INERTIX

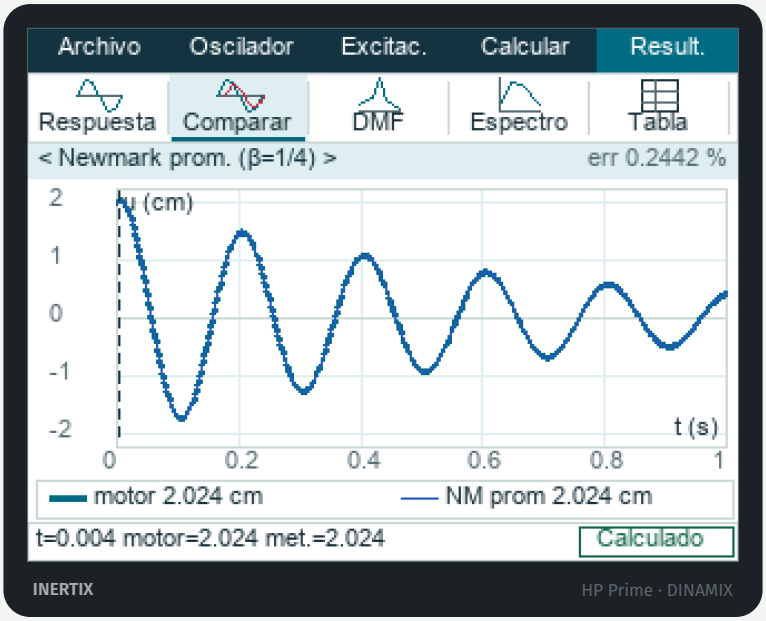
Programas de ingeniería civil para HP Prime

GUÍA DE USO

DINAMIX

Dinámica de osciladores de 1 GDL: respuesta, métodos y espectro

Versión 1.0 **HP Prime G1 · G2** Dinámica estructural · Octubre 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**

1.1. Qué calcula . . . 3

1.2. Unidades y convenciones . . . 3

1.3. Límites y fuera de alcance . . . 4

2. Instalación **4**

2.1. Qué necesita . . . 4

2.2. Copiar el programa a la calculadora . . . 4

3. Licencia de uso **5**

4. La interfaz **6**

4.1. Teclas . . . 6

4.2. Editar un valor y resultados pendientes . . . 7

5. Ejemplo guiado **8**

5.1. Enunciado . . . 8

5.2. Datos . . . 8

5.3. Paso a paso . . . 8

5.4. Resultados . . . 14

5.5. Otros ejemplos incluidos . . . 15

6. Referencia de menús y opciones **18**

6.1. 1 · Archivo . . . 18

6.2. 2 · Oscilador . . . 18

6.3. 3 · Excitac. . . . 19

6.4. 4 · Calcular . . . 20

6.5. 5 · Result. . . . 20

7. Fundamento teórico breve **21**

8. Preguntas frecuentes **22**

1 Presentación y alcance

DINAMIX resuelve el **oscilador lineal de un grado de libertad** en la calculadora HP Prime: vibración libre (con amortiguamiento viscoso o con fricción de Coulomb), cargas armónicas, pulsos, registros sísmicos y cargas periódicas. Un motor exacto da la respuesta de referencia y, a la vez, el programa aplica los métodos numéricos de los cursos de dinámica (Duhamel, Newmark, diferencia central, Fourier) con el paso que usted elija y muestra el error de cada uno. Está pensado para estudiantes y profesionales que necesitan comprobar un ejercicio y ver el procedimiento completo.

1.1 Qué calcula

- Propiedades del oscilador: ω_n, T_n, f_n, c, c_{cr}, ω_d, T_d, decremento logarítmico y régimen (sin amortiguar, sub-, crítico o sobreamortiguado).
- Respuesta $u(t)$, $v(t)$ y $a(t)$ (absoluta si hay movimiento del suelo) con sus máximos.
- Excitaciones: vibración libre; armónica de fuerza o de base (incluida la resonancia); pulsos rectangular, medio seno, triangular y escalón; registro tabulado (editable, sintético o importado); carga periódica (cuadrada, triangular o tren de pulsos) en régimen permanente.
- Comparación del motor con siete métodos: analítico, interpolación exacta, Duhamel, Newmark (β = 1/4 y 1/6), diferencia central y serie de Fourier.
- Factor de amplificación dinámica R_d, R_v, R_a, fase θ y transmisibilidad TR frente a r.
- Espectro de respuesta elástico S_d, PS_v, PS_a y S_a absoluta de una excitación en la base.
- Asistentes: rigidez lateral de 8 sistemas típicos y amortiguamiento a partir del decremento logarítmico medido.
- Procedimiento paso a paso de cada método, con sus fórmulas, tablas de pasos y gráficas.

1.2 Unidades y convenciones

El motor trabaja internamente en SI. 1 **Archivo** Unidades solo cambia la presentación.

Magnitud	SI	MKS
Masa	t	t·s^2/m (o peso en tf)
Fuerza	kN	tf
Rigidez	kN/m	tf/m
Desplazamiento	mm	cm
Velocidad	mm/s	cm/s
Aceleración	m/s^2	cm/s^2
Tiempo, frecuencia	s, Hz	s, Hz

- u es positivo hacia la derecha. Con movimiento del suelo, la carga equivalente es $p(t) = -m\,a_g(t)$, u es el desplazamiento **relativo** al suelo y la aceleración que se informa es la **absoluta**, $\ddot{u} + a_g$.
- ζ se introduce en porcentaje del amortiguamiento crítico.

1.3 Límites y fuera de alcance

Fuera de alcance

- Solo un grado de libertad y comportamiento **lineal elástico**; no hay respuesta inelástica ni sistemas de varios grados de libertad.
- La fricción de Coulomb solo se resuelve en vibración libre. La serie de Fourier solo se aplica a cargas periódicas (1 a 60 armónicos) y Duhamel requiere $\zeta < 1$.
- Registros de hasta 3000 filas; hasta 2000 pasos de salida; amortiguamiento menor que 300 %.
- El espectro exige una excitación en la base (a_g), entre 5 y 100 períodos y $\zeta < 100$ %.

2 Instalación

2.1 Qué necesita

- Calculadora **HP Prime G1 o G2** con el firmware actualizado.
- Un computador con **HP Connectivity Kit** y el cable USB de la calculadora.
- Los dos archivos que recibió con su compra:
  - la aplicación: `DINAMIX.hpappdir`;
  - el archivo de licencia: `LIC_DINAMIX.hpprgm`.

  En el plan fundador el archivo de licencia es `INERTIX_LICENCIA.hpprgm`.

