



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CAMPUS ARAGÓN

“COMPARATIVA DE MÉTODOS APROXIMADOS Y SAP 2000 EN EL
ANÁLISIS ESTRUCTURAL”

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
JOSÉ LUIS MARTINEZ ACOSTA

ASESOR:
ING. RICARDO HERAS CRUZ





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNAM

Porque gracias a la universidad pude adquirir mis conocimientos los cuales fueron de gran calidad y me permitieron tener un buen desempeño, igualmente agradezco los apoyos económicos que me proporciono ya que fueron indispensables para poder concluir mis estudios profesionales.

A MIS PADRES

Ya que gracias a su apoyo he llegado a realizar una de mis metas en la vida, ya que fue fruto de su confianza que en mi depositaron que puede lograr terminar mis estudios profesionales que constituyen el legado más grande que pudiera recibir y con los cuales estaré eternamente agradecido.

A MIS HERMANOS

Ya que me proporcionaron su apoyo cuando más lo necesite.

A MI ASESOR DE TESIS ING.RICARDO HERAS CRUZ

Porque gracias a su apoyo y dedicación pude realizar concluir una de mis metas.

ÍNDICE

	<i>Pag.</i>
<i>Introducción.....</i>	<i>6</i>
<i>Capitulo 1. Antecedentes.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1 Reseña biográfica de la compañía creadora de SAP 2000 y su fundador.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2 Elementos de un modelo en SAP 2000.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.1 Sistemas coordinados.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.2 Sistema coordinado global.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.3 Sistema coordinado local.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.4 Elemento barra.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3 Menús Existentes en el software.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.1 Menú File.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.2 Menú Edit.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.3 Menú View.....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.4 Menú Define.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.5 Menú BrIM.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.6 Menú Draw.....</i>	<i>16</i>
<i>1.3.7 Menú Select.....</i>	<i>17</i>
<i>1.3.8 Menú Assign.....</i>	<i>18</i>
<i>1.3.9 Menú Analyze.....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.10 Menú Display.....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.11 Menú Design.....</i>	<i>20</i>
<i>1.3.12 Menú Options.....</i>	<i>21</i>
<i>1.4 Versiones de SAP en el mercado y sus características principales.....</i>	<i>22</i>
<i>1.5 Método de Newmark.....</i>	<i>22</i>
<i>1.6 Método de Holzer.....</i>	<i>23</i>
<i>1.7 Método de iteración inversa.....</i>	<i>24</i>
<i>1.8 Análisis Paso a Paso, método β de Neumark.....</i>	<i>25</i>
<i>Capitulo2. Acciones.....</i>	<i>26</i>
<i>2.1 Acciones Permanentes.....</i>	<i>26</i>
<i>2.2 Acciones Variables.....</i>	<i>26</i>
<i>2.3 Acciones Accidentales.....</i>	<i>26</i>
<i>2.4 Análisis Sísmico.....</i>	<i>27</i>
<i>2.5 Grados de libertad dinámicos.....</i>	<i>31</i>
<i>2.6 Sistemas Lineales de Varios Grados de Libertad sin Torsión.....</i>	<i>34</i>

2.7 Frecuencias y modos de vibración.....	35
Capitulo 3 Análisis con métodos aproximados usando Mathcad.....	36
3.1 Ejemplo 1 Calculo de las características dinámicas (Frecuencias, periodos y formas modales) del marco de concreto mostrado).....	36
3.1.1 Determinación de la matriz de rigidez.....	36
3.1.2 Determinación de la matriz de masas.....	36
3.1.3 Obtención de frecuencia circular, periodo y frecuencia.....	37
3.1.4 Obtención de la primera y segunda forma modal usando el método de Neumark.....	39
3.2 Ejercicio 3 (Con el ejemplo anterior y usando de preferencia un acelerograma representativo del sismo del 19 de Septiembre de 1985 obtener la historia de velocidades, aceleraciones y desplazamientos y obtener la respuesta máxima y para que tiempos se presentan suponiendo que tienen un amortiguamiento de 5%).....	41
3.2.1 Usando el método β de Newmark determinación de aceleraciones velocidades y desplazamientos.....	42
3.3 Ejemplo Determinar el periodo, frecuencia y formas modales de un edificio de concreto de 3 Pisos destinado a oficinas.....	51
3.3.1 Determinación de la matriz de rigidez.....	52
3.3.2 Determinación de la matriz de masas.....	52
3.3.3 Obtención de frecuencia circular.....	55
3.3.4 Obtención del periodo.....	55
3.3.5 Obtención de la frecuencia.....	55
3.3.6 Obtención de la primera forma modal usando el método de Holzer.....	56
3.3.7 Obtención de la segunda y tercera forma modal usando el método de Neumark.....	57
3.4 Ejercicio con el ejemplo anterior y usando de preferencia un acelerograma representativo del sismo del 19 de Septiembre de 1985 obtener la historia de velocidades, aceleraciones y desplazamientos y obtener la respuesta máxima y para que tiempos se presentan suponiendo que tienen un amortiguamiento de 5%.....	58
3.4.1 Usando el método β de Newmark determinación de aceleraciones velocidades y desplazamientos.....	58
Capitulo 4 Análisis usando SAP2000.....	61
4.1 Ejemplo considerando al sistema mostrado, obtenga las características dinámicas (Frecuencias, periodos y formas modales) del marco de concreto mostrado).....	61
4.1.1 Definición del modelo.....	61
4.1.2 Definición de las características del material.....	63
4.1.3 Definición de las características de las secciones.....	64
4.1.4 Asignación de los elementos del proyecto.....	66
4.1.5 Definición de las masas actuantes.....	67
4.1.6 Análisis de la estructura e interpretación de resultados.....	68

4.2 Ejercicio con el ejemplo anterior y usando de preferencia un acelerograma representativos del sismo del 19 de Septiembre de 1985 obtener la historia de velocidades, aceleraciones y desplazamientos y obtener la respuesta máxima y para que tiempos se representan suponiendo que tienen un amortiguamiento de 5%.....	72
4.2.1 Inserción de un acelerograma.....	74
4.2.1 Interpretación de los resultados.....	75
4.3 Ejemplo 1 (Determinar el periodo, frecuencia y formas modales de un edificio de concreto de 3Pisos destinado a oficinas).....	81
4.3.1 Definición del modelo.....	
4.3.2 Definición de las características del material.....	82
4.3.3 Definición de las características de las secciones.....	83
4.3.4 Asignación de los elementos del proyecto.....	84
4.3.5 Definición de los casos de carga.....	85
4.3.6 Asignación de las acciones actuantes en la estructura.....	89
4.3.7 Análisis de la estructura e interpretación de resultados.....	89
4.4 Ejercicio con el ejemplo anterior y usando de preferencia un acelerograma representativos del sismo del 19 de Septiembre de 1985 obtener la historia de velocidades, aceleraciones y desplazamientos y obtener la respuesta máxima y para que tiempos se representan suponiendo que tienen un amortiguamiento de 5%.....	90
4.4.1 Inserción de un acelerograma.....	94
4.4.1 Interpretación de los resultados.....	95
4.5 Con el ejercicio del edificio anterior compare deformaciones en el punto más alto usando un análisis estático vs un análisis dinámico a base de un acelerograma suponiendo que la estructura es de clase a y un coeficiente $Q=2$	97
4.5.1 Desarrolló de análisis estático.....	102
4.5.2 Introducción de cargas.....	102
4.5.3 Análisis e interpretación de resultados.....	103
4.6 Aplicado un Espectro de diseño verificaremos la deformación en la parte más alta por lo tanto antes que nada se generara el espectro de la siguiente manera considerando que se aplico un acelerograma de la Zona II por lo tanto generaremos el espectro del mismo sitio..	104
4.6.1 Generación de el espectro de diseño.....	105
4.6.2 Inserción del espectro.....	107
4.6.3 Interpretación de resultados.....	109
Conclusiones.....	110
Referencias bibliográficas.....	112
Referencias de Internet.....	113

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se pretende mostrar que los métodos usados para el análisis aproximado resultan ser igual de eficaces que los resultados obtenidos con los software especializados pero que claro a que estos resultan ser buenos no sustituirán el uso de este tipo de software debido a la velocidad en la obtención de los resultados.

Igualmente se mostrará el desarrollo de modelos paso a paso usando cada uno de los métodos mostrados en este documento así también como el uso de cada uno de estos.

También se proporcionara una descripción paso a paso para el desarrollo de los mismos modelos pero desarrollados con el software en estudio que es SAP2000 y las consideraciones que se deben realizar para su manejo, así también como la interpretación de cada uno de estos.

Igualmente se describirá cada una de las características del software para permitirle al usuario un mejor manejo del mismo ya que generalmente el estudiante no conoce en su totalidad. Igualmente se describirá una reseña histórica sobre el creador del software y la compañía que lo promueve.

Dentro de los métodos aproximados igualmente se describirá un reseña sobre quien desarrollo el método y las características representativas del mismo así como las consideraciones que se deberán tomar para su uso óptimo.

Para el desarrollo de este tipo de métodos se opto por el uso de un software especializado en la solución de ecuaciones matemáticas ya que estos métodos suelen utilizar procesos iterativos para su solución por lo que se utilizo el software Mathcad ya que es uno de los más sencillos de utilizar y uno de los que proporciona resultados mucho más rápido y con facilidad de entendimiento tal como se mostrará durante el desarrollo de los métodos.

Con el hecho de realizar este trabajo pretendo que las personas que analicen o estudien este trabajo le pueda servir de ayuda para el entendimiento del manejo tanto de los software y como se puede representar un modelo en estos ya que en muchas de las clases de ingeniería civil solo se nos dio noción de estos.

Buscando igualmente la optimización del tiempo usado para el desarrollo del análisis los proyectos que se nos presenten en nuestra vida profesional, sin más por el momento espero este trabajo les sirva de ayuda.

En el capitulo uno se desarrollarla una breve descripción de la historia del Software SAP2000 y algunas de las características que lo hacen tan versátil, así mismo se describirán cada unos de los métodos aproximados usados y sus características.

En el capitulo dos se definirán los tipos de acciones que actúan en las estructuras y las características de cada una de ellas.

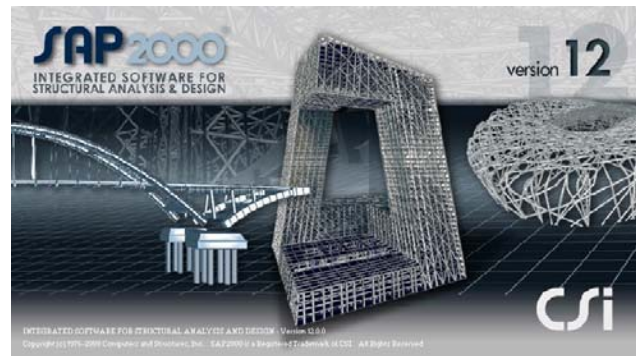
En el capítulo tres se desarrollaran ejemplos propios para el entendimiento de cada uno de los métodos descritos y su interpretación.

En el capítulo cuatro generaremos los ejemplos realizados en el capítulo anterior para obtener mediante un análisis con el programa Sap2000 y comparar los resultados obtenidos.

CAPTULO 1 ANTECEDENTES

1.1-RESEÑA BIOGRÁFICA DE LA COMPAÑÍA CREADORA DE SAP 2000 Y SU FUNDADOR

La compañía Computers and Estructures, Inc. (CSI) Fundada en 1975 por el presidente de la compañía Ashraf Habibullah, CSI es reconocida en todo el mundo como un líder innovador en el desarrollo de herramientas de software para el análisis y diseño de estructuras civiles tales como puentes, presas, estadios, estructuras industriales y edificios.



CSI Productos están autorizados a miles de empresas de ingeniería estructural en todo los EE.UU. y en más de 100 países. El desarrollo de la CSI de software abarca tres décadas, comenzando con la investigación del doctor Edwar L. Wilson de la universidad de California en Berkeley.

SAP 2000 es el resultado de un trabajo desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica cuyo principal objetivo fue desarrollar un programa para Análisis y Diseño de Estructuras en donde el usuario tenga gran versatilidad en el manejo del mismo a través de una interacción directa en la mayor parte de la ejecución de los módulos que componen el programa y junto con la sencillez y facilidad de uso son algunas de sus principales características.

La serie de programas SAP son quizá los más conocidos, probados y utilizados en el campo de la Ingeniería Estructural, particularmente en el Análisis Estructural, desde las primeras versiones SOLIDSAP, SAP 3, SAP IV, SAP 90, etc; hasta las versiones más recientes como las versiones de la serie SAP 2000, han sido utilizadas por un gran número de ingenieros en nuestro país y en muchas partes del mundo, cuenta con un respaldo y soporte técnico al que tiene derecho el usuario autorizado así como los manuales respectivos.

El sistema SAP 2000 es un programa para computadoras personales IBM o compatibles mediante el cual pueden realizarse el Análisis y Diseño de Estructuras bajo uno o varios sistemas de carga formados por un conjunto de fuerzas estáticas o dinámicas aplicadas a la estructura.

SAP se basa en un programa escrito en FORTRAN inicialmente desarrollado a comienzos de los años setenta por el Dr. Edward L. Willson, actualmente profesor emérito de Ingeniería Civil de la Universidad de California en Berkeley.

El Programa se llamó originalmente SAP IV por las siglas en inglés de Estructural Analysis Program (Programa de Análisis Estructural). Como el Programa SAP 2000 ha sido desarrollado en California, obviamente está implementado en inglés.

1.2-ELEMENTOS DE UN MODELO EN SAP 2000

Los elementos de un modelo estructural (Nudos, barras, losas, muros, etc.) son representados en SAP2000 mediante objetos, así los puntos representan nudos, las líneas representan barras y conjuntos de líneas dan lugar a elementos planos que. Usualmente de varios edificios se pueden representar losas, muros, etc. Mediante la interfaz gráfica propia de SAP2000 el usuario "dibuja" esos objetos (puntos, líneas, conjuntos de líneas, etc.) para después asignarles propiedades, por ejemplo, asignar restricciones a puntos con lo que se están definiendo apoyos, propiedades geométricas y mecánicas a líneas para especificar barras, asignar fuerzas a puntos (nudos) y a líneas (barras), etc. En general, se procura que la geometría de un objeto corresponda con la del elemento físico que se modela (barra, muro, apoyo, etc.).

1.2.1-SISTEMAS COORDENADOS

En general, cada estructura puede tener varios sistemas coordenados que permitan la ubicación de puntos, las direcciones de las cargas, desplazamientos, fuerzas internas, esfuerzos etc. Por lo que es importante el entendimiento de los diferentes sistemas coordenados utilizados por el programa para poder definir apropiadamente el modelo así como interpretar correctamente los resultados.

En el modelo, todos los sistemas coordenados se definen con respecto a un sistema coordenado global X (1)-Y (2)-Z (3) tal como se muestra en la figura 1.1, cada parte del modelo (nudo, barra, etc.) tiene su propio sistema coordenado local 1-2-3.

Adicionalmente el usuario puede crear sistemas coordenados que permitan definir ubicaciones y direcciones todos los sistemas coordenados tienen en común el ser tridimensionales rectangulares (Cartesianos) y derechos.

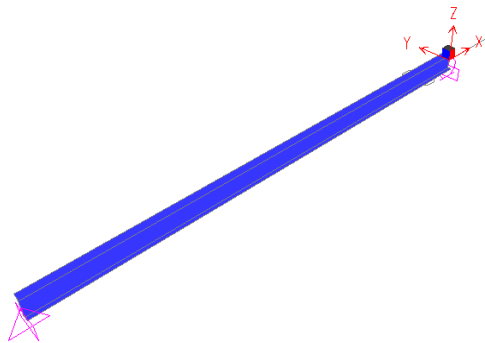


Fig.1.1 Sistemas coordenados

1.2.2-SISTEMA COORDENADO GLOBAL

En cualquier modelo se presentan tres ejes identificados por X (1), Y (2) y Z (3), mutuamente perpendiculares y que satisfacen la regla de la mano derecha que definen al sistema coordenado global con orientación y totalización arbitraria de su origen común.

SAP2000 siempre asume que el eje Z (+) es vertical y hacia arriba, los sistemas coordenados locales para nudos, elementos, etc. se definen con respecto a esa dirección positiva, la carga de peso propio siempre actúa en la dirección Z(-).

El plano X-Y es horizontal y el X-Z vertical, para mayor información, el usuario puede consultar el capítulo "Coordinate Systems" del manual de SAP 2000 y la ayuda en línea de la interface gráfica del Programa.

1.2.3-SISTEMA COORDENADO LOCAL

Cada parte del modelo estructural (nudo, barra, placa, sólido, etc.), tiene su propio sistema coordenado local que se utiliza para definir propiedades y cargas así como para referenciar la respuesta estructural de esa parte. Los ejes coordenados locales se identifican con los números 1, 2 y 3, en general estos ejes pueden variar de nudo a nudo, de barra a barra, etc.

Pero, normalmente el sistema coordenado local de los nudos es el mismo que el sistema coordenado global X-Y-Z. Es decir, 1 y X, 2 y Y así como 3 y Z son iguales respectivamente.

Para los elementos barra y shell (elementos planos) el eje 1 local queda determinado por la geometría del elemento, siendo este paralelo al eje del elemento para el caso de barras.

Con relación a la figura 1.2, el eje 1 se muestra en color rojo, es 2 en negro y el 3 en azul. Cuando se va creando el modelo (generando líneas, puntos, etc.), SAP2000 va asignando automáticamente ejes locales a cada elemento, el usuario puede redefinir la orientación de los ejes 1 y 2 especificando un ángulo de rotación.

1.3.4-ELEMENTO BARRA

En general, el elemento barra se usa para modelar vigas, columnas, barras de armaduras y diagonales tanto en estructuras planas como tridimensionales, para este elemento (frame) SAP2000 utiliza una formulación viga-columna que incluye efectos de flexión biaxial, torsión, deformación axial y de cortante en dos direcciones, por lo que se pueden modelar marcos y armaduras planas y tridimensionales) así como retículas planas.

El elemento barra se modela como una línea recta conectada por solo dos puntos denominados I(inicio) y J(Fin) respectivamente, los cuales no pueden estar en la misma posición Cada barra tiene su propio sistema coordenado local que permite definir sus propiedades geométricas y cargas así como interpretar los resultados (fuerzas Internas).

Cada elemento barra puede ser cargado con su peso propio, una o varias cargas concentradas y distribuidas, SAP 2000 posee comandos que permiten especificar, por ejemplo la dimensión finita de las uniones viga-columna (end offsets), la liberación a algún elementos mecánico en sus extremos (end releases) y otras más.

Para el elemento barra se activan los seis grados de libertad en sus dos extremos por lo que por ejemplo, para modelar elementos articulados se puede:

- a) No proporcionar las propiedades de la sección correspondientes a los momentos de inercia de flexión y torsión, con valores cualesquiera para el área de cortante (desde luego que el área axial tendrá un valor diferente de cero), o bien.
- b) Liberar las rotaciones a flexión, R2 (en "Y") y R3 (en "Z"), en ambos extremos y liberar la rotación a torsión. R1 (en "X") en un extremo.

Como se mencionó anteriormente, cada elemento barra tiene su propio sistema coordenado local que se utiliza para definir las propiedades de su sección transversal, cargas y resultados, los ejes de ese sistema local se identifican como 1, 2 y 3, el eje 1 está dirigido a lo largo del elemento, los otros dos forman un plano perpendicular al elemento con una orientación específica, en la mayoría de las estructuras la ubicación de los ejes locales es muy sencilla y, generalmente queda determinada por la relación entre el eje local 1 y el eje global Z (orientación por default), así se tiene que:

El plano local 1-2 es vertical y paralelo al eje Z

El eje local 2 es positivo en la dirección de Z (+) a menos que el elemento sea vertical en cuyo caso, el eje 2 se toma horizontal en la dirección de X (+).

El atributo ang de un elemento barra se utiliza para definir orientación diferentes a la generada por omisión, el giro o rotación positiva (valor del atributo ang) se muestra el sentido anti horario cuando el eje local +1 apunta hacia el usuario. Para elementos verticales ang es el ángulo entre el eje local 2 y el plano vertical que contiene al eje 1 algunos casos como se muestra en la figura 2.

Un conjunto de propiedades geométricas y elásticas (frame sections) se utilizan para definir las propiedades de la sección transversal de uno o más elementos barra, cada conjunto se especifica de manera independiente del número de elementos barra presentes en el modelo y luego el correspondiente conjunto es asignado a cada barra, las propiedades de la sección son definidas con respecto al sistema coordenado local del elemento la dirección 1 está sobre el eje del elemento (perpendicular a su sección transversal) y en la intersección de los dos ejes neutros de la sección, los ejes 2 y 3 definen el paño de la sección transversal, comúnmente el eje 2 se toma a lo largo de la dimensión mayor de la sección (depth) y en consecuencia, el eje 3 a lo largo de la dimensión menor (width) sin embargo, lo anterior no es obligatorio.

Las propiedades del material para la sección son especificadas por la referencia a un material previamente definido. Las propiedades del material usadas son:

- a) El módulo de elasticidad, $e1$ para la rigidez axial y a flexión
- b) El módulo del cortante $g12$ para la rigidez torsional y la rigidez a cortante transversal la cual se calcula a partir de $e1$
- c) la relación de Poisson, ν .
- d) La densidad de masa por (unidad de volumen), m , para calcular la masa del elemento.
- e) La densidad de peso (por unidad de volumen), w , para calcular la carga de peso propio.

El indicador del tipo de diseño, $ides$ que indica si deben diseñarse los elementos que usan esta propiedad como de acero, de concreto reforzado, de aluminio, al acero formado en frío, o no diseñarse.

