INERTIX

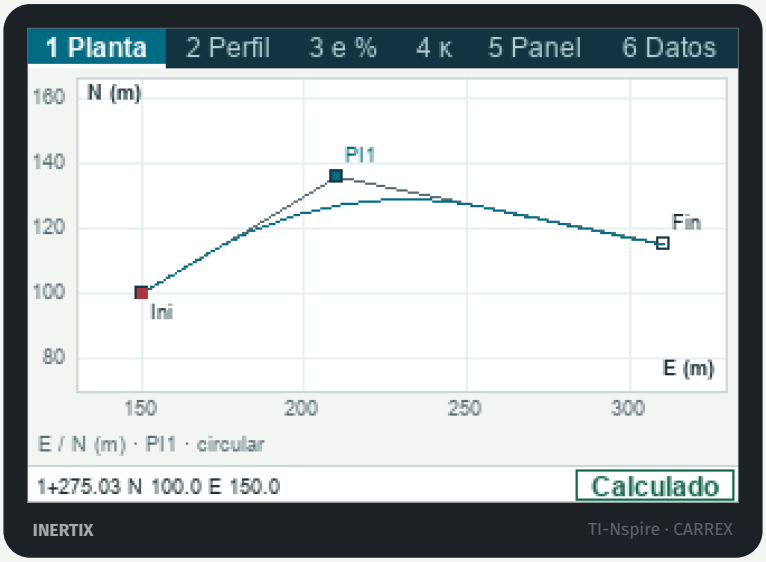
Programas de ingeniería civil para TI-Nspire

GUÍA DE USO

CARREX

Diseño geométrico de carreteras: planta, perfil, peralte y replanteo

Versión 1.0.0 **TI-Nspire** Vías y topografía · 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. Unidades y convenciones . . . 4
1.3. Límites y fuera de alcance . . . 5

2. Instalación **5**
2.1. Abrir en la computadora . . . 5
2.2. Transferir a la calculadora . . . 5

3. Licencia de uso **5**
3.1. Cómo funciona . . . 6
3.2. Activar en la calculadora . . . 6
3.3. Mensajes de la pantalla Licencia . . . 7
3.4. La licencia en CARREX . . . 7

4. La interfaz **8**
4.1. Zonas de la pantalla . . . 8
4.2. Vistas . . . 9
4.3. Teclas . . . 9
4.4. Formularios y resultados pendientes . . . 10
4.5. Tablas de datos . . . 10
4.6. Ayuda integrada . . . 11

5. Ejemplo guiado **12**
5.1. Enunciado . . . 12
5.2. Datos . . . 12
5.3. Paso a paso . . . 13
5.4. Resultados . . . 18
5.5. Opciones importantes . . . 19

6. Referencia de menús y opciones **25**
6.1. Archivo . . . 25
6.2. Planta y Perfil . . . 25
6.3. Diseño . . . 26

6.4. Calcular 26
6.5. Result. 27
6.6. Qué orden usar para cada tarea 28
6.7. Cómo leer los resultados 28
6.8. Diferencias con la versión HP Prime 28

7. Fundamento teórico breve **30**
7.1. Curva circular simple 30
7.2. Espirales de transición (clotoide) 30
7.3. Curvas verticales 30
7.4. Peralte, radio mínimo y visibilidad 31

8. Errores, avisos y preguntas frecuentes **31**
8.1. Errores y avisos 31
8.2. Preguntas frecuentes 31

1 Presentación y alcance

CARREX resuelve el **diseño geométrico de una carretera** en las TI-Nspire CX y CX II: el alineamiento en planta con sus curvas horizontales, el perfil longitudinal con sus curvas verticales, la transición de peralte y el replanteo. El trazado se edita en la vista Planta o en tablas de datos; los resultados se recorren con un cursor de progresiva común a todas las vistas, y cada cálculo se puede ver **paso a paso** con fórmulas, sustitución y tablas. El motor es el de la versión HP Prime, traducido sin cambios: con los mismos datos da las mismas cifras.

1.1 Qué calcula

- **Planta** de hasta 15 vértices. En cada PI: curva circular simple, espiral–circular–espiral (E-C-E) o espiral–espiral (E-E). Deflexión, tangente, longitud de curva, externa, flecha, cuerda larga y progresivas.
- **Perfil** de hasta 15 PIV con curvas verticales parabólicas simétricas o asimétricas: cota y pendiente en cualquier progresiva, punto alto o bajo.
- **Peralte**: transición del bombeo al peralte pleno (70/30 o a lo largo de L_e), bordes izquierdo y derecho, y sobreancho por curva.
- **Herramientas de diseño**: radio mínimo, peralte recomendado, longitud de curva vertical por visibilidad de parada, **radio por un punto obligado** y **longitud por una cota obligada**. Cada una propone un valor y pregunta antes de asignarlo.
- **Replanteo**: deflexiones, coordenadas por cuerdas, tabla de la espiral, estacas N, E y cotas.
- **Diez procedimientos** paso a paso, cada uno con su comparación con el resultado.

1.2 Unidades y convenciones

Magnitud	Unidad	Convención
Coordenadas	m	Norte (N) y Este (E)
Progresivas	m	Se muestran como km+m (1+345.00); se encadenan desde un vértice de referencia
Azimut y deflexión	° ’ "	Azimut desde el Norte, en sentido horario; giro a la derecha = curvatura positiva
Pendientes	%	$A = g_2 - g_1$; positivo: curva cóncava (columpio)
Peralte y bombeo	%	Peralte positivo: borde por encima del eje
Velocidad de proyecto	km/h	V_p
Longitud de curva	m	Por arco ($L_c = R\,\Delta$, por omisión) o por cuerda ($L_c = \Delta\, C_u / G$)
Curvatura	1/km	Se grafica $1000/R$ con signo

1.3 Límites y fuera de alcance

> **Fuera de alcance**
> CARREX trabaja con un solo eje: hasta 15 vértices en planta y 15 PIV en el perfil. **No** calcula curvas compuestas ni curvas de vuelta, secciones transversales, movimiento de tierras ni intersecciones. La visibilidad que evalúa es la de **parada**, con tablas para V_p de 30 a 120 km/h. Las herramientas de diseño son ayudas: la decisión final es del proyectista.

2 Instalación

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

Archivo	Uso
`CARREX.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

CARREX 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
`CARREX.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 `CARREX.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, CARREX 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 `CARREX.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 `CARREX.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.

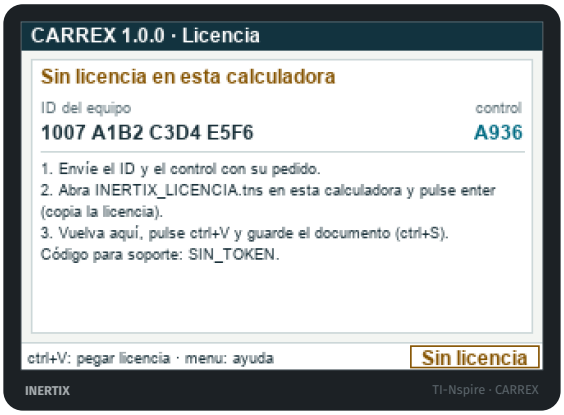
3.3 Mensajes de la pantalla Licencia

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.

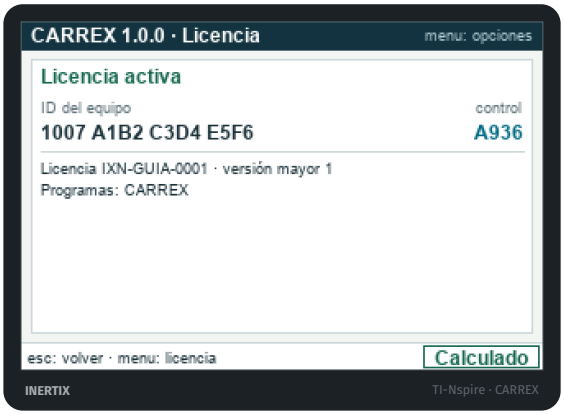
Salvo `Licencia activa`, cada mensaje muestra un `Código para soporte`. En la pantalla Licencia, menu **Ayuda** → `Soporte` reúne programa, ID, control, estado y código para enviarlos.

3.4 La licencia en CARREX

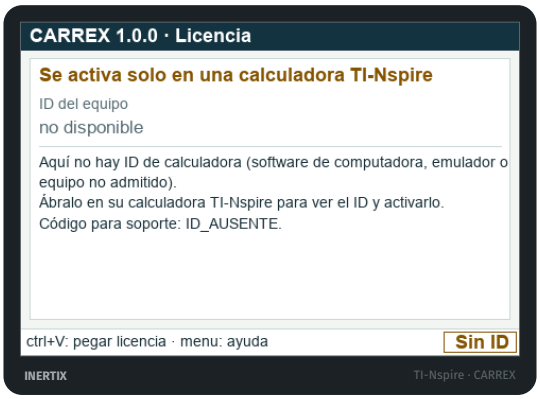
- menu **Archivo** → `Licencia` muestra la pantalla Licencia sobre el caso: estado, ID del equipo, control y programas incluidos. esc vuelve al trazado sin cambiarlo.
- Sin licencia válida para esta calculadora, CARREX solo muestra la pantalla Licencia: no hay pestañas, menú del programa ni cálculo. El trazado guardado en el documento se conserva.
- Una misma licencia puede incluir varios programas INERTIX; se pega (ctrl+V) en el documento de cada uno y se guarda el documento (ctrl+S).



Sin licencia: ID del equipo (de ejemplo), control e instrucciones.



Licencia activa abierta desde menu **Archivo** → `Licencia`.

