INERTIX

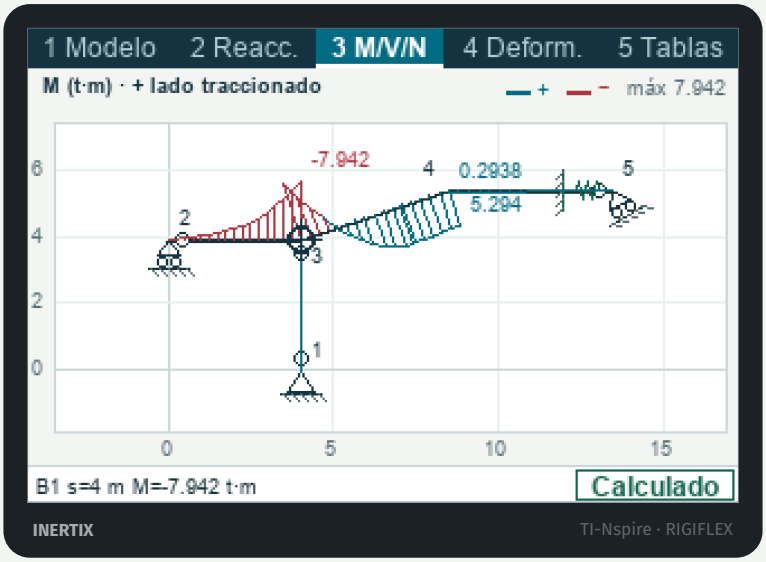
Programas de ingeniería civil para TI-Nspire

GUÍA DE USO

RIGIFLEX

Estructuras hiperestáticas por flexibilidad y rotaciones angulares

Versión 1.0.0 **TI-Nspire** Estructuras · Noviembre 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. Qué método elegir . . . 4
1.3. Unidades y convenciones . . . 5
1.4. Límites y fuera de alcance . . . 5

2. Instalación 6

2.1. Abrir en la computadora . . . 6
2.2. Transferir a la calculadora . . . 6

3. Licencia de uso 6

3.1. Cómo funciona . . . 6
3.2. Activar en la calculadora . . . 7
3.3. Mensajes de la pantalla Licencia . . . 7
3.4. La licencia en RIGIFLEX . . . 8

4. La interfaz 9

4.1. Zonas de la pantalla . . . 9
4.2. Teclas . . . 10
4.3. Formularios y resultados pendientes . . . 10
4.4. Tablas . . . 11
4.5. Cómo leer los resultados . . . 11

5. Ejemplo guiado 12

5.1. Enunciado . . . 12
5.2. Datos . . . 12
5.3. Paso a paso . . . 13
5.4. Resultados . . . 19
5.5. Opciones importantes . . . 21

6. Referencia de menús y opciones 27

6.1. 1 · Archivo . . . 27
6.2. 2 · Modelo . . . 27
6.3. 3 · Cargas . . . 28

6.4. 4 · Calcular 28
6.5. 5 · Result. 28

7. Fundamento teórico breve **29**
7.1. Grado hiperestático y desplazabilidad 29
7.2. Lugares geométricos y estructura desplazada 29
7.3. Rotaciones angulares 29
7.4. Flexibilidad 30
7.5. Carga unitaria 30

8. Errores, avisos y preguntas frecuentes **30**
8.1. Avisos del programa 30
8.2. Preguntas frecuentes 30

1 Presentación y alcance

RIGIFLEX resuelve vigas y pórticos planos, isostáticos o hiperestáticos, en las TI-Nspire CX y CX II. El modelo se arma con nudos y barras, y el programa calcula reacciones, momentos de extremo, diagramas y desplazamientos. Además desarrolla paso a paso el **método de la flexibilidad**, el de las **rotaciones angulares** y el de la **carga unitaria**, con los mismos valores del cálculo. Está pensado para estudiantes y docentes de Análisis Estructural y para comprobar cálculos a mano. El motor es el de la versión HP Prime, traducido sin cambios.

1.1 Qué calcula

- Grado hiperestático GH y grado de desplazabilidad GD, con una figura de los giros y desplazabilidades incógnita.
- Reacciones, fuerzas en resortes, momentos de extremo M_{ij} y normales; diagramas M, V y N con cursor; deformada; desplazamientos y giros de los nudos; tabla de resultados.
- Procedimiento de **flexibilidad** (redundantes automáticas o elegidas, funciones de momentos por tramo, tabla de desplazamientos y flexibilidades), de **rotaciones angulares** (configuración de vínculos, $GD = N_d - A$, estado fijo con lugares geométricos y ficticios, estructura desplazada y desniveles, cuadro de rigidez, ecuaciones, reacciones con control) y de **carga unitaria** (funciones M y m, trabajo virtual por elemento).
- Barras de sección rectangular (b, h) o con I y A; extremos rígidos o articulados; axial indeformable (por defecto) o con EA; cortante opcional.
- Apoyos empotrado, articulado, móvil y guiado con el plano a cualquier ángulo; asientos y giro impuesto; holguras y topes (el programa detecta si la holgura se cierra).
- Resortes de traslación (a tierra en cualquier dirección, o entre dos nudos) y de giro a tierra; deslizadera interna.
- Cargas en nudos; en barras puntual, par y repartida trapecial parcial (vertical, horizontal, perpendicular, axial o en ángulo; por longitud o por proyección); temperatura uniforme y gradiente; error de fabricación.

1.2 Qué método elegir

menu **Calcular** → `Calcular` siempre resuelve el modelo por el motor de rigidez; los tres procedimientos desarrollan el mismo caso a mano y deben llegar a los mismos valores.

Procedimiento	Conviene cuando	Incógnitas
Flexibilidad	Hay pocas redundantes (GH bajo), interesan resortes, holguras o asientos como redundantes, o el enunciado fija cuáles liberar.	Fuerzas redundantes X_k
Rotaciones angulares	GH es alto pero hay pocos giros y desplazabilidades; barras indeformables; se quiere ver la configuración de vínculos y los lugares geométricos.	Giros θ_i y desplazabilidades δ_k
Carga unitaria	Solo interesa un desplazamiento o giro de un nudo, por ejemplo para comprobar una flecha.	Ninguna: da un valor

1.3 Unidades y convenciones

Magnitud	Unidad y signo
Longitud	m (secciones b y h en cm)
Fuerza y momento	t y t·m, o kN y kN·m (menu **Archivo** → `Ajustes`; la conversión es exacta)
Módulo E	t/m^2 o kN/m^2
Asientos y holguras	mm
Giros y momentos de extremo	positivos en sentido antihorario
Reacciones	positivas hacia la derecha y hacia arriba
Diagrama de M	se dibuja del lado traccionado (abajo en una viga cargada hacia abajo)
N	positivo = tracción

1.4 Límites y fuera de alcance

Fuera de alcance

Hasta 30 nudos y 40 barras. No incluye: resortes de giro *internos* entre barras; barras de sección variable, arcos o barras curvas; cargas móviles, líneas de influencia ni combinaciones de cargas con factores (todas las acciones se suman en un único estado); parrillas, estructuras 3D, análisis no lineal ni pandeo. La deformada dibujada no incluye la deformación por cortante (los desplazamientos de los nudos sí, si el cortante está activado).

2 Instalación

El archivo que abre el usuario es `RIGIFLEX.tns`. Los componentes del programa se distribuyen integrados en ese documento.

Archivo	Uso
`RIGIFLEX.tns`	Documento de la aplicación para TI-Nspire.
Guía de uso en PDF	Instrucciones y ejemplo guiado de la misma versión.
Ficha de ejemplo en PDF	Enunciado, datos y resultados de referencia.

2.1 Abrir en la computadora

1. Conserve una copia del documento recibido.
2. Ábralo en el software TI-Nspire compatible indicado en la ficha de esta guía.
3. Active la página del programa y compruebe que aparece su pantalla inicial.

2.2 Transferir a la calculadora

Con el software TI-Nspire de escritorio, la ruta documentada por Texas Instruments es conectar el equipo por USB, abrir el documento y usar **File > Save to Handheld** (Archivo > Guardar en unidad portátil). Seleccione el equipo y la carpeta de destino; después abra el documento transferido.

Referencia: Texas Instruments, solución 26210. Es la ruta general documentada por Texas Instruments para cualquier documento .tns.

> **Guardar un caso**
> Guarde una copia del documento con un nombre reconocible. El programa está diseñado para conservar los datos del caso; la guía indica qué se restaura y cuándo hay que recalcular. No presuponga que el resultado guardado sigue vigente.

3 Licencia de uso

RIGIFLEX se entrega con una **licencia personal**: se activa una sola vez y queda ligada a **su** calculadora TI-Nspire (CX y CX II). La activación de la versión HP Prime no se aplica a la TI-Nspire.

Archivo	Uso
`RIGIFLEX.tns`	Documento de la aplicación; el programa completo va dentro.
`INERTIX_LICENCIA.tns`	Documento con la licencia de **su** calculadora. Se recibe después de enviar el ID; una misma licencia puede incluir varios programas INERTIX.

Los programas se reciben por WhatsApp en un archivo `.zip`, junto con `INERTIX_LICENCIA.tns`. Si ya tiene los programas, recibe solo `INERTIX_LICENCIA.tns`.

3.1 Cómo funciona

- Al abrir `RIGIFLEX.tns` aparece `Verificando la licencia...` durante unos segundos (unos 7 a 8 en una TI-Nspire CX CAS). Es normal: con una licencia válida para esa calculadora, RIGIFLEX se

abre solo, con el caso guardado. Sin ella queda la pantalla `Licencia`, que solo ofrece `Licencia` (estado, pegar, copiar el ID, verificar de nuevo) y `Ayuda` (instrucciones, soporte, acerca de): **no se puede calcular**.

