INERTIX

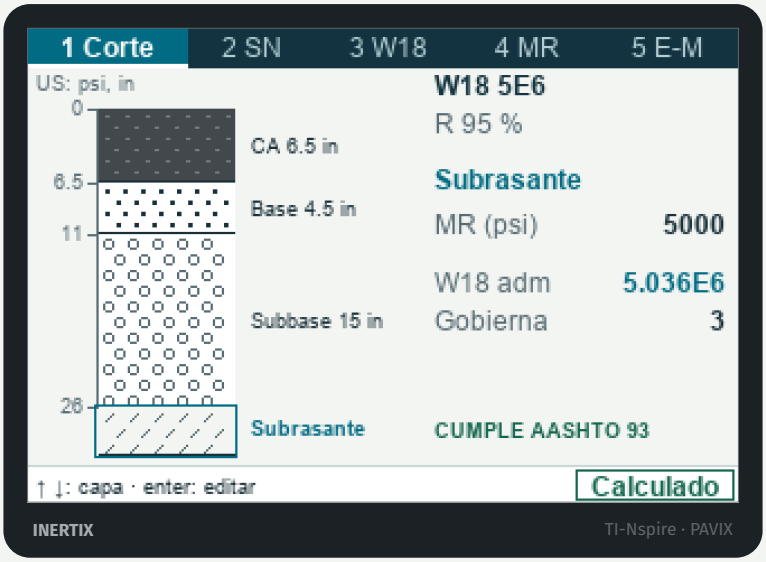
Programas de ingeniería civil para TI-Nspire

GUÍA DE USO

PAVIX

Diseño de pavimentos flexibles y rígidos por AASHTO 93

Versión 1.0.0 **TI-Nspire** Vías y pavimentos · 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 3

2. Instalación 5

3. Licencia de uso 5

4. La interfaz 8

5. Ejemplo guiado 10

6. Opciones importantes 18

7. Referencia de menús y opciones 24

8. Fundamento teórico breve 27

9. Preguntas frecuentes 28

1 Presentación y alcance

PAVIX diseña la estructura de un **pavimento** en las TI-Nspire CX y CX II con el método de la **Guía AASHTO 93**. En el pavimento flexible calcula el número estructural que necesita cada capa y sus espesores; en el rígido, el espesor de la losa. El corte se edita en pantalla, los resultados se ven sobre el propio corte y en gráficas con cursor, y cada método se desarrolla **paso a paso** para comparar con el cálculo a mano. El motor es el mismo de la versión HP Prime, traducido sin cambios.

1.1 Qué calcula

- **Flexible:** de 1 a 5 capas (concreto asfáltico, base granular, subbase granular o base estabilizada) sobre la subrasante. Para cada capa da el SN requerido, el espesor adoptado, el SN colocado y el W_{18} admisible, e indica qué interfaz gobierna. Cada capa se diseña o se fija con un espesor dado.
- **Rígido (losa de concreto con juntas, JPCP):** espesor de losa D y W_{18} admisible.
- **Asistentes:** tránsito W_{18}; coeficientes de drenaje m y C_d; transferencia de carga J; coeficiente a por correlación; espesores mínimos; M_R desde CBR o valor R; M_R efectivo estacional.
- **Métodos complementarios:** verificación empírico-mecánica del flexible (Odemark, Boussinesq y criterios del Instituto del Asfalto) y esfuerzos de Westergaard en la losa (interior, borde y esquina).
- **Gráficas:** SN frente a la profundidad, capacidad W_{18}–SN, sensibilidad al M_R, perfil de deformación, W_{18} frente a D y esfuerzos frente a D.

1.2 Unidades y convenciones

Magnitud	US	SI	Nota
Espesores	in	cm	Redondeo: 0.5 in o 1 cm
Módulos E, M_R, S'_c, E_c	psi	MPa	
Módulo de reacción k	pci	MPa/m	Solo rígido
Carga P / presión q	lb / psi	kN / kPa	Métodos mecánicos
Tránsito W_{18}	ESAL	ESAL	Ejes de 18 kip (80 kN)
Deformaciones	$\mu\varepsilon$	$\mu\varepsilon$	Compresión positiva

El motor calcula siempre en psi, in, pci y lb; menu **Archivo** → `Unidades` solo cambia lo que se ve y se teclea.

1.3 Límites

Límite	Valor
Capas sobre la subrasante	1 a 5
Periodos del M_R estacional	hasta 12
Entradas	R 50–99.9 %; $0 < S_0 \leq 1$; $p_t \geq 1.5$; $p_t < p_0 \leq 5$; a en (0, 1]; m en (0, 2]; $M_R \geq 100$ psi; $S'_c \leq 1500$ psi; E_c entre 10^6 y 8×10^6 psi; J de 2.3 a 4.4; C_d de 0.70 a 1.25; espesor fijo de capa hasta 60 in

Fuera de alcance

PAVIX **no** hace diseño mecanicista-empírico completo (MEPDG) ni análisis multicapa exacto, y no diseña refuerzos ni pavimentos continuamente armados. Z_R se interpola en la tabla 4.1 de la Guía. El análisis por capas no se recomienda con granulares de $M_R > 40\,000$ psi: el programa avisa, pero no lo impide. La verificación empírico-mecánica es simplificada (rueda simple, capas adheridas, Odemark e Instituto del Asfalto): sirve para comparar, no para diseñar. Westergaard usa $\nu = 0.15$ y una carga circular aislada, sin alabeo térmico.

2 Instalación

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

Archivo	Uso
`PAVIX.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

PAVIX 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
`PAVIX.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 `PAVIX.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, PAVIX 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 `PAVIX.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 `PAVIX.tns` y pulse ctrl+V (o menu menu **Licencia** → `Pegar licencia`).
5. Con `Licencia activa`, guarde el documento con ctrl+S para conservarla.

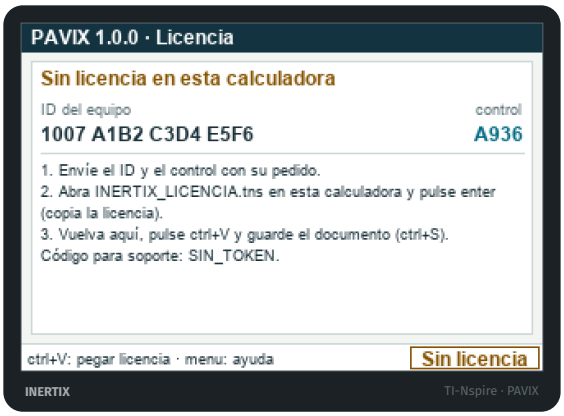
Con la licencia activa, menu **Archivo** → `Licencia` muestra el estado, el ID y el control sobre el caso, y esc vuelve sin cambiarlo.

3.3 Mensajes de la pantalla Licencia

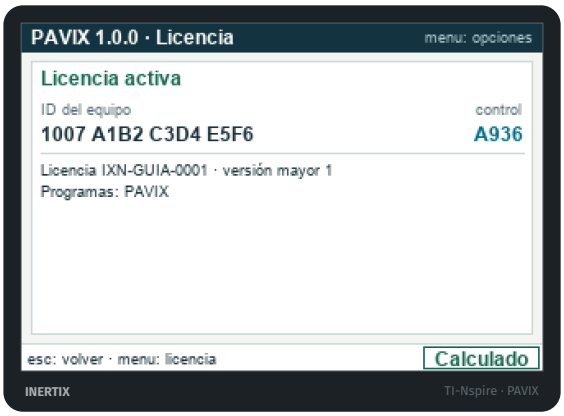
Mensaje	Qué hacer
Verificando la licencia…	Espere unos segundos; el programa se abre solo si la licencia es válida.
Licencia activa	Nada; guarde el documento si acaba de pegarla.
Sin licencia en esta calculadora	Siga los pasos anteriores.
Licencia no válida	El texto está incompleto o alterado: vuelva 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 PAVIX

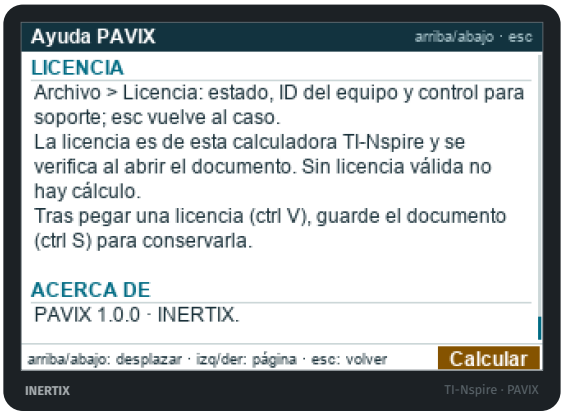


Sin licencia: solo la pantalla Licencia (ID de ejemplo); no hay cálculo.

