

MANUAL DE USUARIO

Espectro de diseño sísmico CFE

MDOC-CFE 2015, Diseño por Sismo

Programa interactivo para obtener el espectro de diseño sísmico de un sitio, su memoria de cálculo en Word y PDF, y las tablas de ordenadas en Excel y CSV para RFEM y SAP2000.

Contenido del manual

- Introducción, alcance y requisitos
- Inicio rápido e interfaz general
- Pestañas «Sitio», «Espectro manual» y «Espectro de diseño»
- Exportación a Word, PDF, Excel y CSV
- Fundamento técnico, ejemplos resueltos y verificación
- Mensajes, limitaciones, preguntas frecuentes y apéndices

Documento elaborado el 21 de septiembre de 2026; actualizado el 2 de octubre de 2026 (versión 1.0 en línea).

Herramienta de apoyo: el ingeniero responsable debe revisar los resultados y contrastarlos con el manual y con PRODISIS.

Contenido

1. Introducción.....	5
1.1 Qué es el programa.....	5
1.2 Qué calcula.....	5
1.3 Alcance y límites	5
1.4 Requisitos.....	6
1.5 Responsabilidad profesional	6
1.6 Convenciones de este manual.....	6
2. Inicio rápido.....	7
3. Interfaz general	8
3.1 Encabezado y selector de tema.....	8
3.2 Las tres pestañas	8
3.3 Tooltips (ayudas emergentes).....	8
3.4 Avisos plegables	9
3.5 Mensajes de error y de aviso	9
3.6 Cómo se guardan los datos	9
3.7 Versión en línea y modo sin conexión	9
4. Pestaña «Sitio»	11
4.1 Bloque «Sitio de referencia»	11
4.2 El mapa	11
4.3 Bloque «Mis sitios»	12
4.4 Bloque «Ubicar por municipio»	12
4.5 Botón «Ver espectro de diseño de este sitio»	13
4.6 Capa oficial de zonas.....	13
5. Pestaña «Espectro manual».....	14
5.1 Aviso «Aviso: parámetros automáticos».....	14
5.2 Bloque «Parámetros del espectro».....	14
5.3 Bloque «Amortiguamiento y reducción»	14
5.4 Bloque «Estructura y rango».....	16
5.5 Bloque «Clasificación y terreno»	16
5.6 Gráfica	18
5.7 «Tabla y datos para copiar».....	19
5.8 Botón «Restablecer valores»	19
6. Pestaña «Espectro de diseño».....	20
6.1 Aviso «Aviso: alcance del cálculo»	20

6.2 Bloque «Datos del proyecto»	20
6.3 Bloque «Clasificación y terreno» (resumen).....	20
6.4 Bloque «Amortiguamiento y reducción»	20
6.5 Bloque «Estado límite de servicio»	22
6.6 Bloque «Estructura y rango» (resumen).....	23
6.7 Gráfica de los espectros de diseño.....	23
6.8 «Memoria de cálculo»	24
6.9 «Tabla y datos para copiar».....	25
7. Exportación: Word, PDF, Excel y CSV	27
7.1 Memoria en Word (.docx).....	27
7.2 Memoria en PDF	27
7.3 Tabla en Excel (.xlsx).....	27
7.4 CSV	28
7.5 Uso en RFEM y SAP2000.....	28
8. Fundamento técnico y fórmulas.....	29
8.1 Zona sísmica (tabla 1.3).....	29
8.2 Factores de sitio y de respuesta (tablas 1.9 y 1.10).....	29
8.3 Periodos y exponentes (tabla 1.12)	29
8.4 Factor de importancia F_{IE}	29
8.5 Factor de amortiguamiento β (ecuación 2.1)	29
8.6 Espectro de diseño transparente (ecuaciones 1.8 y 1.9)	29
8.7 Desplazamiento espectral	30
8.8 Reducción por ductilidad, sobrerresistencia, irregularidad y redundancia	30
8.9 Comportamiento histerético degradante (sección 3.3.1.6).....	30
8.10 Estado límite de servicio (inciso 3.1.8)	31
8.11 Caracterización del terreno (inciso 3.1.5.2)	31
8.12 Restricciones de valores (tabla 1.11).....	31
8.13 Unidades	31
9. Ejemplos resueltos.....	32
9.1 Ejemplo A: terreno tipo I (sitio de Villahermosa, Tabasco).....	32
9.2 Ejemplo B: terreno tipo III, mismo sitio	33
9.3 Efecto de cada factor (sobre el ejemplo A, $T_e = 0.5$ s).....	33
10. Mensajes y avisos del programa	35
10.1 Errores (recuadro rojo).....	35
10.2 Avisos (recuadro amarillo)	35

10.3 Otros mensajes	36
11. Limitaciones del programa.....	37
12. Preguntas frecuentes y solución de problemas	38
13. Estado de verificación contra el manual.....	39
Apéndice A. Tablas implementadas	40
A.1 Tabla 1.9: factor de sitio F_{Sit}	40
A.2 Tabla 1.10: factor de respuesta F_{Res}	40
A.3 Tabla 1.11: restricciones de valores.....	40
A.4 Tabla 1.13: espectro de aceleración constante (grupo B2)	40
A.5 Tabla 1.12: periodos y exponentes	40
A.6 Tabla 1.5: exploración según el grupo estructural	41
Apéndice B. Glosario de símbolos.....	42
Apéndice C. Teclado y ayudas	43
Apéndice D. Datos guardados en el navegador.....	44

1. Introducción

1.1 Qué es el programa

Espectro de diseño sísmico CFE es un programa interactivo que funciona en el navegador. Obtiene el espectro de diseño sísmico del **Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Sismo, CFE 2015 (MDOC-CFE 2015)** para un sitio de la República Mexicana, y genera la memoria de cálculo y las tablas de ordenadas que se ingresan a programas de análisis estructural como RFEM y SAP2000.

Todo el cálculo ocurre en el equipo de la persona que lo usa. No hay servidor, cuenta ni registro, y los datos capturados no salen del navegador.

1.2 Qué calcula

- La **zona sísmica** (A, B, C o D) a partir de las coordenadas del sitio, con la regionalización sísmica CFE 2015.
- El **tipo de terreno** (I, II o III) a partir de la caracterización v_s , H_s y T_s , con la condición más desfavorable.
- Los factores de sitio F_{Sit} y F_{Res} , la aceleración máxima del terreno a_0 y la ordenada máxima c .
- Los periodos característicos T_a , T_b , T_c y los exponentes k y r del espectro.
- El **espectro de diseño transparente** (elástico), con factor de importancia F_{IE} y factor de amortiguamiento β .
- El **espectro de diseño de colapso (reducido)** $S_a/(\alpha Q' \cdot R \cdot \rho)$, con los factores por ductilidad, sobrerresistencia, irregularidad y redundancia.
- El **espectro para el estado límite de servicio** S_a/F_{Ser} (inciso 3.1.8), con $F_{Ser} = 5.5$ para edificios del Grupo B.
- Opcionalmente, el **factor A_{cd} por comportamiento histerético degradante** (sección 3.3.1.6), para terrenos tipo II y III.
- El desplazamiento espectral S_d .
- La **memoria de cálculo** detallada en Word y PDF, la tabla de ordenadas en Excel y los datos en CSV.

1.3 Alcance y límites

El programa cubre las estructuras de los grupos **B2**, **B1** y **A2**. Estos límites conviene conocerlos antes de usarlo en un proyecto:

- **Grupos A1 y A+:** requieren espectros específicos de sitio (sección 3.1.6.1 del manual). No se calculan.
- **Comportamiento histerético degradante** (sección 3.3.1.6): se considera solo si marcas su casilla y únicamente en terrenos tipo II y III. Que la estructura sea susceptible a esa degradación es un juicio del ingeniero.
- **Desplazamientos laterales** multiplicados por $Q \cdot R \cdot \rho$ (sección 3.3.2.4): no se calculan. El programa entrega las fuerzas reducidas.
- **Interacción suelo–estructura:** el periodo T_e se captura tal cual. El programa no calcula el periodo modificado por interacción.

- **Sistemas de aislamiento o disipación de energía:** el amortiguamiento total se captura con «Otro valor...». El programa no suma el amortiguamiento del sistema.
- **Grupo B2:** se muestra el espectro de aceleración constante sin reducción por Q' , R , α ni ρ . El espectro de servicio sí se calcula.
- **Estado límite de servicio:** el manual da $F_{Ser} = 5.5$ solo para edificios del Grupo B. Para otros casos, como el grupo A2, el factor se captura a mano. No se calculan las revisiones de servicio (distorsiones) ni el espectro para un periodo de retorno específico.
- **Aceleración máxima en roca a_0^r y ordenada c del terreno tipo I:** los entrega PRODISIS para las coordenadas del sitio. El programa no los calcula (el manual no da fórmula para ellos).

1.4 Requisitos

- Un navegador actual (Chrome, Edge, Firefox o Safari). No requiere instalación.
- Conexión a internet solo para abrir el programa la primera vez y para recibir versiones nuevas. En la versión en línea (espectro.ingenieriajgv.com), las letras y las tres librerías de exportación (JSZip, html2canvas y jsPDF) son propias del sitio y quedan guardadas en el navegador: después de la primera visita todo funciona sin conexión, incluidas las descargas de Word, PDF y Excel (sección 3.7). Si abres el archivo HTML suelto, en cambio, sí hace falta internet al exportar para descargar esas tres librerías.
- Permitir las descargas del navegador y las ventanas de guardado.
- Los sitios guardados y los datos capturados se conservan en el navegador de ese equipo. En un navegador en modo privado o con datos de sitio bloqueados no se conservan.

Nota sobre las pruebas

El programa se desarrolló y probó en un navegador de vista previa. Antes de usarlo en un proyecto crítico, valida los resultados con PRODISIS y abre los archivos descargados en Word, Excel y un lector de PDF. La compatibilidad del Excel con RFEM y SAP2000 depende de cada versión de esos programas.

1.5 Responsabilidad profesional

El programa es una herramienta de apoyo. Los resultados deben ser revisados por el ingeniero responsable del proyecto y contrastados con el manual y con PRODISIS. Las tablas de la sección 13 indican qué elementos se verificaron contra capturas del manual y cuáles no.

1.6 Convenciones de este manual

- Los nombres de pestañas, campos, botones y opciones aparecen entre «comillas» tal como se ven en el programa.
- Las unidades: la aceleración máxima del terreno a_0 y la ordenada c se capturan en **cm/s²**. Las ordenadas del espectro se muestran en **g**, **m/s²** o **cm/s²** según el selector «Unidad de Sa». Los periodos van en segundos, los desplazamientos S_d en centímetros.
- La conversión usa $g = 981 \text{ cm/s}^2$ para cm/s^2 y $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ para m/s^2 .
- Los números de tabla, ecuación e inciso corresponden al MDOC-CFE 2015.

2. Inicio rápido

Este es el flujo típico para obtener un espectro de diseño y su memoria. Cada paso se explica en detalle en los capítulos 4 a 7.

1. **Abre el programa** y, si quieres, elige el «Tema» (arriba a la derecha).
2. **Pestaña «Sitio».** Ubica el sitio: haz clic en el mapa, escribe latitud y longitud, o elige estado y municipio. Confirma la zona sísmica y captura la « a_0 de roca (cm/s^2)» que PRODISIS da para esas coordenadas.
3. **Pestaña «Espectro manual».** En «Clasificación y terreno» elige el «Grupo estructural» y captura la caracterización del terreno (v_s , H_s o T_s , al menos dos). El tipo de terreno se calcula solo. Si resulta tipo I, captura la « c de PRODISIS (cm/s^2)».
4. En «Amortiguamiento y reducción» elige el «Sistema estructural (tabla 3.1)». En «Estructura y rango» define el periodo T_e , el T máximo y el paso ΔT .
5. Revisa en la gráfica el espectro elástico y la lectura en T_e .
6. **Pestaña «Espectro de diseño».** Escribe «Proyecto» y «Elaboró». Elige Q , R_0 , α y ρ .
7. Revisa la gráfica, los avisos amarillos y la tabla «Memoria de cálculo».
8. **Descarga** la memoria («Descargar Word (.docx)» o «Descargar PDF») y la tabla en «Descargar Excel (.xlsx)». Toma la columna resaltada **$Sa/(\alpha Q' R_p)$** para ingresarla a RFEM o SAP2000.