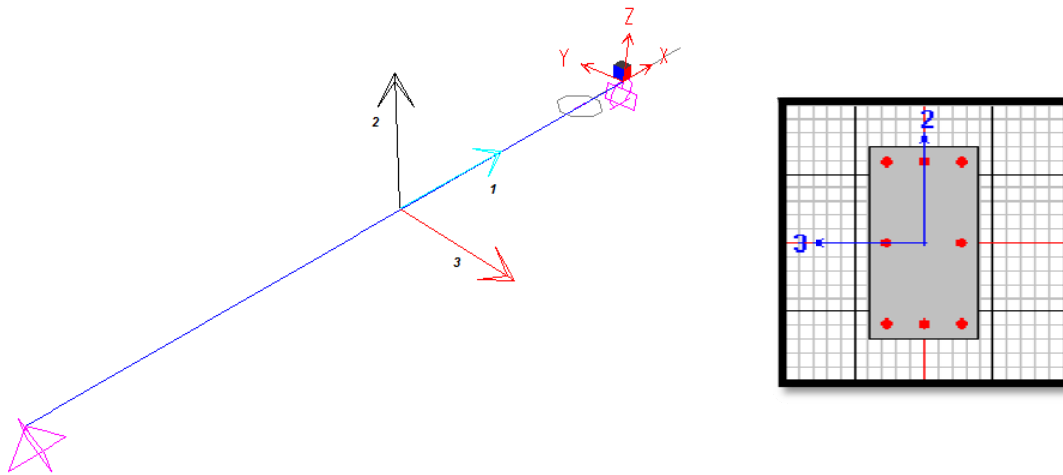


Fig.1.2 Sistema local del elemento

1.3-MENUS EXISTENTES EN EL SOFTWARE

1.3.1-MENÚ FILE

EL menú file permite entre otras opciones, manejar la información de la alguna estructura contenida en un archivo, esa información pudo haberse generado previamente a la ejecución del programa o durante su uso, las opciones de este menú tienen las siguientes opciones como se muestra en la figura 1.3.

New Model: Iniciar un proyecto nuevo

New Model from template: iniciar un proyecto nuevo, seleccionando una geometría típica de algunas formas estructurales.

Open: Abrir un archivo existente con datos de alguna estructura.

Save: Guarda los datos de la estructura.

Save As: Guarda los datos de la estructura en otro archivo.

Import; Permite ingresar los datos de un archivo generado con AutoCad. ó bien para SAP90.

Export: Proporciona la flexibilidad de poder enviar los datos de la estructura existente a un archivo para SAP2000 con extensión S2K el cual puede ser modificado por ciertos procesadores de texto (p.ej. WordPad) y poder ser utilizado nuevamente por SAP2000, o bien, enviados a un archivo DXF y pasar a ser interpretado por AutoCad por ejemplo.

Print: Nos permite configurar características de impresión, imprimir el contenido del área de dibujo así como una lista de datos y resultados.

Exit: Cerrar el programa y regresar a Windows.

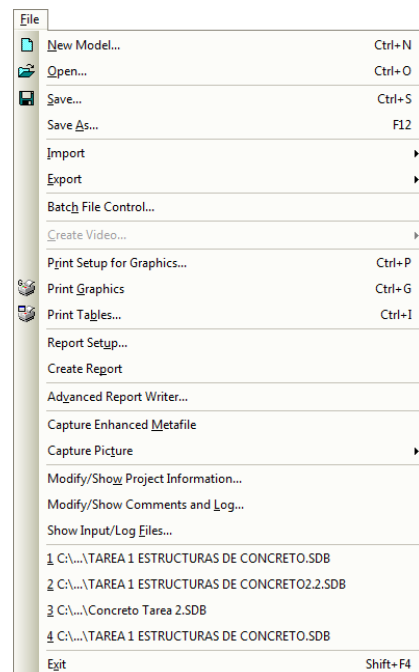


Fig.1.3 Menú File

1.3.2-MENÚ EDIT.

EL menú edit permite desde introducir y hacer cambios a la geometría del modelo hasta suprimir algunos de sus elementos muchas de las opciones contenidas en este menú operan en conjunto con las del menú select, las opciones de este menú que se muestran en la figura 1.4 permiten:

Cut: Suprimir los elementos seleccionados, guardándolos en la memoria temporal.

Copy: Copiar sin borrar los elementos seleccionados en la memoria temporal

Paste: Inserta los elementos contenidos en la memoria temporal especificando nuevas posiciones

Delete: Suprimir los elementos seleccionados

Edit Lines: Juntar los nudos que tengan una separación menor que un cierto valor (dejando uno solo y suprimiendo los demás es decir los nudos duplicados).

Move: Mueve los nudos seleccionados especificando el incremento en sus coordenadas, moviendo también los elementos que estén conectados a esos nudos.

Replicate: Realiza una copia replicada de los elementos seleccionados especificando el incremento en las coordenadas de sus nudos extremos.

Divide frames: Divide a las barras seleccionadas en un número especificado por el usuario.

Join frames: Junta varias barras seleccionadas en una sola (operación inversa de Divide frames).

Change Labels: Cambia la numeración de los elementos seleccionados (reenumera).

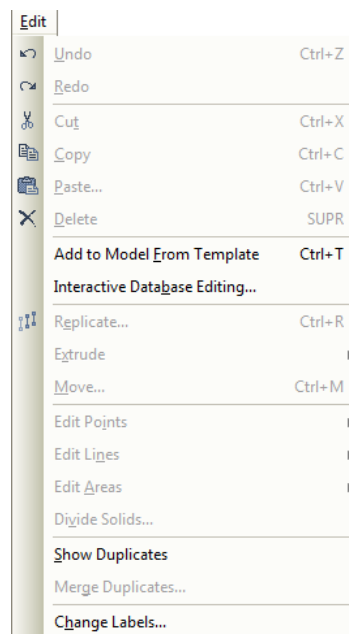


Fig. 1.4 Menú Edit

1.3.3-MENÚ VIEW.

EL menú view permite cambiar la presentación del área de dibujo de la estructura, algunas opciones que se muestran en la figura 1.5 y que resultan de uso cotidiano son:

Set Elements: Permite seleccionar la información a ser incluida dentro del área de dibujo (numeración de nudos, barras, ejes. etc.).

Show Grid: Permite Activar (mostrar) o desactivar la malla auxiliar para dibujo de elementos

Show Axes: Dibuja o suprime los ejes globales de la estructura.

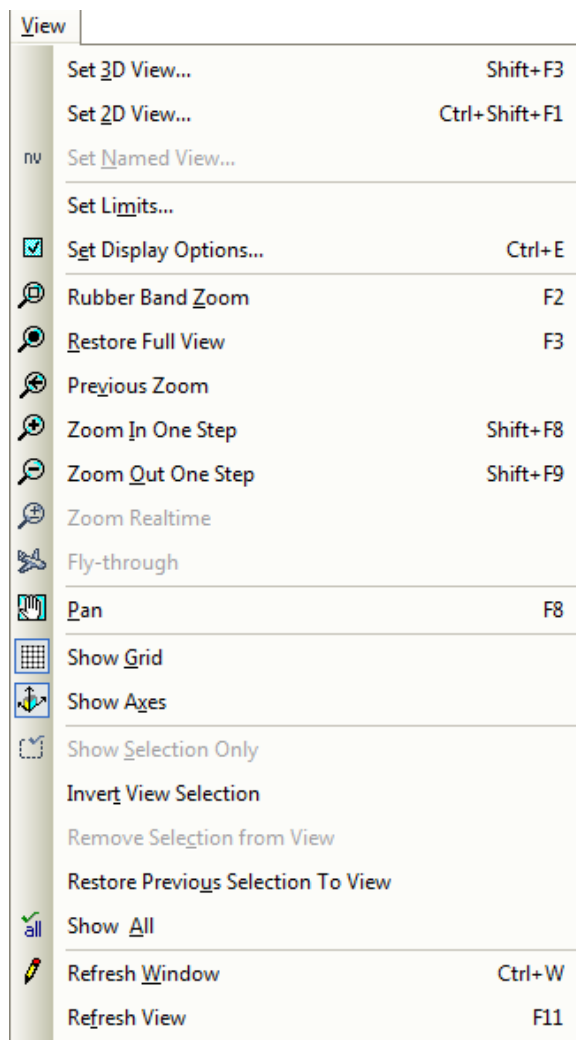


Fig. 1.5 Menú View

1.3.4-MENÚ DEFINE.

El menú define permite, entre otras acciones, especificar propiedades de los materiales, características geométricas como forma, dimensiones, material. etc. para las barras del modelo (Frame Sections.) y algunas, características para los elementos placa (Shell Sections). También permite definir características generales de las condiciones de carga estática como su título o identificación, el tipo de carga (de acuerdo a su origen) y si se incluirá el peso propio en la condición de carga.

En este menú se podrá seleccionar o introducir un espectro de respuesta así como funciones de excitación para análisis dinámico, también se podrán definir las combinaciones de carga (Load Combinations..) seleccionando las condiciones de carga que se incluirán en cada combinación con sus respectivos factores de carga como se muestra en la figura 1.6.

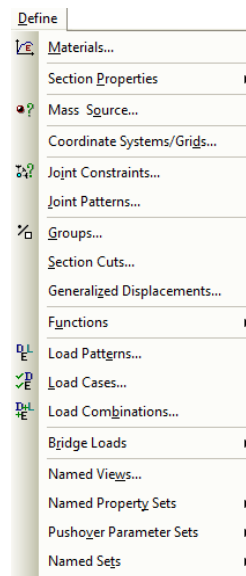


Fig.1.6 Menú Define

1.3.5-EL MENÚ BRIM

Este menú permite definir las características de los puentes a analizar, también tiene herramientas para definir carriles, camiones, etc; como se muestra en la figura 1.7.

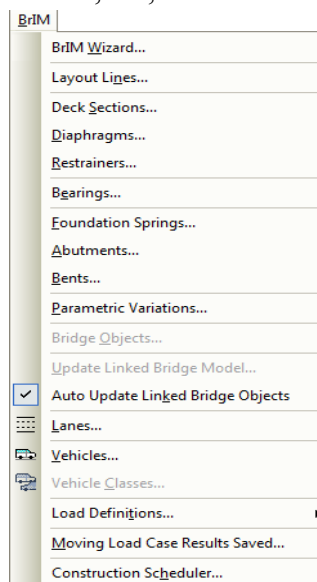


Fig.1. 7 Menú BrIM

1.3.6-MENÚ DRAW.

Algunas de las opciones del menú draw permiten dibujar esquemáticamente a los elementos barra, placa, etc. con los que se irá construyendo el modelo estructural por analizar, algunas opciones que se muestran en la figura 1.8 y que son de uso frecuente son las que se describen a continuación:

Edit Grid: Permite adicionar, modificar, suprimir, etc. las líneas que forman la malla auxiliar para dibujo de elementos.

Draw Frame Element: Permite Iniciar el dibujo (con la ayuda del ratón) de elementos barra, después de seleccionar esta opción se hace clic izquierdo del ratón en el nudo donde inicia la barra (en caso de que este no haya sido creado se hace clic en sus coordenadas), luego se desplaza el puntero (sin arrastrar) hacia el nudo final de la barra haciendo clic izquierdo en el nudo con lo que queda especificada esa barra (se recomienda utilizar la malla auxiliar cambiando la separación de las líneas de 1 a malla para que algunas de las intersecciones de esas líneas coincidan con la mayoría de los nudos de la estructura), la secuencia de dibujo de barras se puede interrumpir con un doble clic del botón derecho en cualquier parte del área de dibujo (con lo que es posible dibujar barras en otras posiciones), para terminar el dibujo de barras se hace clic en el icono de puntero de la barra flotante de iconos, posteriormente se puede dibujar más barras volviendo a seleccionar esta opción, lo anterior se puede hacer tantas veces como se requiera.

Draw Shell Element: Permite iniciar el dibujo (con la ayuda del ratón) de elementos placa, funciona de manera muy similar a la opción anterior solo que en este caso se seleccionaran tres o cuatro nudos dependiendo del tipo de elemento finito que se quiera dibujar, la selección de nudos se hará en sentido horario o anti horario.

Quick Draw Frame Element y Quick Draw Shell Element: Permiten el dibujo de barras y placas respectivamente con un solo clic izquierdo cerca de alguna de las líneas de la malla auxiliar (para el caso de barras) y en algún punto dentro de un área delimitada por líneas de la malla auxiliar de dibujo (para el dibujo de placas).

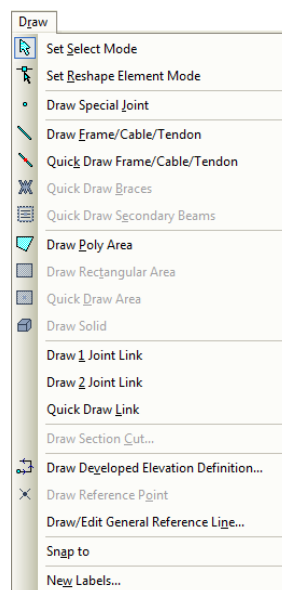


Fig.1.8 Menú Draw

1.3.7-MENÚ SELECT

Algunas de las opciones del menú select que se muestran en la figura 1.9 nos permitirán seleccionar elementos ya existentes dentro del modelo, la selección de elementos es necesaria para poder asignar algunas características a los mismos, por ejemplo si se seleccionan barras se les podrá asignar secciones cargas, etc. las siguientes son algunas opciones que resultan de uso frecuente:

Pointer/Window: Permite seleccionar a los elementos que quedan contenidos dentro de un área rectangular que se define haciendo clic izquierdo en una de las esquinas del área y arrastrando el puntero del ratón hasta la esquina opuesta y soltando el botón del ratón en esa esquina los elementos seleccionados cambian su aspecto de línea continua a línea interrumpida (punteada).

Intersecting Line: Con esta opción se seleccionan a aquellos elementos que son interceptados por una línea que se define haciendo clic izquierdo en uno de los extremos de la misma y arrastrando el puntero del ratón hasta el otro extremo de la línea y soltándolo ahí mismo.

Las otras opciones de Select permiten seleccionar elementos que tienen alguna característica en común.

El menú Deselect dispone de las mismas opciones para excluir elementos ya seleccionados lo anterior se realiza con la opción. Unselect otra manera de quitar elementos de la selección es haciendo clic en el icono de flecha de la barra flotante de iconos y luego hacer clic en cada uno de los elementos que han sido previamente seleccionados y que se quieren excluir, inclusive si se hace clic en un elemento no seleccionado este se selecciona y viceversa

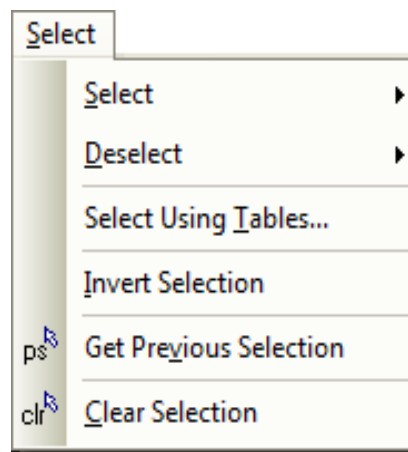


Fig.1.9 Menú Select

1.3.8-MENÚ ASSIGN.

Una vez seccionados algunos elementos (nudos, barras, etc.) podemos asignarles alguna característica propia del elemento (restricciones fuerzas, secciones, etc.), el menú Assign junto con sus opciones nos permitirán realizar esa actividad, enseguida una breve descripción de algunas opciones que se muestran en la figura 1.10 del menú assign son:

Joint: Permite asignar a los nudos seleccionados restricciones o tipos de apoyos (restraints), asignar el mismo desplazamiento (constraints), asignar resortes (springs). etc.

Joint Static Loads: Con esta opción se asignan a los nudos seleccionados fuerzas (Forces) o desplazamientos prescritos (Displacements).

Frame: Permite asignar a las barras seleccionadas, propiedades (Sections), liberarlas de algún elemento mecánico (Releases), especificar sus ejes locales (Local Axes). etc

Frame Static Loads: Con esta opción se asignan fuerzas estáticas de gravedad (Gravity), puntuales y/o uniformes (Point and Uniform), con variación lineal (Trapezoidal), efectos de temperatura (Temperature), y efectos de presfuerzo (Prestress).

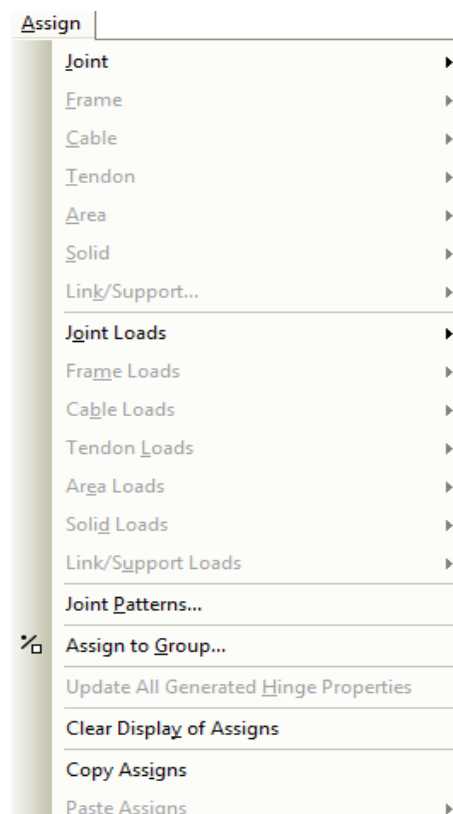


Fig.1.10 Menú Assign

1.3.9-MENÚ ANALYZE

El menú Analyze permite seleccionar algunas opciones de análisis (Set Options), o bien se puede solicitar que el programa SAP 2000 realice el análisis (Run) con los resultados desplegados en una ventana normal o bien en una ventana minimizada (Run Minimized), se recomienda guardar el archivo de trabajo antes de solicitar el análisis (inclusive guardarlo en disco flexible y luego en el disco duro).

Las opciones de set options permiten seleccionar los grados de libertad activos (Available DOFs) dependiendo del tipo de estructura que se analizará. Será necesario identificar y seleccionar haciendo clic en los cuadros respectivos del área correspondiente (un cuadro en blanco significa que ese grado de libertad no está activo) otra manera de seleccionar los grados de libertad es utilizando la opción de seleccionado rápido (Fast DOFs), lo anterior se realiza haciendo clic en alguna de las figuras que corresponda a nuestra estructura, la sección inadecuada de los grados de libertad puede generar resultados incorrectos o estructura inestable (división entre cero) durante la fase de análisis el menú analyze es el que se muestra en la figura 1.11.

Cuando se selecciona la opción de Análisis (Run now de la opción Run Analysis), algunos resultados del proceso se van desplegando en la pantalla.

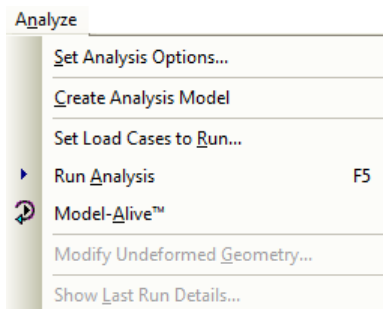


Fig.1.11 Menú Analyze

1.3.10-MENÚ DISPLAY

Este menú permite solicitarle al programa que muestre la geometría no deformada del modelo (Show Undeformed Shape), las cargas en los nudos (Show Loads), en las barras, en los elementos placa o no mostrarlas, el menú desplegado es el que se muestra en la figura 1.12.

Mediante la opción Show Tables se solicita al programa que muestre en una ventana conteniendo una lista con información agrupada de la estructura para que el usuario seleccione los datos y resultados numéricos de nudos (coordenadas, restricciones, reacciones desplazamientos, etc.), de barras (incidencias, tipo de sección, elementos mecánicos etc.) y cargas (en los nudos, en las barras y en las placas), que desea que se muestren en la pantalla.

Produciendo Mediante la opción Show Deformed Shape y después de seleccionar la condición de carga y algunos otros elementos, SAP2000 muestra la configuración deformada correspondiente.

La opción Show Element Forces/Stresses y dependiendo de la sección que se haga SAP2000 puede mostrar elementos mecánicos esfuerzos, reacciones, etc.

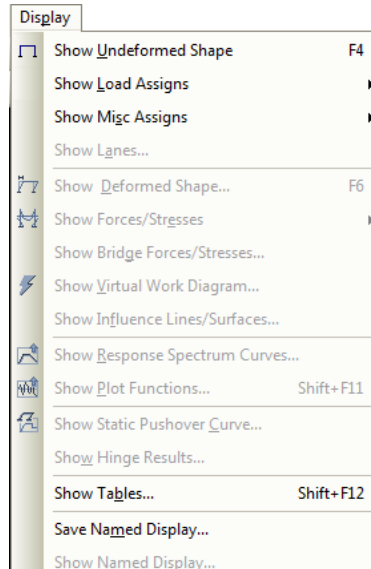


Fig. 1.12 Menú Display

1.3.11-MENÚ DESIGN

EL menú design que es el que se muestra en la figura 1.13, permite seleccionar algunas opciones de diseño dentro de una gama muy amplia de reglamentos de diferentes países tanto americanos como europeos y asiáticos, realizar el diseño (verificación) de elementos, la posibilidad de optimizar secciones ya sea en concreto acero laminado o formado en frio y aluminio.



Fig. 1.13 Menú Design

1.3.12-MENÚ OPTIONS

El menú Options se muestra en a figura 1.14, permite por así decirlo controlar el tipo y características de la información que será mostrada en las diferentes áreas de presentación (colores. número de ventanas, etc.)

En este punto podemos mencionar que una vez que se realiza el análisis SAP 2000 "bloquea" al modelo no permitiendo realizarle ninguna modificación por lo que solo es posible manejar los resultados (ver valores numéricos, gráficas, imprimirlos, etc); para desbloquear al modelo y poder hacerle cambios se selecciona la opción Lock Model con esto ahora los resultados ya no están disponibles para poder tener acceso a ellos una vez realizados los cambios será necesario solicitar nuevamente la realización del análisis.