- La licencia es un texto firmado ligado al **ID completo** de la calculadora; enumera los programas y la versión mayor autorizados. Si se edita un carácter, deja de ser válida.
- Se verifica al abrir el documento, al pegar una licencia y al volver a la página. No se guarda un estado «activado»: un documento copiado a otra calculadora muestra `Licencia de otra calculadora`.
- En el software de computadora no hay ID de calculadora: la pantalla dice `Se activa solo en una calculadora TI-Nspire` y el programa no calcula, aunque el documento traiga una licencia válida.

3.2 Activar en la calculadora

1. Abra `RIGIFLEX.tns` en la calculadora. Anote el `ID del equipo` completo y el `control` de 4 caracteres que muestra la pantalla `Licencia` (o menu **Licencia** → `Copiar ID`).
2. Envíe ambos con su pedido por WhatsApp, por el mismo chat donde compró.
3. Copie el `INERTIX_LICENCIA.tns` recibido a la calculadora (sección anterior), ábralo y pulse enter: aparece `Licencia copiada`.
4. Abra `RIGIFLEX.tns` y pulse ctrl+V (o menu menu **Licencia** → `Pegar licencia`).
5. Con `Licencia activa`, guarde el documento con ctrl+S para conservarla.

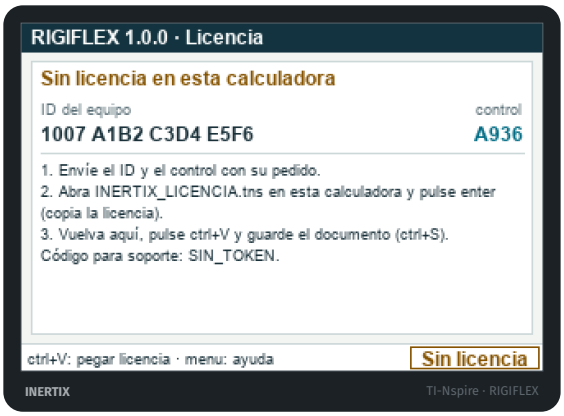
Con la licencia activa, menu **Archivo** → `Licencia` muestra el estado, el ID y el control sobre el caso, y esc vuelve sin cambiarlo.

3.3 Mensajes de la pantalla Licencia

Mensaje	Qué hacer
Verificando la licencia…	Espere unos segundos; el programa se abre solo si la licencia es válida.
Licencia activa	Nada; guarde el documento si acaba de pegarla.
Sin licencia en esta calculadora	Siga los pasos anteriores.
Licencia no válida	El texto está incompleto o alterado: vuelva a abrir `INERTIX_LICENCIA.tns`, pulse enter y pegue de nuevo.
Licencia de otra calculadora	La licencia es de otro ID. Pida soporte con el ID y el control de esta calculadora.
Programa o versión no incluidos	La licencia no incluye este programa o esta versión mayor.
Se activa solo en una calculadora TI-Nspire	Software de computadora o emulador: abra el documento en su TI-Nspire CX y CX II.
No se pudo verificar	Pida soporte con el código que muestra la pantalla.

Salvo `Licencia activa`, cada mensaje muestra un `Código para soporte`. En la pantalla Licencia, menu **Ayuda** → `Soporte` reúne programa, ID, control, estado y código para enviarlos.

3.4 La licencia en RIGIFLEX

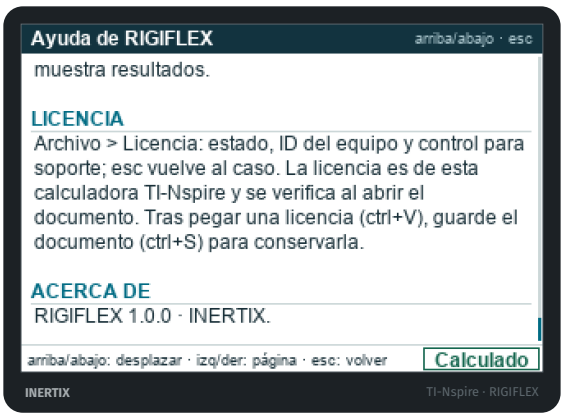


Sin licencia: solo la pantalla Licencia; no hay cálculo.

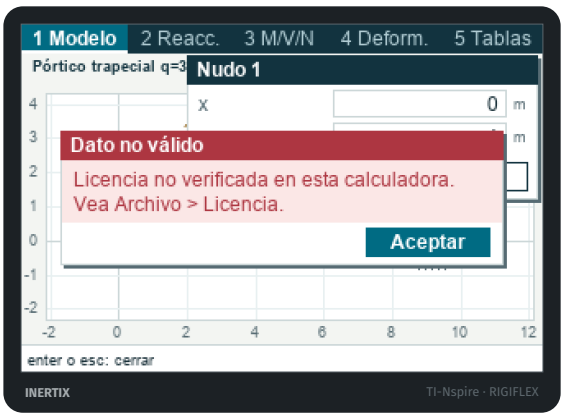


menu **Archivo** → `Licencia` con la licencia activa (ID de ejemplo).

menu **Archivo** → `Licencia` abre la pantalla Licencia sobre el caso; esc vuelve con el caso intacto y calculado. La Ayuda termina con los apartados LICENCIA y ACERCA DE. Sin licencia válida para **esta** calculadora, RIGIFLEX no calcula ni cambia el caso: Calcular, procedimientos, tabla de resultados, ejemplos, plantillas, formularios y tablas muestran `Licencia no verificada en esta calculadora. Vea Archivo > Licencia.`



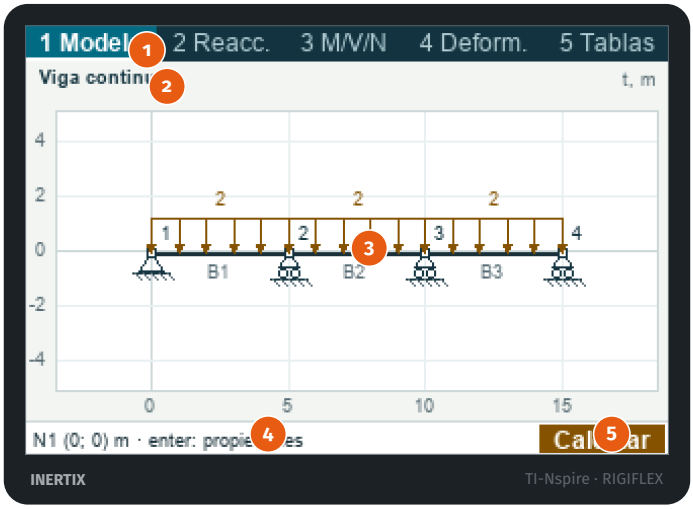
Final de la Ayuda: LICENCIA y ACERCA DE.



Sin licencia válida, un formulario no acepta cambios.

4 La interfaz

Al abrir el programa aparece una viga continua de tres tramos, todavía sin calcular. La pantalla tiene cuatro zonas:

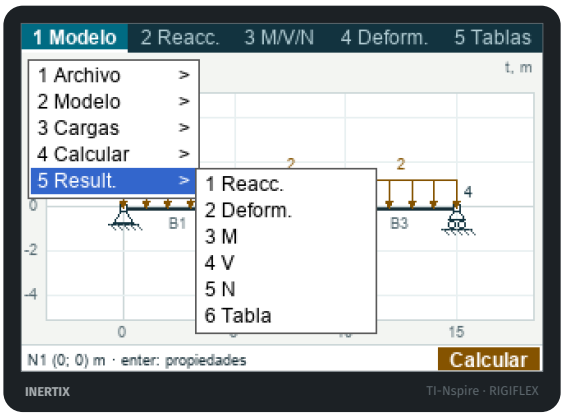


4.1 Zonas de la pantalla

Zona	Para qué sirve
1 Pestañas	Cinco vistas: Modelo, Reacc., M/V/N, Deform. y Tablas.
2 Encabezado	Nombre del caso, unidades y leyenda de colores del resultado.
3 Lienzo	El modelo a escala x = y sobre la rejilla, o el resultado elegido.
4 Barra de estado	Objeto elegido, lectura del cursor y teclas útiles.
5 Insignia	`Calcular` si hay cambios sin resolver (un clic calcula); `Calculado` si los resultados están al día.



menu: categoría Modelo.



menu: categoría Result.

En la guía, menu **Categoría** → `Orden` indica una ruta del menú.

4.2 Teclas

Tecla	Dónde	Acción
menu	siempre	Abre Archivo, Modelo, Cargas, Calcular y Result.
1 … 5, tab	vistas	Cambian de pestaña.
n, b	Modelo	Listan nudos o barras; enter elige uno.
Flechas	Modelo	Recorren los objetos.
enter	Modelo	Abre las propiedades del objeto elegido.
m	Modelo	Mover nudo: flechas por la rejilla o clic; enter o esc termina. Cada movimiento se aplica en el momento.
del	Modelo	Borra el objeto elegido (pide confirmar).
+ − f	dibujos	Acercar, alejar y encuadrar, también en resultados.
Flechas	Reacc., Deform.	Eligen nudo; la barra de estado da ux, uy y θ.
◀ ▶, ▲ ▼	M/V/N	Recorren las estaciones y cambian de barra.
c, enter	M/V/N	Alternan M, V y N; abren el detalle de la barra.
t	Tablas	Elige la tabla.
◀ ▶, ( )	Procedim.	Cambian de sección; recorren tablas anchas.
esc	siempre	Cierra la ventana o el formulario sin cambiar el caso.
Touchpad	Modelo	Un clic elige un objeto; un segundo clic abre sus propiedades.

