

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA

4.1.1. Objetivo del programa

Ser una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de la dinámica estructural, mostrando gráficamente la respuesta numérica del problema en cuestión y colocando un proceso de animación de la misma.

No tiene como finalidad suplir al profesor y a la bibliografía del tema; el programa surge como una ayuda tanto para el profesor como para los alumnos y es imprescindible que se tome como tal.

4.1.2. Usuarios

Es un programa para estudiantes y maestros de la carrera de ingeniería civil en el área de estructuras. Está dirigido principalmente a los profesores que imparten las materias de Dinámica Estructural e Ingeniería Sísmica y a los alumnos que las cursan. A los maestros les puede ayudar a explicar conceptos y mostrar ejemplos de manera rápida y clara. Para los estudiantes es una herramienta que les auxilia a asimilar de manera más rápida los conceptos del tema y facilita la reproducción de ejemplos mostrados en la bibliografía del tema.

No obstante, puede beneficiarse del programa cualquier persona con conocimientos de estructuras que necesite una herramienta para aprender dinámica estructural.

4.1.3. Tipo de software

Puede definirse como un software de enseñanza y práctica. Se concibe como un software de enseñanza ya que a través de su uso en clase el estudiante enriquece sus conceptos de dinámica. También, es un software de práctica ya que el usuario puede usar el programa fuera de clase y analizar problemas de la bibliografía que le permitan adquirir una mejor comprensión y avanzar a su propio ritmo.

El alcance de este software es meramente educativo y debe tomarse como tal; es posible que en algunas ocasiones se use para obtener las respuestas numéricas de algún problema específico pero se considera que existen otros programas con un mejor desempeño y con mucho más alcance que el aquí presentado para esos casos.

4.1.4. Lenguaje de programación

Para elaborar el programa se utilizó el entorno de desarrollo de Microsoft Visual Studio .Net (Microsoft Corporation, 2008b), que es un excelente entorno de programación personalizable que contiene herramientas para construir, con rapidez y eficiencia, sólidos programas para Microsoft Windows. Visual Studio maneja varios lenguajes de programación entre ellos: Visual Basic, Visual C++, Visual C#.

A partir de la introducción en el mercado de la versión 2005 de Visual Studio, Microsoft publicó lo que se conoce como ediciones Express de distintos programas. Las versiones Express son versiones gratuitas pero limitadas.

El lenguaje de programación utilizado para crear el programa Dinámica V3.1 fue Visual Basic 2008 Express Edition que es una versión limitada de Visual Studio. Esta versión permite sólo programar en VB.NET, y además limita los tipos de proyectos que se pueden desarrollar.

Visual Basic .NET (VB.NET) es un lenguaje de programación orientado a objetos que se puede considerar una evolución de Visual Basic implementada sobre el Framework .NET. Como pasa con todos los lenguajes de programación basados en .NET, los programas escritos en VB.NET requieren el Framework .NET para ejecutarse.

.NET Framework es toda una nueva arquitectura tecnológica, desarrollada por Microsoft para la creación y distribución del software como un servicio. Es la que proporciona la infraestructura para crear aplicaciones y el entorno de ejecución para las mismas. El Net Framework es el conjunto de bibliotecas de clases que hacen posible ejecutar las aplicaciones.

4.1.5. Requisitos del sistema

Para que el programa Dinámica V3.1 pueda ser ejecutado el equipo debe tener los siguientes requisitos como mínimo:

Hardware

Procesador Pentium 4, 2.80 Ghz o superior
Memoria en RAM: 512 Mb
Espacio libre en disco duro: 3 Mb
Resolución mínima en pantalla de 1024 x 768 pixeles

Software

Windows Xp Service Pack 2 o superior
Net Framework 3.5

4.2. INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

La GUI del programa se conforma de varias ventanas y controles dentro de éstas. Tiene ventanas principales y secundarias; en las primeras se muestran las animaciones de las gráficas de respuesta y los osciladores. Las ventanas secundarias o auxiliares sirven para poder generar opciones alternas al proceso expuesto en las ventanas principales.

Se ha diseñado para que los usuarios interactúen con la aplicación y les resulte fácil encontrar y utilizar las funciones del programa. El aspecto general de la aplicación se agilizó de manera que presenta a los usuarios opciones muy sencillas para obtener las respuestas dinámicas y las animaciones de forma que sólo tienen que elegir un tipo de carga y hacer clic para comenzar la animación sin necesidad de complicados cuadros de diálogo.

El programa permite obtener los resultados de una forma rápida y sencilla. Además, el software aprovecha las excelentes características de la biblioteca .NET, que hace que la aplicación pueda obtener resultados más rápidamente.

La función principal del programa es mostrar las animaciones de los osciladores de uno y varios grados de libertad al ser sometidos a una excitación. Para ello, primero se deben definir las propiedades de los

osciladores, después calcular la respuesta dinámica al introducir una carga y posteriormente dibujar las gráficas correspondientes a la carga y respuestas del oscilador.

El programa calcula la respuesta y dibuja las gráficas correspondientes de manera automática cada vez que el usuario cambia el tipo de carga y/o modifica las propiedades del oscilador.

Una vez dibujada la respuesta del oscilador, el usuario puede ver la animación con tan sólo dar clic en el botón Play. Además, la animación se puede controlar mediante los botones Pausa o Stop.

Los controles de las ventanas principales se encuentran siempre visibles en la parte derecha de las ventanas. A través de éstos se manejan principalmente las animaciones y las propiedades de los osciladores.

En general el conjunto controles que se usaron tienen un comportamiento sencillo dentro del programa pues cada vez que el usuario use un control puede ver rápidamente cuál es la función de éste en la interfaz gráfica. Además, el usuario puede consultar el archivo de ayuda que incluye el programa para conocer el uso de algún control en específico.

En total el programa tiene 17 ventanas distribuidas de la siguiente manera:

- 3 Ventanas principales
- 8 ventanas de uso común
- 6 Ventanas dependientes de cada tema

Las ventanas principales están distribuidas de la siguiente manera:

1. Ventana general: Es la ventana más importante del programa, contiene a todas las demás ventanas de la aplicación.
2. Ventana para osciladores de 1GL: muestra las animaciones para los osciladores de 1 GL.
3. Ventana para oscilador de VGL: muestra las animaciones del oscilador de VGL.

Las ventanas secundarias se pueden dividir en dos grupos: ventanas de uso común y ventanas particulares para cada tema. En la siguiente tabla se muestra la relación de las ventanas que hay en el programa.

Tabla 4.1 Clasificación de las ventanas por tema

Tema	Ventana común	Ventana particulares
Osciladores de 1GL	Presentación Senoide Abrir Archivo Base de Datos	Datos de respuesta Definir K Datos de repuesta de Espectros
Oscilador de VGL	Ayuda Acerca de Apariencia Parámetros de Espectros	Datos de Respuesta Tabla de propiedades Tipo de amortiguamiento

4.2.1. Ventana de presentación

La ventana de presentación (figura 4.1) aparece siempre que se inicia el programa; su aparición es por pocos segundos y su objetivo es mostrar el nombre del programa, información de su versión y derechos de autor.

Su fondo es de color rojo y en ella aparecen también la imagen de un oscilador de 1GL (logotipo del programa y un registro de un acelerograma). Su tamaño es pequeño: 180 x 320 píxeles.



Figura 4.1 Ventana de presentación

4.2.2. Ventana general

La ventana general (figura 4.2) es la más importante del programa pues es la contenedora de las demás ventanas de la aplicación. Sus pocos controles son los botones para manipular el estado de la ventana y una barra con un sólo menú desplegable, a través de éste se controlan las otras ventanas principales.

Esta ventana aparece después de la ventana de presentación del programa, cuando el usuario inicia la aplicación. Su apariencia es rectangular con fondo gris.

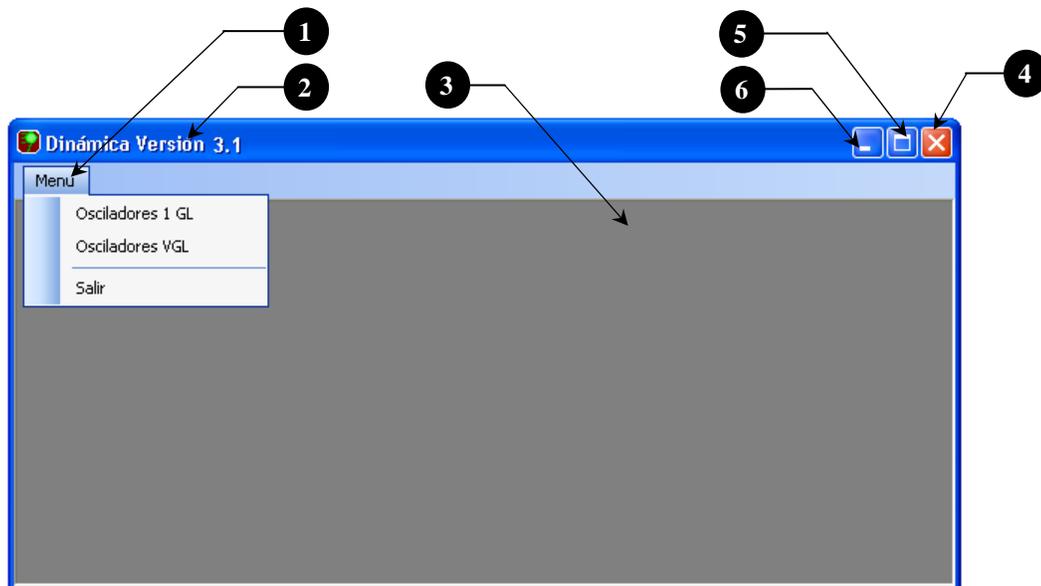


Figura 4.2 Ventana general

#	Control	Descripción
1	Barra de Menús	Controla el estado de las ventanas principales
	<i>Osciladores 1GL</i>	Abre la ventana de trabajo para los osciladores de 1GL
	<i>Osciladores VGL</i>	Abre la ventana de trabajo para el oscilador de VGL
	<i>Salir</i>	Cierra la aplicación del programa y todas sus ventanas abiertas
2	Título	Barra de título que muestra el nombre del programa
3	Área de trabajo	Espacio de color gris donde se abrirán las demás ventanas
4	Botón Cerrar	Cierra el programa y todas sus ventanas abiertas
5	Botón Maximizar	Maximiza la ventana al tamaño de la pantalla
6	Botón Minimizar	Minimiza la ventana

4.2.2.1. Barra de Menús

Cuando cualquiera de las otras ventanas principales está abierta, la barra de menús cambia agregándose tres opciones más (figura 4.3 b, c y d) al menú. La barra se encuentra siempre fija en la parte superior de la ventana general debajo del título de la misma.

Cuando en la aplicación se cierran las ventanas principales, la barra de menús regresa a su estado original, es decir con sólo una opción (figura 4.2, #1).

Al hacer clic sobre los nombres de la barra de menús, se despliegan opciones referentes al título de cada uno (figura 4.3a, b, c y d).

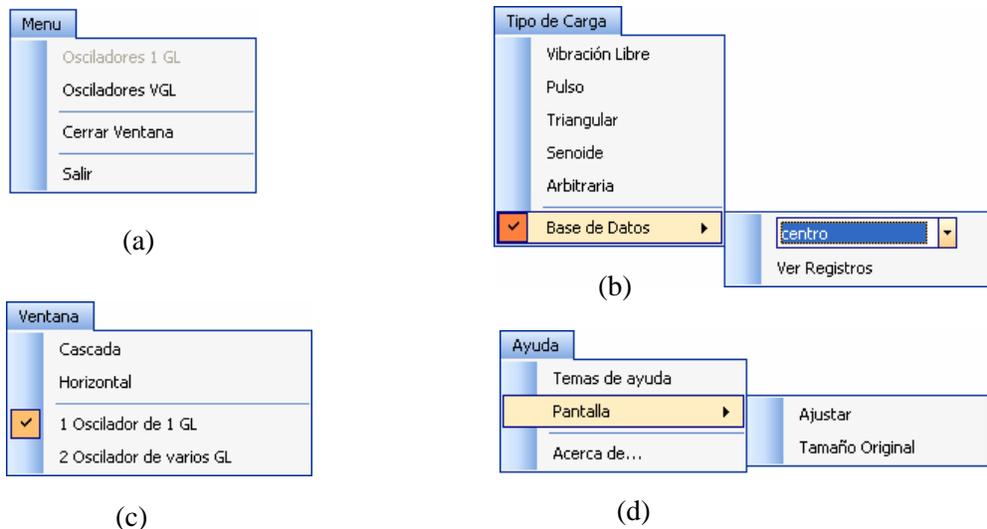
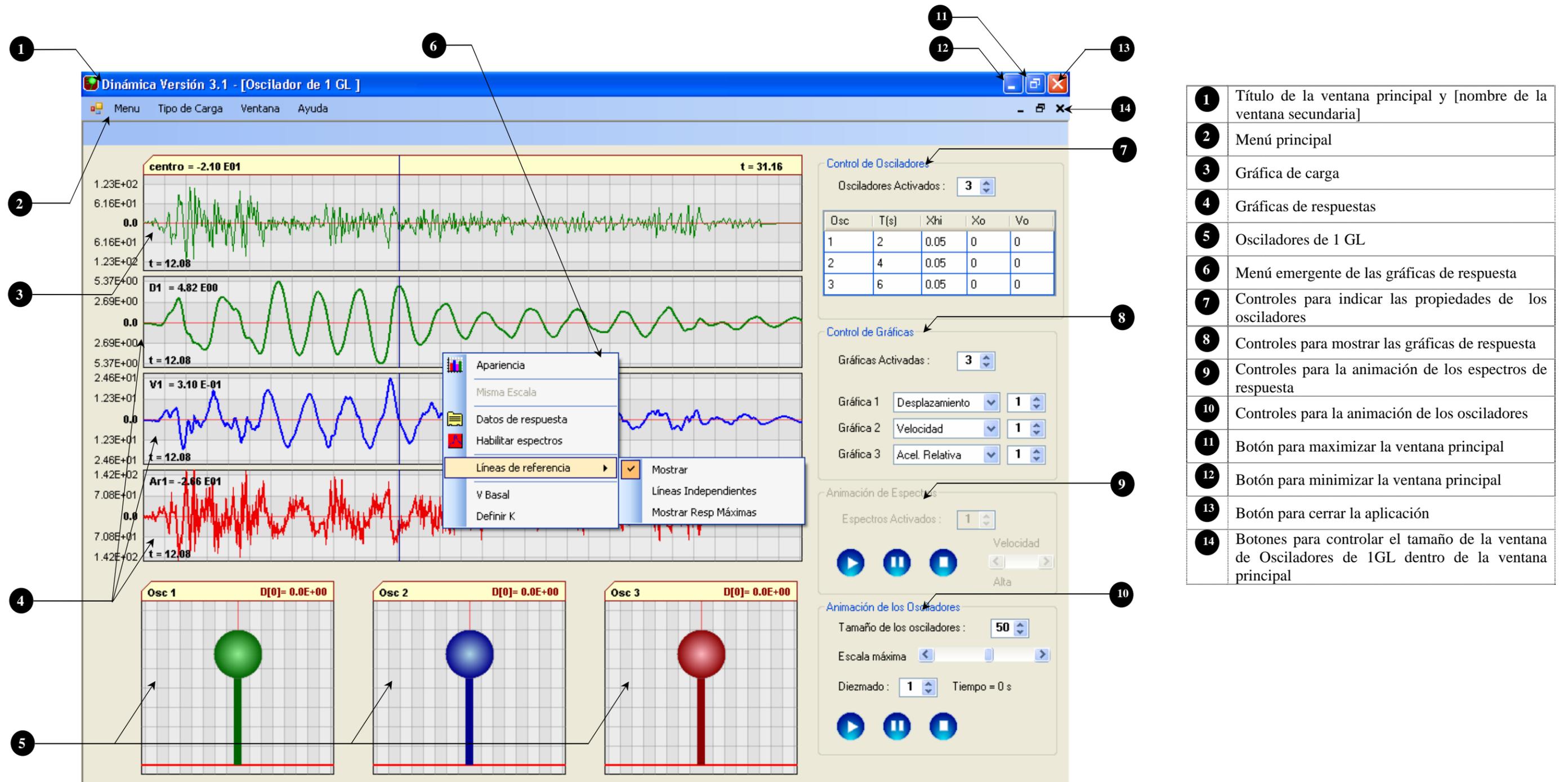