2.2 Copiar el programa a la calculadora

1. Conecte la calculadora al computador y abra HP Connectivity Kit. La calculadora aparece como **HP Prime** en el panel *Calculadoras*.
2. Seleccione el archivo `DINAMIX.hpappdir` y **arrástrelo sobre HP Prime** en ese panel. La aplicación se copia automáticamente al lugar que le corresponde; espere a que termine la transferencia.
3. Haga lo mismo con el **archivo de licencia**: arrástrelo sobre **HP Prime**. Basta copiarlo una vez; no hay que abrirlo ni escribir ninguna clave.
4. En la calculadora pulse Apps para abrir la *Biblioteca de aplicaciones*. DINAMIX aparece allí con su icono.
5. Toque el icono de DINAMIX para abrirlo. Con la licencia copiada, entra directamente (sección siguiente).

Copia de seguridad

Antes de instalar, respalde su calculadora desde HP Connectivity Kit (clic derecho sobre la calculadora, *Copia de seguridad*). Así conserva sus programas y notas ante cualquier imprevisto.

3 Licencia de uso

DINAMIX funciona con un **archivo de licencia** preparado para su calculadora. **No hay que escribir ninguna clave**: el programa lee la licencia por sí solo cada vez que se abre.

1. Al comprar, indique el **ID de la calculadora** (número de serie). Si aún no lo tiene, abra DINAMIX sin la licencia: la pantalla `Licencia de uso` lo muestra en la línea `ID de la calculadora`.
2. Con su compra recibe dos archivos:
   - la aplicación: `DINAMIX.hpappdir`;
   - el archivo de licencia: `LIC_DINAMIX.hpprgm`.

   En el *plan fundador* hay un único archivo de licencia, `INERTIX_LICENCIA.hpprgm`, que sirve para todos los programas.
3. Copie ese archivo a la calculadora igual que la aplicación: arrástrelo sobre **HP Prime** en HP Connectivity Kit. Queda guardado en el catálogo de programas (Program).
4. Abra DINAMIX desde la *Biblioteca de aplicaciones*: entra directamente, sin pedir nada.

Si aparece la pantalla de licencia

- `FALTA ARCHIVO DE LICENCIA`: el archivo no está en la calculadora o fue borrado. Cópielo de nuevo y vuelva a abrir el programa (Enter reintenta, Esc sale).
- `LICENCIA NO VÁLIDA` o `SERIAL NO AUTORIZADO`: el archivo o la aplicación no corresponden al ID de esta calculadora. Escriba al asistente técnico con el ID que muestra la pantalla.

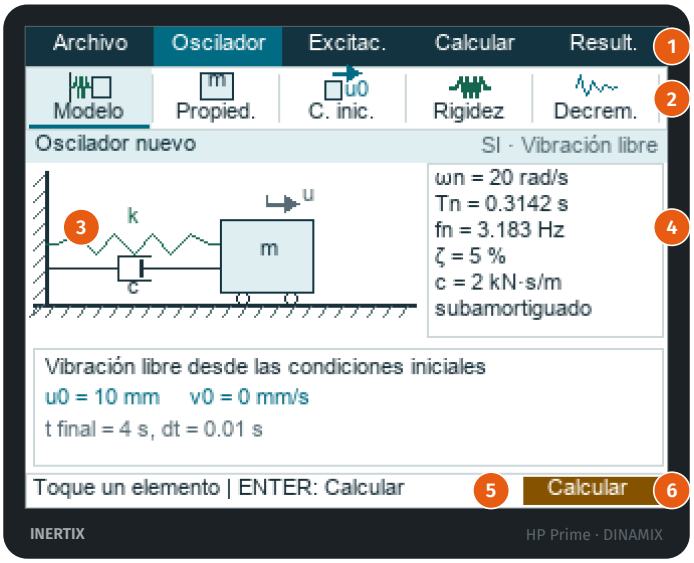
No modifique el contenido del archivo de licencia. Si el problema persiste, escriba al asistente técnico o directamente a Ing. Carlos Paredes Aguilar (+591 73842694) o a Ing. Samuel Huarachi Flores (+591 63562947).

Restablecimiento de la calculadora

Solo en caso de formatear la calculadora, vuelva a copiar la aplicación y su archivo de licencia. Conserve ambos archivos y su comprobante de compra.

4 La interfaz

Al abrirlo, DINAMIX muestra un **oscilador nuevo** (1 t, 400 kN/m, ζ = 5 %, u_0 = 10 mm) en vibración libre, sin calcular, con la categoría `Oscilador` activa.



1. **Barra de menú.** Cinco categorías; se abren con las teclas 1 a 5 o tocándolas.
2. **Cinta.** Órdenes de la categoría activa.
3. **Lienzo.** Croquis del oscilador, gráficas de resultados o documentos.
4. **Panel de datos.** ω_n, T_n, f_n, ζ, c y régimen del oscilador.
5. **Línea de estado.** Ayuda de teclas y mensajes.
6. **Botón de cálculo.** `Calcular` si hay cambios sin resolver; `Calculado` si los resultados están al día.

4.1 Teclas

Tecla	Dónde	Acción
1 … 5	Siempre	Abre la categoría del menú y pone el foco en la cinta.
◀ ▶	Cinta	Elige la orden.
Enter	Cinta	Activa la orden resaltada.
Flechas	Modelo	Recorren masa, resorte, amortiguador y carga; Enter abre sus datos.
◀ ▶	Gráficas	Mueven el cursor; + y − dan saltos largos.
▲ ▼	Gráficas	Cambian de serie (u, v, a, carga) o de método.
Enter	Gráficas	Va al máximo (Respuesta), abre el procedimiento del método (Comparar), va a la r de la carga (DMF) o a T_n (Espectro).
◀ ▶	Procedimiento	Sección anterior o siguiente; ▲ ▼ desplazan el texto.
Esc	Siempre	Vuelve atrás: cierra la lista, el formulario, el documento o pide confirmar la salida.

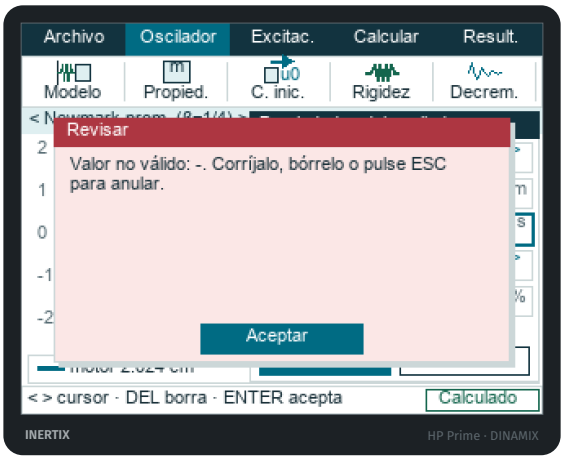
Pantalla táctil

Tocar una categoría o una orden la activa; tocar un elemento del croquis lo selecciona y un segundo toque abre sus datos; arrastrar sobre una gráfica mueve el cursor; tocar `Calcular` resuelve.

4.2 Editar un valor y resultados pendientes



Edición en la propia celda del formulario.