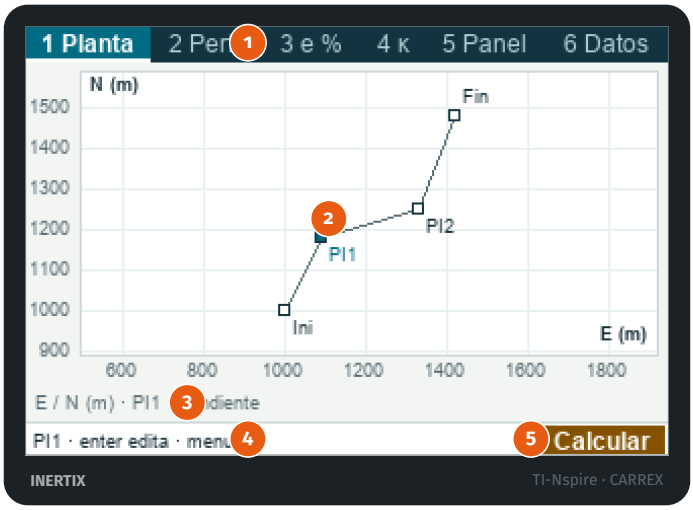


En la computadora no hay ID: no se activa y no hay cálculo.

4 La interfaz

4.1 Zonas de la pantalla

Al abrir el documento, CARREX carga el trazado de muestra `Tramo mixto` (una curva circular y una E-C-E) con los resultados pendientes.



Zona	Uso
1 Pestañas	`1 Planta`, `2 Perfil`, `3 e %`, `4 κ`, `5 Panel` y `6 Datos`: vistas del mismo caso. Se eligen con la cifra, con tab o con un clic.
2 Lienzo	Planta con vértices, tangentes y el eje calculado (espirales en otro color), o la gráfica de la vista.
3 Rótulo	Unidades, vértice seleccionado y tipo de su curva (o `pendiente`).
4 Barra inferior	Progresiva y lectura del cursor, o la ayuda del momento.
5 Insignia	`Calcular` (resultados pendientes; un clic resuelve) o `Calculado`.
Menú	menu abre Archivo, Planta, Perfil, Diseño, Calcular y Result., con las órdenes de la versión HP. No hay `Salir`: el documento se cierra desde el sistema.

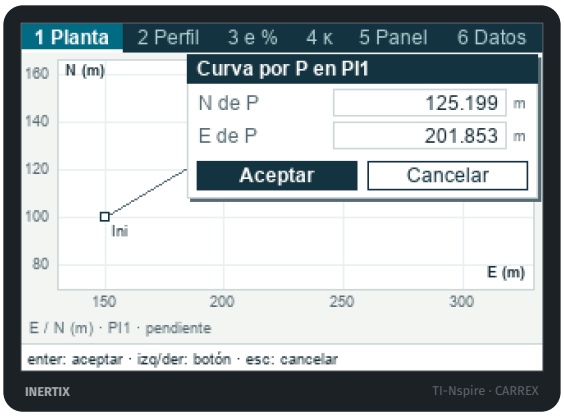
4.2 Vistas

Vista	Contenido
1 Planta	Vértices (Ini, PI1… Fin), tangentes y eje calculado, con el punto del cursor.
2 Perfil	Poligonal de PIV y rasante calculada.
3 e %	Peralte de los bordes izquierdo (azul) y derecho (rojo) por progresiva.
4 κ	Curvatura $1000/R$ con signo y el rótulo `PI1 R=120` de cada curva circular.
5 Panel	Longitud del eje, continuidad, V_p y un grupo por curva (R, Δ, T, L_c, externa, e) y por curva vertical.
6 Datos	Tabla editable de vértices (N, E, R, L_e, e) o de PIV (Prog., Cota, L_1, L_2).

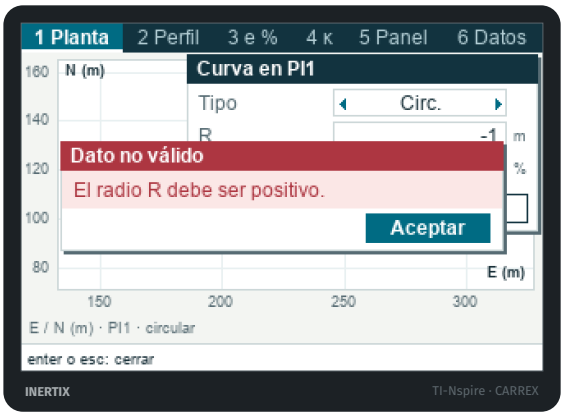
4.3 Teclas

Control	Dónde	Acción
menu	Siempre	Abre las órdenes.
1 a 6, tab	Fuera de edición	Cambian de vista. En e %, κ y Panel, con resultados pendientes, pregunta si calcula.
▲ ▼	Planta / Perfil	Seleccionan el vértice o el PIV.
enter	Planta / Perfil	Abre las coordenadas del vértice, o la progresiva y cota del PIV.
m, flechas, enter	Planta	Mover: las flechas desplazan el vértice un paso redondo (la barra lo indica); enter termina.
+ − f	Planta / Perfil	Acercar, alejar y encuadrar.
del	Planta / Perfil	Borra el vértice (con su curva) o el PIV, con confirmación.
◀ ▶	Con resultados	Mueven el cursor de progresiva una cuerda C_u (en el perfil, C_u vertical). No recalculan.
▲ ▼	e %, κ	Saltan a la curva anterior o siguiente.
▲ ▼, enter	Panel	Desplazan; enter abre la tabla completa.
clic	Planta / Perfil	Selecciona un vértice o PIV; en el perfil, un segundo clic abre sus datos.
esc	—	Cierra formularios, listas, avisos, documentos y procedimientos.

4.4 Formularios y resultados pendientes

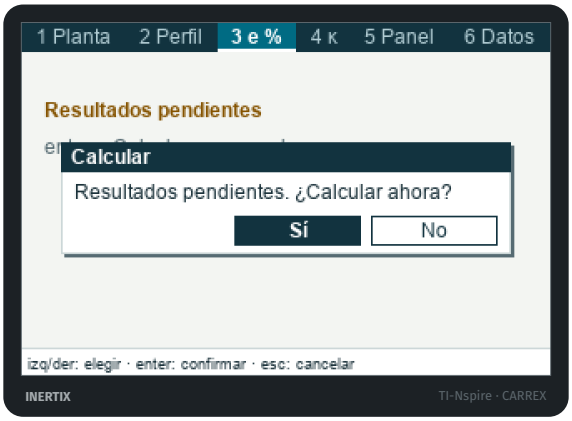


Formulario «Curva por P en PI1».



Dato rechazado: el aviso explica el motivo.

- **Formularios.** ▲ ▼ cambian de campo y ◀ ▶ la opción. clear vacía la celda, se escribe el valor (se admiten operaciones + − × ÷ ( ) ^) y enter confirma y pasa al campo siguiente; tras el último campo el foco queda en `Aceptar` y otro enter acepta. tab lleva a `Aceptar` desde cualquier campo. esc cancela sin cambios.
- **Campos por tipo.** `Curva` muestra L_e solo con espirales; `Curva V` muestra L o L_1 y L_2.
- **Validación.** Un dato no válido muestra el motivo; al cerrar el aviso el formulario sigue abierto y el caso **no** cambia (caso OI-6).
- **Resultados pendientes.** Cualquier cambio de datos deja la insignia en `Calcular`. Las vistas e %, κ y Panel preguntan si calcula; con `No`, el caso se conserva tal cual.



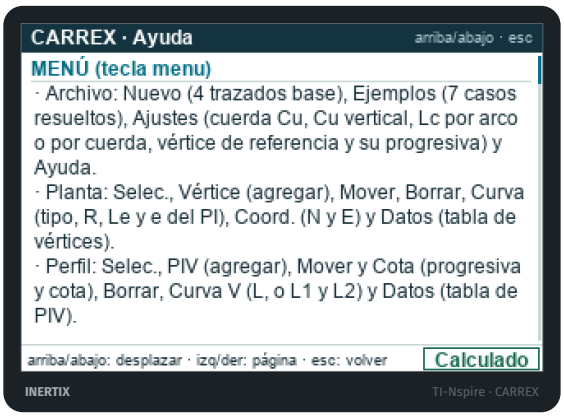
Vista de resultados con el caso pendiente.

4.5 Tablas de datos

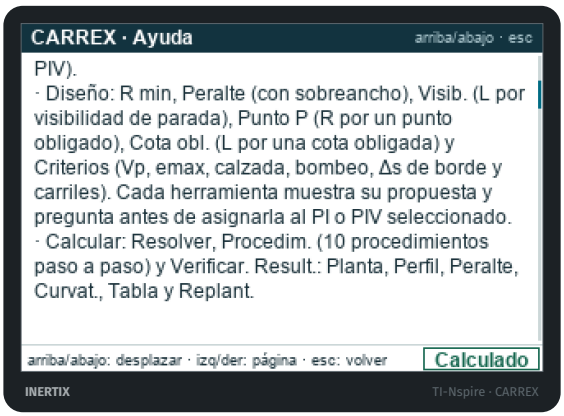
menu **Planta** → `Datos` o menu **Perfil** → `Datos` abren la vista 6. p muestra los vértices y v los PIV. Las flechas recorren las celdas; enter edita, clear reemplaza el valor y esc deshace la edición. + agrega una fila (con formulario) y del pide borrar la seleccionada. Los extremos no llevan curva; un dato que el tipo de curva no usa se cambia con `Curva` o `Curva V` (caso OI-5).

4.6 Ayuda integrada

menu **Archivo** → `Ayuda` resume menú, vistas, planta, perfil, tablas, formularios, resultados, procedimientos, convenios, errores, guardado, `LICENCIA` y `ACERCA DE`. ▲ ▼ desplazan, ◄ ► pasan de página y esc vuelve al caso sin cambiarlo.



