INERTIX

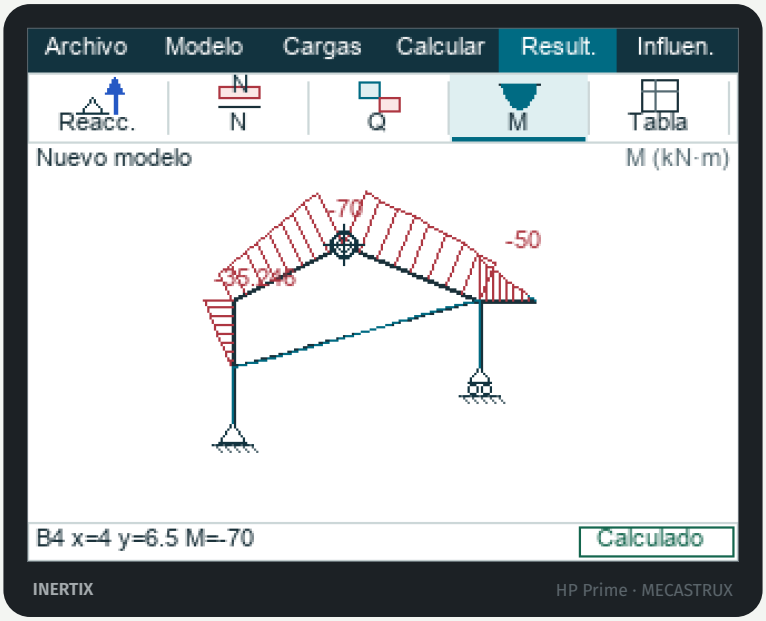
Programas de ingeniería civil para HP Prime

GUÍA DE USO

MECASTRUX

Estructuras isostáticas planas

Versión 1.0 **HP Prime G1 · G2** Estructuras · Noviembre de 2026 (revisión 4)



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. Cuándo usar cada parte . . . 4
1.3. Unidades y convenciones . . . 5
1.4. Sistema de unidades . . . 5
1.5. Límites y fuera de alcance . . . 6

2. Instalación **6**
2.1. Qué necesita . . . 6
2.2. Copiar el programa a la calculadora . . . 6

3. Licencia de uso **8**

4. La interfaz **8**
4.1. Zonas de la pantalla . . . 9
4.2. Teclas . . . 9
4.3. Editar un valor y resultados pendientes . . . 9

5. Ejemplo guiado **11**
5.1. Enunciado . . . 11
5.2. Datos . . . 11
5.3. Paso a paso . . . 11
5.4. Resultados . . . 17
5.5. Opciones importantes . . . 18

6. Referencia de menús y opciones **22**
6.1. 1 · Archivo . . . 22
6.2. 2 · Modelo . . . 23
6.3. 3 · Cargas . . . 24
6.4. 4 · Calcular . . . 24
6.5. 5 · Result. . . . 25
6.6. 6 · Influen. . . . 25

7. Fundamento teórico breve **26**

7.1. Grado hiperestático 26

7.2. Equilibrio 26

7.3. Cerchas y coeficientes de tensión 26

7.4. Subestructuración 27

7.5. Línea de influencia y tren de cargas 27

7.6. Cable con cargas verticales 27

8. Errores, avisos y preguntas frecuentes **27**

8.1. Corte con la tecla ON 27

8.2. Mensajes al calcular 28

8.3. Preguntas frecuentes 28

1 Presentación y alcance

MECASTRUX resuelve **estructuras planas isostáticas** en la calculadora HP Prime, con la resolución clásica de un curso de mecánica de estructuras: grado hiperestático, reacciones por equilibrio y condiciones de rótula, esfuerzos *N*, *Q* y *M* por tramos, cerchas por nudos y por secciones, líneas de influencia con tren de cargas, y cables. El modelo se dibuja sobre una rejilla, con barras rectas o de eje curvo, y cada resultado se puede seguir en un procedimiento paso a paso que termina comparando con el motor.

1.1 Qué calcula

- Arcos con eje parabólico, circular, senoidal o cardioide, triarticulados o combinados con barras rectas.
- Pórticos (triarticulados, con tirante o cable, múltiples con bielas) y vigas Gerber.
- Cerchas de bielas y tirantes; estructuras combinadas (arco con viga, arco con tirante, pórtico con bielas).
- Grado hiperestático y diagnóstico de mecanismo o forma crítica.
- Reacciones y diagramas de *N*, *Q* y *M* con cursor sobre cada barra.
- Líneas de influencia de reacciones y de *N*, *Q*, *M* en una sección, y la posición crítica de un tren de hasta tres cargas y una repartida.
- Cable inextensible con cargas verticales: componente *H*, reacciones, tensiones, forma y longitud.
- Nueve procedimientos paso a paso que terminan comparando con el motor.

1.2 Cuándo usar cada parte

Necesidad	Dónde
Modelo propio desde cero	1 **Archivo** Nuevo y las herramientas `Nudo`/`Barra` (ejemplo guiado).
Modelo tipo con medidas	1 **Archivo** Generar: arco, pórticos, Gerber, cerchas Pratt/Howe/Warren y cables.
Repasar un problema de libro	1 **Archivo** Ejemplos: 19 casos resueltos (sección 5.5).
Saber si se puede resolver	4 **Calcular** Grado antes de calcular.
Ver el desarrollo a mano	4 **Calcular** Métodos.
Cargas móviles	Categoría `Influen.`: línea de influencia y posición crítica del tren.
Cables	1 **Archivo** Nuevo `Cable en blanco` o un ejemplo de cable.
Trabajar en t, kip o lb	1 **Archivo** Ajustes (sección 1.4 y OI-5).

1.3 Unidades y convenciones

Magnitud	Unidad y signo
Longitud	m (o pie); ángulos en grados
Fuerza	kN, t, kip o lb (1 Archivo Ajustes); F_x positiva hacia la derecha, F_y hacia arriba
Carga repartida	kN/m (o la del sistema activo); vertical u horizontal por proyección, por longitud del eje, normal o tangencial
Reacciones	H hacia la derecha, V hacia arriba, M antihorario
Esfuerzos (barra de i a j)	N + tracción; Q + si las fuerzas a la izquierda suben; M + si tracciona la fibra inferior (se dibuja del lado traccionado)

1.4 Sistema de unidades

El sistema se elige en 1 Archivo Ajustes: las cuatro primeras filas son los sistemas (el activo aparece marcado) y la quinta es el paso de la rejilla.

Fila de Ajustes	Fuerza	Longitud	Momento	Repartida
Fuerzas en kN, longitudes en m (defecto)	kN	m	kN·m	kN/m
Fuerzas en t, longitudes en m	t	m	t·m	t/m
Fuerzas en kip, longitudes en pie	kip	pie	kip·pie	kip/pie
Fuerzas en lb, longitudes en pie	lb	pie	lb·pie	lb/pie

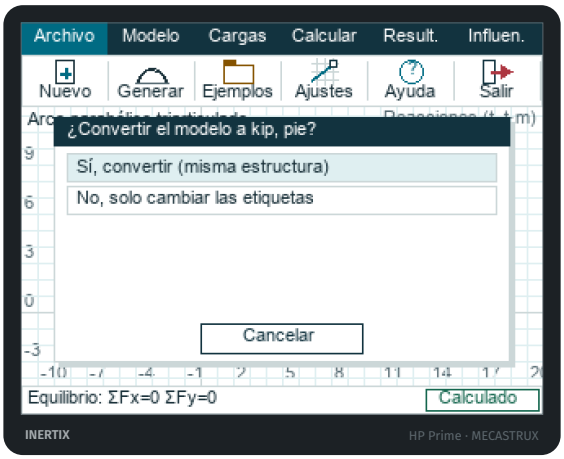
Si ya hay un modelo (nudos, tren o cable), el programa pregunta `¿Convertir el modelo a …?`:

- `Sí, convertir (misma estructura)` convierte coordenadas, medidas de las barras, cargas, tren, cable y paso de la rejilla, de modo que la estructura física es la misma (0.5 m de rejilla pasan a 1.6404 pie). Los resultados quedan pendientes; al calcular salen en el sistema nuevo.
- `No, solo cambiar las etiquetas` conserva todos los números y los resultados; solo cambian las unidades rotuladas.
- Esc no cambia nada. Sin modelo, el sistema cambia sin preguntar.

1 Archivo Ejemplos carga siempre en kN, m, porque los 19 casos están en esas unidades; `Nuevo` y `Generar` usan el sistema activo. Al salir, el sistema queda guardado.



1 **Archivo** Ajustes: los cuatro sistemas (t activo).



Pregunta al pasar a kip, pie con un modelo cargado.