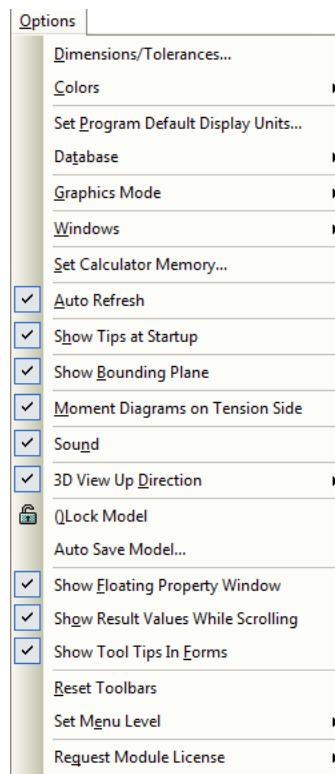


Fig. 1.14 Menú Options

1.4-VERSIONES DE SAP2000 EN EL MERCADO Y SUS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

En la actualidad Existen 4 versiones de SAP 2000 conocidas como “Estándar”, “Plus”, “Nonlinear” y Advanced” en orden creciente de capacidad para la versión 12 solo hay en el mercado 3 versiones “Basic”, “Plus” y “Advanced”.

Al igual que la mayoría de los programas de análisis estructural disponibles en forma comercial, el programa SAP 2000 está basado en el método matricial de rigideces. En ningún momento durante el uso del programa se requiere conocer los detalles de este método, aunque es muy recomendable conocerlo para apreciar mejor sus capacidades y limitaciones. La versión que se usara para la elaboración del presente trabajo será SAP 2000 V12.0.0 Advanced.

SAP 2000 fue desarrollado bajo la hipótesis de que la estructura está formada por barras prismáticas (aunque también maneja cierto tipo de barras de sección variable) de eje recto, considerando también la posibilidad de modelar elementos placa y solido (Elementos Finitos).

El programa SAP 2000 Consta básicamente de una serie de menús que se despliegan en la pantalla al inicio del programa por lo general después de terminada la ejecución de cada una de las opciones, con ellas, el usuario puede introducir y/o modificar datos, bien almacenados para su procesamiento posterior, analizar la estructura, ver resultados en la pantalla o imprimirlos, así como también visualizar los resultados diseño, etc.

Una de sus principales características es la interacción que se puede establecer entre este y el usuario, y debido al número de opciones que el usuario puede activar, se requiere aprender el lenguaje específico para poder utilizarlo, ya que el usuario puede seleccionar varias opciones y la ejecución de cada una de ellas genera otras más, SAP 2000 es un programa orientado a eventos (seleccionar un elemento solo dando clic, elegir una opción, activar y desactivar sus comandos, etc.) y no se requiere solicitar los elementos que se vayan requiriendo para la ejecución completa de ese modulo, por otro lado además es necesario saber las convenciones de los signos empleadas, los sistemas de referencia utilizados.

1.5-MÉTODO DE NEWMARK

Este método, propuesto por su autor es 1943, está basado es el proceso de iteración de Stodola-Vianello (Ronsenblueth y Esteva, 1962).En la forma en que a continuación se describe. El método es aplicable al cálculo del modo fundamental de vibración de las estructuras llamadas sencillas.

En estas estructuras la masa de los pisos intermedios está ligada sólo a la de los pisos superior e inferior mediante resortes que representan las rigideces de entrepiso correspondientes. En su forma más general el método se puede aplicase a cualquier estructura lineal con acoplamiento entre las diferentes masas.

Los pasos en qué consiste el método son los siguientes:

- a) Supóngase una forma X para el modo. Para comenzar, es usualmente apropiado suponer valores iguales al número del orden del piso (de abajo hacia arriba).
- b) Obténgase la fuerza de inercia en cada masa correspondiente a la configuración supuesta. Estas fuerzas serían $MX\omega^2$; como se desconoce ω^2 , se calculan los productos $MX=F/\omega^2$.
- c) A partir de las fuerzas de inercia calcúlense las fuerzas cortantes en los entrepisos, también divididas entre ω^2 , esto es, se calculan V/ω^2 .
- d) Dividiendo las fuerzas cortantes entre las rigideces de entrepiso, obténgase las deformaciones de entrepiso también divididas entre ω^2 .
- e) Acumulando las deformaciones de entrepiso determínese una nueva configuración de los desplazamientos de las masa Y/ω^2 .
- f) Obténgase ω^2 para cada masa, como los coeficientes $X_i/(Y_i/\omega^2)$. Si la configuración X supuesta es la correcta, resultara el mismo valor en todas las masas; en caso contrario; es necesario repetir los pasos empezando con una forma de modo proporcional a Y/ω^2 hasta que se obtengan valores de ω^2 suficientemente parecidos en todas las masas. Así se obtiene una convergencia en general bastante rápida.

Los valores de X en cada iteración se normalizaron de manera que la masa del primer piso tuviese un desplazamiento unitario, lo cual permite apreciar cómo se va modificando de una iteración a otra de forma del modo. Para calcular la frecuencia se puede promediarla con el coeficiente de Schwartz (que es una forma del coeficiente de Rayleigh) como sigue:

$$\omega^2 = \frac{\sum_i \left(\frac{F_i}{\omega^2} \right) (Y_i/\omega^2)}{\sum_i F_i (Y_i/\omega^2)^2}$$

1.6-MÉTODO DE HOLZER

Para calcular modos superiores al primero, podemos emplear el procedimiento Holzer (Crandall y Strang, 1957). Este método es solamente aplicable a estructuras sencillamente acopladas. Los pasos a seguir son:

- a) Supóngase arbitrariamente un valor de ω^2 mayor que el del modo fundamental previamente obtenido por cualquier método.

- b) Supóngase la amplitud del movimiento X_1 de la primera masa a partir del apoyo. Conviene suponer un valor unitario. Esta amplitud supuesta es también igual al desplazamiento ΔX_1 del primer entrepiso.
- c) Calcúlese la fuerza cortante en el primer resorte, $V_1 = K_1 \Delta X_1$ donde K_1 es la rigidez de entrepiso, y la fuerza de inercia en la primera masa, $F_1 = M_1 \omega^2 X_1$.
- d) Por equilibrio determínese la fuerza cortante en el segundo resorte $F_2 = V_1 - F_1$.
- e) Obténgase la deformación de este último, $\Delta X_2 = F_2 / K_2$.
- f) Calcúlese la amplitud del desplazamiento de la segunda masa, $X_2 = X_1 + \Delta X_2$, y la fuerza de inercia en la misma, $F_2 = M_2 \omega^2 X_2$.
- g) Repítanse los pasos (d) a (f) con el tercer resorte y la tercera masa
- h) Continúese el proceso hasta llegar a la última masa. Si se satisface el equilibrio entre la fuerza cortante del último resorte y la fuerza de inercia de la masa aludida, la frecuencia escogida y las amplitudes calculadas corresponden a un modo natural de vibración. Por lo general, tales fuerzas no son iguales y su diferencia constituye un residuo.

1.7-MÉTODO DE ITERACIÓN INVERSA

Este procedimiento es apropiado para resolver problemas de valores característicos mediante operaciones matriciales.

Se parte de la ecuación $(K - \omega^2 M)Z = 0$ que se puede representar de la siguiente manera para su uso en este método:

$$KZ = \omega^2 MZ$$

Los pasos a seguir son:

- a) Supóngase un valor arbitrario X del vector Z , que es lo mismo que suponer un valor arbitrario de $\omega^2 Z$.
- b) Calcúlese el vector $X' = MX$
- c) Calcúlese el vector Y resolviendo el sistema de ecuaciones siguiente (que proviene de la expresión $KZ = \omega^2 MZ$).

$$KY = X'$$

- d) Si el vector Y es igual al vector X multiplicado por una constante, tenemos una forma modal y la constante es igual a $1/\omega^2$. En la práctica se busca que Y sea aproximadamente igual a una constante por X y se calcula ω^2 con la relación siguiente que es una manera de escribir el coeficiente de Rayleigh).

Si \mathbf{Y} no es suficientemente parecida a \mathbf{X} , se empieza otra vez en el paso (a) con un vector que sea proporcional a \mathbf{Y} .

Este método sirve para obtener modos fundamentales e igualmente también para el último modo donde en vez de emplear \mathbf{K} se utiliza \mathbf{K}' es decir:

$$\mathbf{K}' = \mathbf{K} - \mu\mathbf{M}$$

En este caso los valores de \mathbf{Y} convergen a la forma del modo cuyo valor de ω^2 sea más cercano a μ y el coeficiente de Rayleigh proporciona el valor de $(\omega^2 - \mu)$, así que para calcular ω^2 se debe usar la expresión:

$$\omega^2 = \mu + \frac{\mathbf{Y}^T \mathbf{X}'}{\mathbf{Y}^T \mathbf{M} \mathbf{Y}}$$

1.8-Análisis Paso a Paso, método β de Neumark

Un acelerograma real no es una función algebraica del tiempo, sino una serie de valores numéricos de la aceleración para diferentes instantes; usualmente a intervalos constantes de tiempo Δt , que varían entre 0.005 y 0.02 segundos. Para duraciones normales de temblores, entre 20 y 60 segundos, se tienen unos pocos millares de valores de la aceleración.

Los métodos, denominados paso a paso, pueden aplicarse tanto a estructuras lineales y no lineales de cualquier número de grados de libertad, y están incorporados en una gran cantidad de los programas comerciales de análisis estructural.

En esta sección presentamos uno de los métodos más populares, originalmente propuesto por Newmark (1962); aunque limitados a sistemas de un grado de libertad, veremos posteriormente que los conceptos expuestos se aplican al análisis paso a paso de estructuras más complejas.

Considérese un sistema de un grado de libertad, cuya ecuación de movimiento es:

$$\mathbf{m}\mathbf{a} + \mathbf{c}\mathbf{v} + \mathbf{k}\mathbf{u} = -\mathbf{m}\ddot{\mathbf{s}}$$

Donde \mathbf{a} , \mathbf{v} y \mathbf{u} son la aceleración, velocidad y desplazamiento, respectivamente, de la masa m . Supondremos que estas tres cantidades se conocen en el instante t y usaremos el subíndice 1 para denotar sus valores en $t + \Delta t$. Se debe también cumplir:

$$\mathbf{m}\mathbf{a}_1 + \mathbf{c}\mathbf{v}_1 + \mathbf{k}\mathbf{u}_1 = -\mathbf{m}\ddot{\mathbf{s}}_1$$

Definiendo $\Delta\mathbf{a} = \mathbf{a}_1 - \mathbf{a}$, $\Delta\mathbf{v} = \mathbf{v}_1 - \mathbf{v}$ y $\Delta\mathbf{u} = \mathbf{u}_1 - \mathbf{u}$ restando las dos últimas ecuaciones se deduce que:

$$\mathbf{m}\Delta\mathbf{a} + \mathbf{c}\Delta\mathbf{v} + \mathbf{k}\Delta\mathbf{u} = -\mathbf{m}(\ddot{\mathbf{s}}_1 - \ddot{\mathbf{s}})$$

Newmark propuso emplear las siguientes ecuaciones para calcular v_1 , y u_1 :

$$v_1 = v + \frac{1}{2}(a + \beta a_1)\Delta t$$

$$u_1 = u + v\Delta t + \left[\left(\frac{1}{2} - \beta\right)a + \beta a_1\right](\Delta t)^2$$

Usando conceptos básicos de cinemática se puede deducir cómo varía la aceleración con el tiempo en el lapso Δt . Por ejemplo, $\beta = 1/4$ corresponde a aceleración constante en dicho lapso, igual al promedio de a y a_1 , mientras que la variación lineal de aceleraciones entre a y a_1 , conduce a $\beta = 1/6$.

Resolviendo el sistema de tres ecuaciones simultáneas con tres incógnitas a_1 , v_1 y u_1 o de manera equivalente Δa , Δv y Δu .

Una vez resultas obtenemos lo siguiente:

$$u_1 = u + v\Delta t + \frac{1}{4}(a + a_1)(\Delta t)^2$$

$$\Delta u = u_1 - u = v\Delta t + \frac{1}{4}(a + a_1)(\Delta t)^2$$

$$\Delta v = v_1 - v = \frac{1}{2}(a + a_1)\Delta t$$

Despejando $(a+a_1)\Delta t$ de esta ecuación y sustituyendo obtenemos:

$$\Delta v = 2\left(\frac{\Delta u}{\Delta t} - v\right)$$

Y deducimos que:

$$\frac{4(\Delta u + v\Delta t)}{\Delta t^2} = a + a_1 = a_1 - a + 2a$$

$$\Delta a = a_1 - a = \frac{4(\Delta u + v\Delta t)}{\Delta t^2} - 2a$$

Despejando las ecuaciones anteriores para sustituir Δu y Δa en $m\Delta a + c\Delta v + k\Delta u = -m(\ddot{s}_1 - \ddot{s})$, Δu queda como la única incógnita que se despeja con el resultado siguiente:

$$\Delta u = \frac{\Delta S^*}{K^*}$$

Donde:

$$K^* = K + \frac{2c}{\Delta t} + 4m/\Delta t^2$$

$$\Delta S^* = -m(\ddot{s}_1 - \ddot{s}) + \left[\frac{4m}{\Delta t^2} + 2c \right] v + 2ma$$

Igualmente esta resulta ser una interpretación más cómoda del método.

$$u_{i+1} := \frac{-m \cdot a_{\text{uelo}} + m \cdot \left[\frac{1}{\beta \cdot \Delta t^2} \cdot u_i + \frac{1}{\beta \cdot \Delta t} \cdot v_i + \left(\frac{1}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot a_i \right] + c \cdot \left[\frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \cdot u_i + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) \cdot v_i + \left(\frac{\gamma}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot a_i \cdot \Delta t \right]}{k_2}$$

$$v_{i+1} := \frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \cdot (u_{i+1} - u_i) + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta} \right) \cdot v_i + \left(1 - \frac{\gamma}{2 \cdot \beta} \right) \cdot a_i \cdot \Delta t$$

$$a_{i+1} := \frac{1}{\beta \cdot \Delta t^2} \cdot (u_{i+1} - u_i - v_i \cdot \Delta t) - \left(\frac{1}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot a_i$$

CAPITULO 2 ACCIONES

2.1-ACCIONES PERMANENTES

Las acciones permanentes son las obran de forma continua sobre la estructura y cuya intensidad varían muy poco con el tiempo. Las principales acciones que pertenecen a esta categoría son:

La Carga Muerta, debida al peso propio de la estructura y de algunos otros elementos que la componen.

Las deformaciones, como los debidos al presfuerzo o movimientos diferenciales permanentes de los apoyos

Los desplazamientos impuestos a la estructura que varían poco con el tiempo.

2.2-ACCIONES VARIABLES

Las acciones variables son las que obran en la estructura como la intensidad que varia significativamente con el tiempo. Las principales acciones que entran en estas categorías son:

La Carga Viva, debida al tipo de uso que tendrá la estructura.

Los efectos de temperatura

Los hundimientos diferenciales que tengan intensidad variable con respecto al tiempo

Las acciones debidas al funcionamiento de maquinaria y equipo.

2.3-ACCIONES ACCIDENTALES

Las acciones accidentales son las que se deben al funcionamiento normal de la edificación y que pueden alcanzar intensidades significativas solo durante lapsos breves. Las principales acciones que entran en esta categoría son:

Las acciones sísmicas

Los efectos del viento

Las cargas debidas al granizo

Los efectos de explosiones

Las cargas debidas a ceniza volcánica

La nieve en el caso del norte del país

Entre otras que puedan presentarse en casos extraordinarios. Sera necesario tomar precauciones en las estructuras, en su cimentación y en los detalles constructivos, para evitar un comportamiento catastrófico de la estructura para el caso en que ocurran estas acciones. En todo análisis de una estructura deben tomarse en cuenta los efectos de acciones permanentes (Peso Propio y Carga muerta), las acciones variables (Carga Viva con la intensidad correspondiente según las consideraciones del Reglamento a usar) y las acciones accidentales (Sismo y Viento según la ubicación de la Estructura).

2.4-ANÁLISIS SÍSMICO

Estas cargas inducidas en las estructuras están en relación a su masa y elevación a partir del suelo; así como las aceleraciones del terreno y de la capacidad de la estructura para disipar energía; estas cargas se pueden determinar cómo fuerzas estáticas horizontales aplicadas a las masas de la estructura.

Zonificación

Las zonas del D.F se consideran de acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el distrito federal, tal como se muestra en la siguiente figura 2.1

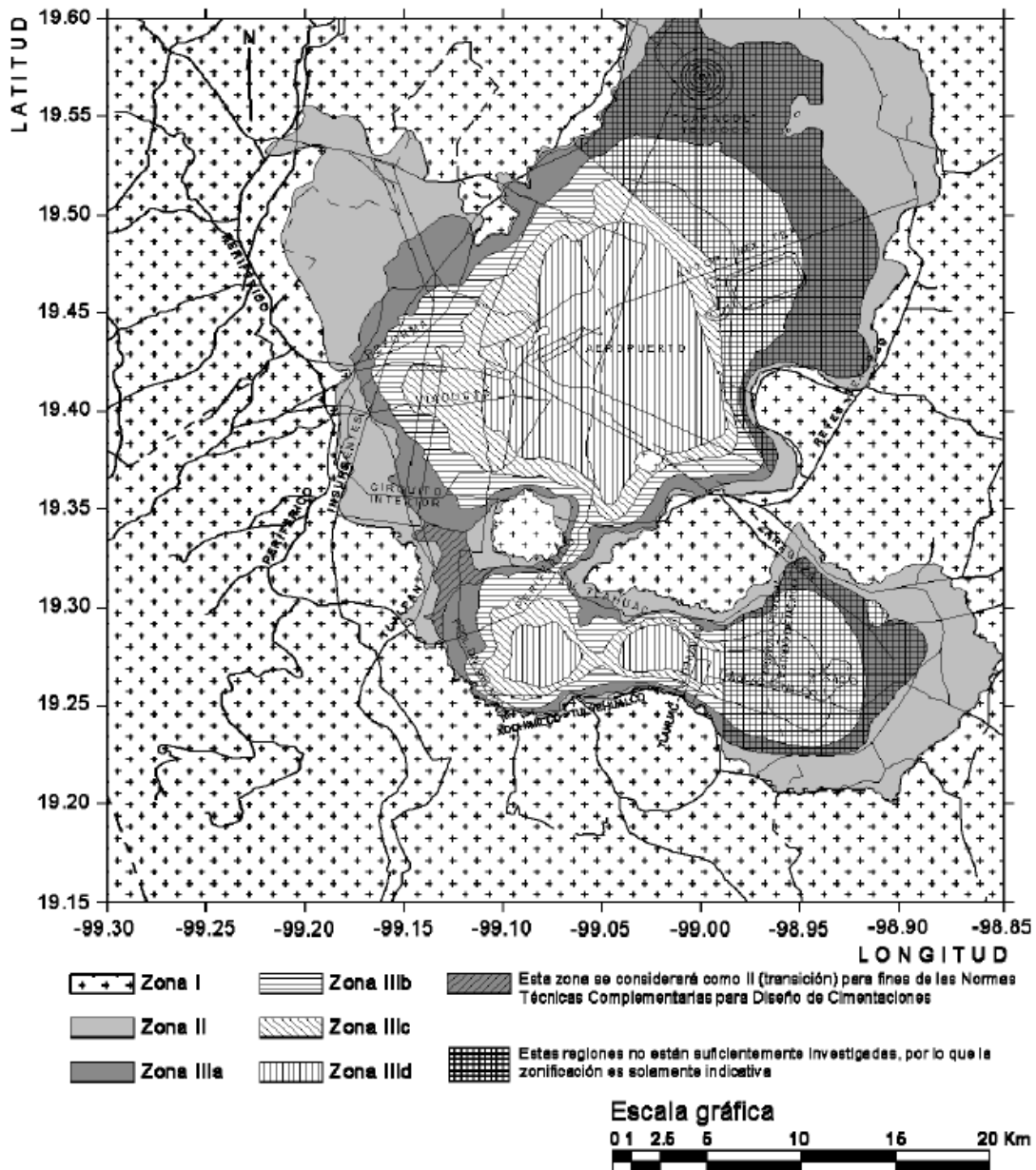


Fig.2.1 Zonificación

Factor de comportamiento sísmico

Para el factor de comportamiento sísmico, Q se adoptaran los valores especificados en algunas de las secciones indicadas en el capítulo 5 de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo, según se cumplan los requisitos en ellas indicada.

Coefficiente sísmico

El coeficiente sísmico c, es el coeficiente de la fuerza cortante horizontal que debe considerarse que actúa en la base de la edificación por efecto del sismo, Vo, entre el peso de la edificación sobre dicho nivel, Wo.

El coeficiente sísmico para las edificaciones se muestra en la siguiente figura.

Factor de reducción

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas para el análisis estático y de las obtenidas del análisis dinámico modal. Se empleara un factor de reducción Q' que se calculara como sigue:

$$Q' = Q; \text{ si se desconoce } T, \text{ o si } T \geq T_a$$
$$Q' = 1 + \frac{T}{T_a}(Q - 1); \text{ si } T < T_a$$

T se tomara igual al del periodo fundamental de vibración de la estructura cuando se utilice el método estático, e igual al periodo natural de vibración del modo cuando se utilice el análisis dinámico modal; T_a es un periodo característico del espectro de diseño. Q es el factor de comportamiento de comportamiento sísmico.

Para el diseño de estructuras que sean irregulares, de acuerdo con el capítulo 6 (condición por regularidad) de las Normas Técnicas Complementarias para el diseño por Sismo, el valor de Q' se corregirá como se indica en dicho capítulo.

Corrección por regularidad.