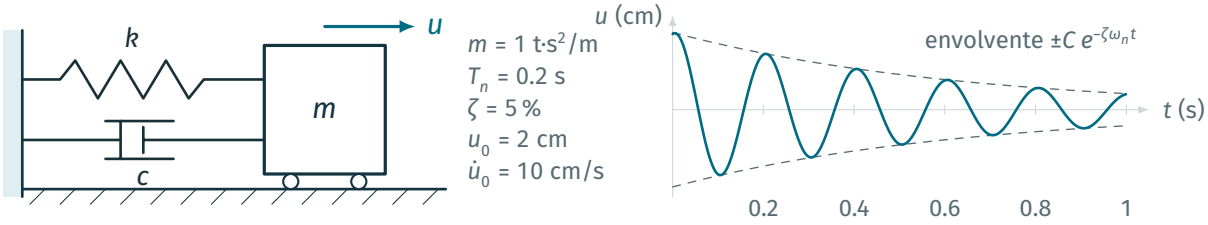
Un valor no válido se avisa y la celda sigue editable.

- En un formulario, ▲ ▼ cambian de campo. Al teclear un número, este **reemplaza** el valor; ◀ ▶ mueven el cursor dentro de la celda y Del borra el carácter anterior.
- Enter acepta y pasa al campo siguiente; si la celda queda vacía, se conserva el valor anterior. Esc anula la edición. En los campos con < > (lista), ◀ ▶ cambian la opción.
- Cualquier cambio de datos deja los resultados **pendientes** (botón `Calcular`). Recorrer una gráfica no recalcula ni cambia el caso.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Un oscilador lineal de un grado de libertad tiene una masa m = 1 t·s^2/m, un período natural T_n = 0.2 s y un amortiguamiento viscoso del 5 % del crítico. Se suelta con un desplazamiento inicial de 2 cm y una velocidad inicial de 10 cm/s, sin fuerza exterior. Se pide la **respuesta en vibración libre** durante 1 s: la frecuencia y el período amortiguados, los coeficientes A y B de la solución, la amplitud C y el **decremento logarítmico** δ. Se trabaja en unidades MKS.



5.2 Datos

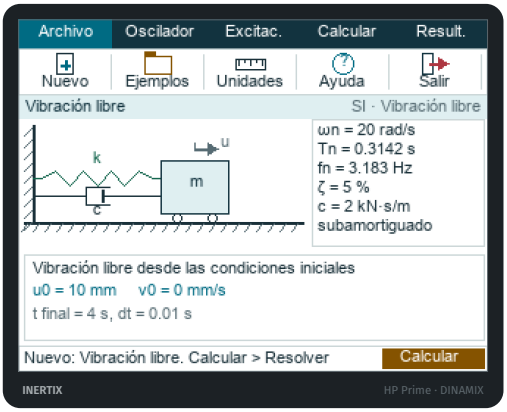
Dato	Valor	Dónde se introduce
Masa m	1 t·s^2/m	2 **Oscilador** Propied., Definir = m y Tn
Período natural T_n	0.2 s	Mismo formulario
Amortiguamiento viscoso ζ	5 %	Mismo formulario
Desplazamiento inicial u_0	2 cm	2 **Oscilador** C. inic.
Velocidad inicial $\dot{u}_0$	10 cm/s	Mismo formulario
Tiempo de análisis y paso de salida	1 s; Δt = 0.002 s	3 **Excitac.** Tiempo

Fuente: R. Aguiar, *Dinámica de Estructuras*, ejemplo 2, págs. 6-7 (vibración libre subamortiguada). El valor exacto del decremento logarítmico es δ = 0.31455: la fuente lo da truncado (0.3145) y el programa lo muestra redondeado (0.3146). La referencia se comprobó además con integración numérica independiente (error < 10^{-10}).

5.3 Paso a paso

El ejemplo se construye **desde cero y solo con el teclado**, en 17 pasos. En cada paso, la fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior; ▶×2 significa pulsar la tecla dos veces. Se parte de la pantalla inicial de DINAMIX.

1 Nuevo caso de vibración libre



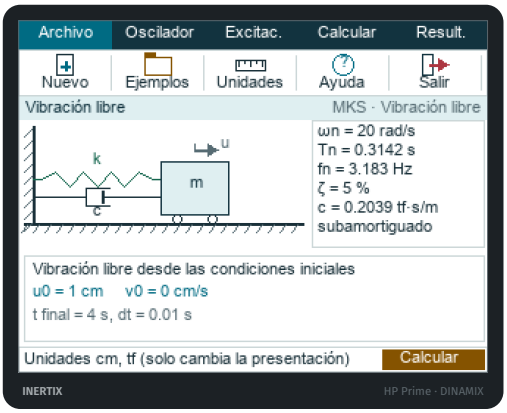
TECLAS

1 Enter ×2

1 Archivo Nuevo abre la lista de plantillas y Enter elige `Vibración libre`. El oscilador vuelve a los valores por defecto, sin excitación exterior: solo responde a las condiciones iniciales.

✔ **Debe verse:** Encabezado «Vibración libre»; abajo «Nuevo: Vibración libre. Calcular > Resolver»

2 Elegir las unidades MKS



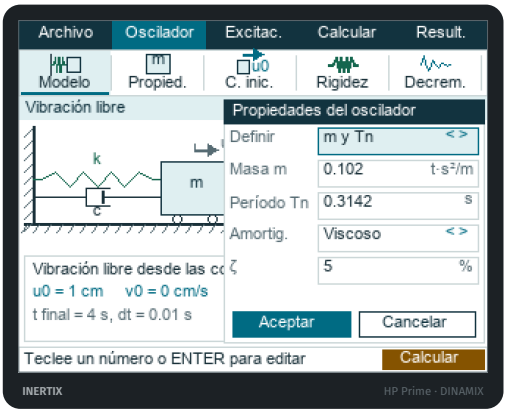
TECLAS

1 ▶ ×2 Enter ▼ Enter

1 Archivo Unidades y MKS. Los datos del ejemplo están en $t{\cdot}s^2/m$, cm y cm/s. El cálculo no cambia: el motor siempre trabaja en SI y solo cambia la presentación.

✔ **Debe verse:** Encabezado «MKS · Vibración libre»; valores en cm y tf

3 Abrir Propiedades y definir por masa y período



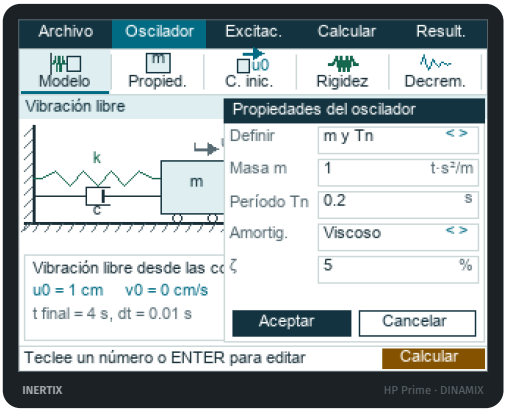
TECLAS

2 ▶ Enter ▶ ×2

2 Oscilador Propied. abre el formulario. En el campo `Definir`, ▶ cambia la opción hasta `m y Tn`: así se da el período y el programa calcula la rigidez $k = m\,\omega_n^2$.