1.5 Límites y fuera de alcance

⚠ Fuera de alcance

- Estructuras hiperestáticas: se detectan y se avisa, pero no se resuelven (use FRAMIX o CERCHIX).
- Deformaciones, flechas y giros; efectos térmicos y asentamientos.
- Dimensionamiento o verificación por normas.
- Cables con cargas no verticales, cargas $q(x)$ arbitrarias o cables elásticos; poleas.
- Estructuras 3D y resistencia de materiales (tensiones en secciones).

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

MECASTRUX 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 MECASTRUX 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: `MECASTRUX.hpappdir`;
   - el archivo de licencia: `LIC_MECASTRUX.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 MECASTRUX 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.

La licencia HP Prime es propia de esta plataforma; la versión TI-Nspire usa otro sistema (guía TI). Coordinación y cobertura de ambas guías: `_TI_NSPIRE/GUIAS_LATEX/MECASTRUX/`.

4 La interfaz

Al abrir el programa aparece un arco parabólico de ejemplo, todavía sin calcular. Las capturas de esta guía son ADAPTADAS: el programa PPL traducido a Python y dibujado en 320×240, no la HP Prime ni su emulador. La pantalla tiene cuatro zonas:



4.1 Zonas de la pantalla

Zona	Para qué sirve
1 Barra de menú	Seis categorías: Archivo, Modelo, Cargas, Calcular, Result. e Influen.; se abren con las teclas 1 a 6.
2 Cinta	Herramientas y órdenes de la categoría activa.
3 Lienzo	El modelo a escala sobre la rejilla, o el resultado elegido.
4 Línea de estado	Pistas, coordenadas del cursor y el chip `Calcular` / `Calculado`.

4.2 Teclas

Tecla	Acción
1 … 6	Abre la categoría del menú; ◀ ▶ recorren la cinta.
◀ ▶ ▲ ▼	Con `Nudo` o `Barra`: mueven el cursor de la rejilla. Con las demás herramientas: ◀ ▶ recorren los nudos (o las barras) y ▲ ▼ cambian entre nudos y barras. En los diagramas, mueven el cursor.
Enter	Pone el nudo o el punto del trazo, aplica la herramienta al objeto elegido o abre sus propiedades.
Del	Borra el objeto elegido (pide confirmación).
+ − 0	Acercar, alejar y encuadrar todo el modelo.
Esc	Termina un trazo, cierra la vista o el formulario, o vuelve atrás.

La pantalla táctil hace lo mismo: tocar la rejilla pone un nudo o un punto del trazo, tocar un objeto lo elige (y un segundo toque abre sus propiedades) y arrastrar desplaza la vista.

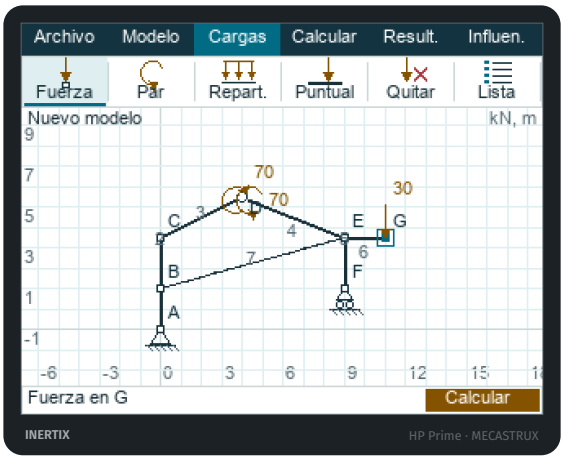
4.3 Editar un valor y resultados pendientes

En los formularios, teclear un número reemplaza el valor de la celda; ◀ ▶ mueven el cursor dentro del texto, Del borra y Enter acepta y pasa a la celda siguiente. El signo se pone con la tecla

− después de las cifras. Un dato no válido abre un aviso y la celda sigue en edición; Esc conserva el valor anterior.



Dato no válido: el aviso dice qué corregir.

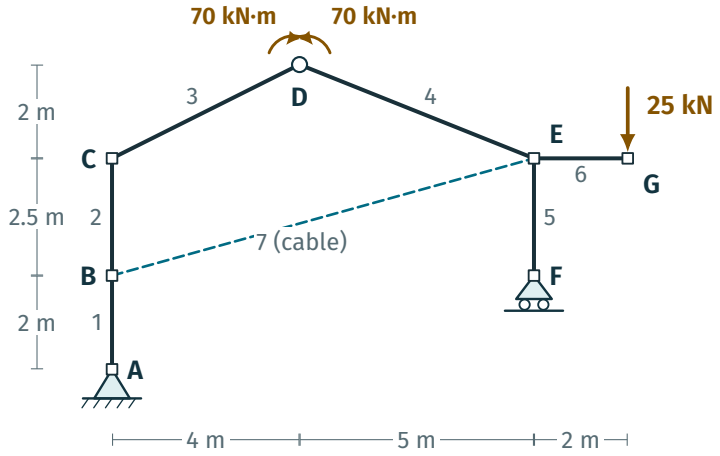


Tras editar una carga, el chip vuelve a `Calcular`.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Calcular las **reacciones de apoyo**, la **tensión del cable** y los **diagramas de esfuerzos** del pórtico de la figura. Es un pórtico a dos aguas con una **rótula en la cumbrera D**, en la que actúan dos pares de 70 kN·m (uno a cada lado de la rótula), un voladizo E-G con una carga de 25 kN y un **cable B-E** que ata las dos columnas. El apoyo A es fijo y el apoyo F es móvil (solo reacción vertical).



5.2 Datos

Nudo	x (m)	y (m)	Condición
A	0	0	Apoyo fijo
B	0	2	Anclaje del cable
C	0	4.5	—
D	4	6.5	Rótula
E	9	4.5	Anclaje del cable
F	9	2	Apoyo móvil
G	11	4.5	Extremo del voladizo

Barra	Nudos	Tipo
1	A–B	Columna
2	B–C	Columna
3	C–D	Dintel (rótula en D)
4	D–E	Dintel (rótula en D)
5	E–F	Columna
6	E–G	Voladizo
7	B–E	Tirante (cable)

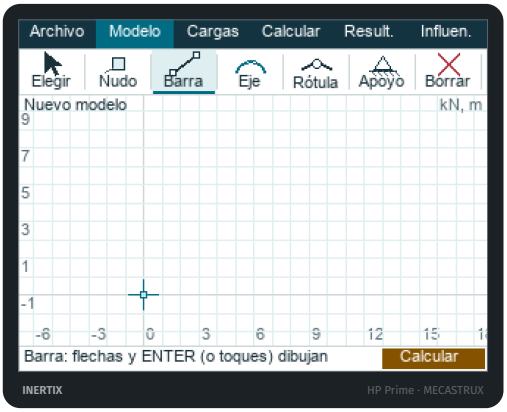
Carga	Valor
Nudo G	F_y = −25 kN (hacia abajo)
Barra 3, extremo j (junto a D)	par M = −70 kN·m (horario)
Barra 4, extremo i (junto a D)	par M = +70 kN·m (antihorario)

Fuente: ejemplo *Pórtico con cable* de MECASTRUX (1 Archivo Ejemplos, n.º 10). Procede del problema IV.6 del *Solucionario de Estructuras Isostáticas* (J. H. Rubin de Celis M., Facultad Nacional de Ingeniería, pp. 120-125), resuelto a mano por equilibrio y condición de rótula.

5.3 Paso a paso

El modelo se construye desde cero con el teclado. El orden del trazo fija la numeración: los nudos se llaman A, B, C… en el orden en que se crean y las barras 1, 2, 3…

1 Estructura en blanco con rejilla de 1 × 0.5 m



TECLAS

1 Enter ×2 1 Enter 0 . 5 Enter ×2

1 Archivo Nuevo y `Estructura en blanco` piden el paso de la rejilla: 1 m en *x* y 0.5 m en *y*, suficiente para todas las cotas del pórtico. Al aceptar queda activa la herramienta `Barra` con el cursor en el origen.