El factor de reducción Q', se multiplicara por 0.9 cuando no se cumpla con uno de los requisitos 1 a 11, por 0.8 cuando dos o más de dichos requisitos y por 0.7 cuando la estructura sea fuertemente irregular según las condiciones de la sección 6.3 de las Normas técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo. En ningún caso el factor Q', se tomara menor que uno.

Espectro para diseño sísmico.

Cuando se aplique el análisis dinámico modal, se adoptara como ordenada del espectro de aceleraciones para el diseño sísmico, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, la que se estipula a continuación.

$$a = a_0 + (c - a_0) \frac{T}{T_a}; \text{ si } T < T_a$$

$$a = c; \text{ si } T_a \leq T \leq T_b$$

$$a = qc; \text{ si } T > T_b$$

Donde:

$$Q = (T_b/T)^r$$

En ellas (a) corresponde a la ordenada espectral expresada como fracción de la gravedad; a_0 es la aceleración del terreno correspondiente con la ordenada al origen; c es el coeficiente sísmico; T_a y T_b los periodos característicos que limitan la meseta de máximas aceleraciones del espectro y T el periodo estructural.

La configuración que se obtiene al construir el espectro de diseño, bajo este esquema matemático, es congruente con la forma que adoptan los espectros de diseño reglamentarios que indica el Capítulo 3 de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo.

Los parámetros que antevienen en estas expresiones que obtienen de la imagen 2.2 donde se indican los valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones.

Zona	c	a_0	T_a^1	T_b^1	r
I	0.16	0.04	0.20	1.35	1.00
II	0.32	0.08	0.20	1.35	1.33
IIIa	0.40	0.10	0.53	1.80	2.00
IIIb	0.45	0.11	0.85	3.00	2.00
IIIc	0.40	0.10	1.25	4.20	2.00
III d	0.30	0.10	0.85	4.20	2.00

Periodos en segundos

Fig.2.2 Parámetros para cálculo de espectros de diseño

2.5-GRADOS DE LIBERTAD DINÁMICOS

Desde el punto de vista dinámico, interesan los grados de libertad en los que se generan fuerzas generalizadas de inercia significativas; es decir, fuerzas iguales a masa por aceleración o momento de inercia por aceleración angular.

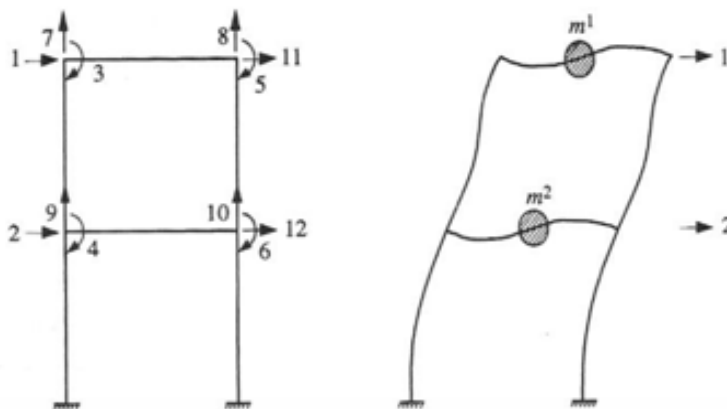


Fig. 2.3 Grados de libertad

Por ejemplo, en la figura 2.2 se muestra un marco que tiene 12 grados de libertad estáticos. Sin embargo, si las fuerzas de inercia importantes son solamente las que generan las masas m_1 y m_2 al moverse lateralmente y las deformaciones de los pisos en su plano son despreciables, tenemos un sistema de dos grados de libertad dinámicos, que son precisamente los desplazamientos laterales 1 y 2 en la figura 2.2.

Es pertinente observar que esto no implica que en los restantes giros y desplazamientos se anulen, sino que, aunque asuman valores distintos de cero, no generan fuerzas de inercia de consideración.

En edificios es generalmente aceptable suponer que los pisos son diafragmas rígidos en su plano, lo que se expresa el movimiento lateral de cualquier punto del piso en términos de grados de libertad: dos desplazamientos horizontales y un giro alrededor de un eje vertical. Si un marco o muro está ligado a un piso rígido, su desplazamiento real en este nivel depende solamente de los valores que adquieran estos tres grados de libertad. Por otro lado, en vista de la mayor parte de las masas están directamente soportadas por los pisos, es también aceptable suponer que todas las masas están concentradas en los mismos manera que las fuerzas de inercia generadas por desplazamientos laterales pueden expresarse como productos de la masa en cada piso por sus aceleraciones lineales (en dos ejes horizontales perpendiculares) y del momento de inercia dicha masa por la aceleración angular alrededor del eje vertical que pasa por centro de masas.

Esto permite efectuar el análisis dinámico de un edificio modelos que tienen tres grados de libertad por piso. Cuando por simetría los pisos no rotan alrededor de ejes verticales, el edificio o sus componentes se pueden modelar como un sistema de un grado de libertad (desplazamiento lateral) por piso.

Nótese que la hipótesis de que los pisos diafragmas rígidos implica que las vigas no tienen deformaciones axiales sería el caso del marco de la figura mostrada recordando que la matriz de rigideces este marco, que es de 12×12 , se puede transformar a una matriz de rigideces lateral de 2×2 , expresada en función de los grados de libertad 1 y 2. De esta manera, matrices de rigideces y de masas corresponden a los mismos grados de libe.

Descripción y ecuación de equilibrio dinámico

Consideremos el sistema de un piso mostrado en la figura 2.4, constituido una masa concentrada que puede tener un desplazamiento horizontal u , ligado al terreno mediante varios elementos verticales representados esquemáticamente por dos columnas elásticas y por un amortiguador.

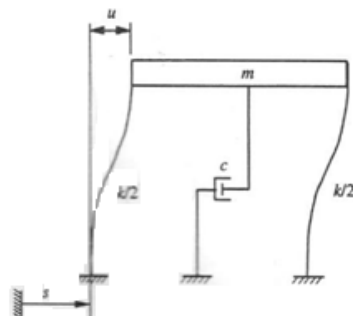


Fig. 2.4 Sistema de piso

Cuando el terreno experimenta un desplazamiento horizontal s , en la ecuación de equilibrio dinámico aparecen la fuerza de inercia, igual a la masa por su aceleración absoluta \ddot{x} , la fuerza de rigidez y la de amortiguamiento.

En el caso más sencillo, las fuerzas de rigidez y de amortiguamiento son, respectivamente, proporcionales al desplazamiento u y a la velocidad \dot{u} de masa con respecto a su base. Sean k y c las correspondientes constantes de proporcionalidad que se supone que no cambian con el tiempo: es lo mismo que la matriz de rigidez lateral, en este caso de 1 por 1, y c se llama cociente o relación de amortiguamiento.

El conjunto de m , c y k constituye un sistema lineal de un grado de libertad, con amortiguamiento viscoso lineal; usando el principio de D'Alembert, la ecuación diferencial equilibrio dinámico o de movimiento es

$$m\ddot{x} + c\dot{u} + ku = 0$$

El punto sobre una cantidad significa derivación con respecto al tiempo. Considerando que $x = s + u$, la ecuación anterior se escribe

$$m\ddot{s} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{s}$$

Dividiendo esta ecuación entre m y definiendo $\omega = (K/m)^{1/2}$, $c_{cr} = 2(km)^{1/2}$ y $\zeta = c/c_{cr}$ se llega a:

$$u + 2\zeta\omega\dot{u} + \omega^2u = -\ddot{s}$$

ω se denomina frecuencia circular natural del sistema; c_{cr} se conoce como amortiguamiento crítico y ζ es la fracción de amortiguamiento crítico, que usualmente se expresa como porcentaje. De las definiciones de ω y c_{cr} deducimos que $c_{cr} = 2m\omega$, lo cual muestra que el amortiguamiento crítico está relacionado con la frecuencia fundamental de vibración.

2.6-SISTEMAS LINEALES DE VARIOS GRADOS DE LIBERTAD SIN TORSIÓN

En edificios es usualmente aceptable suponer que las masas están concentradas en los niveles de los pisos y de las fuerzas de inercia importantes son solo las laterales; por ello lo que se sigue se imita a tratar este caso, aunque varios conceptos son aplicables a otros sistemas estructurales con masas concentradas cuyos apoyos tengan todos el mismo movimiento.

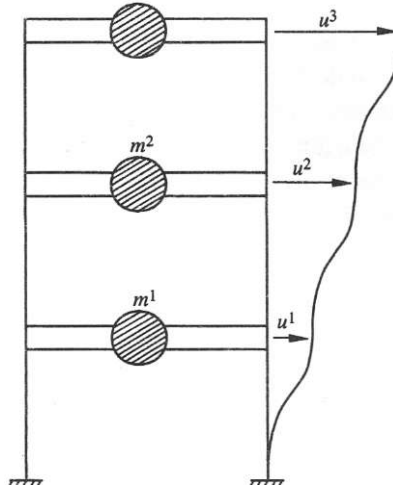


Fig. 2.5 Sistema de 3 grados de libertad

Masa (m) suponemos concentrada la masa en un punto.

Rigidez (K), en este caso se identifica con la rigidez de la barra que une a la masa con el suelo. La rigidez produce una fuerza recuperadora del movimiento. En estructuras de edificación la K se obtendrá a partir de la función de la rigidez a cortante de las columnas, generalmente la suma de las rigideces de estos.

Frecuencia circular (ω), que es una velocidad angular en la analogía del movimiento circular y tiene por dimensiones rad/s. Se define como:

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

El periodo (T), que podemos definir simplemente como el tiempo transcurrido entre dos máximos sucesivos (esta distancia se denomina longitud de onda λ). En el esquema del movimiento circular se corresponde con el tiempo que se tarda en recorrer una circunferencia completa.

La frecuencia cíclica f , que se define a partir del periodo como:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

Ecuaciones de equilibrio dinámico

Considerando un sistema de tres grados de libertad como el que se muestra en la figura 2.5 anterior cuyos apoyos tienen un movimiento $s(t)$ y cuyas masas m_1 , m_2 y m_3 tienen desplazamientos u_1 , u_2 y u_3 respectivamente.

Las fuerzas de inercia en este caso son $m_1(\ddot{u}_1 + \ddot{s})$, $m_2(\ddot{u}_2 + \ddot{s})$ y $m_3(\ddot{u}_3 + \ddot{s})$. las fuerzas en los elementos elásticos se calculan como el producto de la matriz de rigidez lateral K por los desplazamientos laterales, es decir:

$$F_e = Ku$$

2.8-FRECUENCIAS Y MODOS DE VIBRACIÓN

Matemáticamente la expresión siguiente:

$$|K - \omega^2 M| = 0$$

Constituye un problema de valores característicos. Desarrollando el determinante se obtiene un ecuación algebraica de grado n donde la incógnita es ω^2 , siendo n el número de grados de libertad cuya solución conduce a n valores de ω^2 , es decir a n frecuencias naturales de vibración ω , que corresponden a otros tantos periodos naturales $2\pi/\omega$.

Para estructuras estables los valores de ω^2 son reales y positivos, y sus raíces cuadradas son las frecuencias naturales. Se acostumbra numerar a las ω en orden creciente; así la primera frecuencia ω_1 (llamada frecuencia fundamental) tiene el menor valor, y la última, ω_n el mayor.

Calculo Numérico de Modos y Frecuencias de Vibrar

El procedimiento seguido en la sección precedente para obtener modos y periodos de vibrar es laborioso e impráctico en sistemas de más grados de libertad. Por lo que se han desarrollado métodos numéricos de aproximaciones sucesivas, de los cuales se mostrarán a continuación. Estos son apropiados para emplearse con una calculadora de escritorio o una hoja electrónica de trabajo.

CAPITULO 3

ANÁLISIS CON MÉTODOS APROXIMADOS USANDO MATHCAD

EJERCICIO 3.1 CONSIDERANDO AL SISTEMA MOSTRADO, OBTENGA LAS CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS (FRECUENCIAS, PERIODOS Y FORMAS MODALES) DEL MARCO DE CONCRETO MOSTRADO.



Considerando:
 $E=175,000 \text{ kg/cm}^2$
 Columnas de 70X70cm
 Trabes de 30X60cm
 Y pesos de 40 y 55Ton respectivamente por nivel.

3.2.1-OBTENCIÓN DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL CONSIDERANDO QUE EL SISTEMA DE PISO ES INFINITAMENTE RÍGIDO.

$$I = \frac{70^4}{12} = 0.02m^4$$

$$\frac{12EI}{L^3} = \frac{12(175000)(0.02)}{(3.5)^3} = 9800 \text{ ton/m}$$

$$K_{Pbaja} := EI/L^3_{12_1} + EI/L^3_{12_3} + EI/L^3_{12_6} = 20595.97$$

$$K_{Palta} := EI/L^3_{12_4} + EI/L^3_{12_6} = 7561.205$$

$$K_N := \begin{pmatrix} K_{Pbaja} + K_{Palta} & -K_{Pbaja} \\ -K_{Palta} & K_{Palta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 28157.175 & -20595.97 \\ -7561.205 & 7561.205 \end{pmatrix}$$

3.2.2- DETERMINACIÓN DE LA MATRIZ DE MASAS

$$M = \begin{pmatrix} 40 & 0 \\ 0 & 55 \end{pmatrix} \cdot \text{ton} \quad M := M \cdot \text{ton}^{-1}$$

$$f := K^{-1} = \begin{pmatrix} 0.000132 & 0.00036 \\ 0.000132 & 0.000493 \end{pmatrix}$$

Obtencion de la matrizdinamica A=M(K)

$$A := (M)^{-1} \cdot K = \begin{pmatrix} 703.929 & -514.899 \\ -137.476 & 137.476 \end{pmatrix}$$

Con el método de la potencia inversa se determina el periodo fundamental de la estructura.

$$A := A^{-1} = \begin{pmatrix} 0.005 & 0.02 \\ 0.005 & 0.027 \end{pmatrix}$$

$$X_0 := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$X_1 := A \cdot X_0 = \begin{pmatrix} 0.025 \\ 0.032 \end{pmatrix} \quad X_1 := \frac{1}{|X_{1,1}|} \cdot X_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1.29 \end{pmatrix}$$

$$X_2 := A \cdot X_1 = \begin{pmatrix} 0.031 \\ 0.04 \end{pmatrix} \quad X_2 := \frac{1}{|X_{2,1}|} \cdot X_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1.304 \end{pmatrix}$$

$$X_3 := A \cdot X_2 = \begin{pmatrix} 0.031 \\ 0.041 \end{pmatrix} \quad X_3 := \frac{1}{|X_{3,1}|} \cdot X_3 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1.305 \end{pmatrix}$$

$$X_4 := A \cdot X_3 = \begin{pmatrix} 0.031 \\ 0.041 \end{pmatrix} \quad X_4 := \frac{1}{|X_{4,1}|} \cdot X_4 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1.305 \end{pmatrix}$$

$$X_5 := A \cdot X_4 = \begin{pmatrix} 0.031 \\ 0.041 \end{pmatrix} \quad X_5 := \frac{1}{|X_{5,1}|} \cdot X_5 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1.305 \end{pmatrix}$$

3.2.3-OBTENCION DE LA FRECUENCIA CIRCULAR, PERIODO Y FRECUENCIA.

$$\lambda_1 := \frac{A^{-1} \cdot X_5 \cdot X_5}{X_5 \cdot X_5} = 32.111$$

$$\omega_1 := \sqrt{\lambda_1} = 5.667 \quad \text{Frecuencia circular}$$

$$T_1 := \frac{2 \cdot \pi}{\omega_1} = 1.109 \quad \text{Periodo}$$

$$f_1 := \frac{1}{T_1} = 0.902 \quad \text{Frecuencia}$$

Con el método de la potencia se determina el último periodo de la estructura

$$A := M^{-1} \cdot K = \begin{pmatrix} 703.929 & -514.899 \\ -137.476 & 137.476 \end{pmatrix}$$

$$X_0 := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$X_1 := A \cdot X_0 = \begin{pmatrix} 189.03 \\ 0 \end{pmatrix} \quad X_1 := \frac{1}{|X_{1,1}|} \cdot X_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$X_2 := A \cdot X_1 = \begin{pmatrix} 703.929 \\ -137.476 \end{pmatrix} \quad X_2 := \frac{1}{|X_{2,1}|} \cdot X_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ -0.195 \end{pmatrix}$$

$$X_3 := A \cdot X_2 = \begin{pmatrix} 804.489 \\ -164.325 \end{pmatrix} \quad X_3 := \frac{1}{|X_{3,1}|} \cdot X_3 = \begin{pmatrix} 1 \\ -0.204 \end{pmatrix}$$

$$X_4 := A \cdot X_3 = \begin{pmatrix} 809.103 \\ -165.557 \end{pmatrix} \quad X_4 := \frac{1}{|X_{4,1}|} \cdot X_4 = \begin{pmatrix} 1 \\ -0.205 \end{pmatrix}$$

$$X_5 := A \cdot X_4 = \begin{pmatrix} 809.287 \\ -165.607 \end{pmatrix} \quad X_5 := \frac{1}{|X_{5,1}|} \cdot X_5 = \begin{pmatrix} 1 \\ -0.205 \end{pmatrix}$$

$$\lambda_2 := \frac{A \cdot X_5 \cdot X_5}{X_5 \cdot X_5} = 809.295$$

$$\omega_2 := \sqrt{\lambda_2} = 28.448 \quad \text{Frecuencia circular}$$

$$T_2 := \frac{2 \cdot \pi}{\omega_2} = 0.221 \quad \text{Periodo}$$

$$f_2 := \frac{1}{T_2} = 4.528 \quad \text{Frecuencia}$$

3.2.4- OBTENCIÓN DE LA PRIMERA Y SEGUNDA FORMA MODAL A PARTIR DEL MÉTODO DE NEWMARK

w^2 Supuesta	K	20595.970		7561.205		Residuo
	M		40.000		55.000	
20.000	X		1.000		3.618	15816.063
	ΔX	1.000		2.618		
	V	20595.970		19795.970		
	F		800.000		3979.907	
40.000	X		1.000		3.512	11268.923
	ΔX	1.000		2.512		
	V	20595.970		18995.970		
	F		1600.000		7727.047	
31.500	X		1.000		3.557	13173.016
	ΔX	1.000		2.557		
	V	20595.970		19335.970		
	F		1260.000		6162.954	
32.500	X		1.000		3.552	12946.823
	ΔX	1.000		2.552		
	V	20595.970		19295.970		
	F		1300.000		6349.147	

Primera Forma Modal

$$N_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$M_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 3.52 \end{pmatrix}$$

Niveles



Obtención de la segunda forma modal a partir del método de Newmark

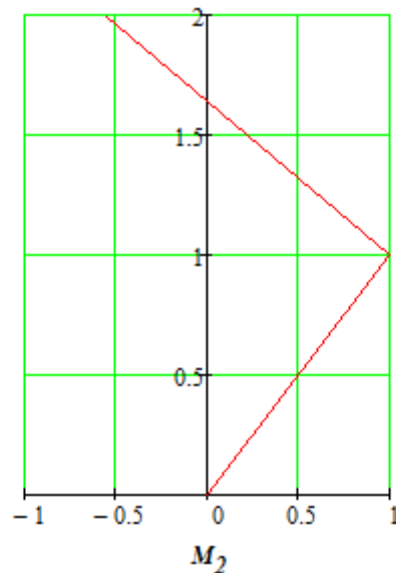
w^2 Supuesta	K	20595.970		7561.205		Residuo
	M		40.000		55.000	
800.000	X		1.000		-0.508	10958.054
	ΔX	1.000		-1.508		
	V	20595.970		-11404.030		
	F		32000.000		-22362.084	
900.000	X		1.000		-1.037	35939.617
	ΔX	1.000		-2.037		
	V	20595.970		-15404.030		
	F		36000.000		-51343.647	
808.000	X		1.000		-0.551	12742.433
	ΔX	1.000		-1.551		
	V	20595.970		-11724.030		
	F		32320.000		-24466.463	
810.000	X		1.000		-0.561	13194.347
	ΔX	1.000		-1.561		
	V	20595.970		-11804.030		
	F		32400.000		-24998.377	

$$N_2 := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$M_2 := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -0.561 \end{pmatrix}$$