✔ **Debe verse:** Formulario «Propiedades del oscilador» con Definir = m y Tn

4 Masa, período y amortiguamiento



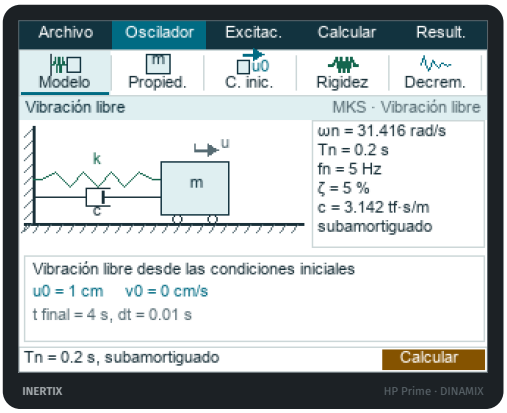
TECLAS

▼ 1 Enter 0 . 2 Enter ▼ 5 Enter

Baje a `Masa m` y teclee 1; Enter pasa a `Período Tn`, donde se teclea 0.2. El amortiguamiento es `Viscoso`; en ζ se teclea 5 (en %). El foco queda en `Aceptar`.

✔ **Debe verse:** m = 1 t·s²/m, Tn = 0.2 s, Viscoso, ζ = 5 %; foco en Aceptar

5 Aceptar las propiedades



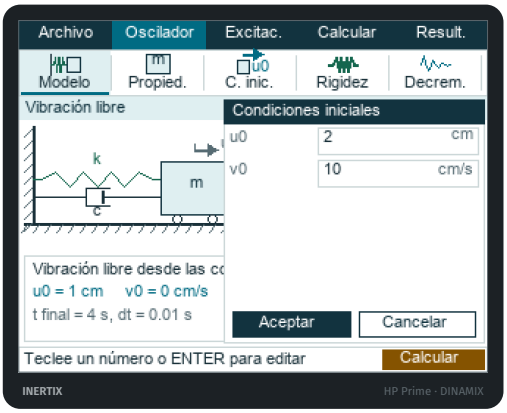
TECLAS

Enter

El panel muestra ya ω_n = 31.416 rad/s y c = 3.142 tf·s/m (la rigidez deducida es $k = m\,\omega_n^2$ = 986.96 tf/m) y el régimen `subamortiguado` ($\zeta < 1$).

✔ **Debe verse:** Panel del modelo: ωn = 31.416 rad/s, Tn = 0.2 s, ζ = 5 %, c = 3.142 tf·s/m, subamortiguado

6 Condiciones iniciales



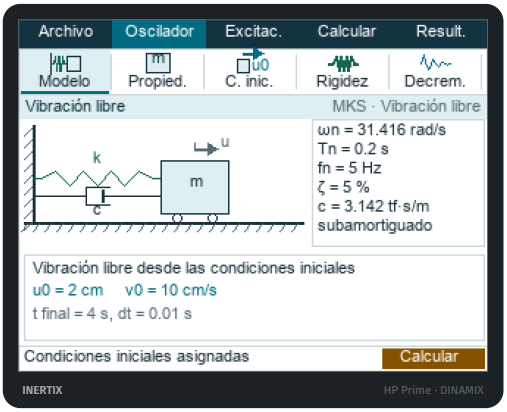
TECLAS

2 ▶ ×2 Enter 2 Enter 1 0 Enter

2 Oscilador C. inic.: u_0 = 2 cm y v_0 = 10 cm/s. Son las únicas «cargas» de la vibración libre.

✔ **Debe verse:** Formulario «Condiciones iniciales»: u0 = 2 cm, v0 = 10 cm/s; foco en Aceptar

7 Aceptar las condiciones iniciales



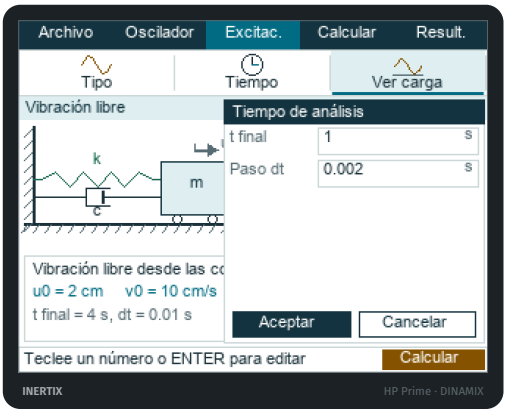
TECLAS

Enter

El panel inferior resume la excitación y las condiciones iniciales del caso.

✔ **Debe verse:** Panel inferior: «u0 = 2 cm v0 = 10 cm/s»

8 Tiempo de análisis



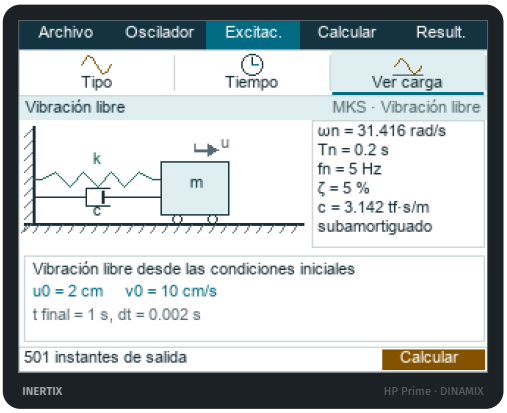
TECLAS

3 ▶ Enter 1 Enter 0 . 0 ×2 2 Enter

3 **Excitac.** Tiempo: 1 s de análisis con salida cada 0.002 s. El paso de salida no afecta a la precisión del motor exacto, pero es el paso que usan los métodos numéricos que se comparan después.

✔ **Debe verse:** Formulario «Tiempo de análisis»: t final = 1 s, Paso dt = 0.002 s

9 Aceptar el tiempo de análisis



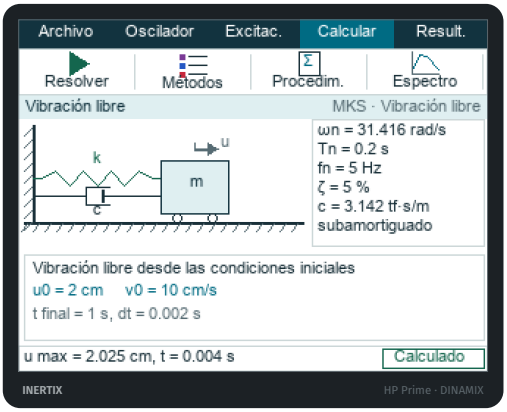
TECLAS

Enter

La línea de estado indica `501 instantes de salida`. El botón sigue en `Calcular`: hay cambios sin resolver.

