



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MATERIALES

Área de estructuras

*Paquete computacional: Gen-Edif3D*

MANUAL DE USUARIO

**DR. DANTE TOLENTINO LÓPEZ**  
**M.I. GERARDO JESÚS VARELA SÁNCHEZ**

**SEPTIEMBRE 2022**



# ÍNDICE

<b>1. CONTENIDO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. INNOVACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>3. OBJETIVO.....</b>	<b>4</b>
<b>4. ALCANCES .....</b>	<b>5</b>
<b>5. REQUERIMIENTOS .....</b>	<b>5</b>
<b>6. DESCRIPCIÓN DE Gen-Edif3D .....</b>	<b>5</b>
<b>7. INSTALACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>8. DESINSTALACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>9. INTERFAZ GRAFICA DE Gen-Edif3D .....</b>	<b>12</b>
<b>9.1 Formulario de entrada .....</b>	<b>13</b>
<b>9.2 Botones de acción.....</b>	<b>15</b>
<b>9.3 Cargar espectro .....</b>	<b>16</b>
<b>10. MODO DE USO.....</b>	<b>17</b>
<b>11. REFERENCIAS.....</b>	<b>31</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Archivo de instalación. ....	6
Figura 2. Pantalla de bienvenida de la instalación. ....	7
Figura 3. Selección de la carpeta de instalación.....	7
Figura 4. Instalación de MATLAB® Runtime.....	8
Figura 5. Términos y condiciones de MATLAB® Runtime. ....	8
Figura 6. Configuración de las carpetas de instalación. ....	9
Figura 7. Proceso de descarga de MATLAB® Runtime. ....	9
Figura 8. Instalación de MATLAB® Runtime.....	10
Figura 9. Instalación finalizada. ....	10
Figura 10. Desinstalación del programa. ....	11
Figura 11. Ventana principal de Gen-Edif3D.....	12
Figura 12. Formulario de entrada. ....	13
Figura 13. Ventana de espectro de diseño. ....	16
Figura 14. Ruta de ubicación del programa.....	17
Figura 15. Ventana principal del programa. ....	17
Figura 16. Formulario con datos para la generación de modelos estructurales. ....	18
Figura 17. Abrir archivo con información de estructura. ....	18
Figura 18. Mensaje de confirmación “Archivo Cargado”. ....	19
Figura 19. Guardar archivo con información de estructura.....	19
Figura 20. Estructura del archivo guardado.....	20
Figura 21. Mensaje de confirmación “Archivo Guardado”.....	20
Figura 22. Gráfico generado con las opciones descritas en el formulario de entrada. ....	21
Figura 23. Mensaje de confirmación “Gráfico Actualizado”. ....	21
Figura 24. Ventana del espectro de diseño y mensaje de confirmación “Archivo de espectro cargado”. ....	22
Figura 25. Archivo .e2k con propiedades básicas de la estructura. ....	22
Figura 26. Cuadros de selección. ....	23
Figura 27. Mensaje de confirmación “Modelos generados”. ....	23
Figura 28. Estructura de la base de datos con la información de las secciones generadas...	23
Figura 29. Carpeta con archivos .e2k generados.....	24
Figura 30. Mensaje de confirmación “Modelos exportados”. ....	24
Figura 31. a) Pantalla de presentación de ETABS® y b) Modelo generado automáticamente.....	25
Figura 32. Base de datos con las distorsiones de entrepiso y peso de la estructura de cada modelo generado. ....	26
Figura 33. Carpeta con los gráficos de resultados.....	26
Figura 34. Archivo de reporte de resultados. ....	27
Figura 35. Preferencias para el diseño de elemento de concreto reforzado. ....	28
Figura 36. Búsqueda de archivo EDB desde ETABS. ....	28
Figura 37. Opciones de exportación de datos hacia Excel®. ....	29
Figura 38. Selección de tablas para exportar a Excel®. ....	29

Figura 39. Guardar tablas en formato .xlsx. ....	30
Figura 40. Archivo en Excel® con las áreas del armado.....	30
Figura 41. Pregunta de confirmación para salir del programa. ....	30

# **1. CONTENIDO**

El presente documento tiene la finalidad de explicar de manera clara y sencilla el uso del paquete computacional Gen-Edif3D. El programa Gen-Edif3D se desarrolla con la finalidad de apoyar al contenido sintético de las UEAs de la licenciatura en Ingeniería Civil como son: 1143021 Ingeniería Sísmica, 1143038 Taller de Análisis Estructural y 1143051 Proyecto de Edificios. Así mismo, Gen-Edif3D apoya en ciertos temas del contenido sintético de las UEAs 1148063 Taller de Análisis Estructural Matricial y 1148067 Taller de Análisis Estructural no Lineal que se imparten en la Maestría en Ingeniería Estructural de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.

# **2. INNOVACIÓN**

El paquete computacional Gen-Edif3D es un programa de cómputo que ayuda al usuario a contar con un conjunto opciones ideales para el diseño estructural de un mismo edificio de concreto reforzado en 3D. Esta innovación no la tiene ningún programa comercial o desarrollo de software hasta el momento. La selección de los edificios ideales se sustenta en que todas las posibles opciones cumplen con normativa en términos de estados límite (servicio y colapso), de acuerdo con la normativa actual (NTC-2017, 2017) y con el mínimo peso estructural. El programa Gen-Edif3D agiliza el proceso de concepción y diseño de los diferentes elementos estructurales que componen el edificio comparado con el proceso tradicional. El diseño tradicional se hace de manera iterativa mediante un proceso de prueba-error para obtener una sola configuración, misma que no necesariamente corresponde a la configuración ideal en términos de desempeño y costo. Así mismo, este proceso tradicional de diseño sísmico demanda varias horas para poder contar con una solución, en cambio, el programa Gen-Edif3D agiliza el proceso de horas-hombre a minutos y, da la posibilidad de escoger dentro de varias soluciones, la mejor solución a juicio del usuario.

# **3. OBJETIVO**

Desarrollar un paquete computacional para el diseño sísmico de edificios de concreto reforzado.

## 4. ALCANCES

- Aplicable a edificios estructurados a base de marcos de concreto reforzado con geometría en planta regular, rectangular o cuadrada.
- No considera el efecto de la interacción suelo estructura.
- El efecto de torsión no es considerado.

## 5. REQUERIMIENTOS

Sistema operativo:	Windows 11 Windows 10 (versión 1909 o superior) Windows Server 2019
Arquitectura:	32 y 64 bits
Procesador:	Mínimo: Cualquier Intel o AMD x86-64
RAM:	Mínimo 4GB, recomendado 8GB
Almacenamiento:	1 GB
Software de apoyo:	Microsoft® Excel® Etabs® ver. 18.1.1

## 6. DESCRIPCIÓN DE Gen-Edif3D

El paquete computacional Gen-Edif3D es codificado en Matlab® y este se utiliza desde un ejecutable. Gen-Edif3D puede crear y editar de manera libre las opciones deseadas o abrir una configuración de edificio previa desde un archivo existente. Cada vez que se modifica la geometría, la ventana principal de Gen-Edif3D actualiza la figura del edificio. Así mismo, permite importar la solicitación o carga de diseño que se define desde el programa SASID®. El programa SASID es de uso libre y permite generar el espectro de diseño, es decir, la acción o solicitación sísmica de diseño. Una vez que el usuario finaliza con la captura de datos, se crea una estructura base con extensión. e2k. La extensión .e2k es una hoja de instrucciones con las características mecánicas, geométricas, solicitaciones, condiciones de frontera, casos de carga, etc. que se requieren para que el programa ETABS® pueda generar el modelo de edificio y hacer los análisis correspondientes.

Con base en la estructura base, se genera un conjunto de modelos en los que se proponen diferentes secciones de elementos principales (vigas y columnas) que se prueban para valorar si dicha solución es viable en términos de desempeño y peso. Una vez que se seleccionan las soluciones viables, el programa permite guardar un archivo con las configuraciones seleccionadas por el usuario. Así mismo, el programa incluye opciones precargadas con la finalidad de reducir el tiempo para la creación de un modelo estructural.

Gen-Edif3D cuenta con las siguientes consideraciones predefinidas

- Unidades en tonf, m, c
- Instrucción automática para el diseño de estructuras de concreto reforzado.
- Generación y asignación automática de cargas en losas de azotea y entrepiso.
- Uso de losa maciza de concreto reforzado como sistema de piso.
- Carga automática de casos y combinaciones de cargas determinadas por el reglamento vigente.

## 7. INSTALACIÓN

Para poder utilizar Gen-Edif3D es necesario instalar una paquetería de Matlab que contiene lo necesario para poder ejecutar Gen-Edif3D. Los pasos para llevar a cabo la instalación se enlistan a continuación:

1. Introduce la unidad de almacenamiento donde está ubicado el programa de instalación Gen\_Edif3D 1.0.
2. Ir a la unidad de disco que corresponda y abrir la carpeta instalación (ver Figura 1).

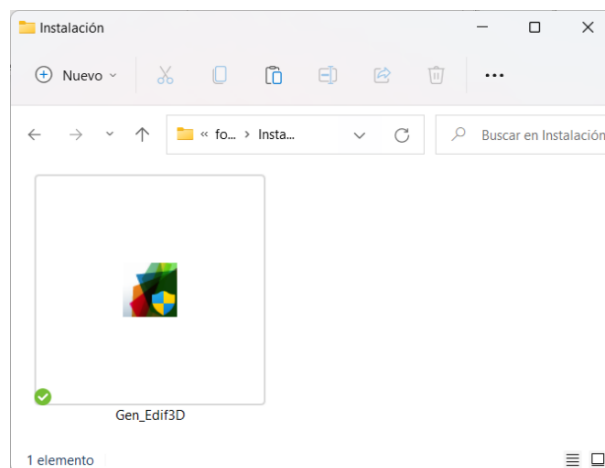


Figura 1. Archivo de instalación.

3. Ejecutar el archivo de instalación **Gen-Edif3D 1.0**.
4. En la pantalla de bienvenida, hacer clic en siguiente (ver Figura 2).