✔ **Debe verse:** Lienzo vacío «Nuevo modelo», herramienta Barra activa y cursor en (0; 0)

2 Trazo A-B-C-D-E-F: columna, dintel inclinado y columna



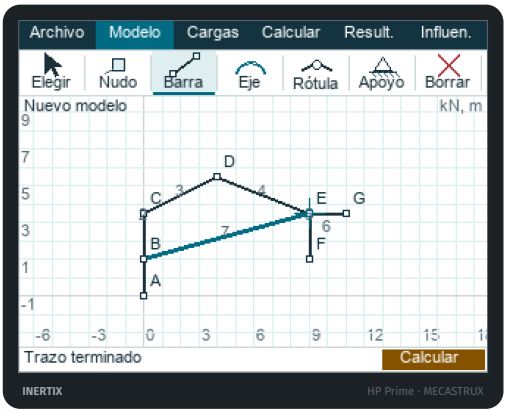
TECLAS

Enter ▲ ×4 Enter ▲ ×5 Enter ▶ ×4 ▲ ×4 Enter ▶ ×5 ▼ ×4 Enter ▼ ×5 Enter Esc

Cada Enter fija un punto del trazo: crea el nudo si no existe y la barra desde el punto anterior. Las flechas llevan el cursor de (0; 0) a (0; 2), (0; 4.5), (4; 6.5), (9; 4.5) y (9; 2); la línea de estado muestra sus coordenadas. Esc termina el trazo.

✔ **Debe verse:** Seis nudos A a F y cinco barras; el trazo termina con Esc

3 Voladizo E-G y cable B-E



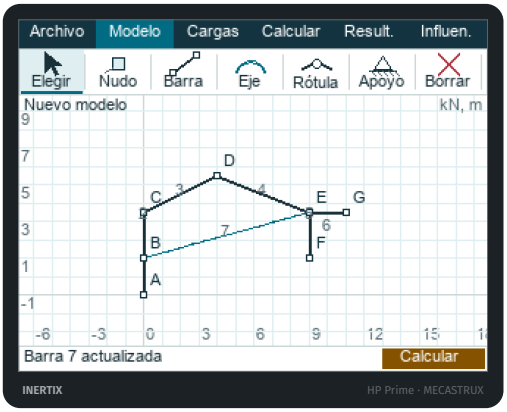
TECLAS

▲ ×5 Enter ▶ ×2 Enter Esc ◀ ×11 ▼ ×5 Enter ▶ ×9 ▲ ×5 Enter Esc

Un segundo trazo parte de E y llega a G (11; 4.5); un tercero une B con E. Al empezar sobre un nudo existente el programa lo reutiliza, así que no se duplican nudos.

✔ **Debe verse:** Nudo G en (11; 4.5), barra 6 = E-G y barra 7 = B-E

4 Convertir la barra 7 en tirante



TECLAS

2 Enter ×2 ▶ ×2 ▼ Enter

Con 2 **Modelo** Elegir la última barra trazada (B-E) ya está elegida: Enter abre sus propiedades y en `Tipo` se elige `Tirante`. Un tirante es una biela que solo admite tracción; se dibuja discontinuo.

✔ **Debe verse:** La barra B-E se dibuja como tirante (línea discontinua)

5 Rótula en la cumbrera D



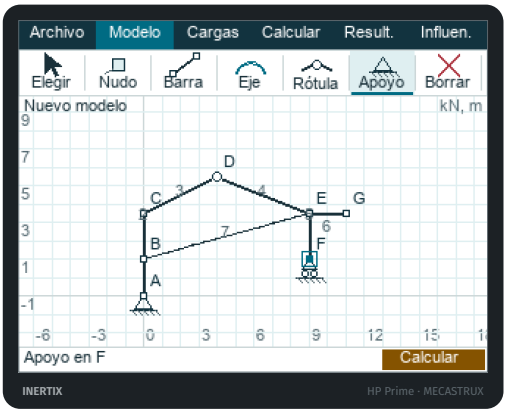
TECLAS

2 ▶ ×4 Enter ▲ ▶ ×3 Enter

2 **Modelo** Rótula: ▲ pasa de barras a nudos y ▶ avanza hasta D. Enter articula todas las barras que llegan a D: en la rótula el momento es nulo.

✔ **Debe verse:** Círculo de rótula en D; abajo «Rótula en D»

6 Apoyo fijo en A y apoyo móvil en F



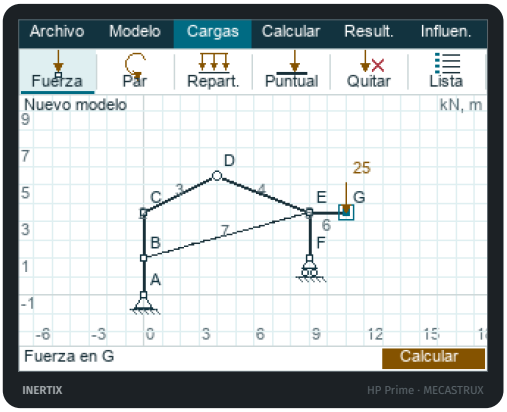
TECLAS

2 ▶ ×5 Enter ◀ ×3 Enter ▼ Enter ▶ ×5 Enter
▶ ▼ ×2 Enter

2 **Modelo** Apoyo sobre A abre el formulario con `Fijo`. Sobre F se cambia el tipo a `Móvil` con ▶; la dirección de la reacción es 90° (vertical).

✔ **Debe verse:** Apoyo fijo bajo A y rodillo bajo F (reacción vertical)

7 Carga de 25 kN hacia abajo en G



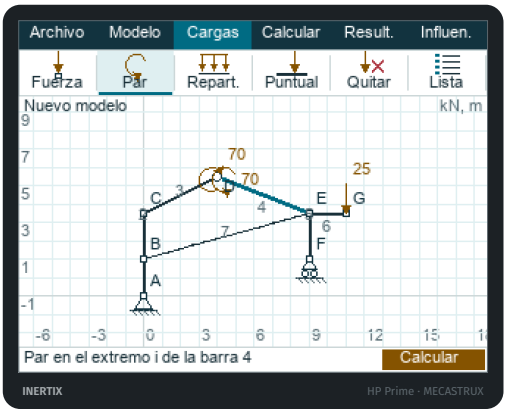
TECLAS

3 Enter ▶ Enter ▼ 2 5 − Enter ×2

3 **Cargas** Fuerza sobre G: en F_y se teclea 25 y luego −, porque la carga va hacia abajo.

✔ **Debe verse:** Flecha de 25 kN en el extremo del voladizo

8 Pares de 70 kN·m a ambos lados de la rótula D



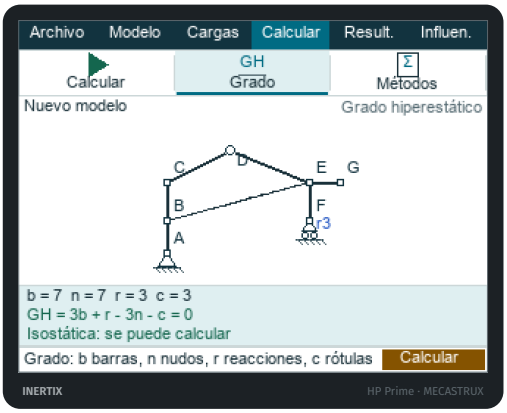
TECLAS

3 ▶ Enter ▼ ▶ ×2 Enter ▶ ▼ 7 0 − Enter ×2
▶ Enter ▼ 7 0 Enter ×2

En una rótula un par no se puede aplicar al nudo, sino al extremo de una barra. 3 **Cargas** Par sobre la barra 3: extremo `j (fin)` y M = −70 (horario). Luego la barra 4: extremo `i (inicio)` y M = +70.

✔ **Debe verse:** Dos arcos de par junto a D: −70 en el extremo j de la barra 3 y +70 en el extremo i de la barra 4

9 Comprobar el grado hiperestático



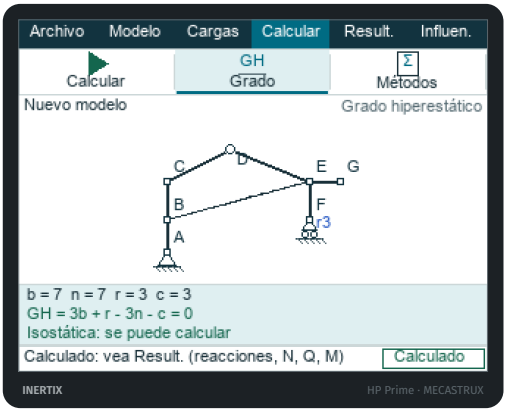
TECLAS

4 ▶ Enter

4 **Calcular** Grado cuenta barras, nudos, reacciones y condiciones de rótula. Con b = 7, n = 7, r = 3 y c = 3 resulta $GH = 3b + r - 3n - c = 0$: la estructura es isostática y se puede calcular.

