cumple pero el asentamiento no. ¿Qué hago?**

Use 3 **Cimiento** Dimens.: propone el ancho que cumple ambos criterios y recalcula al aceptarlo.

**¿Por qué no hay asentamiento por consolidación en mi caso?**

Solo los estratos cohesivos bajo la base consolidan; marque el estrato como `Cohesivo` y complete $C_c$, $C_r$, $e_0$ y OCR en 2 **Perfil** Deform..

**Pulsé On mientras calculaba. ¿Perdí el caso?**

No. Al volver a abrir CIMENTIX el caso está como antes de la acción cortada, los resultados quedan pendientes y la barra dice `Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`.

**¿Recalcula al cambiar a MKS o al recorrer una gráfica?**

No. Las unidades solo cambian la presentación y las gráficas se recorren sin recalcular ni cambiar el caso.