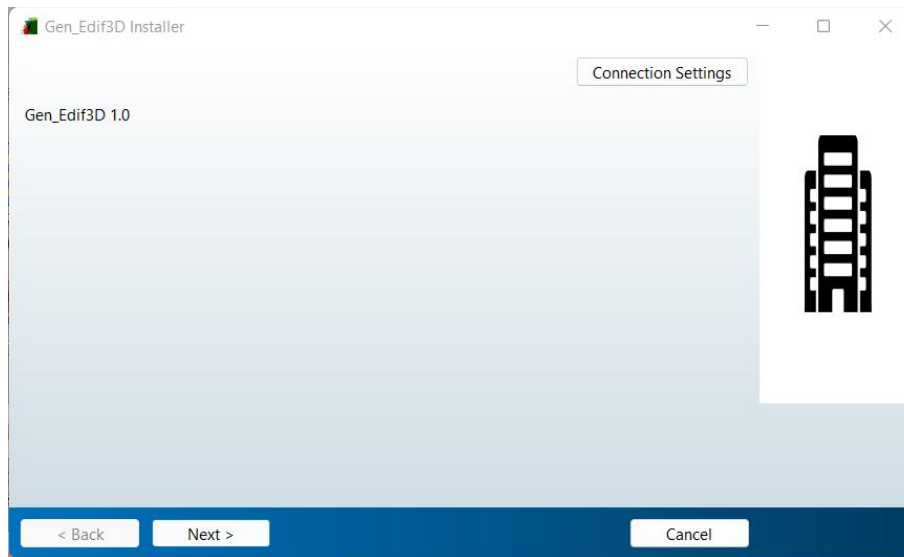


Figura 2. Pantalla de bienvenida de la instalación.

5. Seleccionar la carpeta de instalación. No agregar acceso directo en el escritorio, para evitar conflictos de directorios durante la instalación del programa. Hacer clic en siguiente (ver Figura 3).

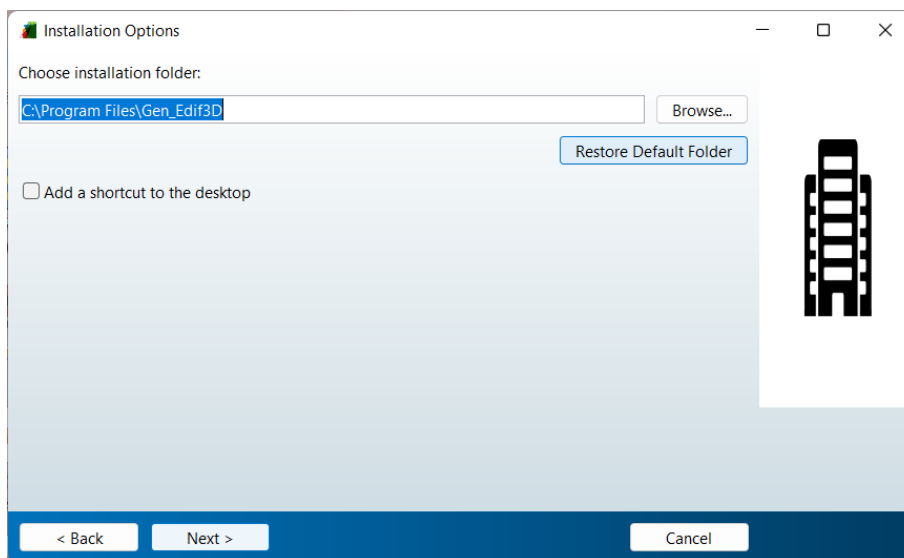


Figura 3. Selección de la carpeta de instalación.

7. Si no cuenta con el programa MATLAB® Runtime en su equipo, el programa de instalación iniciará la descarga de la paquetería de instalación. Se recomienda



instalarlo en carpeta por defecto. Acceso a internet requerido. Hacer clic en siguiente (ver Figura 4).

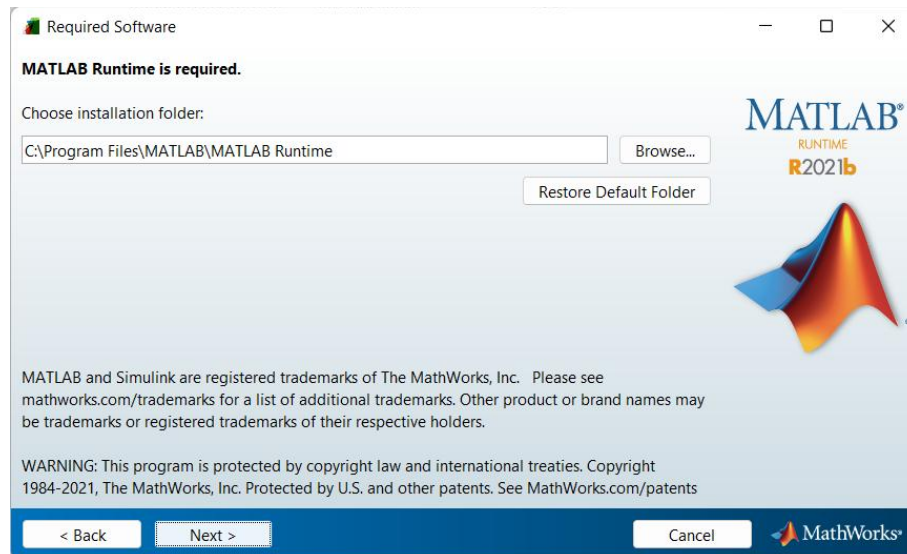


Figura 4. Instalación de MATLAB® Runtime.

8. Aceptar los términos y condiciones de MATLAB® Runtime y, hacer clic en siguiente (ver Figura 5).

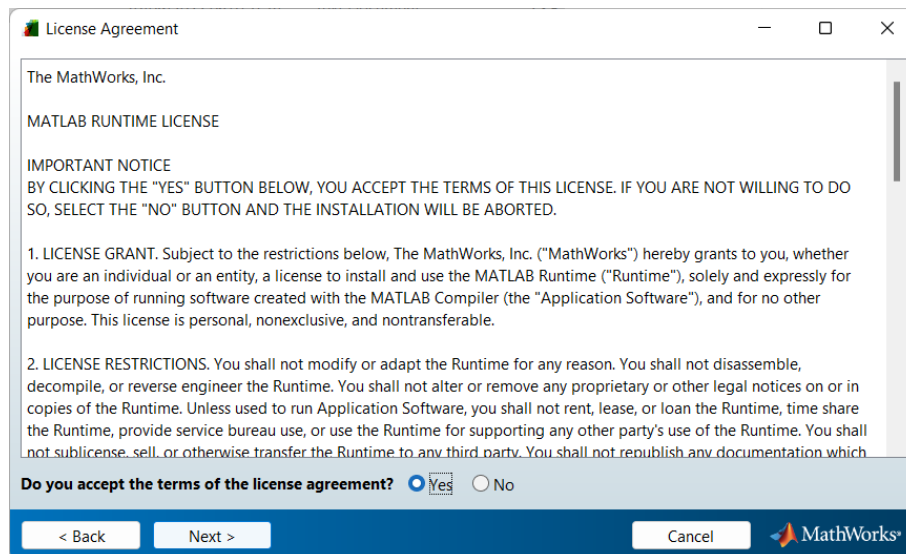


Figura 5. Términos y condiciones de MATLAB® Runtime.

9. Confirmar que las carpetas de instalación sean correctas y, hacer clic en siguiente (ver Figura 6).

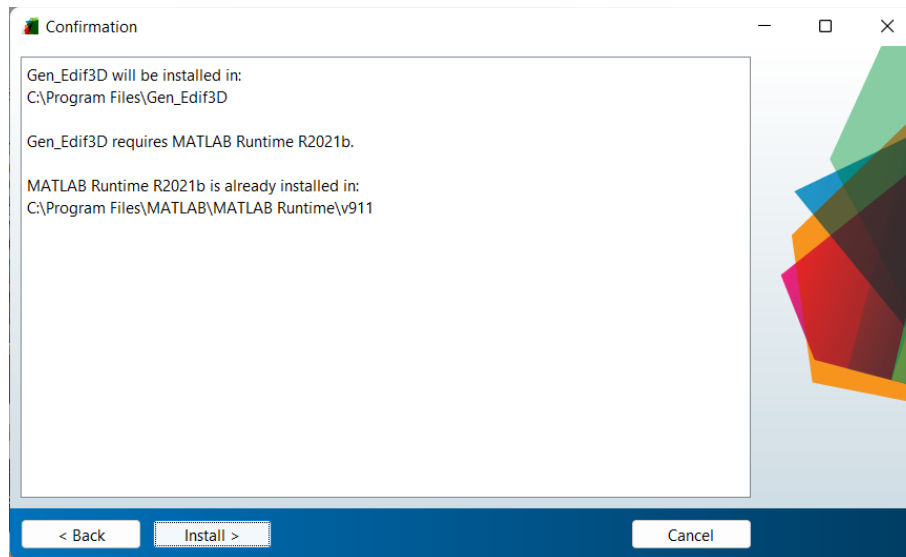


Figura 6. Configuración de las carpetas de instalación.

10. Inicia la descarga de MATLAB® Runtime (ver Figura 7).

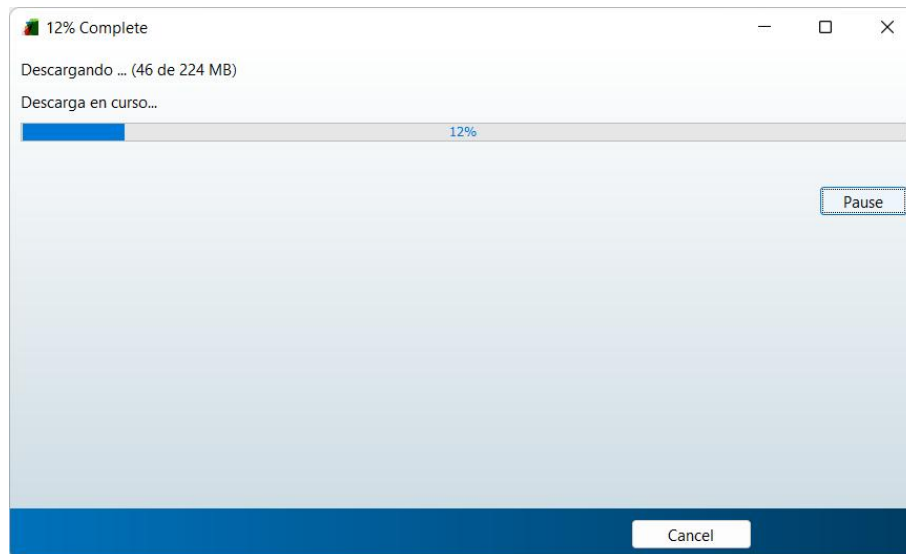


Figura 7. Proceso de descarga de MATLAB® Runtime.