Figura 4.3 Menús desplegables en la barra de menús

#	Menú desplegable	Descripción
(a)	Menú	Controla el estado de las ventanas principales
	<i>Osciladores 1GL</i>	Abre la ventana de trabajo para los osciladores de 1GL (ver sección 4.2.3)
	<i>Osciladores VGL</i>	Abre la ventana de trabajo para el oscilador de VGL (ver sección 4.2.4)
	<i>Cerrar Ventana</i>	Cierra la ventana que esté activa en ese momento
	<i>Salir</i>	Cierra el programa y todas sus ventanas abiertas
(b)	Tipo de Carga	Aplica un tipo de carga a los osciladores
	<i>Vibración Libre</i>	Aplica una carga con amplitud constante de valor cero y modifica las condiciones iniciales de los osciladores para que sean diferentes de cero.
	<i>Pulso</i>	Carga un impulso con duración de 20 s, con amplitud constante igual a cero excepto en un sólo punto, cuando el tiempo vale 1 s la amplitud vale 1 unidad.
	<i>Triangular</i>	Aplica una carga que incrementa linealmente de 0 a 5 unidades de amplitud en un tiempo de 0 a 5 s y disminuye su amplitud a 0 unidades cuando la duración llega a los 10 s
	<i>Senoide</i>	Abre la ventana de carga senoidal (ver sección 4.2.5.1)
	<i>Arbitraria</i>	Abre la ventana de lectura de archivo de datos (ver sección 4.2.5.2)
	<i>Base de datos</i>	Opción para manipular las señales de la base de datos del programa
	<i>Seleccionar registros</i>	El usuario puede seleccionar una de las señales que se encuentran en la base de datos, al hacerlo el programa carga la señal automáticamente
	<i>Ver registros</i>	Abre la ventana de base de datos (ver sección 4.2.5.3)
(c)	Ventana	Manipula la forma de ver las ventanas principales dentro de la ventana general
	<i>Cascada</i>	Coloca a las ventanas en cascada
	<i>Horizontal</i>	Coloca a las ventanas en forma horizontal
	<i>1 Oscilador de 1GL</i>	Activa la ventana de osciladores de 1GL
	<i>2 Oscilador de VGL</i>	Activa la ventana de osciladores de VGL
(d)	Ayuda	Contiene opciones que proporcionan ayuda a el usuario (ver sección 4.2.5.4)
	<i>Temas de ayuda</i>	Abre la ventana de ayuda HTML
	<i>Pantalla</i>	Opciones para ajustar las gráficas al tamaño de la pantalla
	<i>Ajustar</i>	Aumenta de tamaño las gráficas para que ocupen más espacio dentro de la pantalla cuando la resolución de esta última sea mayor de las dimensiones mínimas requeridas (1024 x 768 píxeles)
	<i>Tamaño Original</i>	Regresa las dimensiones de las gráficas al tamaño inicial, ajustadas a las dimensiones mínimas de pantalla
	<i>Acerca de...</i>	Abre la ventana <i>Acerca de Dinámica V3.1</i> (ver sección 4.2.5.5)

4.2.3. Ventana de Osciladores de 1GL

El objetivo de esta ventana es mostrar de manera gráfica la respuesta dinámica de los osciladores de 1GL cuando están sujetos a la acción de una fuerza lateral o a un movimiento sísmico en su base, y a su vez mostrar la animación de su movimiento durante el tiempo que se ejerce la fuerza.



1	Título de la ventana principal y [nombre de la ventana secundaria]
2	Menú principal
3	Gráfica de carga
4	Gráficas de respuestas
5	Osciladores de 1 GL
6	Menú emergente de las gráficas de respuesta
7	Controles para indicar las propiedades de los osciladores
8	Controles para mostrar las gráficas de respuesta
9	Controles para la animación de los espectros de respuesta
10	Controles para la animación de los osciladores
11	Botón para maximizar la ventana principal
12	Botón para minimizar la ventana principal
13	Botón para cerrar la aplicación
14	Botones para controlar el tamaño de la ventana de Osciladores de 1GL dentro de la ventana principal

Figura 4.4 Ventana Osciladores de 1GL

La GUI está diseñada para que el usuario vea en un sólo espacio de trabajo las gráficas de las respuestas, los dibujos de osciladores de 1GL y los controles correspondientes a éstos.

Los controles de la ventana se pueden dividir en dos grupos: controles para mostrar las gráficas y controles para manipular las gráficas. Todos ellos se distribuyen de la siguiente manera:

En una franja del extremo derecho de la ventana se ubican los controles para manipular las gráficas (indicar propiedades de los osciladores, definir el tipo de gráfica de respuesta que se desee ver y mostrar las animaciones). La franja de controles a su vez está dividida en 4 grupos (figura 4.4, #7, #8, #9 y #10):

- ✓ *Control de osciladores*: Se utilizan para modificar las propiedades y definir el número de los osciladores
- ✓ *Control de gráficas*: Controlan el número y tipo de gráficas de respuesta que el usuario desee ver en pantalla
- ✓ *Animación de espectros y osciladores*: Sirven para manipular la animación de espectros y osciladores, respectivamente

La mayor parte del área de trabajo de la ventana es ocupada por controles del tipo *PictureBox*, que son los que muestran las gráficas correspondientes a la fuerza ejercida y a la respuesta dinámica de los osciladores (figura 4.4, #3, #4). Dentro de cada gráfica de respuesta existe un menú emergente (figura 4.4, #6) que proporciona, entre otras, opciones para cambiar la apariencia de las gráficas.

El programa tiene la capacidad de mostrar de 2 a 4 gráficas, distribuidas de la siguiente manera: 1 gráfica para la fuerza ejercida y de 1 a 3 gráficas de respuesta. Esto dependerá de cómo el usuario manipule los controles contenidos en el subgrupo *Control de gráficas*.

En la parte baja de la pantalla se ubican otros controles del tipo *PictureBox*, que contienen los dibujos de los osciladores (figura 4.4, #5) y al igual que las gráficas de respuesta el programa puede mostrar de 1 a 3, dependiendo de los osciladores que se definan en el subgrupo *Control de Osciladores*.

Adicionalmente a todos estos controles, la ventana general sigue mostrando su barra de menús pero con tres opciones más: Tipo de carga, Ventana y Ayuda (figura 4.4, #2).

En general, el uso de los controles no es complicado; no obstante, se incorporó al programa un archivo de ayuda que contiene la descripción del funcionamiento de cada control; dicho archivo sirve como una guía para el usuario.

La GUI de los osciladores de 1 GL es una de las ventanas principales, pues en ésta se desarrolla uno de los dos temas principales del programa. Pero a pesar de que sea una ventana principal del programa, está ubicada dentro de la ventana general y por lo tanto su estado dependerá de esta última.

La ventana necesita dimensiones mínimas de 1024 x 768 píxeles para que los controles de la misma se aprecien con claridad. La ventana no tiene dimensiones máximas, es decir, se ajusta al tamaño de la ventana general. Cuando las dimensiones de la ventana sean mayores a las mínimas requeridas, el usuario puede indicar al programa que ajuste el tamaño de las gráficas dentro de la pantalla.

El usuario puede abrir y cerrar la ventana dentro de la aplicación cuantas veces sea necesario, pero si la aplicación se cierra sin duda todas sus ventanas se cerrarán.

Cada vez que se abra la ventana, todos los controles antes mencionados aparecen bloqueados, a excepción de la barra de menús. Esto es porque el programa necesita *forzosamente* una carga (opción que se encuentra en la barra de menús) para calcular la respuesta dinámica de los osciladores de 1GL y así dibujar las gráficas de las respuestas.

Todos los controles se habilitan cuando el usuario selecciona un tipo de carga. Al hacerlo, automáticamente el programa calcula y dibuja las respuestas dinámicas de los osciladores que están definidos por default. Una vez seleccionado un tipo de carga el usuario puede modificar las opciones de los controles que antes aparecían bloqueados. Por ejemplo: definir el número de osciladores (de 1 a 3), cambiar sus propiedades, establecer el número y tipo de gráficas de respuestas que desea ver, y ejecutar la animación.

Sólo hay una ventana de osciladores de 1GL; desafortunadamente la aplicación no puede abrir más ventanas de este tipo al mismo tiempo debido a que requeriría mucha más memoria de la computadora. Lo que sí es posible hacer, es tener abiertas las tres ventanas principales en la aplicación al mismo tiempo.

Uno de los puntos importantes para los usuarios de un programa es la pérdida de información ante el cierre repentino de la aplicación. Dinámica V3.1 tiene una característica muy importante en este sentido: no es un programa que guarde automáticamente la información procesada sino que su poder radica en la velocidad de sus cálculos. Por ejemplo si por alguna razón la aplicación terminara inesperadamente el usuario perdería la información que estaba viendo en ese momento, pero puede recuperarla rápidamente con pocos clics sobre los controles, sin perder mucho tiempo en el proceso.

El programa tiene opciones que le permiten al usuario exportar los valores numéricos de las respuestas en archivos de texto; incluso puede copiar al portapapeles los valores de las columnas seleccionadas en las tablas de respuestas numéricas que se incluyen en la aplicación. El programa no tiene la capacidad de imprimir ningún tipo de archivo (texto, imagen, tablas) directamente a una impresora.

A continuación se describen cada una de las partes que conforman a la ventana.

4.2.3.1. Control de osciladores

Por medio de este grupo de controles (figura 4.5) el usuario define el número de osciladores de 1GL, mostrados en la ventana principal, proporcionando sus propiedades: periodo, amortiguamiento y condiciones iniciales (desplazamiento y velocidad) de cada uno. Es el primer grupo de controles en la franja del extremo derecho de la ventana de osciladores de 1GL y su tamaño no es modificable



Figura 4.5 Control de osciladores

#	Control	Descripción
1	<i>GroupBox</i>	Conjunta a los controles dentro de un mismo espacio
2	<i>Numeric Up Down</i>	Define el número de osciladores de 1GL que habrá en la ventana. Automáticamente al modificar el número de osciladores en el control, el programa redibuja los osciladores en la parte baja de la pantalla
3	<i>DataGrid View</i>	Tabla que contiene las propiedades de los osciladores de 1GL. En el encabezado de cada columna se observa el nombre de la propiedad a la que se refiere. La primera columna identifica al número del oscilador. Las filas que muestre la tabla corresponden al número de osciladores definidos.

4.2.3.2. Control de gráficas

Este grupo de controles (figura 4.6) sirven para que el usuario seleccione y muestre en pantalla la gráfica de la respuesta dinámica de un determinado oscilador.

En la parte central de la pantalla el programa dibuja las gráficas de respuesta; en total puede dibujar 4 gráficas: 1 de carga y 3 de respuesta, pero estas últimas pueden variar de 1 a 3 según defina el usuario.

Los tipos de respuesta que hay disponibles para seleccionar son: desplazamiento, velocidad, aceleración relativa y absoluta, así como también la gráfica de la fuerza cortante.



Figura 4.6 Control de gráficas

#	Control	Descripción
1	<i>GroupBox</i>	Conjunta a los controles dentro de un mismo espacio
2	<i>Numeric Up Down</i>	Define el número gráficas de respuesta que se ve en pantalla
3	<i>ComboBox</i>	Permiten seleccionar la respuesta dinámica que el usuario desee ver en pantalla
4	<i>Numeric Up Down</i>	Define a que oscilador corresponde la respuesta dinámica seleccionada en el <i>ComboBox</i>

4.2.3.3. Control Animación de espectros

Con estos controles (figura 4.7) el usuario maneja la animación de los espectros de respuesta. Puede reproducir la animación, detenerla en cualquier instante o por completo y además retardar su velocidad de movimiento.

Para utilizar este grupo de controles es necesario tener calculados los espectros, lo cual se hace a través de una opción que se encuentra en el menú emergente de las gráficas de respuesta que se describe más adelante en este mismo capítulo.

El tema de las animaciones es explicado con profundidad en el capítulo correspondiente a los algoritmos.

El grupo de controles está conformado por tres botones: Play, Stop y Pausa, similares a los que se usan en las aplicaciones que reproducen audio y video; un control de tipo *Numeric Up Down* para mostrar un número determinado (de 1 a 3) de espectros y por último un control de tipo *ScrollBar* que permite ver la reproducción de la animación un poco más lenta. Esto con el fin de que el usuario aprecie mejor la animación. La velocidad con que se ejecute la animación dependerá del procesador y capacidad de memoria con que cuente la computadora.

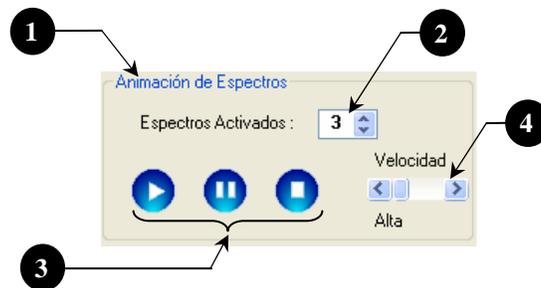


Figura 4.7 Controles para animación de espectros

#	Control	Descripción
1	<i>GroupBox</i>	Conjunta a los controles dentro de un mismo espacio
2	<i>Numeric Up Down</i>	Define el número de espectros de respuesta que se muestran en la ventana
3	Botones	Botones para manipular la animación; son similares a los que se usan en las aplicaciones de audio y video. De izquierda a derecha son: Play, Pausa y Stop.
4	<i>ScrollBar</i>	Hace que la animación se retarde. Tiene tres niveles de reproducción dependiendo de la ubicación de la barra de desplazamiento (extremo izquierdo, derecho y centro). La animación se reproduce con la mayor velocidad posible cuando la barra se encuentra en el extremo izquierdo; entre más se mueva la barra hacia el lado derecho más lenta será la animación.

4.2.3.4. Control Animación de los osciladores

Con estos controles (figura 4.8) el usuario maneja la animación de los osciladores, puede reproducir la animación, detenerla en cualquier instante o por completo, con los botones: Play, Pause y Stop. También puede incrementar la velocidad de animación con la opción de diezclado.

La animación de los osciladores consiste en ver en cada intervalo de tiempo (Δt) el desplazamiento del oscilador con respecto a su estado original. El tema de las animaciones es explicado con profundidad en el capítulo correspondiente a los algoritmos.

Además de manejar la animación, este grupo de controles permite aumentar las dimensiones del dibujo de las masas de los osciladores; esto sólo cambia en el dibujo ya que no altera de ninguna manera las propiedades de la masa.

El programa también permite establecer el punto máximo de desplazamiento de los osciladores, a través del control de tipo *ScrollBar*.

Los grupos de controles *Animación de espectros* y *Animación de osciladores* no pueden estar activados al mismo tiempo, es decir, cuando el usuario pueda usar los controles de este grupo no podrá usar los de otro, y viceversa; esto porque el programa está diseñado para mostrar una animación a la vez (osciladores o espectros) y no las dos al mismo tiempo.

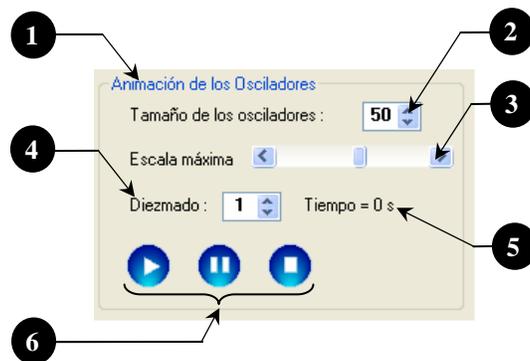


Figura 4.8 Controles para animación de osciladores

#	Control	Descripción
1	<i>GroupBox</i>	Conjunta a los controles dentro de un mismo espacio
2	<i>Numeric Up Down</i>	Tamaño de las masas (50 a 60 píxeles) en los dibujos de los osciladores
3	<i>ScrollBar</i>	Establece hasta dónde llegará el desplazamiento máximo de los osciladores
4	<i>Numeric Up Down</i>	Diezma la animación. El programa toma un punto de cada N (valor del control) para hacer la animación de los osciladores, esto hace que la velocidad de reproducción sea mayor. El rango de valores para el diezclado es de 1 a 4.
5	Etiqueta	Cronómetro en tiempo real, para conocer la duración de la animación.
6	Botones	Botones para manipular la animación, son similares a los que se usan en las aplicaciones de audio y video. De izquierda a derecha: Play, Pausa y Stop.

4.2.3.5. Gráfica de Carga

La gráfica de carga (figura 4.9) es un control del tipo *PictureBox* y muestra la fuerza lateral (carga), seleccionada por el usuario que se ejerce sobre los osciladores. El control se encuentra fijo en la ventana ubicado en la parte superior del área de trabajo, sus dimensiones mínimas son: 120 x 670 píxeles, y sus dimensiones máximas dependerán del tamaño de la pantalla pues el usuario puede ajustar el tamaño de las gráficas al de la pantalla de su computadora.

Cada vez que el usuario abra la ventana principal, la gráfica de carga aparecerá vacía, con una leyenda en la parte superior que dice: “Seleccione un tipo de carga”. Una vez seleccionado cualquier tipo de carga, el programa la dibuja automáticamente ocupando todo el ancho del *PictureBox* y colocando los valores de amplitud correspondientes a la carga, y cambia la leyenda por el nombre de la carga seleccionada.

A diferencia de las gráficas de respuesta, el usuario no puede cambiar la apariencia de esta gráfica, pues no cuenta con un menú secundario. La línea gráfica siempre se dibujará de color verde y su cuadrícula en dirección X dependerá del valor de las gráficas de respuesta.