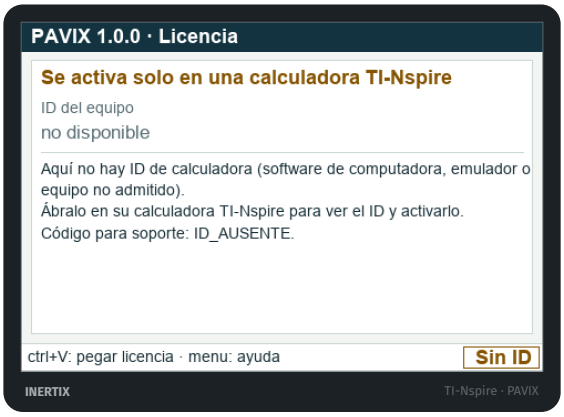


menu **Archivo** → `Licencia` con la licencia activa.

menu **Archivo** → `Licencia` abre la pantalla Licencia sobre el caso; esc vuelve con el caso intacto. menu **Archivo** → `Ayuda` termina con los apartados LICENCIA y ACERCA DE. Sin licencia válida para **esta** calculadora, PAVIX no calcula: ni Resolver, ni Ejemplos, ni Métodos, ni Diagnóstico.



Final de la Ayuda: LICENCIA y ACERCA DE.

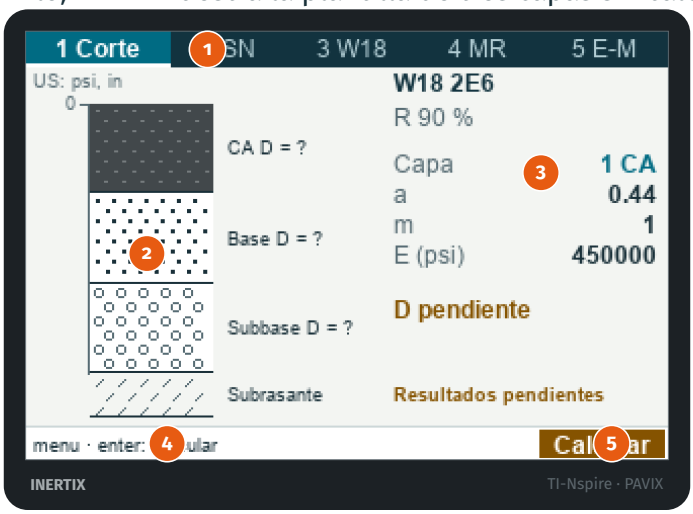


En la computadora no hay ID: no se activa y no hay cálculo.

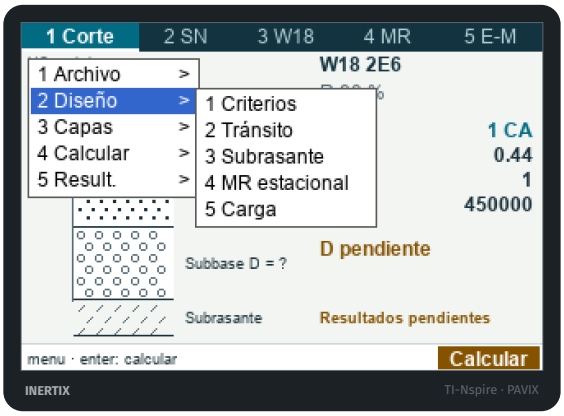
4 La interfaz

4.1 Zonas de la pantalla

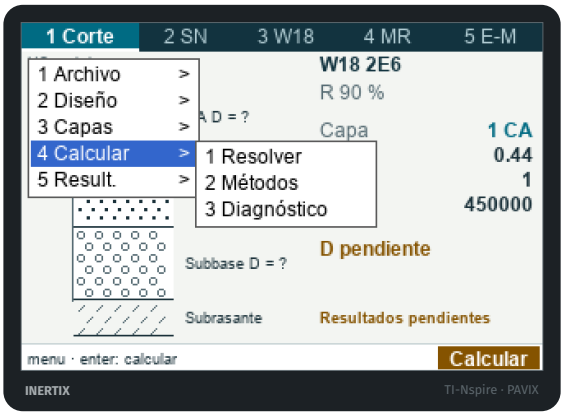
Al abrirlo, PAVIX muestra la plantilla de tres capas sin calcular.



Zona	Uso
1 Pestañas	Vistas del mismo caso. Flexible: `Corte`, `SN`, `W18`, `MR` y `E-M`. Rígido: `Corte`, `D-W18` y `West`. Se eligen con cifras, tab o un clic.
2 Corte	Capas a escala con la profundidad acumulada a la izquierda; material y espesor a la derecha.
3 Panel	W_{18}, R y las propiedades de lo seleccionado; calculado, D, SN y W_{18} admisible, y el estado `CUMPLE AASHTO 93` o `NO CUMPLE`.
4 Barra inferior	Ayuda del momento o lectura del cursor de la gráfica.
5 Botón	`Calcular` si hay cambios (clic: resuelve); `Calculado` si está al día.
Menú	menu abre las categorías de la HP: Archivo, Diseño, Capas (en rígido, Losa), Calcular y Result.



menu: categoría Diseño.



menu: categoría Calcular.

4.2 Teclas y entrada de datos

Control	Acción y contexto
menu	Abre las órdenes del programa.
Cifras, tab	Cambian de vista fuera de los formularios. En una lista, la cifra elige la opción.
Flechas	En el corte, arriba/abajo seleccionan capa, losa o soporte; en las gráficas mueven el cursor; en un procedimiento, izquierda/derecha cambian de sección.
enter	En el corte: edita lo seleccionado o, sin selección, calcula. En una vista pendiente: calcula. En la vista W18: cambia la curva activa.
esc	Suelta la selección, vuelve al corte o cierra la ventana superior.
+ del	En el corte flexible: agrega una capa bajo la selección o quita la seleccionada.
Touchpad	Un clic elige una capa; un segundo clic la edita. En una gráfica, mueve el cursor.



Formulario: la cifra tecleada sustituye al valor.



Dato fuera de rango: el aviso dice qué corregir.

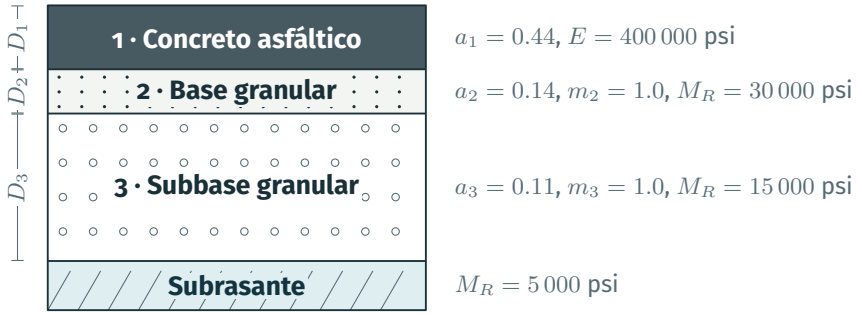
- En un formulario, arriba/abajo cambian de campo; clear vacía la celda y se escribe el número, que admite operaciones y exponente: 5×10^6 se escribe 5E6.
- enter confirma la celda; izquierda/derecha cambian las opciones. tab lleva a `Aceptar`. esc deshace la celda y, después, cancela: el caso no cambia.
- Los campos cambian con el material y el modo: una capa granular muestra m y M_R; un modo `Fijo`, el `Espesor` en lugar del `Mínimo`.