11. Se instala el programa Gen-Edif3D y MATLAB® runtime (ver Figura 8).

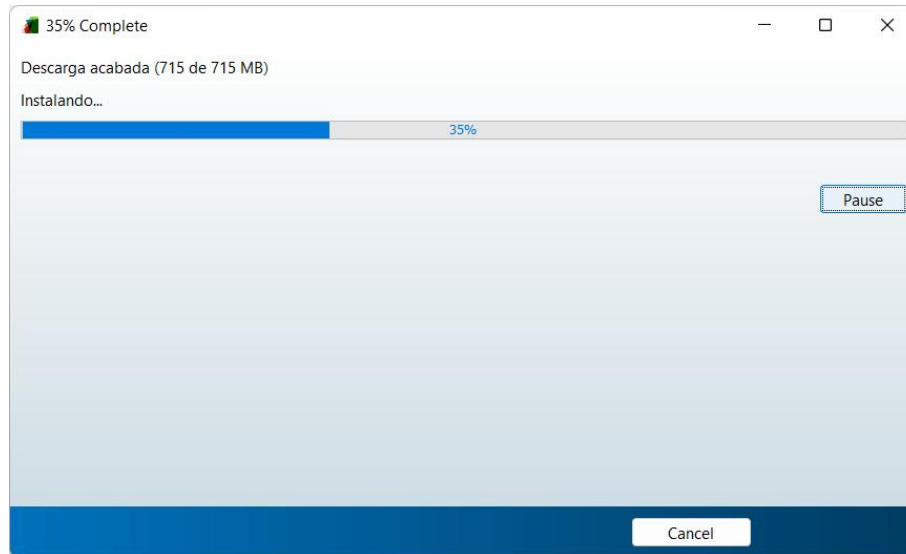


Figura 8. Instalación de MATLAB® Runtime.

12. Cuando se confirme que la instalación está completa, hacer clic en siguiente (ver Figura 9).

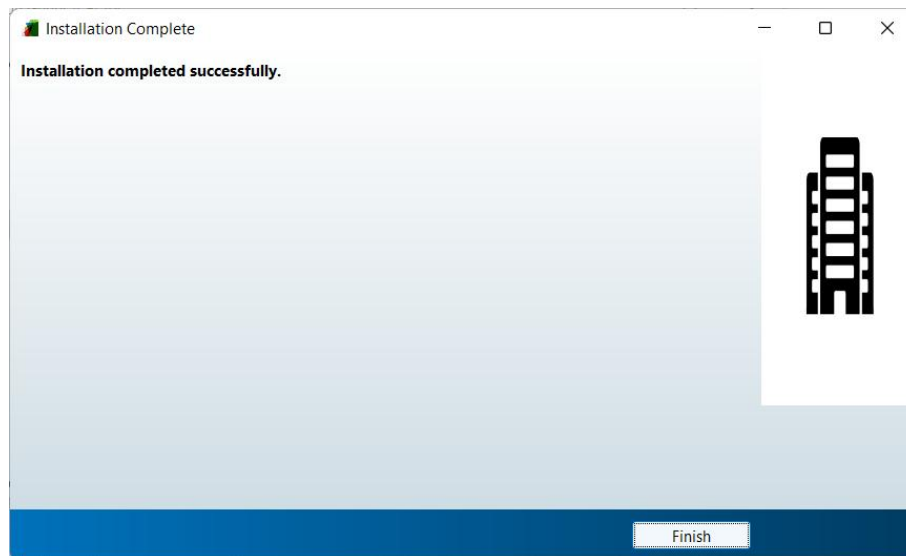


Figura 9. Instalación finalizada.

## 8. DESINSTALACIÓN

En caso de que no se desee utilizar Gen-Edif3D y, además, se requiera liberar espacio en el disco duro de la computadora, es necesario seguir los siguientes pasos como sigue:

1. Ir a Menú inicio > Panel de control > Programas y características > Desinstalar un programa.
2. Buscar el programa para desinstalar, hacer clic derecho sobre él y luego hacer clic en desinstalar (ver Figura 10).

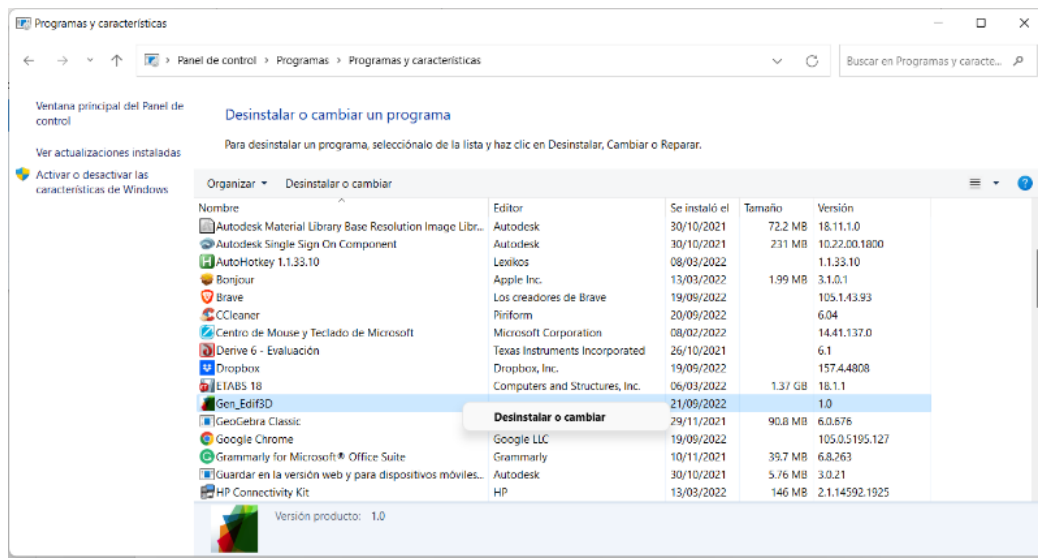


Figura 10. Desinstalación del programa.

3. El programa se ha desinstalado.

## 9. INTERFAZ GRAFICA DE Gen-Edif3D

Gen-Edif3D se compone de una ventana y controles dentro de éstas. El lado izquierdo de la ventana muestra las opciones que tiene el usuario para configurar la geometría y propiedades de los elementos de la estructura. Al centro de la ventana se muestra una serie de botones que ejecutan diferentes instrucciones. El lado derecho muestra la figura de la configuración del edificio en cuestión. En la Figura 11 se muestra la ventana principal de Gen-Edif3D y una numeración que indica algunas zonas importantes de Gen-Edif3D (ver Tabla 1).

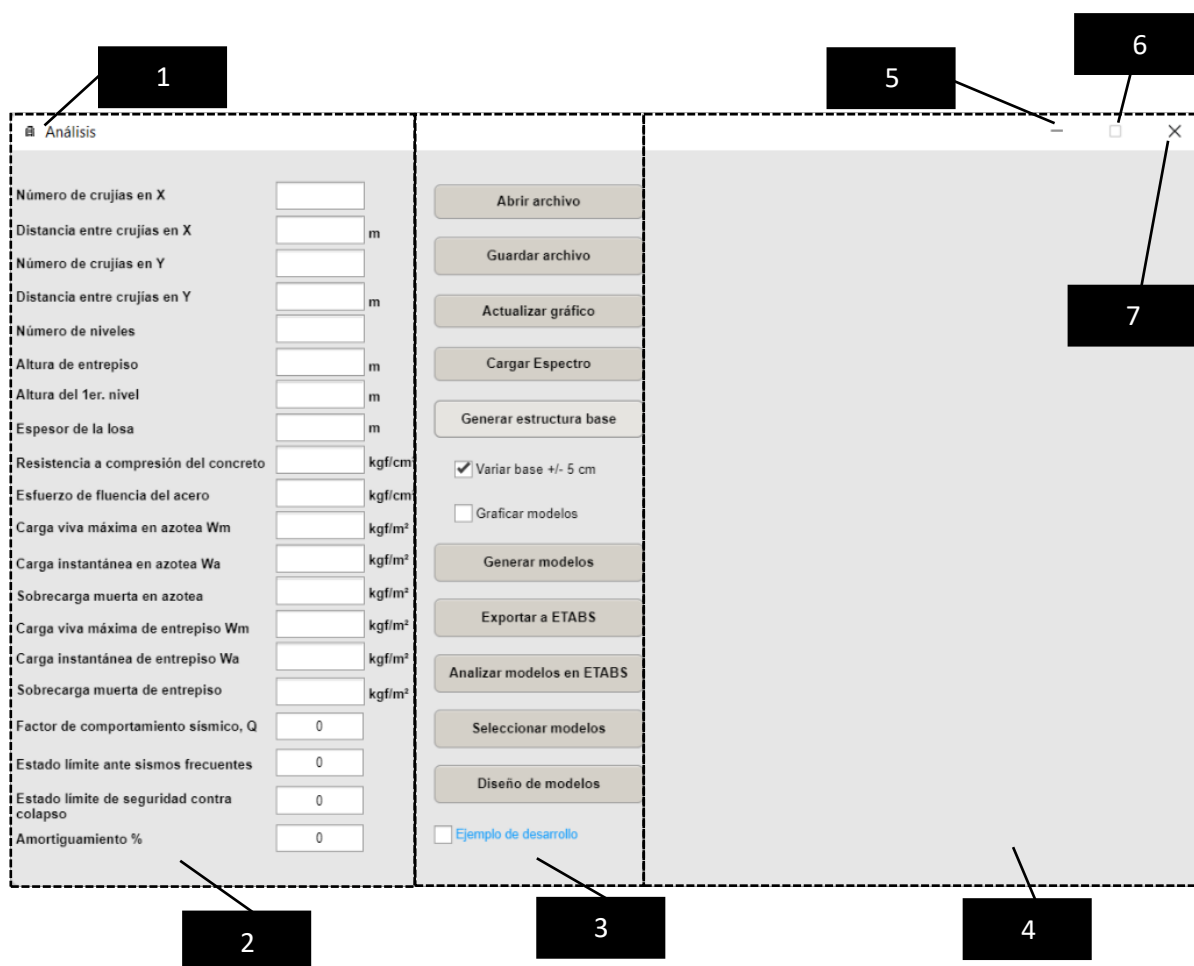


Figura 11. Ventana principal de Gen-Edif3D.

Tabla 1. Numeración de la ventana principal de Gen-Edif3D.

Número	Control	Descripción
1	Título	Barra de título que muestra el nombre del programa
2	Formulario de entrada	Permite hacer de alta las opciones de geometría, propiedades del material y cargas de la estructura
3	Botones de acción	Botones para el procesamiento de la información dada de alta por el usuario
4	Gráfico	Presenta un gráfico de la geometría del edificio
5	Botón minimizar	Minimiza la ventana
6	Botón maximizar	Maximiza la ventana al tamaño de la pantalla
7	Botón Cerrar	Cierra el programa

## 9.1 Formulario de entrada

En el formulario de entrada se definen las propiedades geométricas, mecánicas, cargas, condiciones de diseño y estados límite. En la Figura 12 se muestra los datos requeridos para elaborar un modelo de edificio.

