INERTIX

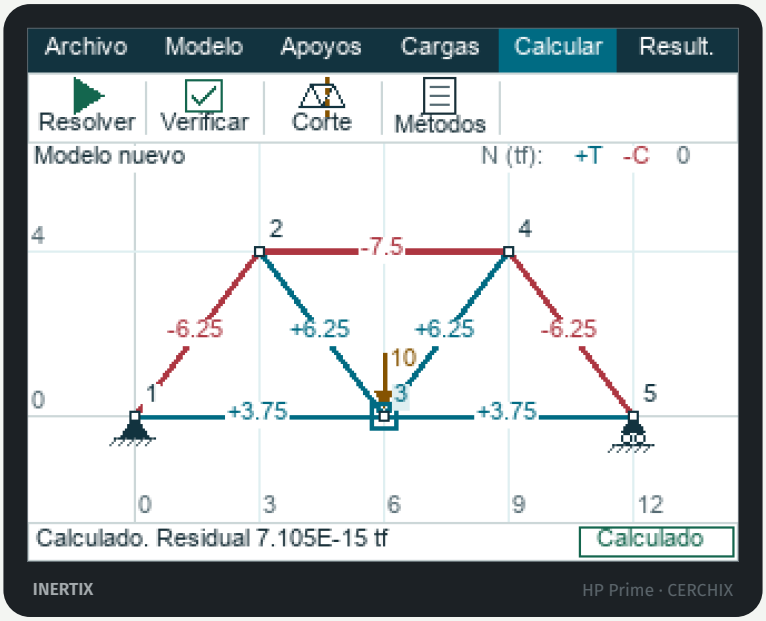
Programas de ingeniería civil para HP Prime

GUÍA DE USO

CERCHIX

Armaduras planas 2D: axiles, reacciones y deformada

Versión 2026.11 **HP Prime G1 · G2** Estructuras · Noviembre de 2026



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

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. Sistema de unidades . . . 4

1.4. Límites y fuera de alcance . . . 5

2. Instalación **5**

2.1. Qué necesita . . . 5

2.2. Copiar el programa a la calculadora . . . 6

3. Licencia de uso **7**

4. La interfaz **8**

4.1. Teclas . . . 8

4.2. Editar un valor y resultados pendientes . . . 9

5. Ejemplo guiado **10**

5.1. Enunciado . . . 10

5.2. Datos . . . 10

5.3. Paso a paso . . . 10

5.4. Resultados . . . 18

5.5. Opciones importantes . . . 19

5.5.1. OI-1 · Plantilla Pratt y barras extremas . . . 19

5.5.2. OI-2 · Desplazamiento por trabajo virtual y Castigliano . . . 20

5.5.3. OI-3 · Armadura hiperestática: dos apoyos fijos . . . 21

5.5.4. OI-4 · Dos secciones . . . 22

5.5.5. OI-5 · Howe de 8 m: barras nulas . . . 23

5.5.6. OI-6 · Aviso: faltan apoyos . . . 23

6. Errores y avisos **24**

7. Referencia de menús y opciones **25**

7.1. 1 · Archivo . . . 25

7.2. 2 · Modelo . . . 25

7.3. 3 · Apoyos y 4 · Cargas . . . 25

7.4. 5 · Calcular 26
7.5. 6 · Result. 26

8. Fundamento teórico breve **27**
8.1. Rigidez directa 27
8.2. Métodos clásicos 27

9. Preguntas frecuentes **28**

1 Presentación y alcance

CERCHIX analiza **armaduras planas** (cerchas 2D de barras articuladas) en la calculadora HP Prime. El modelo se dibuja sobre una rejilla, se resuelve por el método matricial de rigidez directa y los resultados se ven sobre la propia cercha. Además, el programa desarrolla el ejercicio **paso a paso** por siete métodos de análisis, con sus figuras intermedias, para comparar con la solución hecha a mano.

1.1 Qué calcula

- Esfuerzo axil de cada barra, con su signo (tracción o compresión).
- Reacciones de apoyo y cierre de equilibrio.
- Desplazamientos reales de los nudos y deformada amplificada.
- Verificación independiente del resultado por un segundo método.
- Corte de Ritter sobre el dibujo: axiles de las barras cortadas.
- Procedimiento por siete métodos: matricial de rigidez, restricciones cinemáticas, nudos, secciones, trabajo virtual, Castigliano y flexibilidades.

1.2 Unidades y convenciones

La tabla muestra el sistema por defecto, `tf, m`; los otros dos sistemas se describen en la sección 1.3.

Magnitud	Unidad	Convención
Coordenadas y longitudes	m	$+X$ a la derecha, $+Y$ hacia arriba
Fuerzas y reacciones	tf	Positivas en $+X$ y $+Y$; una carga hacia abajo es negativa
Esfuerzo axil N	tf	Positivo = tracción; negativo = compresión
Área de la sección A	m^2	Una o varias secciones (S1, S2, ...)
Módulo de elasticidad E	tf/m^2	Por sección
Desplazamientos	m	Valores reales; solo el dibujo se amplifica

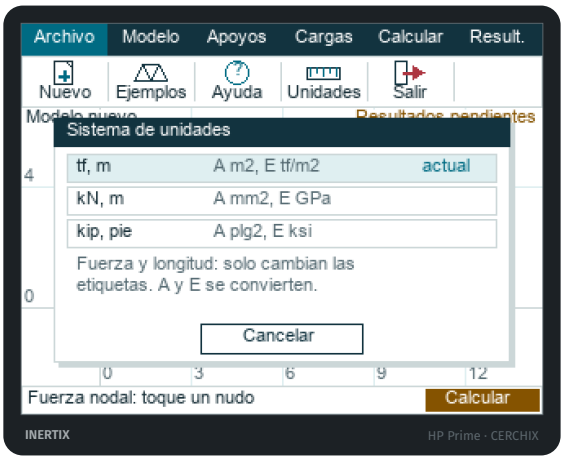
1.3 Sistema de unidades

El sistema se elige en 1 **Archivo** Unidades, el botón que está justo antes de `Salir`. Se abre la lista `Sistema de unidades`, con el sistema activo marcado `actual`.

Sistema	Fuerza	Longitud	Área A	Módulo E
tf, m (defecto)	tf	m	m^2	tf/m^2
kN, m	kN	m	mm^2	GPa
kip, pie	kip	pie	plg^2	ksi

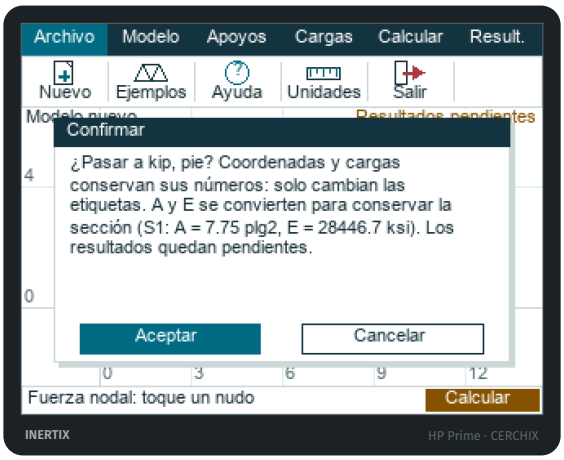
- **Solo cambian las etiquetas** de fuerza y longitud: coordenadas, cargas y resultados conservan sus números.
- A **y** E **se convierten** en todas las secciones para conservar la sección física. Por ejemplo, A = 0.005 m^2 pasa a 7.75 plg^2 y $E = 2 \times 10^7$ tf/m^2 pasa a 28 446.7 ksi.