Dónde se captura cada dato

Dato	Pestaña	Bloque o campo
Latitud, longitud, zona, a_0 de roca	Sitio	Sitio de referencia
Sitios guardados, municipio	Sitio	Mis sitios; Ubicar por municipio
Grupo estructural	Espectro manual	Clasificación y terreno
v_s , H_s , T_s (tipo de terreno)	Espectro manual	Clasificación y terreno → Caracterización del terreno de cimentación
c de PRODISIS (terreno tipo I)	Espectro manual	Clasificación y terreno
Sistema estructural, ξ , λ	Espectro manual	Amortiguamiento y reducción
Q' y R (solo para la gráfica manual)	Espectro manual	Amortiguamiento y reducción
T_e , T máximo, ΔT	Espectro manual	Estructura y rango
a_0 , c , T_a , T_b , T_c , k , r (modo manual)	Espectro manual	Parámetros del espectro
Proyecto, Elaboró	Espectro de diseño	Datos del proyecto
Q , R_0 , α , ρ	Espectro de diseño	Amortiguamiento y reducción

3. Interfaz general

3.1 Encabezado y selector de tema

Arriba aparece el título y, a la derecha, la lista «**Tema**» con cuatro opciones:

Opción	Efecto
Automático	Sigue el modo claro u oscuro del sistema operativo.
Claro	Fondo claro.
Oscuro	Fondo oscuro.
Negro neón	Fondo casi negro con acentos cian, magenta y lima, y brillo suave en curvas y botones.

La elección se recuerda en ese navegador. El tema no cambia el contenido de la memoria en Word ni en PDF: esa memoria siempre sale con fondo blanco.

3.2 Las tres pestañas

Las pestañas están debajo del título, en este orden:

Pestaña	Para qué sirve
Sitio	Ubicar el sitio, detectar la zona sísmica, capturar a_0 de roca, guardar sitios y buscar por municipio.
Espectro manual	Ver el espectro con todos los parámetros a la vista. Aquí se capturan la clasificación del terreno, el amortiguamiento y el rango de periodos. Se pueden editar a mano a_0 , c , T_a , T_b , T_c , k y r .
Espectro de diseño	Flujo guiado: aplica Q , R_0 , α y ρ , muestra el espectro reducido, genera la memoria y las descargas.

- Con el teclado, las flechas izquierda y derecha pasan de una pestaña a otra.
- Al abrir el programa siempre empieza en «Sitio».
- «Espectro manual» y «Espectro de diseño» comparten datos: lo que se captura en la primera lo usa la segunda, que solo lo muestra como resumen de solo lectura y ofrece un botón «Editar» para volver.

3.3 Tooltips (ayudas emergentes)

Al pasar el cursor sobre una pestaña, un campo o un dato, aparece un globo con el nombre de la variable en negritas y una explicación breve. También aparece al enfocar el campo con el teclado.

- Aparece después de un instante y se cierra con **Esc**, al hacer clic o al desplazar la página.
- Los datos con ayuda muestran el cursor de interrogación. Las lecturas bajo la gráfica, los encabezados de tabla y los conceptos de la tabla «Memoria de cálculo» van con subrayado punteado.
- En pantallas táctiles no hay cursor; usa el teclado o consulta este manual.

3.4 Avisos plegables

En «Espectro manual» y en «Espectro de diseño» hay un aviso amarillo con título («Aviso: parámetros automáticos» y «Aviso: alcance del cálculo»). Se puede **plegar y desplegar** con un clic en el título. El programa recuerda si lo plegaste.

3.5 Mensajes de error y de aviso

- **Recuadro rojo** («No se puede calcular todavía»): falta un dato o hay un valor inválido. No se dibuja el espectro hasta corregirlo.
- **Recuadro amarillo**: el cálculo se hizo, pero conviene revisar algo (por ejemplo, un valor fuera de la tabla 1.11).
- **Campo con borde rojo**: el valor escrito no es un número válido.
- **Campo con borde punteado y fondo transparente**: el campo es de solo lectura porque el programa lo calcula o lo toma de otra parte.

El capítulo 10 lista todos los mensajes con su causa y solución.

3.6 Cómo se guardan los datos

- Cada campo se guarda solo en el navegador cada vez que lo modificas. Al volver a abrir el programa, los datos siguen ahí.
- «Restablecer valores» (en «Espectro manual») devuelve los campos a sus valores iniciales. No borra los sitios guardados.
- Los datos son locales: no se comparten entre equipos ni entre navegadores.
- El apéndice D lista los datos guardados.

3.7 Versión en línea y modo sin conexión

El programa está publicado en <https://espectro.ingenieriajgv.com>, de acceso libre: no pide cuenta ni contraseña.

- **Tus datos se quedan en tu navegador.** Los sitios guardados y los valores capturados no se envían a ningún servidor. Van ligados a la dirección exacta (<https://espectro.ingenieriajgv.com>): si entras por otra dirección no verás lo que guardaste en esta.
- **Modo sin conexión.** Tras la primera visita con internet, el navegador guarda el programa, las letras y las librerías de exportación. Después abre y funciona sin señal, incluida la generación de memorias en Word y PDF y del Excel. Con internet, el programa busca primero la versión más reciente y la usa al abrirse.
- **Instalarlo como aplicación.** En el teléfono: menú del navegador, «Agregar a pantalla de inicio» o «Instalar». En la computadora, Chrome y Edge ofrecen «Instalar» en la barra de direcciones.
- **Versión y compilación.** El pie de la página indica la versión, la fecha y la compilación. Cítalas si reportas un problema.
- **Aviso de uso y derechos.** El pie recuerda que es una herramienta de apoyo que no sustituye a PRODISIS ni el criterio del ingeniero responsable, y que el programa tiene derechos reservados. Las memorias y el Excel indican el programa y su versión en el encabezado.
- **Manual.** El pie de la página enlaza este manual en PDF.

Formato de números

Los campos numéricos aceptan punto o coma como separador decimal, y el campo «r» acepta fracciones como $2/3$. Los valores deben ser números; cualquier otro texto se marca en rojo.

4. Pestaña «Sitio»

La pestaña «Sitio» tiene dos partes: a la izquierda, los bloques de captura («Sitio de referencia», «Mis sitios» y «Ubicar por municipio»); a la derecha, el mapa.

4.1 Bloque «Sitio de referencia»

Campo	Qué es	Cómo se usa
Latitud (°)	Coordenada norte del sitio, en grados decimales.	Escríbela o haz clic en el mapa. Ejemplo: 17.9179.
Longitud (°)	Coordenada oeste, en grados decimales (negativa en México).	Ejemplo: -92.9355.
Zona sísmica	Lista A, B, C, D.	Se detecta sola con las coordenadas. Puedes cambiarla a mano; entonces el programa avisa que la zona fue elegida por ti.
a_0 de roca (cm/s ²)	Aceleración máxima del terreno en roca, a_0^r .	Captúrala tal como la da PRODISIS para las mismas coordenadas. El mapa no la calcula.

- Debajo del mapa se muestra «Zona sísmica detectada en el mapa» y, en su caso, la banda aproximada de a_0^r de la figura 1.1 del manual. Es solo referencia: para diseño usa el valor de PRODISIS.
- Si el punto queda fuera de la regionalización, el programa lo indica y tienes que elegir la zona a mano.
- Si eliges una zona distinta de la que dan las coordenadas, aparece «Zona elegida a mano» con la zona que indica el mapa.
- La zona que se usa en el cálculo sale de la tabla 1.3 según a_0^r : A si < 50 , B si $50 \leq a_0^r < 100$, C si $100 \leq a_0^r < 200$ y D si ≥ 200 cm/s². Si esa zona difiere de la del mapa, aparece un aviso amarillo en «Espectro de diseño» indicando cuál se usó.

4.2 El mapa

Modos del mapa

Sobre el mapa hay tres botones para cambiar de modo:

Modo	Qué muestra
Zonas sísmicas	La regionalización sísmica CFE 2015 con las zonas A, B, C y D en colores. Es la capa oficial que el programa usa para detectar la zona. Aparecen también ciudades de referencia.
Aceleración (manual)	Bandas de a_0^r de 50 cm/s ² , digitalizadas de la figura 1.1 del manual. Precisión aproximada, sobre todo en bandas angostas y cerca de la costa. Solo cubre el territorio continental.
Aceleración (PRODISIS)	Polígonos de las clases del mapa de peligro de PRODISIS, con el valor de a_0^r leído en un punto interior. Es una referencia visual: dentro del polígono el valor real varía.

Importante

Los mapas de aceleración son referencia visual. Para diseño usa siempre el valor que PRODISIS da para las coordenadas exactas del sitio.

Cómo moverte en el mapa

- **Clic:** coloca el pin del sitio y llena latitud, longitud y zona.
- **Arrastrar:** desplaza el mapa. Un movimiento menor a 5 píxeles cuenta como clic.
- **Rueda del ratón:** acerca o aleja alrededor del cursor.
- **Botones «+» y «-»:** acercan y alejan.
- **Botón «↗» (Ver todo):** muestra todo el país.
- **Botón «⊙» (Centrar en el punto):** centra el mapa en el pin.
- **Cursor sobre el mapa:** una etiqueta en la esquina muestra la latitud, la longitud y la zona bajo el cursor. En modo de aceleración muestra la banda.
- **Chips A, B, C y D** arriba del mapa (modo «Zonas sísmicas»): fijan la zona a mano.
- En los modos de aceleración aparece una **escala de bandas** con la banda del punto resaltada.
- Los sitios guardados se dibujan como rombos; si acercas el mapa aparece su nombre.

4.3 Bloque «Mis sitios»

Sirve para guardar sitios que usas con frecuencia y volver a ellos sin recapturar.

Elemento	Función
Sitios guardados	Lista de sitios. Al elegir uno se cargan sus coordenadas, a_0 de roca, c de PRODISIS, v_s , H_s , T_s y grupo estructural, y el mapa se centra en él.
Nombre del sitio	Nombre para guardar. Hasta 60 caracteres. Si no escribes nombre y elegiste un municipio, usa «Municipio, Estado».
Guardar sitio actual	Guarda las coordenadas, a_0 de roca, c de PRODISIS, v_s , H_s , T_s y grupo del momento. Si ya existe un sitio con ese nombre, lo reemplaza. Máximo 1,000 sitios.
Eliminar	Borra el sitio elegido en la lista.

- El programa trae dos sitios de ejemplo: **Cunduacán (PRODISIS)** y **Villahermosa (PRODISIS)**, ambos en Tabasco. Se guardaron con el tipo de terreno anterior; al aplicarlos hay que capturar v_s , H_s o T_s , porque el tipo de terreno ahora se calcula con esos datos.
- Los sitios guardados **solo existen en el navegador** de ese equipo. Lo indica el texto «Sitios guardados solo en este navegador».
- Los mensajes de confirmación aparecen en la línea de texto de este bloque, por ejemplo «Sitio guardado: ...» o «Sitio eliminado: ...».

4.4 Bloque «Ubicar por municipio»

Coloca el pin en un punto de un municipio sin necesidad de conocer las coordenadas.

1. Elige el **Estado** en la lista.

2. Elige el **Municipio**. Si la lista es larga, escribe parte del nombre en «Filtrar por nombre (opcional)».
3. El pin se coloca en un punto **dentro** del municipio. No es la cabecera municipal.
4. **Ajusta las coordenadas** al sitio real de tu obra.

Importante

El punto que coloca el programa no coincide con las coordenadas que PRODISIS usa para el municipio. Por eso la a_0 de roca y la c de PRODISIS deben capturarse para las coordenadas finales de tu obra.

Si guardas un sitio desde un municipio, la próxima vez que lo elijas sus datos aparecen solos.

4.5 Botón «Ver espectro de diseño de este sitio»

Está debajo del mapa. Te lleva a la pestaña «Espectro de diseño» con los datos del sitio ya cargados.

4.6 Capa oficial de zonas

Debajo del mapa, en el modo «Zonas sísmicas», dice: **«Capa oficial de zonas: Regionalización sísmica CFE 2015 (RMGIR, capa 203)»**. El programa trae esa capa incrustada y no permite cargar otros archivos, para que la zona detectada sea siempre la oficial.

5. Pestaña «Espectro manual»

Muestra el espectro con todos los parámetros a la vista. Por defecto los parámetros se **calculan solos** con el manual; puedes desmarcar una casilla y escribirlos a mano para probar otros valores. En esta pestaña también se capturan los datos comunes a las dos pestañas de espectro.