Es la única gráfica que tiene una pestaña ubicada en la parte superior de la misma, con el fin de que el usuario diferencie la carga de las gráficas de respuesta.

El usuario puede cambiar, cuantas veces lo desee, el tipo de carga y el programa cambiara el dibujo de la gráfica automáticamente; no es necesario que cierre la ventana principal para cargar un tipo de carga diferente.

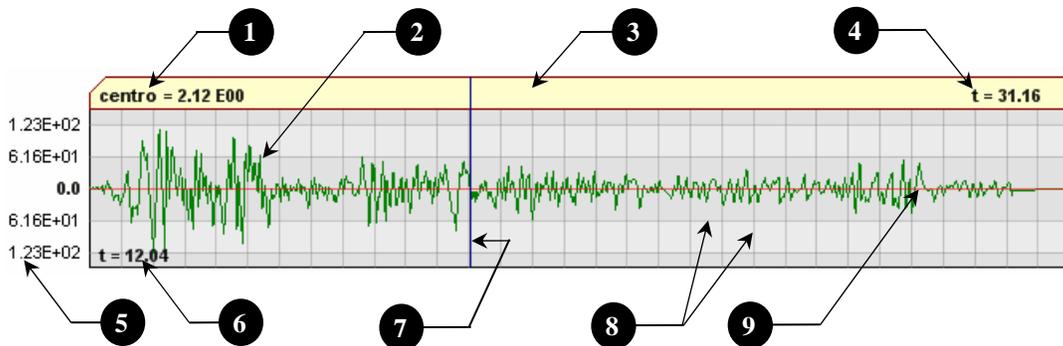


Figura 4.9 Gráfica de carga

#	Descripción
1	Nombre de la señal seguido del valor de la amplitud correspondiente a la línea de referencia vertical móvil.
2	Dibujo de la señal (color verde) escalada al tamaño del <i>PictureBox</i>
3	Pestaña de color amarillo que diferencia a la gráfica de carga de las gráficas de respuesta
4	Duración total de la señal en segundos
5	Escala de valores de amplitud

6	Valor del tiempo en segundos correspondiente a la línea de referencia vertical móvil
7	Línea de referencia vertical (color azul) que se mueve con el puntero del Mouse cuando pasa sobre la gráfica
8	Cuadrícula con fondo color gris. Las líneas verticales (dirección X) están separadas a equidistancias de segundos, por default el programa las dibuja a cada segundo pero el usuario puede cambiar este valor si así lo requiere. Las líneas horizontales (dirección Y) están a una distancia de amplitud, los valores correspondientes a éstas se muestran en la parte izquierda de la gráfica.
9	Línea horizontal de color rojo que marca la amplitud cero de la señal

4.2.3.6. Gráficas de respuestas

La gráfica de respuesta (figura 4.10) es un control del tipo *PictureBox* y muestra la respuesta dinámica (desplazamiento, velocidad o aceleraciones) de un oscilador, que es el resultado de ejercer una carga lateral al sistema de masas y resortes.

Se pueden ver en pantalla de 1 a 3 gráficas y se encuentran ubicadas debajo de la gráfica de carga; sus dimensiones mínimas son: 95 x 670 píxeles, y sus dimensiones máximas dependerán del tamaño de la pantalla pues el usuario puede ajustar el tamaño de las gráficas al de la pantalla.

Cada vez que el usuario cambie el número de gráficas que desee ver en pantalla (1, 2 o 3), el programa distribuye las gráficas de manera que éstas abarquen todo el espacio del área de trabajo. Esto se logra al aumentar o disminuir el tamaño vertical de las gráficas, según sea el caso.

Siempre que se abra la ventana principal, las gráficas de respuesta no aparecerán en el área de trabajo hasta que el usuario seleccione un tipo de carga. Una vez hecho esto, el programa calcula y dibuja automáticamente la respuesta en el *Picturebox*; además, coloca los valores de amplitud correspondientes a la respuesta.

A diferencia de la gráfica de carga, éstas no cuentan con una pestaña, y su nombre está ubicado en la parte superior izquierda dentro del fondo gris. Cuentan con un menú secundario que permiten al usuario cambiar la apariencia de las gráficas, entre otras opciones.

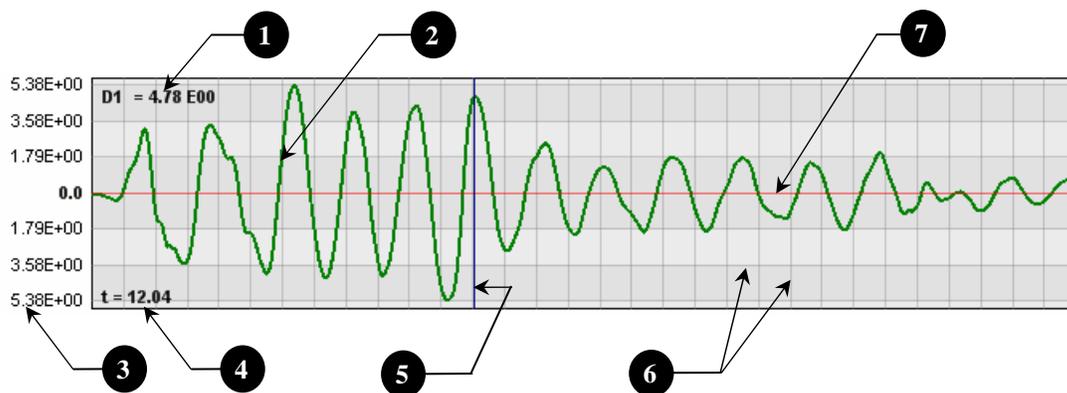


Figura 4.10 Gráfica de carga

#	Descripción
1	Nombre de la señal seguido del valor de la amplitud correspondiente a la línea de referencia vertical móvil. (D1: desplazamiento del oscilador 1)
2	Dibujo de la señal escalada al tamaño del <i>PictureBox</i>
3	Escala de valores de amplitud
4	Valor del tiempo en segundos correspondiente a la línea de referencia vertical móvil
5	Línea de referencia vertical (color azul) que se mueve con el puntero del Mouse cuando pasa sobre la gráfica. La línea se queda fija en una posición cuando se hace clic en las gráficas de respuesta, y se vuelve móvil de nuevo al hacer clic otra vez.
6	Cuadrícula con fondo color gris. Las líneas verticales (dirección X) están separadas a equidistancias de segundos, por default el programa las dibuja a cada segundo pero el usuario puede cambiar este valor si así lo requiere. Las líneas horizontales (dirección Y) están a una distancia de amplitud, los valores correspondientes a éstas se muestran en la parte izquierda de la gráfica.
7	Línea horizontal de color rojo que marca la amplitud cero de la respuesta

4.2.3.7. Menú secundario de las gráficas de respuesta

El menú secundario (figura 4.11), aparece cuando el usuario hace clic derecho en alguna de las gráficas. Contiene opciones que permiten modificar la apariencia de las gráficas, mostrar los valores de la respuesta dinámica, activar las líneas de referencia y opciones para mostrar el cortante basal.

El control se encuentra disponible en cualquier momento, excepto cuando las animaciones estén en ejecución, ya que el programa bloquea esta opción hasta que termine dicha animación.



Figura 4.11 Menú secundario de las gráficas de respuesta

Opciones de Menú	Descripción
Apariencia	Abre la ventana "Apariencia" (ver sección 4.2.5.6)
Misma Escala	Dibuja las gráficas de respuesta a la misma escala. Esta opción se habilita cuando los tipos de las respuestas de los osciladores son iguales. El programa toma como base la gráfica que tenga la mayor respuesta y a partir de ésta dibuja las demás.

Datos de respuesta	Abre la ventana “Respuesta numérica” (ver sección 4.2.3.8)
Habilitar espectros	Abre la ventana “Espectros de respuesta” (ver sección 4.2.5.7). Cuando los espectros han sido calculados la opción cambia a <i>Deshabilitar espectros</i> . Al seleccionar esta opción desaparecen los espectros y se dibujan de nuevo los osciladores.
Líneas de referencia	Contiene opciones para manipular las líneas de referencia móviles sobre las gráficas de respuesta y carga.
<i>Mostrar</i>	Aparece/quita las líneas de referencia
<i>Líneas independientes</i>	Habilita/deshabilita que las líneas de referencia, de todas las gráficas, se muevan como una sola.
<i>Mostrar Resp máximas</i>	Ubica a las líneas de referencia donde se encuentra la mayor amplitud en cada gráfica.
V basal	Habilita/deshabilita la opción para que se muestre el cortante basal sobre los osciladores
Definir K	Abre la ventana “Definir k” (ver sección 4.2.3.9)

4.2.3.8. Ventana Respuesta numérica

Contiene los datos numéricos que conforman a la respuesta dinámica de cada oscilador, la fuerza cortante y los valores del método de las ocho constantes.

La ventana está diseñada para mostrar la información en dos formatos diferentes: por oscilador o por tipo de respuesta; para ello se tienen controles del tipo *OptionButton*.

El usuario puede copiar los datos (mostrados en la tabla de la ventana 4.12) al portapapeles de Windows con tan sólo seleccionarlos ya sea por celda, columnas enteras o incluso la tabla completa, y tecleando CTRL + C o haciendo clic en la opción “Copiar” del menú secundario. Además, el programa proporciona una opción para exportar todos los datos a un archivo de texto.

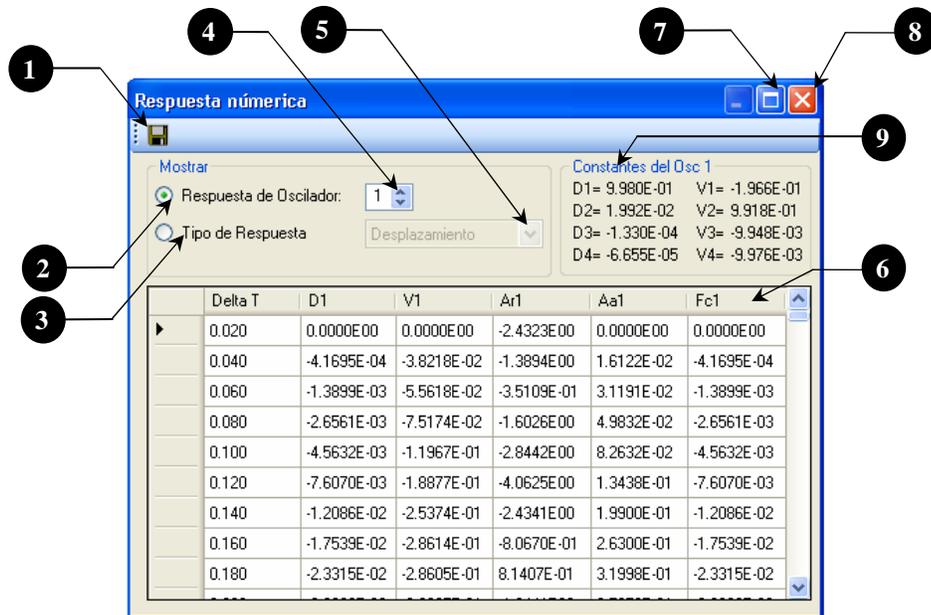


Figura 4.12 Ventana Respuesta numérica

#	Control	Descripción
1	Barra de herramientas	Contiene sólo una opción, que permite exportar todos los datos de la respuesta a un archivo de texto
2	<i>Option Button</i>	Muestra en la tabla la respuesta dinámica y la fuerza cortante del oscilador establecido en el control <i>Numeric Up Down</i>
3	<i>Option Button</i>	Muestra en la tabla la respuesta del mismo tipo (desplazamiento, velocidad o aceleraciones) de todos los osciladores al mismo tiempo
4	<i>Numeric Up Down</i>	Se habilita cuando está seleccionado el primer <i>Option Button</i> , y define a que oscilador corresponde la respuesta que se muestra en la tabla
5	<i>ComboBox</i>	Se habilita cuando está seleccionado el segundo <i>Option Button</i> , y define el tipo de respuesta que se muestra en la tabla
6	<i>DataGridView</i>	Tabla que muestra la respuesta dinámica dependiendo de la opción seleccionada.
7	Botón maximizar	Maximiza la ventana al tamaño de la pantalla
8	Botón Cerrar	Cierra la ventana
9	<i>GroupBox</i>	Muestra el valor de las ocho constantes para el oscilador definido en el control <i>Numeric Up Down</i>

4.2.3.9. Ventana Definir k

Adicional a la respuesta dinámica, el programa calcula y dibuja la gráfica de la fuerza cortante. Ésta se calcula mediante la ecuación 4.1

$$F(t) = D(t) * k \dots \dots \dots (4.1)$$

Donde:

$F(t)$ = fuerza sobre el oscilador en un instante de tiempo t

$D(t)$ = desplazamiento del oscilador en un instante de tiempo t

k = Rigidez del oscilador

La ecuación 4.1, es considerada como una ecuación estática, pues para conocer la fuerza sobre el oscilador en un determinado tiempo (t), sólo hay que hacer el producto de su desplazamiento en el tiempo (t) por el valor de la rigidez.

Como se mencionó anteriormente, los osciladores se consideraron con propiedades elástico- lineales, por lo tanto los valores de la rigidez y masa no cambian.

Para aplicar la ecuación 4.1, el programa determina el desplazamiento, pero no puede saber el valor de k, pues éste como el valor de la masa (m) queda implícito en el valor del periodo (T) del oscilador definido por la ecuación 4.2

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \dots \dots \dots (4.2)$$

Debido a que el usuario introduce al programa directamente el valor del periodo, no es posible determinar el valor de la rigidez k sin conocer antes el valor de la masa m, o viceversa.

Para conocer el valor de la rigidez k y aplicar la ecuación 4.1, se creó la ventana “Definir k ” (figura 4.13), que permite al usuario ingresar el valor de la rigidez para los osciladores que tiene definidos. Por omisión, el programa coloca $k = 1$ para todos los osciladores, y con éste calcula el valor de la masa de cada uno.

En la ventana hay una tabla con las propiedades del oscilador (periodo T , frecuencia w , rigidez K y masas M); la única columna de datos que se puede modificar es la rigidez y con este valor y la ecuación 4.1, es posible calcular la fuerza cortante.

La frecuencia y la masa se calculan con las ecuaciones 4.3 y 4.4 respectivamente:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$m = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 k \dots\dots\dots(4.4)$$



Figura 4.13 Ventana Definir k

#	Control	Descripción
1	Botón Cerrar	Cierra la ventana sin guardar los cálculos realizados
2	<i>Data Grid View</i>	Muestra las propiedades de los osciladores definidos por el usuario
	<i>Osc</i>	Número de oscilador
	<i>T</i>	Periodo en s
	<i>w</i>	Frecuencia en rad
	<i>k</i>	Rigidez del oscilador (única columna que recibe datos del usuario)
	<i>M</i>	Masa del oscilador
3	Botón Cancelar	Cierra la ventana sin guardar los cálculos realizados
4	Botón Aceptar	Desarrolla los cálculos e inmediatamente después cierra la ventana

4.2.3.10. Osciladores

Los osciladores de 1GL (figura 4.14) quedan representados por el sistema de masas y resortes. El control sobre el cual se dibujan es del tipo *PictureBox*.

El objetivo de este control es mostrar los desplazamientos que tiene el oscilador en cada instante de tiempo, debido a la fuerza lateral que se ejerce sobre él.

El programa puede mostrar de 1 a 3 osciladores; cada uno se diferencia del otro por el color de su masa y su resorte: verde, azul y rojo. El fondo donde están dibujados los osciladores es similar al de las gráficas de respuesta (cuadrícula con un fondo gris).

Todos los osciladores tienen las mismas características, aparece una pestaña en su parte superior que incluye el número del oscilador (ejemplo: Osc 1) y además muestra el valor del desplazamiento en un instante t , en el extremo derecho del control.

Mientras la animación no esté en ejecución, el oscilador permanecerá estático en su estado inicial, dibujado al centro del *PictureBox* (desplazamiento = 0).

Sus dimensiones son de 200 x 200 píxeles, y se ubican en la parte baja del área de trabajo.

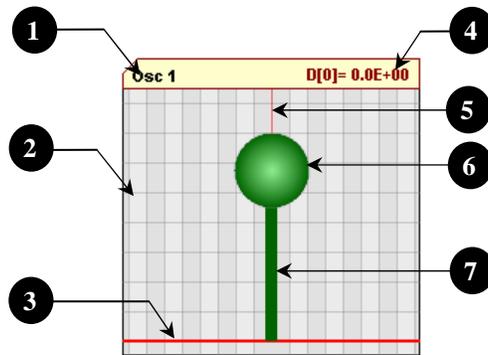


Figura 4.14 Dibujo de un oscilador

#	Descripción
1	Número del oscilador
2	Cuadrícula y fondo de color gris, en este caso las líneas verticales y horizontales no tienen valor de escala, como en las gráficas de respuesta.
3	Línea base en la que se desplanta el oscilador
4	Valor del desplazamiento y el instante de tiempo al que corresponde
5	Eje vertical (Línea color rojo) que indica el centro del oscilador y desplazamiento lateral = 0
6	Masa del oscilador
7	Columna que representa la rigidez del oscilador

4.2.3.11. Espectros de respuesta

El objetivo de la gráfica (figura 4.15) es mostrar el espectro de respuesta. A diferencia de la respuesta dinámica, los espectros no se generan automáticamente al seleccionar un tipo de carga, porque el programa necesita algunos parámetros para hacerlo.