Menú.

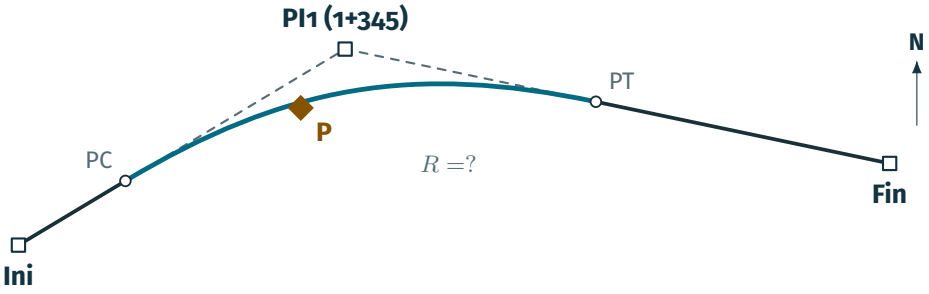


Diseño, Calcular y Result.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Un alineamiento horizontal va del punto inicial Ini al punto final Fin con un único vértice PI1, cuya progresiva es 1+345. La curva circular en PI1 debe pasar por un **punto obligado P** (por ejemplo, el borde de una construcción que no se puede afectar). Determinar el **radio** que cumple esa condición, los **elementos de la curva** (Δ, T, L_c, E), las **progresivas** de PC y PT, el peralte, el replanteo por estacas y la verificación del trazado.



5.2 Datos

Punto	Norte (m)	Este (m)
Ini	100.000	150.000
PI1	136.000	210.000
Fin	115.000	310.000
P (obligado)	125.199	201.853

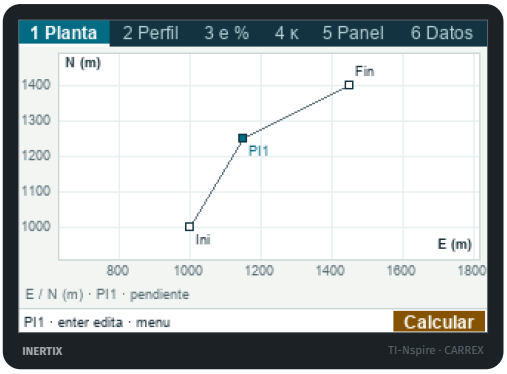
Parámetro	Valor
Progresiva de PI1	1+345.00
Cuerda de replanteo C_u	20 m
Velocidad de proyecto V_p	50 km/h
Peralte e	6 %
Longitud de curva	por arco ($L_c = R\,\Delta$)

Fuente: ejemplo *Curva circular por punto obligado P* de CARREX (`Archivo > Ejemplos`, caso 2), el mismo de la guía HP Prime. Caso de validación oficial de trazado geométrico vial con punto obligado de control. La solución analítica ($R = 120$ m) se comprueba mediante relaciones trigonométricas exactas y resolución numérica sobre la condición geométrica $|PO| = R$.

> **Nota**
> Es el mismo ejemplo de la guía HP Prime, con los mismos 17 pasos. Parte de la plantilla `Curva circular simple` y reescribe todos sus datos con el teclado. La fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior; [▶]×3 significa pulsar la tecla tres veces.

5.3 Paso a paso

1 Nuevo trazado desde la plantilla «Curva circular simple»



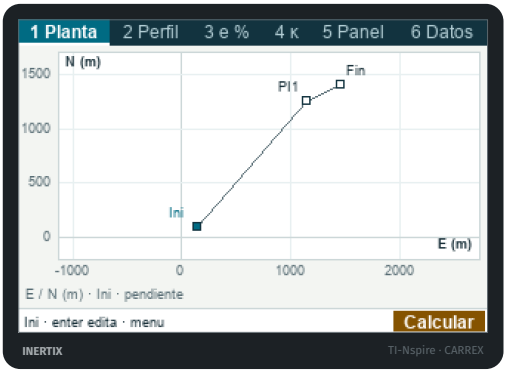
TECLAS

menu **Archivo** → `Nuevo` enter

menu **Archivo** → `Nuevo` abre los cuatro trazados base; enter elige el primero. Queda un alineamiento de tres vértices, Ini, PI1 y Fin, con una curva circular en PI1. **Nuevo reemplaza el trazado actual.**

✔ **Debe verse:** Planta de 3 vértices (Ini, PI1, Fin) con la plantilla; insignia «Calcular»

2 Coordenadas del vértice inicial



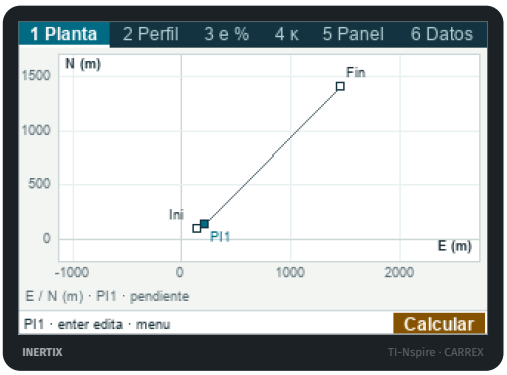
TECLAS

▲ enter clear 1 0 ×2 enter clear 1 5 0 enter ×2 f

▲ selecciona Ini y enter abre sus coordenadas (en la TI-Nspire, enter abre las coordenadas de cualquier vértice). clear, 100, enter, clear, 150, enter: el foco queda en `Aceptar` y otro enter acepta. f encuadra la planta.

✔ **Debe verse:** Ini en N 100, E 150; resultados pendientes

3 Coordenadas del PI1



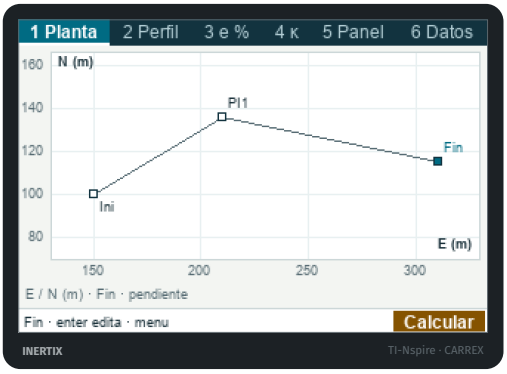
TECLAS

▼ enter clear 1 3 6 enter clear 2 1 0 enter ×2 f

▼ selecciona PI1; las mismas teclas le dan N = 136 y E = 210.

✔ **Debe verse:** PI1 en N 136, E 210

4 Coordenadas del vértice final



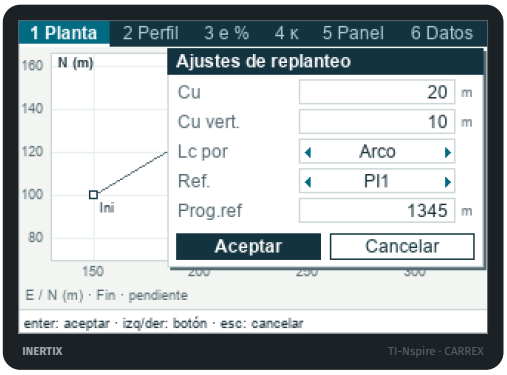
TECLAS

▼ enter clear 1 ×2 5 enter clear 3 1 0 enter ×2 f

▼ pasa a Fin: N = 115 y E = 310. El alineamiento ya es el del enunciado; la curva de la plantilla sigue en PI1 hasta que se calcule el radio por P.

✓ **Debe verse:** Alineamiento Ini–PI1–Fin del ejercicio, encuadrado con f

5 Progresiva del PI1 = 1+345



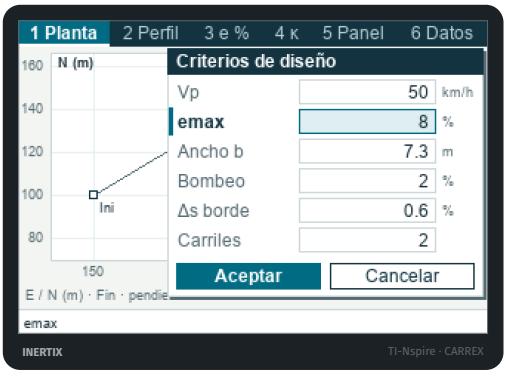
TECLAS

menu **Archivo** → Ajustes ▼ ×3 ▶ ▼ clear 1 3 4 5 enter

menu **Archivo** → Ajustes reúne la cuerda de replanteo y la referencia de progresivas. ▼ ×3 llega a Ref.; ▶ elige PI1. En Prog. ref se escribe 1345: todas las progresivas se encadenan desde PI1. $C_u = 20$ m ya es el valor del ejercicio.

✓ **Debe verse:** Formulario «Ajustes de replanteo»: Cu = 20 m, Ref. = PI1, Prog. ref = 1345

6 Criterios de diseño: Vp = 50 km/h



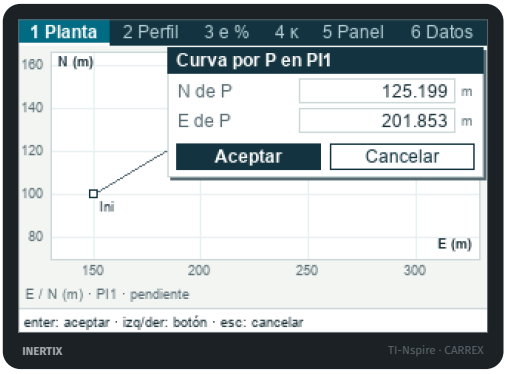
TECLAS

enter menu **Diseño** → Criterios clear 5 0 enter

enter acepta los ajustes. menu **Diseño** → Criterios reúne V_p, peralte máximo, calzada, bombeo, pendiente relativa de borde y carriles. Solo se cambia V_p a 50 km/h.