✔ **Debe verse:** Panel inferior: «t final = 1 s, dt = 0.002 s»; abajo «501 instantes de salida»

10 Resolver



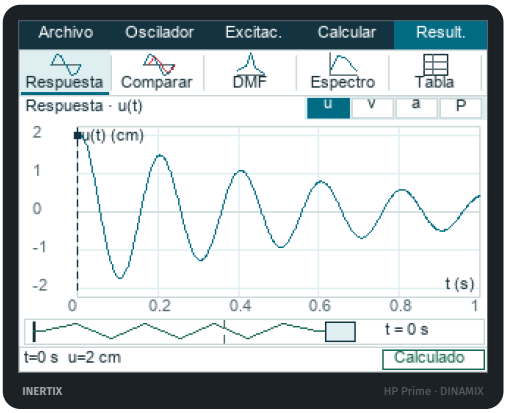
TECLAS

4 Enter

4 **Calcular** Resolver calcula con el motor analítico (forma cerrada) y con todos los métodos aplicables. El botón pasa a `Calculado` y la línea de estado da el desplazamiento máximo.

✔ **Debe verse:** Chip «Calculado»; abajo «u max = 2.025 cm, t = 0.004 s»

11 Ver la respuesta u(t)



TECLAS

5 Enter

5 **Result.** Respuesta dibuja $u(t)$: una oscilación de período $T_d \approx 0.2$ s que decrece con el amortiguamiento. La tira inferior muestra la masa en movimiento en el instante del cursor.

✔ **Debe verse:** Gráfica u(t) en cm que oscila y decrece; tira con la masa en movimiento

12 Ir al desplazamiento máximo



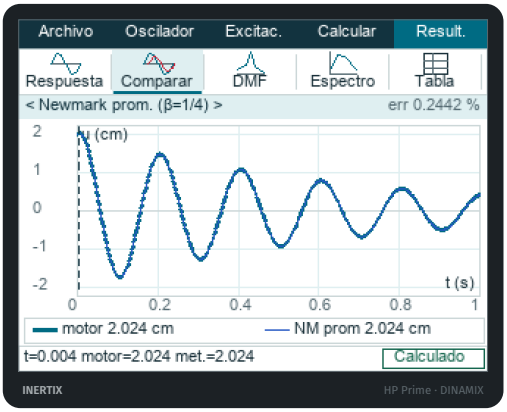
TECLAS

Enter

Enter lleva el cursor al máximo de la serie: u = 2.024 cm en t = 0.004 s. Con ▲ ▼ se cambiaría a $v(t)$ o $a(t)$ sin recalcular.

✔ **Debe verse:** Cursor en t = 0.004 s, u = 2.024 cm (máximo del registro de salida)

13 Comparar con el método de Newmark



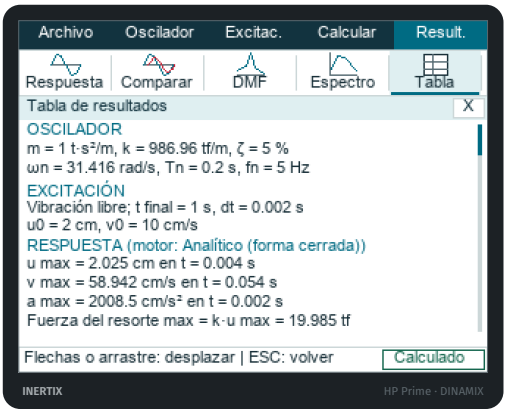
TECLAS

5 ▶ Enter

5 **Result.** Comparar superpone el motor y el método elegido, aquí Newmark de aceleración promedio con h = 0.002 s (h/T_n = 0.01): el error máximo es 0.24 %. ▲ ▼ cambian de método.

✔ **Debe verse:** Motor y Newmark prom. (β = 1/4) superpuestos; error 0.2442 %

14 Tabla de resultados



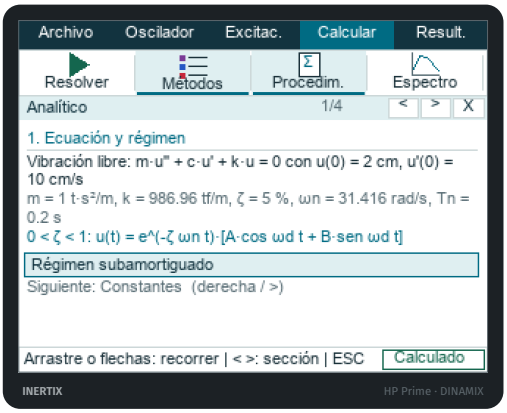
TECLAS

5 ▶ ×4 Enter

5 **Result.** Tabla reúne en un documento los datos, las propiedades, los máximos, el resumen de los métodos y la historia t, u, v, a.

✔ **Debe verse:** Documento «Tabla de resultados»: oscilador, excitación y respuesta

15 Procedimiento analítico



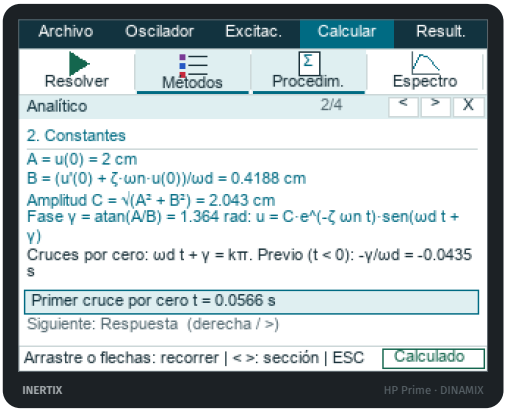
TECLAS

Esc 4 ▶ ×2 Enter

4 **Calcular** Procedim. abre el procedimiento del motor. La sección 1 plantea la ecuación de movimiento con los datos y decide el régimen: 0 < ζ < 1, subamortiguado.

✔ **Debe verse:** Visor «Analítico 1/4»: ecuación de movimiento y régimen subamortiguado

16 Constantes de la solución



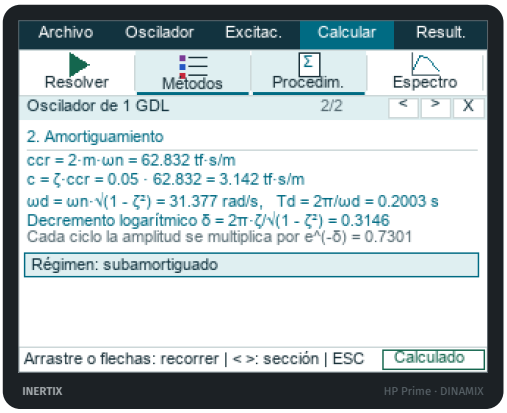
TECLAS

▶

▶ pasa a la sección 2: $A = u_0$, $B = (\dot{u}_0 + \zeta\omega_n u_0)/\omega_d$, la amplitud C, la fase γ y el primer cruce por cero. Son los valores que se comparan con la referencia.

✔ **Debe verse:** Sección 2: A = 2 cm, B = 0.4188 cm, C = 2.043 cm, primer cruce por cero t = 0.0566 s

17 Amortiguamiento: ωd, Td y δ



TECLAS

Esc 4 ▶ Enter ▼ ×7 Enter ▶

4 **Calcular** Métodos lista los métodos con su error; la última línea, `Oscilador: ωn, Tn, amortiguamiento`, abre el procedimiento del oscilador. Su sección 2 da c_{cr}, c, ω_d, T_d y el decremento logarítmico δ.