Para indicar al programa que calcule los espectros de respuesta vea la sección 4.2.5.7.

Cuando los espectros ya han sido calculados son colocados en la misma posición que los osciladores; ciertamente se sustituyen unos por otros.

Las características de estas gráficas son similares a la de los osciladores. Tienen una pestaña en lo alto de la gráfica, y muestran una cuadrícula con fondo de color rojizo. Su tamaño es igual que los osciladores (200 x 200 píxeles). El espectro de respuesta es de color vino para que haya un contraste con el color de fondo.

La gráfica cuenta con dos líneas de referencia (horizontal y vertical) que se mueven cuando el cursor del mouse pasa sobre la gráfica. El cruce de las dos líneas siempre se desplaza a lo largo del espectro de respuesta.

Al igual que las gráficas de respuesta, este control presenta un menú secundario que se activa cuando se hace clic derecho sobre la gráfica.

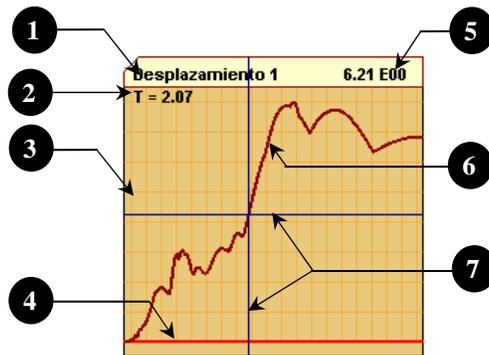


Figura 4.15 Gráfica espectros de respuesta

#	Descripción
1	Nombre del espectro
2	Valor del periodo que corresponde al línea de referencia vertical
3	Fondo del espectro, cuadrículado sin ningún valor de escala
4	Línea base que corresponde a la amplitud cero
5	Valor de la amplitud que corresponde a la línea de referencia horizontal
6	Espectro de respuesta
7	Líneas de referencia (vertical y horizontal) que se mueven con el puntero del Mouse cuando pasa sobre la gráfica. Éstos pueden permanecer estáticos si se hace clic sobre la gráfica.

4.2.3.12. Menú secundario de los espectros de respuesta

Menú secundario que aparece cuando se hace clic derecho sobre las gráficas de espectros de respuesta. Presenta sólo tres opciones, y siempre está disponible, incluso en la animación de los espectros de respuesta.

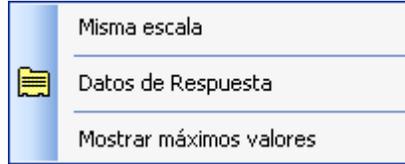


Figura 4.16 Menú secundario de los espectros de respuesta

Opciones de Menú	Descripción
Misma Escala	Dibuja los espectros de respuesta a la misma escala. Esta opción se habilita cuando los tipos de espectros son iguales. El programa toma como base el espectro que tenga la mayor respuesta y a partir de ésta dibuja los demás.
Datos de respuesta	Abre la ventana “Valores de espectros” (ver sección 4.2.3.13)
Mostrar máximos valores	Ubica a las líneas de referencia donde se encuentra la mayor amplitud en cada gráfica.

4.2.3.13. Ventana Valores de espectros

Contiene los datos numéricos que conforman a cada uno de los espectros de respuesta.

La ventana está diseñada para mostrar la información en dos formatos diferentes: por bloque de espectro y por tipo de espectro; para ello se tiene controles del tipo *Option Button*.

Un bloque de espectro es un grupo de 4 espectros de respuesta: desplazamiento, velocidad, aceleración relativa y absoluta. Para ver con más detalle esta información ver la sección 4.2.5.7.

El usuario puede copiar los datos (mostrados en la tabla de la ventana 4.17) al portapapeles de Windows con tan sólo seleccionarlos (por celda, columnas enteras o incluso la tabla completa) y oprimiendo CTRL+C; también puede copiar los datos seleccionados haciendo clic en el menú emergente “Copiar” que aparece cuando se hace clic derecho sobre la tabla.

Además, el programa proporciona una opción para exportar todos los datos a un archivo de texto.

El usuario no puede modificar los valores directamente en la tabla, sólo puede copiarlos para disponer de ellos fuera del programa.

El tamaño de la ventana no es modificable, y cuenta con un botón para controlar el estado de la ventana en la parte superior de la misma.

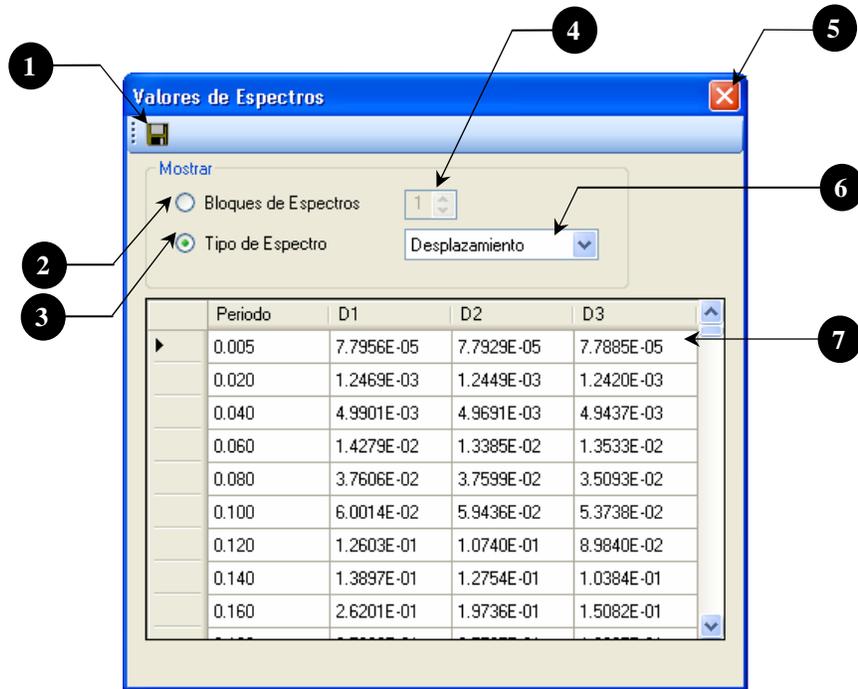


Figura 4.17 Ventana Valores de espectros

#	Control	Descripción
1	Barra de herramientas	Contiene sólo una opción, que permite exportar todos los datos de la respuesta a un archivo de texto
2	<i>Option Button</i>	Muestra en la tabla la respuesta dinámica y la fuerza cortante del oscilador establecido en el control <i>Numeric Up Down</i>
3	<i>Option Button</i>	Muestra en la tabla la respuesta del mismo tipo (desplazamiento, velocidad o aceleraciones) de todos los osciladores al mismo tiempo
4	<i>Numeric Up Down</i>	Se habilita cuando está seleccionado el primer <i>Option Button</i> , y define a que oscilador corresponde la respuesta que se muestra en la tabla
5	Botón Cerrar	Cierra la ventana
6	<i>ComboBox</i>	Se habilita cuando está seleccionado el segundo <i>Option Button</i> , y define el tipo de respuesta que se muestra en la tabla
7	<i>DataGridView</i>	Tabla que muestra la respuesta dinámica dependiendo de la opción seleccionada. La primer columna siempre corresponderá al valor del periodo

4.2.4. Ventana de Osciladores de VGL

El objetivo de esta ventana es mostrar de manera gráfica la respuesta dinámica de un oscilador de VGL cuando está sujeto a la acción de una fuerza lateral o a un movimiento sísmico en su base, y a su vez mostrar la animación de su movimiento durante el tiempo que se ejerce la fuerza.

El diseño de la GUI es similar a la ventana principal de los osciladores de 1GL, pues el usuario ve en un sólo espacio de trabajo las gráficas de las respuestas correspondientes a los grados de libertad, el dibujo del oscilador de VGL y los controles para manipular las gráficas y la animación.

Los controles de la ventana están divididos en tres grupos similares a la otra ventana principal. El primer grupo es una franja en el extremo derecho de la ventana, allí se ubican los controles para manipular las gráficas (indicar propiedades de los oscilador, seleccionar el tipo de gráfica de respuesta que se desee ver y mostrar la animación). La franja de controles a su vez está dividida en 4 grupos (figura 4.18, #8, #9, #10 y #11):

- ✓ *Control de propiedades:* Se utilizan para modificar las propiedades del oscilador y definir el número de grados de libertad
- ✓ *Control de gráficas:* Controlan el número y tipo de gráficas de respuesta que el usuario desee ver en pantalla
- ✓ *Animación del oscilador:* Sirven para manipular la animación del oscilador
- ✓ *Modos de vibrar.* Muestra las deformadas modales

El segundo grupo está conformado por controles de tipo *PictureBox*, que son los que muestran las gráficas correspondientes a la fuerza ejercida y a la respuesta dinámica del oscilador en sus diferentes grados de libertad (figura 4.18, #4, #5). Éstos ocupan la mayor parte del área de trabajo de la ventana junto con el oscilador de VGL.

Cuando se abre la ventana aparecen 6 *PictureBox* en el área de trabajo (5 para las gráficas y 1 para el oscilador); los correspondientes a las gráficas están vacías, hasta que el usuario seleccione un tipo de carga e indique al programa que calcule la respuesta del oscilador.

El programa tienen la capacidad de mostrar de 3 a 5 gráficas, distribuidas de la siguiente manera: 1 gráfica para la fuerza ejercida y de 2 a 4 gráficas de respuesta. Esto dependerá de cómo el usuario manipule los controles contenidos en el subgrupo *Control de gráficas*.

Entre las gráficas y la franja de controles mencionada se ubica un control del tipo *PictureBox* destinado para mostrar al oscilador (figura 4.18, #6) y a diferencia de la ventana de osciladores de 1GL, esta ventana sólo tiene un oscilador. Los grados de libertad del oscilador serán establecidos por el usuario a través del *Control de propiedades*, y su rango es de 2 a 25 grados de libertad.

El tercer grupo de controles está integrado por una barra de herramientas y la barra de menús, aunque esta última pertenece a la ventana general pero con tres opciones más: Tipo de carga, Ventana y Ayuda (figura 4.18, #2).

En general, el uso de los controles no es complicado; no obstante, se incorporó al programa un archivo de ayuda que contiene la descripción del funcionamiento de cada control; dicho archivo sirve como una guía para el usuario.

La GUI de los osciladores de VGL es una de las ventanas principales, pues en ésta se desarrolla el segundo de los dos temas principales del programa. Pero, al igual que la ventana de osciladores de 1GL está ubicada dentro de la ventana general y por lo tanto su estado dependerá de esta última.

La ventana necesita las mismas dimensiones mínimas de 1024 x 768 píxeles para que los controles de la misma se aprecien con claridad y tampoco tiene dimensiones máximas, es decir, se ajusta al tamaño de la ventana general. Cuando las dimensiones de la ventana sean mayores a las mínimas requeridas, el usuario puede indicar al programa que ajuste el tamaño de las gráficas dentro de la pantalla.

El usuario puede abrir y cerrar la ventana dentro de la aplicación cuantas veces sea necesario, pero si la aplicación se cierra sin duda todas sus ventanas se cerrarán.

Cada vez que se abra la ventana algunos de los controles antes mencionados aparecen bloqueados, con excepción de la barra de menús, control de propiedades, modos de vibrar y algunas opciones de la barra de herramientas.

Para un oscilador de VGL, aun sin ejercer alguna carga, el programa calcula las siguientes propiedades:

- Matriz de masas
- Matriz de rigidez
- Periodos y frecuencias
- Modos de vibrar
- Factores de participación

Debido a esto, los controles mencionados no aparecen bloqueados cada vez que se abre la ventana, pues las propiedades no dependen de un tipo de carga sino de los valores de masa y rigidez que se establezcan en el oscilador.

Cuando el usuario selecciona un tipo de carga el programa dibuja la gráfica correspondiente pero no calcula automáticamente la respuesta dinámica del oscilador como lo hace en la ventana de osciladores de 1GL. Esto se debe a que el proceso de cálculo para un oscilador de VGL es más tardado que para un oscilador de 1GL y por ello no se puede hacer automáticamente. El tiempo de cálculo depende del número de grados de libertad que tenga el oscilador.

Para conocer la respuesta dinámica del oscilador, se colocó una opción en la barra de herramientas “*Calcular respuesta*”, la cual se activa cuando el usuario ha seleccionado un tipo de carga, y al hacer clic en esta opción el programa calcula la respuesta.

Una vez calculada la respuesta el usuario no puede modificar las propiedades del oscilador, hasta que desbloquee los cálculos realizados con ayuda de la opción “*Desbloquear el cálculo*” que también se encuentra en la barra de herramientas.

Cuando se calcula la respuesta, los controles que antes aparecían bloqueados se habilitan, y el usuario puede establecer el número y tipo de gráficas de respuestas que desea ver así como ejecutar la animación

Sólo hay una ventana de osciladores de VGL; desafortunadamente la aplicación no puede abrir más ventanas de este tipo al mismo tiempo debido a que requeriría mucha más memoria de la computadora.

A continuación se describen cada una de las partes que conforman a la ventana.

4.2.4.1. Barra de herramientas

La barra de herramientas (figura 4.19) es la única con la cuenta el programa; se coloca en esta ventana para proporcionar atajos al usuario además de colocar las opciones para generar la respuesta dinámica.

Es una barra fija, se muestra siempre en la parte superior de la ventana debajo de la barra de menús, sólo en esta ventana.

Cuando se abre la ventana, las dos primeras opciones (izquierda a derecha) están bloqueadas. Estas opciones son para calcular la respuesta y desbloquear el cálculo respectivamente; se activará una opción cuando el usuario seleccione cualquier tipo de carga. Las siguientes 4 opciones están habilitadas mientras no se genere el cálculo de la respuesta, a excepción de la última opción que siempre está disponible.

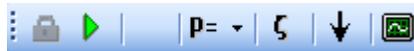


Figura 4.19 Barra de herramientas del oscilador de VGL

Opción	Nombre	Descripción
	Desbloquear	Desaparece la respuesta dinámica del oscilador de VGL
	Calcular respuesta	Calcula la respuesta del oscilador de VGL ante el tipo de carga seleccionado
	Igualar propiedades	Ayuda a que cada grado de libertad del oscilador tenga las mismas propiedades masa, rigidez, amortiguamiento, vector de forma y condiciones iniciales.
	Tipo de amortiguamiento	Abre la ventana “ <i>Tipo de amortiguamiento</i> ” ver sección 4.2.4.12
	Sentido de numeración	Cambia el sentido de numeración de los grados de libertad, en este caso el control indica de arriba hacia abajo. Es decir, que el grado de libertad 1 estará hasta arriba del oscilador. Esta opción fue creada con el fin de que el usuario pueda reproducir ejemplos mostrados en la bibliografía, ya que éstos a veces tienen diferente sentido de numeración.
	Tablas de propiedades	Abre la ventana “ <i>Propiedades</i> ” ver sección 4.2.4.13

4.2.4.2. Control de propiedades

Por medio de este grupo de controles (figura 4.20) el usuario define el número de grados de libertad del oscilador, proporcionando para cada uno sus propiedades de: masa, rigidez, amortiguamiento, vector de forma y condiciones iniciales (desplazamiento y velocidad). Es el primer grupo de controles en la franja del extremo derecho de la ventana de osciladores de VGL y su tamaño no es modificable

La tabla que contiene los valores de las propiedades tiene dimensiones que exceden al control, por ello se colocaron barras de desplazamiento vertical y horizontal para ver todos los valores contenidos en la tabla.

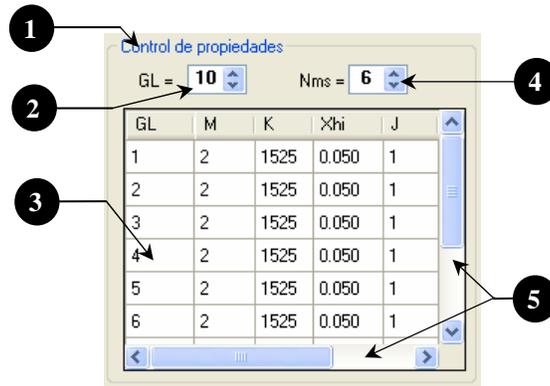


Figura 4.20 Control de propiedades

#	Control	Descripción
1	<i>GroupBox</i>	Conjunta a los controles dentro de un mismo espacio
2	<i>Numeric Up Down</i>	Define el número grados de libertad del oscilador, éste puede ser de 2 a 25 grados de libertad. Automáticamente al modificar el número de grados de libertad el programa redibuja al osciladores en la parte izquierda del control.
3	<i>DataGrid View</i>	Tabla que contiene las propiedades del oscilador de VGL. En el encabezado de cada columna se observa el nombre de la propiedad a la que se refiere. La primera columna identifica al grado de libertad. Las filas que muestre la tabla corresponden al número grados de libertad definidos.
4	<i>Numeric Up Down</i>	Establece el número de modos a superponer cuando se realice el cálculo de la respuesta. Este valor no puede ser mayor al número de grados de libertad definidos
5	<i>ScrollBars</i>	Permite ver las filas de la tabla que se encuentran ocultas debido a que las dimensiones de la tabla exceden a las del control de propiedades.