5.1 Aviso «Aviso: parámetros automáticos»

Recuerda que los parámetros se calculan solos con el MDOC-CFE 2015 a partir de a_0 de roca, grupo estructural y tipo de terreno, y que para escribirlos a mano se desmarca la casilla.

5.2 Bloque «Parámetros del espectro»

Contiene la casilla «Calcular automáticamente (tablas 1.9 a 1.12)» y siete campos:

Campo	Unidad	Significado
a_0	cm/s ²	Ordenada del espectro en $T = 0$: aceleración máxima del terreno, ya con el factor de sitio y F_{IE} .
c	cm/s ²	Ordenada máxima del espectro, la de la meseta entre T_a y T_b .
T_a (s)	s	Límite inferior de la meseta: aquí termina la rampa inicial que sube de a_0 a c .
T_b (s)	s	Límite superior de la meseta: desde aquí el espectro empieza a decaer.
T_c (s)	s	Periodo donde empieza la rama final, que cae con $(T_c/T)^2$.
k	—	Parámetro que controla la caída del espectro en la rama final.
r	—	Exponente de la rama descendente entre T_b y T_c . Acepta fracciones como 2/3.

Casilla marcada (modo automático)

- Los siete campos se llenan con el cálculo del manual y quedan **bloqueados** (borde punteado).
- Debajo de la casilla aparece una línea como «Calculado con a_0 de roca = 96.8 cm/s², zona B, grupo B1, terreno I (incluye $F_{IE} = 1.00$)».
- Los valores incluyen el factor de importancia F_{IE} : con el grupo A2 son 1.5 veces mayores.
- Si faltan datos, el texto dice «No se pueden calcular todavía: revisa a_0 de roca, grupo y la caracterización del terreno (v_s , H_s o T_s)» y los campos se desbloquean.
- Para el grupo **B2** el espectro es de aceleración constante y no tiene parámetros de forma: el texto lo indica y los campos quedan editables. Usa entonces la pestaña «Espectro de diseño».

Casilla desmarcada (modo manual)

- Los campos son editables: escribe a_0 y c en cm/s² y los periodos en segundos.
- El texto indica «Modo manual: escribe los valores.»
- Se exige $T_a \leq T_b \leq T_c$, T_b y T_c mayores que cero, $a_0 \geq 0$ y $c > 0$.
- Si c resulta menor que a_0 , aparece un aviso amarillo.

5.3 Bloque «Amortiguamiento y reducción»

Define el amortiguamiento estructural y, para la gráfica de esta pestaña, los factores Q' y R .

Sistema estructural (tabla 3.1)

Lista con los sistemas de la tabla 3.1 y su amortiguamiento recomendado ζ_e . Al elegir uno, el campo ξ se llena y se bloquea; debajo aparece « $\xi = 5\%$ » y las notas de la tabla.

Sistema estructural	ξ (%)
Estructuras de concreto reforzado	5
Estructuras de concreto presforzado	4
Estructuras ligeras de acero de baja altura ¹ , elementos unidos con soldadura	2
Estructuras ligeras de acero de baja altura ¹ , elementos unidos con tornillos	3
Marcos rígidos de acero con conexiones rígidas soldadas	3
Marcos rígidos de acero con conexiones rígidas atornilladas	5
Marcos de acero arriostrados (contraventeos concéntricos, excéntricos o restringidos a pandeo) o rigidizados por placas de acero	4
Marcos rígidos con columnas compuestas, o marcos compuestos arriostrados por contraventeos, placas o muros	5
Marcos de acero o compuestos con amortiguamiento suplementario (*)	valor por procedimiento técnico
Muros de concreto o de madera contrachapada, o de madera de duela	5
Muros de placas de acero	4
Muros de carga de mampostería confinada de bloques macizos de concreto	7
Muros de carga de mampostería confinada de bloques huecos de concreto	6
Muros de carga de mampostería que no cumplan las especificaciones para mampostería confinada ni para reforzada interiormente	6
Otro valor...	escrito a mano

- ¹ La definición de estructura de baja altura sigue el criterio de las estructuras industriales Tipo I (inciso 3.4.5).
- (*) Para los marcos con amortiguamiento suplementario, el manual pide obtener el valor con un procedimiento técnico aceptado por la ingeniería: el campo ξ queda editable.
- Para sistemas de aislamiento o disipación de energía, escribe con «Otro valor...» la suma del amortiguamiento inherente y el del sistema.
- El valor por defecto es «Estructuras de concreto reforzado (5 %)».

Campos ξ , λ , Q' y R

Campo	Significado
ξ (%)	Amortiguamiento estructural en porcentaje del crítico. Con 5 % el factor β vale 1. Es de solo lectura salvo con «Otro valor...» o con el sistema de amortiguamiento suplementario. Rige también en «Espectro de diseño».
λ de β	Exponente del factor de amortiguamiento. El manual usa 0.45. Solo afecta a esta pestaña; en «Espectro de diseño» se usa siempre 0.45.
Q'	Factor reductor por ductilidad, ya calculado. Se captura como un número constante para dibujar el espectro reducido de esta pestaña.

Campo	Significado
R	Factor reductor por sobrerresistencia, ya calculado. También es un número constante.

- Bajo los campos se muestra la fórmula de β y el valor actual para $T_e < T_c$.
- Con **Q' y R iguales a 1** solo se dibuja el espectro elástico. Si alguno es distinto de 1, aparece también el espectro reducido $S_a/(Q'R)$.
- Los factores Q' y R **variables con el periodo** (ecuaciones 2.2 a 2.4) se calculan en la pestaña «Espectro de diseño»; en esta pestaña son valores fijos que tú introduces.

5.4 Bloque «Estructura y rango»

Campo	Significado	Restricciones
Periodo T_e (s)	Periodo estructural en el que se lee el espectro. En la gráfica aparece como una línea vertical con un punto.	$T_e \geq 0$. Si es mayor que el T máximo, aparece el aviso «Te queda fuera del rango graficado».
T máximo (s)	Periodo final de la gráfica y de las tablas.	Mayor que 0 y hasta 20 s.
Paso ΔT (s)	Separación entre periodos de las tablas, el CSV y la memoria.	Positivo y que no genere más de 4,000 filas ($T \text{ máximo} / \Delta T \leq 4,000$).

Estos tres datos rigen las dos pestañas

«Espectro de diseño» toma de aquí T_e , T máximo y ΔT . Si cambias el ΔT , cambian las tablas de las dos pestañas, el CSV, el Excel y la memoria. Con el valor por defecto de 0.05 s y T máximo de 4 s, la tabla de la memoria tiene unas 80 filas; con $\Delta T = 0.25$ s, unas 20.

5.5 Bloque «Clasificación y terreno»

Campo	Significado
Grupo estructural	B2: $H \leq 13$ m y $A_c \leq 400$ m ² . B1: $H > 13$ m o $A_c > 400$ m ² . A2: Grupo A, fuera del sector energético. Define el factor de importancia F_{IE} (B2 y B1: 1.0; A2: 1.5).
Tipo de terreno	Campo de solo lectura . Muestra el tipo (I, II o III) que resulta de la caracterización. Con menos de dos datos dice «— captura v_s , H_s o T_s ». En B2 dice «no se requiere (B2)». El detalle de los casos, debajo de los campos de caracterización, indica «(condición más desfavorable)» cuando se evaluaron varias parejas.
c de PRODISIS (cm/s ²)	Ordenada máxima del espectro que da PRODISIS. Solo aparece cuando el terreno resulta tipo I . Para terrenos II y III el programa la calcula y este campo se oculta.

Caracterización del terreno de cimentación

Este bloque tiene tres campos: v_s (m/s), H_s (m) y T_s (s). Se aplica a los grupos A2 y B1 (inciso 3.1.5.2). Con el grupo B2 el bloque se oculta, porque B2 no usa tipo de terreno (inciso 3.1.5.3).

- **Captura al menos dos de los tres datos.** $T_s = 4 \cdot H_s / v_s$ (ecuación 1.1).
- Si das H_s y v_s y dejas T_s vacío, el campo T_s muestra en gris el valor calculado.
- El tipo de terreno se calcula en vivo, sin botón, con la **condición más desfavorable** de las parejas de la tabla 1.8 que se puedan formar.

- Debajo de los campos se muestra el detalle de cada caso: «Caso 1 (H_s y v_s): $H_s = 12.00$ m, $v_s = 300.0$ m/s $\rightarrow$ tipo III».

Caso (tabla 1.8)	Datos que se necesitan	Cómo se obtiene el punto (H_s , v_s)
1	H_s y v_s	H_s y v_s tal como se capturaron.
2	T_s y v_s	$H_s = v_s \cdot T_s / 4$
3	H_s y T_s	$v_s = 4 \cdot H_s / T_s$

Cada punto se ubica en la carta de microzonificación (figura 1.3). Con $H_c = 30$ m y $v_c = 360$ m/s (tabla 1.6):

Tipo	Criterio	Descripción del manual
I	$v_s \geq 720$ m/s, o $H_s \leq 2$ m	Terreno firme o rocoso, sin amplificaciones dinámicas.
II	$360 \leq v_s < 720$ m/s con $H_s > 2$ m, o $H_s > 30$ m con $v_s < 720$ m/s	Amplificaciones dinámicas intermedias.
III	$v_s < 360$ m/s y $2 < H_s \leq 30$ m	Grandes amplificaciones dinámicas.

La clasificación final es **III** si al menos un punto cae en III; **II** si alguno cae en II pero ninguno en III; **I** si todos caen en I.

Tabla «¿Cómo se clasifica el terreno?»

Bajo el detalle de los casos hay un desplegable con la carta de la figura 1.3 en forma de tabla. Se abre sola la primera vez que hay datos, y se puede cerrar y abrir cuando quieras. Sus filas son rangos de v_s y sus columnas, rangos de H_s :

v_s H_s	≤ 2 m	de 2 a 30 m	> 30 m
≥ 720 m/s	I	I	I
360 a < 720 m/s	I	II	II
< 360 m/s	I	III	II

- Las celdas tienen color según el tipo: gris para I, ámbar para II y naranja para III.
- Resaltado en vivo:** cada pareja de la tabla 1.8 que se pueda formar marca su celda con un contorno y un número (1, 2 o 3, el número del caso). Con $v_s = 500$ m/s, $H_s = 12$ m y $T_s = 0.5$ s se marcan tres celdas: II (caso 1), II (caso 2) y III (caso 3); el tipo final es III.
- Debajo de la tabla están escritas las tres reglas del manual y los valores $H_c = 30$ m y $v_c = 360$ m/s (tabla 1.6).
- La tabla no se muestra en el grupo B2.

H_s (m)	v_s (m/s)	T_s (s)	Resultado
1	800	—	I ($H_s \leq 2$ y $v_s \geq 720$)
12	300	—	III
12	500	—	II
30.5	300	—	II ($H_s > 30$)

H _s (m)	v _s (m/s)	T _s (s)	Resultado
12	500	0.5	III (caso 3 da v _s = 96 m/s)

Si solo conoces el tipo de terreno

El programa no permite elegir el tipo de terreno directamente, igual que PRODISIS. Si tu estudio de suelos solo dice «terreno II», escribe un par v_s y H_s que caiga en ese tipo (por ejemplo v_s = 500 m/s y H_s = 20 m).

5.6 Gráfica

Controles

- **Sa – T / Sd – T:** alterna entre la gráfica de aceleración espectral y la de desplazamiento espectral.
- **Unidad de Sa:** g, m/s² o cm/s². Cambia el eje vertical y las lecturas de Sa.
- **Referencia $\xi = 5\%$:** casilla que dibuja, en gris punteado, el mismo espectro con $\beta = 1$ (amortiguamiento de 5 %). Solo se puede marcar cuando ξ es distinto de 5 %.
- **Curvas:** «Solo este terreno» (por defecto) o «Comparar terrenos I, II y III».

Elementos

- Curva **elástica** (transparente), en el color principal del tema.
- Curva **reducida** Sa/(Q'R), punteada, solo si Q' o R son distintos de 1.
- Líneas verticales punteadas rotuladas **T_a**, **T_b** y **T_c**.
- Línea vertical en **T_e** con un punto sobre la curva.
- Al pasar el cursor por la gráfica aparece una línea vertical y la lectura se actualiza con el periodo bajo el cursor.