> **⚠ Aceptar un cambio y recalcular**
> Cualquier cambio deja los resultados **pendientes**: las vistas de resultados preguntan `¿Calcular ahora?` y con `No` el caso se conserva sin calcular. Mover el cursor de una gráfica nunca recalcula ni cambia el caso.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado y datos

Diseñar por el método **AASHTO 93** un pavimento **flexible de tres capas** (concreto asfáltico, base granular y subbase granular) sobre una subrasante de $M_R = 5\,000$ psi. El tránsito de diseño es de $W_{18} = 5 \times 10^6$ ejes equivalentes de 18 kip y la confiabilidad, del 95 %. Se pide el **número estructural requerido** sobre cada capa, los **espesores** redondeados a 0.5 in (sin espesores mínimos) y la comprobación de que el número estructural colocado alcanza al requerido en todas las interfaces.



Criterio	Valor
Tránsito W_{18}	5×10^6 ESAL
Confiabilidad R	95 % ($Z_R = -1.645$)
Desviación S_0	0.35
p_0 / p_t	4.2 / 2.5 ($\Delta PSI = 1.7$)
Redondeo	0.5 in
Espesores mínimos	No se aplican

Capa	a_i	m_i	Módulo (psi)
1 Concreto asfáltico	0.44	—	$E = 400\,000$
2 Base granular	0.14	1.0	$M_R = 30\,000$
3 Subbase granular	0.11	1.0	$M_R = 15\,000$
Subrasante	—	—	$M_R = 5\,000$

Fuente: Caso de validación oficial de INERTIX para diseño de pavimentos flexibles y rígidos según la metodología AASHTO 93 (`Archivo > Ejemplos`). El número estructural requerido (SN) y la pérdida de servicialidad se determinan verificando numéricamente la ecuación implícita de diseño de la guía AASHTO.

> **Continuidad con el ejemplo de HP**
> Es el mismo enunciado, con los mismos datos y resultados, que el ejemplo guiado de la guía HP, y los 17 pasos siguen el mismo orden. Cambian las teclas: las órdenes se eligen con menu y las vistas con las pestañas.

5.2 Paso a paso

El corte se construye capa a capa desde la plantilla de una sola capa. Cada formulario se acepta al empezar el paso siguiente.

1 Nuevo caso: plantilla «Flexible: solo CA»



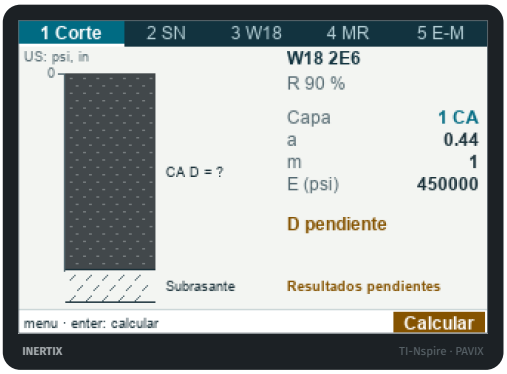
TECLAS

menu **Archivo** → `Nuevo` ▼ ×2

menu **Archivo** → `Nuevo` abre la lista de plantillas. Baje hasta `Flexible: solo CA`: una capa de concreto asfáltico sobre la subrasante, el punto de partida más limpio.

✔ **Debe verse:** Lista «Nuevo caso» con «Flexible: solo CA» resaltada

2 Cargar la plantilla



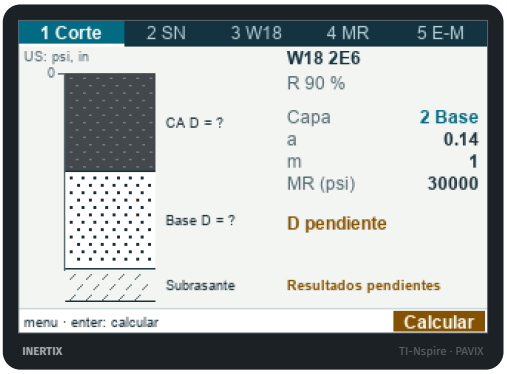
TECLAS

enter ×2

enter elige la plantilla y el segundo enter confirma que se reemplaza el caso. El corte muestra la capa y la subrasante, con los resultados pendientes.

✔ **Debe verse:** Corte con una capa CA sobre la subrasante; resultados pendientes

3 Agregar la base granular (capa 2)



TECLAS

menu **Capas** → `Agregar` 2

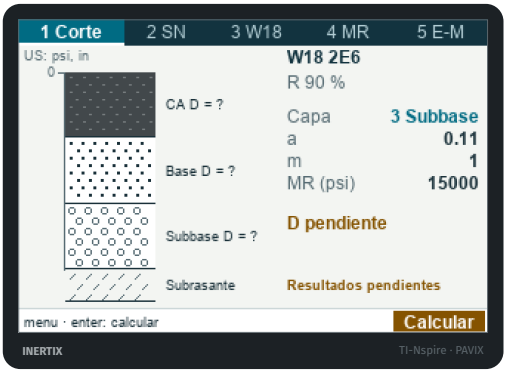
menu **Capas** → `Agregar` y 2: la `Base granular` entra **bajo la seleccionada**, con $a = 0.14$, $m = 1.0$ y $M_R = 30\,000$ psi, que son los del ejemplo.

✔ **Debe verse:** Capa 2 Base bajo el CA

⚠ El orden de entrada fija la numeración

Las capas se numeran de arriba abajo. Agregue primero la base y después, con la base seleccionada, la subbase.

4 Agregar la subbase granular (capa 3)



TECLAS

menu **Capas** → `Agregar` 3

menu **Capas** → `Agregar` y 3: la `Subbase granular` entra con $a = 0.11$, $m = 1.0$ y $M_R = 15\,000$ psi.

✔ **Debe verse:** Capa 3 Subbase bajo la base

5 Propiedades del concreto asfáltico



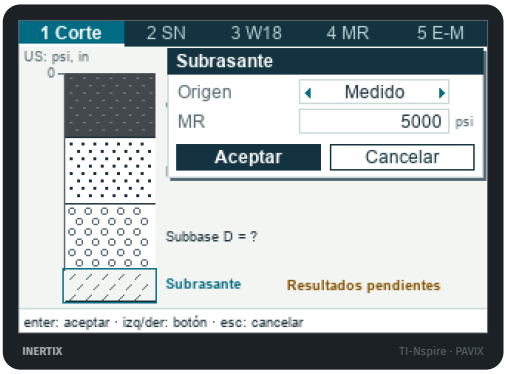
TECLAS

▲ ×2 enter ▼ ×3 clear 4 0 ×5 enter clear 0 enter

Suba hasta la capa 1 y pulse enter. En `E` teclee 400000 y en `Mínimo`, 0: el ejemplo no aplica espesores mínimos y la plantilla traía 3 in.

✔ **Debe verse:** Formulario «Capa 1»: a 0.44, E 400000 psi, Mínimo 0 in

6 Módulo resiliente de la subrasante



TECLAS

enter ▼ ×3 enter ▼ clear 5 0 ×3 enter

Acepte. Baje hasta la subrasante y pulse enter. Con `Origen` en `Medido`, teclee 5000 en `MR`. Este módulo controla el SN total.

✔ **Debe verse:** Formulario «Subrasante»: Origen Medido, MR 5000 psi

7 Criterios de diseño: tránsito y confiabilidad



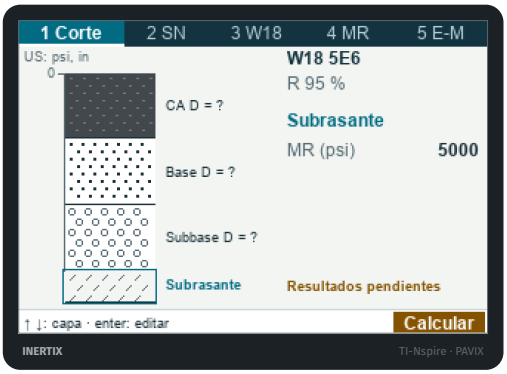
TECLAS

enter menu **Diseño** → `Criterios` clear 5 E 6 enter clear 9 5 enter clear 0 . 3 5 enter

Acepte y abra menu **Diseño** → `Criterios`: W_{18} = 5E6, R = 95 y S_0 = 0.35. Los valores $p_0 = 4.2$, $p_t = 2.5$ y el redondeo de 0.5 in ya son los del ejemplo.