4.2.4.3. Control de gráficas

Este grupo de controles (figura 4.21) tiene la misma función que su similar de la ventana de osciladores de 1GL; sirven para que el usuario seleccione y muestre en pantalla la gráfica de la respuesta dinámica de un determinado grado de libertad.

En la parte central de la pantalla el programa dibuja las gráficas de respuesta; en total puede dibujar 5 gráficas: 1 de carga y 4 de respuesta, pero estas últimas pueden variar de 2 a 4 según defina el usuario.

Los tipos de respuesta que hay disponibles para seleccionar son: desplazamiento, velocidad, aceleración relativa y absoluta, así como también la gráfica de la fuerza cortante. Adicionalmente a estas opciones hay un control del tipo *Checkbox* que permite ver las respuestas de cada modo de vibrar.



Figura 4.21 Control de gráficas

#	Control	Descripción
1	<i>GroupBox</i>	Conjunta a los controles dentro de un mismo espacio
2	<i>CheckBox</i>	<p>Muestra la respuesta dinámica por modos de vibrar. Al activar la casilla se dibujarán en las gráficas la respuesta por modo del tipo (desplazamiento, velocidad o aceleraciones) que esté definido en el primer <i>ComboBox</i>.</p> <p>Al mismo tiempo se bloquearán los <i>ComboBox</i> que pertenecen a las gráficas 2, 3 y 4, además sus respectivos controles <i>Numeric Up Down</i> corresponderán al modo de vibrar y ya no al grado de libertad.</p> <p>Cuando el usuario desactive la casilla, el estado de los controles volverá a su estado original.</p>
3	<i>Numeric Up Down</i>	Define el número gráficas de respuesta que se ven en pantalla. Mientras la animación del oscilador esté en ejecución este control permanecerá bloqueado
4	<i>ComboBox</i>	Permiten seleccionar la respuesta dinámica que el usuario desee ver en pantalla
5	<i>Numeric Up Down</i>	Define a que oscilador corresponde la respuesta dinámica seleccionada en el <i>ComboBox</i>

4.2.4.4. Control Animación del oscilador

Con estos controles (figura 4.22) el usuario maneja la animación del oscilador; puede reproducirla, detenerla en cualquier instante o por completo con los botones: Play, Pause y Stop. También puede incrementar la velocidad de animación con la opción de diezmodo.

La animación del oscilador consiste en ver en cada intervalo de tiempo (Δt) el desplazamiento del oscilador con respecto a su estado original. El tema de las animaciones es explicado con profundidad en el capítulo correspondiente a los algoritmos.

El programa también permite establecer el punto máximo de desplazamiento de los osciladores, a través del control de tipo *ScrollBar*. Existe también una opción para que el programa muestre el valor de los desplazamientos en cada grado de libertad.

Cuando la animación haya sido activada, los controles para los modos de vibrar se bloquean, hasta que la animación termine.



Figura 4.22 Controles para animación del oscilador

#	Control	Descripción
1	GroupBox	Conjunta a los controles dentro de un mismo espacio
2	Numeric Up Down	Diezma la animación. El programa toma un punto de cada N (valor del control) para hacer la animación de los osciladores; esto hace que la velocidad de reproducción sea mayor. El rango de valores para el diezmo es de 1 a 4
3	Botones	Botones para manipular la animación. Son similares a los que se usan en las aplicaciones de audio y video. De izquierda a derecha: Play, Pausa y Stop
4	CheckBox	Cuando se activa esta casilla el programa muestra el valor de los desplazamientos de cada grado de libertad durante la ejecución de la animación
5	ScrollBar	Establece hasta donde llegará el desplazamiento máximo del oscilador
6	Etiqueta	Cronómetro en tiempo real, para conocer la duración de la animación

4.2.4.5. Control Modos de vibrar

Con los controles (figura 4.23) el programa muestra las formas modales del oscilador, cada una con su valor correspondiente. El máximo número de modos será igual al número de grados de libertad que tenga el oscilador.

Cuando la casilla “Dibujar deformada” sea activada, el *Control de gráficas y Animación del oscilador* se bloquearán hasta que se desactive la casilla.

Para conocer más acerca de cómo el programa calcula y muestra los modos de vibrar vea el capítulo referente a los algoritmos.



Figura 4.23 Controles para ver los modos de vibrar

#	Control	Descripción
1	<i>GroupBox</i>	Conjunta a los controles dentro de un mismo espacio
2	<i>Numeric Up Down</i>	Tamaño de las masas (50 a 60 píxeles) en los dibujos de los osciladores
3	<i>ScrollBar</i>	Establece hasta donde llegará el desplazamiento máximo de los osciladores
4	<i>Numeric Up Down</i>	Diezma la animación. El programa toma un punto de cada N (valor del control) para hacer la animación de los osciladores, esto hace que la velocidad de reproducción sea mayor. El rango de valores para el diezmo es de 1 a 4.

4.2.4.6. Gráfica de Carga

La gráfica de carga es exactamente la misma que la contenida en la ventana de osciladores de 1GL. Tiene las mismas propiedades con una pequeña excepción; las dimensiones mínimas de la gráfica para esta ventana son: 120 x 540 píxeles, un poco más corta que la gráfica contenida en la otra ventana principal.

Para ver las características de este control, vea la sección 4.2.3.5.

4.2.4.7. Gráficas de respuestas

Las gráficas de respuestas también tienen las mismas características que las ubicadas en la ventana de osciladores de 1GL. Muestran el mismo tipo de respuesta dinámica (desplazamiento, velocidad o aceleraciones) pero en este caso corresponden a los diferentes grados de libertad del oscilador

En esta ventana se pueden ver en pantalla de 2 a 4 gráficas de respuesta y se encuentran ubicadas debajo de la gráfica de carga, sus dimensiones mínimas son: 120 x 540 píxeles, y sus dimensiones máximas dependerán del tamaño de la pantalla pues el usuario puede ajustar el tamaño de las gráficas al de la pantalla.

Siempre que se abra la ventana principal, las gráficas de respuesta aparecerán vacías en el área de trabajo hasta que el usuario seleccione un tipo de carga e indique que se calcule la respuesta. Una vez hecho esto, el programa dibuja automáticamente la respuesta en los *PictureBox*, además coloca sus valores de amplitud correspondientes a cada respuesta.

La única diferencia con respecto a las gráficas de los osciladores de 1GL es el significado del nombre, por ejemplo “D1” en esta ventana significa *desplazamiento del grado de libertad 1*, mientras que en la otra ventana principal esto significa *desplazamiento del oscilador 1*.

Las gráficas de respuesta también tienen un menú secundario que aparece cada vez que se hace clic derecho sobre la gráfica, este menú se describe en la sección siguiente 4.2.4.8.

Para ver las características de estas gráficas, vea la sección 4.2.3.6.

4.2.4.8. Menú secundario de las gráficas de respuesta

El menú secundario (figura 4.24) aparece cuando el usuario hace clic derecho en alguna de las gráficas de respuesta. Contiene opciones que permiten modificar la apariencia de las gráficas, mostrar los valores de la respuesta dinámica, activar las líneas de referencia y mostrar la fuerza cortante.

El control se encuentra disponible en cualquier momento, excepto cuando la animación esté en ejecución, ya que el programa bloquea esta opción hasta que termine dicha animación.



Figura 4.24 Menú secundario de las gráficas de respuesta

Opciones de Menú	Descripción
Apariencia	Abre la ventana “Apariencia” (ver sección 4.2.5.6)
Misma Escala	Dibuja las gráficas de respuesta a la misma escala. Esta opción se habilita cuando los tipos de las respuestas de los osciladores son iguales. El programa toma como base la gráfica que tenga la mayor respuesta y a partir de ésta dibuja las demás.
Datos de respuesta	Abre la ventana “Datos de respuesta” (ver sección 4.2.4.9)
Espectros de piso	Abre la ventana “Espectros de respuesta” (ver sección 4.2.5.7)
Líneas de referencia	Contiene opciones para manipular las líneas de referencia móviles sobre las gráficas de respuesta y carga.
<i>Mostrar</i>	Aparece/quita las líneas de referencia
<i>Líneas independientes</i>	Habilita/deshabilita que las líneas de referencia, de todas las gráficas, se muevan como una sola.
<i>Mostrar Resp máximas</i>	Ubica a las líneas de referencia donde se encuentra la mayor amplitud en cada gráfica.
Tablas de propiedades	Abre la ventana “Propiedades” (ver sección 4.2.4.13)
Fuerza Cortante	Muestra los valores de la fuerza cortante en el oscilador para cada grado de libertad

4.2.4.9. Ventana Datos de respuesta

Contiene los datos que numéricos que conforman a la respuesta dinámica, la fuerza cortante y los valores de las ocho constantes para obtener la respuesta de cada grado de libertad.

La ventana está dividida en cinco secciones por medio del control de tipo *TabPage*. Cada sección muestra la respuesta numérica en diferentes formatos.

Como sucede con todas las tablas que hay en el programa, el usuario puede copiar los datos (tabla de la ventana 4.25) al portapapeles de Windows con tan sólo seleccionarlos, ya sea por celda, columnas enteras o incluso la tabla completa y oprimiendo *CTRL+C*. Además, el programa proporciona en varias de las secciones de la ventana una opción para exportar todos los datos a un archivo de texto.

La primera sección (figura 4.25) muestra la respuesta dinámica por grado de libertad. Es decir, el usuario selecciona el grado de libertad y en la tabla se observará los valores numéricos del desplazamiento, velocidad, aceleración relativa y absoluta correspondiente al GL.

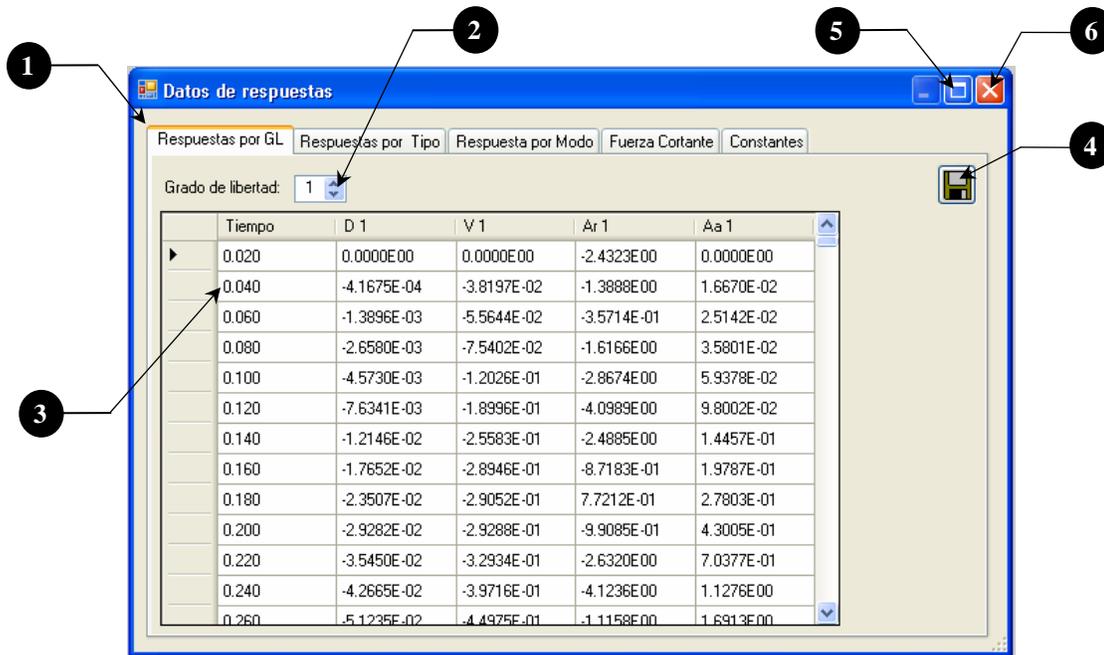


Figura 4.25 Ventana Respuesta numérica por GL

#	Control	Descripción
1	Tab Page	Primera sección de la ventana, muestra la respuesta dinámica por grado de libertad
2	Numeric Up Down	Establece el grado de libertad que se desea ver
3	DataGrid View	Tabla que contiene la respuesta dinámica dependiendo de la opción seleccionada. Tiene 5 columnas, cada una lleva su nombre en el encabezado, que corresponde a la primera letra del tipo de respuesta seguida por el número del grado de libertad al que pertenece la respuesta
4	Button	Exporta la respuesta de cada grado de libertad en archivos de texto. Se tendrán tantos archivos de texto como grados de libertad tenga el oscilador
5	Button	Maximiza la ventana
6	Button	Cierra la ventana

La segunda sección (figura 4.26) muestra la respuesta numérica de los grados de libertad por tipo, es decir, por desplazamiento, velocidad o aceleraciones. En esta sección la ventana tiene dos tablas, una es la que contiene los datos de la respuesta y la otra es para que el usuario especifique los grados de libertad que desea ver.

La tabla para los datos de la respuesta muestra sólo 5 columnas para los grados de libertad del oscilador, pues por cuestiones de capacidad de memoria no es factible mostrar un mayor número de columnas.

Suponga que el usuario define el máximo número de GL para el oscilador (25) y que selecciona un tipo de carga con el máximo número de puntos permitido por el programa (12,000) si la ventana mostrara todos los datos a la vez, mostraría 312,000 datos, lo que llevaría a una gran demanda de memoria por parte del programa a la computadora, por esta razón se muestran sólo 5 columnas de datos de las 25 posibles, reduciendo el número de datos a una quinta parte.

Sin embargo, si el usuario necesitara ver todos los datos a la vez puede usar la opción de exportar los datos a un archivo de texto; éste a diferencia de la sección anterior guarda un sólo archivo por tipo de respuesta que dependerá de la opción seleccionada en la sección.

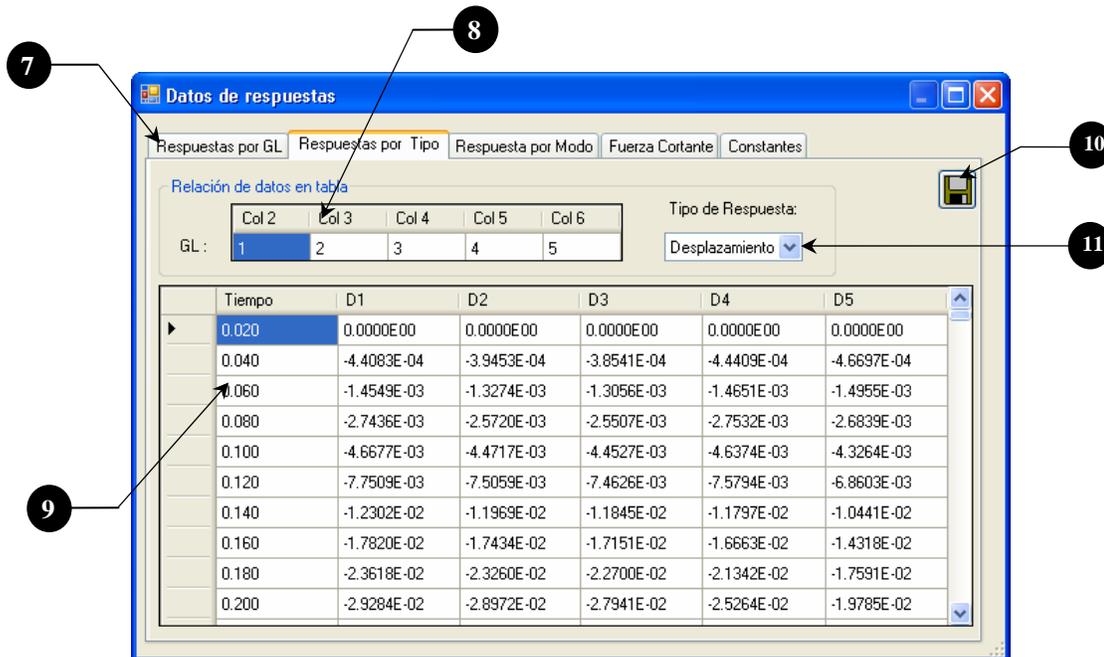


Figura 4.26 Ventana Respuesta numérica por Tipo

#	Control	Descripción
7	Tab Page	Segunda sección de la ventana, muestra la respuesta dinámica de los grado de libertad por tipo de respuesta
8	Data Grid View	Tabla secundaria con una sola fila y 5 columnas, los valores que contiene corresponden a la respuesta del grado de libertad que se desee ver en la tabla de abajo. El encabezado de cada columna tiene el nombre de la columna (ejemplo: "Col 2", Columna 2) de la tabla principal.