Lectura bajo la gráfica

Dato	Significado
T _e (o T (cursor))	Periodo leído: el de T _e , o el que está bajo el cursor.
Sa	Ordenada del espectro elástico, en g.
Sa (m/s ²)	La misma ordenada en m/s ² .
Sa/(Q'R)	Ordenada reducida, si hay reducción.
Sd	Desplazamiento espectral en cm.
Tramo	Parte del espectro donde cae el periodo: rampa inicial, meseta, decaimiento o rama final.

Bajo la lectura se escriben las fórmulas de cada tramo del espectro (sección 8.6).

Referencia al 5 % de amortiguamiento

Con ξ distinto de 5 % (por ejemplo, 2 % para estructuras ligeras de acero soldadas, o 7 % para mampostería confinada de bloques macizos), la casilla «Referencia $\xi = 5\%$ » superpone una curva gris punteada con $\beta = 1$. Así se ve de inmediato cuánto amplifica ($\xi < 5\%$) o reduce ($\xi > 5\%$) el

amortiguamiento elegido. La referencia usa los mismos a_0 , c , T_a , T_b , T_c , k y r que el espectro principal.

- Con $\xi = 5\%$ la casilla se desactiva y se desmarca, porque no habría nada que comparar.
- La escala vertical se ajusta para que se vean ambas curvas completas.
- No aparece mientras estás comparando terrenos.

Comparar terrenos I, II y III

El selector «**Curvas**» → «**Comparar terrenos I, II y III**» dibuja juntos los espectros elásticos de los tres tipos de terreno para el mismo sitio (misma a_0 de roca, zona y grupo estructural, con F_{IE} y con el ξ y λ de este bloque). Sirve para ver cuánto pesa el terreno y para comprobar que la clasificación tiene sentido.

- El terreno que resulta de **tu caracterización** (v_s , H_s , T_s) va en trazo grueso y con la marca «(el de tu clasificación)» en la leyenda; los otros dos van en trazo fino y punteado. Las líneas T_a , T_b y T_c y el punto de T_e son los del terreno clasificado.
- Los terrenos II y III se calculan con las tablas 1.9, 1.10 y 1.12. El terreno I necesita la **c de PRODISIS** (campo «c de PRODISIS»); si no la has capturado, esa curva no se dibuja y la leyenda lo indica.
- Está disponible solo con «**Calcular automáticamente**» marcado y con un grupo distinto de B2. Si no aplica, el selector se desactiva y una nota explica por qué: sin el modo automático el programa no sabe cómo cambiarían a_0 , c y los periodos con otro terreno.
- En este modo se dibuja solo la curva elástica: no se muestra la reducida por Q' y R . La lectura bajo la gráfica sigue siendo la del terreno clasificado. La tabla y el CSV no cambian.

5.7 «Tabla y datos para copiar»

Desplegable al final de la pestaña. Al abrirlo muestra una tabla con las columnas T , S_a , S_a reducido y S_d , con el paso ΔT , y un cuadro de texto con los mismos datos en formato CSV.

- **Copiar CSV** copia el texto al portapapeles. Si el navegador no lo permite, selecciona el texto para copiarlo a mano.
- El mensaje junto al botón confirma que se copió.

5.8 Botón «Restablecer valores»

Devuelve **todos** los campos capturados de las tres pestañas a sus valores iniciales: latitud 17.9179 y longitud -92.9355 (Villahermosa), zona B, a_0 de roca 96.78 cm/s², c de PRODISIS 259.22 cm/s², grupo B1, parámetros del espectro ($a_0 = 96.78$ y $c = 259.22$ cm/s²; $T_a = 0.10$, $T_b = 0.60$, $T_c = 2.00$, $k = 1.50$, $r = 1/2$), amortiguamiento (concreto reforzado, 5 %, $\lambda = 0.45$), $Q' = R = 1$, $T_e = 0.50$ s, T máximo = 4 s, $\Delta T = 0.05$ s, $Q = 2$, $R_0 = 2$, $\alpha = 1$, $\rho = 1$, y borra la caracterización del terreno (v_s , H_s , T_s), los datos del proyecto y la casilla de la condición 10 u 11. Vuelve a marcar el modo automático. **No** borra los sitios guardados. Aunque el botón está en «Espectro manual», su efecto alcanza a las tres pestañas.

6. Pestaña «Espectro de diseño»

Es el flujo guiado. Toma los datos de las otras pestañas, aplica los factores de reducción, muestra los espectros de diseño (transparente, de colapso y de servicio) y genera la memoria y las tablas. A la izquierda están los bloques de captura y de resumen; a la derecha, la gráfica, la memoria y las tablas.

6.1 Aviso «Aviso: alcance del cálculo»

Recuerda que la a_0 de roca se toma de PRODISIS y se captura en la pestaña «Sitio», que los grupos A1 y A+ requieren espectros específicos de sitio y no se calculan, y que el comportamiento histerético degradante (sección 3.3.1.6) solo se considera si marcas su casilla.

6.2 Bloque «Datos del proyecto»

Campo	Uso
Proyecto	Nombre del proyecto. Aparece en el encabezado de la memoria en Word y PDF, y forma parte del nombre de los archivos descargados.
Elaboró	Nombre de quien elabora la memoria. Aparece en el encabezado de la memoria.

Si los dejas vacíos, la memoria muestra «—» en esos renglones.

6.3 Bloque «Clasificación y terreno» (resumen)

Es de solo lectura. Dice «Datos tomados de la pestaña Espectro manual» y muestra:

- El grupo estructural, con su descripción completa.
- El tipo de terreno, o «no se requiere (B2)».
- La c de PRODISIS, cuando el terreno es tipo I.
- v_s , H_s y T_s capturados, cuando haya alguno.
- El sistema estructural de la tabla 3.1 y el amortiguamiento ξ .

El botón **«Editar en Espectro manual»** te lleva a esa pestaña para cambiar cualquiera de estos datos.

Si falta la caracterización del terreno, en el lugar de la gráfica aparece el recuadro rojo con «Captura, en Espectro manual (Caracterización del terreno de cimentación), al menos dos de los tres datos: v_s , H_s y T_s ».

6.4 Bloque «Amortiguamiento y reducción»

Aquí se eligen los cuatro factores que reducen el espectro elástico. Todos son listas; Q y R_0 tienen además «Otro valor...».

Q (sección 3.3.1.1): factor de comportamiento sísmico

Opciones: **4, 3, 2, 1.5, 1.25**, «1 (sin reducción por ductilidad)» y «Otro valor...». Depende del sistema estructural y de que se cumplan sus requisitos. Con «Otro valor...» aparece un campo para escribir el número (debe ser ≥ 1). Por defecto: 2.

R₀ (sección 3.3.1.3): sobrerresistencia índice

Opciones: **2, 2.5, 3** y «Otro valor...». Al elegir una, aparece bajo los campos el texto de los sistemas estructurales que corresponden a ese valor, para edificios:

R ₀	Sistemas estructurales (edificios)
2	Marcos de concreto reforzado, de acero estructural o compuestos (Q = 3 ó 2); columnas de acero o de concreto con losas planas; marcos o estructuraciones de concreto prefabricado o presforzado; marcos contraventeados o con muros de concreto reforzado, de placa de acero o compuestos (Q = 2, 3 y 4); muros de mampostería de piezas huecas, confinados o con refuerzo interior; marcos y armaduras de madera.
2.5	Marcos dúctiles de concreto reforzado o compuestos (Q = 4); sistemas de muros de concreto o de acero y concreto (Q = 3); marcos con muros de concreto reforzado o de acero y concreto (Q = 3); muros de mampostería de piezas macizas confinados por castillos, dalas, columnas o traveses de concreto reforzado; estructuras de madera con las características de las RNDEV.
3	Marcos dúctiles de acero estructural (Q = 3 ó 4); sistemas de muros de placas de acero concreto (Q = 3); estructuraciones mixtas dúctiles (Q = 4), como marcos contraventeados o con muros de placa de acero.

Combinaciones de Q y R₀

El programa no valida que la pareja Q y R₀ corresponda a un sistema de la lista. Por ejemplo, R₀ = 3 con Q = 1.5 se calcula sin aviso, aunque ningún sistema del manual la contempla. Elige la pareja de acuerdo con las secciones 3.3.1.1 y 3.3.1.3.

α (tabla 3.2): factor correctivo por irregularidad

α	Tipo de irregularidad
1 (regular, sin corrección)	La estructura satisface las condiciones de regularidad.
0.9	No se cumple una condición de regularidad de las enumeradas del 1 al 9 del inciso 3.3.2.1.
0.8	No se cumplen dos o más condiciones de regularidad, o no se cumple la condición 10 u 11 del inciso 3.3.2.1.
0.7	Estructuras fuertemente irregulares.

Según la sección 3.3.2.4, α **multiplica a Q'** y el producto αQ' **nunca se toma menor que 1**. El programa lo aplica en cada periodo: $\alpha Q' = \max(\alpha \cdot Q', 1)$.

ρ (sección 3.3.1.4): factor por redundancia

ρ	Requisito
0.8	Estructuras con al menos dos marcos o líneas de defensa paralelas en la dirección de análisis, cuando se dispone de marcos de una sola crujía o estructuraciones equivalentes (un solo muro por línea de defensa paralela, etc.).
1.0	Estructuras con al menos dos marcos o líneas de defensa paralelas, y que cada marco o línea disponga de al menos dos crujías o estructuraciones equivalentes.
1.25	Estructuras con al menos tres marcos o líneas de defensa paralelas, y que cada marco o línea disponga de al menos tres crujías o estructuraciones equivalentes.

ρ se toma **por dirección de análisis**. Como ρ mayor que 1 reduce las ordenadas, el manual no permite esa reducción en ciertos casos:

- Con $\alpha = 0.7$ (estructura fuertemente irregular), ρ se limita a **1.0** de forma automática. Si elegiste 1.25, aparecen una nota bajo el selector y un aviso amarillo, y se aplica $\rho = 1.0$.
- Con $\alpha = 0.8$ aparece la casilla «**No se cumple la condición de regularidad 10 u 11 (inciso 3.3.2.1)**». El programa no puede saber cuál de los dos casos de la tabla 3.2 tienes; márcala solo si no se cumple la condición 10 u 11. Si la marcas, ρ se limita a 1.0.
- Con $\alpha = 0.9$ o $\alpha = 1$ la casilla no aparece y ρ se aplica tal cual.
- $\rho = 0.8$ nunca se limita, porque ya es menor que 1.
- La memoria detallada indica el valor elegido y el aplicado.

Comportamiento histerético degradante (sección 3.3.1.6)

La casilla «**Considerar comportamiento histerético degradante (3.3.1.6)**» aplica el factor de amplificación A_{cd} , pensado para estructuras en **terrenos tipo II o III** que sean susceptibles a comportamientos histeréticos con degradación de rigidez o resistencia. Está **apagada por defecto**: que la estructura sea susceptible es un juicio del ingeniero.

$$A_{cd}(T_e) = 0.8 + 1 / (2 + 5 \cdot | 2 \cdot T_e / T_s - 1 | ^5) \quad (\text{ec. 3.1})$$

- **Cuándo se puede marcar:** solo con terreno tipo II o III. Con terreno tipo I y con el grupo B2 la casilla queda desactivada y una nota dice «No aplica».
- T_s : es el periodo dominante del estrato de terreno. El programa usa el T_s capturado en la caracterización y, si no lo capturaste, $4 \cdot H_s/v_s$. Debajo de la casilla se muestra el valor usado y A_{cd} en T_e .
- **Qué curvas cambia:** A_{cd} se calcula en cada periodo y multiplica a las curvas de **colapso** (ecuación 3.2: $S_a \cdot A_{cd}/(\alpha Q' R \cdot \rho)$) y de **servicio** (ecuación 3.3: $S_a \cdot A_{cd}/F_{Ser}$). La curva transparente no cambia.
- **Cómo se comporta:** A_{cd} vale 1.30 cuando $T_e = T_s/2$ (su máximo), 1.264 cuando $T_e = 0.75 \cdot T_s$ o $0.25 \cdot T_s$, 0.943 cuando $T_e = T_s$ o $T_e = 0$, y tiende a 0.80 cuando T_e se aleja mucho de $T_s/2$. Por eso puede **subir** o **bajar** las ordenadas.
- **Dónde se ve:** una lectura « A_{cd} », una columna « A_{cd} » en la tabla, el CSV, el Excel y la memoria, los encabezados « $S_a \cdot A_{cd}/(\alpha Q' R \rho)$ » y « $S_a \cdot A_{cd}/F_{Ser}$ », un paso nuevo en la memoria detallada y un renglón en el encabezado de la memoria.