Diferencias con la HP Prime

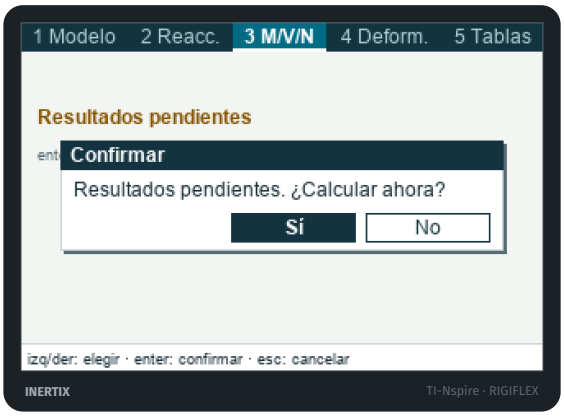
La TI-Nspire no tiene cinta ni trazo con cursor: menu **Modelo** → `Nudo` pide coordenadas, menu **Modelo** → `Barra` pide extremos y tipo, y las órdenes actúan sobre el objeto elegido. Las categorías y órdenes son las mismas, salvo `Salir`: el documento se cierra desde el sistema. Hay además la vista `Tablas`, que no existe en la HP. Las opciones de los formularios se abrevian: b×h, I,A, RR, AR, RA, AA, Libre, Proy. X.

4.3 Formularios y resultados pendientes

En un formulario, las flechas eligen el campo; teclear reemplaza el valor, que admite operaciones (+ − × ÷ ( ) ^ E); enter acepta la celda y pasa a la siguiente. En un campo de opciones, ◀ ▶ cambian la opción y enter muestra los nombres completos. tab lleva a `Aceptar`; esc deshace la celda o cancela. Tras la última celda el foco ya queda en `Aceptar`. Un dato no válido abre un aviso que dice qué corregir y el caso no cambia. Cualquier cambio deja los resultados *pendientes*: la insignia vuelve a `Calcular`, y recorrer gráficas o procedimientos nunca recalcula.



Dato no válido: el aviso dice qué corregir.



Vista de resultados con el caso pendiente: pregunta antes de calcular.

4.4 Tablas

La vista `Tablas` edita el modelo por filas: t (o menu **Modelo** → `Elegir`) elige Nudos, Barras, Apoyos, Resortes, Cargas de nudo o Cargas de barra. Flechas recorren celdas, enter edita, clear reemplaza, esc cancela, del confirma la baja y + agrega. Las validaciones son las mismas de los formularios.



Vista Tablas: barras.

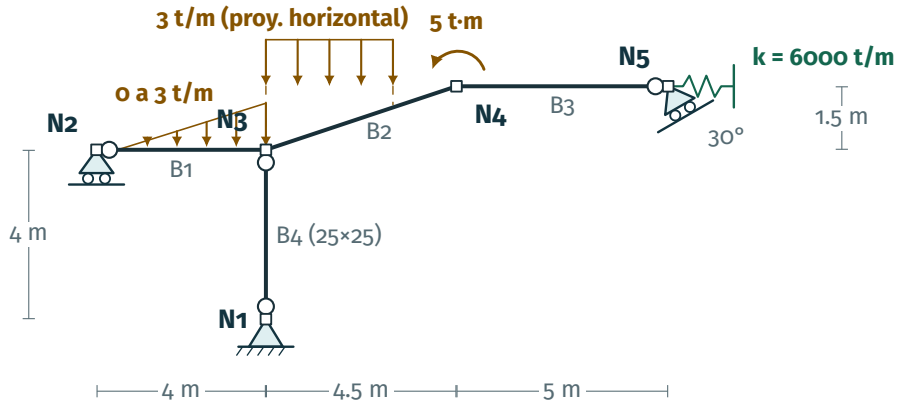
4.5 Cómo leer los resultados

- **GH y GD** dicen cuántas incógnitas tiene cada método. GH = 0 es isostática: flexibilidad no libera redundantes. Con barras indeformables, GD cuenta los movimientos independientes de los nudos.
- **Reacciones**: las flechas se dibujan en su sentido real, de modo que el valor rotulado es positivo. En la `Tabla` llevan el signo de los ejes: + a la derecha y hacia arriba.
- **Momentos de extremo** M_{ij}: antihorarios positivos *sobre la barra*. Son los de las rotaciones angulares, no el signo del diagrama. El diagrama M va del lado traccionado.
- **Deformada**: la escala se amplía para que se vea; el encabezado da el factor y el desplazamiento máximo real.
- **Holguras y topes**: si la holgura se cierra, la reacción de ese apoyo deja de ser cero.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Resolver el pórtico de la figura por el **método de las rotaciones angulares** (y comprobarlo por **flexibilidad**): giros de los nudos rígidos, **momentos de extremo**, reacciones y fuerza en el resorte. La columna 1-3 es una barra biarticulada de 25×25 cm; la viga 2-3 tiene una rótula en el nudo 2 y la barra 4-5 en el nudo 5. El apoyo de N5 desliza sobre un plano a 30° y está retenido por un resorte horizontal. Barras indeformables axialmente, E = 2.4·10^6 t/m^2.



5.2 Datos

Nudo	x (m)	y (m)	Condición
N1	4	0	Articulado
N2	0	4	Móvil (plano horizontal)
N3	4	4	—
N4	8.5	5.5	Par de 5 t·m
N5	13.5	5.5	Móvil a 30° + resorte

Barra	Nudos	Sección	Extremos
B1	2–3	25×45 cm	Rótula en N2
B2	3–4	25×45 cm	Rígidos
B3	4–5	25×45 cm	Rótula en N5
B4	3–1	25×25 cm	Rótulas en N3 y N1

Acción	Valor
Barra B1 (2–3)	triangular vertical de 0 a 3 t/m entre 0.5 y 4 m desde N2
Barra B2 (3–4)	3 t/m vertical, por proyección horizontal, en los primeros 3 m desde N3
Nudo N4	par de 5 t·m antihorario
Nudo N5	resorte horizontal $k = 6000$ t/m

Fuente: ejemplo *Pórtico GD=2 con apoyo a 30°* de RIGIFLEX (Archivo > Ejemplos, n.º 20). Procede de un examen de la asignatura CIV-2205 (Facultad Nacional de Ingeniería), resuelto a mano por el método de las rotaciones angulares. En la guía se conserva la numeración de nudos de la fuente; el ejemplo de la lista del programa numera los nudos en otro orden, con los mismos resultados.

Nota

Es el mismo ejemplo de la guía HP Prime, con los mismos 18 pasos y en el mismo orden. La diferencia de operación está en los pasos 2 a 4: en la HP las barras se trazan con el cursor sobre la rejilla; en la TI-Nspire los nudos y las barras se crean con menu **Modelo** → `Nudo` y menu **Modelo** → `Barra`, escribiendo coordenadas y extremos.

5.3 Paso a paso

En cada paso, la fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior. Una ruta como menu **Archivo** → `Nuevo` significa: menu, la categoría y la orden. Los nudos se numeran en el orden en que se crean: N1 va primero para que la numeración coincida con la del enunciado.

1 Empezar un modelo en blanco



TECLAS

menu **Archivo** → `Nuevo` enter ×2

menu **Archivo** → `Nuevo` ofrece un modelo en blanco o tres plantillas. Se elige `En blanco` y se confirma que se borra el modelo actual.

✔ **Debe verse:** Lienzo vacío: «Modelo vacío · menu > Modelo > Nudo»

2 Crear el nudo N1 en (4; 0)



TECLAS

menu **Modelo** → `Nudo` 4 enter 0 enter ×2

menu **Modelo** → `Nudo` pide x e y. Tras la última celda, enter acepta.

✔ **Debe verse:** Nudo 1 suelto en (4; 0)

3 Crear N2 a N5 y las barras B1, B2 y B3



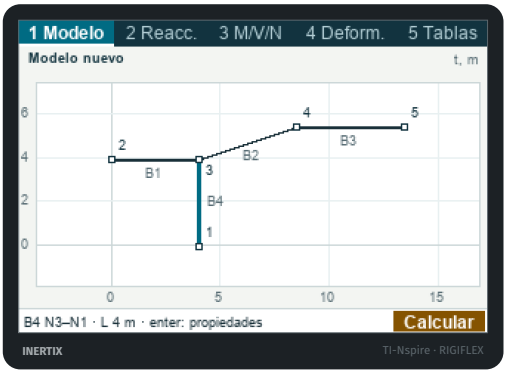
TECLAS

menu **Modelo** → Nudo 0 enter 4 enter ×2
menu **Modelo** → Nudo 4 enter 4 enter ×2
menu **Modelo** → Nudo 8 . 5 enter 5 . 5
enter ×2 menu **Modelo** → Nudo 1 3 . 5 enter
5 . 5 enter ×2 menu **Modelo** → Barra 2 enter
3 enter tab enter menu **Modelo** → Barra 3 enter
4 enter tab enter menu **Modelo** → Barra 4 enter
5 enter tab enter

Se repite menu **Modelo** → Nudo para (0; 4), (4; 4), (8.5; 5.5) y (13.5; 5.5). menu **Modelo** → Barra pide Nudo i y Nudo j: B1 = 2-3, B2 = 3-4 y B3 = 4-5, de tipo Pórtico y con la sección por defecto de 25 × 45 cm.

✔ **Debe verse:** Barras B1 = 2-3, B2 = 3-4 y B3 = 4-5; nudos numerados como en el enunciado

4 Crear la columna N3–N1 y encuadrar



TECLAS

menu **Modelo** → Barra 3 enter 1 enter tab enter
f

B4 = 3-1. La tecla f encuadra todo el pórtico.