✔ **Debe verse:** Visor «Oscilador de 1 GDL 2/2»: ωd = 31.377 rad/s, Td = 0.2003 s, δ = 0.3146

5.4 Resultados

DINAMIX coincide con la referencia

Las frecuencias, los coeficientes de la solución y el decremento logarítmico coinciden con la solución de referencia en todas las cifras que muestra la pantalla. El método de Newmark con $h/T_n = 0.01$ difiere del motor en un 0.24 %.

Magnitud	Referencia	DINAMIX	Estado
Frecuencia natural ω_n	31.4159 rad/s	31.416 rad/s	Coincide
Rigidez $k = m\,\omega_n^2$	986.96 tf/m	986.96 tf/m	Coincide
Frecuencia amortiguada ω_d	31.3767 rad/s	31.377 rad/s	Coincide
Período amortiguado T_d	0.20025 s	0.2003 s	Coincide
Coeficiente $A = u_0$	2.0000 cm	2 cm	Coincide
Coeficiente B	0.4188 cm	0.4188 cm	Coincide
Amplitud $C = \sqrt{A^2 + B^2}$	2.0434 cm	2.043 cm	Coincide
Decremento logarítmico δ	0.31455	0.3146	Coincide (redondeo)
Desplazamiento máximo $u_{\text{máx}}$	—	2.025 cm en $t = 0.004$ s	Dato del motor

La amplitud C es el coeficiente de la envolvente $C\,e^{-\zeta\omega_n t}$; el máximo real de $u(t)$ (2.025 cm) es algo menor porque la envolvente ya decae cuando la respuesta alcanza su pico.

Comprobación a mano

$$\omega_n = 2\pi/T_n = 2\pi/0.2 = 31.4159 \text{ rad/s}$$

$$\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2} = 31.4159\sqrt{1-0.05^2} = 31.3767 \text{ rad/s}, \qquad T_d = 2\pi/\omega_d = 0.20025 \text{ s}$$

$$B = \frac{\dot{u}_0 + \zeta\,\omega_n\,u_0}{\omega_d} = \frac{10 + 0.05\cdot 31.4159\cdot 2}{31.3767} = 0.4188 \text{ cm}$$

$$C = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{2^2 + 0.4188^2} = 2.0434 \text{ cm}$$

$$\delta = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} = \frac{2\pi\cdot 0.05}{\sqrt{0.9975}} = 0.31455$$

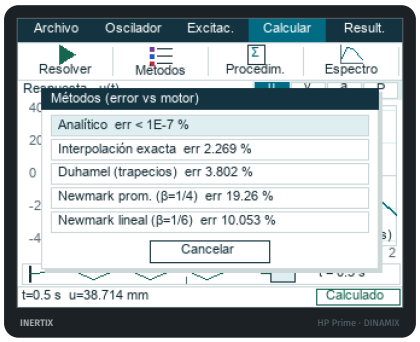
5.5 Otros ejemplos incluidos

Los siguientes casos se cargan con 1 **Archivo** Ejemplos y cubren las partes del programa que el ejemplo guiado no usa. Se muestran en unidades SI (1 **Archivo** Unidades, SI). Tras cargar cada uno, 4 **Calcular** Resolver.

Pulso de medio seno: métodos

Oscilador con $m = 0.2533$ kip·s^2/in, $k = 10$ kip/in ($T_n = 1$ s) y $\zeta = 5\,\%$, cargado con un pulso de medio seno de 10 kips y $t_d = 0.6$ s; paso de los métodos $\Delta t = 0.1$ s. Datos de los ejemplos 5.1 a 5.3 de Chopra, *Dynamics of Structures*, convertidos a SI.



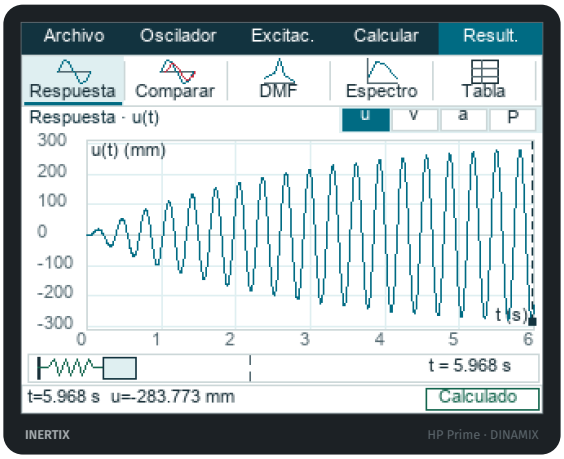




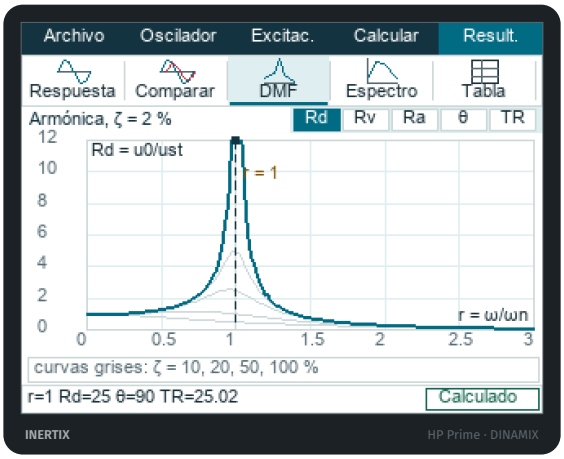
Resultado: $u_{máx}$ = 39.81 mm (1.567 in) en t = 0.50 s. Con $\Delta t/T_n$ = 0.1 los métodos se separan del motor: interpolación exacta 2.3 %, Duhamel 3.8 %, Newmark promedio 19.3 %, Newmark lineal 10.1 % y diferencia central 11.9 % (la interpolación exacta solo pierde la forma senoidal entre muestras). Las tablas «exacta» y de Newmark de Chopra coinciden con las de DINAMIX.

Resonancia r = 1 con ζ = 2 %

Oscilador de 1 t y 400 kN/m (T_n = 0.3142 s) con ζ = 2 %, bajo una fuerza armónica de 5 kN a la frecuencia natural (r = 1), desde el reposo, durante 6 s.



Respuesta: crece hacia el régimen permanente.



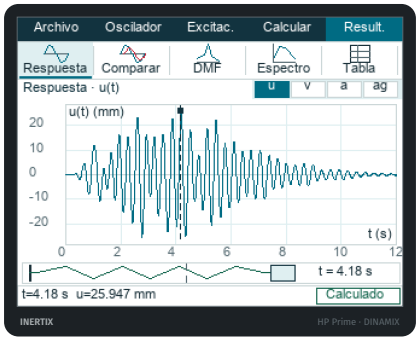
DMF: R_d frente a r, con la familia de ζ.