- El cambio siempre pide confirmación. Con `Cancelar` o Esc no cambia nada; al aceptar, los resultados quedan pendientes hasta volver a calcular.
- 1 Archivo Nuevo y 1 Archivo Ejemplos vuelven a `tf, m`, porque sus datos están en esas unidades. Al salir, el sistema elegido queda guardado.



1 Archivo Unidades: los tres sistemas.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora



Confirmación del cambio a kip, pie.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

1.4 Límites y fuera de alcance

Límite	Valor
Nudos	20
Barras	50
Secciones	20

> **⚠ Fuera de alcance**
> CERCHIX supone barras articuladas, cargas en los nudos, elasticidad lineal y pequeños desplazamientos. **No** comprueba pandeo ni hace verificación de diseño de las barras. Tampoco admite apoyos elásticos, asentamientos de apoyo, rodillos inclinados, barras axialmente rígidas ni efectos de temperatura o errores de fabricación.

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: `CERCHIX.hpappdir`;
  - el archivo de licencia: `LIC_CERCHIX.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 `CERCHIX.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*. CERCHIX aparece allí con su icono.
5. Toque el icono de CERCHIX 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

CERCHIX 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 CERCHIX 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: `CERCHIX.hpappdir`;
   - el archivo de licencia: `LIC_CERCHIX.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 CERCHIX 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 por primera vez, CERCHIX carga el ejemplo `Warren 12 m, 10 tf` (la cercha del ejemplo guiado) sin calcular. La pantalla tiene siempre las mismas zonas.



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

1. **Barra de menú.** Seis categorías; se abren con las teclas 1 a 6 o tocándolas.
2. **Cinta.** Órdenes de la categoría activa.
3. **Lienzo.** La cercha con sus nudos (números), barras (B1, B2, ...), apoyos y cargas; sobre él se dibujan los resultados.
4. **Línea de estado.** Datos del objeto seleccionado y mensajes.
5. **Botón de cálculo.** `Calcular` si hay cambios sin resolver; `Calculado` si los resultados están al día.

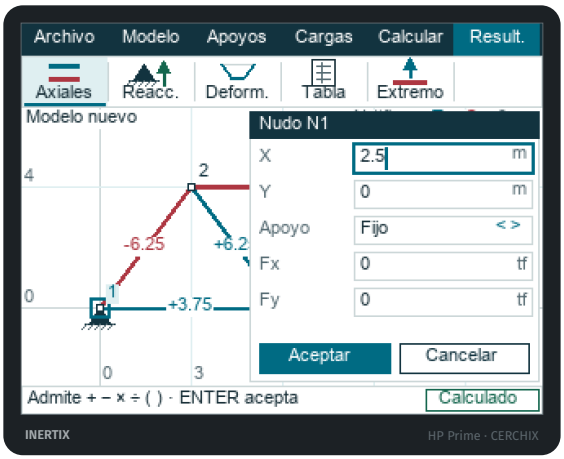
4.1 Teclas

Tecla	Dónde	Acción
1 ... 6	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	Recorre los nudos o las barras.
▲ ▼	Lienzo	Cambia entre recorrer nudos y recorrer barras.
Enter	Lienzo	Edita el objeto seleccionado o le aplica la herramienta activa.
Del	Lienzo	Borra el objeto seleccionado (un nudo pide confirmación).
Flechas y Enter	Nudo o Barra	Mueven el cursor por la rejilla; Enter coloca el punto.
+ - 0	Lienzo	Acercar, alejar y encuadrar el modelo.
Esc	Lienzo	Termina el trazo, vuelve a `Selec.` o pide confirmar la salida.

Pantalla táctil

Todo se puede hacer también con el dedo: tocar una categoría o una orden la activa; tocar un objeto lo selecciona y tocarlo de nuevo abre sus propiedades; arrastrar sobre el lienzo desplaza la vista; tocar `Calcular` resuelve.

4.2 Editar un valor y resultados pendientes



Edición en la propia celda del formulario.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora



Tras un cambio, los resultados quedan pendientes.

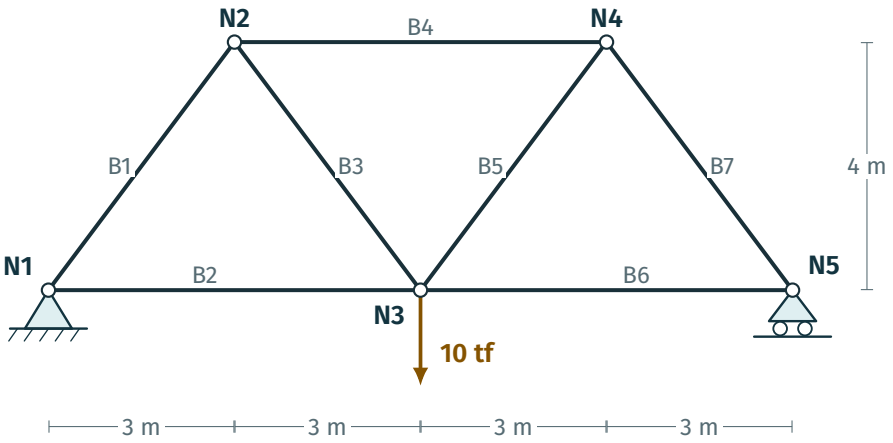
Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

- En un formulario, ▲ ▼ cambian de campo. Teclear un número **reemplaza** el valor; ◄ conserva el valor para seguir escribiendo al final; Del borra.
- El signo se cambia con (-) después de teclear el número; EEX añade el exponente (2E7).
- Enter acepta y pasa al campo siguiente; Esc anula la edición. En los campos con < > (lista), ◄ ► cambian la opción.
- Cualquier cambio en el modelo deja los resultados **pendientes**: CERCHIX no muestra valores de una solución anterior. Vuelva a 5 Calcular Resolver.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Calcular las **reacciones de apoyo**, los **esfuerzos axiles** de las siete barras y el **descenso del nudo cargado** de la cercha Warren simétrica de la figura. La cercha tiene 5 nudos y 7 barras articuladas, luz de 12 m y altura de 4 m. Está apoyada en un apoyo fijo en N1 y en un apoyo móvil (rodillo horizontal) en N5, y recibe una carga vertical de 10 tf hacia abajo en el nudo central del cordón inferior (N3).