✔ **Debe verse:** Formulario «Criterios de diseño»: W18 5E6, R 95 %, S0 0.35, p0 4.2, pt 2.5, redondeo 0.5 in

8 Aceptar: modelo completo



TECLAS

tab enter

Acepte. El modelo está completo y pendiente de cálculo.

✔ **Debe verse:** Corte de 3 capas; W18 5E6, R 95 %; resultados pendientes

9 Resolver



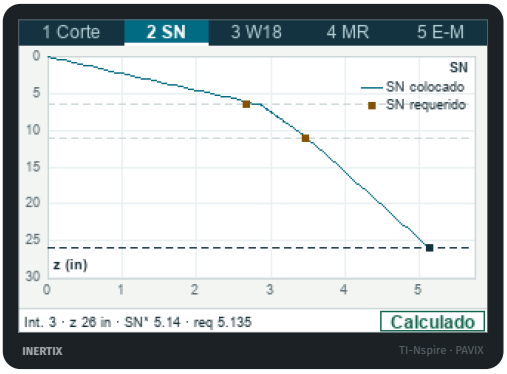
TECLAS

menu **Calcular** → `Resolver`

menu **Calcular** → `Resolver`. PAVIX resuelve el SN sobre cada capa con el M_R del material que la soporta y calcula los espesores de arriba abajo: 6.5, 4.5 y 15 in, con `CUMPLE AASHTO 93`.

✔ **Debe verse:** Corte con D 6.5, 4.5 y 15 in y «CUMPLE AASHTO 93»; la barra indica Calculado

10 Gráfica del SN frente a la profundidad



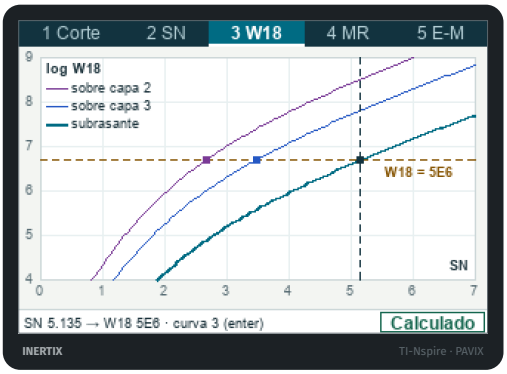
TECLAS

2

Pestaña SN (2): SN colocado y requerido frente a la profundidad, que crece hacia abajo. Las flechas pasan de una interfaz a otra y la barra inferior da sus valores.

✔ **Debe verse:** Pestaña SN: colocado (escalonado) y requerido; cursor en la interfaz 3

11 Capacidad: log W18 frente a SN



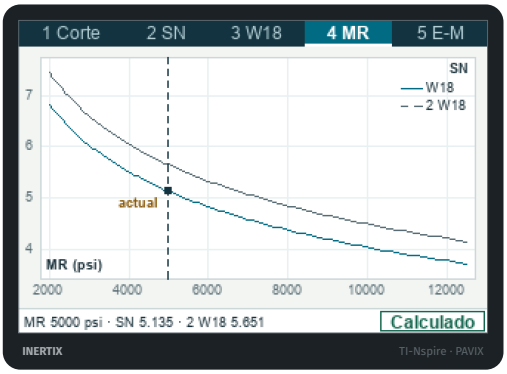
TECLAS

3

Pestaña W18 (3): la ecuación AASHTO 93 como curva de capacidad, una por material de apoyo. Donde cada curva corta la línea $W_{18} = 5 \times 10^6$ está el SN requerido. enter cambia la curva activa.

✔ **Debe verse:** Pestaña W18: una curva por interfaz y la línea del W18 de diseño

12 Sensibilidad del SN al MR de la subrasante



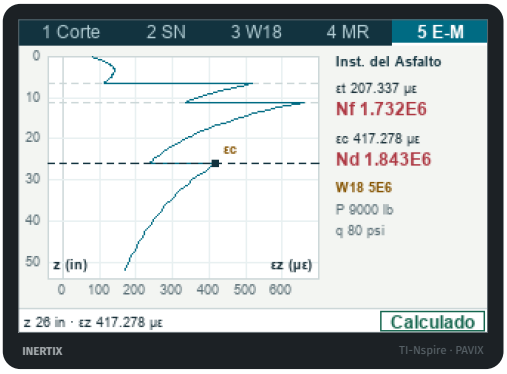
TECLAS

4

Pestaña MR (4): cómo cambia el SN total con el M_R de la subrasante, para W_{18} y para el doble. Con $M_R = 5000$ psi, duplicar el tránsito pide 5.651 en lugar de 5.135.

✔ **Debe verse:** Pestaña MR: curvas W18 y 2 W18; barra con MR, SN y 2 W18

13 Verificación empírico-mecánica



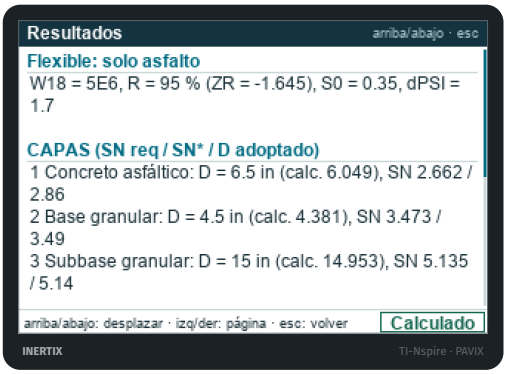
TECLAS

5

Pestaña E-M (5): deformaciones críticas con la rueda de referencia (9000 lb a 80 psi). N_f y N_d salen en rojo, por debajo de 5×10^6: la estructura AASHTO no pasa este criterio simplificado. No es un error; es la diferencia conocida entre los dos enfoques.

✔ **Debe verse:** Pestaña E-M: perfil εz; Nf 1.732E6 y Nd 1.843E6 en rojo

14 Tabla de resultados



TECLAS

menu **Result.** → Tabla

menu **Result.** → Tabla reúne criterios, Z_R, espesores, SN y capacidad de cada interfaz con su reserva.

✔ **Debe verse:** Documento «Resultados» con D, SN y capacidad por interfaz

15 Lista de métodos



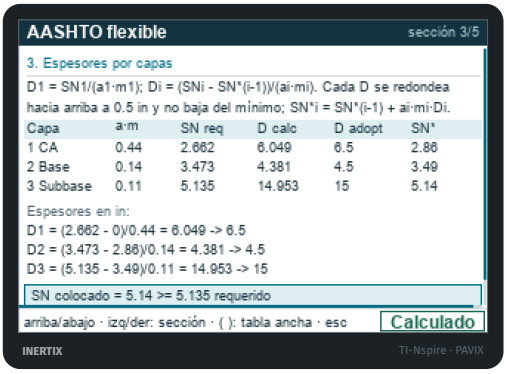
TECLAS

esc menu **Calcular** → Métodos

esc cierra la tabla y menu **Calcular** → Métodos lista los procedimientos. Si uno no aplica, al elegirlo se indica el motivo, por ejemplo «solo rígido».

✔ **Debe verse:** Lista «Métodos»; los no disponibles se avisan al elegirlos

16 Procedimiento: espesores por capas



TECLAS

1 ▶ ×2

1 abre `AASHTO 93 flexible`, en cinco secciones. ▶ dos veces lleva a la sección 3: 6.049 → 6.5, 4.381 → 4.5 y 14.953 → 15 in.

✔ **Debe verse:** Sección 3 de 5: espesores calculados y redondeados

17 Procedimiento: comprobación con el motor



TECLAS

▶ ×2

▶ dos veces lleva a la sección 5: al sustituir cada SN se recupera $\log W_{18} = 6.699$ en las tres interfaces.

✔ **Debe verse:** Sección 5 de 5: log W18 recuperado; motor = procedimiento

5.3 Resultados y comprobación

PAVIX TI-Nspire coincide con la referencia y con la HP

Los números estructurales, los espesores y el SN colocado coinciden con la referencia y con la versión HP. La subrasante gobierna: su W_{18} admisible (5.036×10^6) es el más próximo al de diseño.