✓ **Debe verse:** Ajustes aceptados; formulario «Criterios de diseño» con Vp = 50 km/h

7 Punto obligado P



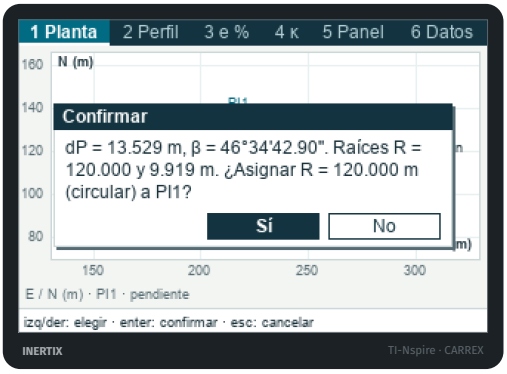
TECLAS

tab enter ▲ menu **Diseño** → `Punto P` clear 1 2 5 . 1 9 ×2 enter clear 2 0 1 . 8 5 3 enter

tab y enter aceptan los criterios. ▲ vuelve a seleccionar PI1: las herramientas de diseño actúan sobre el PI seleccionado. menu **Diseño** → `Punto P` pide las coordenadas del punto: 125.199 y 201.853.

✔ **Debe verse:** Formulario «Curva por P en PI1»: N de P = 125.199, E de P = 201.853

8 Resolver la ecuación del radio



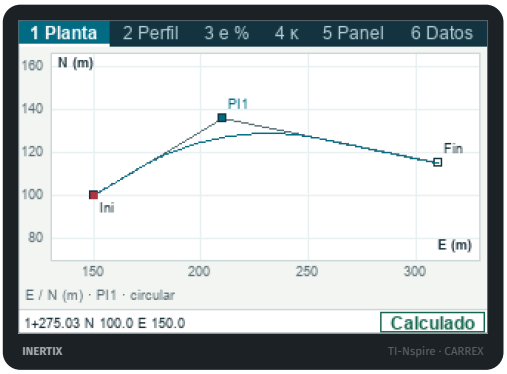
TECLAS

enter

enter acepta. CARREX calcula la distancia $d_P = 13.529$ m del PI1 a P, el ángulo β y las dos raíces de la ecuación del radio, y propone la que deja a P entre PC y PT: **R = 120.000 m**.

✔ **Debe verse:** Confirmación con dP = 13.529 m, las dos raíces y «¿Asignar R = 120.000 m … a PI1?»

9 Asignar R = 120 m y calcular



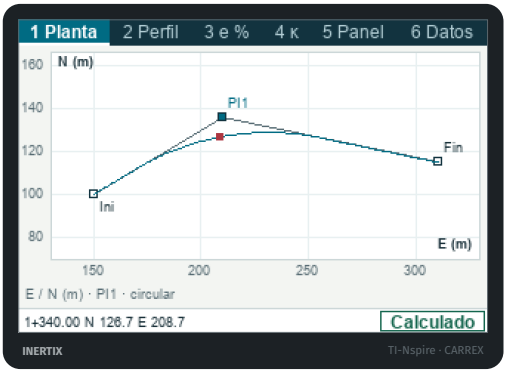
TECLAS

enter menu **Calcular** → `Resolver`

enter (`Sí`) asigna el radio a PI1 y menu **Calcular** → `Resolver` recalcula el eje. La curva queda tangente a los dos alineamientos y pasa por P; la insignia dice `Calculado`.

✔ **Debe verse:** Curva PC–PT que pasa por P; insignia «Calculado»

10 Recorrer el eje con el cursor de progresiva



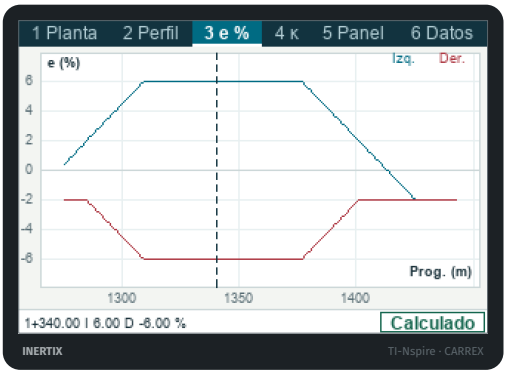
TECLAS

▶ ×3

▶ mueve el cursor una cuerda (20 m). Tras tres pulsaciones la barra dice `1+340.00 N 126.7 E 208.7`. Recorrer el eje no recalcula ni cambia el caso.

✔ **Debe verse:** La barra inferior da la progresiva, N y E del cursor; el caso no cambia

11 Diagrama de peralte



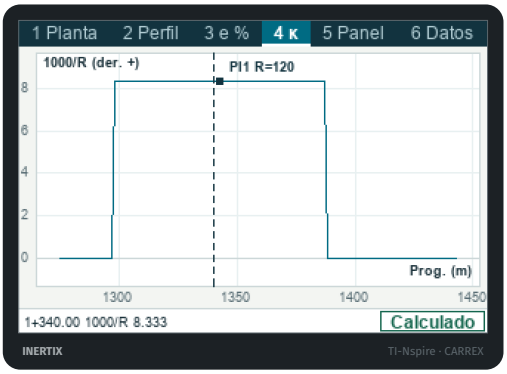
TECLAS

menu **Result.** → `Peralte`

menu **Result.** → `Peralte` (o 3) muestra la pendiente transversal de los bordes: del bombeo al peralte pleno de 6 % en la transición, constante entre PC y PT y de vuelta al bombeo. El cursor sigue en la misma progresiva: `I 6.00 D -6.00 %`.

✔ **Debe verse:** Vista e %: bordes izquierdo y derecho, del bombeo al peralte pleno de 6 % entre PC y PT

12 Curvatura del eje



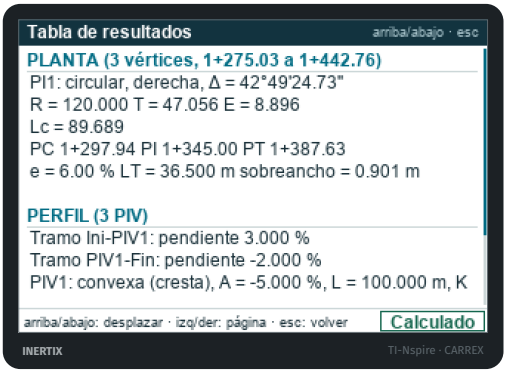
TECLAS

menu **Result.** → `Curvat.`

menu **Result.** → `Curvat.` (o 4) dibuja $1000/R$: cero en las rectas y un escalón de 8.33 rotulado `PI1 R=120`. En una espiral, la curvatura crecería linealmente (caso OI-2).

✔ **Debe verse:** Vista κ: escalón 1000/R ≈ 8.33 rotulado «PI1 R=120»

13 Tabla de resultados



TECLAS

menu **Result.** → `Tabla`

menu **Result.** → `Tabla` reúne el trazado: deflexión, R, T, E y L_c, progresivas de PC, PI y PT, peralte, longitud de transición y sobreancho; debajo, los tramos del perfil. Se desplaza con las flechas.

✔ **Debe verse:** R = 120.000, T = 47.056, E = 8.896, Lc = 89.689; PC 1+297.94, PI 1+345.00, PT 1+387.63

14 Replanteo: estacas N, E



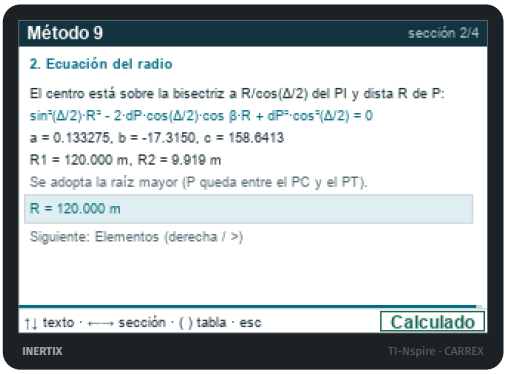
TECLAS

esc menu **Result.** → `Replant.` enter

esc y menu **Result.** → `Replant.`; enter elige la curva de PI1. La tabla da cada estaca cada 20 m de progresiva redonda, de PC 1+297.94 a PT 1+387.63, con norte, este y azimut de la tangente.

✔ **Debe verse:** Estacas de PC 1+297.94 a PT 1+387.63 con norte, este y azimut

15 Procedimiento: curva por punto obligado



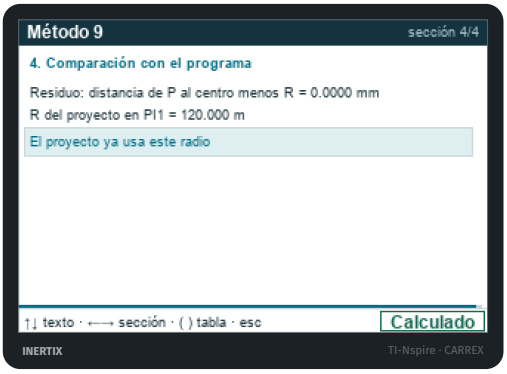
TECLAS

esc menu **Calcular** → `Procedim.` ▼×8 enter ▶

esc y menu **Calcular** → `Procedim.`; el noveno es la curva por punto obligado. ▼×8, enter y ▶: la sección 2 plantea la ecuación cuadrática con sus raíces 120.000 y 9.919 m.