✔ **Debe verse:** b = 7, n = 7, r = 3, c = 3 → GH = 3b + r − 3n − c = 0: isostática

10 Calcular



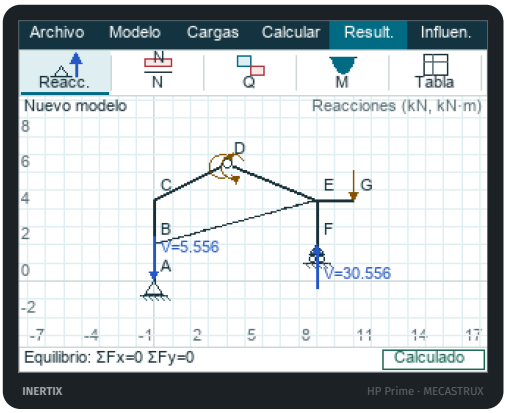
TECLAS

4 Enter

4 **Calcular** Calcular resuelve el equilibrio. El chip pasa a `Calculado`.

✔ **Debe verse:** Chip «Calculado» y mensaje «Calculado: vea Result.»

11 Reacciones



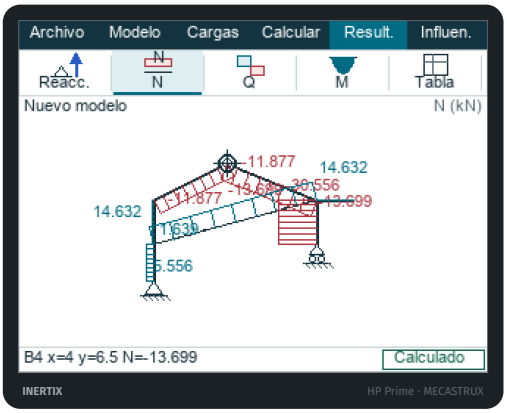
TECLAS

5 Enter

5 **Result.** Reacc.: V_A = 5.556 kN hacia abajo y V_F = 30.556 kN hacia arriba; H_A = 0. La reacción en A es negativa porque el voladizo cargado levanta el lado izquierdo.

✔ **Debe verse:** V = 5.556 kN hacia abajo en A y V = 30.556 kN hacia arriba en F

12 Fuerza normal: el cable trabaja a tracción



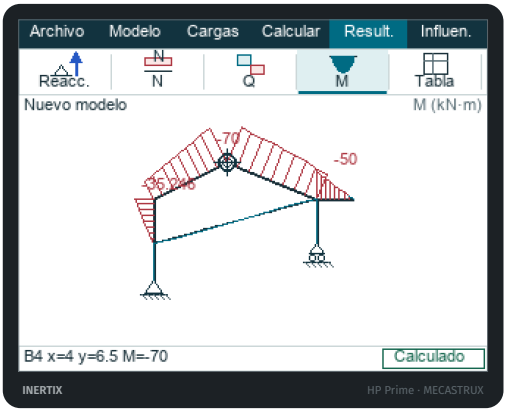
TECLAS

5 ▶ Enter

5 **Result.** N dibuja la fuerza normal: el cable B-E queda en tracción con 14.632 kN y la columna E-F en compresión. Las flechas recorren las barras y la línea de estado da el valor en el cursor.

✔ **Debe verse:** Diagrama N: tirante con +14.632 kN

13 Momento flector



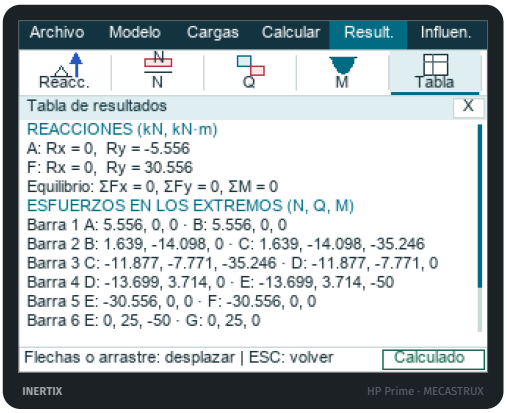
TECLAS

5 ▶ ×3 Enter

5 **Result.** M: el diagrama se dibuja del lado traccionado. Junto a D aparecen los saltos de 70 kN·m de los pares, −35.246 kN·m en C y −50 kN·m en E por el voladizo.

✔ **Debe verse:** Diagrama M del lado traccionado: −70 kN·m a cada lado de D, −50 kN·m en E (voladizo)

14 Tabla de resultados



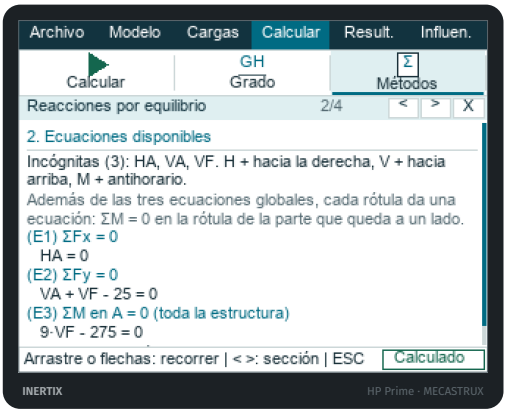
TECLAS

5 ▶ ×4 Enter

5 **Result.** Tabla reúne las reacciones, la comprobación de equilibrio ($\sum F_x = \sum F_y = \sum M = 0$) y N, Q, M en los extremos de cada barra.

✔ **Debe verse:** Reacciones, equilibrio ΣFx = 0 y ΣFy = 0, y esfuerzos en los extremos de cada barra

15 Procedimiento: ecuaciones de equilibrio



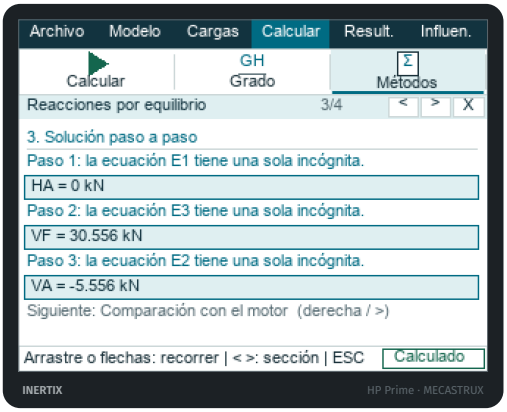
TECLAS

Esc 4 ▶ ×2 Enter ▼ Enter ▶

4 **Calcular** Métodos y `Reacciones por equilibrio`. La sección 2 plantea las tres ecuaciones globales. El cable cierra un anillo, así que la rótula D no separa la estructura y su condición incluye la tensión del cable: por eso no aparece como ecuación de reacciones.

✔ **Debe verse:** Sección 2: incógnitas HA, VA y VF y las tres ecuaciones globales ΣFx, ΣFy y ΣM en A

16 Solución paso a paso de las reacciones



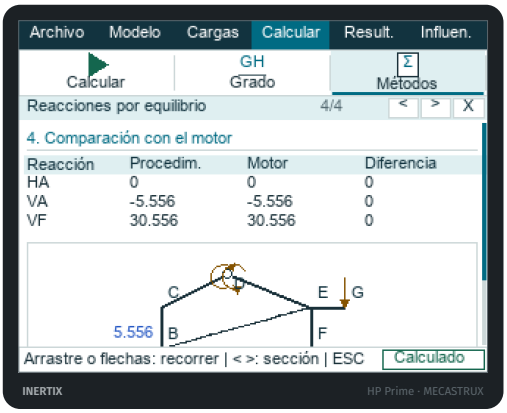
TECLAS

▶

La sección 3 resuelve en orden: cada paso indica la ecuación que tiene una sola incógnita y la reacción que despeja.

✔ **Debe verse:** Sección 3: cada paso con la ecuación usada y la reacción obtenida

17 Comparación con el motor



TECLAS

▶

La sección 4 compara el procedimiento con el motor (diferencia 0) y muestra el equilibrio global con las reacciones.

✔ **Debe verse:** Sección 4: procedimiento = motor (diferencia 0) y equilibrio global

5.4 Resultados

Resultados del ejemplo

Las reacciones, la tensión del cable y los momentos característicos coinciden con la solución de referencia.

Magnitud	Referencia	HP Prime	Estado
Reacción V_A	−5.556 kN	−5.556 kN	Coincide (hacia abajo)
Reacción H_A	0	0	Coincide
Reacción V_F	30.556 kN	30.556 kN	Coincide
Tensión del cable T	14.633 kN	14.632 kN	Coincide (la fuente redondea)
Momento en C (barras 2 y 3)	−35.25 kN·m	−35.246 kN·m	Coincide
Momento junto a D (a cada lado)	−70 kN·m	$\lvert M\rvert_{\text{máx}}$ = 70 kN·m	Coincide
Momento en E (barras 4 y 6)	−50 kN·m	−50 kN·m	Coincide
Normal en la columna E-F	−30.556 kN	−30.556 kN	Compresión

Signos: reacciones + hacia la derecha y hacia arriba; N positivo = tracción; M positivo si tracciona la fibra inferior (el diagrama se dibuja del lado traccionado). Valores de HP Prime redondeados a 3 decimales desde `_dev/resultados_hp.json` (captura ADAPTADA).