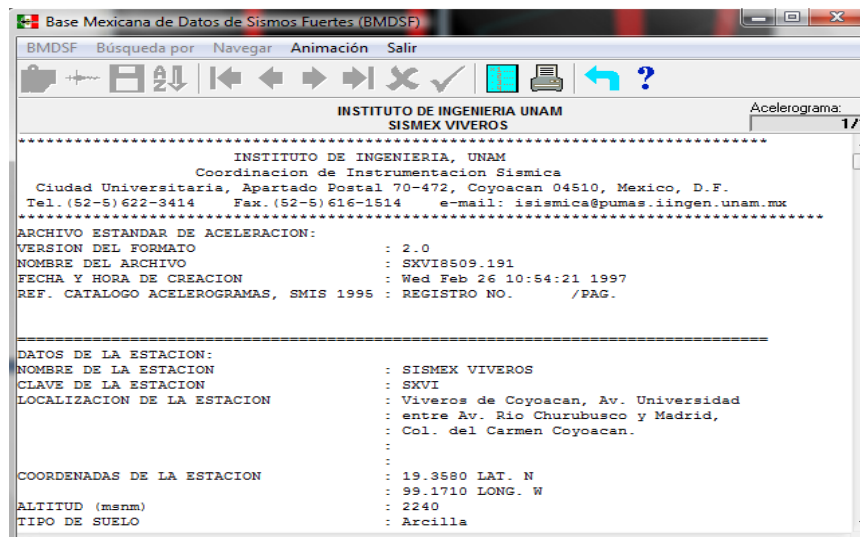
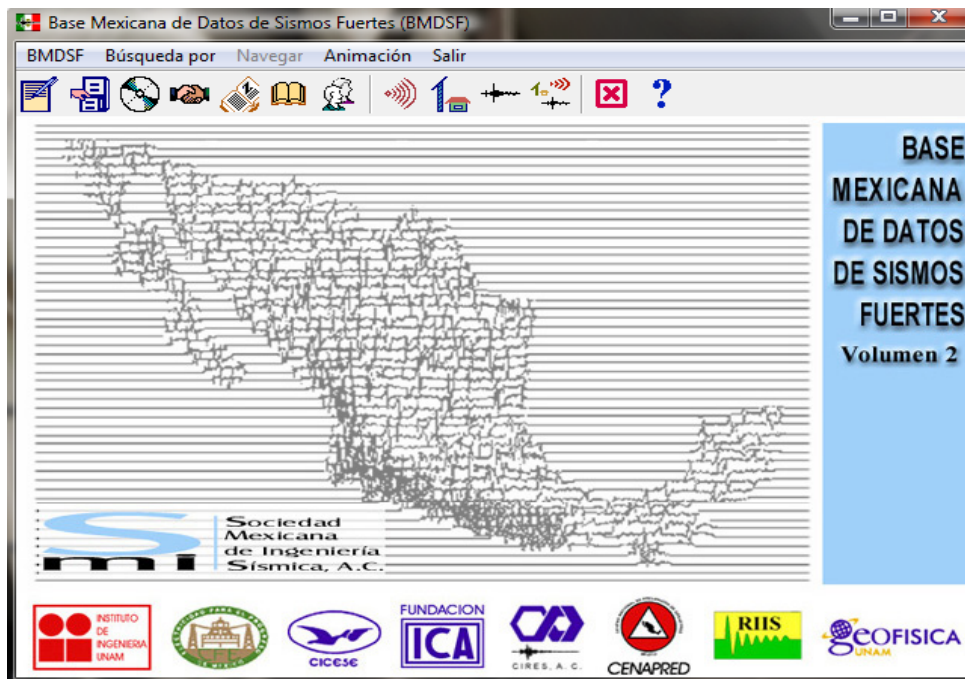
Niveles N_2

Segunda Forma Modal



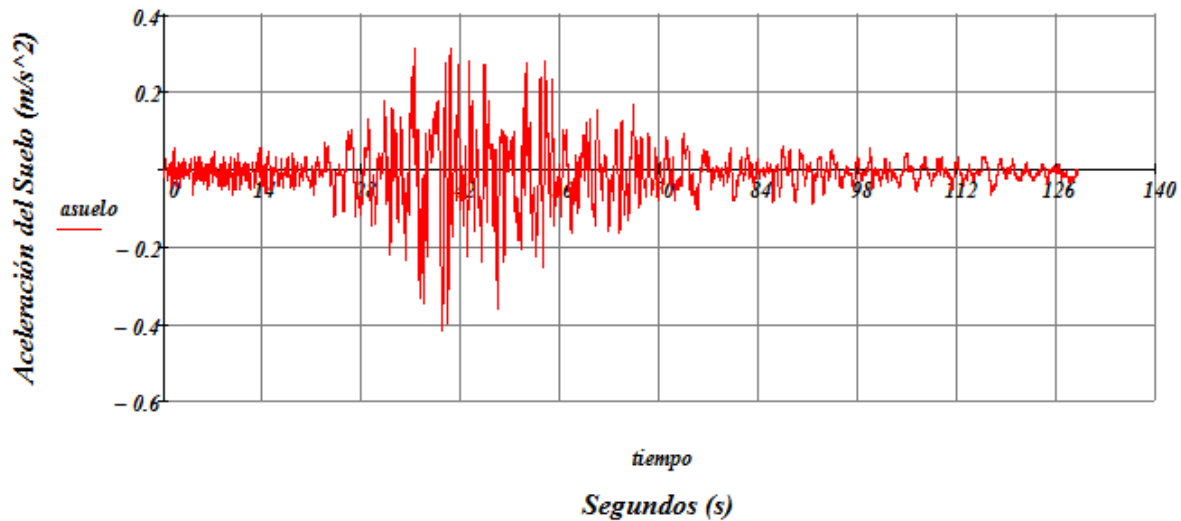
3.3-EJERCICIO 3 CON EL EJEMPLO ANTERIOR Y USANDO DE PREFERENCIA UN ACELEROGRAMA REPRESENTATIVOS DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 1985 OBTENER LA HISTORIA DE VELOCIDADES, ACELERACIONES Y DESPLAZAMIENTOS Y OBTENER LA RESPUESTA MÁXIMA Y PARA QUE TIEMPOS SE REPRESENTAN SUPONIENDO QUE TIENEN UN AMORTIGUAMIENTO DE 5%.

El acelerograma a usar se obtuvo de la Base Mexicana de datos de Sismos Fuertes el registro elegido fue el de **SISMEX VIVEROS**.



En esta imagen se muestra el acelerograma antes mencionado.

Acelerograma Registros Sismex Viveros 19/09/1985



Para determinar lo pedido por el ejercicio supondremos que tenemos un sistema de un grado de libertad el cual tiene un periodo igual al obtenido en el ejercicio anterior que en ese caso fue de 1.109s el obtenido e igualmente se compara con el periodo obtenido en SAP 2000 para ver qué diferencia se puede obtener en cada uno de los casos.

3.3.1-PARA ESTE CASO ENCONTRAREMOS LOS VALORES REQUERIDOS USANDO EL MÉTODO BETA DE NEWMARK.

$$m := 1 \text{ ton} \quad T := 1.109 \text{ s}$$

$$k := \left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \right)^2 \cdot m = 32.099 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\xi := 0.05$$

$$\omega := \frac{2 \cdot \pi}{T} = 5.666 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$c := \xi \cdot 2 \cdot m \cdot \omega = 0.567$$

Constantes del método

$$\beta := \frac{1}{4} \quad \gamma := \frac{1}{2}$$

$$k_2 := \frac{m}{\beta \cdot \Delta t^2} + \frac{\gamma \cdot c}{\beta \cdot \Delta t} + k = 40145.412$$

Se mostrará una parte del proceso y después solo se colocará una tabla de los resultados obtenidos ya que es un proceso iterativo y muy largo.

Definiremos las condiciones iniciales

Tiempo $t=0$

Desplazamiento $u=0$

Velocidad $v=0$

Aceleración $a=0$

Las ecuaciones del método son las siguientes.

$$u_{i+1} := \frac{-m \cdot a_{suelo i+1} + m \cdot \left[\frac{1}{\beta \cdot \Delta t^2} \cdot u_i + \frac{1}{\beta \cdot \Delta t} \cdot v_i + \left(\frac{1}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot a_i \right] + c \cdot \left[\frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \cdot u_i + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) \cdot v_i + \left(\frac{\gamma}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot a_i \cdot \Delta t \right]}{k_2}$$

$$v_{i+1} := \frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \cdot (u_{i+1} - u_i) + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta} \right) \cdot v_i + \left(1 - \frac{\gamma}{2 \cdot \beta} \right) \cdot a_i \cdot \Delta t$$

$$a_{i+1} := \frac{1}{\beta \cdot \Delta t^2} \cdot (u_{i+1} - u_i - v_i \cdot \Delta t) - \left(\frac{1}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot a_i$$

Para el primer punto y un incremento de tiempo $\Delta t=0.01$

$$u_1 := \frac{-1 \cdot (-0.014) + (1) \cdot \left[\frac{1}{\beta \cdot (0.01)^2} \cdot (0) + \frac{1}{\beta \cdot (0.01)} \cdot (0) + \left(\frac{1}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot (0) \right] + (0.567) \cdot \left[\frac{\gamma}{\beta \cdot (0.01)} \cdot (0) + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) \cdot (0) + \left(\frac{\gamma}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot (0) \cdot \Delta t \right]}{40145.412} = 0.0000003 \text{ m}$$

$$v_1 := \frac{\gamma}{\beta \cdot (0.01)} \cdot (0.0000003 - 0) + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta} \right) \cdot (0) + \left(1 - \frac{\gamma}{2 \cdot \beta} \right) \cdot (0) \cdot (0.01) = 0.000006 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a_1 := \frac{1}{\beta \cdot (0.01)^2} \cdot [0.0000003 - 0 - (0) \cdot (0.01)] - \left(\frac{1}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot (0) = 0.012 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Para el segundo punto

$$u_1 := \frac{-1 \cdot (-0.014) + (1) \cdot \left[\frac{1}{\beta \cdot (0.01)^2} \cdot (0.0000003) + \frac{1}{\beta \cdot (0.01)} \cdot (0.00006) + \left(\frac{1}{2\beta} - 1 \right) \cdot (0.012) \right] + (0.567) \cdot \left[\frac{\gamma}{\beta \cdot (0.01)} \cdot (0.0000003) + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) \cdot (0.00006) + \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) \cdot (0.012) \cdot \Delta t \right]}{40145.412} = 0.0000015 \text{ m}$$

$$v_1 := \frac{\gamma}{\beta \cdot (0.01)} \cdot (0.0000015 - 0.0000003) + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta} \right) \cdot (0.00006) + \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta} \right) \cdot (0.012) \cdot (0.01) = 0.00018 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a_1 := \frac{1}{\beta \cdot (0.01)^2} \cdot [0.0000015 - 0.0000003 - (0.00006) \cdot (0.01)] - \left(\frac{1}{2\beta} - 1 \right) \cdot (0.012) = 0.012 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Así de la misma manera para los siguientes puntos.

$$u_1 := \frac{-1 \cdot (-0.014) + (1) \cdot \left[\frac{1}{\beta \cdot (0.01)^2} \cdot (0.0000015) + \frac{1}{\beta \cdot (0.01)} \cdot (0.00018) + \left(\frac{1}{2\beta} - 1 \right) \cdot (0.012) \right] + (0.567) \cdot \left[\frac{\gamma}{\beta \cdot (0.01)} \cdot (0.0000015) + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) \cdot (0.00018) + \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) \cdot (0.012) \cdot \Delta t \right]}{40145.412} = 0.0000039 \text{ m}$$

$$v_1 := \frac{\gamma}{\beta \cdot (0.01)} \cdot (0.0000039 - 0.0000015) + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta} \right) \cdot (0.00018) + \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta} \right) \cdot (0.012) \cdot (0.01) = 0.0003 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

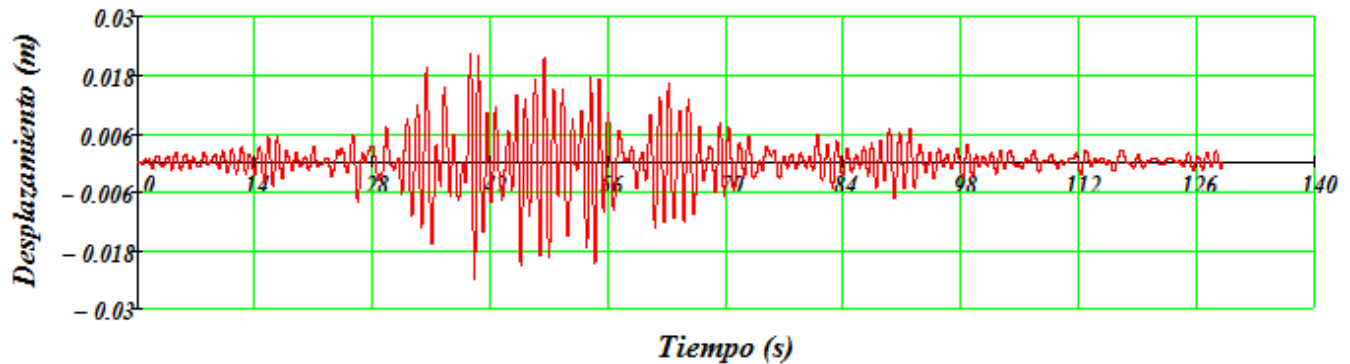
$$a_1 := \frac{1}{\beta \cdot (0.01)^2} \cdot [0.0000039 - 0.0000015 - (0.00018) \cdot (0.01)] - \left(\frac{1}{2\beta} - 1 \right) \cdot (0.012) = 0.012 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Una vez obtenidos todos los puntos se procede a graficar y así poder obtener los valores máximos de desplazamiento, velocidades y aceleraciones.

<i>Desplazamiento (m)</i>	<i>Velocidades (m/s)</i>	<i>Aceleraciones (m/s²)</i>
<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>3.59E-07</i>	<i>7.17E-05</i>	<i>0.014</i>
<i>1.79E-06</i>	<i>2.15E-04</i>	<i>0.014</i>
<i>4.64E-06</i>	<i>3.56E-04</i>	<i>0.014</i>
<i>9.02E-06</i>	<i>5.19E-04</i>	<i>0.019</i>
<i>1.51E-05</i>	<i>7.02E-04</i>	<i>0.018</i>
<i>2.29E-05</i>	<i>8.59E-04</i>	<i>0.013</i>
<i>3.22E-05</i>	<i>9.89E-04</i>	<i>0.013</i>
<i>4.25E-05</i>	<i>1.07E-03</i>	<i>2.83E-03</i>
<i>5.32E-05</i>	<i>1.07E-03</i>	<i>-2.31E-03</i>
<i>6.37E-05</i>	<i>1.05E-03</i>	<i>-2.64E-03</i>
<i>7.42E-05</i>	<i>1.04E-03</i>	<i>1.83E-03</i>
<i>8.47E-05</i>	<i>1.06E-03</i>	<i>1.48E-03</i>
<i>9.51E-05</i>	<i>1.02E-03</i>	<i>-8.43E-03</i>
<i>1.05E-04</i>	<i>9.38E-04</i>	<i>-8.70E-03</i>
<i>1.14E-04</i>	<i>8.49E-04</i>	<i>-8.93E-03</i>
<i>1.22E-04</i>	<i>7.59E-04</i>	<i>-9.14E-03</i>
<i>1.29E-04</i>	<i>6.67E-04</i>	<i>-9.32E-03</i>
<i>1.35E-04</i>	<i>5.73E-04</i>	<i>-9.46E-03</i>
<i>1.40E-04</i>	<i>4.30E-04</i>	<i>-0.019</i>
<i>1.44E-04</i>	<i>2.38E-04</i>	<i>-0.019</i>
<i>1.45E-04</i>	<i>2.38E-05</i>	<i>-0.024</i>
<i>1.44E-04</i>	<i>-1.90E-04</i>	<i>-0.019</i>
<i>1.41E-04</i>	<i>-4.01E-04</i>	<i>-0.023</i>
<i>1.36E-04</i>	<i>-6.34E-04</i>	<i>-0.023</i>
<i>1.28E-04</i>	<i>-8.63E-04</i>	<i>-0.023</i>
<i>1.19E-04</i>	<i>-1.11E-03</i>	<i>-0.027</i>
<i>1.06E-04</i>	<i>-1.38E-03</i>	<i>-0.027</i>
<i>9.10E-05</i>	<i>-1.64E-03</i>	<i>-0.026</i>
<i>7.33E-05</i>	<i>-1.90E-03</i>	<i>-0.025</i>
<i>5.30E-05</i>	<i>-2.15E-03</i>	<i>-0.024</i>
<i>3.04E-05</i>	<i>-2.39E-03</i>	<i>-0.024</i>
<i>5.51E-06</i>	<i>-2.59E-03</i>	<i>-0.018</i>
<i>-2.13E-05</i>	<i>-2.77E-03</i>	<i>-0.017</i>

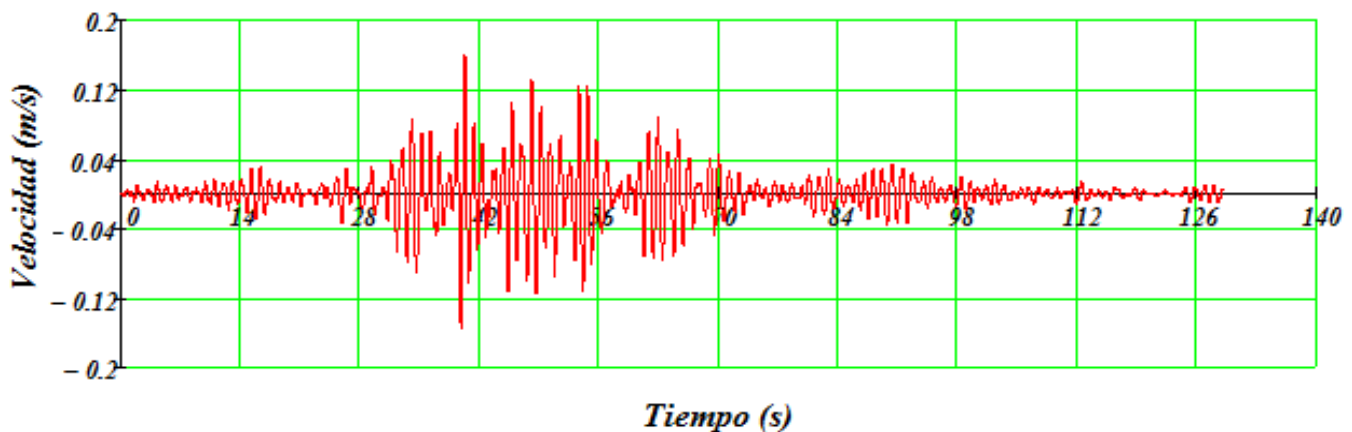
La siguiente gráfica muestra los Desplazamientos.

Desplazamiento de la estructura con respecto al Acelerograma Sismex Viveros



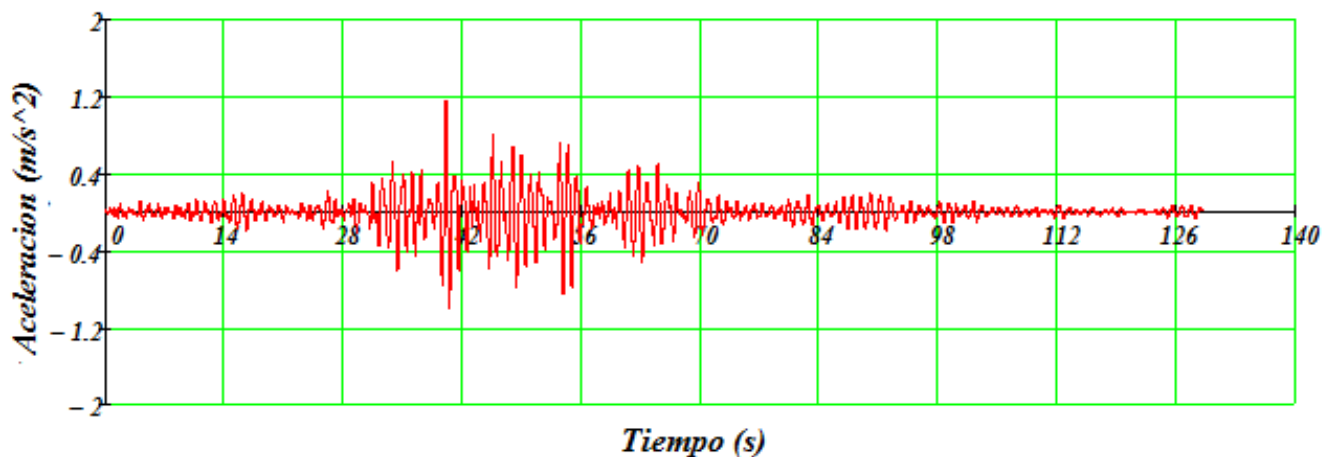
La siguiente gráfica muestra las Velocidades

Velocidad de la estructura con respecto al Acelerograma Sismex Viveros



La siguiente gráfica muestra las Aceleraciones

Aceleración de la estructura con respecto al Acelerograma Sismex Viveros



La siguiente tabla indica los valores máximos y mínimos de las graficas anteriores.

	Desplazamiento (m)	Velocidades (m/s)	Aceleraciones (m/s ²)
Máximos	0.022	0.161	1.156
Mínimos	-0.024	-0.154	-1.003

Y comparando con el periodo obtenido en SAP 2000 que fue de 1.241s; realizando los mismos pasos se llega a lo siguiente.

Para este caso encontraremos los valores requerido usando el método beta de Neumark.

$$m := 1 \text{ ton} \quad T := 1.241 \text{ s}$$

$$k := \left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \right)^2 \cdot m = 25.634 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\xi := 0.05$$

$$\omega := \frac{2 \cdot \pi}{T} = 5.063 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$c := \xi \cdot 2 \cdot m \cdot \omega = 0.506$$

Constantes del método

$$\beta := \frac{1}{4} \quad \gamma := \frac{1}{2}$$

$$k_2 := \frac{m}{\beta \cdot \Delta t^2} + \frac{\gamma \cdot c}{\beta \cdot \Delta t} + k = 40126.894$$

Definiremos las condiciones iniciales

Tiempo t=0

Desplazamiento u=0

Velocidad v=0

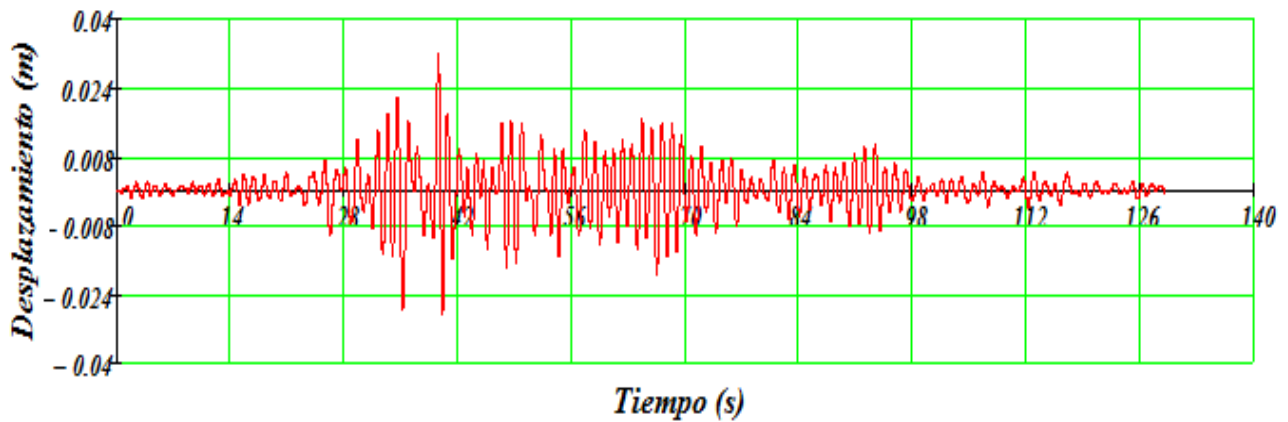
Aceleración a=0

Una vez obtenidos todos los puntos se procede a graficar y así poder obtener los valores máximos de desplazamiento, velocidades y aceleraciones.