Resultado: $u_{máx}$ = 283.82 mm en t = 5.968 s, todavía por debajo del permanente $R_d\, u_{st}$ = 25 × 12.5 = 312.5 mm, con R_d = 1/(2ζ) = 25 en resonancia.

Sismo sintético y espectro

El mismo oscilador (ζ = 5 %) sometido en la base a un sismo sintético de 10 s, PGA = 3 m/s^2, muestreado cada 0.01 s (1001 puntos). El espectro se calcula entre 0.05 y 3 s con 30 períodos y ζ = 5 %.



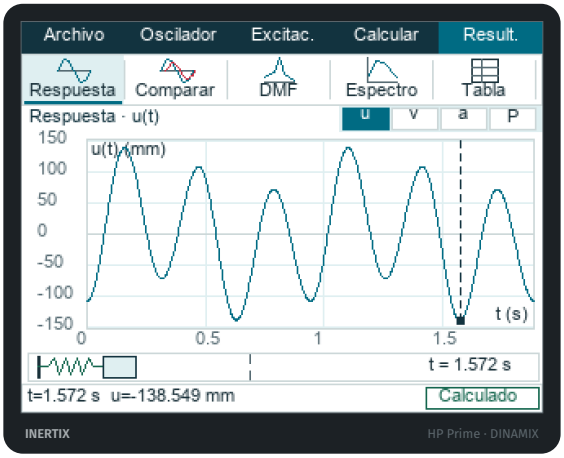




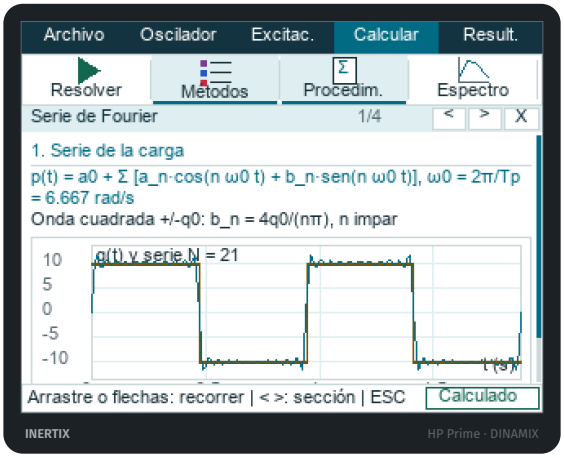
Resultado: $u_{máx}$ = 26.04 mm (relativo) en t = 4.18 s y aceleración absoluta máxima 10.46 m/s^2. El espectro marca el T_n del oscilador.

Onda cuadrada Tp = 3·Tn (Fourier)

El mismo oscilador bajo una carga periódica cuadrada de 10 kN con período $T_p = 3\,T_n$ = 0.9425 s; el motor da el régimen permanente exacto y la serie de Fourier usa 21 armónicos.



Respuesta periódica permanente.



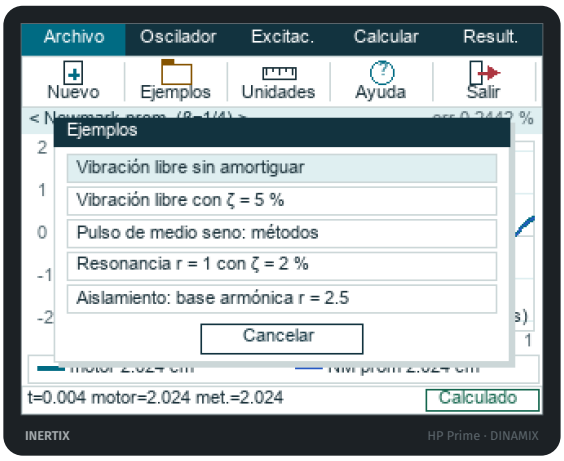
Procedimiento por serie de Fourier.

Resultado: $u_{máx}$ = 138.55 mm en t = 1.572 s.

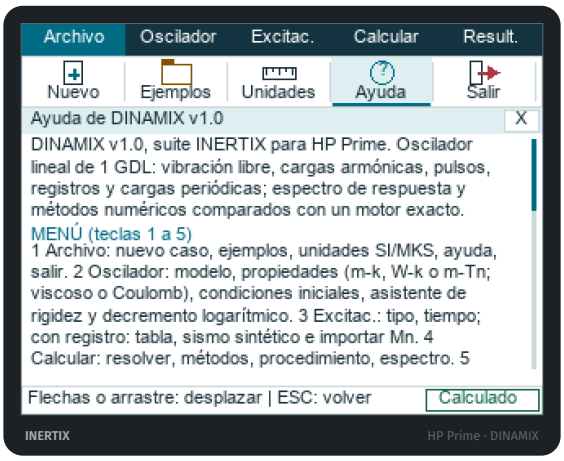
6 Referencia de menús y opciones

6.1 1 · Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Plantillas listas para calcular: `Vibración libre`, `Carga armónica`, `Pulso rectangular`, `Sismo sintético (registro)` y `Carga periódica cuadrada`. Conserva las unidades activas.
Ejemplos	Carga uno de los 8 ejemplos y **sustituye el caso**: vibración libre sin amortiguar y con ζ = 5 %, pulso de medio seno, resonancia, aislamiento de base, sismo sintético y espectro, onda cuadrada (Fourier) y fricción de Coulomb.
Unidades	SI (t, kN, kN/m, mm, m/s^2) o MKS (t·s^2/m, tf, tf/m, cm, cm/s^2). Solo cambia la presentación.
Ayuda	Documento desplazable con el resumen de menús, teclas y convenios.
Salir	Pide confirmación.



1 **Archivo** Ejemplos.



1 **Archivo** Ayuda.

6.2 2 · Oscilador

Orden	Qué hace
Modelo	Croquis con masa, resorte, amortiguador y carga. Se seleccionan con las flechas o tocándolos; el segundo toque o Enter abre sus datos.
Propied.	Campo `Definir`: m y k, W y k (peso) o m y Tn. Campo `Amortig.`: `Viscoso` (ζ en %) o `Coulomb` (coeficiente de fricción μ).
C. inic.	Desplazamiento u_0 y velocidad v_0 iniciales.
Rigidez	Asistente de rigidez lateral: voladizo, biempotrado, pórtico empotrado o articulado, viga simple, viga biempotrada, resortes en paralelo y en serie. Pide E, I, L o h y el número de columnas (o k_1, k_2), asigna k y muestra el cálculo.
Decrem.	Amortiguamiento a partir de dos picos medidos u_1 y u_{n+1} separados n ciclos; asigna ζ.



2 **Oscilador** Rigidez.



2 **Oscilador** Decrem.

6.3 3 · Excitac.