5.2 Datos

Nudo	X (m)	Y (m)	Apoyo
N1	0	0	Fijo (R_x, R_y)
N2	3	4	—
N3	6	0	—
N4	9	4	—
N5	12	0	Móvil X (R_y)

Carga	Valor
N3	F_x = 0, F_y = −10 tf

Barra	Nudos	L (m)	Tipo
B1	N1–N2	5	Diagonal
B2	N1–N3	6	Cordón inferior
B3	N2–N3	5	Diagonal
B4	N2–N4	6	Cordón superior
B5	N3–N4	5	Diagonal
B6	N3–N5	6	Cordón inferior
B7	N4–N5	5	Diagonal

Sección y material	Valor	Observación
Área *A* (todas las barras)	0.005 m^2	Sección única S1
Módulo *E*	2×10^7 tf/m^2	*EA* = 100 000 tf

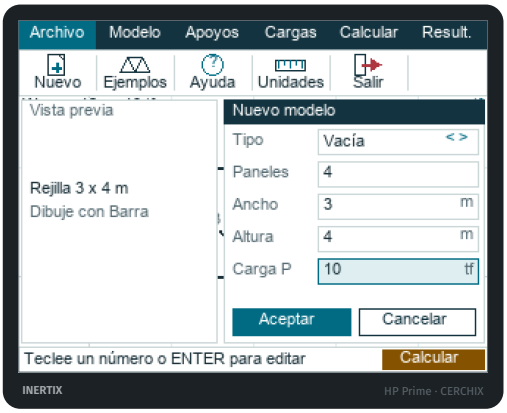
Fuente: ejemplo *Warren de 12 m: 10 tf en el centro* de CERCHIX (`Archivo > Ejemplos`). Caso de validación oficial de INERTIX verificado analíticamente mediante equilibrio estático de nudos y cálculo matricial de estructuras articuladas.

5.3 Paso a paso

El ejemplo se construye **desde cero y solo con el teclado**, en 16 pasos. 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 CERCHIX, con el foco en el lienzo.

1 Crear un modelo vacío con rejilla de 3 × 4 m



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

TECLAS

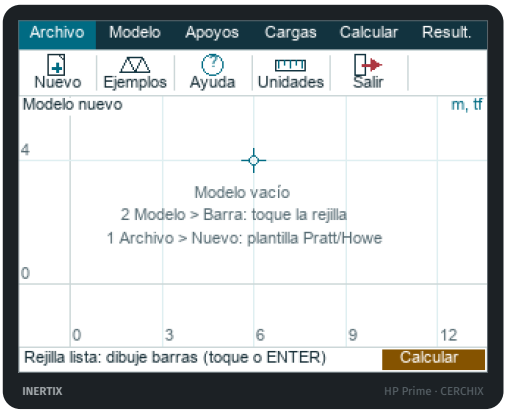
1 Enter ◄ ▼ ×3 4 Enter

1 **Archivo** Nuevo abre el formulario. Con ◄ el campo `Tipo` pasa a `Vacía`. Baje hasta `Altura`, teclee 4 y acepte con Enter.

En un modelo vacío, `Ancho` y `Altura` son el paso de la rejilla de dibujo: 3 m en *X* y 4 m en *Y*, justo la separación de los nudos de la cercha.

✔ **Debe verse:** Formulario «Nuevo modelo»: Tipo = Vacía, Ancho = 3 m, Altura = 4 m

2 Aceptar: lienzo vacío con la herramienta Barra



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

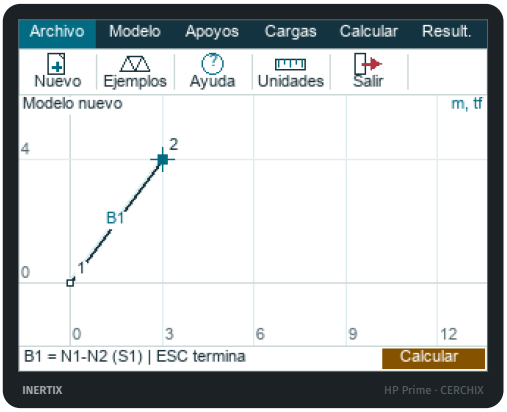
TECLAS

▼ Enter

Baje a `Aceptar` y pulse Enter. CERCHIX deja activa la herramienta `Barra` y muestra un cursor en cruz sobre la rejilla. Cada flecha lo mueve un paso de rejilla.

✔ **Debe verse:** Lienzo vacío, rótulo «Modelo nuevo», Barra activa y cursor sobre la rejilla

3 Dibujar la primera barra (N1–N2)



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

TECLAS

◄ ×2 ▼ Enter ► ▲ Enter

Lleve el cursor al origen (0, 0) y pulse Enter: queda fijado el inicio. Muévalo a (3, 4) con ► ▲ y pulse Enter: se crean N1, N2 y la barra B1.

El trazo queda encadenado: el siguiente Enter dibujaría otra barra desde N2.

✔ **Debe verse:** Barra B1 entre N1 (0, 0) y N2 (3, 4); abajo: «B1 = N1-N2 (S1) | ESC termina»

4 Completar las siete barras y encuadrar



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

TECLAS

Esc ◄ ▼ Enter ► ×2 Enter ◄ ▲ Enter ► ×2 Enter
◄ ▼ Enter ► ×2 Enter ◄ ▲ Enter Esc ×2 0

Esc termina el trazo. Dibuje el resto en este orden: N1–N3, N3–N2, N2–N4, N4–N3, N3–N5 y N5–N4. Al final, el primer Esc termina el trazo, el segundo vuelve a `Selec.` y 0 encuadra la cercha.

✔ **Debe verse:** 5 nudos y 7 barras, numerados como en el enunciado; herramienta Selec.

⚠ El orden de dibujo fija la numeración

Los nudos y las barras se numeran según se crean. Si dibuja en otro orden, los resultados son los mismos pero con otros números, y no coincidirán con las tablas de este ejemplo. Si el cursor no aparece donde indica el paso 3, llévelo a (0, 0) con las flechas antes del primer Enter.

5 Definir la sección y el material



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

TECLAS

2 ▶ ×4 Enter ▼ 0 . 0 ×2 5 Enter 2 EEX 7 Enter

2 **Modelo** Sección abre `Sección y material`. En `Área A` teclee 0.005 y en `Modulo E` teclee 2 EEX 7.

Son los valores con que nace un modelo nuevo; aquí es donde se cambian. Las barras nuevas usan la sección activa.

✔ **Debe verse:** Formulario «Sección y material»: A = 0.005 m2, E = 2E7 tf/m2, foco en Aceptar

6 Apoyo fijo en N1



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

TECLAS

Enter 3 Enter ▶ Enter

Enter acepta la sección. 3 **Apoyos** Fijo arma la herramienta; elija N1 con ◀ ▶ (el nudo seleccionado queda resaltado) y aplique con Enter. El apoyo fijo impide los dos movimientos: da R_x y R_y.

✔ **Debe verse:** Símbolo de apoyo fijo bajo N1

7 Apoyo móvil en N5



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

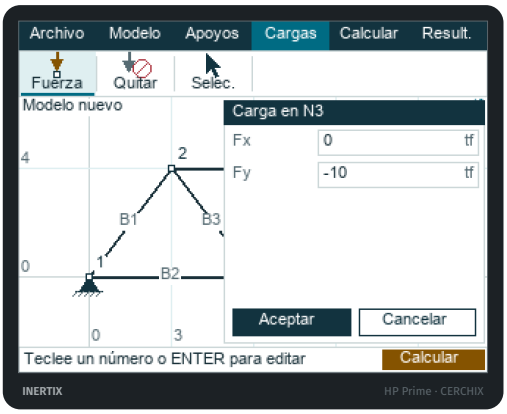
TECLAS

3 ▶ Enter ◀ Enter

3 **Apoyos** Móvil X, seleccione N5 y pulse Enter. `Móvil X` es un rodillo que deja libre el movimiento en *X*: solo da reacción vertical R_y.