		Por ejemplo, en la columna “Col2” se encuentra el valor “1”, esto significa que en la tabla principal en la columna 2 se mostrará la respuesta (establecida en el <i>Combo Box</i>) del grado de libertad 1, en este caso el desplazamiento del grado de libertad 1: D1
9	<i>Data Grid View</i>	Muestra la respuesta dinámica dependiendo de la opción seleccionada en el <i>Combo Box</i> y los valores especificados en la primera tabla. Tiene 6 columnas, cada una lleva su nombre en el encabezado, que corresponde a la primera letra del tipo de respuesta seguida por el número del grado de libertad al que pertenece la respuesta
10	<i>Combo Box</i>	Contiene las opciones del tipo de respuesta: Desplazamientos, Velocidad, Aceleración relativa y absoluta
11	<i>Button</i>	Exporta la respuesta de un mismo tipo de todos los grados de libertad en un archivo de texto. El tipo de respuesta que se exporte será el seleccionada en el <i>Combo Box</i>

La tercera sección (figura 4.27) tiene como objetivo mostrar la respuesta dinámica por modos de vibrar, su diseño es similar a la mostrada en la figura 4.26; tiene también dos tablas con las mismas funciones que la anterior sección, además de un control *ComboBox* para seleccionar el tipo de respuesta y un control *Numeric Up Down* para establecer el grado de libertad para el cual se desea ver la respuesta.

Por cada grado de libertad hay la misma cantidad de modos de vibrar. La tabla secundaria contiene los datos para mostrar la respuesta por modos de vibrar.

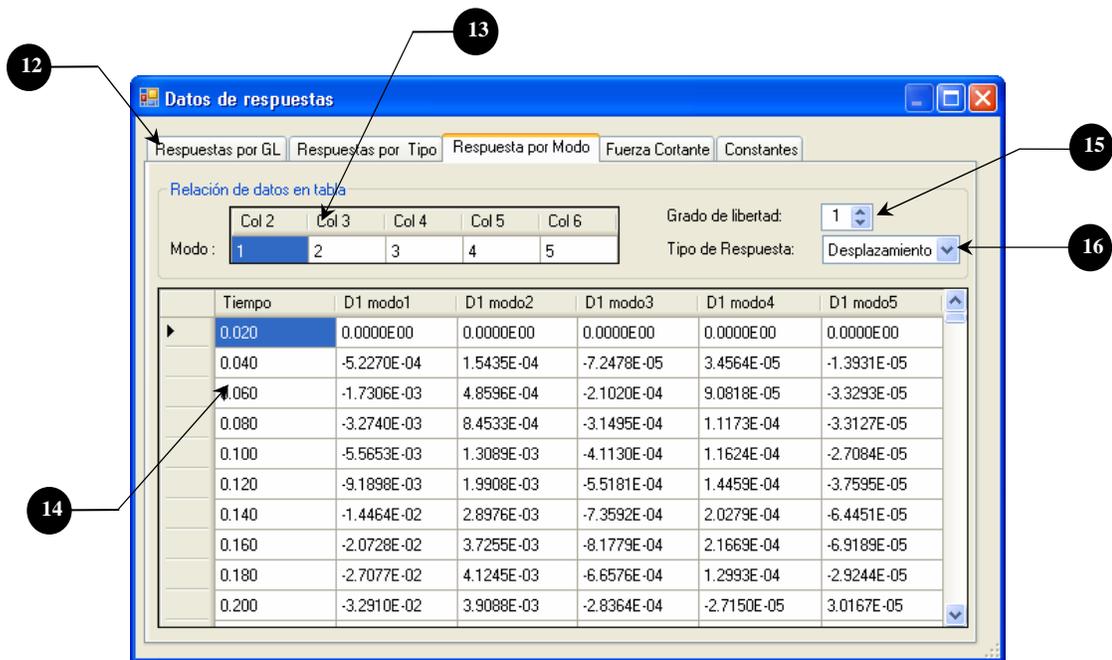


Figura 4.27 Ventana Respuesta numérica por Modo de Vibrar

#	Control	Descripción
12	<i>Tab Page</i>	Tercera sección de la ventana, muestra la respuesta dinámica de un mismo tipo por modos de vibración para cada grado de libertad

13	<i>Data Grid View</i>	Tabla secundaria con una sola fila y 5 columnas, los valores que contiene corresponden a la respuesta por modo de vibrar del grado de libertad que se desee ver. El encabezado de cada columna es el mismo que el de la sección anterior
14	<i>Data Grid View</i>	Muestra la respuesta dinámica dependiendo de la opción seleccionada en el <i>ComboBox</i> , el grado de libertad definido en el control <i>Numeric Up Down</i> y los valores especificados en la primer tabla. Tiene 6 columnas, cada una lleva su nombre en el encabezado, que corresponde a la primera letra del tipo de respuesta seguida por número del grado de libertad al que pertenece la respuesta y por el modo de vibrar que corresponde a la tabla secundaria
15	<i>Numeric Up Down</i>	Establece el grado de libertad al que pertenece la respuesta
16	<i>Combo Box</i>	Contiene las opciones del tipo de respuesta: Desplazamientos, Velocidad, Aceleración relativa y absoluta

La sección número 4 (figura 4.28) muestra la fuerza cortante de cada grado de libertad del oscilador, tiene las mismas tablas que las secciones anteriores y un control de tipo *Button* que permite exportar los datos a un archivo de texto.

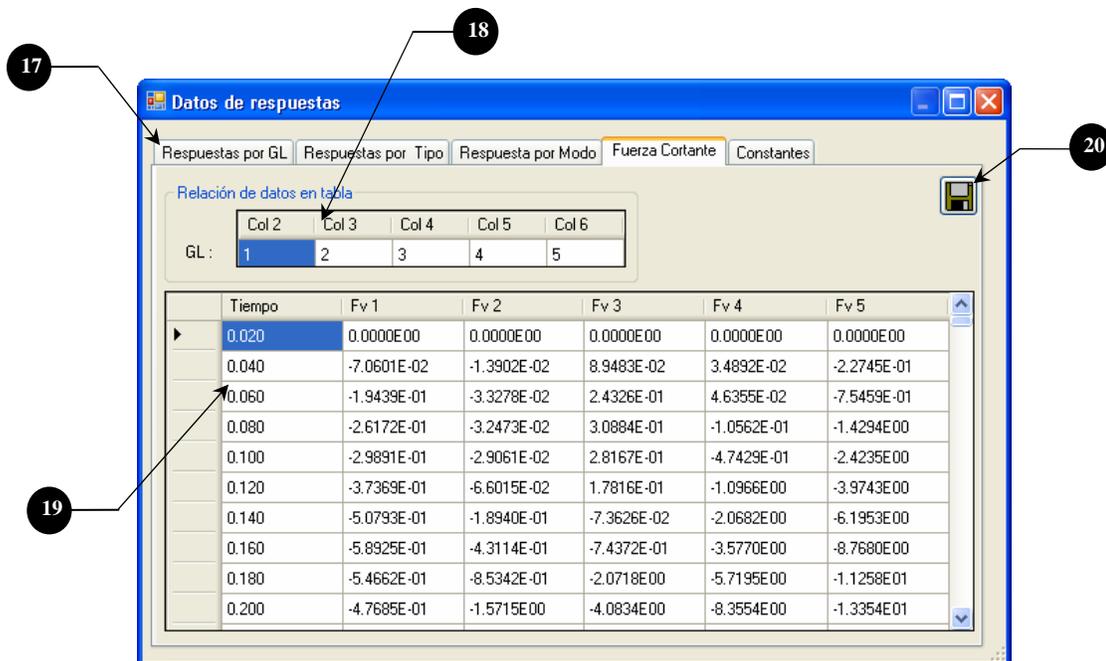


Figura 4.28 Ventana Respuesta numérica de la Fuerza Cortante

#	Control	Descripción
17	<i>Tab Page</i>	Cuarta sección de la ventana, muestra la fuerza cortante para cada grado de libertad
18	<i>Data Grid View</i>	Tabla secundaria con una sola fila y 5 columnas, los valores que contiene corresponden a los grado de libertad que se desee ver. El encabezado de cada columna es el mismo que el de la segunda sección

19	<i>Data Grid View</i>	Muestra la fuerza cortante de los grados de libertad especificados en la primer tabla. Tiene 6 columnas, cada una lleva su nombre en el encabezado, que corresponde a la Fv (fuerza cortante) seguido por número del grado de libertad al que pertenece la respuesta
20	<i>Button</i>	Exporta los datos de la fuerza cortante de todos los grados de libertad en un archivo de texto

La última sección (figura 4.29) muestra los valores de las ocho constantes (4 de desplazamiento y 4 de velocidad) que se obtuvieron para obtener la respuesta de cada grado de libertad del oscilador con sus diferentes periodos de vibrar.

A diferencia de las secciones anteriores, esta tabla puede mostrar los 25 grados de libertad al mismo tiempo.

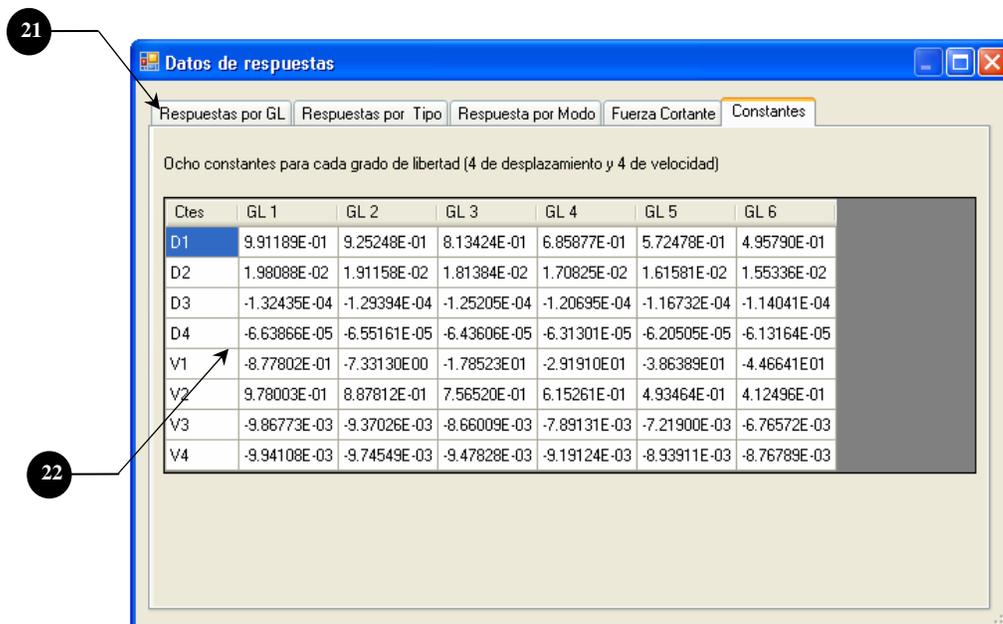


Figura 4.29 Ventana con los valores de las ocho constantes

#	Control	Descripción
21	<i>Tab Page</i>	Quinta sección de la ventana, muestra las ocho constantes para cada grado de libertad del oscilador.
22	<i>Data Grid View</i>	Muestra los valores de las ocho constantes correspondientes a todos los grados de libertad del oscilador. Tiene N columnas, cada una lleva su nombre del grado de libertad en el encabezado.

4.2.4.10. Oscilador

El oscilador de VGL (figura 4.30) queda representado por el sistema de masas y resortes. El control es del tipo *PictureBox* y su objetivo es mostrar los desplazamientos que tiene el oscilador en cada instante de tiempo, debido a la fuerza lateral que se ejerce sobre él.

En esta ventana sólo hay un oscilador (color verde). El fondo del oscilador es similar al de las gráficas de respuesta (cuadrículado con un fondo gris).

En su parte superior aparece una pestaña que incluye el número de grados de libertad del oscilador (ejemplo: $GL=4$) y además cuando la animación está en ejecución se muestra el instante de tiempo en el extremo derecho del control.

Mientras la animación no esté en ejecución el oscilador permanecerá estático en su estado inicial, dibujado al centro del *PictureBox* (desplazamiento = 0).

El ancho del *PictureBox* es de 180 píxeles; su altura dependerá de los grados de libertad del oscilador y se ubica entre las gráficas y la franja de controles del extremo derecho de la ventana.

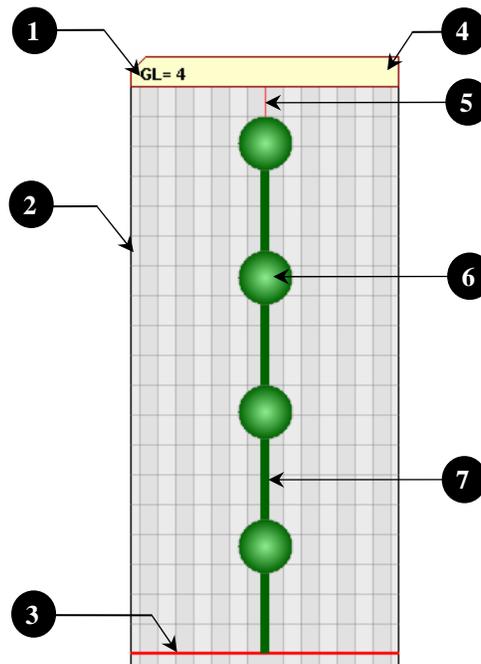


Figura 4.30 Oscilador de VGL

#	Descripción
1	Número de grados de libertad del oscilador
2	Cuadrícula y fondo de color gris, en este caso las líneas verticales y horizontales no tienen valor de escala, como en las gráficas de respuesta.
3	Línea base en la que se desplanta el oscilador
4	Ubicación del texto que corresponde al instante de tiempo t , cuando se ejecuta la animación
5	Eje vertical (línea color rojo) que indica el centro del oscilador y desplazamiento lateral = 0
6	Masas del oscilador
7	Columnas que representan la rigidez del oscilador

4.2.4.11. Espectros de piso

La gráfica (figura 4.31) muestra el espectro de piso (definido en la sección 5.2.3.2) que se genera para un oscilador de VGL. De la misma manera que en la ventana de osciladores de 1GL, el programa no calcula automáticamente estos espectros debido a que necesita algunos parámetros para generarlos. Para indicar al programa que calcule los espectros de piso vea la sección 4.2.5.7.

Una vez que ya han sido calculados los espectros de piso el usuario puede verlos haciendo clic en cualquiera de las masas del oscilador; el espectro aparecerá al lado de la masa en donde haya hecho clic. La gráfica estará visible mientras el usuario no haga clic en cualquier otro lado.

Las características de estas gráficas son similares a la de los espectros de respuesta de la ventana de los osciladores de 1GL. Tienen una pestaña en lo alto de la gráfica y muestran una cuadrícula con fondo de color rojizo. Su tamaño es de 180 x 180 píxeles. El espectro de piso es de color vino para que haya un contraste con el color de fondo.

El espectro de piso que se genera será siempre el de la aceleración absoluta y no hay controles en el programa que modifiquen este parámetro.

La gráfica cuenta con una línea de referencia (vertical) que se mueven cuando el cursor del Mouse pasa sobre la gráfica. Este control no presenta ningún menú secundario.

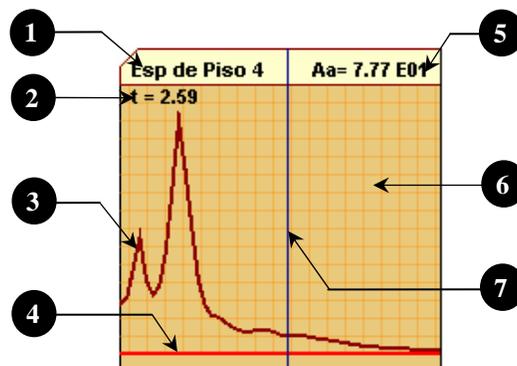


Figura 4.31 Gráfica de espectros de piso

#	Descripción
1	Nombre del espectro seguido del número de grado de libertad al que corresponde
2	Valor del periodo que corresponde al línea de referencia vertical
3	Espectro de piso
4	Línea base que corresponde a la amplitud cero
5	Valor de la amplitud (Aceleración absoluta) que corresponde a la intersección de la línea de referencia con el espectro de piso
6	Fondo del espectro, cuadrículado sin ningún valor de escala
7	Línea de referencia (vertical) que se mueven con el puntero del Mouse cuando pasa sobre la gráfica.

4.2.4.12. Ventana Tipo de amortiguamiento

El objetivo de la ventana es proporcionar al usuario dos formas de establecer los valores de amortiguamiento del oscilador: Amortiguamiento modal y de Rayleigh.

Es una ventana pequeña de 100 x 100 píxeles, de tamaño no modificable. Por medio de los controles permite que el usuario seleccione que tipo de amortiguamiento desea introducir.