Número de crujías en X	<input type="text"/>	
Distancia entre crujías en X	<input type="text"/>	m
Número de crujías en Y	<input type="text"/>	
Distancia entre crujías en Y	<input type="text"/>	m
Número de niveles	<input type="text"/>	
Altura de entrepiso	<input type="text"/>	m
Altura del 1er. nivel	<input type="text"/>	m
Espesor de la losa	<input type="text"/>	m
Resistencia a compresión del concreto	<input type="text"/>	kgf/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia del acero	<input type="text"/>	kgf/cm <sup>2</sup>
Carga viva máxima en azotea Wm	<input type="text"/>	kgf/m <sup>2</sup>
Carga instantánea en azotea Wa	<input type="text"/>	kgf/m <sup>2</sup>
Sobrecarga muerta en azotea	<input type="text"/>	kgf/m <sup>2</sup>
Carga viva máxima de entrepiso Wm	<input type="text"/>	kgf/m <sup>2</sup>
Carga instantánea de entrepiso Wa	<input type="text"/>	kgf/m <sup>2</sup>
Sobrecarga muerta de entrepiso	<input type="text"/>	kgf/m <sup>2</sup>
Factor de comportamiento sísmico, Q	<input type="text" value="0"/>	
Estado límite ante sismos frecuentes	<input type="text" value="0"/>	
Estado límite de seguridad contra colapso	<input type="text" value="0"/>	
Amortiguamiento %	<input type="text" value="0"/>	

Figura 12. Formulario de entrada.


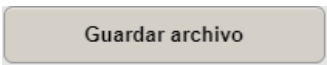
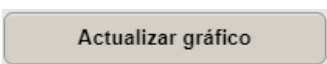
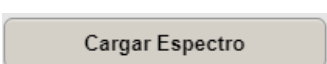

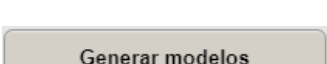


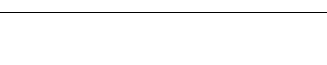
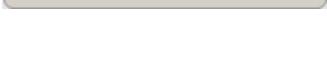
Los datos necesarios para la generación de la geometría, propiedades de los elementos, cargas se enlistan y condiciones de diseño se enlistan a continuación:

- **Número de crujías en X:** se refiere al número de vanos o crujías que tiene la estructura en dirección X.
- **Distancia entre crujías en X:** se refiere a la distancia entre crujías en dirección X.
- **Número de crujías en Y:** se refiere al número de vanos o crujías que tiene la estructura en dirección Y.
- **Distancia entre crujías en Y:** se refiere a la distancia entre crujías en dirección Y.
- **Número de niveles:** se refiere al número de niveles que tiene el edificio.
- **Altura de entrepiso:** se refiere a la altura de entrepiso que tienen los entrepisos exceptuando el primer entrepiso.
- **Altura del primer nivel:** se refiere a la altura del primer entrepiso.
- **Espesor de la losa:** se refiere al espesor de losa, en este caso, losa maciza de concreto reforzado.
- **Resistencia a compresión del concreto:** se refiere al valor de la resistencia a la compresión del concreto,  $f'_c$ .
- **Esfuerzo de fluencia del acero:** se refiere al valor de la resistencia a la tensión del acero de refuerzo,  $f_y$ .
- **Carga viva máxima en azotea:** se refiere a la carga viva máxima de azotea, según su uso y de acuerdo con la normativa vigente (NTC, 2017).
- **Carga viva máxima en entrepiso:** se refiere a la carga viva máxima de entrepiso, según su uso y de acuerdo con la normativa vigente (NTC, 2017).
- **Sobre carga muerta de entrepiso:** se refiere a la carga producida por sobre carga debida a relleno, plafón, instalaciones, piso de cerámica, etc.
- **Factor de comportamiento sísmico, Q:** se refiere al factor de comportamiento sísmico de diseño que tiene valores de 2, 3 y 4, según sea el caso.
- **Estado límite ante sismos frecuentes:** se refiere al estado límite ante sismos frecuentes que marca la normativa actual (NTC, 2017).
- **Estado límite de seguridad contra colapso:** se refiere al estado límite de colapso que marca la normativa actual (NTC, 2017).
- **Amortiguamiento %:** se refiere al porcentaje de amortiguamiento crítico del sistema, en este caso se sugiere el 5% para concreto reforzado.

## 9.2 Botones de acción

En la Tabla 2 se enlistan los botones de acción y su respectiva función. La mayoría de los botones tienen la función de ejecutar acciones mientras que unos cuentan tienen la función de abrir o guardar algunos datos.

Tabla 2. Botones de acción de Gen-Edif3D.

Botón	Descripción
	Abre un archivo existente en formato .xls o .xlsx con información previamente cargada.
	Guarda la información incluida en formulario de entrada en un archivo con extensión .xls o .xlsx.
	Genera el modelo de edificio en 3D.
	Abre un cuadro de dialogo para buscar archivo en formato .txt con la información del espectro de diseño.
	Genera archivo en formato .e2k con la información necesaria para llevar a cabo el análisis y diseño de la estructura.
	Genera un conjunto de modelos con base en el edificio propuesto por el usuario con variaciones en columnas y vigas. Guarda un archivo .xlsx con la información de las secciones asignadas a cada modelo.
	Genera un conjunto de modelos con base en el edificio propuesto por el usuario en formato .e2k.
	Ejecuta el análisis de todos los modelos generados en ETABS. Posterior al análisis, extrae las distorsiones y peso de cada estructura y las guarda en un archivo con formato .xlsx.
	Analiza las distorsiones de acuerdo a la norma NTC 2017 para las condiciones de servicio y colapso. Define las configuraciones que cumplen con la normativa y las asocia con su respectivo peso. Presenta y guarda informes para ser consultados por el usuario.
	Diseña los modelos a través del programa ETABS y exporta los resultados a tablas de Excel® para su consulta.



### 9.3 Cargar espectro

El botón cargar espectro solicita abrir un archivo en formato .txt que contiene la información del espectro de diseño obtenido del programa SASID. Una vez que se selecciona el archivo en formato .txt, se abre una ventana con la figura del espectro de diseño (ver Figura 13). En la tabla 3 se muestra el significado de la numeración en la Figura 13.

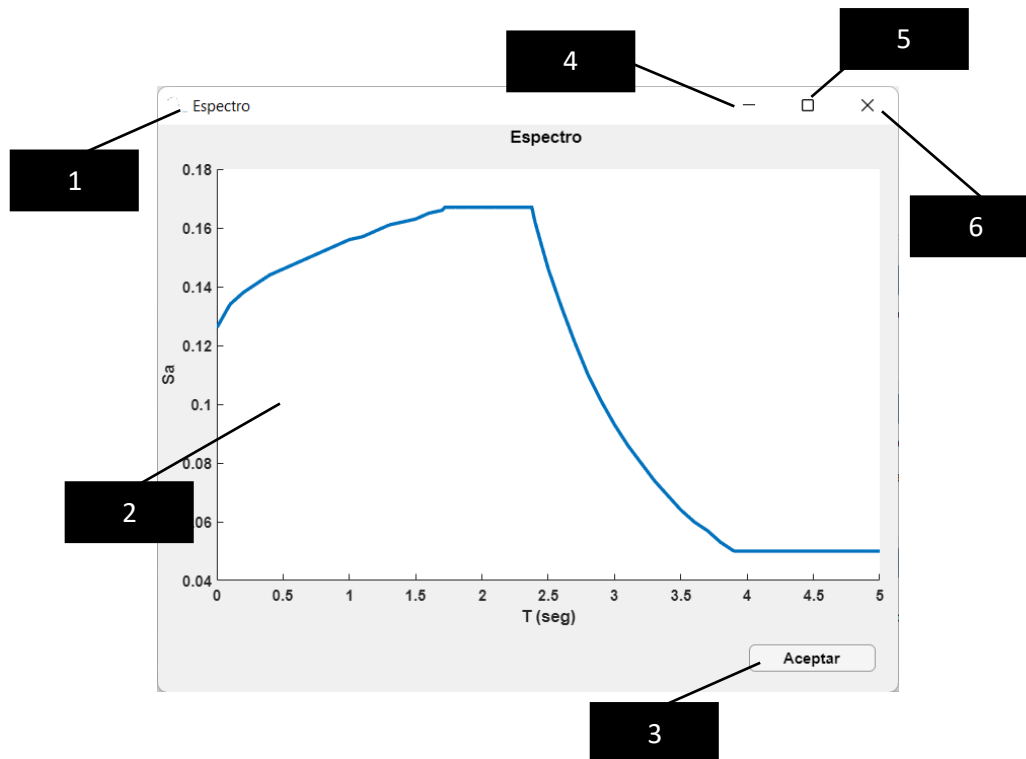


Figura 13. Ventana de espectro de diseño.

Tabla 3. Descripción de numeración de ventana de espectro de diseño.

Número	Control	Descripción
1	Título	Barra de título que muestra el nombre del programa
2	Gráfico	Presenta un gráfico del espectro
3	Aceptar	Vuelve a la ventana principal
4	Botón minimizar	Minimiza la ventana
5	Botón maximizar	Maximiza la ventana al tamaño de la pantalla
6	Botón cerrar	Cierra la ventana

## 10. MODO DE USO

En lo que sigue se enlista una serie de los pasos que se recomiendan para el correcto uso del programa Gen-Edif3D.

**Paso 1.** Ejecutar el programa desde la carpeta “application”, incluida en la carpeta principal Gen\_Edif3D (ver Figura 14) y hacer doble clic. Al hacer doble clic se muestra la ventana principal de Gen\_Edif3D (ver Figura 15)

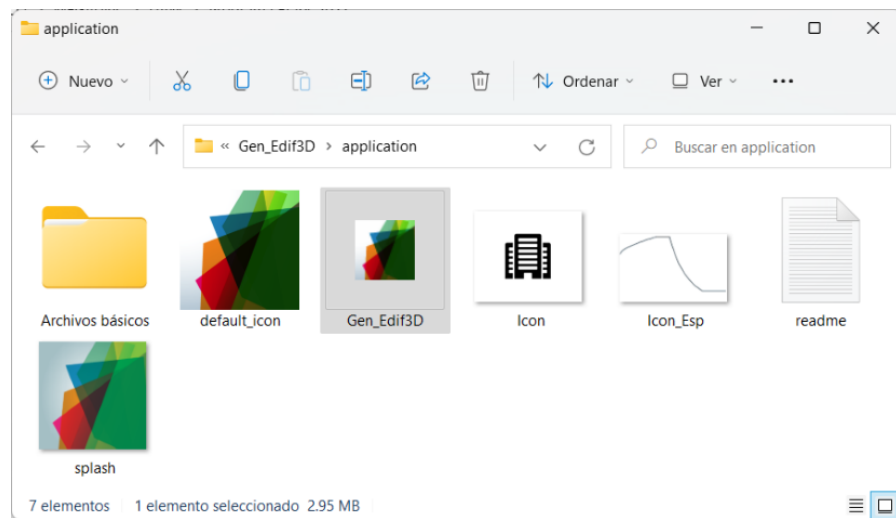


Figura 14. Ruta de ubicación del programa.