Cómo leer los resultados

- **Reacciones.** V_A negativa significa que el apoyo A tira hacia abajo: el voladizo cargado hace girar el pórtico alrededor de F y levanta A. $H_A = 0$ porque no hay cargas horizontales y el móvil F no da H.
- **Cable.** El tirante B–E trabaja a tracción (14.632 kN): es él quien cierra el pórtico y evita que la rótula D se abra. Si el cálculo diera compresión, la tabla avisaría de un tirante comprimido.
- **Momentos.** Los pares de 70 kN·m producen el salto del diagrama junto a D; en la rótula misma el momento es nulo. El máximo $|M|$ es 70 kN·m; el voladizo da −50 kN·m en E (25 kN × 2 m).
- **Normales.** La columna E–F está comprimida con la misma magnitud que V_F; las columnas A–B y B–C reciben, además de V_A, la componente vertical del cable.

Comprobación a mano

$$\begin{aligned}
\textstyle\sum M_A = 0: &\quad 9\,V_F - 25\cdot 11 - 70 + 70 = 0 \;\Rightarrow\; V_F = 30.556\ \text{kN}\\
\textstyle\sum F_y = 0: &\quad V_A + 30.556 - 25 = 0 \;\Rightarrow\; V_A = -5.556\ \text{kN}\\
\textstyle\sum F_x = 0: &\quad H_A = 0\\
\textstyle\sum M_D^{\text{izq}} = 0: &\quad 4\,V_A - 4.5\,T\cos\varphi + 4\,T\sin\varphi + 70 = 0,\quad \tan\varphi = 2.5/9 \;\Rightarrow\; T = 14.632\ \text{kN}
\end{aligned}$$

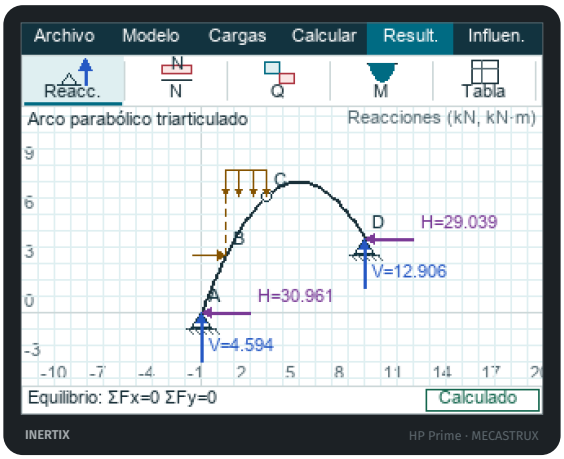
5.5 Opciones importantes

Cinco casos cortos cubren lo que el ejemplo principal no toca: ejes curvos y cargas en barras curvas, cerchas con el método de Ritter, líneas de influencia con tren de cargas, cables y cambio de unidades. Los cuatro primeros se cargan con 1 **Archivo** Ejemplos (la lista numera los 19 casos) y se calculan con 4 **Calcular** Calcular: un ejemplo se carga sin calcular y reemplaza el modelo actual. Las cifras de la columna HP Prime son las del programa, redondeadas; la referencia es la del libro.

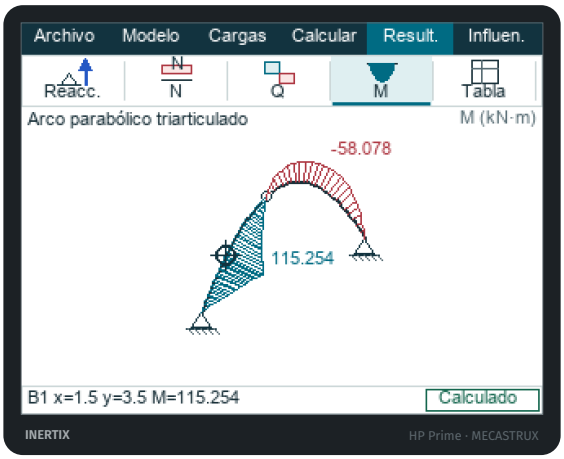
OI-1. Arco parabólico triarticulado (ejemplo 1)

Objetivo: resolver un arco de eje curvo con cargas sobre el propio arco. Eje $y = \frac{8}{3}x - \frac{2}{9}x^2$ (L = 12 m, f = 8 m), apoyos fijos A en $x = 0$ y D en $x = 10$, rótula C en $x = 4$, una **puntual horizontal** de 60 kN en $x = 1.5$ y 7 kN/m verticales entre $x = 1.5$ y 4. Fuente: Solucionario de arcos (I. Choqueticlla T.), problema 1, y Solucionario de Estructuras Isostáticas, problema VI.1.

1. 1 **Archivo** Ejemplos, `Arco parabólico triarticulado` y 4 **Calcular** Calcular.
2. 5 **Result.** Reacc.: las cuatro reacciones con flecha en su sentido real.
3. 5 **Result.** M: el diagrama sobre el eje curvo, del lado traccionado; el cursor recorre las estaciones.



5 **Result.** Reacc.: reacciones del arco.



5 **Result.** M: 115.254 kN·m en x = 1.5 m.

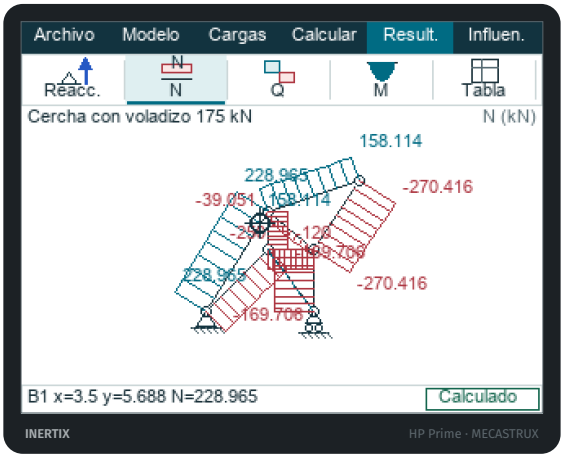
Resultado	Referencia	HP Prime
V_A / H_A	4.592 / −30.961 kN	4.594 / −30.961 kN
V_D / H_D	12.908 / −29.039 kN	12.906 / −29.039 kN
M en x = 1.5 m	115.252 kN·m	115.254 kN·m

Cómo leerlo: las dos H negativas indican que el arco empuja hacia fuera los apoyos (las reacciones van hacia dentro). La diferencia en la tercera cifra decimal procede del redondeo intermedio del libro. El máximo $|M|$ está bajo la carga horizontal, donde el diagrama cambia de pendiente.

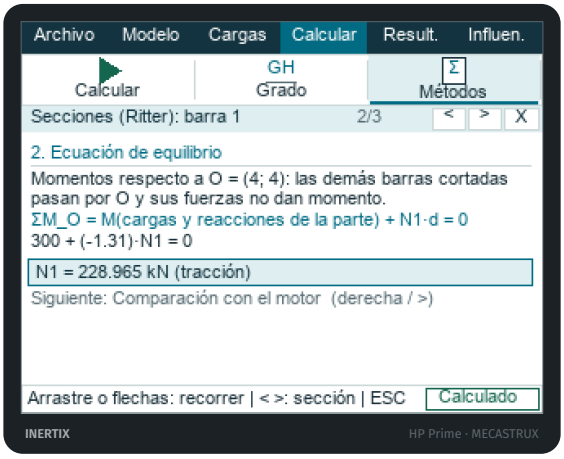
OI-2. Cercha con voladizo y método de Ritter (ejemplo 14)

Objetivo: obtener los axiles de una cercha y comprobar uno por secciones. Cercha de 6 nudos y 9 barras con 175 kN en el extremo del voladizo. Fuente: Solucionario de Estructuras Isostáticas, problemas VIII.2 y VIII.3.

1. Cargue y calcule el ejemplo 14; 5 **Result.** N dibuja tracción en azul y compresión en rojo.
2. 4 **Calcular** Métodos, `Cercha: secciones (Ritter)`; el formulario pide la barra que se corta (barra 1). La sección 2 escribe la ecuación de momentos respecto a la intersección de las otras dos barras.



5 **Result.** N: tracción en azul, compresión en rojo.



Ritter para la barra 1: N_1 = 228.965 kN.