✔ **Debe verse:** Pórtico completo: 5 nudos y 4 barras

5 Columna B4: sección 25 × 25 cm y rótulas en ambos extremos



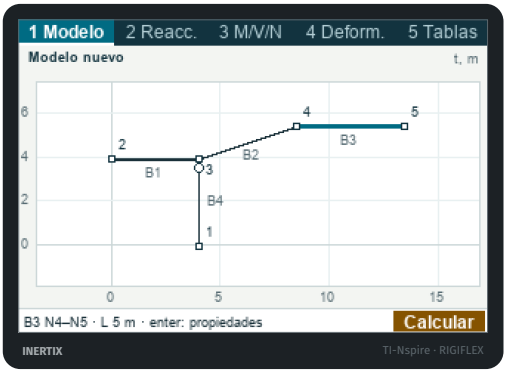
TECLAS

1 b ▼ ×3 enter ×2 ▼ ×3 2 5 enter ▶ ×3

b lista las barras; se elige B4 y enter abre sus propiedades. Se cambia h a 25 cm y, en Extremos, se elige AA: la columna queda biarticulada.

✔ **Debe verse:** Formulario «Barra B4»: b = 25, h = 25 cm, Extremos = AA

6 Rótula en N2 (barra B1) y en N5 (barra B3)



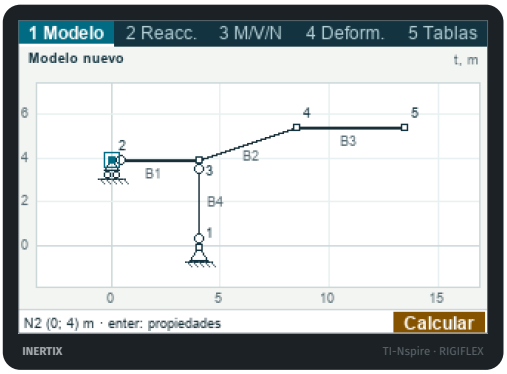
TECLAS

tab enter 1 b enter ×2 ▼ ×4 ▶ tab enter 1 b ▼ ×2 enter ×2 ▼ ×4 ▶ ×2 tab enter

Se acepta el formulario. En B1 el extremo `AR` (rótula en N2, su nudo inicial) y en B3 `RA` (rótula en N5). Las rótulas se dibujan como círculos.

✔ **Debe verse:** B1 con rótula en N2 y B3 con rótula en N5 (círculos en los extremos)

7 Apoyo articulado en N1 y móvil en N2



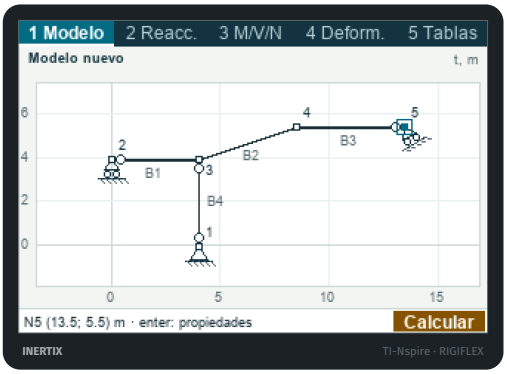
TECLAS

1 n enter menu **Modelo** → `Apoyo` ◀ ×3 tab enter
1 n ▼ enter menu **Modelo** → `Apoyo` ◀ ×2 tab enter

n elige el nudo y menu **Modelo** → `Apoyo` abre su formulario. Un nudo sin apoyo muestra `Libre`; ◀ recorre Guía, Móvil, Art. y Emp. N1 queda `Art.`; N2, `Móvil` sobre un plano horizontal.

✔ **Debe verse:** Articulado bajo N1 y rodillo bajo N2

8 Apoyo móvil en N5 sobre un plano a 30°



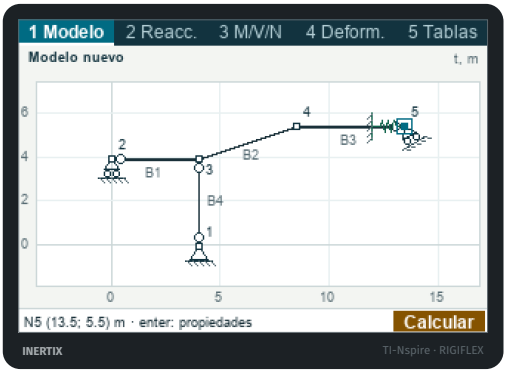
TECLAS

1 n ▼ ×4 enter menu **Modelo** → `Apoyo` ◀ ×2 ▼ 3 0 enter tab enter

En N5, `Móvil`. El campo `Plano` es la inclinación de la superficie de deslizamiento (la reacción es perpendicular a ella): se escribe 30.

✔ **Debe verse:** Rodillo inclinado bajo N5

9 Resorte horizontal de 6000 t/m en N5



TECLAS

menu **Modelo** → Resorte enter 6 o ×3 enter o enter tab enter

Con N5 elegido, menu **Modelo** → Resorte abre la lista; se elige Nuevo: traslación a tierra, con $k = 6000$ t/m y eje 0° (horizontal).

✔ **Debe verse:** Resorte en zigzag horizontal junto a N5

10 Par de 5 t·m antihorario en N4



TECLAS

1 n ▼ ×3 enter menu **Cargas** → Nudo ▼ ×2 5 enter ×2

Con N4 elegido, menu **Cargas** → Nudo abre sus fuerzas y su par. El par se escribe positivo porque es antihorario.

✔ **Debe verse:** Flecha curva de par en N4 con el valor 5

11 Carga triangular de 0 a 3 t/m en B1, de 0.5 a 4 m



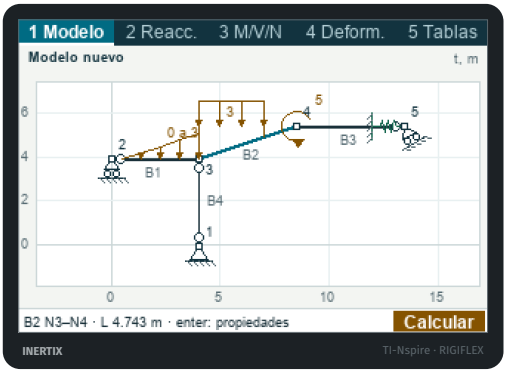
TECLAS

1 b enter menu **Cargas** → Repart. ▼ o enter 3 enter o . 5 enter tab enter

Con B1 elegida, menu **Cargas** → Repart.: tipo Vert., q ini. = 0, q fin. = 3 t/m, desde 0.5 m. Las distancias se miden desde el nudo inicial de la barra (N2) y Hasta propone el final, 4 m.

✔ **Debe verse:** Carga triangular sobre la viga, creciente hacia N3

12 Carga de 3 t/m por proyección horizontal en los primeros 3 m de B2



TECLAS

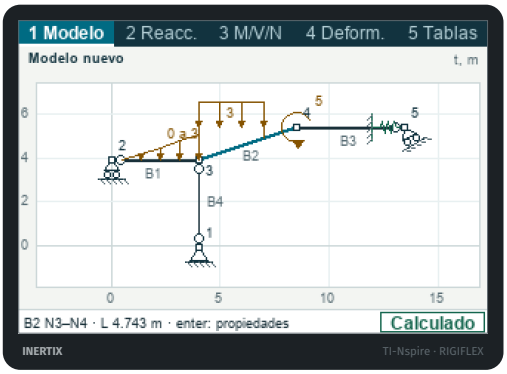
1 b ▼ enter menu **Cargas** → Repart. ▶ ×2

▼ 3 enter 3 enter ▼ 3 enter ×2

Con B2 elegida, menu **Cargas** → Repart.: tipo Proy. X (carga vertical por metro de proyección horizontal). Desde y Hasta también se miden en la proyección: de 0 a 3 m.

✔ **Debe verse:** Tipo Proy. X: banda horizontal sobre el tramo inclinado con guías punteadas

13 Calcular



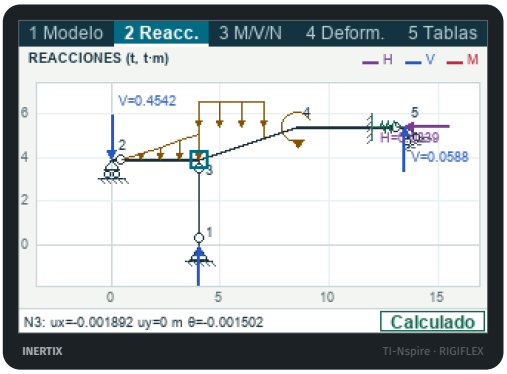
TECLAS

menu **Calcular** → Calcular

menu **Calcular** → Calcular resuelve el pórtico: GH = 1, GD = 2, y la insignia pasa a Calculado.

✔ **Debe verse:** Insignia «Calculado»; GH = 1 y GD = 2

14 Reacciones



TECLAS

menu **Result.** → Reacc.

menu **Result.** → Reacc. dibuja las reacciones con su valor. La lista completa de reacciones está en la Tabla (paso 16): 14.645 t hacia arriba en N1.

✔ **Debe verse:** Flechas de reacción en N1, N2 y N5 con sus valores (V1 = 14.645 t)

15 Diagrama de momentos y cursor en el nudo 3



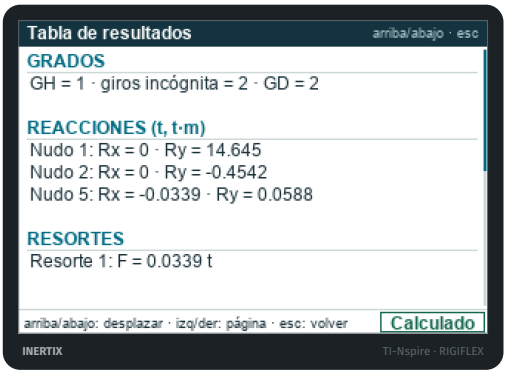
TECLAS

menu **Result.** → `M` ▶ ×16

menu **Result.** → `M` dibuja el momento del lado traccionado. Con ▶ el cursor recorre B1 hasta su extremo, el nudo 3: la barra de estado da $s = 4$ m y $M = -7.942$ t·m.