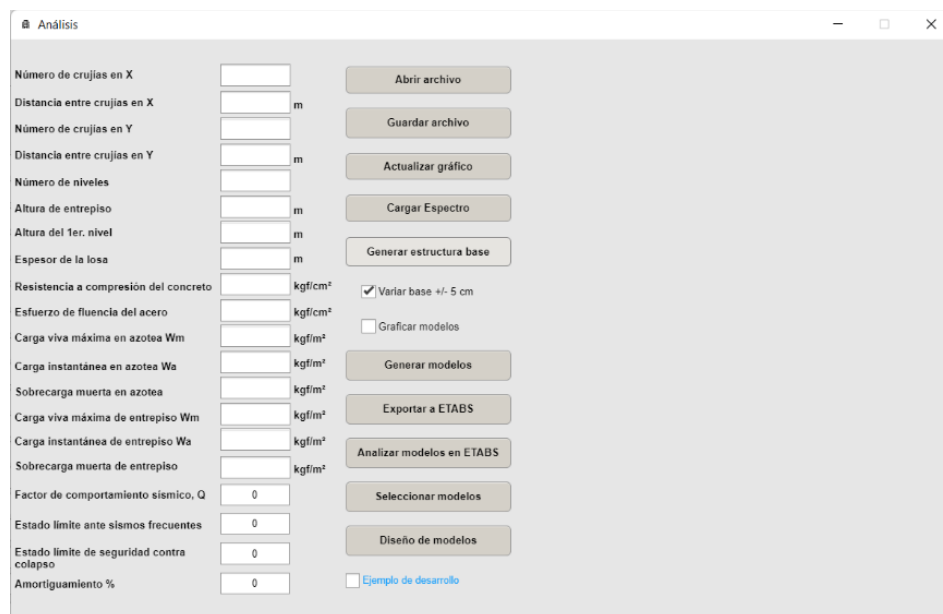


Figura 15. Ventana principal del programa.

**Paso 2.** Se llenan los campos del formulario de entrada, *todos los campos son obligatorios* (ver Figura 16).

Figura 16. Formulario con datos para la generación de modelos estructurales.

Si se cuenta con un archivo generado previamente, puede hacer uso del botón Abrir archivo. Una vez seleccionado el archivo (ver Figura 17), se presenta un aviso de carga exitosa de los datos (ver Figura 18).

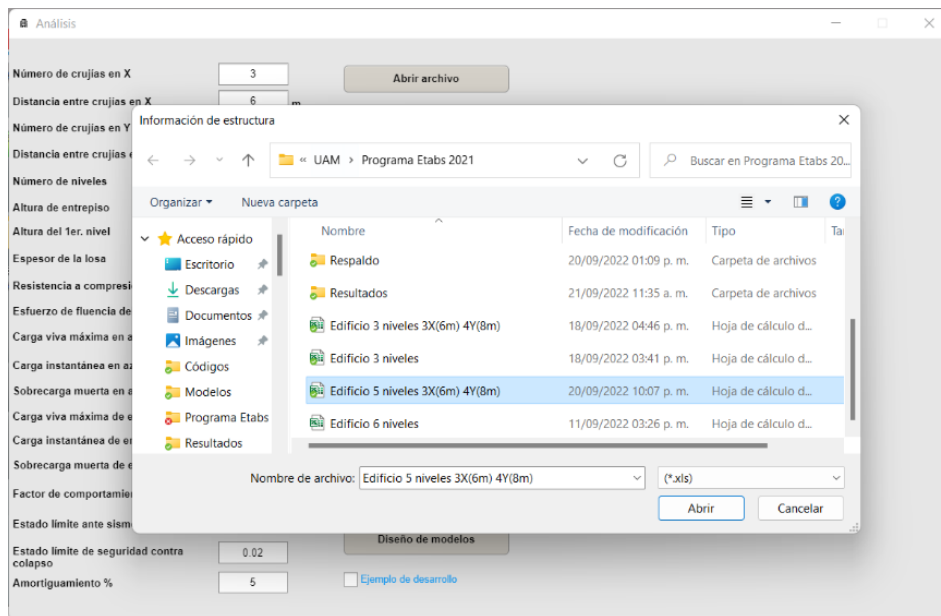


Figura 17. Abrir archivo con información de estructura.

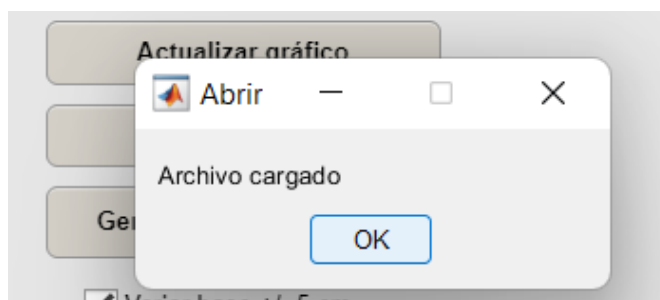


Figura 18. Mensaje de confirmación “Archivo Cargado”.

**Paso 3.** Guardar información del formulario. Hacer clic en el botón **Guardar archivo** se abrirá el cuadro de diálogo para guardar (ver Figura 19). Se genera un archivo .xls (ver Figura 20) y se presenta un aviso de guardado exitoso de los datos (ver Figura 21).

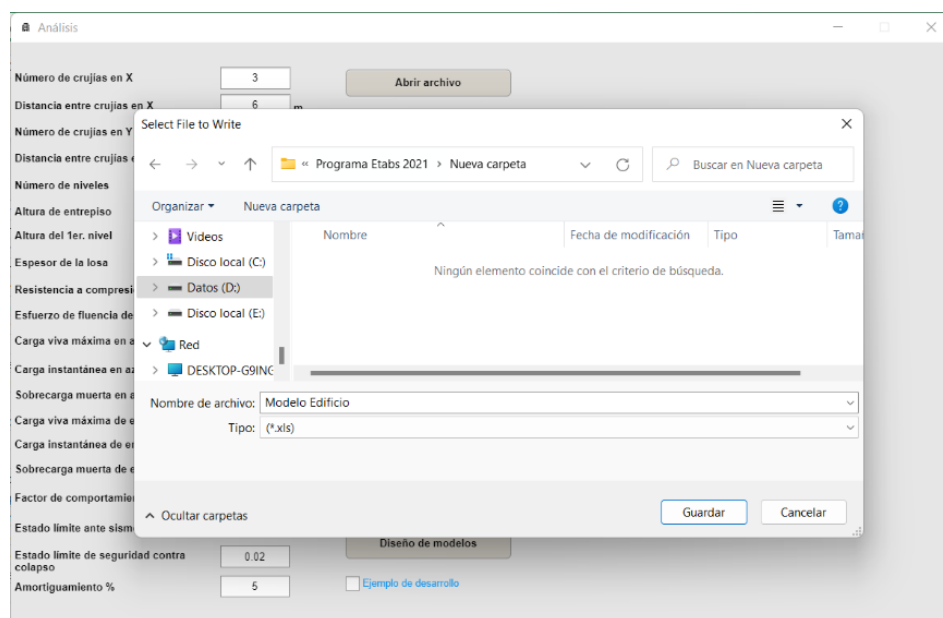


Figura 19. Guardar archivo con información de estructura.

	A	B	C	D
1	Número de crujiás en X	3	-	
2	Distancia entre crujiás en X	8 m		
3	Número de crujiás en Y	3	-	
4	Distancia entre crujiás en Y	8 m		
5	Numero de niveles	5	-	
6	Altura entre niveles	3 m		
7	Altura nivel inferior	4 m		
8	Espesor de la losa	0.15 m		
9	Resistencia del concreto	250 kg/cm <sup>2</sup>		
10	Esfuerzo de fluencia del acero	4200 kg/cm <sup>2</sup>		
11	Carga viva en losa	200 kg/m <sup>2</sup>		
12	Carga viva accidental en losa	70 kg/m <sup>2</sup>		
13	CMs en losa	310 kg/m <sup>2</sup>		
14	Carga viva de entrepiso	250 kg/m <sup>2</sup>		
15	Carga viva accidental de entrepiso	250 kg/m <sup>2</sup>		
16	CMs de entrepiso	337 kg/m <sup>2</sup>		
17	Factor de comportamiento sísmico	3	-	
18	Estado límite ante sismos frecuente	0.003	-	
19	Estado límite de seguridad contra colapso	0.02	-	
20	Amortiguamiento	5	-	
21				

Figura 20. Estructura del archivo guardado.

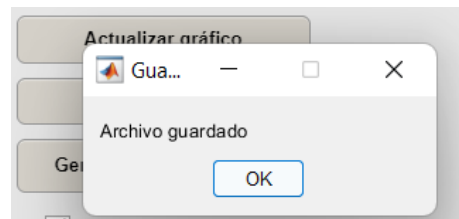


Figura 21. Mensaje de confirmación “Archivo Guardado”.

**Paso 4.** Al dar hacer en el botón **Actualizar gráfico**, se presenta la malla básica de la geometría del edificio propuesto por el usuario (ver Figura 22). Si se requiere de alguna corrección, se puede modificar el formulario de entrada y nuevamente hacer clic en el botón **Actualizar gráfico**. Una vez generada la malla el programa confirmará con un mensaje de Gráfico Actualizado (ver Figura 23).

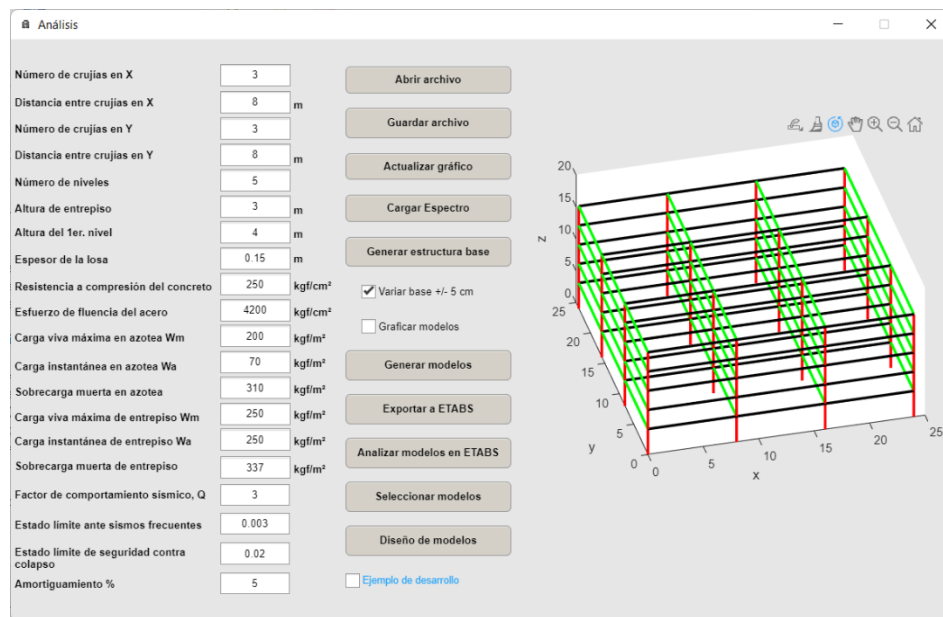


Figura 22. Gráfico generado con las opciones descritas en el formulario de entrada.