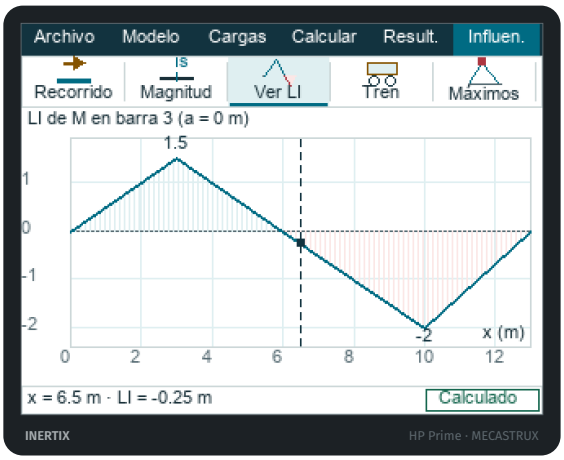
Barra	Referencia	HP Prime
A–D	+228.973 kN	+228.965 kN
E–F	−270.417 kN	−270.416 kN
E–B	−250 kN	−250 kN
C–B	0	0

Cómo leerlo: una barra con $N = 0$ (C–B) no trabaja con esta carga, pero no puede quitarse sin volver inestable la cercha. `Cercha: método de los nudos` y `Coeficientes de tensión` usan el mismo caso.

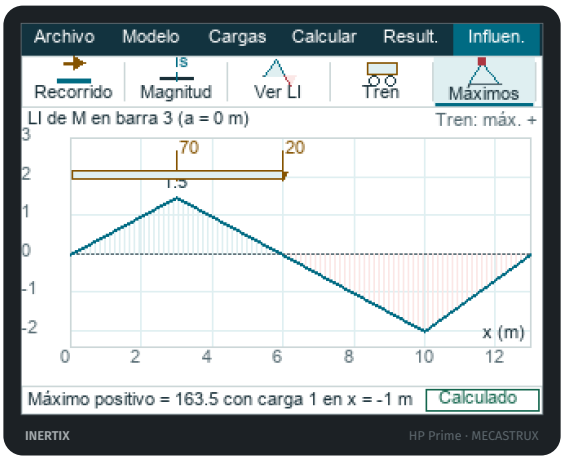
OI-3. Línea de influencia y tren de cargas (ejemplo 13)

Objetivo: hallar el momento máximo que produce un tren móvil en una sección. Pórtico con rótula en $x = 10$ m; magnitud: M en la sección s ($x = 3$ m); tren 50 kN, 70 kN (a 4 m) y 20 kN (a 7 m) con 13 kN/m entre la primera y la última carga. El ejemplo ya trae el recorrido, la magnitud y el tren. Fuente: Solucionario de Estructuras Isostáticas, problema VII.3.

1. Cargue y calcule el ejemplo 13. `6` **Influen.** Ver LI: la línea con las áreas + y − y sus ordenadas; ◄ ► mueven la carga unitaria y la línea de estado da x y η.
2. `6` **Influen.** Máximos: el tren en la posición del máximo positivo; otra pulsación da el negativo.



`6` **Influen.** Ver LI: ordenadas +1.5 y −2.



`6` **Influen.** Máximos: tren en la posición del máximo positivo.

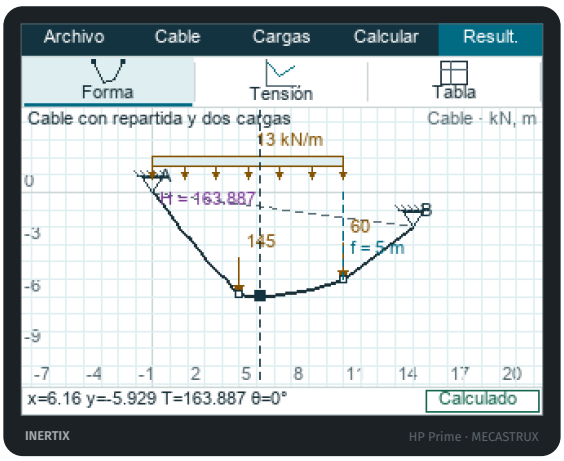
Resultado	Referencia	HP Prime
Ordenadas de la LI en $x = 3$ y $x = 10$ m	+1.5 / −2 m	+1.5 / −2 m
Momento máximo positivo	163.5 kN·m	163.5 kN·m (carga 1 en $x = -1$ m)
Momento máximo negativo	−231 kN·m	−231 kN·m (carga 1 en $x = 6$ m)

Cómo leerlo: «carga 1 en x» es la posición de la primera carga del tren; un valor negativo indica que esa carga está fuera del recorrido y solo actúan las siguientes. Para diseñar se toman ambos extremos.

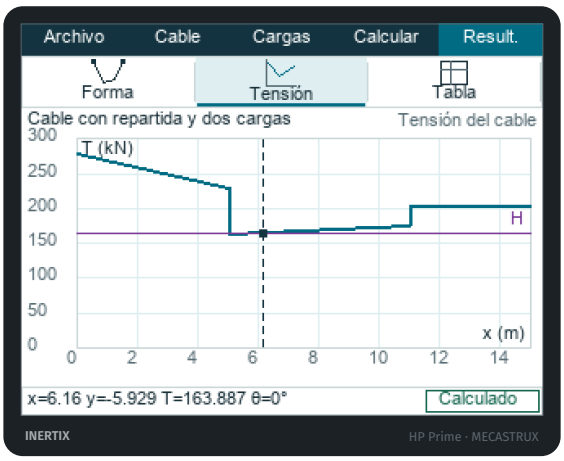
OI-4. Cable con repartida y dos cargas (ejemplo 19)

Objetivo: forma y tensiones de un cable inextensible. Luz 15 m, apoyo B 2 m más bajo, 13 kN/m entre x = 0 y 11 m, 145 kN en x = 5 m y 60 kN en x = 11 m; condición: flecha de 5 m bajo A en x = 11 m. Fuente: Solucionario de Estructuras Isostáticas, problema IX.4.

1. Cargue y calcule el ejemplo 19 (el programa pasa al modo cable: categorías Cable, Cargas, Calcular y Result.).
2. 5 **Result.** Forma: el cable a escala con apoyos, cargas y H; el cursor da x, y, T y θ.
3. 5 **Result.** Tensión: $T(x)$ con la recta H; el máximo está en el apoyo A.



5 **Result.** Forma: forma del cable y H.



5 **Result.** Tensión: $T(x)$ con el máximo en A.

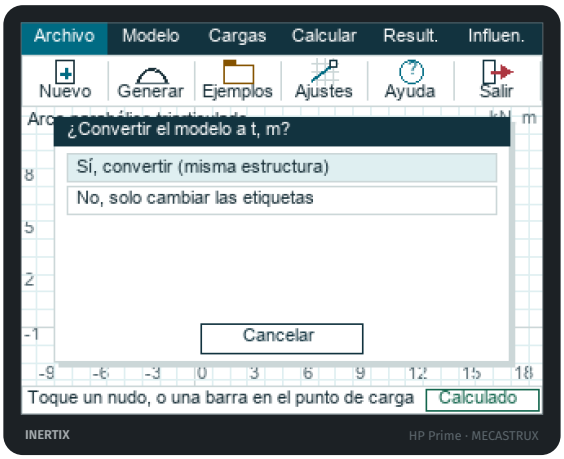
Resultado	Referencia	HP Prime
H / V_A / V_B	163.887 / 225.085 / 122.915 kN	163.887 / 225.085 / 122.915 kN
Tensión en el tramo C–D	204.859 kN	204.858 kN
Punto más bajo	5.929 m en x = 6.16 m	5.929 m en x = 6.16 m

Cómo leerlo: H es constante en todo el cable (solo hay cargas verticales); la tensión crece con la pendiente. Con 2 **Cable** Condición se puede fijar H o la longitud total en lugar de la flecha (ejemplo 18: cable de longitud 25 m).

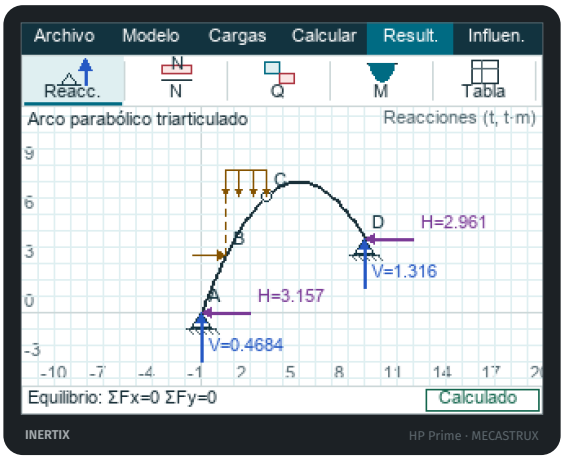
OI-5. Cambiar las unidades a toneladas fuerza

Objetivo: trabajar en t en lugar de kN. Con el arco del OI-1 calculado:

1. 1 **Archivo** Ajustes y `Fuerzas en t, longitudes en m`.
2. El programa pregunta `¿Convertir el modelo a t, m?:Sí, convertir (misma estructura)` divide todas las cargas entre 9.80665 y deja los resultados pendientes.
3. 4 **Calcular** Calcular y 5 **Result.** Reacc.: las reacciones salen en t y t·m.