✔ **Debe verse:** Apoyo móvil (rodillo) bajo N5: solo reacción vertical

8 Carga de 10 tf hacia abajo en N3



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

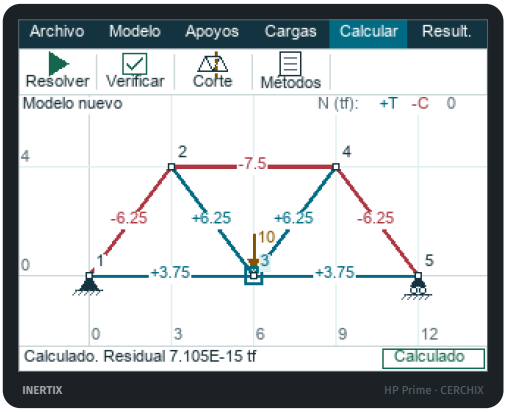
TECLAS

4 Enter ◀ ×2 Enter ▼ 1 0 − Enter

4 **Cargas** Fuerza, seleccione N3 y pulse Enter: se abre `Carga en N3`. Baje a `Fy`, teclee 10 y después − para hacerla negativa (hacia abajo). Enter acepta el valor.

✔ **Debe verse:** Formulario «Carga en N3»: Fx = 0, Fy = −10 tf, foco en Aceptar

9 Aceptar la carga y resolver



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

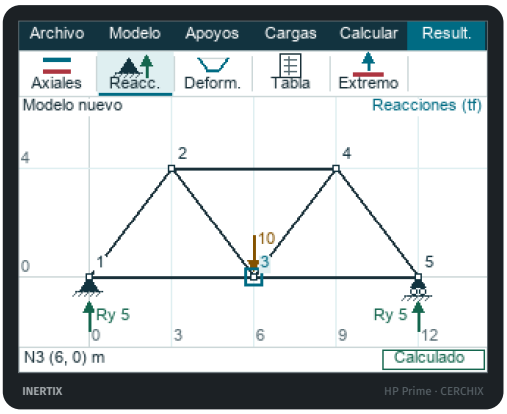
TECLAS

Enter 5 Enter

Enter acepta el formulario y 5 **Calcular** Resolver calcula. El lienzo muestra el axil de cada barra: las barras en tracción con signo + y las comprimidas con signo – y en rojo. El botón pasa a `Calculado` y la línea de estado informa el residual de equilibrio.

✔ **Debe verse:** Axiles sobre cada barra (tracción y compresión en colores distintos) y chip «Calculado»

10 Ver las reacciones



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

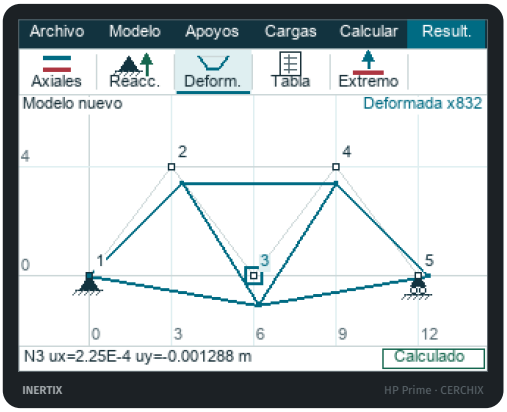
TECLAS

6 ▶ Enter

6 **Result.** Reacc. dibuja las reacciones en los apoyos, con su valor.

✔ **Debe verse:** Ry = 5 tf en N1 y en N5

11 Ver la deformada



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

TECLAS

6 ▶ ×2 Enter

6 **Result.** Deform. superpone la deformada. El factor de amplificación (aquí ×832) es solo para el dibujo: la línea de estado da los desplazamientos **reales** del nudo seleccionado, N3: u_x = 2.25 × 10^{-4} m, u_y = −0.001288 m.

✔ **Debe verse:** Deformada amplificada sobre la cercha original

12 Abrir la tabla de resultados



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

TECLAS

6 ▶ ×3 Enter

6 **Result.** Tabla reúne axiles, reacciones, cierre de equilibrio y desplazamientos. Se recorre con ▲ ▼ o arrastrando; Esc la cierra.

✔ **Debe verse:** Tabla con axiles B1…B7, reacciones, cierre y desplazamientos

13 Verificación independiente



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

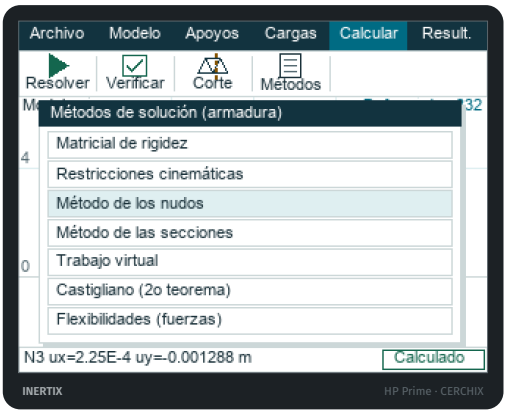
TECLAS

Esc 5 ▶ Enter

Esc cierra la tabla. 5 **Calcular** Verificar vuelve a resolver la cercha por un método distinto (aquí, el método de los nudos) y compara con la rigidez directa. Las diferencias, del orden de 10^{-15} tf, son solo redondeo.

✔ **Debe verse:** Ventana «Verificación independiente» con el resultado COINCIDE

14 Abrir la lista de métodos



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

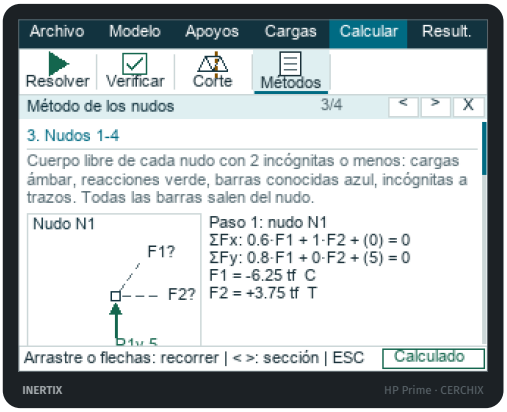
TECLAS

Enter 5 ▶ ×3 Enter ▼ ×2

Enter cierra la verificación. 5 **Calcular** Métodos lista los siete procedimientos; los que no aplican a la cercha aparecen en gris con el motivo. Baje a `Método de los nudos`.

✔ **Debe verse:** Lista de siete métodos con «Método de los nudos» resaltado

15 Procedimiento por el método de los nudos



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

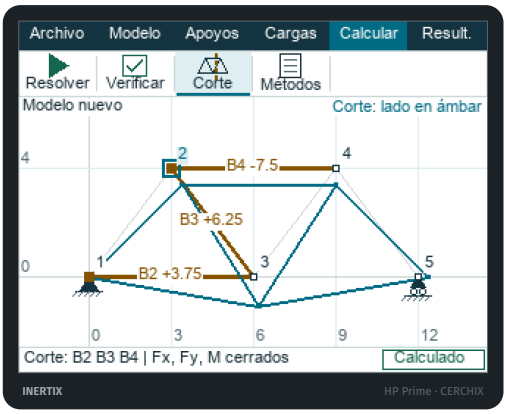
TECLAS

Enter ▶ ×2

Enter abre el procedimiento, dividido en secciones. ▶ pasa a la siguiente: barras nulas, reacciones, nudos y resultado. La sección 3 muestra el cuerpo libre de cada nudo con sus dos ecuaciones de equilibrio. ▲ ▼ desplazan el texto.