<i>Desplazamiento (m)</i>	<i>Velocidades (m/s)</i>	<i>Aceleraciones (m/s²)</i>
0	0	0
3.59E-07	7.18E-05	0.014
1.79E-06	2.15E-04	0.014
4.65E-06	3.57E-04	0.014
9.03E-06	5.20E-04	0.019
1.52E-05	7.05E-04	0.018
2.30E-05	8.64E-04	0.013
3.23E-05	9.96E-04	0.013
4.27E-05	1.08E-03	3.16E-03
5.35E-05	1.08E-03	-1.92E-03
6.42E-05	1.06E-03	-2.18E-03
7.48E-05	1.06E-03	2.34E-03
8.56E-05	1.09E-03	2.06E-03
9.63E-05	1.06E-03	-7.80E-03
1.06E-04	9.78E-04	-8.02E-03
1.16E-04	8.96E-04	-8.22E-03
1.24E-04	8.13E-04	-8.40E-03
1.32E-04	7.28E-04	-8.55E-03
1.39E-04	6.42E-04	-8.69E-03
1.45E-04	5.07E-04	-0.018
1.49E-04	3.23E-04	-0.018
1.51E-04	1.16E-04	-0.023
1.51E-04	-9.01E-05	-0.018
1.49E-04	-2.95E-04	-0.023
1.45E-04	-5.22E-04	-0.023
1.39E-04	-7.46E-04	-0.022
1.30E-04	-9.91E-04	-0.027
1.19E-04	-1.26E-03	-0.026
1.05E-04	-1.52E-03	-0.026
8.86E-05	-1.77E-03	-0.025
6.96E-05	-2.02E-03	-0.025
4.81E-05	-2.27E-03	-0.024
2.44E-05	-2.48E-03	-0.018
-1.25E-06	-2.66E-03	-0.018
-2.87E-05	-2.83E-03	-0.017

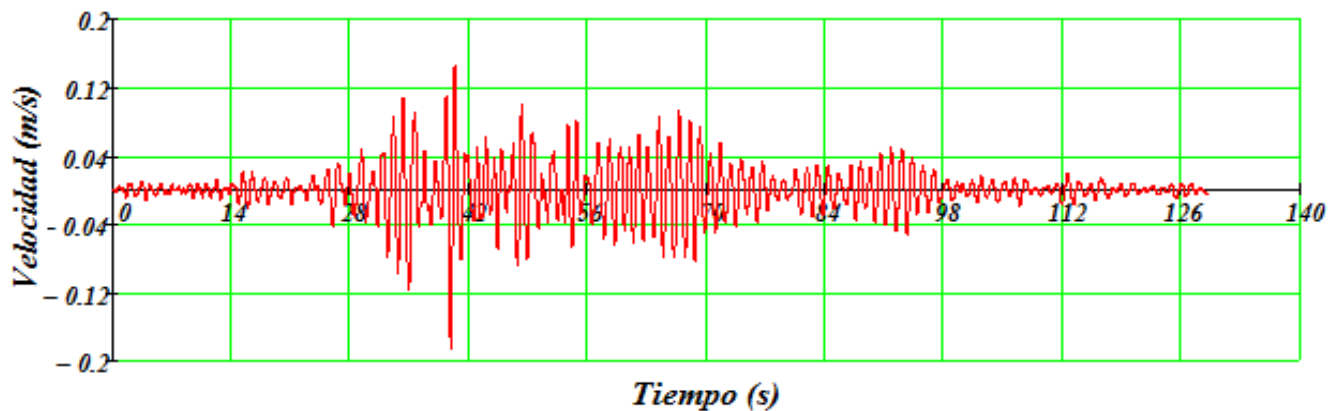
La siguiente gráfica muestra los Desplazamientos.

Desplazamiento de la estructura con respecto al Acelerorama Sismex Viveros



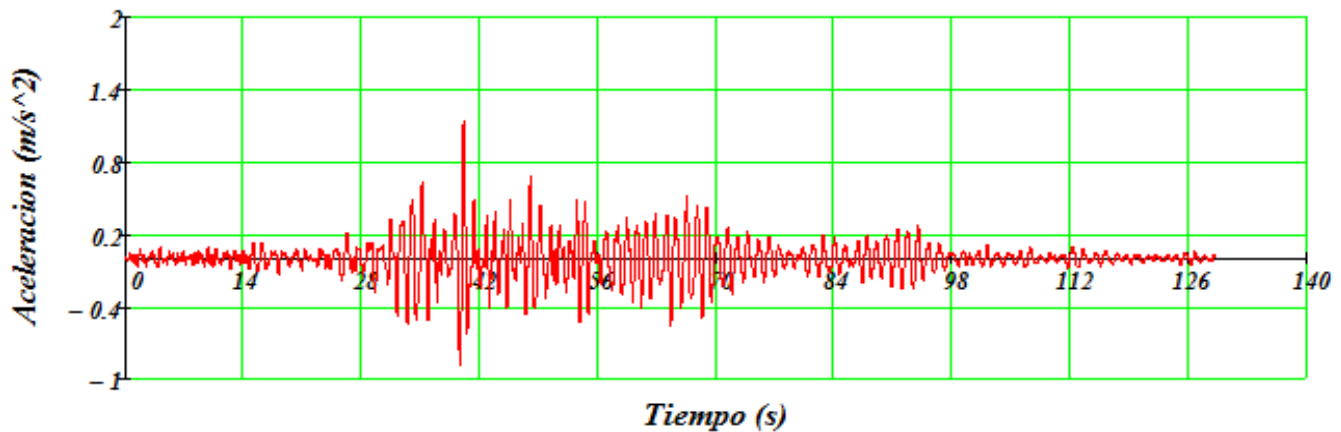
La siguiente gráfica muestra las Velocidades

Velocidad de la estructura con respecto al Acelerorama Sismex Viveros



La siguiente gráfica muestra las Aceleraciones

Aceleración de la estructura con respecto al Acelerorama Sismex Viveros



La siguiente tabla indica los valores máximos y mínimos de las gráficas anteriores.

	<i>Desplazamiento (m)</i>	<i>Velocidades (m/s)</i>	<i>Aceleraciones (m/s²)</i>
<i>Máximos</i>	0.032	0.146	1.14
<i>Mínimos</i>	-0.029	-0.186	-0.889

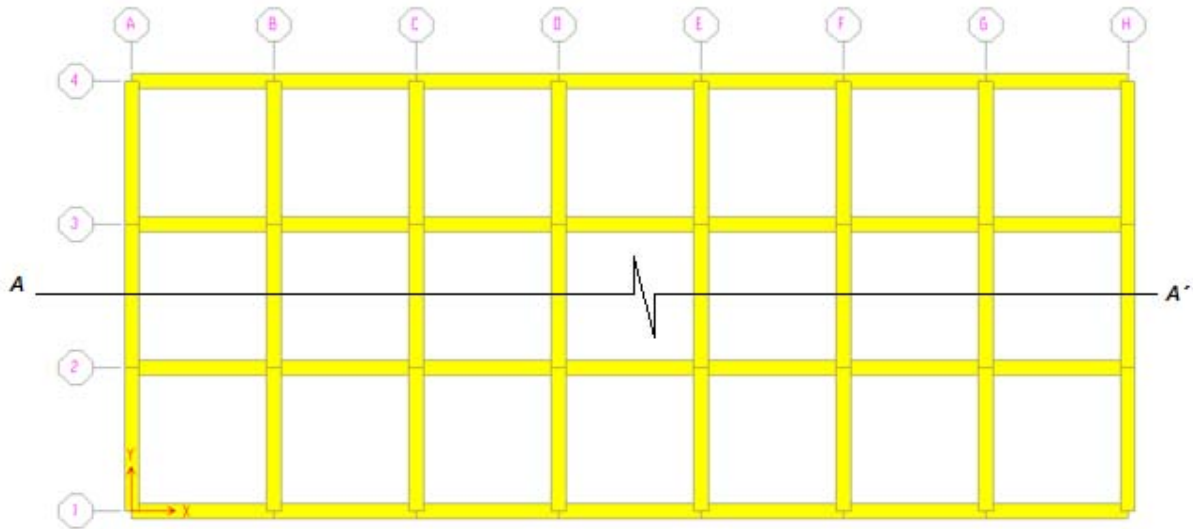
3.1-Determinar el periodo, frecuencia y formas modales de un edificio concreto de 3 niveles destinado a oficinas como se muestra con separaciones de 4m entre columnas y alturas de entrepiso de 3.5m con columnas de 50x50cm y traveses de 40x70cm y losa con un espesor de 12cm tal como se muestra en la planta y corte A-A'.

Materiales:

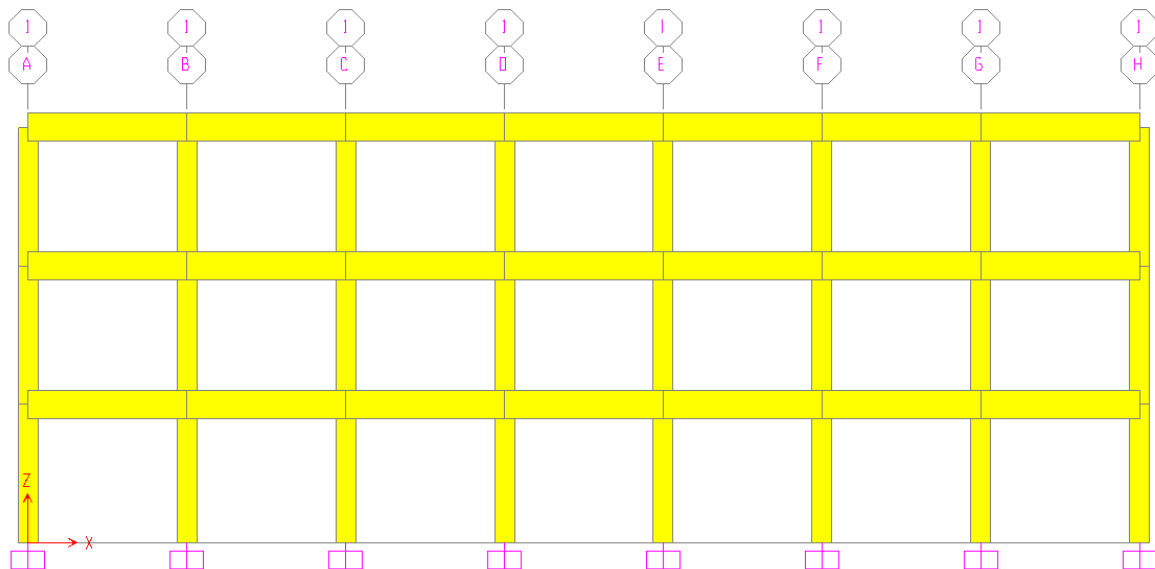
$$f'c=250\text{kg/cm}^2$$

$$fy=4200\text{kg/cm}^2$$

Planta



Corte A-A'



Determinación del Modulo de elasticidad del concreto

$$E_c = 14000\sqrt{250} = 221359.4 \text{ kg/cm}^2 = 2213594.36 \text{ ton/m}^2$$

3.1.1- DETERMINACIÓN DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ

Nivel	Inercia Col m^4	No. de col	H(m)	$12EI/L^3$	K(ton/m)
3	0.0052	8	3.5	3226.81	25814.512
2	0.0052	8	3.5	3226.81	25814.512
1	0.0052	8	3.5	3226.81	25814.512

$$K_1 = \text{Nivel 1}$$

$$K_2 = \text{Nivel 2}$$

$$K_3 = \text{Nivel 3}$$

$$K = \begin{pmatrix} K_1 + K_2 & -K_2 & 0 \\ -K_2 & K_2 + K_3 & -K_3 \\ 0 & -K_3 & K_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 51629.024 & -25814.512 & 0 \\ -25814.512 & 51629.024 & -25814.512 \\ 0 & -25814.512 & 25814.512 \end{pmatrix}$$

3.1.2- DETERMINACIÓN DE LA MATRIZ DE MASA

Ancho Tributarios	4	m
Long del Marco	28	m
Área tributaria	112	m^2

Determinación de las cargas actuantes en el edificio

Destino de la cubierta	w	wa	wm	w	wa	wm
	kg/m^2	kg/m^2	kg/m^2	Ton/m^2	Ton/m^2	Ton/m^2
Oficinas ,Despachos y Laboratorios	100	180	250	0.1	0.18	0.25

$P_{vol}(\text{concreto})$	2.4	ton/m^3	Espesor	0.12	m	Peso de la loza por metro cuadrado	0.288	ton/m^2
----------------------------	-----	-----------	---------	------	---	------------------------------------	-------	-----------

Cargas para la losa

<i>Acabados</i>	Carga	Unidades	<i>Carga</i>	<i>Unidades</i>
<i>Piso</i>	20	<i>Kg/m²</i>	0.02	<i>Ton/m²</i>
<i>Instalaciones</i>	40	<i>Kg/m²</i>	0.04	<i>Ton/m²</i>
<i>Carga por reglamento</i>	40	<i>Kg/m²</i>	0.04	<i>Ton/m²</i>
SCM	100	Kg/m²	0.10	Ton/m²

Cargas para los pisos entrepisos

Masa traslacional =w/g; (g=9.81m/s²)

<i>Acabados</i>	Carga	Unidades	<i>Carga</i>	<i>Unidades</i>
<i>Piso</i>	20	<i>Kg/m²</i>	0.02	<i>Ton/m²</i>
<i>Entortado</i>	40	<i>Kg/m²</i>	0.04	<i>Ton/m²</i>
<i>Plafón</i>	30	<i>Kg/m²</i>	0.03	<i>Ton/m²</i>
<i>Instalaciones</i>	40	<i>Kg/m²</i>	0.04	<i>Ton/m²</i>
SCM	130	Kg/m²	0.13	Ton/m²

Cargas totales

<i>Carga de entrepiso</i>	0.668	ton/m²
<i>carga en azotea</i>	0.488	ton/m²
<i>Peso de azotea</i>	54.656	ton
<i>Peso de entrepiso</i>	74.816	ton

Determinación del peso de la estructura

<i>Peso de la estructura</i>	<i>m²</i>	<i>Sección cm</i>	<i>Pvol Ton/m³</i>	<i>Ton/m</i>	<i>H(m)</i>	<i>No.de Elem.</i>	<i>Peso(ton)</i>
<i>Columnas</i>	0.25	50X50	2.4	0.6	3.5	8	16.8
<i>Trabes Principales</i>	0.28	40X70	2.4	0.672	4	7	18.816
							35.616

Determinación de las masas por Nivel

<i>Nivel</i>	<i>Peso(ton)</i>	<i>Masa(ton*s²)/m</i>
3	81.872	8.34576962
2	110.432	11.2570846
1	110.432	11.2570846

Matriz de Masas (ton)

$$M := \begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11.25 & 0 & 0 \\ 0 & 11.25 & 0 \\ 0 & 0 & 9.14 \end{pmatrix}$$

Obtención $|K - \omega^2 M|$

$$\begin{pmatrix} -11.25 \cdot \lambda + 51629.024 & -25814.512 & 0 \\ -25814.512 & -11.25 \cdot \lambda + 51629.024 & -25814.512 \\ 0 & -25814.512 & -9.14 \cdot \lambda + 25814.512 \end{pmatrix}$$

Desarrollando lo anterior obtenemos la siguiente ecuación.

$$- 1156.78125 \cdot \lambda^3 + 1.38846579606e7 \cdot \lambda^2 - 4.076301695275246848e10 \cdot \lambda + 1.7202507606392545866e13 = 0$$

Resolviendo la ecuación anterior obtenemos las siguientes raíces.

$$\lambda := \begin{pmatrix} 505.33090727645161257 \\ 3846.1494067232394844 \\ 7651.357699323916975 \end{pmatrix}$$

Como λ la usamos para denotar ω^2 tendremos la frecuencia circular en s^{-1} si obtenemos la raíz de λ

$$\omega := \sqrt{\lambda} = \begin{pmatrix} 22.48 \\ 62.017 \\ 87.472 \end{pmatrix}$$

3.1.4-OBTENIENDO EL PERIODO $T=2\pi/\omega$ EN Seg.

$$T := \frac{2 \cdot \pi}{\omega} = \begin{pmatrix} 0.28 \\ 0.101 \\ 0.072 \end{pmatrix}$$

3.1.5- OBTENIENDO LA FRECUENCIA $F=1/T$ EN Seg⁻¹(c.p.s)

$$f := \frac{1}{T} = \begin{pmatrix} 3.578 \\ 9.87 \\ 13.922 \end{pmatrix}$$

3.1.6-OBTENION DE LA PRIMERA FORMA MODAL USANDO EL MÉTODO DE HOLZER

Renglon	K	25814.500		25814.500		25814.500	
	M		11.250		11.250		8.340
1.000	X		1.000		2.000		3.000
2.000	f/w ²		11.250		22.500		25.020
3.000	V/w ²	58.770		47.520		25.020	
4.000	ΔY/w ²	0.002		0.002		0.001	
5.000	Y/w ²		0.002		0.004		0.005
6.000	w ²		439.246		485.737		589.776

1.000	X		1.000		1.809		2.234
2.000	f/w ²		11.250		20.346		18.634
3.000	V/w ²	50.231		38.981		18.634	
4.000	ΔY/w ²	0.002		0.002		0.001	
5.000	Y/w ²		0.002		0.003		0.004
6.000	w ²		513.920		523.337		534.817

1.000	X		1.000		1.776		2.147
2.000	f/w ²		11.250		19.980		17.906
3.000	V/w ²	49.136		37.886		17.906	
4.000	ΔY/w ²	0.002		0.001		0.001	
5.000	Y/w ²		0.002		0.003		0.004
6.000	w ²		525.364		526.844		528.204

1.000	X		1.000		1.771		2.135
2.000	f/w ²		11.250		19.924		17.810
3.000	V/w ²	48.984		37.734		17.810	
4.000	ΔY/w ²	0.002		0.001		0.001	
5.000	Y/w ²		0.002		0.003		0.004
6.000	w ²		526.999		527.211		527.380

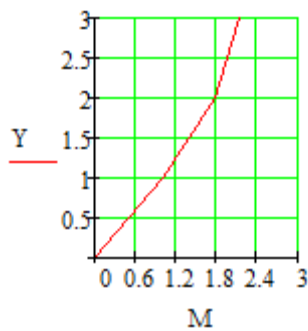
1.000	X		1.000		1.770		2.134
2.000	f/w ²		11.250		19.916		17.797
3.000	V/w ²	48.963		37.713		17.797	
4.000	ΔY/w ²	0.002		0.001		0.001	
5.000	Y/w ²		0.002		0.003		0.004
6.000	w ²		527.223		527.253		527.274

1.000	X		1.000		1.770		2.134
2.000	f/w ²		11.250		19.915		17.795
3.000	V/w ²	48.960		37.710		17.795	
4.000	ΔY/w ²	0.002		0.001		0.001	
5.000	Y/w ²		0.002		0.003		0.004
6.000	w ²		527.254		527.258		527.261

			1.000		1.770		2.134

Modo fundamental (1erModo)

$$Y := \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad M := \begin{pmatrix} 2.134 \\ 1.77 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$



Donde:

Y Es el Piso

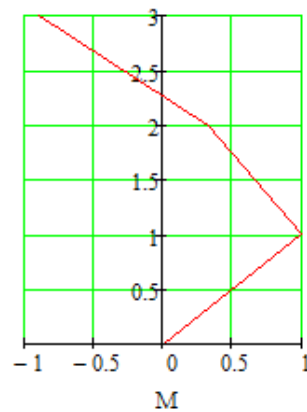
M Es posición del Piso

**3.1.7-USANDO EL MÉTODO DE NEUMARK SE DETERMINARA LAS SIGUIENTES FORMAS MODALES
SEGUNDA FORMA MODAL**

w^2 Supuesta	K	25814.500		25814.500		25814.500		Residuo
	M		11.250		11.250		8.340	
3800.000	X		1.000		0.344		-0.882	-3696.834
	ΔX	1.000		-0.656		-1.226		
	V	25814.500		-16935.500		-31639.533		
	F		42750.000		14704.033		-27942.699	
3900.000	X		1.000		0.300		-0.910	-1648.041
	ΔX	1.000		-0.700		-1.210		
	V	25814.500		-18060.500		-31239.401		
	F		43875.000		13178.901		-29591.360	
3845.000	X		1.000		0.324		-0.895	-2777.734
	ΔX	1.000		-0.676		-1.219		
	V	25814.500		-17441.750		-31471.608		
	F		43256.250		14029.858		-28693.874	
3847.000	X		1.000		0.323		-0.895	-2736.769
	ΔX	1.000		-0.677		-1.219		
	V	25814.500		-17464.250		-31463.684		
	F		43278.750		13999.434		-28726.915	

$$Y := \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad M := \begin{pmatrix} -0.895 \\ 0.323 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Y



Donde:

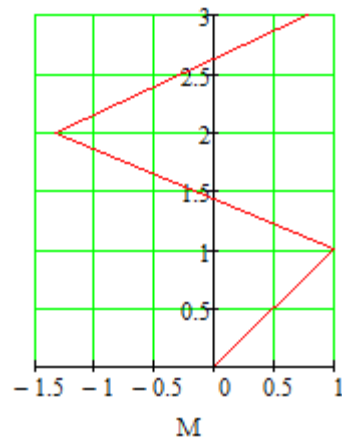
Y Es el Piso

M Es posición del Piso

Tercera Forma Modal

w^2 Supuesta	K	25814.500		25814.500		25814.500		Residuo
	M		11.250		11.250		8.340	
7600.000	X		1.000		-1.312		0.722	6761.393
	ΔX	1.000		-2.312		2.034		
	V	25814.500		-59685.500		52498.370		
	F		85500.000		-112183.870		45736.977	
7700.000	X		1.000		-1.356		0.838	2819.738
	ΔX	1.000		-2.356		2.194		
	V	25814.500		-60810.500		56624.604		
	F		86625.000		-117435.104		53804.866	
7650.000	X		1.000		-1.334		0.779	4832.842
	ΔX	1.000		-2.334		2.113		
	V	25814.500		-60248.000		54549.230		
	F		86062.500		-114797.230		49716.388	
7652.000	X		1.000		-1.335		0.782	4753.950
	ΔX	1.000		-2.335		2.116		
	V	25814.500		-60270.500		54631.774		
	F		86085.000		-114902.274		49877.825	

$$Y := \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad M := \begin{pmatrix} 0.782 \\ -1.335 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \underline{Y}$$



Donde:

Y Es el Piso

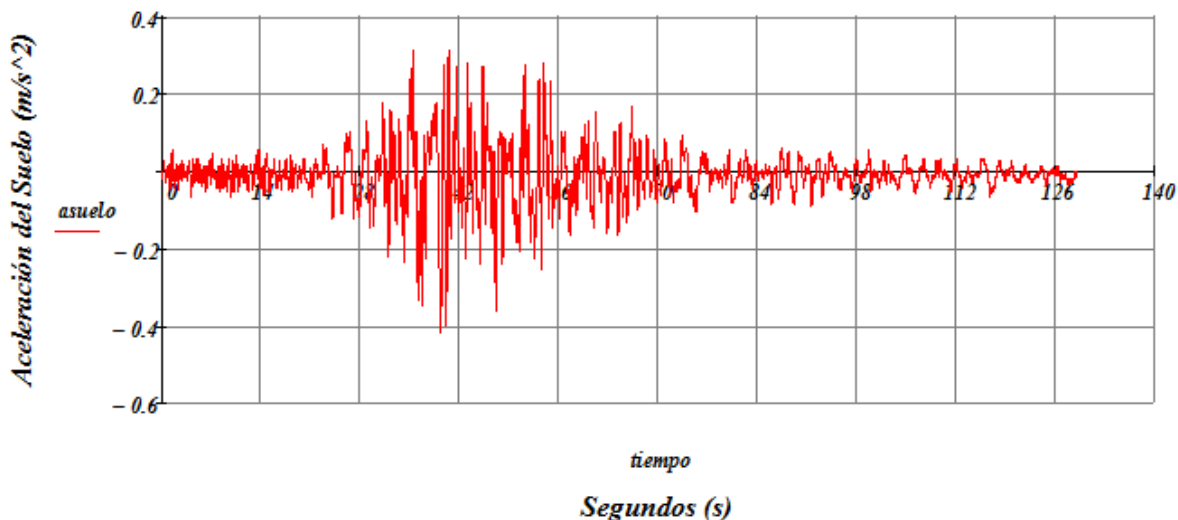
M Es posición del Piso

3.4-Ejercicio con el ejemplo anterior y usando de preferencia un acelerograma representativos del sismo del 19 de septiembre de 1985 obtener la historia de velocidades, aceleraciones y desplazamientos, y obtener la respuesta máxima y para que tiempos se representan suponiendo que tienen un amortiguamiento de 5%.

El acelerograma a usar se obtuvo de la Base Mexicana de datos de Sismos Fuertes el registro elegido fue el de **SISMEX VIVEROS**.

En esta imagen se muestra el acelerograma antes mencionado.

Acelerograma Registros Sismex Viveros 19/09/1985



Para determinar lo pedido por el ejercicio supondremos que tenemos un sistema de un grado de libertad el cual tiene un periodo igual al obtenido en el ejercicio anterior que en ese caso fue de 1.109s el obtenido e igualmente se compara con el periodo obtenido en SAP 2000 para ver qué diferencia se puede obtener en cada uno de los casos.

3.4.1-PARA ESTE CASO ENCONTRAREMOS LOS VALORES REQUERIDOS USANDO EL MÉTODO BETA DE NEUMARK.

$$m := 1 \text{ ton} \quad T := .36 \text{ s}$$

$$\Delta t = 0.01 \text{ s}$$

$$k := \left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \right)^2 \cdot m = 304.61 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\xi := 0.05$$

$$\omega := \frac{2 \cdot \pi}{T} = 17.45 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$c := \xi \cdot 2 \cdot m \cdot \omega = 1.745$$

Constantes del método

$$\beta := \frac{1}{4} \quad \gamma := \frac{1}{2}$$

$$k2 := \frac{m}{\beta \cdot \Delta t^2} + \frac{\gamma \cdot c}{\beta \cdot \Delta t} + k = 40653.683$$

Definiremos las condiciones iniciales

Tiempo $t=0$

Desplazamiento $u=0$

Velocidad $v=0$

Aceleración $a=0$

Las ecuaciones del método son las siguientes.

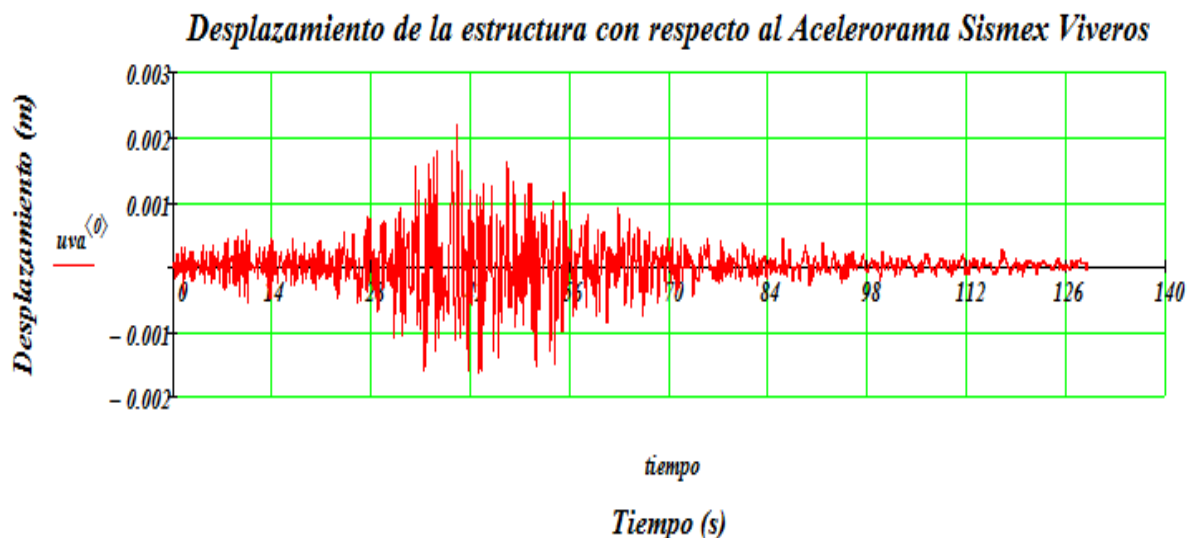
$$u_{i+1} := \frac{-m \cdot a_{suelo_{i+1}} + m \cdot \left[\frac{1}{\beta \cdot \Delta t^2} \cdot u_i + \frac{1}{\beta \cdot \Delta t} \cdot v_i + \left(\frac{1}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot a_i \right] + c \cdot \left[\frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \cdot u_i + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) \cdot v_i + \left(\frac{\gamma}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot a_i \cdot \Delta t \right]}{k_2}$$

$$v_{i+1} := \frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \cdot (u_{i+1} - u_i) + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta} \right) \cdot v_i + \left(1 - \frac{\gamma}{2 \cdot \beta} \right) \cdot a_i \cdot \Delta t$$

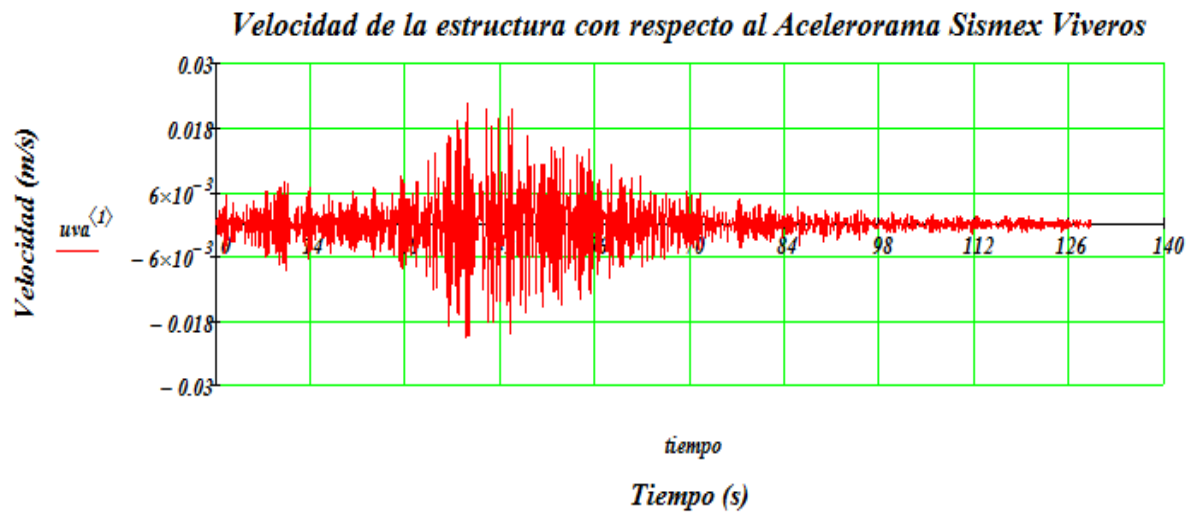
$$a_{i+1} := \frac{1}{\beta \cdot \Delta t^2} \cdot (u_{i+1} - u_i - v_i \cdot \Delta t) - \left(\frac{1}{2 \cdot \beta} - 1 \right) \cdot a_i$$

Una vez obtenidos todos los puntos se procede a graficar y así poder obtener los valores máximos de desplazamiento, velocidades y aceleraciones.

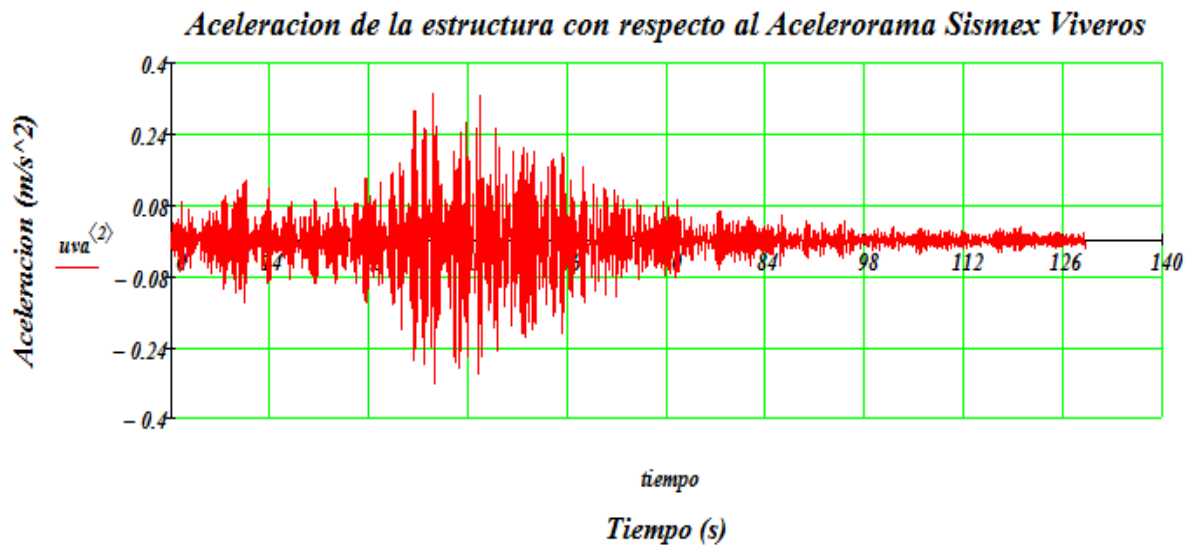
Desplazamiento



Velocidades



Aceleraciones



La siguiente tabla indica los valores máximos y mínimos de las graficas anteriores.

	Desplazamiento (m)	Velocidades (m/s)	Aceleraciones (m/s²)
Máximos	0.00167	0.023	0.41
Mínimos	-0.00221	-0.021	-0.39

CAPITULO 4 ANALISIS CON SAP2000

4.1-Considerando al sistema, obtenga las características dinámicas (frecuencias, periodos y formas modales) del marco de concreto mostrado.



Considere tiene:

$E=1,750,000 \text{ Ton/m}^2$

Columnas de concreto 70X70cm

Trabes de 30X60cm

Y pesos de 40 y 55Ton respectivamente

4.1.1-DEFINICION DEL MODELO

Se selecciona las unidades en las que se trabaja que en este caso será Toneladas y Metros y se selecciona File – New Model como se muestra en la figura 4.1.

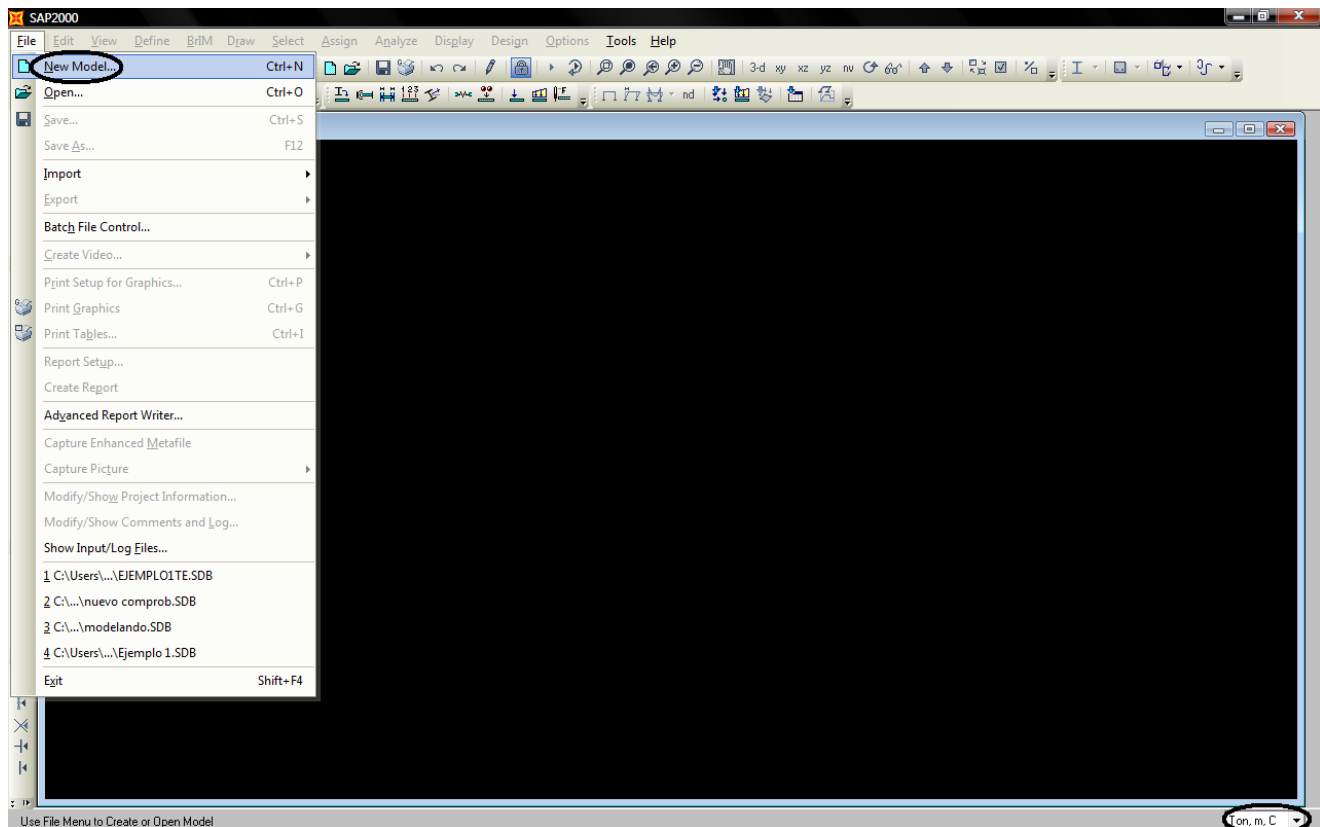


Fig. 4.1 Definición del modelo

Se selecciona Grid Only y asignaremos las dimensiones mostradas para posteriormente modificarlas a las del ejercicio y seleccionamos Ok como se muestra en la figura 4.2.

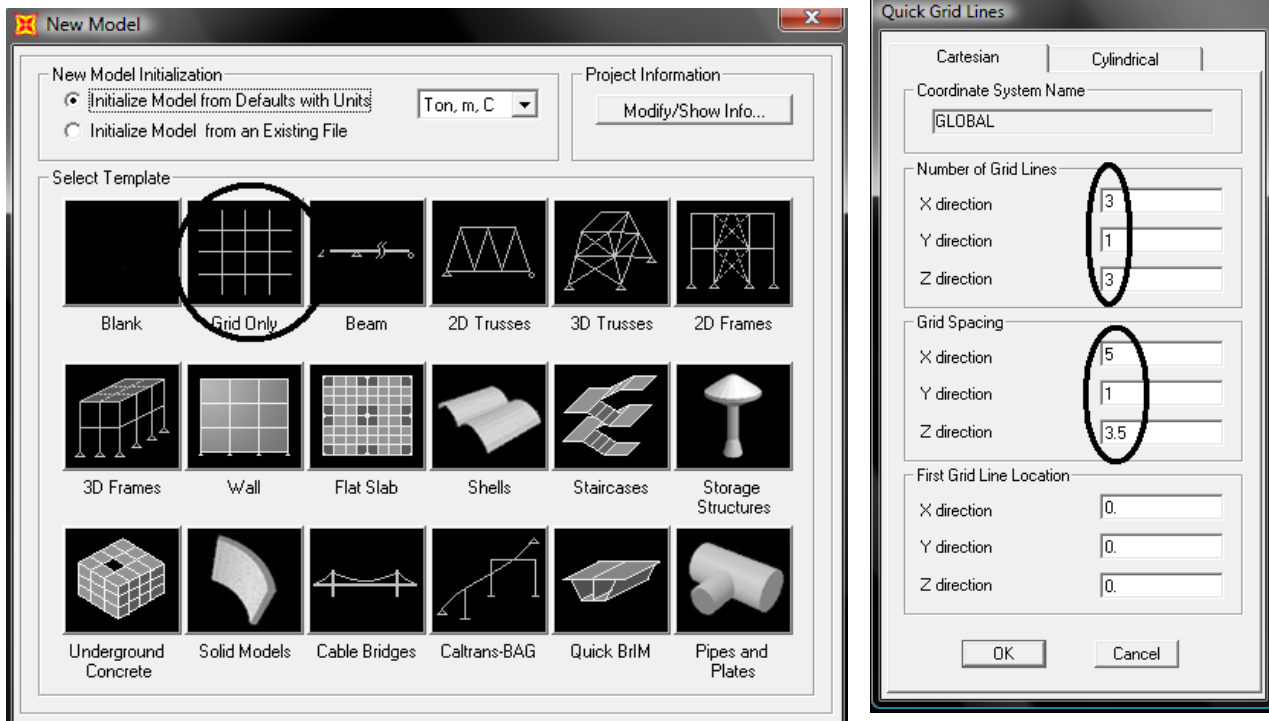


Fig. 4.2 Dimensionamiento de la malla

Dar doble clic en cualquier punto de la malla para desplegar la ventana Define Grid System data donde modificaremos la malla a las dimensiones adecuadas al ejemplo como se muestra. Verificado esto terminamos dando Ok como se muestra en a figura 4.3.