✔ **Debe verse:** Diagrama M con −7.942 en el nudo 3 y 5.294 en el nudo 4; la barra de estado da s y M

16 Tabla de resultados



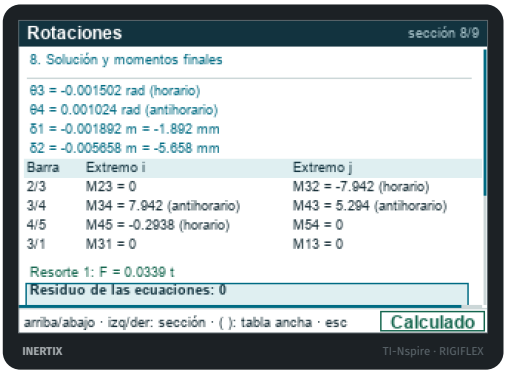
TECLAS

menu **Result.** → `Tabla`

menu **Result.** → `Tabla` reúne grados, reacciones, fuerza del resorte, momentos de extremo con su normal y desplazamientos. Se desplaza con las flechas.

✔ **Debe verse:** Grados, reacciones, resorte, momentos de extremo y desplazamientos

17 Procedimiento: rotaciones angulares (solución)



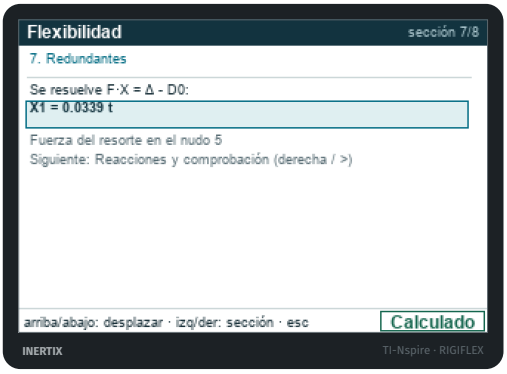
TECLAS

esc menu **Calcular** → `Rotac.` ▶ ×7

menu **Calcular** → `Rotac.` abre el procedimiento en nueve secciones. Con ▶ se llega a la sección 8: θ_3, θ_4, δ_1, δ_2 y los momentos finales.

✔ **Debe verse:** Sección 8/9: $\theta 3$ = −0.001502 y $\theta 4$ = 0.001024 rad, $\delta 1$ y $\delta 2$, momentos finales

18 Procedimiento: método de la flexibilidad (redundantes)



TECLAS

esc menu **Calcular** → `Flexib.` enter ▶ ×6

menu **Calcular** → `Flexib.` con `Redundantes automáticas`: como GH = 1, el programa libera el resorte de N5 y lo toma como X_1. La sección 7 de 8 resuelve la compatibilidad, $X_1 = 0.0339$ t, la misma fuerza del método de rigidez.

✔ **Debe verse:** Sección 7/8: X1 = 0.0339 t, fuerza del resorte de N5 (GH = 1)

5.4 Resultados

Resultados del ejemplo

Las cifras de esta versión coinciden con las de la versión HP con diferencia relativa menor o igual que 10^{-12}, y los dos procedimientos dan los mismos valores.

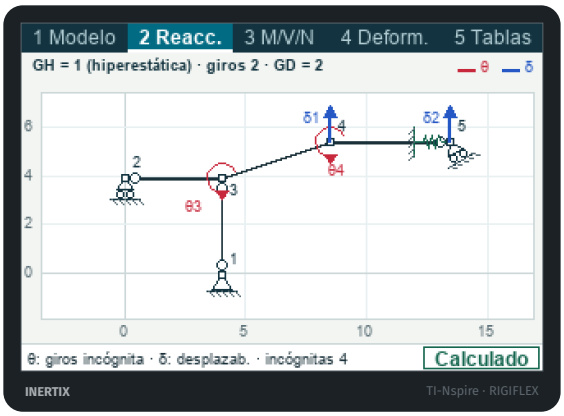
Magnitud	Referencia	RIGIFLEX	Estado
Grado hiperestático / desplazabilidad	—	GH = 1 · GD = 2	—
Giro φ_3	-0.001502 rad	-0.001502 rad	Coincide (horario)
Giro φ_4	0.001025 rad	0.001024 rad	Coincide (la fuente redondea)
Momento M_{32}	-7.941 t·m	-7.942 t·m	Coincide
Momento M_{34}	7.941 t·m	7.942 t·m	Coincide
Momento M_{43}	5.294 t·m	5.294 t·m	Coincide
Momento M_{45}	-0.294 t·m	-0.294 t·m	Coincide
Reacción vertical V_1	14.645 t	14.645 t	Coincide
Fuerza en el resorte $\lvert F_r \rvert$	0.034 t	0.034 t	Coincide

Signos: giros y momentos de extremo positivos en sentido antihorario; reacciones + hacia la derecha y hacia arriba. En el diagrama, M se dibuja del lado traccionado.

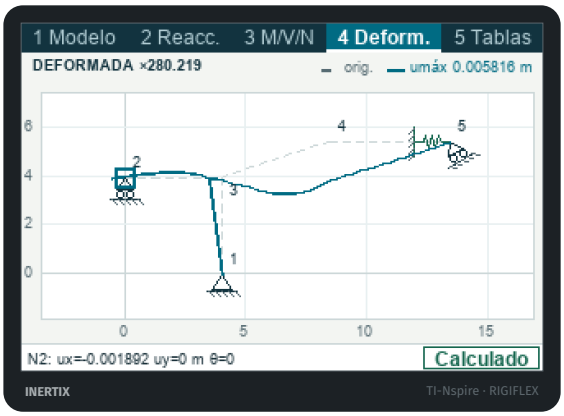
Comprobación a mano

$$\sum M_{N3} = 0: \quad M_{32} + M_{34} = -7.942 + 7.942 = 0$$
$$\sum M_{N4} = 5: \quad M_{43} + M_{45} = 5.294 - 0.294 = 5.000 \text{ t·m}$$
$$M_{31} = M_{13} = M_{23} = M_{54} = 0 \quad \text{(extremos articulados)}$$

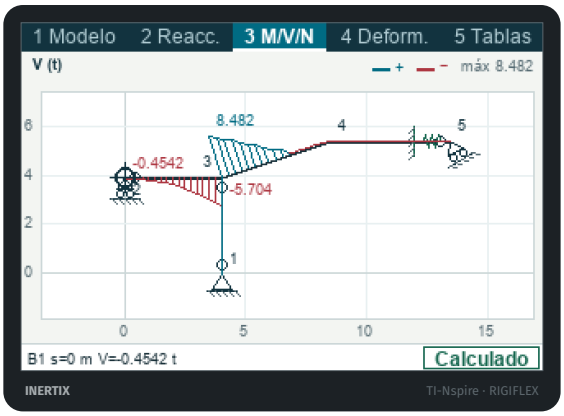
Otras vistas del mismo ejemplo



menu **Calcular** → `Grados`: giros θ y desplazabilidades δ.



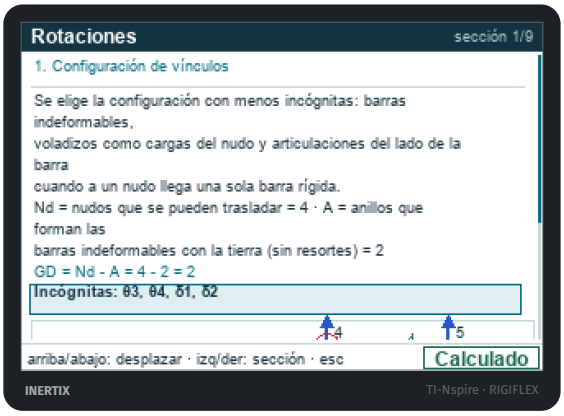
menu **Result.** → `Deform.`: deformada ampliada.



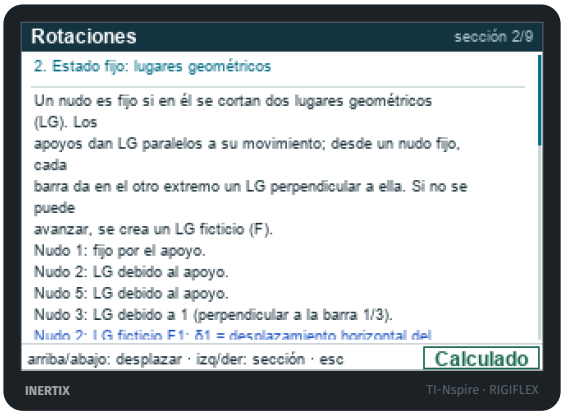
menu **Result.** → `V`: cortantes.



menu **Result.** → `N`: normales.



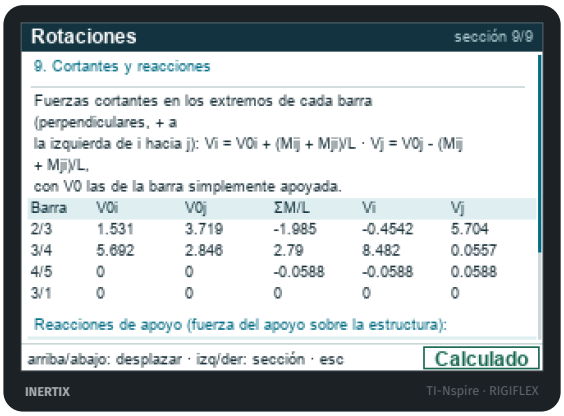
Rotaciones 1/9: configuración de vínculos y $GD = N_d - A$.