6.5 Bloque «Estado límite de servicio»

Define el factor de servicio F_{Ser} (secciones 3.1.8 y 3.3.1.8). Todos los espectros descritos hasta aquí corresponden al estado límite de **prevención de colapso**. Para el estado límite de **servicio**, el manual indica dividir el espectro de diseño transparente entre el factor de servicio, o usar espectros de un periodo de retorno especificado por una norma o por la autoridad; para edificios del Grupo B, el factor de servicio es **$F_{Ser} = 5.5$** para todo periodo estructural.

Opción de la lista F_{Ser}	Efecto
5.5 (edificios del Grupo B)	Opción por defecto. Válida para los grupos B1 y B2. En el grupo A2 el manual no da factor y el programa no calcula el espectro de servicio hasta que capture uno con «Otro valor...».

Opción de la lista F_{Ser}	Efecto
Otro valor...	Aparece un campo para escribir F_{Ser} (mayor que 0). Sirve para el grupo A2, o para cuando una norma o la autoridad fije otro factor.

- **Espectro de servicio = S_a / F_{Ser}** . Se aplica al espectro transparente $a(T_e, \beta)$ que ya calcula el programa, con F_{IE} y β (así lo indica la sección 3.3.1.8). No lleva Q' , R , α ni ρ : la respuesta es elástica.
- Según la sección 3.3.1.8, los **desplazamientos laterales** que se calculen con las ordenadas del espectro de servicio son **desplazamientos totales**.
- Con comportamiento histerético degradante, el espectro de servicio es $a' = a(T_e, \beta) \cdot A_{cd}(T_e) / 5.5$ (ecuación 3.3). El programa lo aplica cuando marcas la casilla de la sección 6.4.
- Con el grupo **B2**, el espectro de colapso es el de aceleración constante sin reducción, y el de servicio es ese mismo espectro dividido entre F_{Ser} .
- Si falta F_{Ser} (grupo A2 sin valor) o el valor es inválido, aparece un aviso amarillo y no se dibuja la curva de servicio. Las demás curvas se dibujan normal.
- El programa no realiza las revisiones de servicio (por ejemplo, distorsiones permisibles): solo entrega el espectro.

6.6 Bloque «Estructura y rango» (resumen)

Muestra T_e , T máximo y ΔT tomados de «Espectro manual». El enlace «Editar» regresa a esa pestaña.

6.7 Gráfica de los espectros de diseño

Controles

- **$S_a - T / S_d - T$ y Unidad de S_a** (g, m/s², cm/s²), igual que en «Espectro manual».
- **Espectros:** lista con tres opciones. **Todos** (por defecto) muestra los tres espectros: transparente, de colapso y de servicio. **Solo colapso** muestra el transparente y el de colapso. **Solo servicio** muestra el transparente y el de servicio. La curva transparente se dibuja siempre, como referencia.
- El selector rige la gráfica, las lecturas, la tabla en pantalla, el CSV y el Excel. **No rige la memoria en Word y PDF**, que siempre incluye los tres espectros.

Elementos de la gráfica

Elemento	Descripción
Espectro transparente	Curva elástica fina, con F_{IE} .
Espectro de colapso	Curva de diseño $S_a/(\alpha \cdot Q' \cdot R \cdot \rho)$: línea gruesa y continua, con un relleno suave debajo. Aparece cuando hay alguna reducción y el selector no es «Solo servicio».
Espectro de servicio	Curva S_a/F_{Ser} : línea azul punteada con relleno más tenue. Aparece con «Todos» o «Solo servicio», cuando hay un F_{Ser} válido.
Marcas T_a , T_b , T_c	Líneas verticales punteadas rotuladas.

Elemento	Descripción
Punto en T_e	Un punto en cada curva con su valor escrito («Sa = ...», «Sa colapso = ...», «Sa servicio = ...»), una línea vertical y guías horizontales hasta el eje. Cada rótulo va arriba de su punto; si dos puntos quedan a menos de unos 22 píxeles, el de abajo pasa debajo de su punto.
Rótulos a_0 y c	El valor de a_0 en $T = 0$ y el de c sobre la meseta, en la unidad elegida. Se omiten cuando chocarían con los rótulos de T_e . Solo en la vista Sa – T.
Sin reducción	Si $Q = 1$, $R_0 = 1$, $\alpha = 1$ y $\rho = 1$, la curva elástica es la de colapso: lleva el relleno y su rótulo dice «Sa (colapso)». El espectro de servicio se dibuja aparte.
Grupo B2	Muestra el espectro de aceleración constante y el punto en T_e , sin reducción ni marcas.

En la vista **Sd – T** se dibujan los desplazamientos con el mismo relleno y los puntos en T_e , sin los rótulos de a_0 y c .

Lectura bajo la gráfica

Además de T_e , S_a , S_a (m/s²) y S_d , esta pestaña muestra:

Dato	Significado
Q'	Factor reductor por ductilidad en ese periodo.
R	Factor reductor por sobrerresistencia en ese periodo.
α	Factor correctivo por irregularidad.
$\alpha Q'$	Q' multiplicado por α , sin bajar de 1. Solo aparece si $\alpha \neq 1$.
ρ	Factor por redundancia aplicado (después del posible tope).
$S_a/(\alpha Q' R \rho)$	Ordenada del espectro de colapso, en g.
A_{cd}	Factor por comportamiento degradante en ese periodo. Solo si la casilla está marcada.
F_{Ser}	Factor de servicio. Solo con el espectro de servicio visible.
S_a/F_{Ser}	Ordenada del espectro de servicio, en g.
Tramo	Parte del espectro en que cae el periodo.

6.8 «Memoria de cálculo»

Bajo la gráfica hay un recuadro con la tabla resumen de la memoria y tres botones.

Tabla resumen

Sección	Renglones
Clasificación	a_0 de roca; zona sísmica (tabla 1.3); grupo estructural y F_{IE} ; tipo de terreno.
Factores y parámetros	F_{Sit} ; F_{Res} (con «c / a_0 » en terreno I); a_0 y c en cm/s ² ; a_0 y c con F_{IE} en g; α ; ρ ; T_a , T_b , T_c ; k , r ; β para $T < T_c$; y F_{Ser} (estado límite de servicio, 3.1.8) cuando hay un factor válido.
Espectro de aceleración constante (B2)	F_{Sit} y F_{Res} de la tabla 1.13; $c = F_{Sit} \cdot F_{Res} \cdot a_0$ de roca; S_a de diseño con F_{IE} en g y en cm/s ² .

Memoria de cálculo detallada

El botón «**Memoria de cálculo detallada**» despliega el desarrollo paso a paso, con las ecuaciones y la sustitución numérica. El mismo botón cambia a «Ocultar memoria de cálculo». Los pasos son:

Paso	Contenido
1. Datos de entrada	a_0 de roca, grupo, tipo de terreno con su caracterización, c de PRODISIS (terreno I), ξ con el sistema estructural, Q , R_0 , α , ρ , T_e .
2. Zona sísmica (tabla 1.3)	Intervalos de $a_0 r$ y la zona resultante.
3. Factor de importancia F_{IE}	B_2 y B_1 : 1.0; A_2 : 1.5.
4. Parámetros del espectro	F_{Sit} y F_{Res} (tablas 1.9 y 1.10, con la sustitución numérica), a_0 y c en cm/s^2 y en g , T_a , T_b , T_c , k , r (tabla 1.12).
5. Factor de amortiguamiento β	Ecuación 2.1 con el valor de ξ .
6. Aceleración espectral $S_a(T_e)$	El tramo del espectro donde cae T_e y su sustitución.
7. Pseudodesplazamiento	$S_d = S_a \cdot g \cdot (T/2\pi)^2$.
8. Factor por comportamiento degradante A_{cd} (opcional)	Ecuación 3.1 con T_s y su valor en T_e . Solo aparece si se marcó la casilla; en ese caso los pasos siguientes se numeran 9 y 10.
8. o 9. Espectro de colapso $S_a/(\alpha \cdot Q' \cdot R \cdot \rho)$	Q' (ecs. 2.2 y 2.3), R (ec. 2.4), α , $\alpha Q'$, ρ y el resultado (con A_{cd} en el numerador si se consideró). Indica si ρ fue limitado por irregularidad.
9. o 10. Espectro para el estado límite de servicio	F_{Ser} , la fórmula S_a/F_{Ser} (o $S_a \cdot A_{cd}/F_{Ser}$) y su resultado en T_e . Solo aparece cuando hay un F_{Ser} válido.
Notas	Qué incluye y qué no incluye la memoria, y qué tablas se verificaron contra el manual.

Botones de descarga

- «**Descargar Word (.docx)**» y «**Descargar PDF**»: generan la memoria (capítulo 7). Aparecen cuando el navegador permite descargas.
- El mensaje junto a los botones muestra el avance («Preparando PDF...», «PDF listo.») o el motivo de un fallo.
- Si hay un error en los datos, dice «Corrige los datos para generar la memoria».

6.9 «Tabla y datos para copiar»

Desplegable al final de la pestaña. Contiene:

- **Copiar CSV y Descargar Excel (.xlsx).**
- Un cuadro de texto con los datos en formato CSV.
- La nota: «Columna resaltada: espectro de diseño, la que se ingresa a RFEM o SAP2000. La unidad de S_a sigue al selector «Unidad de S_a » de arriba.»
- La tabla de ordenadas.

Columna	Contenido
T (s)	Periodo, de 0 a T máximo con el paso ΔT .
S_a (unidad)	Espectro transparente (elástico), en la unidad elegida.

Columna	Contenido
Q' o $\alpha Q'$	Factor por ductilidad. La columna se llama « $\alpha Q'$ » cuando $\alpha \neq 1$ y ya incluye el tope de 1.
R	Factor por sobrerresistencia.
Sa/($\alpha Q' R_p$) (unidad)	Columna resaltada en naranja: espectro de diseño de colapso, en la unidad elegida. No aparece con «Solo servicio».
Sa/F_{Ser} (unidad)	Columna resaltada en azul: espectro de servicio, en la unidad elegida. Aparece con «Todos» o «Solo servicio» cuando hay un F _{Ser} válido.
Sd (cm)	Desplazamiento espectral del espectro transparente.

- La unidad de las columnas Sa sigue al selector **«Unidad de Sa»**: g (4 decimales), m/s² (3) o cm/s² (2). Al cambiar la unidad, la tabla, el CSV y el Excel cambian.
- Las columnas de diseño llevan un fondo de color y negritas, y sus encabezados tienen un tooltip que indica que son las que se ingresan a RFEM o SAP2000. Con «Solo servicio», la tabla queda con T, Sa, Sa/F_{Ser} y Sd.
- El selector «Espectros» rige la tabla, el CSV y el Excel. Así puedes descargar únicamente el espectro de servicio, listo para su caso de carga.
- Con T = 0 el factor R vale R₀ + 1 (ecuación 2.4), por lo que la primera fila de la columna de diseño es pequeña.
- El paso ΔT de la tabla es el de «Espectro manual».

7. Exportación: Word, PDF, Excel y CSV

Las descargas se generan en el navegador. En la versión en línea funcionan sin conexión después de la primera visita (sección 3.7). Si abres el archivo HTML suelto, Word, PDF y Excel requieren internet en ese momento para cargar las librerías de exportación (sección 1.4). Si un archivo no se genera, el mensaje junto al botón indica el motivo.

7.1 Memoria en Word (.docx)

- Nombre del archivo: memoria_espectro_<Proyecto>.docx, con el nombre del proyecto sin acentos ni espacios. Sin proyecto usa «sitio».
- Contenido: título «Memoria de cálculo del espectro de diseño sísmico», datos del proyecto (Proyecto, Elaboró, Fecha, Ubicación, zona, grupo y terreno con F_{IE} , factor por irregularidad, por redundancia y de servicio), la **gráfica** con los tres espectros, los **pasos** de la memoria con sus ecuaciones (el paso 9 es el estado límite de servicio), las notas, y la **tabla de ordenadas** completa.
- La memoria **siempre incluye los tres espectros**, sin importar el selector «Espectros» de la pantalla. La gráfica de la memoria está en $S_a - T$ y en g .
- La tabla de ordenadas usa el paso ΔT capturado y las columnas T , S_a , Q' (o $\alpha Q'$), R , $S_a/(\alpha Q' R_p)$, S_a/F_{Ser} y S_d , con S_a en g . En grupo B2 o sin reducción faltan las columnas de reducción; sin F_{Ser} válido falta la de servicio.
- El documento se puede editar en Word.