✔ **Debe verse:** Sección 3: cuerpo libre de N1 con F1 = −6.25 tf y F2 = +3.75 tf

16 Corte de Ritter por las barras B2, B3 y B4



Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

TECLAS

Esc 5 ▶ ×2 Enter ◀ ×2 Enter ▶ Enter

Esc cierra el visor. Con 5 **Calcular** Corte se marcan los nudos de un lado del corte: seleccione N1 y Enter, luego N2 y Enter. CERCHIX corta las barras que unen ese lado con el resto y da sus axiles por equilibrio del cuerpo libre.

✔ **Debe verse:** Corte con B2 = +3.75, B3 = +6.25 y B4 = −7.50 tf

5.4 Resultados

CERCHIX coincide con la referencia

Reacciones, axiles y descenso del nudo cargado coinciden con la solución de referencia dentro de la tolerancia de 10^{-4} tf. El cordón superior (B4) es la barra más comprimida y las diagonales interiores (B3, B5) las más traccionadas.

Magnitud	Referencia	HP Prime	Estado
Reacción R_y en N1	5.0000 tf	5.0000 tf	Coincide
Reacción R_y en N5	5.0000 tf	5.0000 tf	Coincide
Reacción R_x en N1	0.0000 tf	0.0000 tf	Coincide
B1 · diagonal N1–N2	−6.2500 tf	−6.2500 tf	Compresión
B2 · cordón inferior N1–N3	+3.7500 tf	+3.7500 tf	Tracción
B3 · diagonal N2–N3	+6.2500 tf	+6.2500 tf	Tracción
B4 · cordón superior N2–N4	−7.5000 tf	−7.5000 tf	Compresión
B5 · diagonal N3–N4	+6.2500 tf	+6.2500 tf	Tracción
B6 · cordón inferior N3–N5	+3.7500 tf	+3.7500 tf	Tracción
B7 · diagonal N4–N5	−6.2500 tf	−6.2500 tf	Compresión
Descenso de N3, u_y	-1.2875×10^{-3} m	-1.2875×10^{-3} m	Coincide

Signos: axil positivo = tracción; $+X$ a la derecha, $+Y$ hacia arriba. Tolerancia de la validación: 10^{-4} tf. La referencia del descenso es el trabajo virtual $\delta = \sum N\,n\,L/(EA)$. Columna de la plataforma: valores de la ejecución SIMULADA propia de esta guía, redondeados a 4 decimales.

Comprobación a mano

$$\begin{aligned}
\textstyle\sum F_y = 0: &\quad R_{1y} = R_{5y} = 10/2 = 5 \text{ tf} \qquad \text{(simetría)}\\
\text{Nudo N1, } \textstyle\sum F_y = 0: &\quad 5 + N_1\,(4/5) = 0 \;\Rightarrow\; N_1 = -6.25 \text{ tf}\\
\text{Nudo N1, } \textstyle\sum F_x = 0: &\quad N_2 + N_1\,(3/5) = 0 \;\Rightarrow\; N_2 = +3.75 \text{ tf}\\
\text{Nudo N2, } \textstyle\sum F_y = 0: &\quad -N_1\,(4/5) - N_3\,(4/5) = 0 \;\Rightarrow\; N_3 = +6.25 \text{ tf}\\
\text{Nudo N2, } \textstyle\sum F_x = 0: &\quad N_4 - N_1\,(3/5) + N_3\,(3/5) = 0 \;\Rightarrow\; N_4 = -7.50 \text{ tf}
\end{aligned}$$

5.5 Opciones importantes

Seis casos cortos para lo que el ejemplo guiado no recorre. Cada caso parte de la pantalla inicial de CERCHIX (`Warren 12 m, 10 tf` cargado, sin calcular, foco en el lienzo). La fila TECLAS es la secuencia exacta desde el final del paso anterior. Todos los pasos se comprobaron sobre el código actual del programa (ejecución SIMULADA).

5.5.1 OI-1 · Plantilla Pratt y barras extremas

Objetivo. Crear una cercha completa con una plantilla y encontrar la barra que gobierna. **Datos.** Pratt de 4 paneles de 3 m, altura 3 m y 10 tf en cada nudo superior interior.

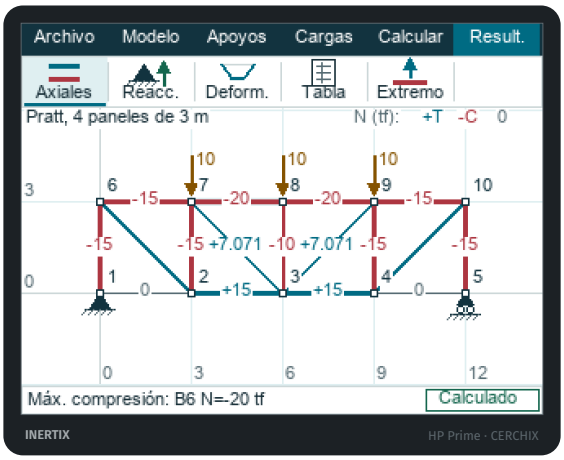
1. **Nuevo: plantilla Pratt.** 1 **Archivo** Nuevo abre el formulario con `Pratt`, 4 paneles, 3 m, 3 m y P = 10 tf.
   TECLAS 1 **Enter**
2. **Aceptar y resolver.** Baje a `Aceptar`: se crean 10 nudos, 17 barras, apoyos y cargas. Después 5 **Calcular** Resolver.
   TECLAS ▼×5 **Enter** 5 **Enter**
3. **Máxima tracción.** 6 **Result.** Extremo resalta la barra de mayor tracción.
   TECLAS 6 ▶×4 **Enter**

4. **Máxima compresión.** Repetir la orden alterna con la de mayor compresión.
   TECLAS [6] [▶]×4 [Enter]



B17, diagonal extrema: N = +21.213 tf.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora



B6, cordón superior central: N = −20 tf.

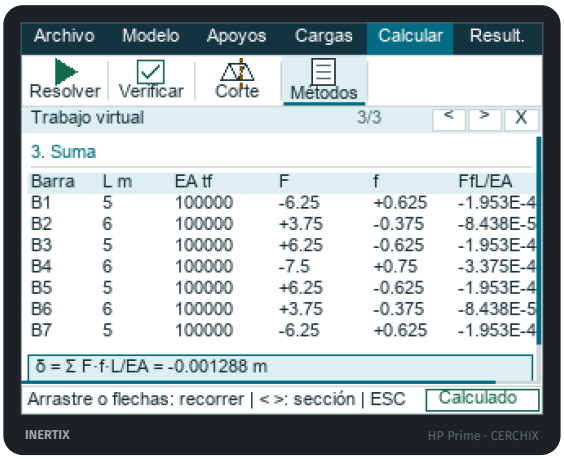
Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

Lectura. Cortante del primer panel 15 tf ⇒ diagonal $15\sqrt{2}$ = 21.213 tf. Momento en el centro 15 · 6 − 10 · 3 = 60 tf·m entre 3 m de canto ⇒ cordón 20 tf. Las barras de valor 0 son nulas por la geometría y las cargas.