Magnitud	Referencia	PAVIX	Estado
SN_1 sobre la base	2.662	2.662	Coincide
SN_2 sobre la subbase	3.473	3.473	Coincide
SN_3 sobre la subrasante	5.135	5.135	Coincide
D_1 concreto asfáltico	6.5 in	6.5 in	Coincide
D_2 base granular	4.5 in	4.5 in	Coincide
D_3 subbase granular	15.0 in	15.0 in	Coincide
SN^* colocado (total)	5.140	5.140	≥ 5.135: cumple
W_{18} admisible sobre la subrasante	$\geq 5 \times 10^6$	5.036×10^6	Cumple

SN^* acumulado por interfaz: 2.86 / 3.49 / 5.14. W_{18} admisible por interfaz: 7.706×10^6 / 5.148×10^6 / 5.036×10^6;

gobierna la subrasante (reserva 1.007). Tolerancia de la validación: 10^{-6} en SN.

Comprobación a mano

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{2.662}{0.44} = 6.049 \;\rightarrow\; 6.5 \text{ in} \qquad SN_1^* = 0.44 \times 6.5 = 2.86$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2\, m_2} = \frac{3.473 - 2.86}{0.14} = 4.381 \;\rightarrow\; 4.5 \text{ in} \qquad SN_2^* = 2.86 + 0.14 \times 4.5 = 3.49$$

$$D_3 = \frac{SN_3 - SN_2^*}{a_3\, m_3} = \frac{5.135 - 3.49}{0.11} = 14.953 \;\rightarrow\; 15.0 \text{ in} \qquad SN_3^* = 3.49 + 0.11 \times 15 = 5.14$$

Guardado del ejemplo

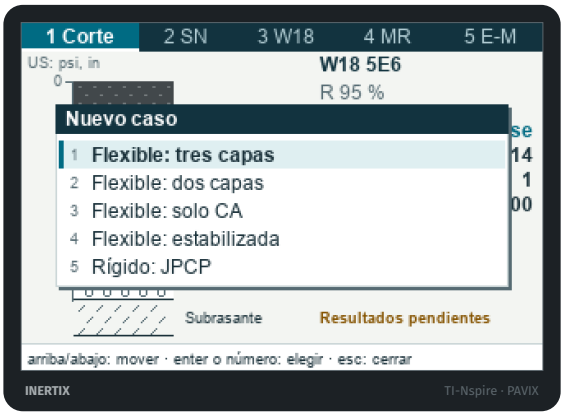
ctrl S guarda el documento con los datos del caso. Al abrirlo de nuevo, PAVIX recupera el caso con los resultados **pendientes**: pulse enter para recalcular (comprobado en OI-6).

6 Opciones importantes

Seis casos cortos para lo que el ejemplo guiado no toca. Son los mismos casos OI-1 a OI-6 de la guía HP. Las plantillas (menu **Archivo** → `Nuevo`) y los ejemplos (menu **Archivo** → `Ejemplos`) **sustituyen el caso** y quedan sin calcular.



menu **Archivo** → `Ejemplos`: casos de referencia.



menu **Archivo** → `Nuevo`: plantillas.

OI-1 · Pavimento rígido: «Nomograma rígido AASHTO 93»

Para qué: diseñar una losa JPCP y compararla con Westergaard. Datos de la Guía AASHTO 93 (Parte II, figura 3.7): $W_{18} = 5.1 \times 10^6$, $R = 95$ %, $S_0 = 0.29$, $p_0 = 4.2$, $p_t = 2.5$, $S'_c = 650$ psi, $E_c = 5 \times 10^6$ psi, $J = 3.2$, $C_d = 1.0$ y $k = 72$ pci.

1. **Cargar el ejemplo 5 y resolver.** Ejemplos, opción 5, y Resolver.

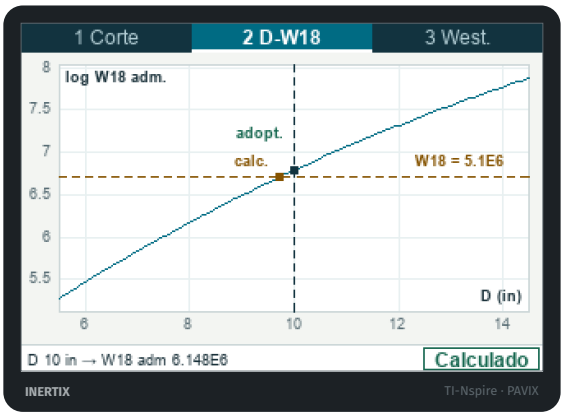
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 5 menu **Calcular** → `Resolver`
2. **D-W18.** Con el espesor calculado y el adoptado.

   2
3. **Westergaard.** Interior, borde y esquina, con S'_c y $0.45\,S'_c$.

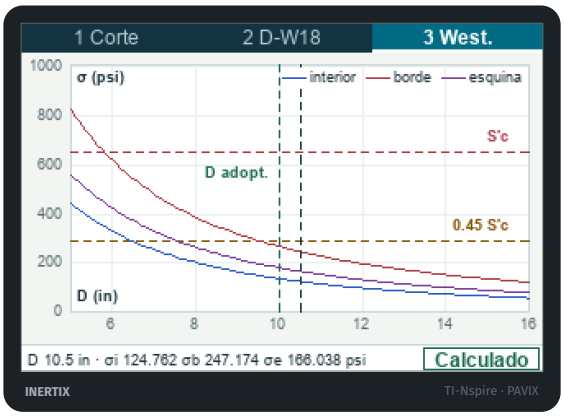
   3
4. **Procedimiento AASHTO 93 rígido.** Ecuación y solución.

   menu **Calcular** → `Métodos` 2 ▶
5. **Cambiar J a 4.1 (sin pasadores) y resolver.** Opción 2: berma asfáltica sin pasadores.

   esc menu **Losa** → `Transferencia J` 2 menu **Calcular** → `Resolver`



`D-W18`.



`West.`: esfuerzos frente a D.

Magnitud	TI-Nspire	Lectura
D calculado / adoptado	9.719 / 10.0 in	Nomograma: ≈ 10 in (lectura)
W_{18} admisible con D adoptado	6.148×10^6	Cumple $W_{18} = 5.1 \times 10^6$
Westergaard, $D = 10$ in	136.3 / 268.1 / 180.7 psi	Interior / borde / esquina: gobierna el borde
D con $\sigma_{borde} = 0.45\, S'_c$	9.49 in	Cerca del D AASHTO
Con $J = 4.1$: D calculado / adoptado	11.047 / 11.5 in	Sin pasadores exige 1.5 in más
Con $J = 4.1$: W_{18} admisible	6.677×10^6	

La referencia es una lectura gráfica del nomograma. C_d se asigna con menu **Losa** → `Drenaje Cd` (tabla 2.5), igual que m en OI-4.

OI-2 · Tránsito acumulado y subrasante por CBR

Para qué: cuando se conoce el tránsito del primer año y un ensayo CBR, no W_{18} ni M_R. El asistente aplica W_{18} a los criterios y habilita el método de tránsito.

1. **Plantilla de 2 capas.** Plantilla 2 y confirmar.

   menu **Archivo** → `Nuevo` 2 enter
2. **Tránsito: 250000 ESAL, g 4 %, 20 años, DD 0.5, DL 0.9.** Cinco datos.

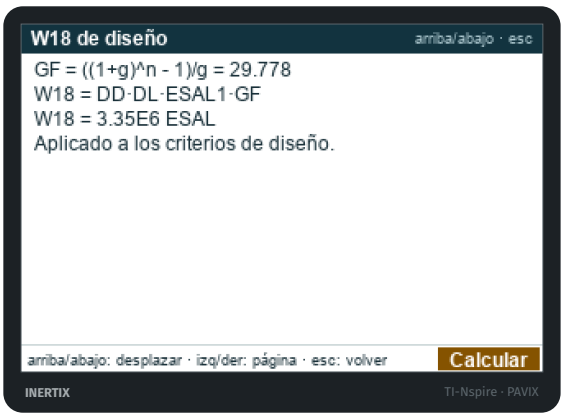
   menu **Diseño** → `Tránsito` clear 2 5 0 ×4 enter clear 4 enter clear 2 0 enter clear 0 . 5 enter clear 0 . 9 enter
3. **Aceptar: W18 de diseño.** La ventana muestra GF y W_{18}; esc la cierra.

   enter
4. **Subrasante por CBR 6.** `Origen` = `CBR×1500`.

   esc menu **Diseño** → `Subrasante` ▶ ▼ clear 6 enter ×2
5. **Resolver.** Espesores de CA y base.

   menu **Calcular** → `Resolver`
6. **Procedimiento Tránsito de diseño.** Desarrollo paso a paso.

   menu **Calcular** → `Métodos` 6



W_{18} de diseño aplicado.