7.2 Memoria en PDF

- Nombre: memoria_espectro_<Proyecto>.pdf. Tamaño carta, vertical.
- Mismo contenido que el Word. Cada bloque de la memoria queda entero en una hoja; la tabla de ordenadas se parte en bloques de 34 filas, con el título «Ordenadas del espectro (continuación)».
- Cada hoja lleva el pie «Memoria de cálculo · Espectro de diseño sísmico CFE 2015» y «Página X de Y».
- La memoria siempre sale con fondo blanco y sin brillos, sin importar el tema de pantalla.

7.3 Tabla en Excel (.xlsx)

Nombre: espectro_diseno_<Proyecto>.xlsx. Tiene dos hojas:

Hoja	Contenido
Espectro	Encabezados con la unidad elegida y una fila por periodo. Columnas según el selector «Espectros»: T (s); S_a (unidad); Q' o $\alpha Q'$; R ; Sa de diseño (colapso) = $S_a/(\alpha Q' R_p)$ (unidad) , con relleno amarillo; Sa de servicio = S_a/F_{Ser} (unidad) , con relleno azul; S_d (cm). Los números son numéricos, con formato, y el encabezado queda fijo al desplazarte.
Datos	Proyecto, elaboró, fecha, ubicación, zona, grupo y terreno, norma, unidad de S_a , espectros incluidos en la hoja, caracterización del terreno, sistema estructural (tabla 3.1), ξ , Q , R_0 , α , ρ , T_e , T máximo, ΔT , F_{Ser} (si hay uno válido), y los parámetros del espectro: a_0 y c con F_{IE} en g , T_a , T_b , T_c , k , r (o el S_a constante en B2).

7.4 CSV

- **Copiar CSV** copia el texto del cuadro al portapapeles. Se pega en cualquier hoja de cálculo.
- El encabezado indica las unidades y sigue al selector «Espectros»: T_s, Sa_<unidad>, Q_prima (o alfa_Q_prima), R, Sa_reducido_<unidad>, Sa_servicio_<unidad>, Sd_cm.
- En «Espectro manual» el CSV tiene T, Sa, Sa reducido y Sd, con Sa en g.

7.5 Uso en RFEM y SAP2000

1. En «Espectro de diseño», elige la **«Unidad de Sa»** que pide el programa de análisis (RFEM 6 admite el espectro en g o en m/s²) y, con **«Espectros»**, el que quieres exportar: «Solo colapso» o «Solo servicio». Para cada estado límite repites el proceso con su propio caso de carga.
2. Abre «Tabla y datos para copiar» y pulsa **«Descargar Excel (.xlsx)»** (o **«Copiar CSV»**).
3. Toma solo las columnas **T (s)** y la de diseño que necesites: **Sa/(αQ'Rp)** para colapso o **Sa/FSer** para servicio, es decir, la columna resaltada.
4. Importa o pega esas dos columnas en la función de espectro de respuesta del programa de análisis, con las unidades que declaraste.
5. Si defines el espectro en g, verifica en tu versión que el factor de escala del caso de carga incluya la gravedad en las unidades del modelo.

Importante

El archivo Excel se validó como estructura, pero **no se ha probado importándolo en RFEM ni en SAP2000**. Comprueba en tu versión que las columnas y las unidades se leen correctamente.

La primera fila ($T = 0$) usa $R = R_0 + 1$ y por eso su ordenada de diseño es pequeña. Si tu programa exige que el primer periodo sea mayor que cero, elimina esa fila o empieza desde el primer periodo positivo.

8. Fundamento técnico y fórmulas

Este capítulo describe cómo calcula el programa cada resultado, con el número de tabla o ecuación del MDOC-CFE 2015. Las unidades de a_0 y c en las fórmulas son cm/s^2 , salvo indicación.

8.1 Zona sísmica (tabla 1.3)

Zona	Intensidad	a_0^r (cm/s^2)
A	Baja	menor que 50
B	Moderada	$50 \leq a_0^r < 100$
C	Alta	$100 \leq a_0^r < 200$
D	Muy alta	$a_0^r \geq 200$

8.2 Factores de sitio y de respuesta (tablas 1.9 y 1.10)

Para terrenos II y III, F_{Sit} y F_{Res} dependen de la zona y de a_0^r . Para terreno I, $F_{\text{Sit}} = 1$ y F_{Res} sale de la c que da PRODISIS.

$$a_0 = F_{\text{Sit}} \cdot a_0^r \quad (\text{ec. 1.10})$$

$$c = F_{\text{Res}} \cdot a_0 \quad (\text{ec. 1.11})$$

$$\text{Terreno I: } F_{\text{Sit}} = 1, a_0 = a_0^r, c = c \text{ de PRODISIS}, F_{\text{Res}} = c / a_0$$

$$\text{Grupo B2: } c = F_{\text{Sit}} \cdot F_{\text{Res}} \cdot a_0^r, \text{ con } F_{\text{Sit}} \text{ y } F_{\text{Res}} \text{ de la tabla 1.13} \quad (\text{ec. 1.13})$$

Las tablas completas están en el apéndice A.

8.3 Periodos y exponentes (tabla 1.12)

T_a , T_b , T_c , k y r salen de la tabla 1.12 según la zona y el tipo de terreno (apéndice A.5).

8.4 Factor de importancia F_{IE}

B1 y B2: $F_{\text{IE}} = 1.0$. A2: $F_{\text{IE}} = 1.5$. Las ordenadas de diseño se multiplican por F_{IE} :

$$a_0(g) = a_0 \cdot F_{\text{IE}} / 981 \quad c(g) = c \cdot F_{\text{IE}} / 981$$

8.5 Factor de amortiguamiento β (ecuación 2.1)

$$T_e < T_c : \beta = (0.05 / \xi)^{0.45}$$

$$T_e \geq T_c : \beta = (0.05 / \xi)^{(0.45 \cdot T_c / T_e)} \quad \text{con } \xi \text{ en fracción (5 \% = 0.05)}$$

Para $\xi = 5 \%$, $\beta = 1$ con cualquier periodo. En «Espectro manual» el exponente 0.45 es el campo « λ de β ».

8.6 Espectro de diseño transparente (ecuaciones 1.8 y 1.9)

Tramo	S_a (g)
$T < T_a$ (rampa inicial)	$a_0 + (\beta \cdot c - a_0) \cdot T / T_a$

Tramo	Sa (g)
$T_a \leq T < T_b$ (meseta)	$\beta \cdot c$
$T_b \leq T < T_c$ (decaimiento)	$\beta \cdot c \cdot (T_b / T)^r$
$T \geq T_c$ (rama final)	$\beta \cdot c \cdot (T_b / T_c)^r \cdot p \cdot (T_c / T)^2$, con $p = k + (1 - k) \cdot (T_c / T)^2$

En el grupo B2 el espectro es de aceleración constante: $S_a = F_{IE} \cdot c \cdot \beta / 981$, con $c = F_{Sit} \cdot F_{Res} \cdot a_0^r$ de la tabla 1.13.

8.7 Desplazamiento espectral

$$S_d \text{ (cm)} = S_a(g) \cdot 981 \cdot (T / 2\pi)^2$$

8.8 Reducción por ductilidad, sobrerresistencia, irregularidad y redundancia

Q' (ecuaciones 2.2 y 2.3)

$$T \leq T_b : Q' = 1 + (Q - 1) \cdot \sqrt{(\beta / k) \cdot T / T_b}$$

$$T > T_b : Q' = 1 + (Q - 1) \cdot \sqrt{(\beta \cdot p_b / k)} \quad p_b = k + (1 - k) \cdot (T_b / T)^2$$

R (ecuación 2.4)

$$T \leq T_a : R = R_0 + 1.0 - \sqrt{(T / T_a)}$$

$$T > T_a : R = R_0$$

Con $T = 0$, $R = R_0 + 1$.

α y ρ

$$\alpha Q' = \max(\alpha \cdot Q', 1) \quad (\text{sección 3.3.2.4})$$

ρ aplicado = $\min(\rho, 1)$ si $\alpha = 0.7$, o si $\alpha = 0.8$ con la condición 10 u 11 incumplida (sección 3.3.1.4)

ρ aplicado = ρ en los demás casos

Espectro de diseño reducido

$$S_a \text{ reducido} = S_a / (\alpha Q' \cdot R \cdot \rho)$$

El programa calcula estos factores en cada periodo de la gráfica y de las tablas. Para el grupo B2 no aplica reducción.

8.9 Comportamiento histerético degradante (sección 3.3.1.6)

Solo en terrenos tipo II o III y para estructuras susceptibles a comportamientos histeréticos con degradación de rigidez o resistencia. Las ordenadas del espectro se multiplican por $A_{cd}(T_e)$:

$$A_{cd}(T_e) = 0.8 + 1 / (2 + 5 \cdot |2 \cdot T_e / T_s - 1|^5) \quad (\text{ec. 3.1})$$

con T_s el periodo dominante del estrato equivalente del terreno. Con A_{cd} , el espectro de colapso modificado y el de servicio son:

$$\text{Colapso : } a' = a(T_e, \beta) \cdot A_{cd}(T_e) / (Q'(T_e, Q) \cdot R(T_e, R_0) \cdot \rho) \quad (\text{ec. 3.2})$$

$$\text{Servicio: } a' = a(T_e, \beta) \cdot A_{cd}(T_e) / 5.5 \quad (\text{ec. 3.3})$$

En la ecuación 3.2 el factor α de la sección 3.3.2.4 multiplica a Q' , como en el resto del programa. Valores de referencia de A_{cd} : 1.30 en $T_e = T_s/2$; 1.264 en $0.75 \cdot T_s$ y en $0.25 \cdot T_s$; 0.943 en T_s y en $T_e = 0$; tiende a 0.80 lejos de $T_s/2$.

8.10 Estado límite de servicio (inciso 3.1.8)

Los espectros de las secciones anteriores corresponden al estado límite de prevención de colapso. Según la sección 3.3.1.8, el espectro de diseño transparente se divide entre el factor de servicio; para edificios del Grupo B, $F_{Ser} = 5.5$ para todo periodo estructural.

$$S_a \text{ de servicio} = a(T_e, \beta) / F_{Ser} \quad \text{con } F_{Ser} = 5.5 \text{ (edificios del Grupo B)}$$

$a(T_e, \beta)$ es el espectro transparente (con F_{IE} y β). No se aplican Q' , R , α ni p , porque la respuesta es elástica. Los desplazamientos laterales calculados con este espectro son desplazamientos totales. Para el grupo A2 el manual no da el factor; el usuario lo captura.

Con comportamiento histerético degradante, el espectro de servicio es $a' = a(T_e, \beta) \cdot A_{cd}(T_e) / 5.5$ (ecuación 3.3); se aplica cuando se marca la casilla de la sección 6.4.

8.11 Caracterización del terreno (inciso 3.1.5.2)

$$T_s = 4 \cdot H_s / v_s \quad (\text{ec. 1.1})$$

Con $H_c = 30$ m y $v_c = 360$ m/s (tabla 1.6), cada pareja (H_s , v_s) de la tabla 1.8 se clasifica así:

Tipo I : $v_s \geq 720$ m/s ó $H_s \leq 2$ m

Tipo III: $v_s < 360$ m/s y $2 < H_s \leq 30$ m

Tipo II : cualquier otro caso

El tipo final es el más desfavorable de las parejas disponibles.

8.12 Restricciones de valores (tabla 1.11)

Terreno	Valor limitado	Intervalo (cm/s ²)	c (cm/s ²)
I	a_0^r	32 a 490	80 a 1,225
II	a_0	80 a 690	320 a 2,000
III	a_0	94 a 752	390 a 2,256

Si un valor sale del intervalo, el programa muestra un aviso amarillo pero sigue calculando. En el grupo B2 solo se revisa a_0^r entre 32 y 490 cm/s².

8.13 Unidades

- $g = 981$ cm/s² para las conversiones entre g y cm/s².
- Para m/s², la conversión desde g usa 9.81.
- S_d se calcula con $g = 981$ cm/s² y da centímetros.