5.5.2 OI-2 · Desplazamiento por trabajo virtual y Castigliano

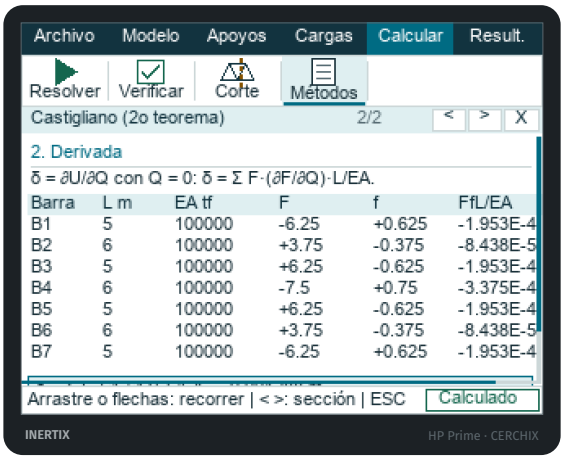
Objetivo. Obtener a mano el descenso de N3 y compararlo con el motor. **Datos.** Ejemplo guiado.

1. **Resolver el ejemplo.** [5] **Calcular** Resolver.
   TECLAS [5] [Enter]
2. **Trabajo virtual.** [5] **Calcular** Métodos, baje a `Trabajo virtual` y pulse [Enter]: el formulario `Movimiento buscado` propone el mayor desplazamiento (nudo 3, dirección *Y*).
   TECLAS [5] [▶]×3 [Enter] [▼]×4 [Enter]
3. **Aceptar y ver la suma.** `Aceptar` y dos secciones a la derecha.
   TECLAS [▼]×2 [Enter] [▶]×2
4. **Castigliano.** [Esc] y `Castigliano (2.º teorema)` con el mismo nudo, hasta la sección de la derivada.
   TECLAS [Esc] [5] [▶]×3 [Enter] [▼] [Enter] [▼]×2 [Enter] [▶]



$\delta = \sum F f L/EA = -0.001288$ m.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora



Castigliano: el mismo valor.

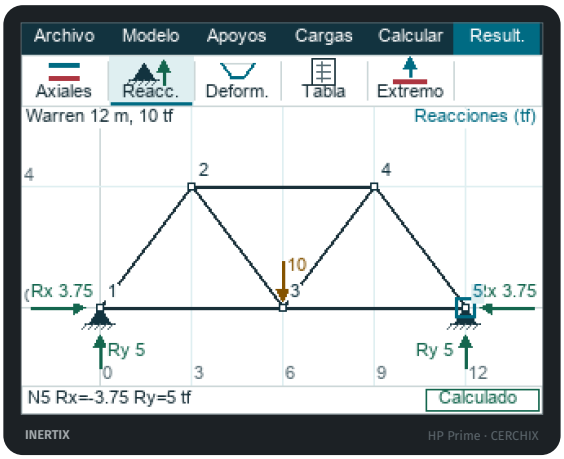
Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

Lectura. Con la carga unitaria en N3, $f = F/10$ y $\delta = \sum F^2 L/(10\,EA) = 1287.5/10^6$ m, igual al u_y del paso 11 del ejemplo guiado.

5.5.3 OI-3 · Armadura hiperestática: dos apoyos fijos

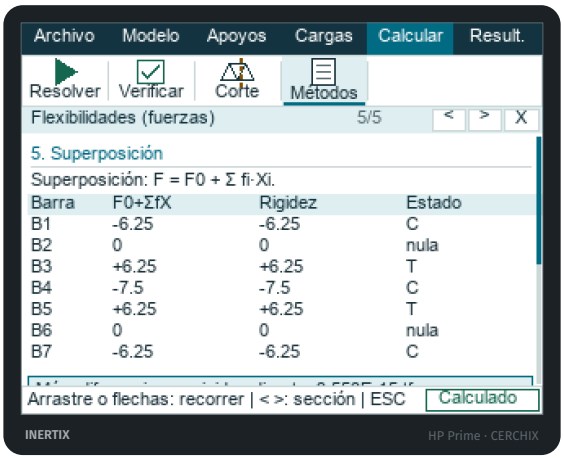
Objetivo. Ver qué cambia al impedir el movimiento horizontal de N5 ($h = 7 + 4 - 10 = 1$). **Datos.** Ejemplo guiado con apoyo fijo también en N5.

1. **Fijo en N5.** 3 **Apoyos** Fijo, elija N5 y **Enter**.
   TECLAS 3 **Enter** ◀ **Enter**
2. **Resolver.** B2 y B6 quedan con $N = 0$.
   TECLAS 5 **Enter**
3. **Reacciones.** 6 **Result.** Reacc.: aparecen R_x en los dos apoyos.
   TECLAS 6 ▶ **Enter**
4. **Verificar.** Ahora la verificación usa el método de las fuerzas.
   TECLAS 5 ▶ **Enter**
5. **Métodos en gris.** Nudos y secciones exigen una armadura isostática: aparecen en gris con el motivo.
   TECLAS **Enter** 5 ▶×3 **Enter**
6. **Flexibilidades.** `Flexibilidades (fuerzas)` hasta la sección 5, `Superposición`.
   TECLAS **Esc** 5 ▶×3 **Enter** ▼×6 **Enter** ▶×4



R_x = ±3.75 tf: el cordón inferior queda sin carga.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora



Superposición $N = N_0 + X\,n$.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

Lectura. La redundante es $R_{x5} = X$. Un par horizontal unitario solo carga B2 y B6 ($n = -1$): $X \sum n^2 L/EA = -\sum N_0\, nL/EA \Rightarrow 12X = 3.75 \cdot 12$, $X = 3.75$ tf, y B2 = B6 = 0. N3 baja menos: $u_y = -1.119 \times 10^{-3}$ m.

5.5.4 OI-4 · Dos secciones

Objetivo. Dar más área al cordón inferior y ver su efecto. **Datos.** S2 con $A = 0.01$ m^2 en B2 y B6.

1. **Sección nueva S2.** `2` **Modelo** Sección, Nueva con `▶` y $A = 0.01$.
   TECLAS `2` `▶`×4 `Enter` `▶` `▼` `0` `.` `0` `1` `Enter`
2. **Asignar S2 a B2.** `2` **Modelo** Selec.; `▼` pasa a recorrer barras. Elija B2, `Enter` abre sus propiedades y en Sección elija S2.
   TECLAS `▼` `Enter` `2` `Enter` `▼` `▶` `Enter` `▼`×2 `▶` `▼` `Enter`
3. **Asignar S2 a B6 y resolver.** Igual con B6; después `5` **Calcular** Resolver.
   TECLAS `▶`×4 `Enter` `▼`×2 `▶` `▼` `Enter` `5` `Enter`
4. **Deformada.** `6` **Result.** Deform.; `▲` pasa a recorrer nudos y se elige N3.
   TECLAS `6` `▶`×2 `Enter` `▲` `▶`×2



Sección nueva S2.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora



N3: $u_y = -1.203 \times 10^{-3}$ m.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

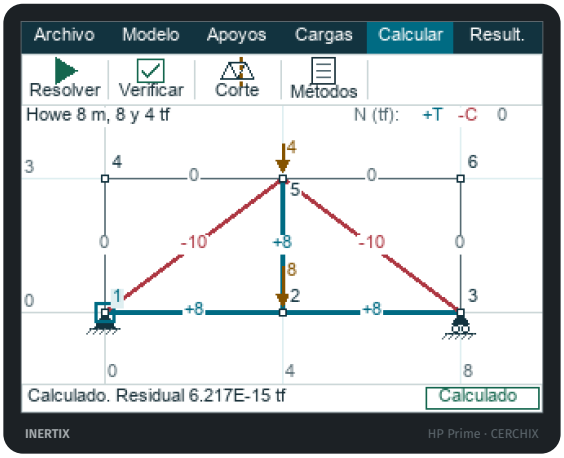
Lectura. En una isostática los axiles no dependen de EA (no cambian); los desplazamientos sí: u_y =

$(781.25 + 337.5)/10^6 + 168.75/(2 \cdot 10^6) = 1203.125/10^6$ m.