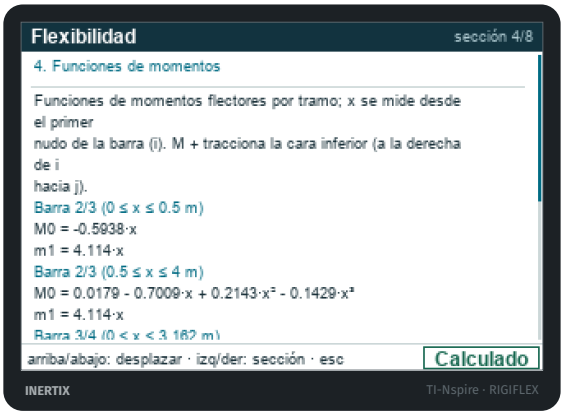
Rotaciones 2/9: estado fijo con lugares geométricos.



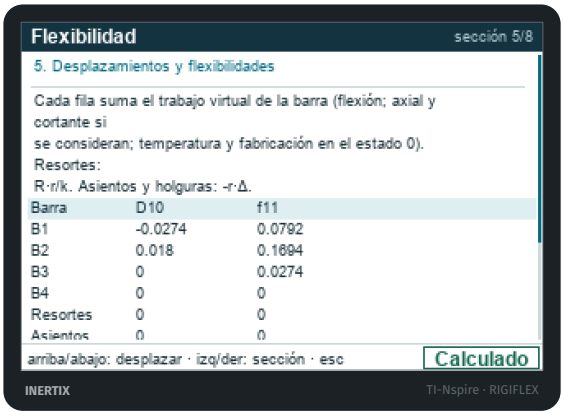
Rotaciones 5/9: cuadro de rigidez.



Rotaciones 9/9: cortantes y reacciones.



Flexibilidad 4/8: funciones de momentos.



Flexibilidad 5/8: trabajo virtual por barra.

5.5 Opciones importantes

Seis casos de menu **Archivo** → `Ejemplos` para lo que el ejemplo guiado no toca. Son los mismos de la guía HP. Cada caso se comprobó con aserciones contra el motor; las referencias son las de la guía HP.

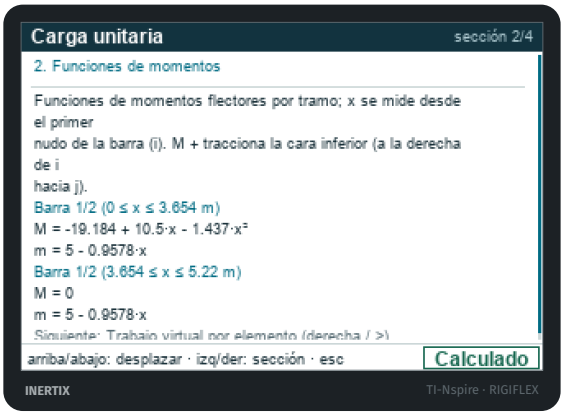
OI-1 · Desplazamiento de voladizo inclinado (carga unitaria)

Voladizo empotrado de (0; 0) a (5; 1.5) con 3 t/m verticales, sección 25 × 45 cm, con deformación axial y por cortante. Fuente: libro de Análisis Estructural (Mendoza Apaza), ejemplo 3-3; el signo de δ_x del libro es una errata.

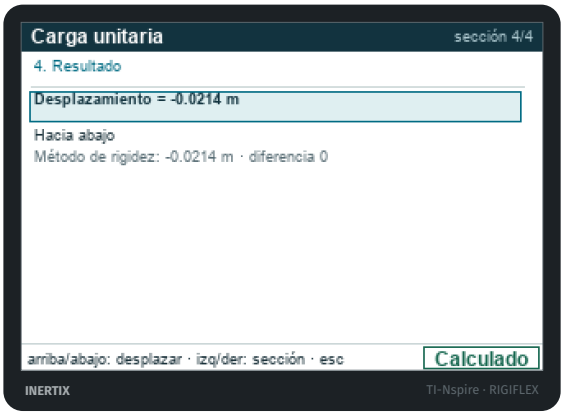
1. **Cargar el ejemplo 22 y calcular.** Ejemplo n.º 22.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼ ×21 enter menu **Calcular** → `Calcular`
2. **Calcular > Unitaria: nudo 2, vertical.** Elige nudo 2; la dirección vertical ya viene propuesta.
   menu **Calcular** → `Unitaria` ▶
3. **Aceptar: estado virtual.** Estado virtual, sección 1/4.
   tab enter
4. **Funciones M y m.** Funciones M (real) y m (virtual).
   ▶
5. **Trabajo virtual por elemento.** Tabla por elemento.
   ▶

6. **Resultado.** -0.0214 m: hacia abajo.

   ▶



Funciones M y m.



Resultado.

Resultado	Referencia	RIGIFLEX
δ_y del nudo 2	21.36 mm hacia abajo	-21.357 mm
δ_x del nudo 2	6.39 mm hacia la derecha	$+6.385$ mm

OI-2 · Barra quebrada con holgura de 1 mm

Barra quebrada empotrada en un extremo y con un apoyo móvil separado 1 mm en el otro. El programa calcula primero sin el apoyo, ve que el desplazamiento supera la holgura y repite con el contacto cerrado. Fuente: Mendoza Apaza, ejemplo 4-3.

1. **Cargar el ejemplo 3 y calcular.** Ejemplo n.º 3: el contacto se cierra.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼×2 enter menu **Calcular** → `Calcular`
2. **Reacciones.** Reacción del apoyo con holgura.

   menu **Result.** → `Reacc.`
3. **Momentos.** Diagrama de momentos.

   menu **Result.** → `M`

Resultado	Referencia	RIGIFLEX
Reacción del apoyo con holgura R_3	2.487 t	2.487 t
Momento de empotramiento M_1	8.258 t·m	8.261 t·m (la fuente redondea)

OI-3 · Triángulo articulado sobre resortes (lugares geométricos)

Caso típico de estructura desplazable: los nudos 1, 3 y 4 tienen un solo lugar geométrico y hace falta **un** ficticio, en el nudo 1. La estructura desplazada da los desniveles de las barras y la deformación del resorte en función de δ_1. Fuente: Mendoza Apaza, ejemplo 5-4.

1. **Cargar el ejemplo 10 y calcular.** Ejemplo n.º 10.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼×9 enter menu **Calcular** → `Calcular`

2. **Rotaciones 1/9.** La barra 3/4 queda E/A; $GD = 4 - 3 = 1$.

   menu **Calcular** → `Rotac.`

3. **Rotaciones 2/9: estado fijo.** Lugares geométricos de los apoyos y ficticio F1.

   ▶

4. **Rotaciones 3/9: estructura desplazada.** Desniveles y resorte en función de δ_1.

   ▶

5. **Rotaciones 5/9: cuadro de rigidez.** Rigideces de 2/3 (E/E) y 3/4 (E/A).

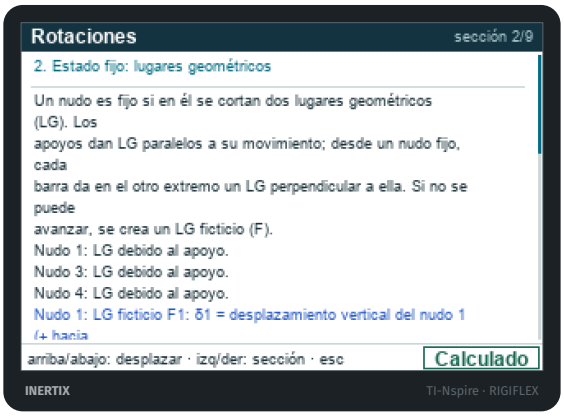
   ▶×2

6. **Rotaciones 8/9: solución.** θ_2, θ_3 y δ_1.

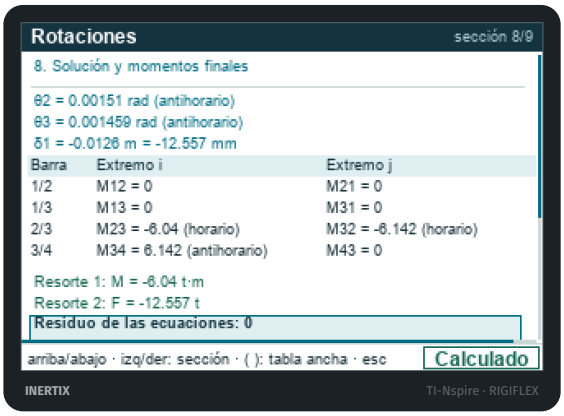
   ▶×3

7. **Rotaciones 9/9: reacciones y control.** Control $\sum F = \sum M = 0$.

   ▶



2/9: estado fijo.



8/9: solución.

Resultado	Referencia	RIGIFLEX
$GD = N_d - A$ (ficticios)	$4 - 3 = 1$ (F1 en el nudo 1)	$4 - 3 = 1$ (F1 en el nudo 1)
$\theta_2 \cdot \theta_3$	$1.5100 \cdot 10^{-3} \cdot 1.4584 \cdot 10^{-3}$ rad	$1.5100 \cdot 10^{-3} \cdot 1.4585 \cdot 10^{-3}$ rad
δ del nudo 1	12.556 mm hacia abajo	-12.557 mm
$M_{32} \cdot M_{34}$	$-6.142 \cdot 6.142$ t·m	$-6.142 \cdot 6.142$ t·m

OI-4 · Flexibilidad con redundantes elegidas

Pórtico trapecial q=3 t/m: GH = 2 y GD = 2. Se liberan las reacciones verticales de los nudos 2 y 3, como en la fuente.