Orden	Qué hace
Tipo	Tipo de excitación: `Libre`, `Armónica`, `Pulso`, `Registro` o `Periódica`. `Acción`: fuerza $P(t)$ o movimiento de la base $a_g(t)$. Según el tipo pide amplitud, frecuencia (Hz), forma del pulso (rectangular, medio seno, triangular, escalón) y su duración t_d, forma periódica (cuadrada, triangular, tren de pulsos), período T_p y ancho t_1, o el factor de escala del registro.
Tiempo	Tiempo final y paso de salida dt (es también el paso de los métodos numéricos); en cargas periódicas, número de armónicos de Fourier.
Ver carga	Gráfica de la excitación $q(t)$.
Tabla	Solo con registro: tabla editable (t, valor). Enter edita la fila, + agrega una fila y Del la elimina.
Sismo	Solo con registro: sismo sintético con PGA, duración, paso y contenido de frecuencias (corto, medio, largo).
Importar	Solo con registro: lee una matriz M0–M9 de la calculadora con columnas t (s) y valor en las unidades activas.



3 **Excitac.** Tipo.

6.4 4 · Calcular

Orden	Qué hace
Resolver	Calcula el motor y todos los métodos aplicables.
Métodos	Lista de los siete métodos con su error frente al motor (o el motivo por el que no aplica) y el procedimiento del oscilador. Enter abre el procedimiento del método.
Procedim.	Procedimiento del motor: analítico (libre, armónica, medio seno, Coulomb), interpolación exacta o permanente periódico.
Espectro	Solo con excitación en la base: $T_{mín}$, $T_{máx}$, número de períodos y ζ; calcula el espectro de respuesta.

6.5 5 · Result.

Orden	Qué hace
Respuesta	u, v, a y la carga frente a t, con cursor, salto al máximo y tira con la masa en movimiento.
Comparar	Motor frente al método elegido (▲ ▼); Enter abre su procedimiento.
DMF	R_d, R_v, R_a, fase θ y TR frente a r, con la familia de ζ y la r de la carga marcada.
Espectro	S_d, PS_v, PS_a y S_a con el T_n del oscilador marcado.
Tabla	Documento con los datos, los máximos, los métodos y la historia t, u, v, a.

7 Fundamento teórico breve

Oscilador. Ecuación de movimiento con $p(t)$ la fuerza exterior, o $p(t) = -m\,a_g(t)$ si se mueve la base:

$$m\,\ddot{u} + c\,\dot{u} + k\,u = p(t) \tag{1}$$

$$\omega_n = \sqrt{k/m}, \qquad T_n = 2\pi/\omega_n, \qquad f_n = 1/T_n$$
$$c_{cr} = 2\,m\,\omega_n, \qquad c = \zeta\,c_{cr}$$
$$\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}, \qquad T_d = 2\pi/\omega_d, \qquad \delta = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \approx \ln\frac{u_1}{u_{n+1}}\cdot\frac{1}{n}$$

Vibración libre subamortiguada. Con $0 < \zeta < 1$ y las condiciones iniciales u_0, $\dot{u}_0$:

$$u(t) = e^{-\zeta\omega_n t}\left(A\cos\omega_d t + B\,\mathrm{sen}\,\omega_d t\right) = C\,e^{-\zeta\omega_n t}\,\mathrm{sen}(\omega_d t + \gamma)$$
$$A = u_0, \qquad B = \frac{\dot{u}_0 + \zeta\,\omega_n\,u_0}{\omega_d}, \qquad C = \sqrt{A^2+B^2}, \qquad \gamma = \arctan(A/B)$$

Donde: Con fricción de Coulomb cada medio ciclo es armónico alrededor de $\mp u_F$, con $u_F = \mu\,g/\omega_n^2$; la amplitud baja $4u_F$ por ciclo y el movimiento se detiene cuando $|u| \le u_F$ con velocidad nula.

Carga armónica. Con $p(t) = p_0\,\mathrm{sen}\,\omega t$, $r = \omega/\omega_n$ y $u_{st} = p_0/k$:

$$R_d = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}, \qquad u_p(t) = u_{st}\,R_d\,\mathrm{sen}(\omega t - \theta)$$
$$TR = R_d\sqrt{1+(2\zeta r)^2}$$

Métodos paso a paso. Con paso h:

- **Interpolación exacta** (carga lineal entre muestras): $u_{i+1} = A\,u_i + B\,\dot{u}_i + C\,p_i + D\,p_{i+1}$, y análogo para $\dot{u}_{i+1}$ con $A'\ldots D'$.
- **Newmark** con $\gamma = 1/2$: aceleración promedio ($\beta = 1/4$), incondicionalmente estable; aceleración lineal ($\beta = 1/6$), estable si $h/T_n \le 0.551$.
- **Diferencia central**: estable si $h/T_n < 1/\pi = 0.318$.
- **Duhamel**: suma recursiva por trapecios de la integral de convolución ($\zeta < 1$).

El **error** de cada método es la diferencia máxima con el motor, referida al máximo $|u|$ del motor.

Carga periódica (Fourier). Con $\omega_0 = 2\pi/T_p$:

$$u(t) = \frac{a_0}{k} + \sum_n \frac{R_{d,n}}{k}\left[a_n\cos(n\omega_0 t - \theta_n) + b_n\,\mathrm{sen}(n\omega_0 t - \theta_n)\right]$$

Espectro de respuesta. Para cada período T_n del intervalo se resuelve el oscilador bajo $a_g(t)$ y:

$$S_d = \max|u|, \qquad PS_v = \omega_n S_d, \qquad PS_a = \omega_n^2 S_d, \qquad S_a = \max|\ddot{u} + a_g|$$

Motor exacto

El motor no aproxima: usa las formas cerradas o la solución exacta de cada tramo lineal de la carga (con subpasos de, como máximo, $T/20$ en el espectro). Por eso sirve de referencia para medir el error de los métodos numéricos con el paso que usted elija.

8 Preguntas frecuentes

¿Por qué el máximo de u(t) no coincide con la amplitud C?

C es el coeficiente de la envolvente $C\,e^{-\zeta\omega_n t}$. Cuando la respuesta alcanza su pico, la envolvente ya ha decaído algo; por eso $u_{máx}$ (2.025 cm en el ejemplo) es menor que C (2.043 cm).

¿El paso dt cambia la respuesta del motor?

No. El motor es exacto con cualquier dt; el paso solo fija los instantes de salida y el paso de los métodos numéricos que se comparan.

Un método aparece como «no aplica» o «inestable».

«No aplica» indica el motivo (por ejemplo, Fourier solo para cargas periódicas). «Inestable» significa que el método crece sin control con ese paso: reduzca dt por debajo del límite de estabilidad.

¿Cómo calculo un espectro?

Elija 3 **Excitac.** Tipo con `Acción = Base ag(t)` y un registro o pulso, y luego 4 **Calcular** Espectro.

¿Cómo uso un registro propio?

Guárdelo en una matriz M0–M9 de dos columnas (t en s y la aceleración o fuerza en las unidades activas), elija `Registro` en 3 **Excitac.** Tipo y luego `Importar`.

Cambié un dato y el botón dice «Calcular».

Es intencionado: los resultados quedan pendientes hasta que vuelva a 4 **Calcular** Resolver, para no mostrar valores de un caso anterior.