5.5.5 OI-5 · Howe de 8 m: barras nulas

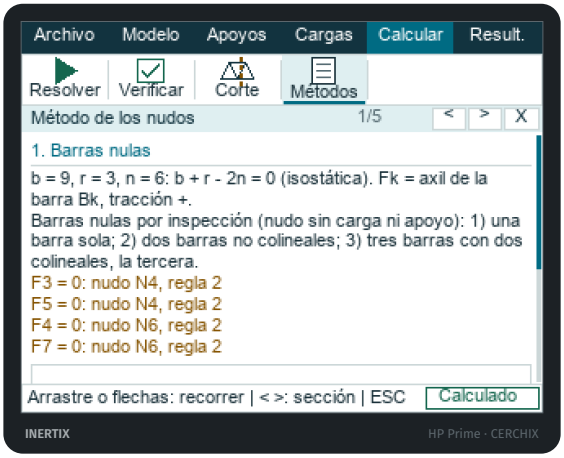
Objetivo. Reconocer las barras nulas. **Datos.** Ejemplo 3: luz 8 m, 8 tf en N2 y 4 tf en N5.

1. **Elegir el ejemplo.** 1 **Archivo** Ejemplos y baje a `Howe de 8 m`.
   TECLAS 1 ▶ Enter ▼×2
2. **Cargar y resolver.**
   TECLAS Enter 5 Enter
3. **Método de los nudos.** Sección 1, `Barras nulas`.
   TECLAS 5 ▶×3 Enter×2



Diagonales −10 tf, montante central +8 tf; cuatro barras nulas.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora



Barras nulas por las reglas de nudo.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

Lectura. Un nudo sin carga ni apoyo con dos barras no colineales, o con tres barras de las que dos son colineales, anula las barras indicadas.

5.5.6 OI-6 · Aviso: faltan apoyos

Objetivo. Ver cómo responde CERCHIX a un mecanismo. **Datos.** Ejemplo guiado sin el apoyo de N5.

1. **Quitar el apoyo de N5.** 3 **Apoyos** Quitar, elija N5 y Enter.
   TECLAS 3 ▶×3 Enter ◀ Enter
2. **Intentar resolver.** El motor rechaza el mecanismo con la ventana `Revisar entrada`.
   TECLAS 5 Enter
3. **Cerrar y reponer el rodillo.** Enter cierra el aviso; 3 **Apoyos** Móvil X en N5 y 5 **Calcular** Resolver.
   TECLAS Enter 3 ▶ Enter×2 5 Enter



«No se puede calcular. Faltan apoyos…»: el modelo se conserva.

6 Errores y avisos

Mensaje o situación	Qué hacer
«Resultados pendientes»	El modelo cambió: 5 **Calcular** Resolver o toque `Calcular`.
«Resultados pendientes. ¿Calcular ahora?»	Una vista de resultados lo pregunta; si responde que no, el modelo se conserva sin calcular.
«Faltan apoyos: la armadura necesita al menos 3 reacciones…»	Asigne apoyos con 3 **Apoyos** Fijo, `Móvil X` o `Móvil Y` (caso OI-6).
«La armadura es un mecanismo…»	Se mueve sin deformar las barras: añada barras o apoyos.
«Ya existe la barra B…», «Ya existe el nudo N…»	El objeto ya está dibujado; elija otro punto.
«Límite del motor: 20 nudos.» o «50 barras.»	Límites de la tabla de la sección 1.3.
«El corte necesita nudos a los dos lados…»	En `Corte` marque solo los nudos de un lado.
«Corte dependiente: barras paralelas/concurrentes»	Ese corte no se resuelve por Ritter: elija otro lado.
Método en gris	Nudos y secciones exigen una armadura isostática; el motivo aparece en la lista.
«Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular»	Vea el recuadro siguiente.

Interrupción con la tecla ON

Si un cálculo o un procedimiento largo se corta con On, la HP Prime detiene el programa. Al volver a abrir CERCHIX, el modelo se recupera tal como estaba antes del cálculo, los resultados quedan **pendientes** y la línea de estado dice `Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`. Basta con 5 **Calcular** Resolver. La versión para TI-Nspire no tiene este corte.

7 Referencia de menús y opciones

7.1 1 · Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Crea una plantilla `Pratt`, `Howe` o `Warren`, o un modelo `Vacía`. Campos: Tipo, Paneles, Ancho (m), Altura (m) y Carga P (tf). Muestra una vista previa con el número de nudos y barras.
Ejemplos	Carga un caso y **sustituye el modelo**: `Warren de 12 m: 10 tf en el centro` (el ejemplo de esta guía), `Warren de 8 m: 10 tf en el centro`, `Howe de 8 m: cargas de 8 y 4 tf` y `Pratt a dos aguas de 6 m: 12 tf`.
Ayuda	Documento desplazable con el resumen de menús, teclado y convenciones.
Unidades	Elige el sistema de unidades: `tf, m`, `kN, m` o `kip, pie` (sección 1.3).
Salir	Pide confirmación. El modelo queda en memoria para la próxima sesión.

7.2 2 · Modelo

Orden	Qué hace
Selec.	Elige nudos y barras. Enter (o un segundo toque) abre sus propiedades: en un nudo, X, Y, apoyo, F_x y F_y; en una barra, nudos i, j y sección.
Nudo	Coloca nudos sobre la rejilla.
Barra	Dibuja barras encadenadas entre puntos de la rejilla y crea los nudos que falten. Avisa si la barra ya existe.
Borrar	Borra la barra seleccionada, o el nudo con sus barras, apoyo y cargas (pide confirmación).
Sección	Área A y módulo E de la sección activa. La opción `Nueva` crea otra sección (S2, S3, ...).
Rejilla	Paso X y Paso Y de la rejilla de dibujo, en metros.

7.3 3 · Apoyos y 4 · Cargas

Orden	Qué hace
Fijo	Restringe X e Y: reacciones R_x y R_y.
Móvil X	Rodillo libre en X: solo reacción R_y.
Móvil Y	Rodillo libre en Y: solo reacción R_x.
Quitar (Apoyos)	Elimina el apoyo del nudo elegido.
Fuerza	Abre F_x, F_y (tf) del nudo elegido. Las flechas se dibujan proporcionales a la magnitud.
Quitar (Cargas)	Borra las cargas del nudo elegido.

7.4 5 · Calcular

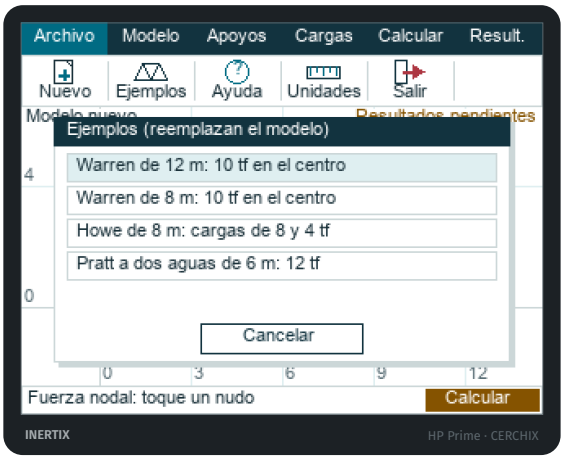
Orden	Qué hace
Resolver	Resuelve por rigidez directa y muestra los axiles.
Verificar	Resuelve otra vez por un método independiente (nudos si la cercha es isostática; fuerzas si es hiperestática) y compara: `COINCIDE`.
Corte	Corte de Ritter: se marcan los nudos de un lado y el programa da los axiles de 1 a 3 barras cortadas.
Métodos	Lista de procedimientos paso a paso (tabla siguiente).