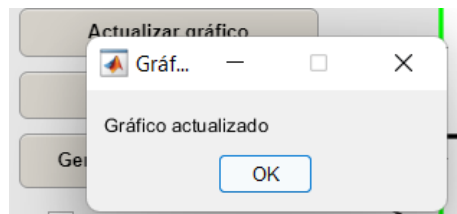


Figura 23. Mensaje de confirmación “Gráfico Actualizado”.

**Paso 5.** Al hacer clic en el botón **Cargar espectro**, el programa abre un cuadro de diálogo para buscar el archivo con el espectro de diseño a utilizar en el análisis de los modelos generados. El archivo del espectro debe tener la estructura del formato generado por el programa SASID. Una vez abierto el archivo, se presenta la ventana con el gráfico del espectro (ver Figura 24) y el mensaje de confirmación de la carga del archivo. Hacer clic en aceptar para volver a la ventana principal.

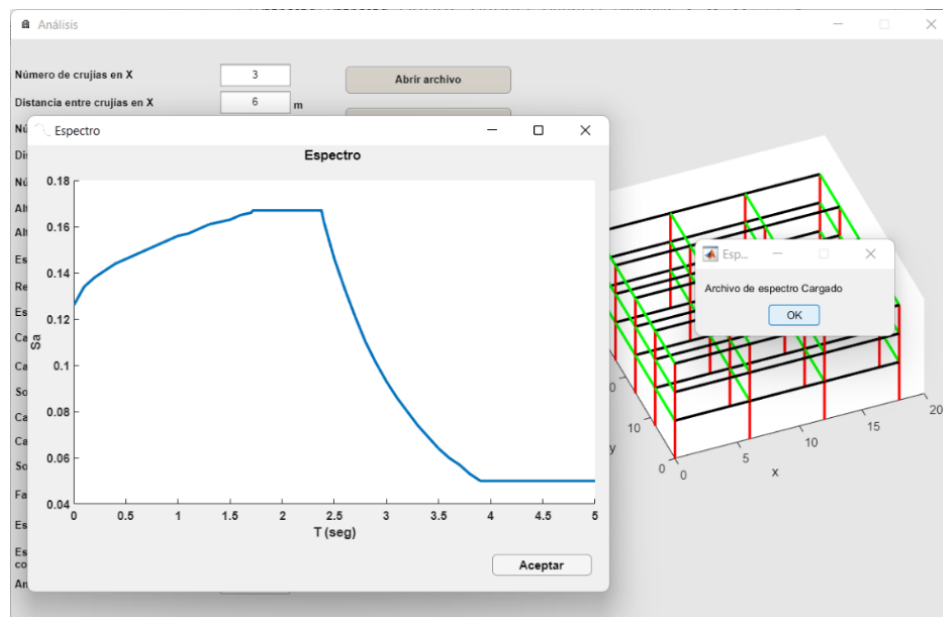


Figura 24. Ventana del espectro de diseño y mensaje de confirmación “Archivo de espectro cargado”.

**Paso 6.** Al dar hacer en **Generar estructura base** se genera el archivo de entrada del programa ETABS con la geometría, propiedades y configuraciones básicas de la estructura. Al crearse el archivo se presenta cuadro de confirmación. El archivo que se genera tiene como nombre ModeloBase.e2k y cuenta con la estructura que se muestra en la Figura 25.

```
$ Archivo e2k desarrollado en Matlab

$ PROGRAM INFORMATION
PROGRAM "ETABS" VERSION "18.1.1"

$ CONTROLS
UNITS "TONF" "M" "C"
TITLE2 "Programa"
PREFERENCE MERGETOL 0.001
RLLF METHOD "ASCE7-10" USEDEFAULTMIN "YES"

$ STORIES - IN SEQUENCE FROM TOP
STORY "Story6" HEIGHT 3.000000 MASTERSTORY "Yes"
STORY "Story5" HEIGHT 3.000000 SIMILARTO "Story6"
STORY "Story4" HEIGHT 3.000000 SIMILARTO "Story6"
STORY "Story3" HEIGHT 3.000000 SIMILARTO "Story6"
STORY "Story2" HEIGHT 3.000000 SIMILARTO "Story6"
STORY "Story1" HEIGHT 4.000000 SIMILARTO "Story6"
STORY "Base" ELEV 0

$ GRIDS
GRIDSYSTEM "G1" TYPE "CARTESIAN" BUBBLESIZE 1.250
GRID "G1" LABEL "A" DIR "X" COORD 0 VISIBLE "Yes" BUBBLELOC "End"
GRID "G1" LABEL "B" DIR "X" COORD 8 VISIBLE "Yes" BUBBLELOC "End"
GRID "G1" LABEL "C" DIR "X" COORD 16 VISIBLE "Yes" BUBBLELOC "End"
GRID "G1" LABEL "D" DIR "X" COORD 24 VISIBLE "Yes" BUBBLELOC "End"
GRID "G1" LABEL "1" DIR "Y" COORD 0 VISIBLE "Yes" BUBBLELOC "Start"
GRID "G1" LABEL "2" DIR "Y" COORD 8 VISIBLE "Yes" BUBBLELOC "Start"
GRID "G1" LABEL "3" DIR "Y" COORD 16 VISIBLE "Yes" BUBBLELOC "Start"
GRID "G1" LABEL "4" DIR "Y" COORD 24 VISIBLE "Yes" BUBBLELOC "Start"

$ DIAPHRAGM NAMES
DIAPHRAGM "D1" TYPE RIGID
DIAPHRAGM "D2" TYPE RIGID
DIAPHRAGM "D3" TYPE RIGID
DIAPHRAGM "D4" TYPE RIGID
DIAPHRAGM "D5" TYPE RIGID
DIAPHRAGM "D6" TYPE RIGID

$ MATERIAL PROPERTIES
MATERIAL "A992Fy50" TYPE "Steel" WEIGHTPERVOLUME 7.697286E-05
MATERIAL "A992Fy50" SYMTYPE "Isotropic" E 199948 U 0.3 A 1.16999999959017E-05
MATERIAL "A992Fy50" FY 344.7379 FU 448.1593 FYE 379.2117 FUE 492.9752
```

Figura 25. Archivo .e2k con propiedades básicas de la estructura.

**Paso 7.** Si se selecciona **Variar base +/- 5 cm**, se generan modelos con 5 cm más por lado a la sección de la columna del primer piso que fue calculada. Además, se generan modelos con 5 cm menos por lado a la sección de la columna del primer piso que fue calculada. Si se selecciona **Graficar modelos**, se crean archivos de imagen con una crujia tipo por cada modelo con la finalidad de señalar las secciones generadas (ver Figura 26).

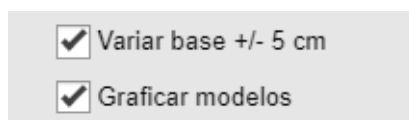


Figura 26. Cuadros de selección.

**Paso 8.** Hacer clic a **Generar modelos** para calcular todas las combinaciones de columnas y vigas de acuerdo a las preferencias descritas por el usuario (ver Figura 27). La información generada se almacena en una base de datos en archivo con formato .xlsx con nombre Modelos dentro de la carpeta con mismo nombre (ver Figura 28).

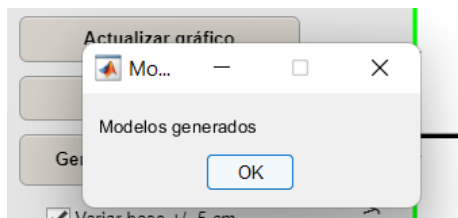


Figura 27. Mensaje de confirmación “Modelos generados”.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Columna Ax	Viga b	Viga h						
2	0.55	0.3	0.6						
3	0.6	0.3	0.6						
4	0.6	0.3	0.6						
5	0.65	0.3	0.65						
6	0.7	0.35	0.7						
7									
8									

Figura 28. Estructura de la base de datos con la información de las secciones generadas.

**Paso 9.** Al hacer clic en **Exportar a Etabs** se generan los archivos de entrada del programa ETABS con la geometría, propiedades y configuraciones de cada modelo generado. Los archivos obtenidos tienen un nombre secuencial *Modelo#.e2k* que son almacenados en la carpeta Modelos (ver Figura 29). Al finalizar la exportación el programa confirma la acción (ver Figura 30).



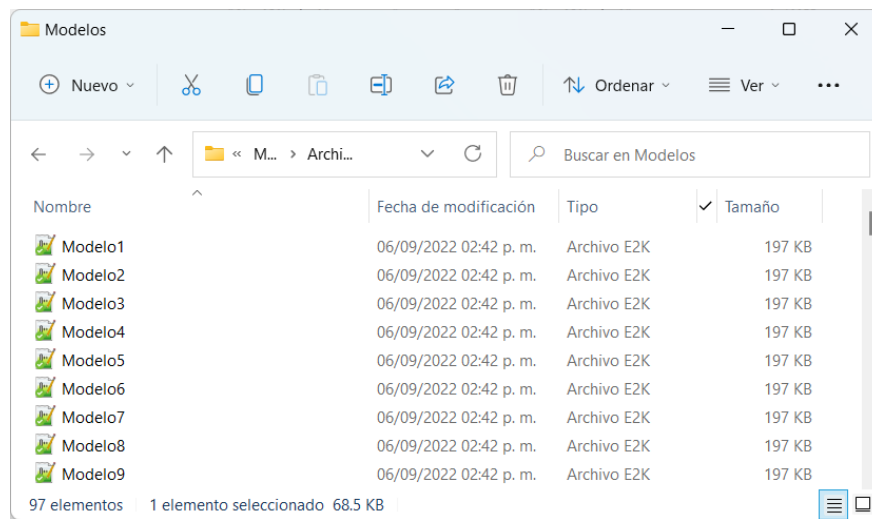


Figura 29. Carpeta con archivos .e2k generados.