✔ **Debe verse:** Sección 2: ecuación cuadrática, raíces 120.000 y 9.919 m, R = 120.000 m

16 Comparación con el programa



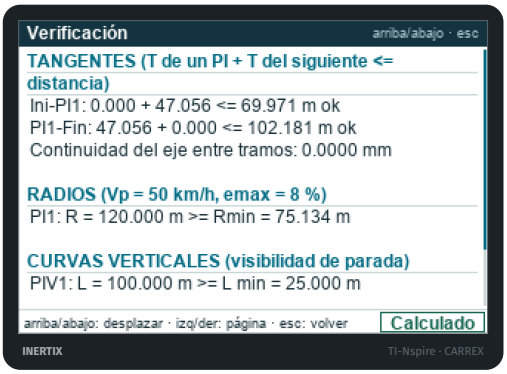
TECLAS

▶ ×2

▶ ×2 lleva a la última sección: el residuo (distancia de P al centro menos R) es nulo y el proyecto ya usa el radio calculado.

✔ **Debe verse:** Última sección: residuo nulo y el proyecto ya usa este radio

17 Verificación del modelo



TECLAS

esc menu **Calcular** → `Verificar`

esc y menu **Calcular** → `Verificar`: las tangentes no se superponen, $R = 120 \geq R_{\text{mín}} = 75.134$ m para $V_p = 50$ km/h, la curva vertical cumple la visibilidad de parada y no hay avisos del cálculo.

✔ **Debe verse:** Tangentes correctas, R = 120 m ≥ Rmin y sin avisos del cálculo

5.4 Resultados

CARREX coincide con la referencia

El radio que pasa por P, los elementos de la curva y las progresivas coinciden con la solución de referencia y con la HP Prime (mismo motor). Valores en pantalla: $R = 120.000011$ m, $T = 47.0559$ m, $L_c = 89.6894$ m, $E = 8.8963$ m, eje de 1+275.03 a 1+442.76.

Magnitud	Referencia	CARREX	Estado
Deflexión Δ	42°49'25"	42°49'24.73"	Coincide
Distancia PI1–P, d_P	13.529 m	13.529 m	Coincide
Radio por P, R	120.000 m	120.000 m	Coincide
Tangente T	47.056 m	47.056 m	Coincide
Longitud de curva L_c	89.689 m	89.689 m	Coincide
Externa E	8.896 m	8.896 m	Coincide
Flecha F	8.282 m	8.282 m	Coincide
Cuerda larga CL	87.616 m	87.616 m	Coincide
Progresiva PC	1+297.94	1+297.94	Coincide
Progresiva PT	1+387.63	1+387.63	Coincide

La segunda raíz de la ecuación ($R = 9.919$ m) también es tangente a los alineamientos, pero deja a P fuera del tramo PC–PT; se adopta la raíz mayor. Tolerancia de la validación: 0.5 mm.

Comprobación a mano

$$\Delta = Az_{\text{sal}} - Az_{\text{ent}} = 101.8598^\circ - 59.0362^\circ = 42.8235^\circ$$
$$T = R\tan(\Delta/2) = 120\tan 21.4118^\circ = 47.056 \text{ m}$$
$$L_c = R\,\Delta = 120 \times 0.747414 = 89.689 \text{ m}$$
$$E = R\,[1/\cos(\Delta/2) - 1] = 8.896 \text{ m}$$
$$PC = 1345.00 - 47.056 = 1297.94 \text{ m}, \qquad PT = PC + L_c = 1387.63 \text{ m}$$

5.5 Opciones importantes

Seis casos cortos para lo que el ejemplo guiado no toca. Los casos OI-1 a OI-3 son los ejemplos cortos de la guía HP, con las mismas cifras.

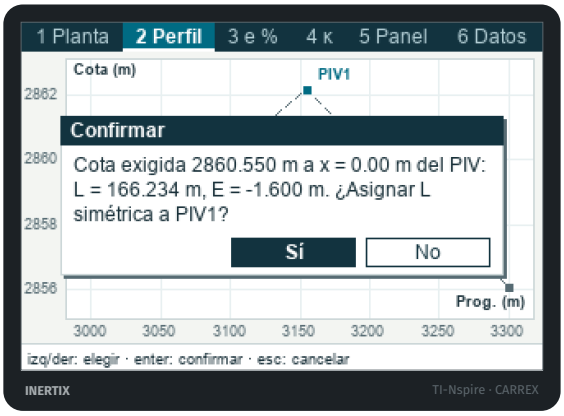
5.5.1 OI-1 · Curva vertical por cota obligada (ducto)

Objetivo. Obtener la longitud de curva vertical que deja la rasante a una cota exigida.

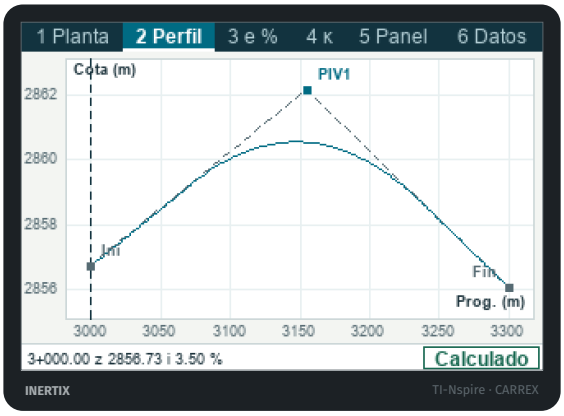
Datos. Caso 7 de menu **Archivo** → `Ejemplos`: PIV en 3+155 con cota 2862.15 m, pendientes $+3.5$ y -4.2 %; bajo el PIV cruza un ducto a cota 2859.55 m que exige 1 m de tapada. El ejemplo se carga con $L = 160$ m.

1. **Cargar el ejemplo del ducto.** ▼ ×6 y enter en la lista de ejemplos.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼ ×6 enter
2. **Datos de la cota obligada.** menu **Diseño** → `Cota obl.`: progresiva 3155, cota 2859.55 y tapada 1 m ya vienen del ejemplo.
   menu **Diseño** → `Cota obl.`
3. **Calcular la longitud.** tab y enter: cota exigida 2860.550 m, $L = 166.234$ m, $E = -1.600$ m y pregunta de asignación.
   tab enter

4. **Asignar y calcular.** enter asigna; Resolver y la vista Perfil muestran la curva nueva.
   enter menu **Calcular** → `Resolver` menu **Result.** → `Perfil`
5. **Procedimiento de cota obligada.** El procedimiento 10 desarrolla la ecuación de L.
   menu **Calcular** → `Procedim.` ▼ ×9 enter ▶



Cota obligada: $L = 166.234$ m.



Perfil con la curva asignada.

Lectura. La cota de la rasante sobre el ducto es $2859.55 + 1.00 = 2860.55$ m: la curva más corta que la cumple mide 166.234 m. Una curva mayor deja más tapada.

5.5.2 OI-2 · Tramo mixto: circular + espirales (E-C-E)

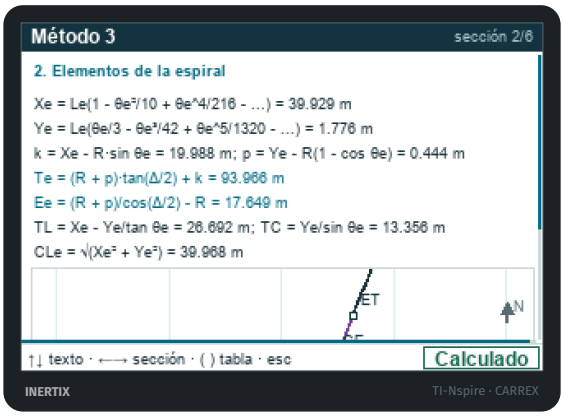
Objetivo. Leer los elementos de una curva con espirales de transición.

Datos. Caso 1 de Ejemplos: PI1 circular $R = 120$ m; PI2 E-C-E con $R = 150$ m y $L_e = 40$ m.

1. **Cargar el tramo mixto y calcular.** Cargue el caso 1 y calcule.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` enter menu **Calcular** → `Resolver`
2. **Panel de resultados.** 5 abre el Panel; ▼ recorre el grupo de cada curva.
   5 ▼ ×7
3. **Curvatura con espirales.** 4: la curvatura sube linealmente en las espirales de PI2 y es constante en su tramo circular.
   4
4. **Procedimiento de espirales.** menu **Calcular** → `Procedim.`, tercer método, sección 2: θ_e, X_e, Y_e, k, p y T_e.
   menu **Calcular** → `Procedim.` ▼ ×2 enter ▶



Panel: grupos por curva.



Elementos de la espiral.

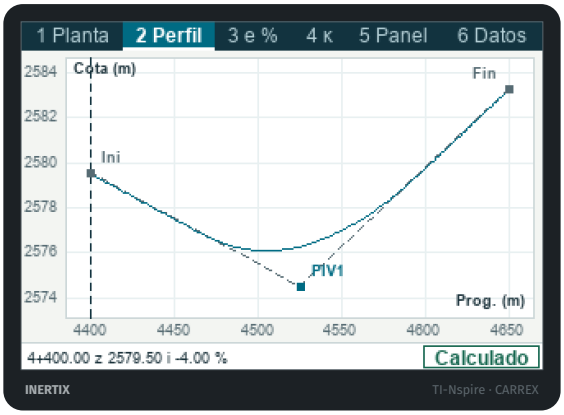
Magnitud	PI1 (circular)	PI2 (E-C-E)
Deflexión Δ	47°10’29"	52°22’09"
Tangente T / T_e	52.395 m	93.966 m
Externa E	10.940 m	17.649 m
Longitud circular L_c	98.803 m	97.102 m

5.5.3 OI-3 · Curva vertical asimétrica 60+70 m

Objetivo. Curva vertical de ramas desiguales y su punto bajo.