9. Ejemplos resueltos

9.1 Ejemplo A: terreno tipo I (sitio de Villahermosa, Tabasco)

Datos de entrada:

Dato	Valor
Coordenadas	17.9179, -92.9355
a_0 de roca (PRODISIS)	96.78 cm/s ²
c de PRODISIS	259.22 cm/s ²
Grupo estructural	B1
Caracterización del terreno (ilustrativa)	$v_s = 800$ m/s, $H_s = 1$ m $\rightarrow$ tipo I
Sistema estructural / ξ	Estructuras de concreto reforzado, 5 %
Q, R_0 , α , ρ	2, 2, 1, 1
T_e , T máximo, ΔT	0.5 s, 4 s, 0.05 s

Desarrollo:

- Zona:** $50 \leq 96.78 < 100 \rightarrow$ zona **B** (tabla 1.3).
- Terreno:** $v_s \geq 720$ m/s $\rightarrow$ tipo I. $F_{sit} = 1$, $a_0 = 96.78$ cm/s², $c = 259.22$ cm/s², $F_{Res} = 259.22 / 96.78 = 2.678$.
- F_{IE}:** grupo B1 $\rightarrow 1.0$. En g: $a_0 = 96.78/981 = 0.0987$ g y $c = 259.22/981 = 0.2642$ g.
- Tabla 1.12** (B, tipo I): $T_a = 0.1$, $T_b = 0.6$, $T_c = 2.0$, $k = 1.5$, $r = 1/2$.
- β :** $\xi = 5\%$ $\rightarrow \beta = 1$.
- Sa($T_e = 0.5$):** $T_a \leq 0.5 < T_b \rightarrow$ meseta: $S_a = \beta \cdot c = \mathbf{0.2642\text{ g}}$ = 2.592 m/s². $S_d = 0.2642 \cdot 981 \cdot (0.5/2\pi)^2 = \mathbf{1.64\text{ cm}}$.
- Q':** $T \leq T_b \rightarrow Q' = 1 + (2 - 1) \cdot \sqrt{(1/1.5) \cdot (0.5/0.6)} = \mathbf{1.6804}$.
- R:** $T > T_a \rightarrow R = R_0 = \mathbf{2}$.
- Espectro reducido:** $S_a/(\alpha Q' R_p) = 0.2642 / (1 \cdot 1.6804 \cdot 2 \cdot 1) = \mathbf{0.0786\text{ g}}$.

Ordenadas del espectro (con $T_e = 0.5$ s, estos valores se leen también en la tabla del programa):

T (s)	Sa (g)	Q'	R	Sa/(Q'R _p) (g)	Sd (cm)
0.00	0.0987	1.0000	3.0000	0.0329	0.00
0.05	0.1814	1.0680	2.2929	0.0741	0.01
0.10	0.2642	1.1361	2.0000	0.1163	0.07
0.25	0.2642	1.3402	2.0000	0.0986	0.41
0.50	0.2642	1.6804	2.0000	0.0786	1.64
0.60	0.2642	1.8165	2.0000	0.0727	2.36
1.00	0.2047	1.9381	2.0000	0.0528	5.09

T (s)	Sa (g)	Q'	R	Sa/(Q'Rp) (g)	Sd (cm)
1.50	0.1671	1.9730	2.0000	0.0424	9.34
2.00	0.1447	1.9849	2.0000	0.0365	14.39
3.00	0.0822	1.9933	2.0000	0.0206	18.38
4.00	0.0498	1.9962	2.0000	0.0125	19.78

Espectro de servicio del ejemplo A ($F_{Ser} = 5.5$, grupo B1). Sa/F_{Ser} en g:

T (s)	0.00	0.05	0.10	0.25	0.50	0.60	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
Sa/F_{Ser} (g)	0.0179	0.0330	0.0480	0.0480	0.0480	0.0480	0.0372	0.0304	0.0263	0.0149	0.0090

En $T_e = 0.5$ s: Sa de servicio = $0.2642 / 5.5 = \mathbf{0.0480}$ g, contra 0.0786 g del espectro de colapso.

9.2 Ejemplo B: terreno tipo III, mismo sitio

Si en lugar de terreno I se tiene $v_s = 300$ m/s y $H_s = 12$ m (tipo III), sin c de PRODISIS:

$$F_{Sit} = 3.0 - 0.3 \cdot (96.78 - 50)/50 = 2.7193$$

$$F_{Res} = 4.2 - 0.3 \cdot (96.78 - 50)/50 = 3.9193$$

$$a_0 = 2.7193 \cdot 96.78 = 263.18 \text{ cm/s}^2 \rightarrow 0.2683 \text{ g}$$

$$c = 3.9193 \cdot 263.18 = 1,031.47 \text{ cm/s}^2 \rightarrow 1.0514 \text{ g}$$

- Tabla 1.11, terreno III: $a_0 = 263.18$ está entre 94 y 752, y $c = 1,031.47$ está entre 390 y 2,256. No hay aviso.
- Tabla 1.12 (B, tipo III): $T_a = 0.3$, $T_b = 2.0$, $T_c = 2.0$, $k = 0.5$, $r = 1$.
- Con $T_e = 0.5$ s (meseta): $Sa = 1.0514$ g. $Q' = 1 + \sqrt{(1/0.5) \cdot (0.5/2.0)} = 1.3536$. $R = 2$. Sa reducido = $1.0514 / (1.3536 \cdot 2) = \mathbf{0.3884}$ g.

9.3 Efecto de cada factor (sobre el ejemplo A, $T_e = 0.5$ s)

Cambio respecto al ejemplo A	$Sa/(\alpha Q'Rp)$ en g
Ejemplo A sin cambios	0.0786
$\alpha = 0.9$	0.0874
$\alpha = 0.8$	0.0983
$\alpha = 0.7$	0.1123
$\rho = 0.8$	0.0983
$\rho = 1.25$	0.0629
$\alpha = 0.7$ y $\rho = 1.25$ (ρ se limita a 1.0)	0.1123
$Q = 3$ y $R_0 = 2.5$	0.0448
$Q = 4$ y $R_0 = 3$	0.0290
$Q = 1.5$	0.0986

ξ (sistema estructural)	β	S_a (g)	Q'	$S_a/(\alpha Q' R_p)$ (g)
2 % (acero ligero soldado)	1.5103	0.3991	1.8362	0.1087
4 % (concreto presforzado)	1.1056	0.2922	1.7154	0.0852
5 % (concreto reforzado)	1.0000	0.2642	1.6804	0.0786
7 % (mampostería confinada, bloques macizos)	0.8595	0.2271	1.6308	0.0696

10. Mensajes y avisos del programa

10.1 Errores (recuadro rojo)

Mensaje	Causa	Qué hacer
Revisa el campo «...»: introduce un número.	El campo tiene texto que no es un número.	Escribe un número (punto o coma decimal). El campo aparece con borde rojo.
Captura, en Espectro manual (Caracterización del terreno de cimentación), al menos dos de los tres datos: v_s , H_s y T_s .	No hay datos para clasificar el terreno.	Captura dos de los tres datos en «Espectro manual → Clasificación y terreno».
Terreno tipo I: captura, en Espectro manual (Clasificación y terreno), la aceleración máxima espectral c que entrega PRODISIS (cm/s^2).	El terreno resultó tipo I y no hay c .	Captura la « c de PRODISIS (cm/s^2)».
a_0 debe ser ≥ 0 y c debe ser > 0 . / a_0 de roca debe ser mayor que 0.	Valores no positivos.	Corrige el valor.
T_a debe ser ≥ 0 . / Se requiere $T_a \leq T_b \leq T_c$. / T_b y T_c deben ser > 0 .	Periodos inconsistentes en modo manual.	Ajusta los periodos de «Parámetros del espectro».
ξ debe ser > 0 . / ξ debe ser mayor que 0.	Amortiguamiento no positivo.	Corrige ξ .
Q' y R deben ser > 0 .	Q' o R no positivos en «Espectro manual».	Escribe valores positivos.
Q y R_0 deben ser mayores o iguales que 1.	Q o R_0 menores que 1 en «Espectro de diseño».	Corrige Q y R_0 .
El T máximo debe estar entre 0 y 20 s.	T máximo fuera de rango.	Escribe un valor entre 0 y 20.
El paso ΔT ... es inválido o genera más de 4000 filas.	ΔT no positivo o demasiado pequeño para el T máximo.	Aumenta ΔT (T máximo / $\Delta T \leq 4,000$).
T_e debe ser ≥ 0 .	T_e negativo.	Corrige T_e .
Elige un factor correctivo por irregularidad α . / Elige un factor por redundancia ρ .	Valor no válido en la lista.	Elige una opción de la lista.

10.2 Avisos (recuadro amarillo)

Mensaje	Significado
c es menor que a_0 ; revisa los parámetros / el valor de PRODISIS.	La ordenada de la meseta quedó menor que la de $T = 0$. Revisa los datos.
T_e queda fuera del rango graficado.	T_e es mayor que el T máximo. Aumenta el T máximo.
a_0^r / a_0 / $c = \dots$ queda fuera del intervalo ... de la tabla 1.11 (terreno ...).	Un valor está fuera de los límites de la tabla 1.11. El cálculo continúa.
La zona del mapa (X) no coincide con la que da la tabla 1.3 ...	La zona elegida en «Sitio» difiere de la que corresponde a la a_0 de roca capturada. El cálculo usa la de la tabla 1.3.

Mensaje	Significado
Por la irregularidad ($\alpha = \dots$), no se puede reducir por redundancia: ρ se limitó a 1.0 ...	Se aplicó el tope de ρ de la sección 3.3.1.4.
Estado límite de servicio: el manual da $F_{Ser} = 5.5$ solo para edificios del Grupo B. Para el grupo A2 captura F_{Ser} con «Otro valor...».	Con el grupo A2 y la opción 5.5 no hay factor de servicio. Elige «Otro valor...» y captura uno.
Estado límite de servicio: captura un F_{Ser} mayor que 0.	Elegiste «Otro valor...» y el campo está vacío o no es válido.
Grupo B2: el programa muestra el espectro de aceleración constante sin reducción por Q' , R , α ni ρ ...	Aviso informativo: en B2 no se reduce el espectro de colapso. El de servicio sí se calcula.

10.3 Otros mensajes

Mensaje	Dónde	Significado
No se pueden calcular todavía: revisa a_0 de roca, grupo y la caracterización del terreno (v_s , H_s o T_s).	Espectro manual, modo automático	Faltan datos; los parámetros quedan editables.
B2 usa un espectro de aceleración constante y no tiene parámetros de forma...	Espectro manual	Para B2 usa «Espectro de diseño» o el modo manual.
Zona elegida a mano: X (el mapa indica Y)	Sitio	Cambiaste la zona manualmente.
El punto queda fuera de la regionalización. Elige la zona a mano.	Sitio	Las coordenadas están fuera de la capa de zonas.
Sitio guardado / cargado / eliminado...	Mis sitios	Confirmaciones.
Escribe un nombre para el sitio. / Las coordenadas no son válidas. / Llegaste al máximo de 1000 sitios.	Mis sitios	Corrige el dato o elimina sitios.
Corrige los datos para generar la memoria.	Espectro de diseño	Hay un error rojo pendiente.
Preparando PDF... / Preparando Word... / Preparando Excel... / Esperando confirmación de descarga...	Espectro de diseño	El archivo se está generando.
PDF listo. / Word listo. / Excel listo.	Espectro de diseño	La descarga se completó.
Descarga cancelada. / Espera un momento y vuelve a intentarlo.	Espectro de diseño	La descarga se canceló o hubo demasiadas solicitudes.
No se pudo cargar una librería necesaria (...). Revisa tu conexión.	Espectro de diseño	No hay internet o está bloqueado el servidor de librerías.