Pregunta: convertir o solo etiquetas.



Reacciones del arco en t.

Resultado comprobado: V_A = 0.4684 t y H_A = −3.157 t, es decir, los valores en kN divididos entre 9.80665 (diferencia < 10^{-9}). Cambiar de unidades no cambia la estructura: solo la escala de fuerzas y momentos.

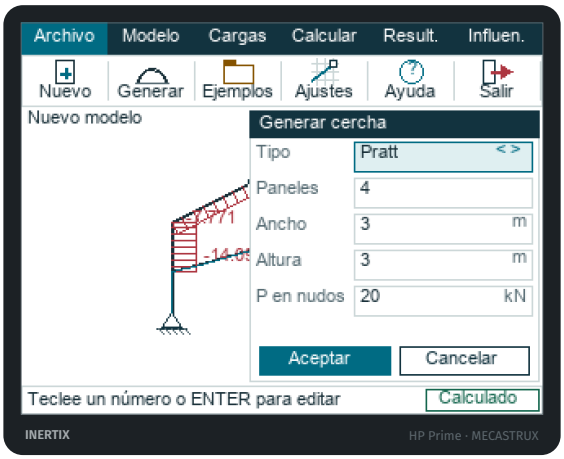
6 Referencia de menús y opciones

6.1 1 · Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	`Estructura en blanco` (pide el paso de la rejilla y deja activa `Barra`) o `Cable en blanco`.
Generar	Modelos típicos con sus medidas: arco triarticulado (parábola o circular), pórtico triarticulado, pórtico con tirante, viga Gerber de *n* tramos, cercha Pratt, Howe o Warren de *n* paneles, cable con cargas iguales y cable con repartida.
Ejemplos	19 casos de libro (arcos, pórticos, líneas de influencia, cerchas y cables); se cargan sin calcular.
Ajustes	Sistema de unidades (kN, m · t, m · kip, pie · lb, pie; sección 1.4) y paso de la rejilla.
Ayuda	Qué calcula, unidades, convenciones y teclas.
Salir	Cierra el programa (pide confirmación).



1 **Archivo** Generar.



Formulario de la cercha generada.

Generar pide solo las medidas del modelo tipo (luz, flecha o altura, número de tramos o paneles, carga) y construye nudos, barras, rótulas, apoyos y cargas con la numeración habitual; el modelo queda sin calcular y se puede editar como cualquier otro. Para un caso que no encaja en un tipo, use Nuevo.

6.2 2 · Modelo

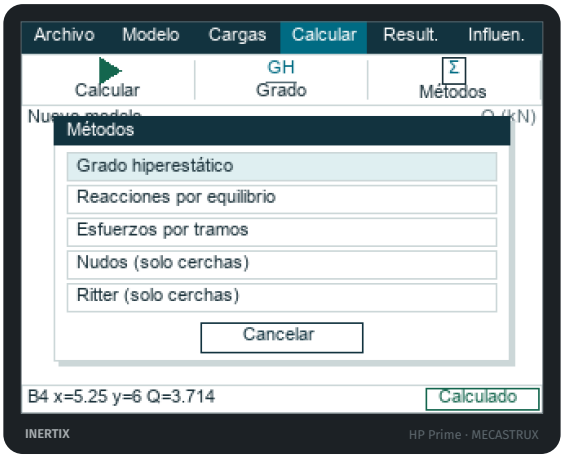
Orden	Qué hace
Elegir	Elige nudos o barras; Enter (o un segundo toque) abre sus propiedades: coordenadas del nudo; tipo de barra (barra, biela, tirante) y extremos rígidos o articulados.
Nudo	Cursor de rejilla: Enter pone un nudo; sobre un nudo existente abre sus coordenadas exactas (así se mueve un nudo). Tocar una barra inserta un nudo en ella (posición, abscisa o ángulo según el eje).
Barra	Trazo continuo: cada punto crea el nudo si falta y la barra desde el anterior; Esc termina.
Eje	Eje curvo de la barra: parábola (x_0, y_0, L, f), circular (centro y sentido), senoidal (origen, amplitud, semionda) o cardioide (polo, a, sentido). Los nudos se ajustan al eje.
Rótula	En un nudo, articula todas sus barras; en el extremo de una barra, solo ese extremo.
Apoyo	Fijo, móvil (dirección de la reacción), empotramiento, deslizadera o sin apoyo.
Borrar	Borra un nudo (con sus barras, apoyo y cargas) o una barra.

6.3 3 · Cargas

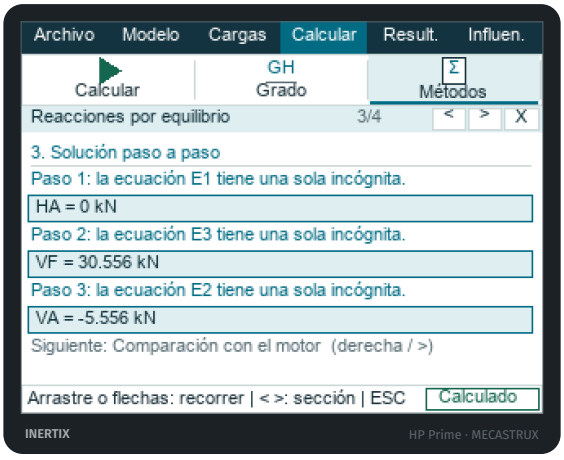
Orden	Qué hace
Fuerza	F_x y F_y en un nudo.
Par	En un nudo rígido; en una barra: extremo i, extremo j (obligatorio junto a una rótula) o punto interior.
Repart.	Varias por barra, que se suman: vertical por m de proyección horizontal (nieve), horizontal por m de proyección vertical (viento), vertical por m de barra (peso), perpendicular y axial; q inicial y final en el tramo Desde–Hasta, medido desde i (en ejes curvos, en abscisa o en ángulo).
Puntual	En el punto tocado de cualquier barra, **también curva**: vertical (+ abajo), horizontal (+ derecha), perpendicular, axial o con F_x y F_y.
Quitar	Quita todas las cargas del nudo o de la barra tocada.
Lista	Todas las cargas: Enter edita y Del borra. Un valor 0 en un formulario de carga la borra.

6.4 4 · Calcular

Orden	Qué hace
Calcular	Resuelve el modelo (o el cable). Si es hiperestático, un mecanismo o una forma crítica, lo dice.
Grado	Diagnóstico del grado hiperestático con el conteo de barras, nudos, reacciones y rótulas.
Métodos	Nueve procedimientos: grado hiperestático; reacciones por equilibrio (ecuaciones globales y de rótula en orden de solución, y comparación con el motor); esfuerzos por tramos; cercha por nudos; secciones (Ritter), que pide la barra; línea de influencia; tren de cargas; coeficientes de tensión (fuerza en cada barra por carga unitaria) y subestructuración (separa la estructura por sus rótulas y resuelve las partes en orden). Nudos, Ritter y coeficientes exigen que todas las barras sean biela o tirante; si no, el programa indica el motivo. En modo cable: reacciones, H, tensiones y forma.



4 **Calcular** Métodos.



Reacciones paso a paso.

6.5 5 · Result.

Orden	Qué hace
Reacc.	Reacciones *H*, *V* y *M* en cada apoyo.
N · Q · M	Diagramas sobre el modelo con cursor (◄ ►) a lo largo de la barra, (▲ ▼) de barra en barra); el cursor empieza en el máximo |*M*|.
Tabla	Reacciones, equilibrio y esfuerzos en los extremos de cada barra (o fuerzas en las bielas).

En modo cable la categoría ofrece `Forma` (con cursor), `Tensión` y `Tabla`.

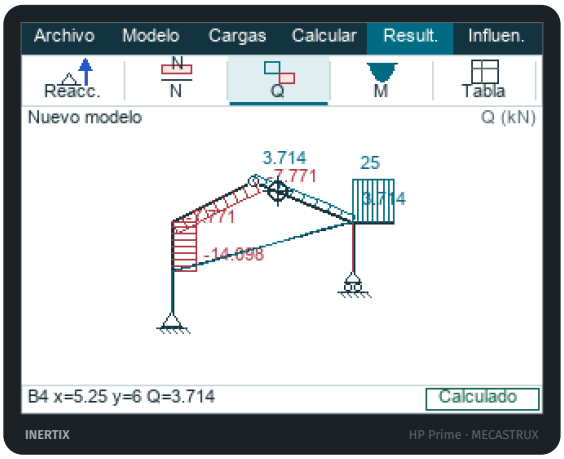


Diagrama *Q* con el cursor.