1. **Cargar el ejemplo 2 y calcular.** Ejemplo n.º 2.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼ enter menu **Calcular** → `Calcular`

2. **Flexib. > Elegir las redundantes.** Segunda opción de la lista.

   menu **Calcular** → `Flexib.` ▼ enter

3. **Primera redundante: reacción vertical del nudo 2.** `Reacción vertical en el nudo 2.`

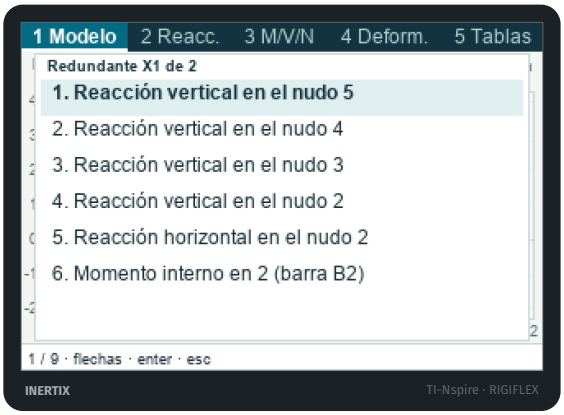
   ▼×2 enter

4. **Segunda redundante: reacción vertical del nudo 3.** `Reacción vertical en el nudo 3.`

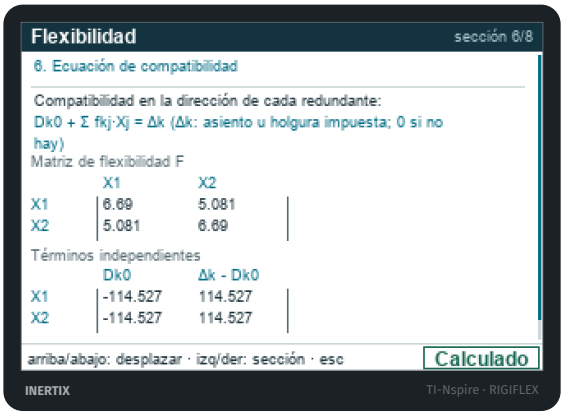
   ▼ enter

5. **Sección 6/8: matriz F.** Matriz $\mathbf{F}$ y términos independientes.

   ▶ ×5



Redundantes candidatas.



Sección 6/8: $\mathbf{F}$ y D_0.

Resultado	Referencia	RIGIFLEX
$D_{10} \cdot EI$	-114.52	-114.527
$f_{11} \cdot EI = f_{22} \cdot EI$	6.68831	6.69036
$f_{12} \cdot EI$	5.08179	5.08088

La diferencia es menor que 0.05 %: la fuente opera a tres decimales.

OI-5 · Tope con contacto y sin él

Triángulo sobre resortes con tope: sobre el nudo 2 hay un tope separado 1 mm.

1. **Cargar el ejemplo 14 y calcular.** Ejemplo n.º 14: el tope entra en contacto.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼ ×13 enter menu **Calcular** → `Calcular`
2. **Reacciones.** Reacción del tope.

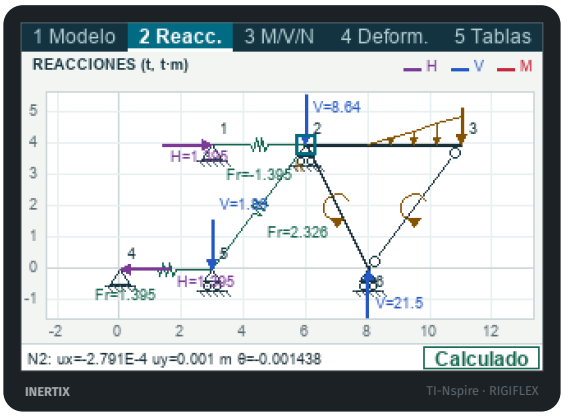
   menu **Result.** → `Reacc.`
3. **Elegir N2 y abrir su apoyo.** Formulario del apoyo: Móvil, holgura 1 mm.

   1 n ▼ enter menu **Modelo** → `Apoyo`
4. **Quitar el tope: Tipo = Libre.** Opción `Libre`.

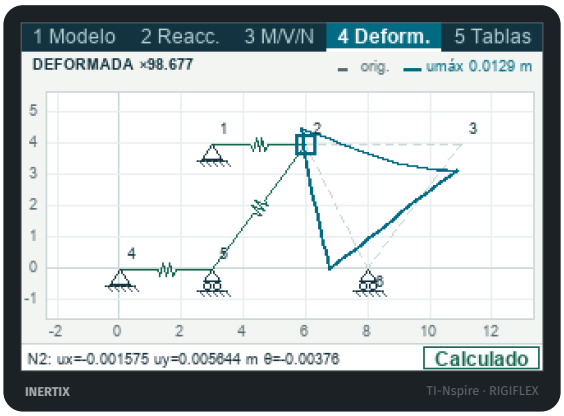
   ▶ ×2
5. **Aceptar y calcular.** Sin tope.

   tab enter menu **Calcular** → `Calcular`
6. **Deformada.** El nudo 2 sube sin restricción.

   menu **Result.** → `Deform.`



Con tope: reacción negativa.



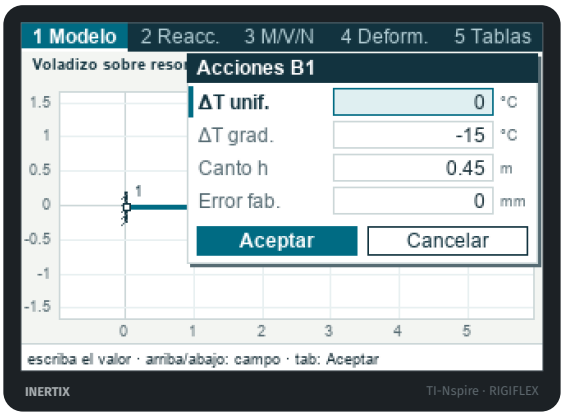
Sin tope: deformada libre.

Resultado	Referencia	RIGIFLEX
Sin tope: desplazamiento vertical de N2	5.64 mm hacia arriba	5.644 mm
Con tope: reacción	-8.639 t	-8.640 t
Con tope: M_{23}	1.235 t·m	1.236 t·m

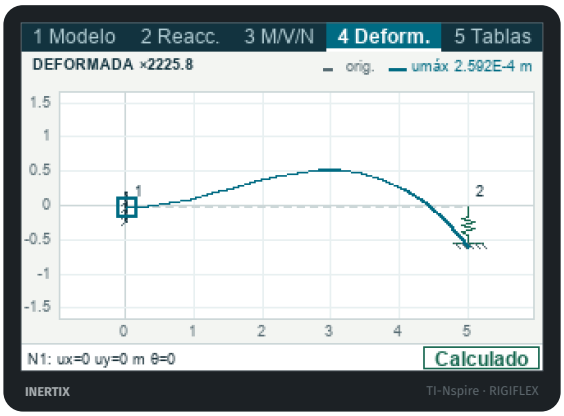
OI-6 · Gradiente térmico y cambio a kN

Voladizo sobre resorte, gradiente térmico: barra de 5 m empotrada en N1, resorte vertical de 2000 t/m en N2, ΔT gradiente de -15 °C, canto 0.45 m, $\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5}$/°C.

1. **Cargar el ejemplo 17.** Ejemplo n.º 17.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼ ×16 enter
2. **Ver las acciones de B1.** Se revisa el gradiente.
   1 b enter menu **Cargas** → `Acciones`
3. **Cancelar y calcular.** esc no cambia nada.
   esc menu **Calcular** → `Calcular`
4. **Deformada por gradiente.** La barra se curva sin carga exterior.
   menu **Result.** → `Deform.`
5. **Archivo > Ajustes: kN y m.** `Unidad: kN y m`.
   menu **Archivo** → `Ajustes` ▶
6. **Aceptar y calcular de nuevo.** El modelo se convirtió; los resultados estaban pendientes.
   tab enter menu **Calcular** → `Calcular`
7. **Guardar y reabrir el documento.** ctrl S guarda; al reabrir vuelve el caso, sin resultados.



menu **Cargas** → `Acciones`: gradiente de -15 °C.



Deformada por el gradiente.

Resultado	En t	En kN
Fuerza del resorte	0.518 t	5.084 kN
M en el empotramiento	-2.592 t·m	-25.419 kN·m
uy del nudo 2	-0.259 mm	-0.259 mm

El cociente entre ambas fuerzas es exactamente 9.80665.

6 Referencia de menús y opciones

6.1 1 · Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Modelo en blanco o plantilla (viga continua, pórtico de un piso, pórtico con resorte) con sus medidas y cargas en un formulario.
Ejemplos	23 casos resueltos, listos para calcular.
Ajustes	Unidades (t y m, o kN y m), cortante (Poisson y factor de forma), coeficiente α y paso de la rejilla.
Ayuda	Ayuda integrada y Acerca de.
Licencia	Estado, ID del equipo y control.



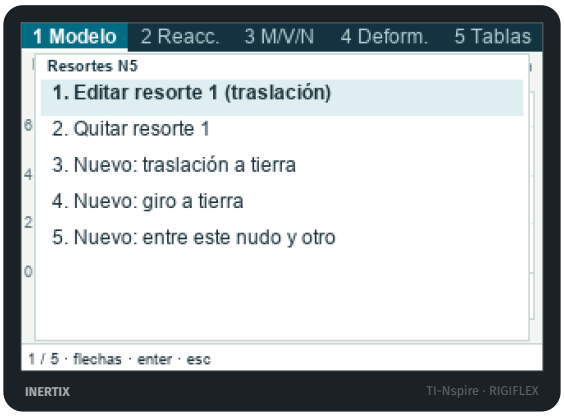
menu **Archivo** → Nuevo.