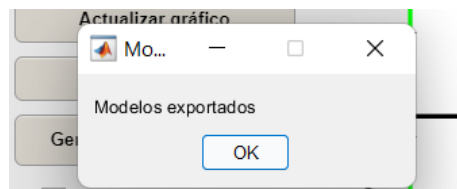
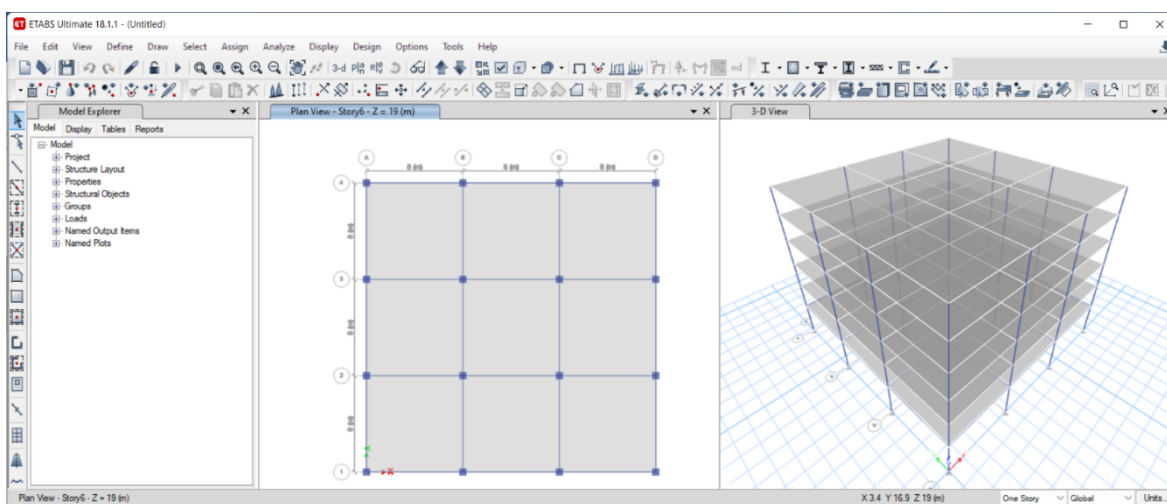


Figura 30. Mensaje de confirmación “Modelos exportados”.

**Paso 10.** Al hacer clic en **Analizar modelos en ETABS** se analizan todos los modelos generados de manera automática (ver Figuras 31a y b). Posteriormente, se obtienen las distorsiones por entrepiso y peso de cada modelo y se genera una base de datos con esta información en un archivo .xlsx ubicado en la carpeta Modelos (ver Figura 32).



a)



b)

Figura 31. a) Pantalla de presentación de ETABS® y b) Modelo generado automáticamente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2	Modos	0.94313437	0.8719807	0.88845186	0.92026438	0.8509799	0.86869225	1.03261862	0.96587928	0.97896455	1.00246978	0.93660042	0.9513339
3		0.94313437	0.8719807	0.88845186	0.92026438	0.8509799	0.86869225	1.03261862	0.96587928	0.97896455	1.00246978	0.93660042	0.9513339
4		0.78626369	0.72583088	0.73863812	0.76687282	0.70803237	0.72199611	0.85778194	0.80087986	0.81070338	0.83175762	0.775656	0.78698548
5		0.29936963	0.29684956	0.30314095	0.29438335	0.29186035	0.29703793	0.33532456	0.33294417	0.33860627	0.33724379	0.33437142	0.33773674
6		0.29936963	0.29684956	0.30314095	0.29438335	0.29186035	0.29703793	0.33532456	0.33294417	0.33860627	0.33724379	0.33437142	0.33773674
7		0.25015988	0.24879744	0.25389946	0.24600013	0.24466955	0.24874962	0.27880743	0.27771226	0.28222718	0.28057133	0.27914401	0.2815591
8		0.16158073	0.15813933	0.16437297	0.15970735	0.15612966	0.16259399	0.19128209	0.18753811	0.19385962	0.19112126	0.18753078	0.19424878
9		0.16158073	0.15813933	0.16437297	0.15970735	0.15612966	0.16259399	0.19128209	0.18753811	0.19385962	0.19112126	0.18753078	0.19424878
10		0.13529368	0.13267645	0.13795262	0.13370452	0.13093043	0.13643325	0.15940639	0.15657286	0.16192984	0.15920347	0.1564261	0.16219086
11		0.10314133	0.10322168	0.10321041	0.1029057	0.10303705	0.10284176	0.12828557	0.1285122	0.12793938	0.12888342	0.12899432	0.12847206
12		0.10314133	0.10322168	0.10321041	0.1029057	0.10303705	0.10284176	0.12828557	0.1285122	0.12793938	0.12888342	0.12899432	0.12847206
13		0.08634368	0.08666414	0.08649744	0.08616428	0.08654992	0.08620135	0.10685672	0.10739552	0.10668088	0.10730554	0.10775718	0.10701777
14													
15	Distorsiones en X	0.00104582	0.00103992	0.00119182	0.00103991	0.00103867	0.00118608	0.00127681	0.00128597	0.00142598	0.00127301	0.00128612	0.00142277
16		0.00184936	0.00177686	0.00191574	0.00182523	0.00177122	0.00189597	0.00203931	0.00200521	0.00212693	0.00235463	0.00233519	0.00243381
17		0.00241245	0.00207968	0.00231351	0.00256268	0.00223658	0.00246283	0.00286869	0.00255064	0.00280126	0.00331105	0.00298785	0.00322041
18		0.00292777	0.00234035	0.00252612	0.00288015	0.00229506	0.00248706	0.00354666	0.00293186	0.00313017	0.00346621	0.00284432	0.00304538
19		0.00320639	0.0025958	0.00257775	0.00303744	0.00247085	0.00245595	0.00397767	0.0033312	0.00327927	0.00336661	0.00275186	0.00271311
20		0.00243975	0.00216489	0.00211605	0.0019992	0.00175152	0.00171295	0.00298187	0.00269118	0.00262542	0.00234174	0.00206655	0.00201719
21													
22	Máxima Distorsión	0.00320639	0.0025958	0.00257775	0.00303744	0.00247085	0.00248706	0.00397767	0.0033312	0.00327927	0.00346621	0.00298785	0.00322041
23													
24	Distorsiones en Y	0.00104582	0.00103992	0.00119182	0.00103991	0.00103867	0.00118608	0.00127681	0.00128597	0.00142598	0.00127301	0.00128612	0.00142277
25		0.00184936	0.00177686	0.00191574	0.00182523	0.00177122	0.00189597	0.00203931	0.00200521	0.00212693	0.00235463	0.00233519	0.00243381
26		0.00241245	0.00207968	0.00231351	0.00256268	0.00223658	0.00246283	0.00286869	0.00255064	0.00280126	0.00331105	0.00298785	0.00322041
27		0.00292777	0.00234035	0.00252612	0.00288015	0.00229506	0.00248706	0.00354666	0.00293186	0.00313017	0.00346621	0.00284432	0.00304538
28		0.00320639	0.0025958	0.00257775	0.00303744	0.00247085	0.00245595	0.00397767	0.0033312	0.00327927	0.00336661	0.00275186	0.00271311
29		0.00243975	0.00216489	0.00211605	0.0019992	0.00175152	0.00171295	0.00298187	0.00269118	0.00262542	0.00234174	0.00206655	0.00201719
30													
31	Máxima Distorsión	0.00320639	0.0025958	0.00257775	0.00303744	0.00247085	0.00248706	0.00397767	0.0033312	0.00327927	0.00346621	0.00298785	0.00322041
32													
33	Peso de la estructura	1995.69271	2059.7025	2025.47744	1998.67214	2062.53777	2028.31271	1936.82484	2001.55547	1966.91233	1940.76538	2005.20768	1970.52129
34													

Figura 32. Base de datos con las distorsiones de entrepiso y peso de la estructura de cada modelo generado.

**Paso 11.** Al hacer clic en **Seleccionar modelos** se realiza un análisis de las distorsiones de acuerdo a la NTC-2017 y realiza la clasificación de los modelos que cumplen con los umbrales de servicio y colapso. Así mismo, se generan figuras de las distorsiones calculadas para distorsión y colapso y por cada por dirección de análisis y también se genera una figura relacionando la distorsión máxima de entrepiso y el peso de la estructura señalando a los modelos que cumplen con las condiciones de dicha normativa (ver Figura 33). En esta etapa se genera un reporte de los resultados en un archivo .txt (ver Figura 34). Las figuras y el reporte se encuentran disponibles en la carpeta resultados.

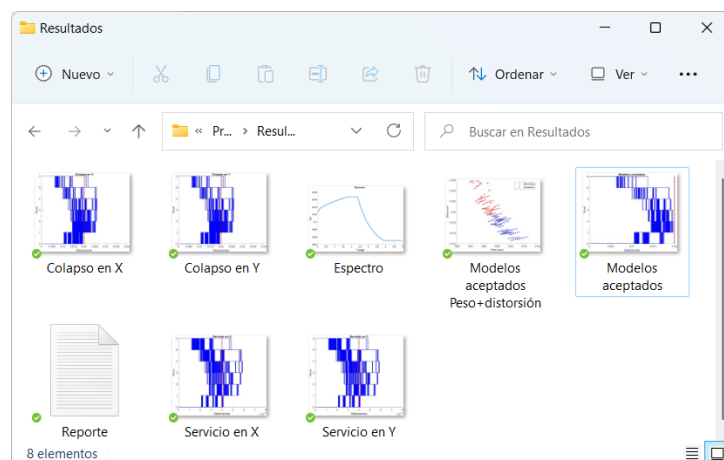


Figura 33. Carpeta con los gráficos de resultados.

Figura 34. Archivo de reporte de resultados.

27

	Item	Value
01	Design Code	Mexican RCDF 2017
02	Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03	Number of Interaction Curves	24
04	Number of Interaction Points	11
05	Consider Minimum Eccentricity?	Yes
06	Design for B/C Capacity Ratio?	Yes
07	Phi (Bending)	0.9
08	Phi (Tension)	0.8
09	Phi (Compression Tied)	0.75
10	Phi (Compression Spiral)	0.75
11	Phi (Shear)	0.75
12	Pattern Live Load Factor	0.75
13	Utilization Factor Limit	1

Figura 35. Preferencias para el diseño de elemento de concreto reforzado.

**Paso 12.1.** Para extraer el diseño a tablas de Excel se debe ubicar la carpeta **Modelos** y abrir el modelo .EBD de interés previamente diseñado (ver Figura 36) .

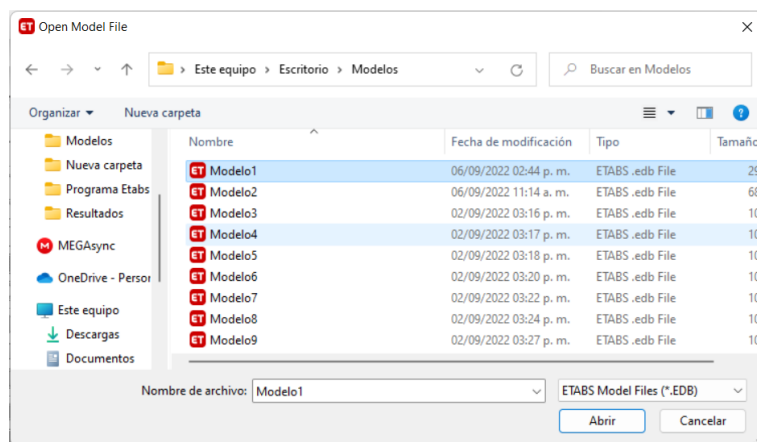


Figura 36. Búsqueda de archivo EDB desde ETABS.