11. Limitaciones del programa

- **Grupos A1 y A+** no se calculan (requieren espectros de sitio, inciso 3.1.6.1).
- **Comportamiento histerético degradante:** solo se considera con la casilla marcada y en terrenos II y III. No decide si la estructura es susceptible a esa degradación.
- **Desplazamientos laterales** con $Q \cdot R \cdot p$ (3.3.2.4): no calculados.
- **Revisiones de servicio** (distorsiones permisibles) y el espectro para un **periodo de retorno específico:** no se calculan. Solo se aplica el factor F_{Ser} (5.5 o el que captures).
- **Interacción suelo–estructura:** el periodo T_e se captura sin modificar.
- **Amortiguamiento de aislamiento o disipación:** se captura el total a mano; no se suma solo.
- **a_0 de roca y c de terreno I:** vienen de PRODISIS; el programa no los calcula.
- **Velocidad equivalente v_s por estratos** (ecuaciones 1.2 a 1.7): no incluida. Se captura v_s ya calculada.
- **Carta de microzonificación** (figura 1.3): no se dibuja; el tipo de terreno se calcula numéricamente.
- **Combinación Q y R_0 :** no se valida contra los sistemas de las secciones 3.3.1.1 y 3.3.1.3.
- **Una sola dirección de análisis** por vez: para X e Y con factores distintos, calcula cada dirección por separado y guarda los archivos con nombres distintos.
- **Sitios guardados** solo en el navegador de cada equipo.
- Descargas que dependen de internet: solo si se abre el archivo HTML suelto; en la versión en línea las librerías son propias del sitio.
- El **espectro vertical** no está incluido.

12. Preguntas frecuentes y solución de problemas

Pregunta o problema	Respuesta
No aparece el espectro en «Espectro de diseño».	Falta la caracterización del terreno. Captura al menos dos de v_s , H_s y T_s en «Espectro manual». Si el terreno resulta tipo I, captura también la c de PRODISIS.
Abrí un sitio guardado y tengo que capturar v_s y H_s .	Los sitios anteriores solo guardaban el tipo de terreno. Captura v_s , H_s o T_s y vuelve a guardar el sitio para que los recuerde.
Solo conozco el tipo de terreno. ¿Cómo lo capturo?	El programa no lo pide directamente. Escribe un par v_s y H_s que caiga en ese tipo (sección 5.5).
La zona sísmica no coincide con la de PRODISIS.	Compara las coordenadas. La zona se detecta con la capa oficial de la CFE 2015 y con a_0 de roca según la tabla 1.3. Si difieren, el aviso amarillo lo indica. Confirma con PRODISIS.
El municipio elegido no coincide con mis coordenadas.	El pin cae en un punto interior del municipio, no en la cabecera. Ajusta latitud y longitud al sitio real.
No puedo elegir el tipo de terreno.	Correcto: se calcula con v_s , H_s y T_s , como en PRODISIS.
¿Por qué a_0 y c ahora están en cm/s^2 ?	Para que coincidan con las unidades de PRODISIS. Los valores en g se muestran en la memoria y en las gráficas.
No se descargan Word, PDF o Excel.	Revisa la conexión a internet, que el navegador permita descargas, y que ningún bloqueador impida cargar las librerías. Vuelve a intentar.
La tabla de la memoria tiene demasiadas filas.	Aumenta ΔT en «Espectro manual → Estructura y rango» (por ejemplo 0.25 s).
Perdí mis sitios o mis datos.	Se guardan solo en el navegador de ese equipo. Se pierden al borrar los datos del sitio o en modo privado.
La memoria sale con fondo blanco aunque uso el tema neón.	Es intencional: los documentos exportados siempre van con fondo blanco.
No puedo marcar la casilla de comportamiento degradante.	Solo está disponible con terreno tipo II o III y con datos de terreno capturados. Con terreno tipo I o con el grupo B2 aparece desactivada.
No aparece el espectro de servicio.	Con el grupo A2 el manual no da F_{Ser} : elige «Otro valor...» en «Estado límite de servicio» y captura uno. También revisa que el selector «Espectros» no esté en «Solo colapso».
Quiero exportar solo el espectro de servicio.	Elige «Solo servicio» en «Espectros» y descarga el Excel o copia el CSV. La memoria en Word y PDF siempre incluye todos.
¿Puedo calcular X e Y con factores distintos?	Sí, una dirección por vez. Ajusta Q , R_0 , α y ρ , descarga los archivos y cambia el nombre del proyecto para distinguirlos.
El botón «Descargar Excel» o los de Word y PDF no aparecen.	Se muestran cuando el navegador permite descargas. Actualiza la página o usa otro navegador.

13. Estado de verificación contra el manual

Este cuadro resume qué elementos se contrastaron con capturas del manual y cuáles no. Sirve para que el usuario sepa qué revisar.

Elemento	Estado
Tablas 1.9, 1.10, 1.11, 1.12 y 1.13	Contrastadas con capturas del manual.
Ecuaciones 1.12 y 1.13 (espectro de aceleración constante, grupo B2) y su inciso 3.1.6.3	Contrastadas con captura.
Ecuación 2.1 (β)	Contrastada con captura.
Ecuaciones 2.2, 2.3 (Q') y 2.4 (R)	Contrastadas con capturas.
Tabla 3.1 (amortiguamiento) y sección 3.3.1.5	Contrastadas con capturas.
Tabla 3.2 y sección 3.3.2.4 (α multiplica a Q' ; $\alpha Q' \geq 1$)	Contrastadas con capturas.
Secciones 3.1.8 y 3.3.1.8 (estado límite de servicio: espectro transparente entre $F_{Ser} = 5.5$; desplazamientos totales)	Contrastadas con capturas. Confirman que β entra en el espectro de servicio.
Secciones 3.3.1.6 y 3.3.1.7 (A_{cd} , ecuaciones 3.1 y 3.2) y ecuación 3.3	Contrastadas con capturas, incluido el exponente 5 de la ecuación 3.1.
Sección 3.3.1.4 (valores de p y tope por irregularidad)	Contrastada con captura.
Valores de R_0 de la sección 3.3.1.3	Contrastados con captura.
Tabla 1.5, inciso 3.1.5.2, tablas 1.6 y 1.8, ecuación 1.1	Contrastados con capturas.
Comparación numérica con PRODISIS (caso Nacajuca)	Concuerda en Q' y R con los mismos datos de entrada.
Tabla 1.3	Coincide con una transcripción del texto; sin captura.
Ecuaciones 1.8, 1.9, 1.10 y 1.11 (forma del espectro y relaciones de a_0 y c)	Sin captura.
Aplicación de Q' , R , α y p al grupo B2, y valor de T_c para β en B2	No confirmadas: el inciso 3.1.6.3 no las menciona. El programa no reduce B2 y usa $T_c = 2.0$ para β .
Factor F_{IE} (1.0 y 1.5) y definición de los grupos B2, B1 y A2	Sin captura.
Descripción de cada valor de Q (sección 3.3.1.1)	Sin captura completa; el selector muestra solo los números.
Fórmula de S_d	Derivada de S_a ; no proviene de una captura.

Recomendación

Antes de usar el resultado en un proyecto, contrasta los elementos marcados «sin captura» con tu copia del manual y valida un caso con PRODISIS.

Apéndice A. Tablas implementadas

A.1 Tabla 1.9: factor de sitio F_{Sit}

Zona	Terreno I	Terreno II	Terreno III
A	1.0	2.6	3.0
B	1.0	$2.6 - 0.2 \cdot (a_0^r - 50)/50$	$3.0 - 0.3 \cdot (a_0^r - 50)/50$
C	1.0	$2.4 - 0.3 \cdot (a_0^r - 100)/100$	$2.7 - 0.4 \cdot (a_0^r - 100)/100$
D	1.0	$2.1 - 0.5 \cdot (a_0^r - 200)/290$	$2.3 - 0.6 \cdot (a_0^r - 200)/290$

A.2 Tabla 1.10: factor de respuesta F_{Res}

Zona	Terreno I	Terreno II	Terreno III
A	PRODISIS*	3.8	4.2
B	PRODISIS*	$3.8 - 0.2 \cdot (a_0^r - 50)/50$	$4.2 - 0.3 \cdot (a_0^r - 50)/50$
C	PRODISIS*	$3.6 - 0.2 \cdot (a_0^r - 100)/100$	$3.9 - 0.3 \cdot (a_0^r - 100)/100$
D	PRODISIS*	$3.4 - 0.5 \cdot (a_0^r - 200)/290$	$3.6 - 0.6 \cdot (a_0^r - 200)/290$

* El valor de F_{Res} depende de las coordenadas del sitio y se obtiene con PRODISIS (la c del terreno I).

A.3 Tabla 1.11: restricciones de valores

Ver la tabla del capítulo 8.12.

A.4 Tabla 1.13: espectro de aceleración constante (grupo B2)

Zona	F_{Sit}	F_{Res}
A	3.0	4.2
B	3.0	4.2
C	2.7	3.9
D	2.3	3.6

A.5 Tabla 1.12: periodos y exponentes

Zona	Terreno	T_a (s)	T_b (s)	T_c (s)	k	r
A	I	0.1	0.6	2.0	1.5	1/2
A	II	0.2	1.4	2.0	1.0	2/3
A	III	0.3	2.0	2.0	0.5	1
B	I	0.1	0.6	2.0	1.5	1/2
B	II	0.2	1.4	2.0	1.0	2/3

Zona	Terreno	T_a (s)	T_b (s)	T_c (s)	k	r
B	III	0.3	2.0	2.0	0.5	1
C	I	0.1	0.6	2.0	1.5	1/2
C	II	0.2	1.4	2.0	1.0	2/3
C	III	0.2	2.0	2.0	0.5	1
D	I	0.1	0.6	2.0	1.5	1/2
D	II	0.1	1.4	2.0	1.0	2/3
D	III	0.1	2.0	2.0	0.5	1

A.6 Tabla 1.5: exploración según el grupo estructural

Grupo	Exploración del terreno	Caracterización (inciso)
A+	Detallada: propiedades dinámicas del perfil estratigráfico y consideraciones topográficas	Medio estratificado y topografía (3.1.5.1)
A1	Detallada: propiedades dinámicas del perfil estratigráfico	Medio estratificado (3.1.5.1)
A2 y B1	Básica: periodo, velocidad de ondas de corte y espesor del depósito idealizado como manto homogéneo	Tipos de terreno I, II y III (3.1.5.2)
B2	No requerida	Suelo general (3.1.5.3)

El programa cubre los grupos A2, B1 y B2.

Apéndice B. Glosario de símbolos

Símbolo	Significado
a_0^r	Aceleración máxima del terreno en roca (cm/s^2), de PRODISIS.
a_0	Aceleración máxima del terreno en el sitio (ordenada del espectro en $T = 0$).
c	Ordenada máxima del espectro (meseta).
$F_{\text{Sit}}, F_{\text{Res}}$	Factores de sitio y de respuesta.
F_{IE}	Factor de importancia estructural.
T_a, T_b, T_c	Periodos que limitan la rampa inicial, la meseta y la rama final.
k, r	Parámetros que controlan la caída del espectro.
β	Factor de amortiguamiento.
$\xi (\zeta_e)$	Amortiguamiento estructural, en porcentaje del crítico.
T_e	Periodo estructural.
S_a, S_d	Aceleración y desplazamiento espectrales.
Q	Factor de comportamiento sísmico.
Q'	Factor reductor por ductilidad.
R_0	Sobrerresistencia índice.
R	Factor reductor por sobrerresistencia.
α	Factor correctivo por irregularidad.
ρ	Factor por redundancia.
v_s, H_s, T_s	Velocidad de ondas de corte, espesor y periodo dominante del estrato de terreno equivalente.
H_c, v_c	Valores característicos de la carta de microzonificación (30 m y 360 m/s).
ΔT	Paso de las tablas de ordenadas.

Apéndice C. Teclado y ayudas

Acción	Resultado
Flechas izquierda y derecha (con foco en las pestañas)	Cambian de pestaña.
Tab / Mayús+Tab	Recorren los campos y botones; al enfocar un campo aparece su ayuda.
Esc	Cierra la ayuda emergente.
Espacio o Enter sobre el título de un aviso	Pliega o despliega el aviso.

Apéndice D. Datos guardados en el navegador

El programa usa el almacenamiento local del navegador. Estos son los datos que guarda, por si necesitas borrarlos o entender qué se conserva:

Datos	Contenido
Campos capturados	Todos los campos de las tres pestañas (coordenadas, a_0 de roca, grupo, caracterización del terreno, ξ , Q, R0, α , ρ , Te, la casilla «Referencia $\xi = 5\%$ », el selector «Curvas», etc.).
Sitios guardados	Los sitios de «Mis sitios» (hasta 1,000).
Tema	El tema elegido, salvo «Automático».
Avisos plegables	Si plegaste cada aviso.
Pestaña activa	Solo durante la sesión.

Para borrar todo, elimina los datos del sitio en la configuración del navegador. «Restablecer valores» no borra los sitios.