Datos. Caso 6 de Ejemplos: PIV en 4+525 con cota 2574.50 m, pendientes -4 y $+7$ %, ramas 60 y 70 m.

1. **Cargar el ejemplo y calcular.** Cargue el caso 6 y calcule.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼×5 enter menu **Calcular** → `Resolver`
2. **Perfil y punto bajo.** menu **Result.** → `Perfil` muestra la rasante con el punto bajo.
   menu **Result.** → `Perfil`
3. **Recorrer el perfil.** ◄ recorre el perfil; la barra da progresiva, cota z e inclinación i.
   ◄×4
4. **Elementos de la curva.** El procedimiento 4 (método directo) da A, E y el punto bajo.
   menu **Calcular** → `Procedim.` ▼×3 enter ►



Perfil con el punto bajo.



Elementos de la curva asimétrica.

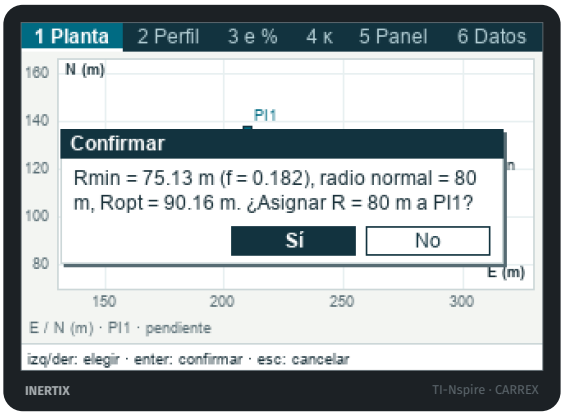
Lectura. $A = 11\,\%$ (cóncava), $E = AL_1L_2/[200(L_1 + L_2)] = 1.777$ m y punto bajo en 4+505.52, cota 2576.090 m.

5.5.4 OI-4 · Herramientas de diseño: R min, peralte y visibilidad

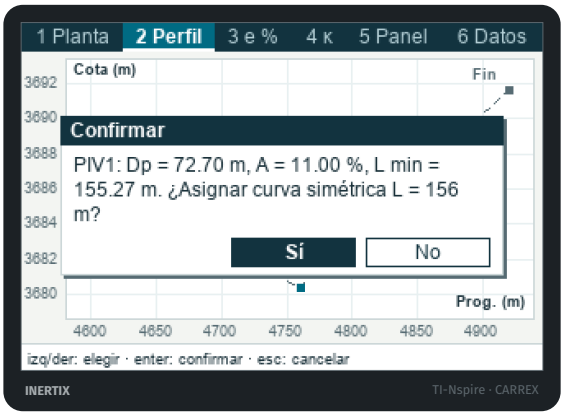
Objetivo. Usar las ayudas de diseño sin cambiar el trazado si no se acepta la propuesta.

Datos. Caso 2 de Ejemplos (PI1 con $R = 90$ m, $V_p = 50$ km/h, $e_{máx} = 8\,\%$) y caso 5 (curva vertical simétrica).

1. **Cargar el ejemplo del punto P y calcular.** Cargue el caso 2 y calcule.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼ enter menu **Calcular** → `Resolver`
2. **Radio mínimo.** menu **Diseño** → `R min`, tab, enter: $R_{mín} = 75.13$ m ($f = 0.182$), radio normal 80 m y $R_{opt} = 90.16$ m.
   menu **Diseño** → `R min` tab enter
3. **No asignar.** esc (`No`) no asigna: el radio sigue en 90 m. Los resultados quedan pendientes porque la herramienta actualiza los criterios.
   esc
4. **Peralte y sobreancho.** menu **Diseño** → `Peralte`: $e = V^2/127R - f = 3.67\,\%$ y sobreancho 1.120 m.
   menu **Diseño** → `Peralte` tab enter
5. **Visibilidad de parada en un PIV.** Con el caso 5 calculado, menu **Diseño** → `Visib.`: $D_p = 72.70$ m y $L_{mín} = 155.27$ m; propone $L = 156$ m.
   esc menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼×4 enter menu **Calcular** → `Resolver` menu **Diseño** → `Visib.` tab enter



R min: propuesta y pregunta.



Visibilidad de parada en PIV1.

Lectura. Visib. necesita resultados vigentes: con el caso pendiente, primero pregunta si calcula.

5.5.5 OI-5 · Tablas de datos: editar con operaciones

Objetivo. Cambiar coordenadas directamente en la tabla.

1. **Cargar el ejemplo del punto P.** Cargue el caso 2.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` ▼ enter
2. **Abrir la tabla de vértices.** menu **Planta** → `Datos` abre la tabla de vértices.
   menu **Planta** → `Datos`

3. **Editar N de PI1 con una operación.** [▶], [▼], [clear], 136+4, [enter]: N de PI1 = 140; resultados pendientes.

   [▶] [▼] [clear] [1] [3] [6] [+] [4] [enter]

4. **Tabla de PIV.** [v] muestra la tabla de PIV.

   [v]

5. **Volver a la planta y calcular.** [1] vuelve a la planta y Resolver recalcula con el vértice desplazado.

   [1] [menu] **Calcular** → `Resolver`



Tabla de vértices tras la edición.

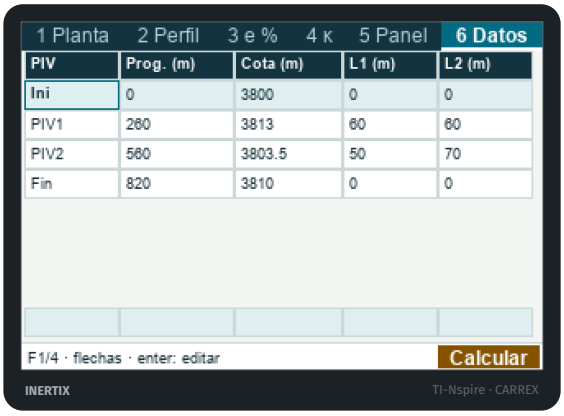


Tabla de PIV.

5.5.6 OI-6 · Dato no válido, guardar y abrir el documento

1. **Cargar y calcular el ejemplo del punto P.** Caso 2 con el radio por P (120 m), calculado.

   [menu] **Archivo** → `Ejemplos` [▼] [enter] [menu] **Diseño** → `Punto P` [tab] [enter]×2

   [menu] **Calcular** → `Resolver`

2. **R negativo en la curva.** [menu] **Planta** → `Curva`, R $= -1$ y aceptar: aviso `El radio R debe ser positivo.`; el formulario sigue abierto.

   [menu] **Planta** → `Curva` [▼] [clear] [-] [1] [enter] [tab] [enter]

3. **Cancelar.** [esc]×2: el caso no cambió y los resultados siguen vigentes.

   [esc]×2

4. **Guardar el documento.** [ctrl]+[S] guarda el documento con el trazado.

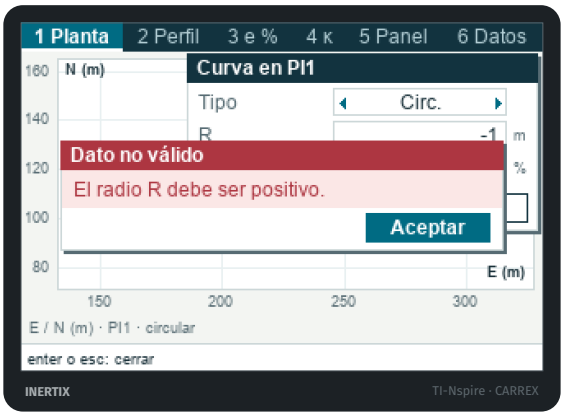
   (ctrl+S: on.save)

5. **Abrir el documento.** Al abrir de nuevo el documento, el trazado es el mismo y los resultados quedan pendientes.

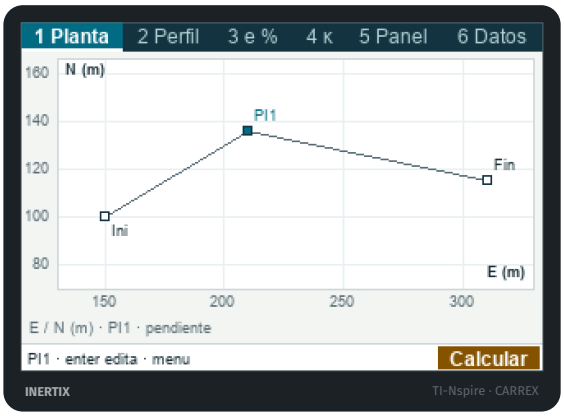
   (abrir el .tns: on.restore)

6. **Calcular de nuevo.** Resolver da otra vez $R = 120$ m y la misma longitud del eje.

   [menu] **Calcular** → `Resolver`



Dato no válido: el formulario sigue abierto.



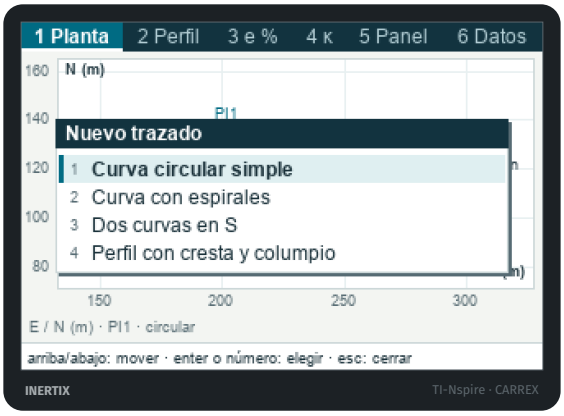
Documento abierto: mismo trazado, resultados pendientes.