**Paso 12.2.** Una vez que se abre el modelo seleccionado, desde la ventana principal del programa ETABS se debe seguir la siguiente ruta, Ir al menú **File > Export > Etabs database tables to Excel** (ver Figura 37).

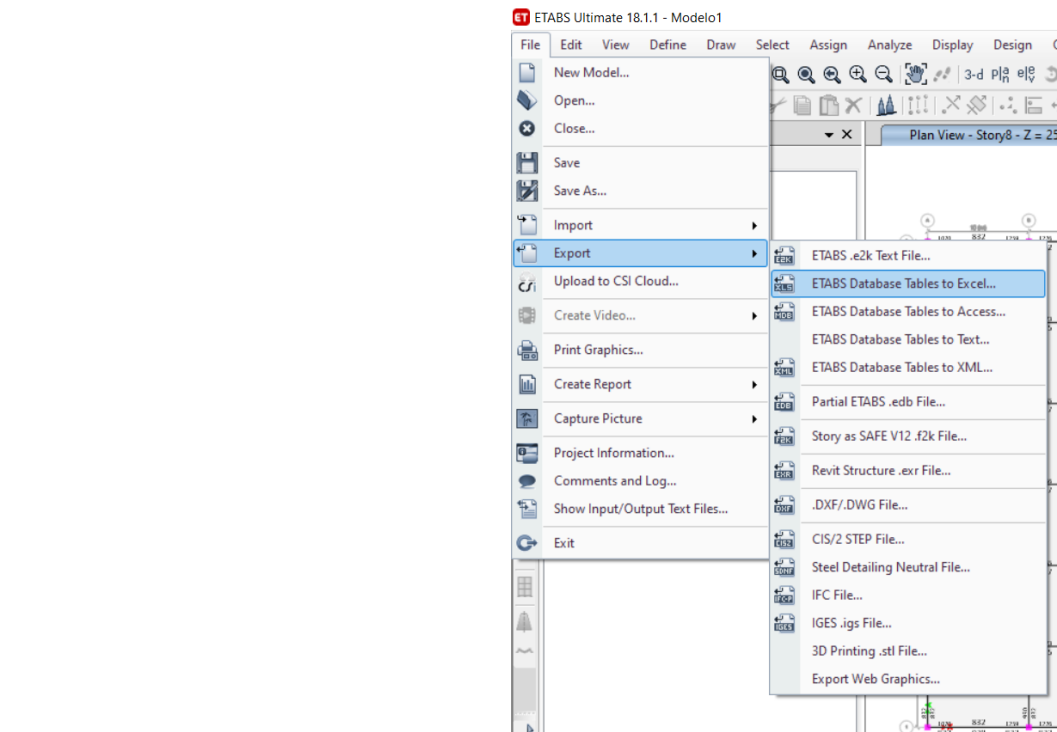


Figura 37. Opciones de exportación de datos hacia Excel®.

**Paso 12.3.** Seleccionar las tablas correspondientes al menú desplegable de **Concrete Frame Desing Data** y configurar los casos de carga y combinaciones requeridas. Al finalizar hacer Clic en OK (ver Figura 38).

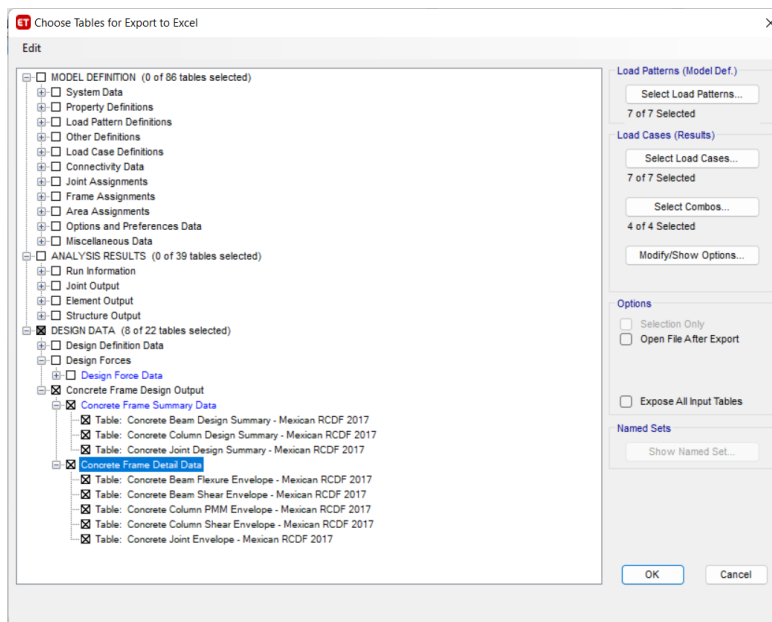


Figura 38. Selección de tablas para exportar a Excel®.

**Paso 12.4.** Guardar el archivo en la carpeta **Modelos** con el nombre asignado por el usuario (ver Figura 39).

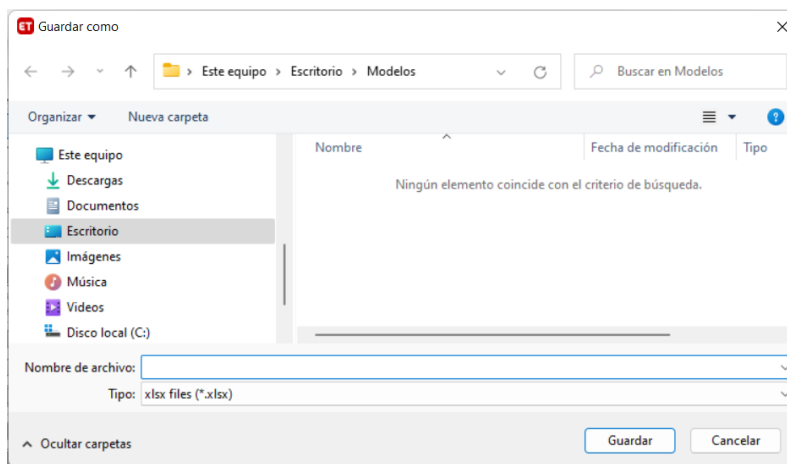


Figura 39. Guardar tablas en formato .xlsx.

**Paso 12.5.** Una vez que se guarda el archivo .xlsx, se generan las tablas con las opciones definida por el usuario y se guardan en el archivo de Excel® para su consulta (ver Figura 40).

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2	TABLE: Concrete Beam Flexure Envelope - Mexican RCDP 2017											
3	Story	Label	UniqueName	Section	Location	(-) Moment kgf-cm	(-) Combo	As Top cm²	(+) Moment kgf-cm	(+) Combo	As Bot cm²	
4	Story#	B1	102	ConcViga6	End-I	-3038904.244	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	10.84186794	1422577.154	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
5	Story#	B1	102	ConcViga6	Middle	-258687.955	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	1260953.183	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
6	Story#	B1	102	ConcViga6	End-J	-3028559.22	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	10.80322134	397737.1464	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
7	Story#	B2	108	ConcViga6	End-I	-3068478.72	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	10.95242324	1090091.53	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
8	Story#	B2	108	ConcViga6	Middle	-406097.7563	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	1217684.086	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
9	Story#	B2	108	ConcViga6	End-J	-3068478.72	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	10.95242324	383183.064	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
10	Story#	B3	114	ConcViga6	End-I	-3028559.22	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	10.80322134	1127875.887	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
11	Story#	B3	114	ConcViga6	Middle	-332493.4105	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	1539536.332	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
12	Story#	B3	114	ConcViga6	End-J	-3038904.244	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	10.84186794	733522.6253	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
13	Story#	B4	120	ConcViga6	End-I	-3939235.12	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.256722	1640537.012	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
14	Story#	B4	120	ConcViga6	Middle	0	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	2628415.718	1.3CM+1.5CV	9.318232976	
15	Story#	B4	120	ConcViga6	End-J	-4047696.524	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.67520708	0	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
16	Story#	B5	126	ConcViga6	End-I	-4115974.484	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.93946187	1151562.914	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
17	Story#	B5	126	ConcViga6	Middle	-75160.76745	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	1528918.027	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
18	Story#	B5	126	ConcViga6	End-J	-4115974.484	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.93946187	0	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
19	Story#	B6	132	ConcViga6	End-I	-4047696.524	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.67520708	1251342.855	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
20	Story#	B6	132	ConcViga6	Middle	0	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	2628415.718	1.3CM+1.5CV	9.318232976	
21	Story#	B6	132	ConcViga6	End-J	-3939235.12	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.256722	0	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
22	Story#	B7	138	ConcViga6	End-I	-3939235.12	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.256722	1640537.012	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
23	Story#	B7	138	ConcViga6	Middle	0	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	2628415.718	1.3CM+1.5CV	9.318232976	
24	Story#	B7	138	ConcViga6	End-J	-4047696.524	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.67520708	0	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
25	Story#	B8	144	ConcViga6	End-I	-4115974.484	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.93946187	1151562.914	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
26	Story#	B8	144	ConcViga6	Middle	-75160.76745	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	1528918.027	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
27	Story#	B8	144	ConcViga6	End-J	-4115974.484	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.93946187	0	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
28	Story#	B9	150	ConcViga6	End-I	-4047696.524	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	14.67520708	1251342.855	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	
29	Story#	B9	150	ConcViga6	Middle	0	1.1CM+1.1CVa+0.33SK+1.1SV	8.1986953	2628415.718	1.3CM+1.5CV	9.318232976	

Figura 40. Archivo en Excel® con las áreas del armado.

**Paso 13.** Al hacer clic en **cerrar (x)**, se despliega un cuadro de confirmación de salida de la interfaz (ver Figura 41).

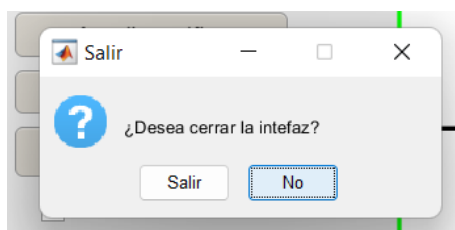


Figura 41. Pregunta de confirmación para salir del programa.

## **11. REFERENCIAS**

ETABS (2018) Integrated Building Design Software, CSI.

NTC (2017) Normas técnicas complementarias del reglamento de construcción de la Ciudad de México. Gaceta Oficial. Ciudad de México, México.

MATLAB. (2021). Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc. R2021a.