Método	Contenido del procedimiento
Matricial de rigidez	GDL, k_e de cada barra, K y K_{ff}, desplazamientos, fuerzas por barra y reacciones.
Restricciones cinemáticas	Matriz A, $K = A^T kA$, y vectores q, p, P.
Método de los nudos	Barras nulas, reacciones globales, cuerpo libre de cada nudo y resultado.
Método de las secciones	Reacciones, un corte por sección con su punto de Ritter y resultado.
Trabajo virtual	Sistema real, carga unitaria y tabla $\sum N\,n\,L/EA$.
Castigliano (2.º teorema)	Carga ficticia Q y derivada $\partial U/\partial Q$.
Flexibilidades (fuerzas)	Grado, estructura primaria, caso 0, casos unitarios, compatibilidad y superposición.

Los métodos de los nudos y de las secciones exigen una armadura isostática con tres reacciones; en otro caso aparecen en gris. Trabajo virtual y Castigliano piden el nudo y la dirección del desplazamiento buscado (por omisión, el mayor). En el visor: ▲ ▼ desplazan, ◀ ▶ o Enter cambian de sección, + − desplazan las matrices anchas y Esc cierra.

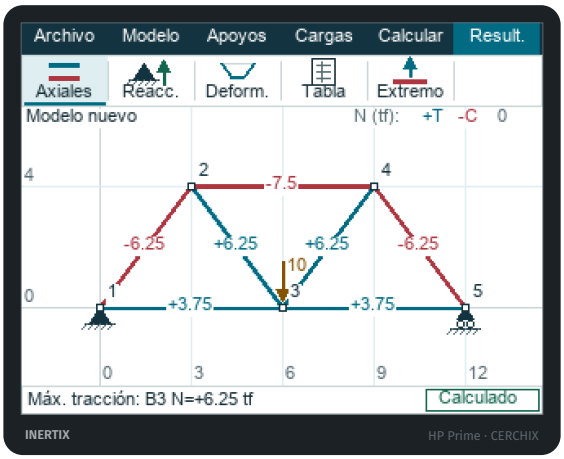
7.5 6 · Result.

Orden	Qué hace
Axiales	Axil de cada barra sobre la cercha, con color según el signo.
Reacc.	Reacciones dibujadas en los apoyos.
Deform.	Deformada amplificada; la línea de estado da u_x, u_y reales del nudo seleccionado.
Tabla	Documento con axiles, reacciones, cierre y desplazamientos.
Extremo	Alterna entre la barra de máxima tracción y la de máxima compresión.



1 **Archivo** Ejemplos: casos disponibles.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora



6 **Result.** Extremo: máxima tracción.

Captura SIMULADA: PPL actual traducido a Python y dibujado; no es emulador ni calculadora

8 Fundamento teórico breve

8.1 Rigidez directa

Cada barra, de longitud L y cosenos directores $c = \Delta x/L$, $s = \Delta y/L$, aporta a los cuatro grados de libertad de sus nudos la rigidez

$$\mathbf{k}_e = \frac{EA}{L}\begin{bmatrix} c^2 & cs & -c^2 & -cs \\ cs & s^2 & -cs & -s^2 \\ -c^2 & -cs & c^2 & cs \\ -cs & -s^2 & cs & s^2 \end{bmatrix} \tag{1}$$

Ensambladas todas las barras se obtiene $\mathbf{K}$. Separando los grados de libertad libres (f) de los restringidos (r):

$$\mathbf{K}_{ff}\,\mathbf{u}_f = \mathbf{F}_f \qquad \mathbf{R} = \mathbf{K}_{rf}\,\mathbf{u}_f - \mathbf{F}_r \tag{2}$$

y el axil de cada barra sale de los desplazamientos de sus extremos i, j:

$$N = \frac{EA}{L}\left[\, c\,(u_j - u_i) + s\,(v_j - v_i)\,\right] \tag{3}$$

Donde: E módulo de elasticidad, A área, u, v desplazamientos en X e Y; $N > 0$ es tracción.

8.2 Métodos clásicos

Una armadura con b barras, r reacciones y n nudos tiene grado de hiperestaticidad

$$h = b + r - 2n \tag{4}$$

Si $h = 0$ (como en el ejemplo: $7 + 3 - 10 = 0$) basta la estática: el **método de los nudos** aplica $\sum F_x = 0$ y $\sum F_y = 0$ en cada nudo, y el **método de las secciones** toma momentos respecto al punto donde

se cortan dos de las barras seccionadas (punto de Ritter). Los desplazamientos se obtienen por **trabajo virtual**:

$$\delta = \sum_{\text{barras}} \frac{N\,n\,L}{EA} \tag{5}$$

Donde: N axil real y n axil debido a una carga unitaria en el punto y la dirección de δ.

Cómo se verifica el cálculo

`Verificar` compara la rigidez directa con un segundo método que no comparte sus ecuaciones. El *residual* de la línea de estado es el mayor desequilibrio $|\mathbf{Ku} - \mathbf{F}|$ en los grados de libertad libres; debe ser prácticamente cero.

9 Preguntas frecuentes

¿Por qué aparece «Resultados pendientes»?

Porque el modelo cambió después del último cálculo. CERCHIX no muestra resultados de una solución anterior: use 5 **Calcular** Resolver o toque `Calcular`.

¿Por qué algunos métodos están en gris?

Los métodos de los nudos y de las secciones solo valen para armaduras isostáticas con tres reacciones. Para una hiperestática use el matricial, trabajo virtual, Castigliano o flexibilidades.

Mis números de nudo o de barra no coinciden con los del ejemplo.

La numeración sigue el orden de dibujo. Los resultados son los mismos; para igualar la numeración, dibuje en el orden del paso 4 o cargue el caso con 1 **Archivo** Ejemplos.

¿Cómo corrijo una coordenada, un apoyo o una carga?

Con `Selec.` elija el nudo y pulse **Enter**: el editor reúne X, Y, apoyo, F_x y F_y.

¿Cómo escribo un valor negativo o con exponente?

Teclee el número y después − para cambiar el signo. Para 2×10^7 teclee 2 **EEX** 7.

El programa dice que no puede resolver.

Revise que haya apoyos suficientes (al menos tres restricciones que impidan el movimiento de conjunto) y que la cercha no sea un mecanismo. El mensaje indica la causa.

¿La deformada está a escala?

No: se amplifica para que se vea, y el factor aparece arriba a la derecha. Los desplazamientos de la línea de estado y de la tabla son los reales, en metros.

¿Pierdo el modelo al salir?

No. El modelo queda en memoria y reaparece la próxima vez que abra CERCHIX.

¿Puedo usar kN en lugar de tf?

Sí. Elija `kN, m` (o `kip, pie`) en 1 **Archivo** Unidades. Las cargas y los resultados se rotulan en el sistema elegido, y A y E se convierten solos (sección 1.3).