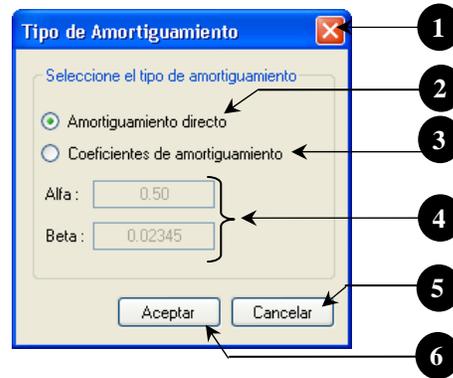


Figura 4.32 Ventana para generar amortiguamientos de Rayleigh

#	Control	Descripción
1	Button	Cierra la ventana sin hacer ningún cambio en el programa
2	Option Button	Opción que permite al usuario introducir directamente los valores del amortiguamiento modal en el <i>control de propiedades</i> . Cuando se selecciona esta opción, los <i>TextBox</i> de la ventana se bloquean.
3	Option Button	Opción que permite introducir los coeficientes Alfa y Beta para calcular los amortiguamientos de Rayleigh. Cuando esta opción es seleccionada, la columna de amortiguamientos en el control de propiedades es bloqueada, debido a que los valores son calculados y no pueden ser modificados por el usuario a menos que seleccione la primera opción.
4	TextBox	Casillas de texto que reciben los coeficientes para calcular los amortiguamientos
5	Button	Calcula los amortiguamientos a partir de los valores introducidos o establece que se pueden ingresar los valores directamente en el <i>control de propiedades</i> , dependiendo de la opción seleccionada. Inmediatamente después se cierra la ventana
6	Button	Cancela la opción seleccionada y cierra la ventana

4.2.4.13. Ventana Propiedades

Su objetivo es mostrar las siguientes propiedades del oscilador:

- ✓ Matriz de masas
- ✓ Matriz de rigidez

- ✓ Periodos y frecuencias de vibrar
- ✓ Amortiguamientos
- ✓ Modos de vibrar
- ✓ Factores de participación
- ✓ Vector de forma

Además, el programa proporciona una opción mediante la cual se pueden exportar todas las tablas de propiedades a un archivo de texto.

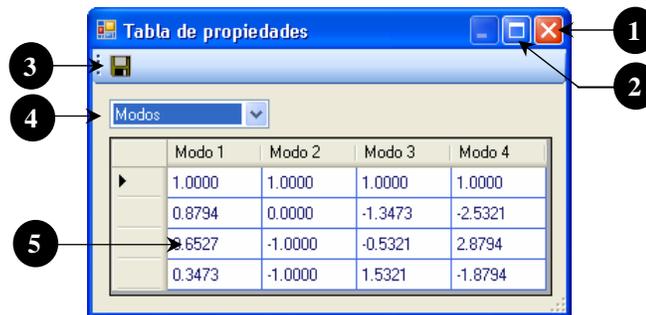


Figura 4.33 Ventana para mostrar las propiedades del oscilador de VGL

#	Control	Descripción
1	Button	Cierra la ventana
2	Button	Maximiza la ventana
3	Button	Exporta todos los datos a un archivo de texto
4	ComboBox	Contiene las opciones antes mencionadas
5	DataGrid View	Muestra los valores de las propiedades especificadas en el <i>ComboBox</i>

4.2.5. Ventanas comunes

Son ventanas secundarias que se usan por igual en ambas ventanas principales (Osciladores 1GL y Osciladores de VGL). En total son 7 ventanas y se dividen de la siguiente manera:

- 3 para generar un tipo de carga
- 2 para mostrar información (ayuda al usuario e proporciona información sobre la aplicación)
- 1 para modificar la apariencia de las gráficas de respuesta
- 1 para introducir los parámetros que generar espectros de respuesta.

4.2.5.1. Ventana de carga senoidal

El objetivo de la ventana es capturar los datos necesarios para crear una señal del tipo senoide. Los datos que se piden para generar la señal son: Amplitud, duración, periodo e intervalo de tiempo entre los puntos que conformarán a la señal.

La manera de generar la señal es con la ecuación 4.6

$$\Omega = \frac{2\pi}{T} \dots\dots\dots(4.5)$$

$$S(t) = A \cdot \text{seno}(\Omega \cdot t) \dots\dots\dots(4.6)$$

Donde:

Ω = frecuencia de la señal en rad

T = periodo en s

t = tiempo en s, se incrementa desde cero hasta la duración tota, en intervalos de tiempo Δt

A = amplitud

S (t) = vector de datos de la señal

El usuario ingresa los valores a través de los controles de tipo *Textbox* que se encuentran en la parte izquierda de la ventana (figura 4.34), además la ventana cuenta con una imagen en la que se indican cada parámetro de la señal.

La ventana tiene dos botones (Aceptar y Cancelar) para que el usuario indique al programa que genere o no la señal en base a los valores ingresados. Si el usuario hace clic en el botón aceptar, el programa carga automáticamente la señal, al mismo tiempo que cierra la ventana. En caso contrario, si el usuario hace clic en el botón cancelar o cerrar, el programa no carga la señal y además cierra la ventana.

La ventana no se puede maximizar ni minimizar, es de un sólo tamaño y tiene sólo un botón de control (cerrar) en la parte superior. Cada vez que se abra esta ventana el usuario no podrá acceder a la aplicación principal hasta que cierra dicha ventana.

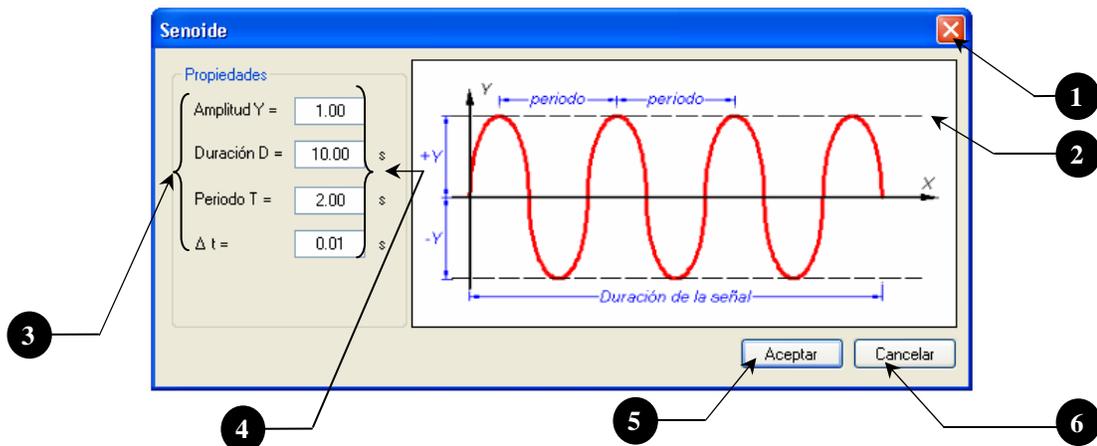


Figura 4.34 Ventana del tipo de carga Senoide

#	Control	Descripción
1	Botón Cerrar	Cierra la ventana sin generar la señal
2	PictureBox	Muestra una imagen que indica las características de una señal senoidal

3	Etiquetas	Indican el nombre de los parámetros de la señal
4	<i>TextBox</i>	Reciben los datos numéricos para crear la señal
5	Botón Aceptar	Cierra la ventana y crea la señal senoidal a partir de los datos introducidos
6	Botón Cancelar	Cierra la ventana y cancela los datos capturados

4.2.5.2. Ventana lectura de archivo de datos

El objetivo de la ventana es leer un archivo de texto que contenga información numérica para crear una señal de tipo arbitraria.

Cuando el usuario seleccione esta opción del menú de tipo de carga, lo primero que verá será un cuadro de dialogo (predeterminado por Windows) para que indique la ubicación del archivo, una vez hecho esto, el programa abre la ventana (figura 4.35) y muestra el contenido de dicho archivo.

El programa puede abrir cualquier archivo de texto pero no significa que siempre se pueda procesar la información contenida. Para ello es necesario que el archivo tenga el siguiente formato:

- ✓ Los datos que se procesen deben ser sólo datos numéricos
- ✓ Los datos pueden estar acomodados en columnas
- ✓ El archivo debe tener un mínimo de 50 datos y un máximo de 12000 por columna

Los datos numéricos del archivo deben corresponder a la amplitud de la señal. La separación de tiempo entre los datos se toma como un valor constante (Δt) y se especifica en un control *TextBox* dentro de la ventana.

Cuando los archivos tengan, además de los datos numéricos, otro tipo de texto como información acerca del registro, fecha, hora, lugar, etc. el usuario puede quitar dicha información directamente del control con tan sólo seleccionar y borrar los datos que no sean numéricos. Es importante aclarar que el programa al abrir el archivo de texto crea una copia del mismo, así cuando el usuario modifica el archivo en realidad el original no sufre cambio alguno.

La ventana está programada para leer los datos del archivo en un formato de varias columnas, como se muestra en la ventana de la figura 4.35; esto lo hace bastante práctico, pues es común que los archivos de registros sísmicos contengan más de una columna de datos.

De los tipos de carga que hay disponibles en el programa, éste se considera como el más general de todos, pues por medio de un archivo de texto el usuario puede ingresar cualquier tipo de señal que desee, basta con crear su señal y guardarla en un archivo. Además de esto, el usuario puede introducir registros de instrumentación sísmica ya que también son creados como archivos de texto.

Una de las opciones del programa es que puede guardar, si así lo especifica el usuario, los registros que se lean del archivo en la base de datos del programa.

La ventana tiene controles que le permiten ajustarse al tamaño de la pantalla, esto con el fin de que se vea en un mayor espacio la información del archivo. Esta última se muestra a través de un control de tipo *RichTextBox* que se encuentra ubicado en la parte izquierda de la ventana, los demás controles

sirven para especificar el número de columnas, el intervalo de tiempo (Δt) y determinar si se desea guardar en la base de datos.

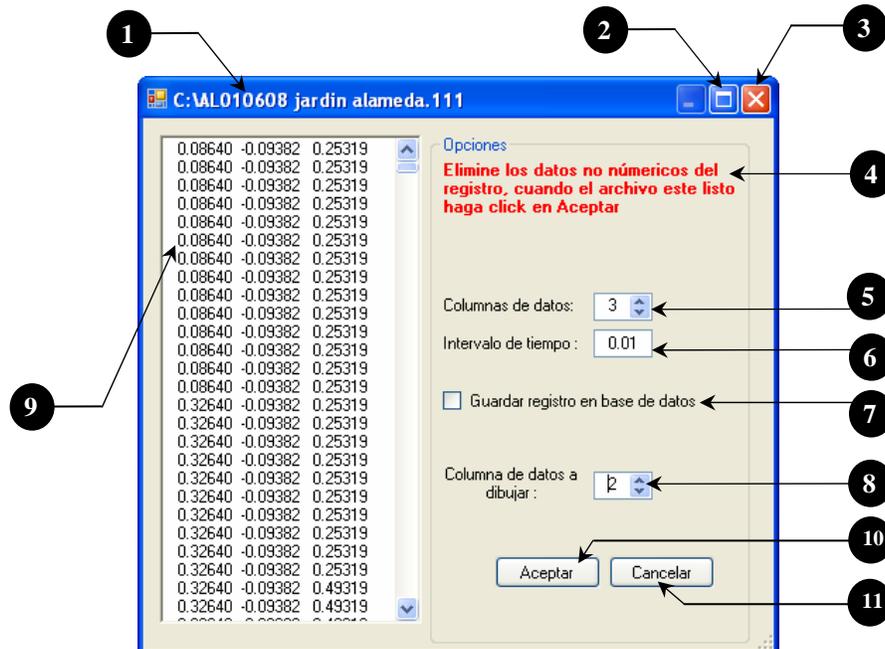


Figura 4.35 Ventana para abrir un archivo de texto

#	Control	Descripción
1	Título	Ubicación del archivo de texto
2	Botón Maximizar	Se maximiza la ventana
3	Botón Cerrar	Cierra la ventana sin cargar la señal
4	Etiqueta	Mensaje para el usuario elimine los datos innecesarios del archivo
5	Control numérico	Permite especificar el número de columnas de datos que tiene el archivo
6	TextBox	Recibe el valor de las muestras por segundo de la señal en el archivo
7	CheckBox	Al activar esta opción y oprimir el botón aceptar se abre una ventana donde permite guardar las señales del archivo como registros en la base de datos del programa.
8	Control numérico	A través de éste se especifica cuál columna de datos se cargará al programa.
9	Rich Text Box	Muestra el contenido del archivo de texto, se puede ingresar texto o eliminar directamente desde él. (El archivo original no sufre ningún cambio)
10	Botón Aceptar	Cierra la ventana y carga la señal a partir de los datos introducidos
11	Botón Cancelar	Cierra la ventana y cancela los datos capturados

4.2.5.3. Ventana Base de Datos

El objetivo de la ventana es guardar y mostrar los registros de la base de datos; esto con el fin de proporcionarle al usuario una manera rápida de aplicar carga de tipo arbitraria a los osciladores.

Los registros de la base de datos son archivos de texto guardados en una carpeta llamada *Registros* y se ubica en la carpeta donde se instaló el programa. Cuando se abre la ventana el programa hace un enlace a la carpeta y muestra los nombres de los archivos que encuentra.

No es necesario que el usuario tenga conocimiento de esta carpeta para usar la base de datos, ya que el programa vincula inmediatamente la carpeta con él mismo para que el usuario a través de la aplicación manipule la base de datos.

Cada vez que el usuario hace cambios (agregar, cambiar nombre, borrar, etc.) en la base de datos, el programa efectúa dichos cambios en los archivos de texto.

El tamaño de la ventana no es modificable y tiene un sólo botón de control (cerrar) en la parte superior de la misma. A través de un control de tipo *TabPage* (pestañas) la ventana muestra dos grupos de opciones diferentes: “Registros existentes” y “Guardar”.

La pestaña “Registros existentes” (figura 4.36) cuenta con un control de tipo *ListBox* ubicado en la parte izquierda de la ventana, que enlista los registros existentes en la base de datos. Al hacer clic sobre alguno de estos registros el usuario puede ver las propiedades de ellos (número de puntos, intervalo de tiempo, fecha de creación del registro y unidades de la amplitud) en la parte derecha de la ventana.

El usuario puede eliminar registros de la base de datos o cambiarles el nombre, esto con la ayuda del menú emergente en el control *ListBox*. Complementan al grupo de controles los botones Actualizar y Cargar señal ubicados en la parte inferior derecha de la ventana.

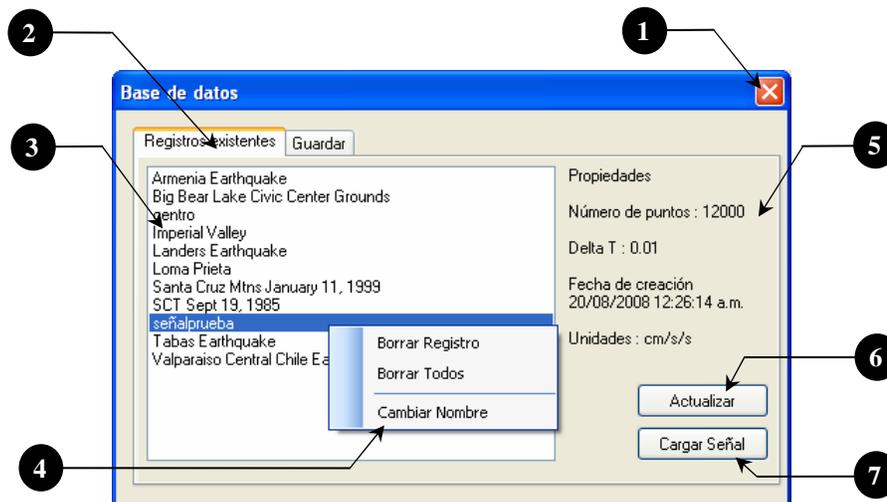


Figura 4.36 Ventana base de datos (Ver registros)

#	Control	Descripción
1	Botón cerrar	Cierra la ventana sin agregar ningún registro a la base de datos ni cargar señal alguna al programa.

2	Tab page	Divide a la ventana en dos grupos: <i>Registros existentes</i> y <i>Guardar</i>
3	ListBox	Muestra la lista de los registros que se encuentran en la base de datos
4	Menú emergente	Menú secundario que aparece al hacer clic derecho sobre el control <i>ListBox</i>
	<i>Borra registro</i>	Borra el registro (seleccionado en el <i>ListBox</i>) permanentemente de la base de datos
	<i>Borrar todos</i>	Borra todos los registros permanentemente de la base de datos
	<i>Cambiar nombre</i>	Permite que el usuario cambie el nombre del registro
5	Label	Muestra las propiedades (Número de puntos, intervalo de tiempo, fecha de creación y unidades) del registro que esté seleccionado
6	Botón	Actualiza la base de datos en caso de que el usuario haya modificado la carpeta contenedora de los registros
7	Botón	Carga el registro seleccionado al programa

La pestaña “Guardar” (figura 4.37) permite agregar nuevos registros a la base de datos. La ventana cuenta con dos controles de tipo *ListBox*, el de la parte izquierda enlista los registros que están disponibles para guardar, y el de la parte derecha muestra los registros que se seleccionaron para agregar a la base de datos.