Guardar y abrir se hace con ctrl + S y abriendo el `.tns`.

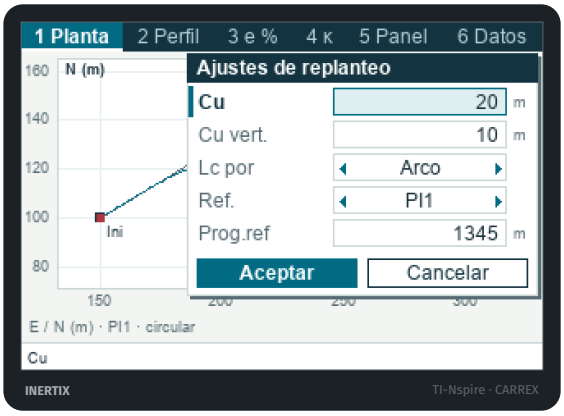
6 Referencia de menús y opciones

6.1 Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Trazados base: `Curva circular simple`, `Curva con espirales`, `Dos curvas en S` y `Perfil con cresta y columpio`. Reemplaza el trazado actual.
Ejemplos	Siete casos: `Tramo mixto: circular + espirales`, `Curva circular por punto obligado P` (el de esta guía), `Circular R 130 m, Lc por cuerda`, `Espirales R 100 m, Le 35 m (E-E)`, `Curva vertical simétrica L 130 m`, `Curva vertical asimétrica 60+70 m` y `Curva vertical por cota obligada (ducto)`.
Ajustes	C_u, C_u vertical, L_c por arco o por cuerda, vértice de referencia y su progresiva.
Ayuda	Resumen del programa (§ 4).
Licencia	Pantalla Licencia: estado, ID y control.



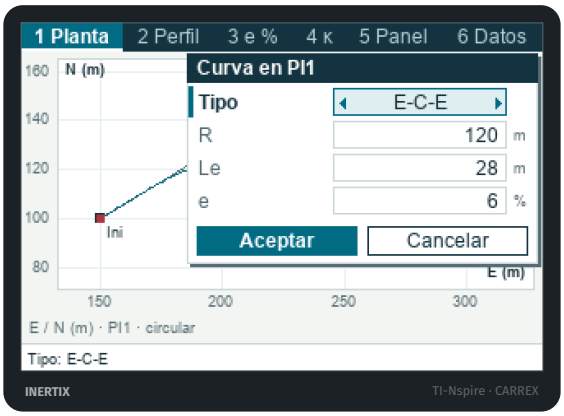
menu **Archivo** → `Nuevo`.



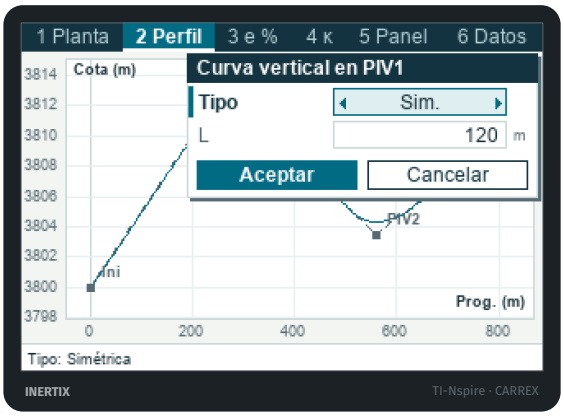
menu **Archivo** → `Ajustes`.

6.2 Planta y Perfil

Orden	Qué hace
Selec.	Lista de vértices (o PIV) para seleccionar uno.
Vértice / PIV	Formulario de alta: N, E y posición del vértice (inserta antes o extiende), o progresiva y cota del PIV.
Mover	Planta: modo mover con las flechas (paso redondo). Perfil: abre progresiva y cota del PIV.
Borrar	Borra el vértice con su curva, o el PIV, con confirmación. La planta y el perfil necesitan al menos 2 puntos.
Curva	En un PI: `Ninguna`, `Circ.`, `E-C-E` o `E-E`; R, L_e (con espirales) y e.
Coord.	N y E del vértice seleccionado.
Curva V	En un PIV: `Ninguna`, `Sim.` (L) o `Asim.` (L_1, L_2).
Cota	Progresiva y cota del PIV seleccionado.
Datos	Tabla editable (§ 4.5). Orden nueva de la TI-Nspire.



Curva E-C-E: aparece L_e.

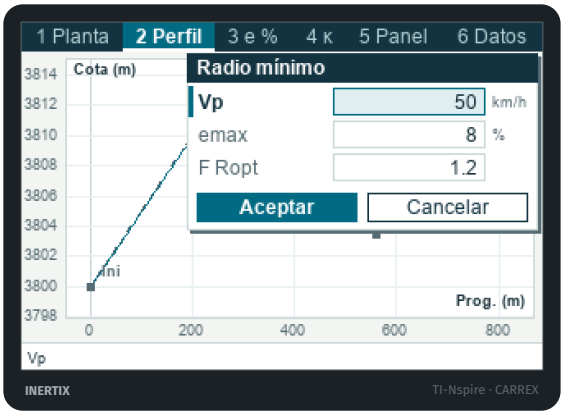


menu **Perfil** → `Curva V.`

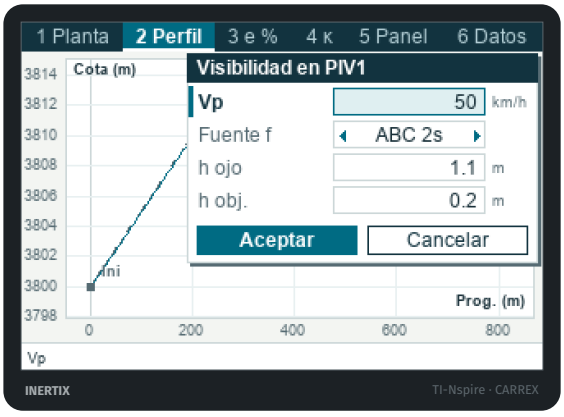
6.3 Diseño

Cada herramienta calcula con los criterios vigentes y pregunta `¿Asignar ...?` al PI o PIV seleccionado.

Orden	Qué hace
R min	Radio mínimo, normal y óptimo para V_p y $e_{\text{máx}}$ (factor de radio óptimo).
Peralte	Peralte recomendado y sobreancho de la curva del PI (longitud del vehículo, carriles).
Visib.	Visibilidad de parada y longitud mínima de la curva vertical del PIV. `Fuente f:` `ABC 2s` o `Alt.2.5s`; alturas de ojo y objeto.
Punto P	Radio de la curva circular que pasa por un punto (N, E).
Cota obl.	Longitud de curva vertical simétrica que da una cota exigida (obstáculo y tapada).
Criterios	V_p, $e_{\text{máx}}$, ancho de calzada, bombeo, pendiente relativa de borde y carriles.



menu **Diseño** → `R min.`



menu **Diseño** → `Visib.`

6.4 Calcular

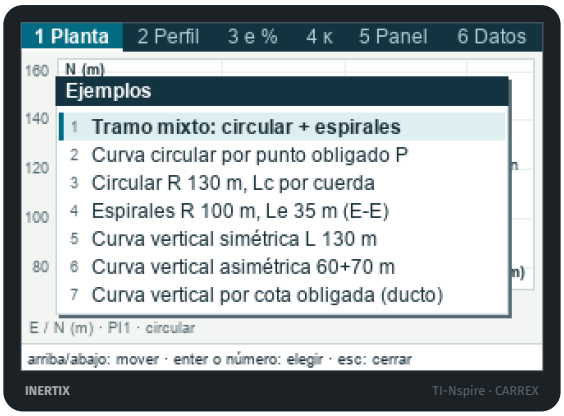
Orden	Qué hace
Resolver	Calcula planta, perfil y peralte. Si hay un error, el mensaje dice qué dato corregir.
Procedim.	Diez procedimientos (tabla siguiente). Los que no aplican al trazado avisan el motivo.
Verificar	Tangentes, radios frente a $R_{\text{mín}}$, visibilidad de las curvas verticales y avisos del cálculo.

Procedimiento	Contenido
1 Circular: deflexiones	Datos, elementos, progresivas y tabla de deflexiones.
2 Circular: coordenadas por cuerdas	Cuerdas encadenadas y tabla de N, E.
3 Espiral-circular-espiral	Elementos de la clotoide, progresivas y tabla de la espiral.
4 Curva vertical: método directo	Elementos y tabla de cotas.
5 Curva vertical: ordenadas	Ordenadas a la tangente y cotas.
6 Transición de peralte	Longitudes de transición, diagrama y cotas de bordes.
7 Radio mínimo y peralte	Fricción transversal, $R_{\text{mín}}$ y peralte.
8 Visibilidad de parada	D_p y longitud mínima de la curva vertical.
9 Curva por punto obligado	Ecuación del radio y elementos.
10 Curva vertical con cota obligada	Ecuación de L.

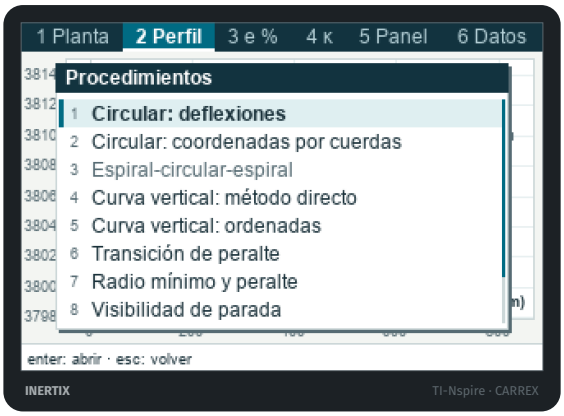
En el visor, ◄ ► cambian de sección, ▲ ▼ desplazan, ( ) y) recorren tablas anchas y esc vuelve al caso. Cada procedimiento termina con su comparación con el resultado.