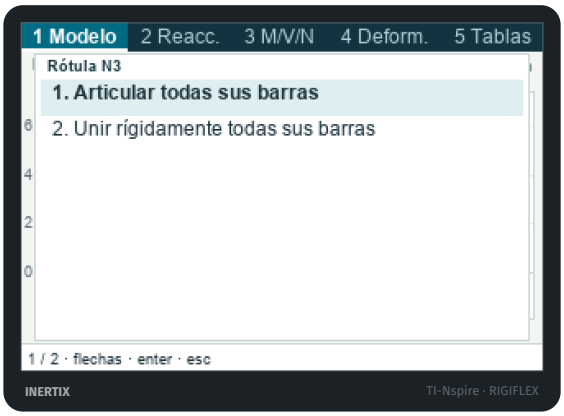
menu **Archivo** → Ajustes.

6.2 2 · Modelo

Orden	Qué hace
Elegir	Nudos, Barras, Tablas o Vista… (encuadrar, acercar, alejar, desplazar, mover nudo).
Nudo	Agrega un nudo por coordenadas; sobre una barra, la parte en dos y conserva sus cargas.
Barra	Pide extremos y tipo: Pórtico (rígida e indeformable) o Armadura (biarticulada, con EA).
Apoyo	Sobre el nudo elegido: empotrado, articulado, móvil, guiado o libre; plano, asientos, giro impuesto, holgura y lado.
Resorte	Lista del nudo: editar, quitar o añadir de traslación a tierra, de giro a tierra o entre dos nudos.
Rótula	Articula o une las barras del nudo, o crea una deslizadera.
Borrar	Borra el objeto elegido (pide confirmar).



menu **Modelo** → `Resorte` sobre N5.



menu **Modelo** → `Rótula` sobre un nudo.

6.3 3 · Cargas

Orden	Qué hace
Nudo	Fuerzas F_x, F_y y par M en el nudo elegido.
Puntual · Par	En la barra elegida; posición sobre la barra o en proyección.
Repart.	Trapecial en un tramo. Tipo: Vert., Perp., Proy. X, Proy. Y, Horiz., Axial o Áng.; en las proyectadas, Desde y Hasta se miden en la proyección.
Acciones	ΔT uniforme, gradiente (con el canto h) y error de fabricación.
Quitar	Quita las cargas del objeto elegido.
Lista	Todas las cargas: editar o quitar.

6.4 4 · Calcular

Orden	Qué hace
Calcular	Resuelve el modelo (rigidez con giros y desplazabilidades; holguras por contacto).
Grados	Figura con θ y δ; GH y GD en el encabezado.
Flexib.	Ocho secciones; redundantes automáticas o elegidas.
Rotac.	Nueve secciones (siete con deslizadera interna).
Unitaria	Desplazamiento o giro de un nudo, en cuatro secciones.

6.5 5 · Result.

Orden	Qué hace
Reacc.	Reacciones y fuerzas en resortes; las flechas eligen nudo.
Deform.	Deformada ampliada, con la flecha dentro de cada barra.
M, V, N	Diagramas con cursor; enter abre el detalle de la barra.
Tabla	Resultados completos en texto.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Grado hiperestático y desplazabilidad

$$GH = 3m + r + s - e - a \tag{1}$$

Donde: m barras, r componentes de reacción, s resortes, e ecuaciones de nudo (3 por nudo rígido), a extremos articulados. Con barras indeformables, las restricciones axiales dependientes se descuentan.

$$GD = N_d - A \qquad \text{que se verifica con} \qquad GD = \text{número de ficticios} \tag{2}$$

Donde: N_d nudos que se pueden trasladar (no fijados por un apoyo de dos restricciones; los voladizos se toman como cargas); A anillos que forman las barras indeformables con la tierra, contando cada apoyo de una sola restricción como una barra (los resortes no cuentan). La fórmula supone restricciones independientes: con barras alineadas puede quedarse corta, por eso se verifica con lugares geométricos.

7.2 Lugares geométricos y estructura desplazada

Con barras indeformables, un nudo es *fijo* si en él se cortan dos lugares geométricos (LG): rectas por las que el nudo podría moverse. Un apoyo móvil o guiado da un LG paralelo a su movimiento; desde un nudo fijo, cada barra da en su otro extremo un LG perpendicular a ella. Si en algún momento no se puede fijar ningún nudo más, se agrega un LG ficticio F_k (un apoyo ficticio que impide un desplazamiento): el número de ficticios es GD y el desplazamiento impedido por cada uno es la incógnita δ_k. Moviendo un ficticio $\delta_k = 1$ con los demás fijos se obtiene la estructura desplazada y, de ella, el desnivel Δ_{ij} de cada barra (positivo si la barra gira en sentido antihorario) y la deformación de cada resorte. RIGIFLEX elige los ficticios en ese mismo orden y escribe cada δ_k como desplazamiento horizontal o vertical de un nudo.

7.3 Rotaciones angulares

Cada momento de extremo se escribe en función de los giros de los nudos y del desnivel Δ de la barra:

$$M_{ij} = M_{ij}^{F} + k_{ii}\,\theta_i + k_{ij}\,\theta_j + k_{\Delta}\,\Delta \tag{3}$$

Donde: barra empotrada en ambos extremos: $k_{ii} = 4EI/L$, $k_{ij} = 2EI/L$, $k_{\Delta} = -6EI/L^2$; barra con el extremo j articulado: $k_{ii} = 3EI/L$, $k_{ij} = 0$, $k_{\Delta} = -3EI/L^2$. M_{ij}^{F} son los momentos de empotramiento perfecto de las cargas (el programa los muestra como valores).

Las incógnitas salen de una ecuación de equilibrio de momentos por cada nudo con giro libre ($\sum M_{ij} = M_{\text{nudo}}$) y de una ecuación de la estructura por cada desplazabilidad, que el programa escribe por trabajos virtuales con $\delta_k = 1$ (equivale al equilibrio del cuerpo libre). Configuración de vínculos: un nudo al que llega una sola barra rígida (y sin resorte de giro) se articula del lado de la barra, que pasa a ser E/A, y su giro deja de ser incógnita; un voladizo se trata como carga del nudo (la fuerza) y de la barra contigua (el momento). Al final, los cortantes de cada barra son $V_i = V_i^0 + (M_{ij} + M_{ji})/L$ y $V_j = V_j^0 - (M_{ij} + M_{ji})/L$, con V^0 los de la barra simplemente apoyada, y las reacciones se controlan con $\sum F_x = \sum F_y = \sum M = 0$.

7.4 Flexibilidad

$$\mathbf{F}\,\mathbf{X} = \Delta - \mathbf{D}_0, \qquad R = R_0 + \sum_k R_k X_k \tag{4}$$

Donde: $\mathbf{X}$ redundantes; f_{kj} desplazamiento en la dirección k por $X_j = 1$; D_{k0} desplazamiento por las cargas en la estructura primaria; Δ_k asiento u holgura impuesta. Los coeficientes se obtienen por trabajo virtual barra por barra y los resortes aportan $R\,r/k$. Antes de la tabla, el programa escribe las funciones de momentos de cada estado por tramo, $M(x) = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3$, con x medido desde el primer nudo de la barra.

7.5 Carga unitaria

$$1 \cdot \delta = \sum_{\text{barras}} W_b + \sum_{\text{resortes}} \frac{R\,r}{k} - \sum r\,\Delta \tag{5}$$

Donde: W_b trabajo virtual de cada barra (flexión, axial, cortante, temperatura y fabricación) entre el estado real y el estado con la carga unitaria; el programa da cada término en una tabla.

> **Nota**
> Bibliografía de los ejemplos: Mendoza Apaza, *Análisis Estructural* (2021), capítulos 3 a 5, y el material de la asignatura CIV-2205 de la Facultad Nacional de Ingeniería.

8 Errores, avisos y preguntas frecuentes

8.1 Avisos del programa

- **Dato no válido.** El aviso dice qué corregir; el formulario sigue abierto y el caso no cambia.
- **Resultados pendientes.** Al pedir un resultado con el caso pendiente, el programa pregunta si calcula; con `No` no pasa nada.
- **Estructura inestable.** Calcular no da resultados; el mensaje indica el problema.
- **Licencia no verificada.** Ver la sección de licencia.

8.2 Preguntas frecuentes

¿Por qué los nudos tienen otro número del que esperaba?
Se numeran en el orden en que se crean. Para respetar un enunciado, créelos en ese orden.

¿Por qué la insignia dice «Calcular» si ya calculé?
Cualquier cambio deja los resultados pendientes. menu **Calcular** → `Calcular`, un clic en la insignia o enter en una vista pendiente.

El programa dice que la estructura es inestable.
Faltan apoyos o sobran rótulas: revise que cada parte del pórtico tenga restringidos sus movimientos.

¿Las barras se acortan bajo carga axial?
No por defecto. Para considerar EA, cambie `Axial` a `Sí` en la barra.

Elegí redundantes y el programa las rechaza.
Dejan una primaria inestable; elija otras o use `Redundantes automáticas`.

Al abrir el documento no veo resultados.
Se guardan los datos, no los resultados: calcule de nuevo.

¿Puedo poner un resorte de giro entre dos barras?
No: los resortes de giro son a tierra.

¿Hay corte con la tecla ON como en la HP Prime?
No. En la TI-Nspire ese caso no existe.