Para que el control *ListBox* izquierdo muestre algún registro disponible, es forzoso que el usuario seleccione la opción “Guardar en base de datos” en la ventana “*abrir archivo de texto*”.

Los registros mostrados en el *ListBox* izquierdo tendrán el mismo nombre que el archivo de datos abierto en la ventana “*abrir archivo de texto*” seguido de la identificación de la columna (ejemplo: C-1), la letra C es por columna y el número corresponde al de la columna, numerada de izquierda a derecha en el archivo de texto. En caso de que se especifique que el archivo de datos contenga una sola columna de datos, el nombre de registro no llevará dicha identificación.

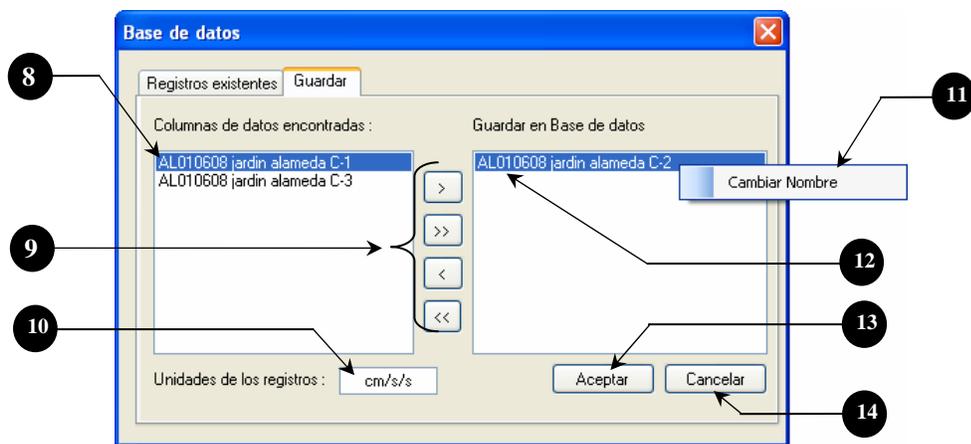


Figura 4.37 Ventana base de datos (Guardar registros)

Si el usuario desea que su registro se guarde con un nombre diferente del que el programa le asigne, basta con hacer clic derecho sobre él en el control *ListBox* derecho y seleccionar en el menú emergente “*Cambiar nombre*”.

#	Control	Descripción
8	<i>ListBox</i>	Muestra la lista de los registros disponibles (columnas de datos) en el archivo de texto abierto en la ventana “ <i>abrir archivo de texto</i> ”
9	Botones	Sirven para agregar o quitar los registros del <i>ListBox</i> derecho
10	<i>TextBox</i>	Recibe un texto que indica las unidades de los valores de los registros. No tiene ningún formato establecido y el usuario puede ingresar o no un texto que le ayude a recordar las unidades de su registro
11	Menú emergente	Menú secundario que aparece al hacer clic derecho sobre el control <i>ListBox</i> derecho, su única opción permite al usuario cambiar de nombre a los registros
12	<i>ListBox</i>	Muestra la lista de los registros que el usuario selecciono para agregar a la base de datos
13	Botón	El programa agrega los registros en el <i>ListBox</i> derecho a la base de datos acción seguida de cerrar la ventana
14	Botón	El programa cierra la ventana sin agregar ningún registro a la base de datos

4.2.5.4. Ventana Ayuda

Para proporcionar una guía con temas de ayuda (función cumple cada control dentro del programa) al usuario, se creó un archivo externo de tipo *chm*. Éste no fue desarrollado directamente en Visual Studio, como el resto del programa, sino que para su creación se utilizó la aplicación *Microsoft HTML WorkShop*¹. Este programa recibe archivos de tipo HTML (paginas) con la información que se desea mostrar en la ayuda y se especifican algunas características para el archivo, tales como: botones a usar y nombre del mismo.

Cuando toda la información está contenida en el HTML WorkShop, ésta se compila para crear un archivo de extensión *chm*. El mismo HTML WorkShop se encarga de genera los controles y ventanas necesarias para que el archivo tenga una apariencia como la que se muestra en la figura 4.38.

Para enlazar el archivo *chm* con la aplicación hecha en Visual Studio, se hace a través de la siguiente instrucción de código.

```
Me.HelpProvider1.HelpNamespace = "Ayuda.chm"
System.Windows.Forms.Help.ShowHelp(Me, Me.HelpProvider1.HelpNamespace)
```

Código fuente 4.1 Enlace al archivo de ayuda.chm

En la primera línea del código fuente 4.1 se especifica al control *Helpprovider1* el nombre del archivo de ayuda requerido: *Ayuda.chm*. En la segunda línea, se indica al programa que muestre el archivo de ayuda contenido en el control *HelpProvider1* cuando sea llamado por el usuario.

El archivo de ayuda muestra un sólo formulario que está dividido en dos partes principales: la hoja de menús y la hoja para mostrar la información.

¹ Programa de Microsoft, Copyright 1996-199 para crear archivos de ayuda. Descargado de la pagina oficial de Microsoft

Varias páginas de información tienen vínculos (links hacia otras hojas dentro del archivo) que le dan mayor versatilidad al archivo de ayuda, pues el usuario puede saltar desde una página a temas relacionados con lo que esté leyendo. Para navegar entre las hojas de información, el programa coloca una barra de herramientas en la parte superior de la ventana.

El archivo de ayuda sólo tiene información acerca del uso de los controles del programa y no proporciona ningún algoritmo de cálculo, si el usuario necesita conocer más a fondo el funcionamiento del programa, tendrá que consultar la información contenida en el capítulo siguiente.

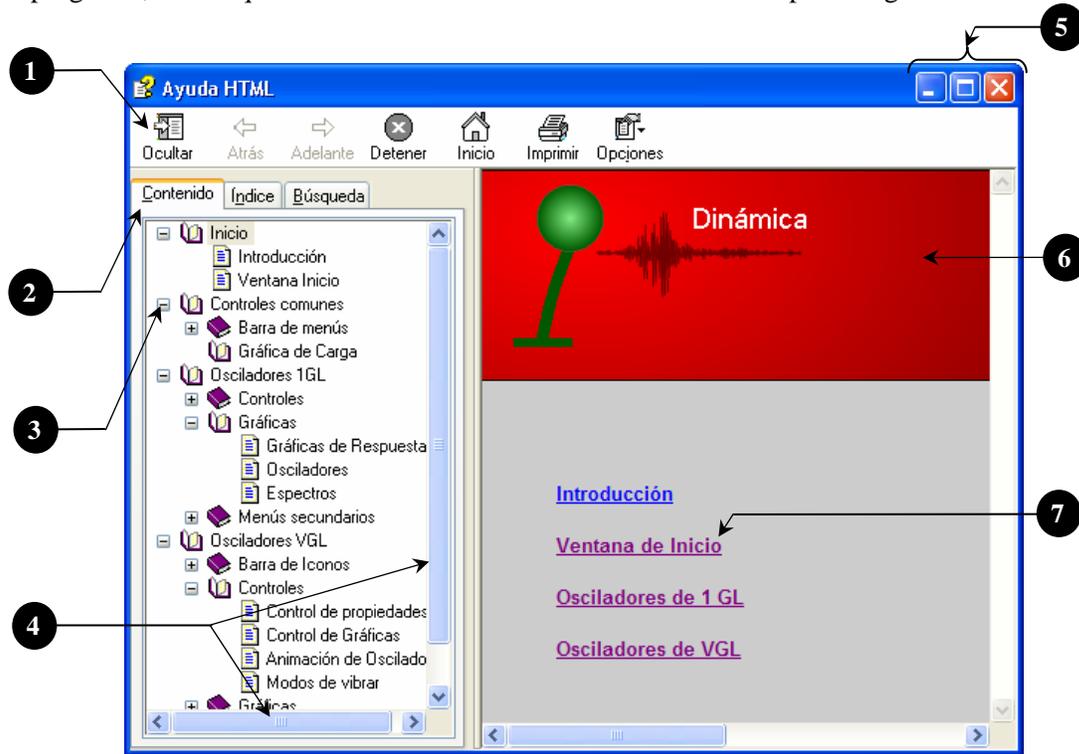


Figura 4.38 Ventana de ayuda

#	Control	Descripción
1	Barra de herramientas	Botones para navegar dentro del archivo de ayuda
	<i>Ocultar</i>	Oculto la hoja de menús (parte izquierda de la ventana)
	<i>Atrás</i>	Coloca la hoja de información anterior
	<i>Siguiente</i>	Muestra la siguiente hoja de información
	<i>Detener</i>	Suspende el proceso de cambiar de hoja
	<i>Inicio</i>	Regresa a la hoja de inicio del archivo de ayuda
	<i>Imprimir</i>	Abre una ventana con opciones para imprimir la información
	<i>Opciones</i>	Reúne las opciones anteriores en un menú desplegable
2	Tab Page	Divide a la hoja de menús en tres partes
	<i>Contenido</i>	Muestra los temas de ayuda de forma jerárquica, de arriba hacia abajo
	<i>Índice</i>	Coloca todos los temas ordenados alfabéticamente
	<i>Búsqueda</i>	Enlista los temas relacionados con una brusqueda que el usuario haya definido.

3	Hoja de menús	Contiene los temas que hay en el archivo de ayuda
4	Barras de desplazamiento	Permiten moverse por la ventana, se habilitan cuando la información contenida rebasa el tamaño de la hoja
5	Botones	Botones para controlar el estado de la ventana, (Minimizar, maximizar y cerrar)
6	Hojas de información	Es la parte más importante, aquí se muestra la información de ayuda contenida en las paginas HTML que se compilaron anteriormente
7	Links	vínculos en la paginas de ayuda, que permiten saltar a otras hojas, dentro del archivo de ayuda, relacionadas con el tema

4.2.5.5. Ventana Acerca de...

Su función es mostrar al usuario información acerca de la aplicación: Nombre, versión, derechos de autor y nombre del desarrollador, así como una breve descripción del objetivo del programa.

Es una ventana parecida a la ventana de presentación, pero ésta se abre en cualquier momento que el usuario lo requiera. Su tamaño es pequeño de 373 x 244 píxeles, presenta un sólo botón en la parte superior de la ventana. No tiene controles para ingresar o modificar valores, pues es una ventana para dar un mensaje al usuario.



Figura 4.39 Ventana acerca de...

#	Control	Descripción
1	Botón Cerrar	Cierra la ventana
2	<i>PictureBox</i>	Muestra una imagen de fondo, la cual está compuesta por un fondo de color rojo, un oscilador de 1GL y una señal de respuesta. Adicionales a éste, se colocaron textos para la información del programa.
3	<i>Rich Text Box</i>	Contiene una breve descripción del objetivo del programa

4.2.5.6. Ventana Apariencia

Su función es modificar las características (color de línea, grosor y escala de tiempo) de la gráfica de respuesta sobre la que se hizo clic derecho. La ventana es valida para cada gráfica de respuesta en ambas ventanas principales. Cada vez que se abra la ventana tomará los valores de las características que tenga la gráfica en ese momento, color, grosor y equidistancia en la escala de tiempo.

Por default las características iniciales son: color de línea verde, grosor igual a cero y separación de la cuadrícula de 1 segundo.

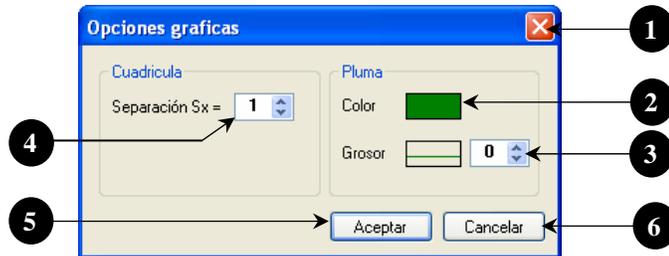


Figura 4.40 Ventana de Opciones Gráficas

#	Control	Descripción
1	Botón Cerrar	Cierra la ventana sin efectuar cambio alguno sobre la señal
2	<i>PictureBox</i>	Muestra el color de la línea de la señal, para cambiarlo haga clic sobre él y seleccione otro color
3	<i>NumericUpDown</i>	Grosor de la línea de la gráfica
4	<i>NumericUpDown</i>	Separación vertical de la malla
5	<i>Button</i>	Cierra la ventana y ejecuta los cambios especificados
6	<i>Button</i>	Cierra la ventana sin efectuar cambio alguno sobre la señal

4.2.5.7. Ventana Espectros de respuesta

Esta ventana recibe los parámetros para generar espectros de respuesta o de piso según sea el caso. El programa maneja bloques de espectros, éstos son grupos de 4 respuestas: desplazamiento, velocidad y aceleraciones.

Para cada grupo de espectros el usuario debe definir el amortiguamiento y las condiciones iniciales. Cada uno debe ser diferente del otro al menos en un valor, porque si el programa detecta que los parámetros son exactamente los mismos automáticamente suprimirá los grupos de que se repitan.

Independientemente del grupo de espectros que se defina, el usuario debe introducir los datos de periodo inicial, final e intervalo de tiempo entre estos dos.

Para los espectros de repuesta, el programa sólo permite que se definan un total de 500 puntos y para los espectros de piso sólo 100. Para ambos casos el mínimo número de puntos es de 10.

El número de puntos para el espectro se obtiene con la siguiente manera:

$$puntos = \frac{T_f - T_i}{\Delta t} \dots\dots\dots(4.7)$$

Donde:

T_i = Período inicial en s

T_f = Período final en s

Δt = Intervalo de tiempo en s

En el caso de los espectros de repuesta, se pueden definir de 1 a 3 bloques, pero para el caso de los espectros de piso sólo puede haber uno.

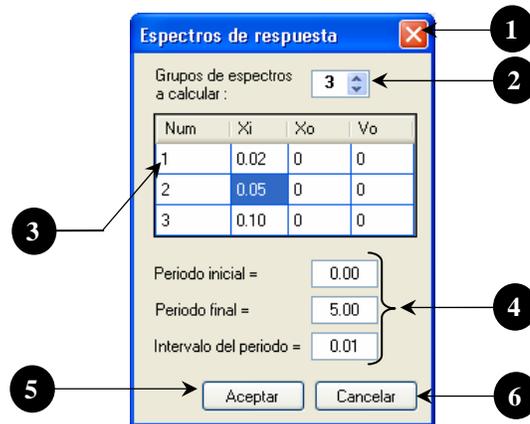


Figura 4.41 Ventana para generar Espectros de respuesta

#	Control	Descripción
1	Botón Cerrar	Cierra la ventana sin generar ningún espectro
2	<i>Numeric Up Down</i>	Establece el número de bloques de espectros que habrá en el control <i>Data Grid View</i>
3	<i>Data Grid View</i>	Recibe los parámetros para cada uno de los bloques de espectros, el encabezado de cada columna indica a que corresponde cada valor
4	<i>TextBox</i>	Recibe los datos de los periodos final, inicial e intervalo entre puntos
5	<i>Button</i>	Acepta los parámetros para generar los espectros, aparecerá un mensaje que avisa al usuario cuantos bloques de espectros va a calcular (ver figura 4.2a)
6	<i>Button</i>	Cierra la ventana sin generar ningún espectro

Al hacer clic en el botón aceptar (figura 4.41) aparece la ventana (figura 4.42a); si el usuario está de acuerdo con el número de bloques de espectros a calcular al hacer clic en aceptar se abrirá la ventana (figura 4.42b) con una barra progresiva que va indicando el avance del cálculo.

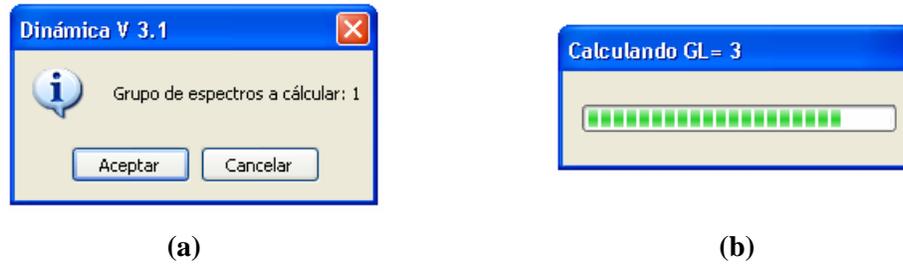


Figura 4.42 Ventanas auxiliares

En caso contrario, al hacer clic en el botón cancelar (figura 4.42a), la ventana se cierra y el programa regresa a la ventana de los espectros de respuesta (figura 4.41) para que el usuario modifique los parámetros que sean necesarios. En el título de la ventana (figura 4.42b) indica el grado de libertad que se está calculando; para el caso de los espectros de respuesta siempre se mostrará la leyenda $GL=1$.