Corte calculado.

Magnitud	TI-Nspire	Lectura
Factor de crecimiento GF	29.778	$((1+g)^n-1)/g$
W_{18} de diseño	3.350×10^6	$0.5 \cdot 0.9 \cdot 250\,000 \cdot GF$
M_R de subrasante	9000 psi	$1500 \cdot CBR$
SN requerido	2.491 / 3.944	Sobre la base y sobre la subrasante
Espesores D	6 / 9.5 in	CA y base
SN^* colocado	2.640 / 3.970	Cumple en las dos interfaces

OI-3 · M_R efectivo estacional

Para qué: ponderar por daño relativo una subrasante cuyo módulo cambia durante el año; la Guía pide el M_R efectivo, no la media. Periodos iniciales: 3 meses a 20 000 psi, 2 a 4000, 4 a 6000 y 3 a 8000; el periodo 2 se cambia a 3000 psi.

1. **Ejemplo 1 calculado.** Ejemplos, opción 1, y Resolver.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 menu **Calcular** → `Resolver`
2. **Abrir MR estacional.** Tabla con u_f y barras con ancho proporcional a los meses.

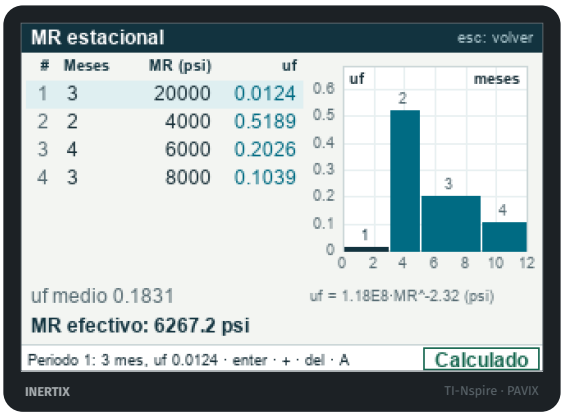
   menu **Diseño** → `MR estacional`
3. **Periodo 2: 3000 psi.** Abajo, enter, M_R y Aceptar.

   ▼ enter ▼ clear 3 0 ×3 enter ×2
4. **Aplicar a la subrasante.** A y confirmar.

   A enter
5. **Resolver.** esc y Resolver.

   esc menu **Calcular** → `Resolver`
6. **Procedimiento MR estacional.** Daño por periodo y M_R efectivo.

   menu **Calcular** → `Métodos` 5



Periodos y daño relativo.



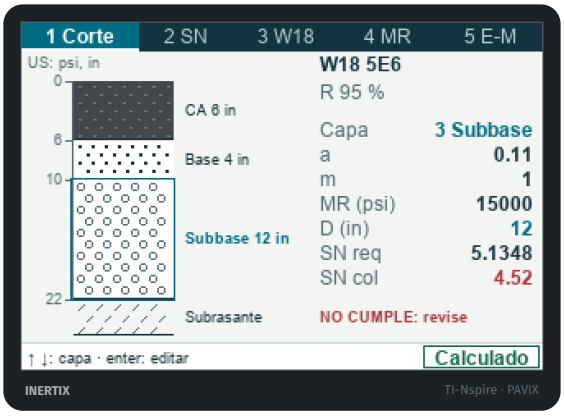
Corte con el M_R efectivo.

Magnitud	TI-Nspire	Lectura
Daño relativo medio $\bar{u}_f$	0.2652	Ponderado por meses
M_R efectivo	5342 psi	Sube sobre los 5000 psi del ejemplo
SN sobre la subrasante	5.024	Antes 5.135
Subbase D_3	14 in	Antes 15 in
W_{18} admisible	5.041×10^6	Sigue cumpliendo

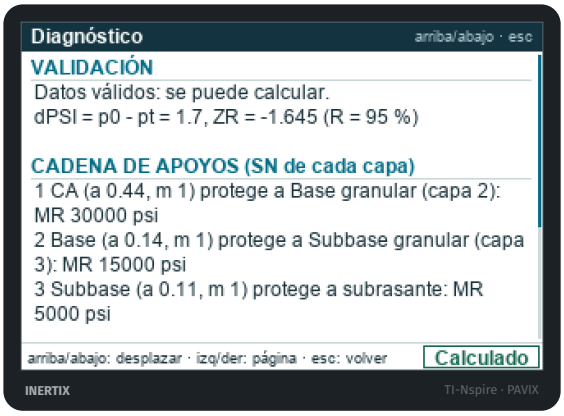
OI-4 · Verificar una estructura existente; drenaje, coeficiente a y mínimos

Para qué: comprobar espesores ya construidos y ajustar m y a con las tablas. Se parte del ejemplo 1 con capas de 6, 4 y 12 in.

1. **Ejemplo 1: capa 1 fija en 6 in.** `Modo = Fijo` y `Espesor`.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 ▲ enter ▼ ▶ ▼ ×3 clear 6 enter ×2
2. **Capas 2 y 3 fijas en 4 y 12 in.** Igual con las dos capas siguientes.
   ▼ enter ▼ ▶ ▼ ×4 clear 4 enter ×2 ▼ enter ▼ ▶ ▼ ×4 clear 1 2 enter ×2
3. **Resolver: NO CUMPLE.** El panel indica `NO CUMPLE`.
   menu **Calcular** → `Resolver`
4. **Diagnóstico.** Cadena de apoyos y avisos.
   menu **Calcular** → `Diagnóstico`
5. **Drenaje de la subbase: Bueno, 1 a 5 %, medio.** Calidad, tiempo cerca de la saturación y valor.
   esc menu **Capas** → `Drenaje` 2 ×3
6. **Coeficiente a de la base por correlación.** Acepte el valor por correlación.
   ▲ menu **Capas** → `Coef. a` enter
7. **Resolver con m y a nuevos.** Nuevo SN colocado.
   menu **Calcular** → `Resolver`
8. **Bajo tránsito: mínimos.** Ejemplo 4; menu **Capas** → `Mínimos` y confirmar; Resolver.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 4 menu **Capas** → `Mínimos` enter menu **Calcular** → `Resolver`



Estructura fija: NO CUMPLE.



menu **Calcular** → `Diagnóstico`.

Magnitud	TI-Nspire	Lectura
SN^* colocado con 6 / 4 / 12 in	2.640 / 3.200 / 4.520	Requerido 5.135 en la subrasante
W_{18} admisible por interfaz	4.76×10^6 / 3.04×10^6 / 2.08×10^6	Ninguna llega a 5×10^6: NO CUMPLE
m de la subbase (Bueno, 1 a 5 %)	1.2	Valor medio de la tabla 2.4
a de la base por correlación	0.1378	Con M_R = 30 000 psi
SN^* con m y a nuevos	2.640 / 3.191 / 4.775	Sigue sin alcanzar
W_{18} admisible con m y a	4.76×10^6 / 2.99×10^6 / 3.01×10^6	Ahora gobierna la interfaz 2
Ejemplo 4: mínimos / D	2.5 / 4 in; 4 / 8.5 in	Los espesores calculados superan los mínimos

Cómo leerlo

Un drenaje mejor ($m > 1$) aumenta el aporte de la subbase y mueve la interfaz que gobierna, pero no sustituye al espesor que falta. En el ejemplo 4 los mínimos entran como campo `Mínimo`: solo gobiernan si superan al espesor calculado.

OI-5 · Unidades SI y carga del método mecánico

Para qué: trabajar en MPa y cm, y usar otra rueda en las verificaciones. Parte del ejemplo 2.