6.5 Result.

Orden	Qué hace
Planta, Perfil, Peralte, Curvat.	Abren las vistas 1 a 4.
Tabla	Documento con los elementos de planta y perfil.
Replant.	Lista de curvas replanteables; cada una abre sus estacas N, E (o cotas de la curva vertical).



menu **Archivo** → `Ejemplos`.



menu **Calcular** → `Procedim.`

6.6 Qué orden usar para cada tarea

Tarea	Orden y comentario
Empezar un trazado	menu **Archivo** → `Nuevo` y el trazado base más parecido; después coordenadas, curvas y PIV.
Llevar el eje a coordenadas reales	menu **Planta** → `Coord.` de cada vértice; menu **Archivo** → `Ajustes` fija la progresiva de un vértice de referencia.
Elegir el radio	menu **Diseño** → `R min` da $R_{\text{mín}}$, el normal y el óptimo; menu **Diseño** → `Punto P`, el radio que pasa por un punto.
Agregar espirales	menu **Planta** → `Curva`, tipo `E-C-E` o `E-E` y L_e. Verificar avisa si se rediseña como E-E.
Definir el perfil	menu **Perfil** → `PIV` y menu **Perfil** → `Curva V`; menu **Diseño** → `Visib.` da la longitud por visibilidad y menu **Diseño** → `Cota obl.`, por una cota obligada.
Peralte y sobreancho	menu **Diseño** → `Peralte` (por curva) y menu **Diseño** → `Criterios` (calzada, bombeo, Δs).
Comprobar el proyecto	menu **Calcular** → `Verificar`: tangentes, continuidad, radios, visibilidad y avisos.
Replantear	menu **Result.** → `Replant.`: estacas N, E por curva y cotas por curva vertical; menu **Calcular** → `Procedim.` para el desarrollo a mano.

6.7 Cómo leer los resultados

- **Tabla.** Por cada PI: sentido de giro, Δ, R, T, E, L_c, progresivas de PC, PI y PT, peralte, longitud de transición L_T y sobreancho. Por cada tramo del perfil, su pendiente; por cada PIV, si es cresta o columpio, A, L, K, PCV y PTV con sus cotas.
- **Progresivas.** Se encadenan desde el vértice de referencia de Ajustes: cambiar la referencia desplaza todas, sin cambiar la geometría.
- **Peralte.** El borde exterior sube hasta $+e$ y el interior baja hasta $-e$; en las rectas ambos bordes quedan en el bombeo. Con espirales la transición ocupa L_e; sin ellas, 70 % en la tangente y 30 % en la curva.
- **Curvatura.** Un escalón es una curva circular; una rampa, una espiral. El signo indica el sentido de giro.
- **Replanteo.** Cada fila es una estaca de progresiva redonda (múltiplo de C_u) más PC y PT, con N, E y el azimut de la tangente; las deflexiones por cuerdas están en el procedimiento 1.
- **Continuidad.** En Verificar, la separación entre tramos consecutivos del eje calculado: debe ser 0 mm.

6.8 Diferencias con la versión HP Prime

- Las órdenes y sus nombres son los de la HP, en el menú de la tecla menu; las cifras cambian de vista, no de categoría. No hay `Salir` ni cinta de iconos.
- En la planta, enter abre las coordenadas de cualquier vértice (en la HP, en un PI abre su curva: aquí se usa menu **Planta** → `Curva`). Insertar y mover se hace con formularios y flechas, no tocando el lienzo.

- `Datos` (tablas editables) es propio de la TI-Nspire. f encuadra (en la HP, o).
- La HP puede cortar un cálculo con la tecla ON; en la TI-Nspire no existe ese corte.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Curva circular simple

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2}, \qquad E = R\left(\frac{1}{\cos(\Delta/2)} - 1\right), \qquad F = R\left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right),$$
$$CL = 2R\sin\frac{\Delta}{2}, \qquad G = 2\arcsin\frac{C_u}{2R}, \qquad L_c = R\,\Delta \;\text{ o }\; L_c = \frac{\Delta\, C_u}{G}$$

Donde: Δ deflexión entre alineamientos, R radio, C_u cuerda unidad de replanteo, G grado de curvatura.

La deflexión de cada estaca es $\delta = G\,l/(2C_u)$ (por cuerda) o $\delta = l/(2R)$ (por arco), con l la subcuerda.

Curva por un punto obligado

Con d_P la distancia del PI al punto P y β el ángulo entre la dirección PI–P y la bisectriz interior:

$$\sin^2\frac{\Delta}{2}\,R^2 - 2\,d_P\cos\frac{\Delta}{2}\cos\beta\,R + d_P^2\cos^2\frac{\Delta}{2} = 0 \tag{1}$$

Se adopta la raíz que deja a P entre PC y PT.

7.2 Espirales de transición (clotoide)

$$\theta_e = \frac{L_e}{2R}, \qquad X_e = L_e\left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216}\right), \qquad Y_e = L_e\left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} + \frac{\theta_e^5}{1320}\right),$$
$$k = X_e - R\sin\theta_e, \qquad p = Y_e - R\,(1 - \cos\theta_e), \qquad T_e = (R + p)\tan\frac{\Delta}{2} + k$$

El tramo circular central abarca $\Delta_c = \Delta - 2\theta_e$. Si $2\theta_e > \Delta$ o $L_c < 0.556\,V_p$, la curva se rediseña como espiral–espiral y se avisa en `Verificar`.

7.3 Curvas verticales

$$A = g_2 - g_1, \qquad E = \frac{A\,L}{800}, \qquad y = \frac{A\,x^2}{200\,L} \;\text{(simétrica)},$$
$$E = \frac{A\,L_1 L_2}{200\,(L_1 + L_2)} \;\text{(asimétrica)}$$

Donde: g pendientes en %, L longitud de la curva, x distancia desde el PCV, y ordenada a la tangente.

Para una cota obligada a la distancia x del PIV: $(A/4)\,L^2 + [\,200(z_{PIV} - z_r) + (g_1 + g_2)\,x\,]\,L + A\,x^2 = 0$.

7.4 Peralte, radio mínimo y visibilidad

$$R_{\text{mín}} = \frac{V_p^2}{127\,(e+f)}, \qquad e = \frac{V_p^2}{127\,R} - f, \qquad L_T = \frac{a\,e}{\Delta s},$$
$$D_p = \frac{V_p\,t_{pr}}{3.6} + \frac{V_p^2}{254\,(f+i)}, \qquad S = n\left(R - \sqrt{R^2 - L^2}\right) + \frac{V_p}{10\sqrt{R}}$$

Donde: e peralte, f fricción ($f = 0.265 - V_p/602.4$ hasta 80 km/h; $0.193 - V_p/1134$ por encima), a semiancho girado, Δs pendiente relativa de borde, t_{pr} tiempo de percepción y reacción, i pendiente, n carriles, L longitud del vehículo, S sobreancho.

8 Errores, avisos y preguntas frecuentes

8.1 Errores y avisos

Mensaje	Qué hacer
`El radio R debe ser positivo.`	Corrija R en el formulario o pulse esc; el caso no cambia.
`R debe ser mayor que Cu/2 = ...`	El radio es menor que media cuerda de replanteo: aumente R o reduzca C_u en Ajustes.
`Tramo i-j: tangentes superpuestas (T = ... > d = ...)`	Las tangentes de dos curvas vecinas no caben en la distancia entre PI: reduzca R o L_e.
`Curvas verticales de PIV ... superpuestas.`	Reduzca L (o L_1, L_2) o separe los PIV.
`Los extremos no llevan curva...`	Seleccione un PI o PIV interior.
`Seleccione un PI con curva...`	Las herramientas actúan sobre el PI o PIV seleccionado: selecciónelo y vuelva a abrirlas.
`Resultados pendientes. ¿Calcular ahora?`	Los datos cambiaron: `Sí` calcula; `No` conserva el caso sin resultados.
`Licencia no verificada en esta calculadora...`	Abra menu **Archivo** → `Licencia` y revise el estado.

8.2 Preguntas frecuentes

¿Por qué aparece «Resultados pendientes»?

Porque el trazado cambió después del último cálculo. CARREX no muestra resultados de una solución anterior: use menu **Calcular** → `Resolver`, enter en una vista pendiente o un clic en la insignia.

¿Cómo empiezo un trazado propio?

Con menu **Archivo** → `Nuevo` y el trazado base más parecido; luego cambie coordenadas, curvas y PIV, o agregue y borre vértices.

Cambié coordenadas y el trazado salió de la pantalla.

La planta conserva la vista; f la encuadra.

¿Por qué el radio aparece como 120.000011?

Los campos muestran el valor con todos sus decimales. Las coordenadas de P están dadas al milímetro, y el radio exacto que pasa por ellas difiere de 120 m en centésimas de milímetro.

¿Por qué una curva con espirales se convirtió en E-E?

Si la deflexión no deja tramo circular ($2\theta_e > \Delta$) o este es demasiado corto ($L_c < 0.556\,V_p$), CARREX la rediseña como espiral–espiral y lo avisa en `Verificar`.

¿Dónde cambio la cuerda de replanteo o el cálculo por cuerda?

En menu **Archivo** → `Ajustes`: C_u y `Lc por`.

¿Se guardan los resultados en el documento?

Se guardan los datos del trazado. Al abrir el documento los resultados quedan pendientes y se recalculan en un paso.

¿Funciona en el software de computadora?

No. La licencia se activa solo en una calculadora TI-Nspire (CX y CX II): en la computadora no hay ID del equipo y no calcula.