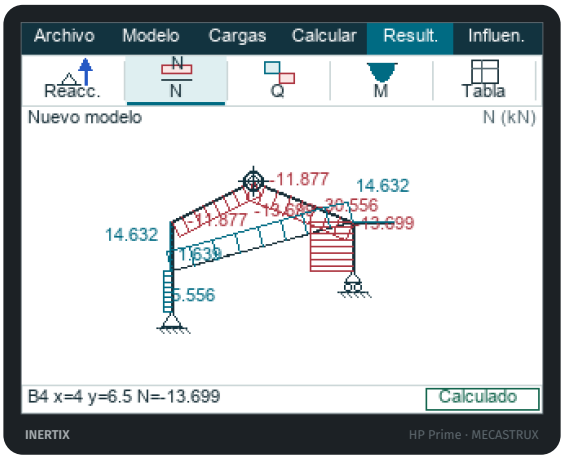


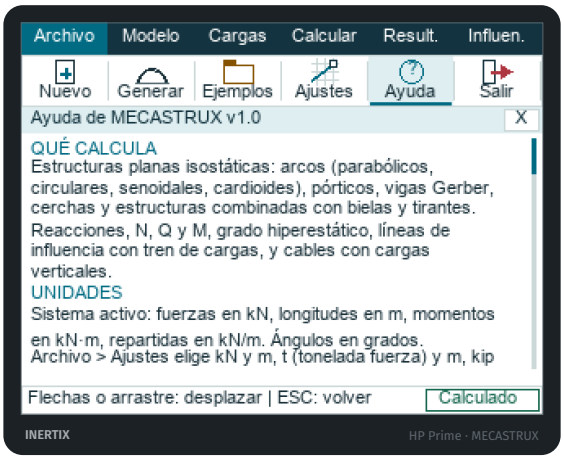
Diagrama *N* del ejemplo guiado.

6.6 6 · Influen.

Orden	Qué hace
Recorrido	Barras rectas por las que pasa la carga unitaria (tocar para añadir o quitar).
Magnitud	Reacción (R_x, R_y o *M* de un apoyo) o *N*, *Q*, *M* en una sección de una barra.
Ver LI	Línea de influencia con cursor; las ordenadas positivas y negativas se rellenan con colores distintos.
Tren	Hasta tres cargas con sus distancias, una repartida y el sentido de avance.
Máximos	Tren en la posición del máximo positivo; otra pulsación muestra el negativo.



1 **Archivo** Ajustes.



1 **Archivo** Ayuda.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Grado hiperestático

$$GH = 3b + r - 3n - c \qquad \text{(cerchas: } GH = b + r - 2n\text{)} \tag{1}$$

Donde: b barras, r reacciones, n nudos, c condiciones de rótula (una rótula que une m barras aporta $m - 1$). $GH = 0$ es necesario pero no suficiente: apoyos paralelos o concurrentes dan una forma crítica, que el programa detecta al resolver.

7.2 Equilibrio

$$\sum F_x = 0, \qquad \sum F_y = 0, \qquad \sum M_O = 0 \quad \text{(estructura completa)}$$

$$\sum M_R^{\text{parte}} = 0 \quad \text{(en cada rótula } R\text{, para la parte que queda a un lado)}$$

El motor plantea el equilibrio de cada nudo con las fuerzas en los extremos de las barras y la condición $M = 0$ en cada extremo articulado; para un isostático el sistema es cuadrado. Las cargas sobre ejes curvos se integran a lo largo del eje. Los esfuerzos en una sección salen del equilibrio de la parte izquierda:

$$N = -\mathbf{R} \cdot \mathbf{t}, \qquad Q = \mathbf{R} \cdot \mathbf{n}, \qquad M = -M_{\text{izq}} \tag{2}$$

Donde: **R** resultante de las fuerzas a la izquierda de la sección, **t** tangente del eje (de i a j), **n** la tangente girada 90°, M_{izq} momento de la parte izquierda respecto a la sección.

7.3 Cerchas y coeficientes de tensión

Método de los nudos: $\sum F_x = 0$ y $\sum F_y = 0$ en cada nudo con dos incógnitas como máximo. Método de las secciones (Ritter): con un corte por tres barras, momentos respecto a la intersección de dos

de ellas:

$$N_1\, d_1 + \sum M_O(\text{cargas y reacciones de la parte}) = 0 \tag{3}$$

Los **coeficientes de tensión** son las fuerzas en las barras debidas a una carga unitaria en cada nudo: la fuerza real se obtiene sumando coeficiente por carga.

7.4 Subestructuración

Una estructura con rótulas se separa en partes; se resuelve primero la parte que tiene tantas incógnitas como ecuaciones (la «apoyada») y sus fuerzas en la rótula pasan como cargas a las demás. Es el orden que sigue el procedimiento de reacciones por equilibrio.

7.5 Línea de influencia y tren de cargas

La línea de influencia $\eta(x)$ es el valor de la magnitud con una carga unitaria en x. En una estructura isostática está formada por tramos rectos. El efecto de un tren es

$$E = \sum P_i\, \eta(x_i) + q \int_{x_a}^{x_b} \eta \, \mathrm{d}x \tag{4}$$

y su extremo se da con una carga sobre un vértice de la línea de influencia o en el vértice de un tramo cuadrático.

7.6 Cable con cargas verticales

$$y(x) = \frac{h\,x}{L} - \frac{M_0(x)}{H}, \qquad H = \frac{M_0(x_k)}{f_k + h\,x_k/L}$$
$$V_A = V_{0A} - \frac{H\,h}{L}, \qquad T = \sqrt{H^2 + V^2}$$

Donde: M_0 y V_{0A} momento y reacción de la viga simplemente apoyada de luz L con las mismas cargas, h desnivel de B, f_k flecha conocida bajo A en x_k. Con la longitud conocida, H se busca por bisección.

8 Errores, avisos y preguntas frecuentes

8.1 Corte con la tecla ON

Si un cálculo largo se interrumpe con la tecla ON, al volver a entrar en MECASTRUX el programa abre con el **caso intacto** (modelo, cargas, recorrido y tren), los resultados **pendientes** y el aviso `Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`. Basta con 4 **Calcular** Calcular. Comportamiento de la versión del 28-10-2026. El adaptador de capturas no reproduce la tecla ON: no se incluye captura.

8.2 Mensajes al calcular

Mensaje	Qué hacer
Faltan nudos / barras / apoyos	Complete el modelo con `Nudo`, `Barra` o `Apoyo`.
Estructura hiperestática de grado *n*	Quite *n* vínculos o añada rótulas; 4 **Calcular** Grado da el conteo.
Estructura inestable (mecanismo o forma crítica)	Revise apoyos paralelos o concurrentes y rótulas alineadas.
Elija el recorrido de la carga	6 **Influen.** Recorrido antes de `Ver LI`.
El tren no tiene cargas	6 **Influen.** Tren.
Tirante comprimido (en la tabla)	El cálculo vale como biela; un tirante real no resiste compresión.

8.3 Preguntas frecuentes

¿Por qué dice «Estructura hiperestática» y no calcula?

MECASTRUX resuelve solo isostáticas. El aviso da el grado: quite ese número de vínculos o añada rótulas. Para hiperestáticas use FRAMIX o CERCHIX.

¿Cómo pongo un par en una rótula?

En la rótula el par no puede ir al nudo: aplíquelo al extremo de la barra (3 **Cargas** Par tocando la barra y eligiendo extremo i o j).

¿Cómo cargo un punto intermedio de un arco?

Con 3 **Cargas** Puntual tocando el punto de la barra curva (vertical, horizontal, perpendicular, axial o F_x y F_y), como la carga de 60 kN del OI-1. También puede insertar un nudo (2 **Modelo** Nudo tocando la barra) y cargar el nudo.

El nudo no queda sobre el eje curvo, ¿qué hago?

Al aceptar el eje, los nudos se ajustan solos. Si después mueve un nudo, el programa avisa: corrija el nudo o vuelva a definir el eje.

¿Por qué la reacción sale negativa?

El signo indica el sentido: *V* negativa es hacia abajo y *H* negativa hacia la izquierda.

¿Cómo escribo un valor negativo?

Teclee las cifras y después la tecla -: cambia el signo del valor.

El dibujo se sale de la pantalla.

Pulse 0 para encuadrar todo el modelo, o + y - para acercar y alejar; arrastrar desplaza la vista.