1. **Ejemplo 2 en US.** Ejemplos, opción 2, y Resolver.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` 2 menu **Calcular** → `Resolver`
2. **Pasar a SI.** El redondeo pasa a 1 cm y hay que recalcular.

   menu **Archivo** → `Unidades`
3. **Resolver en SI.** Espesores en cm.

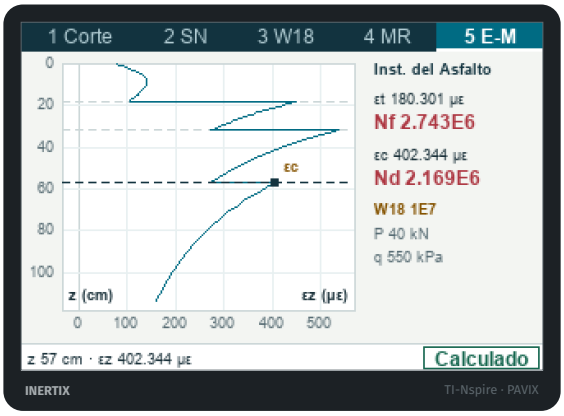
   menu **Calcular** → `Resolver`
4. **Carga: 40 kN a 550 kPa.** P y q en kN y kPa.

   menu **Diseño** → `Carga` clear 4 0 enter clear 5 ×2 0 enter ×2
5. **E-M con la nueva carga.** Panel con ε_t, ε_c, N_f y N_d.

   menu **Calcular** → `Resolver` 5



Ejemplo 2 en SI.



`E-M` con la nueva carga.

Magnitud	TI-Nspire	Lectura
D en US (redondeo 0.5 in)	7 / 6 / 9.5 in	Caso 2 de referencia
D en SI (redondeo 1 cm)	18 / 14 / 25 cm	Se redondea hacia arriba en cm
SN requerido	2.986 / 3.885 / 4.957	No cambia con las unidades
SN^* colocado en SI	3.118 / 3.890 / 4.972	Cambia por el redondeo
N_f / N_d con 9000 lb a 80 psi	2.732×10^6 / 2.160×10^6	Rueda de referencia
N_f / N_d con 40 kN a 550 kPa	2.743×10^6 / 2.169×10^6	Casi igual: $\approx$ misma carga

OI-6 · Dato no válido, resultados pendientes, guardar y abrir

1. **Ejemplo 1 calculado.** Punto de partida.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 menu **Calcular** → `Resolver`
2. **Dato no válido: R = 120.** El aviso da el rango; el formulario sigue abierto.

   menu **Diseño** → `Criterios` ▼ clear 1 2 0 enter tab enter
3. **Cerrar el aviso y cancelar.** enter cierra el aviso y esc cancela: el caso sigue igual y calculado.

   enter esc×2
4. **Cambiar R a 90.** Resultados pendientes.

   menu **Diseño** → `Criterios` ▼ clear 9 0 enter tab enter
5. **Vista pendiente pide calcular.** Una vista de resultados pregunta.

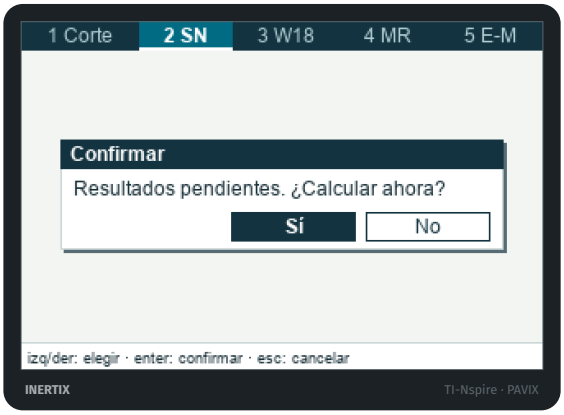
   2
6. **No calcular: el caso se conserva.** Con `No` el cambio se conserva, sin calcular.

   esc
7. **Abrir el documento guardado.** Tras ctrl S, cerrar y abrir: mismo caso, resultados pendientes.

   (abrir el documento)



Dato fuera de rango.



Vista pendiente.

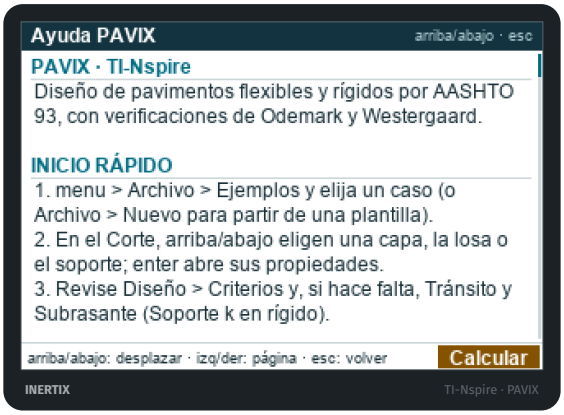
Diferencias con HP

La TI-Nspire no tiene `Salir` ni el corte con la tecla ON de la HP: el caso vive en el documento, que se guarda con ctrl S, y cada documento conserva un caso.

7 Referencia de menús y opciones

7.1 Archivo

Orden	Qué hace	Efecto
Nuevo	Cinco plantillas: flexible de 3, 2 o 1 capa, con base estabilizada y losa JPCP. Traen criterios habituales ($W_{18} = 2 \times 10^6$, $R = 90$ %, $M_R = 6000$ psi) y se calculan sin cambiar nada.	Sustituye el caso, con confirmación
Ejemplos	Seis casos: Flexible 3 capas, W18 5E6 (el guiado); Subrasante mejorada, W18 1E7; Nomograma flexible; Bajo tránsito, CBR 4; Nomograma rígido; JPCP sobre suelo blando.	Sustituye el caso
Unidades	Alterna US y SI. El redondeo típico pasa de 0.5 in a 1 cm.	Pendientes si cambia el redondeo
Ayuda	Inicio rápido, teclas, comandos, vistas, MR estacional, formularios, procedimientos, modelo, guardado, errores, LICENCIA y ACERCA DE.	esc vuelve
Licencia	Pantalla Licencia sobre el caso.	esc vuelve



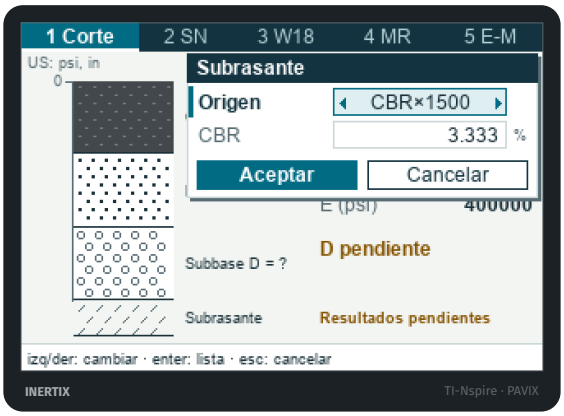
menu **Archivo** → `Ayuda`: inicio.



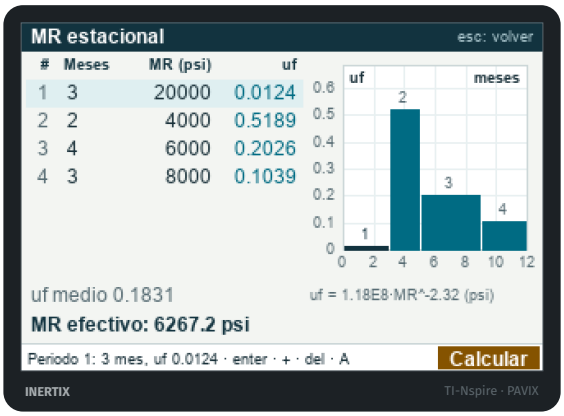
menu **Diseño** → `Tránsito`.

7.2 Diseño

Orden	Qué hace
Criterios	W_{18}, R, S_0, p_0, p_t y redondeo constructivo.
Tránsito	ESAL del primer año, g (%), n (años), DD y DL. Calcula W_{18} y lo aplica.
Subrasante	M_R medido, $1500\,CBR$, $2555\,CBR^{0.64}$ o $1000 + 555\,R$. En rígido, `Soporte k`: k directo o $k = M_R/19.4$.
MR estacional	Solo flexible. Periodos con u_f y barras; + agrega, del quita, A aplica.
Carga	Rueda P y presión q de los métodos empírico-mecánico y de Westergaard.



menu **Diseño** → `Subrasante` con CBR.



menu **Diseño** → `MR estacional`.

7.3 Capas o Losa

Orden	Qué hace
Propiedades	Material, modo (`Diseñar` o `Fijo`), a, m, E o M_R, mínimo o espesor.
Agregar / Quitar	Inserta bajo la selección (máximo 5) o quita con confirmación (mínimo 1).
Drenaje	m de la capa granular seleccionada (tabla 2.4).
Coef. a	Estima a con el módulo; no disponible para base estabilizada.
Mínimos	Aplica los mínimos AASHTO de CA y base para el W_{18} actual.
Losa	En rígido: modo, espesor, S'_c, E_c, J y C_d.
Drenaje Cd / Transferencia J	En rígido: tablas 2.5 y 2.6.

7.4 Calcular y Result.

Orden	Qué hace
Resolver	Calcula el caso; equivale a enter en el corte sin selección o a un clic en `Calcular`.
Métodos	AASHTO 93 flexible y rígido, Empírico-mecánico (flexible con asfalto arriba), Westergaard, MR efectivo estacional y Tránsito de diseño (tras usar el asistente). Si hay cambios, pide calcular.
Diagnóstico	Cadena de apoyos, avisos y mínimos.
Result.	Abre las vistas y la `Tabla` con todos los resultados.

7.5 Vistas de resultados y gráficas

Vista	Ejes, series y lectura
`SN`	SN colocado (línea) y requerido (marcas) frente a z, hacia abajo. Cursor: interfaz.
`W18`	$\log W_{18}$ frente a SN, una curva por interfaz; línea del W_{18} de diseño. Cursor cada 0.05.
`MR`	SN frente al M_R de subrasante, para W_{18} y $2\,W_{18}$; marca del caso.
`E-M`	ε_z ($\mu\varepsilon$) frente a z; panel con ε_t, ε_c, N_f y N_d.
`D-W18`	$\log W_{18}$ admisible frente a D, con D calculado y adoptado.
`West.`	σ interior, de borde y de esquina frente a D, con S'_c, $0.45\,S'_c$ y D adoptado.

7.6 Errores y avisos

Mensaje	Qué significa y qué hacer
Confiabilidad R fuera de rango	Dato rechazado: el formulario sigue abierto y el caso no cambia. Igual con los demás rangos.
Máximo 5 capas / Debe quedar al menos una	Límite de `Agregar` y `Quitar`.
m se aplica a capas granulares	`Drenaje` solo vale para base y subbase.
Sin correlación para base estabilizada	Ingrese a a mano (figuras 2.8 y 2.9 de la Guía).
MR > 40000 psi; AASHTO no recomienda…	Aviso: PAVIX calcula igual, pero revise el módulo.
Método no disponible	No aplica al caso; el mensaje da el motivo.
Licencia no verificada en esta calculadora	Vea menu **Archivo** → `Licencia`.

8 Fundamento teórico breve

AASHTO 93 flexible

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log\left(\dfrac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \dfrac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07 \qquad (1)$$

Donde: Z_R desviación normal estándar para la confiabilidad R (tabla 4.1), S_0 desviación estándar global, $\Delta PSI = p_0 - p_t$, M_R módulo resiliente del material de apoyo en psi.

Cada capa protege al material que la soporta: SN_i se resuelve con el M_R del material bajo la capa i (Newton con salvaguarda de bisección). Los espesores se calculan de arriba abajo:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}, \qquad D_i = \frac{SN_i - SN_{i-1}^{*}}{a_i\, m_i}, \qquad SN_i^{*} = SN_{i-1}^{*} + a_i\, m_i\, D_i \qquad (2)$$

Donde: a_i coeficiente estructural, m_i coeficiente de drenaje (1 en el concreto asfáltico), D_i espesor adoptado: redondeado hacia arriba al incremento y no menor que el mínimo.

AASHTO 93 rígido

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\dfrac{\Delta PSI}{3.0}\right)}{1 + \dfrac{1.624\times 10^{7}}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32\, p_t) \log\left[\frac{S_c'\, C_d\, (D^{0.75} - 1.132)}{215.63\, J\left(D^{0.75} - \dfrac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right]$$

Donde: D espesor de losa (in), S_c' módulo de rotura, C_d drenaje, J transferencia de carga, E_c módulo del concreto, k módulo de reacción. Con k alto la ecuación tiene dos raíces; PAVIX toma la de la rama creciente.

Datos de entrada auxiliares

$$W_{18} = DD \cdot DL \cdot ESAL_1 \cdot GF, \qquad GF = \frac{(1+g)^n - 1}{g}$$

$$u_f = 1.18\times 10^{8}\, M_R^{-2.32}, \qquad M_{R,ef} = \left(\frac{\bar{u}_f}{1.18\times 10^{8}}\right)^{-1/2.32}$$

$$M_R = 1500\, CBR, \qquad M_R = 1000 + 555\, R$$

Donde: $\bar{u}_f$ daño relativo medio ponderado por los meses de cada periodo.

Verificación empírico-mecánica

El sistema de capas se transforma en uno equivalente con el espesor de Odemark y se aplica la solución de Boussinesq bajo la carga circular:

$$h_e = f \sum h_i \left[\frac{E_i/(1-\nu_i^2)}{E_n/(1-\nu_n^2)} \right]^{1/3} \qquad N_f = 0.0796\, \varepsilon_t^{-3.291} E_1^{-0.854} \qquad N_d = 1.365 \times 10^{-9}\, \varepsilon_c^{-4.477} \tag{3}$$

Donde: f = 0.9 en dos capas; en multicapa, 1.0 en la primera interfaz y 0.8 en las demás. ε_t deformación de tracción en la base del asfalto, ε_c deformación vertical sobre la subrasante, E_1 en psi.

Westergaard

$$\ell = \left[\frac{E_c h^3}{12(1-\nu^2)k} \right]^{1/4}$$
$$\sigma_i = \frac{3(1+\nu)P}{2\pi h^2} \left[\ln \frac{\ell}{b} + 0.6159 \right]$$
$$\sigma_e = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{1.772\, a}{\ell} \right)^{0.72} \right]$$

Donde: ℓ radio de rigidez relativa, h espesor, P carga, a radio de contacto, b radio equivalente, $\nu = 0.15$. El esfuerzo de borde usa la expresión corregida de 1985, que figura completa en el procedimiento.

Criterio de fatiga
Si $\sigma / S'_c < 0.45$, la PCA considera repeticiones ilimitadas por fatiga. El borde suele gobernar: por eso la gráfica de Westergaard marca S'_c y $0.45\, S'_c$.

9 Preguntas frecuentes

¿Qué archivo debo abrir?
`PAVIX.tns` de la versión indicada en esta guía y el documento de licencia que recibe para su calculadora.

¿Por qué aparece «Resultados pendientes»?
Porque el caso cambió después del último cálculo. PAVIX no muestra resultados de una solución anterior: pulse enter en el corte o use menu **Calcular** → `Resolver`.

¿Por qué la verificación mecánica sale en rojo si AASHTO cumple?
Son enfoques distintos. AASHTO 93 es empírico; la verificación de PAVIX es una aproximación simplificada. Úsela para comparar alternativas, no para aceptar o rechazar un diseño.

¿Dónde pongo los espesores mínimos?
En el campo `Mínimo` de cada capa o, de una vez, con menu **Capas** → `Mínimos`. Si un mínimo gobierna, el diagnóstico lo indica.

¿Cómo verifico una estructura existente?

Ponga cada capa en modo `Fijo` con su espesor (OI-4).

¿Por qué un método no está disponible?

Los métodos de rígido piden una losa, el empírico-mecánico necesita concreto asfáltico arriba y el de tránsito, haber usado el asistente.

¿Cómo conservo varios casos?

PAVIX guarda un caso por documento: guarde una copia con otro nombre para cada caso.

Información para soporte

Indique programa y versión (menu **Archivo** → `Ayuda`, ACERCA DE), el código de la pantalla Licencia si aplica, los datos del caso, el mensaje recibido y los pasos para reproducirlo.