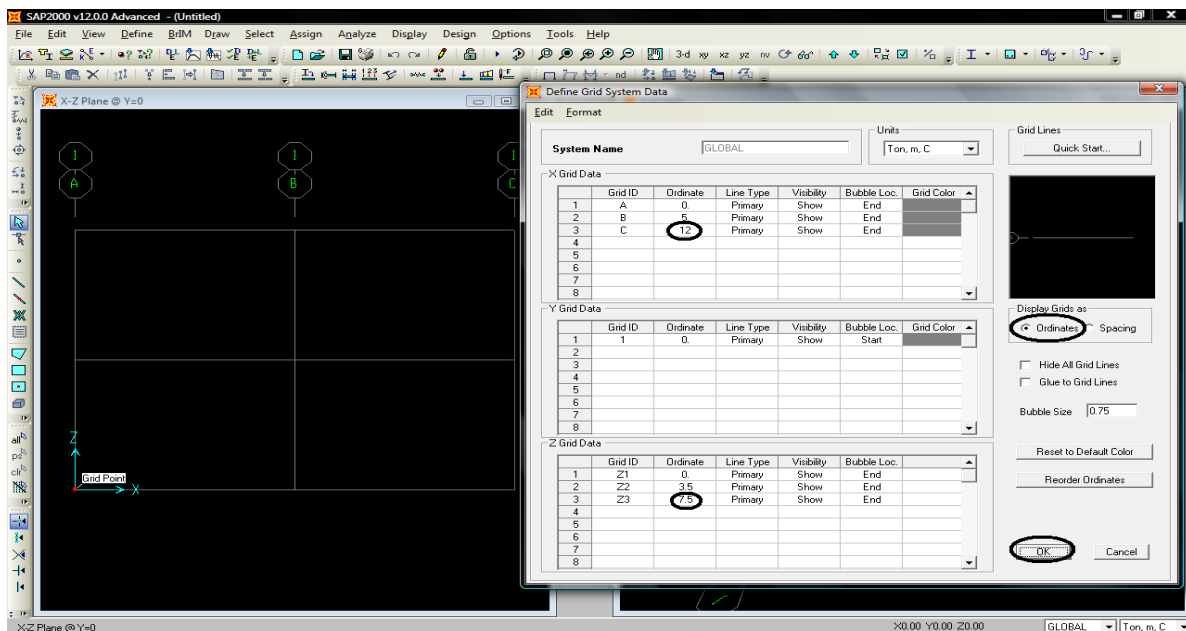


Fig. 4.3 Redimensionamiento de la malla

4.1.2-DEFINICION DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

Definiremos las propiedades del material según las especificaciones $E_c=1,750,000 \text{ Ton/m}^2$ en base a este dato se determinó que el concreto tiene una resistencia de 156.25 kg/cm^2 . Seleccionemos Define – Materials una vez realizado esto aparecerá el recuadro mostrado, seleccionaremos Add New Material como se observa en la figura 4.4.

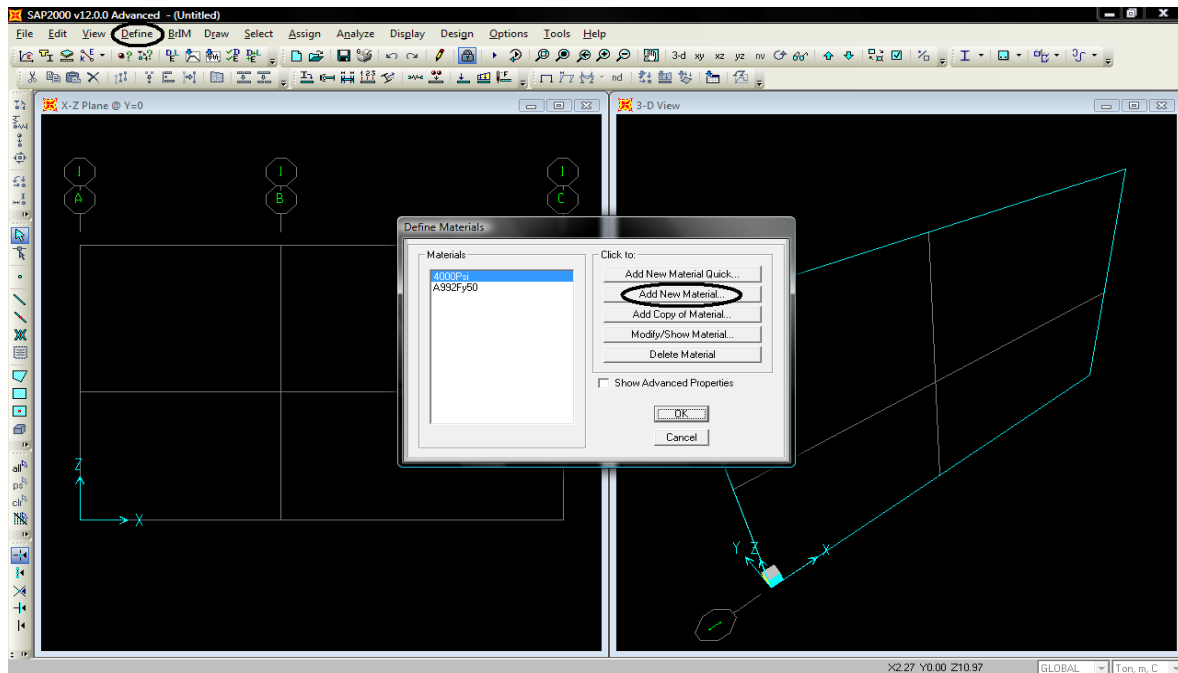


Fig. 4.4 Definición del material

Ajustamos los datos del material tal y como se muestra especificando las características que tendrá y finalizamos seleccionando Ok como se observa en la figura 4.5.

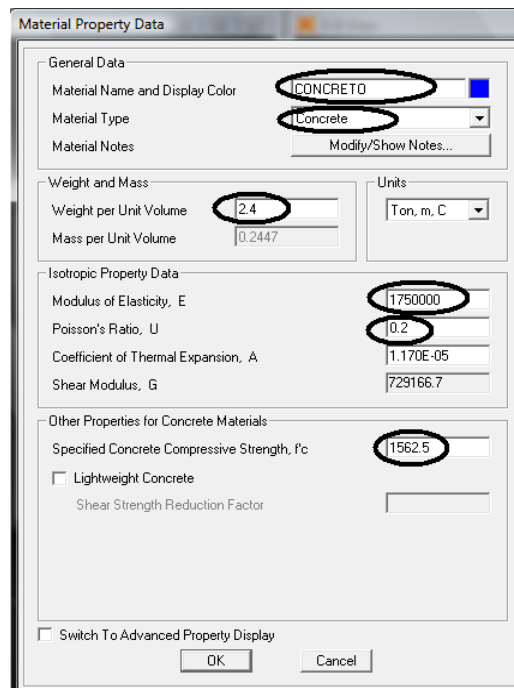


Fig.4.5 Características del material

4.1.3-DEFINICION DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS SECCIONES.

Se definirán las secciones de los elementos a usar para formar nuestro marco seleccionando Define - Seccion Propertis – Frame Seccion como se muestra en la figura 4.6.

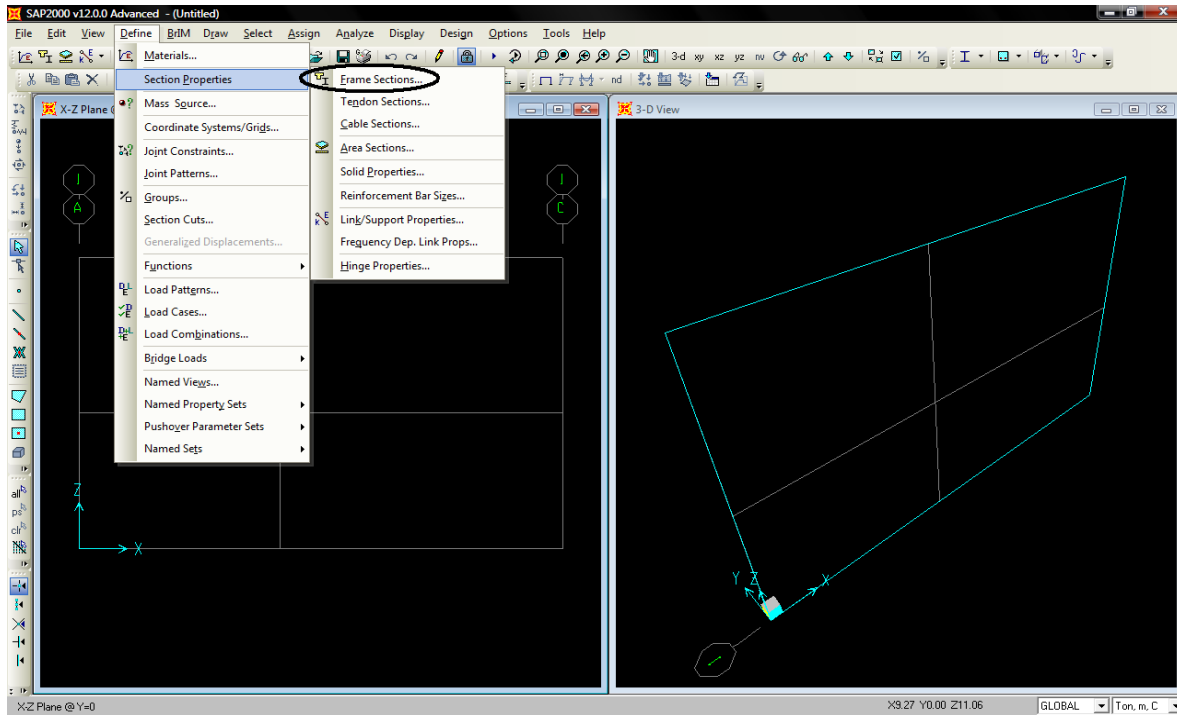


Fig.4.6 Definición de las secciones

Una vez realizado esto seleccionara Add New Seccion y se modificaran las características como se muestra en la figura 4.7.

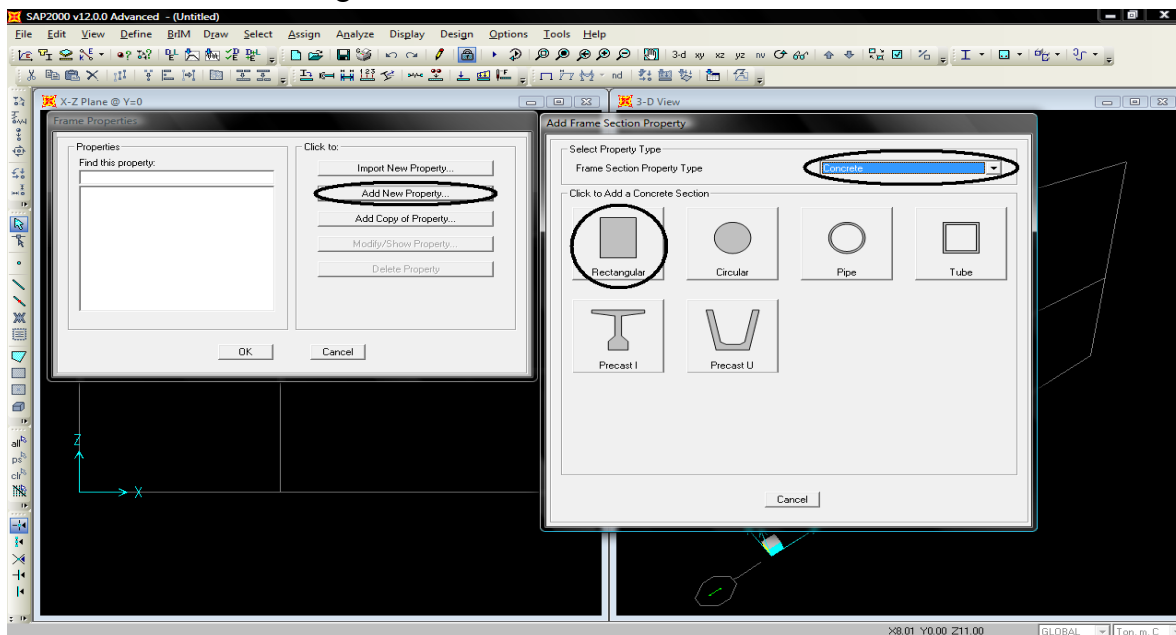


Fig.4.7 Selección de las secciones

Asignaremos un nombre a la sección que estamos creando, que en este caso es la columna y la cual en la misma ventana seleccionaremos el botón Set Modifiers y le colocaremos a la masa y peso cero el valor de cero ya que en este caso no consideraremos el peso y masa del material que componen al elemento como se muestra en la figura 4.8.

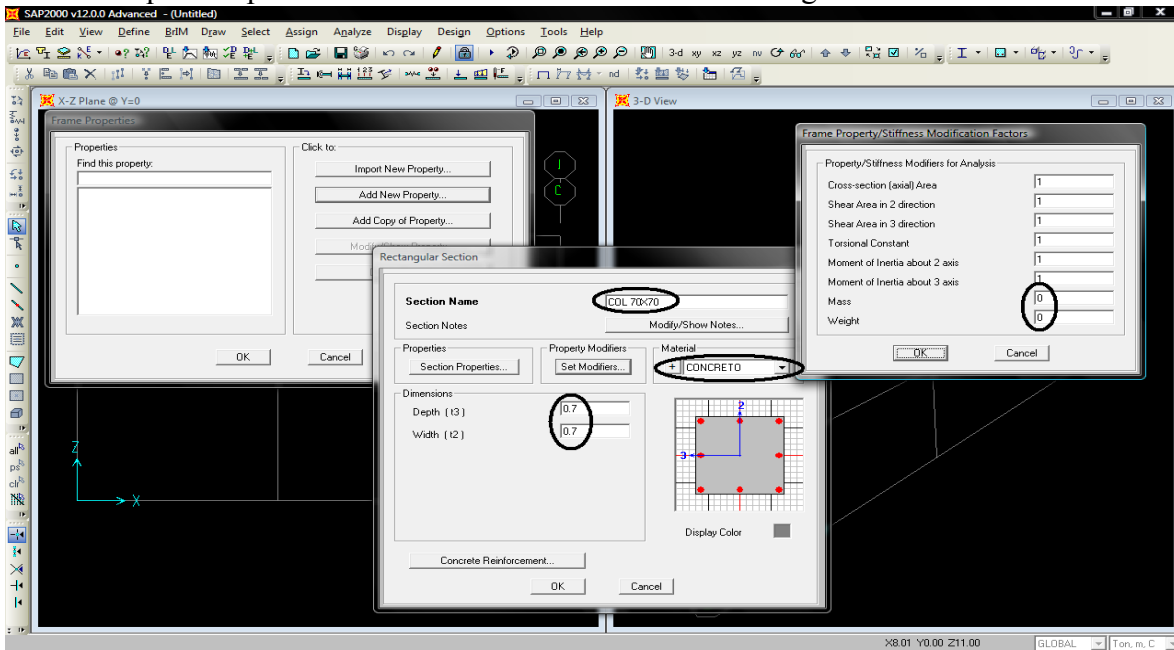


Fig. 4.8 Características de las columnas

Este mismo procedimiento lo realizaremos en la viga no modificaremos el acero ya que el ejemplo no contempla solo en el caso de la trabe si le diremos que es una trabe dando clic en Concret Reinforcement y finalizamos dando Ok como en la figura 4.9.

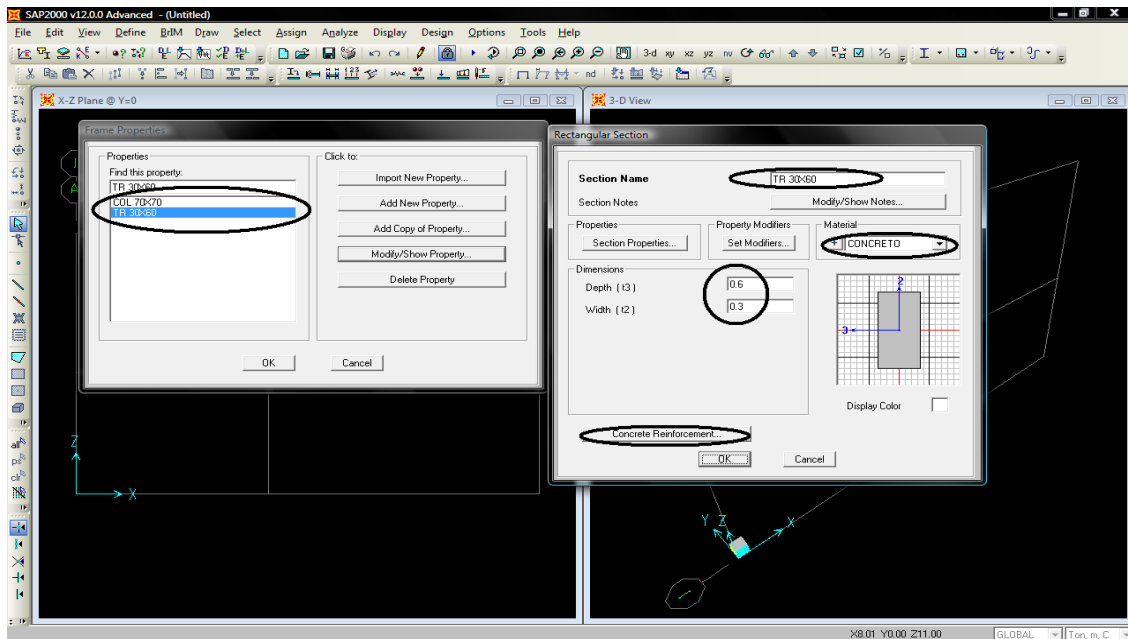


Fig.4.9 Características de la columna

4.1.4-ASIGNACION DE LOS ELEMENTOS DEL PROYECTO

Realizado esto procederemos a colocar los elementos como se muestra en la figura seleccionando el icono de línea la cual ara que se acciona una paleta la cual contendrá la sección que está usando y si esta sección se quiere cambiar solo se da clic en el nombre de la sección y se modifica a la sección que se usara como se muestra en la figura 4.10.

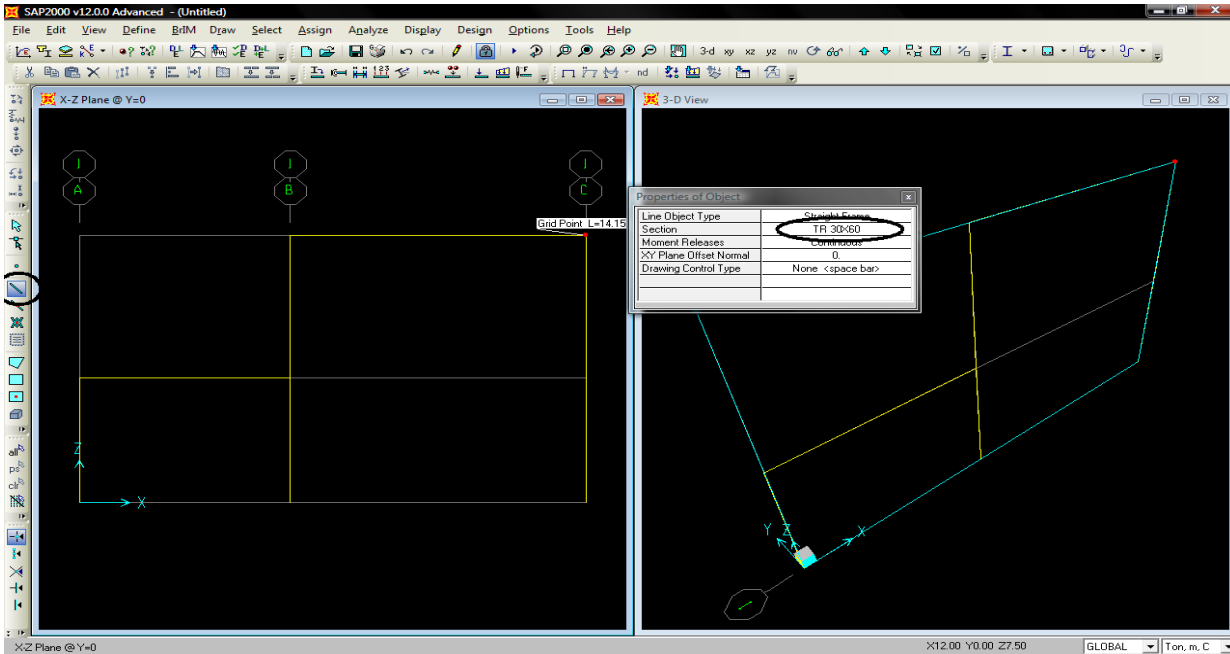


Fig. 4.10 Asignación de la posición de los elementos.

Colocaremos los apoyos del sistemas de tal forma que sean empotramientos como se usaron en el ejemplo seleccionando los puntos en los que irán colocados hecho esto se seleccionara en el menú el botón Assing – Joint – Restraints como se observa en la figura 4.11.

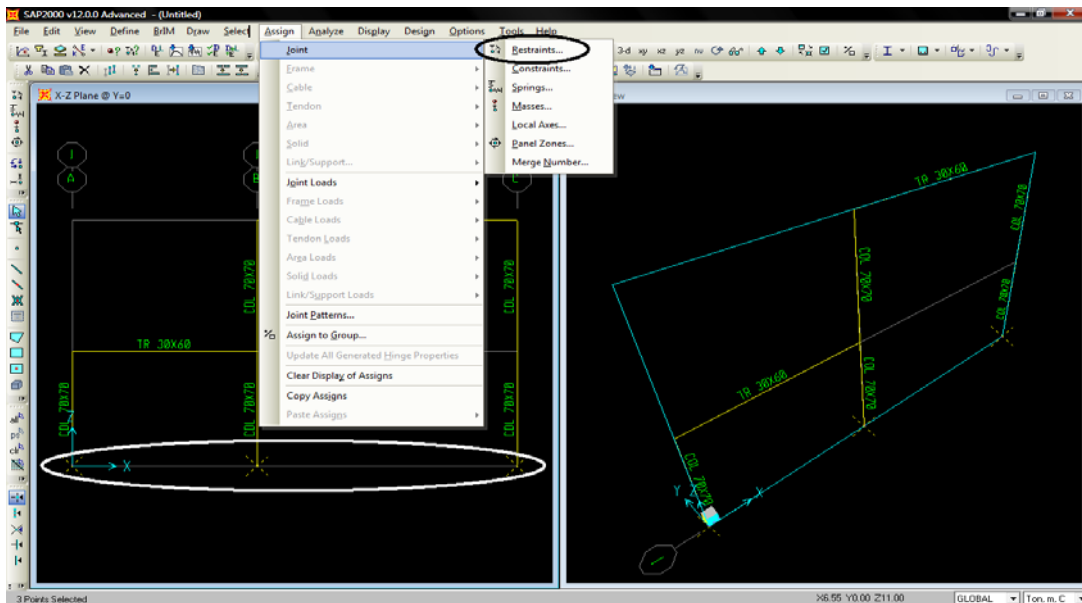


Fig.4.11 ubicación de los apoyos.

Seleccionaremos el empotramiento y se colocaran en los puntos asignados como se observa en la imagen 4.12.

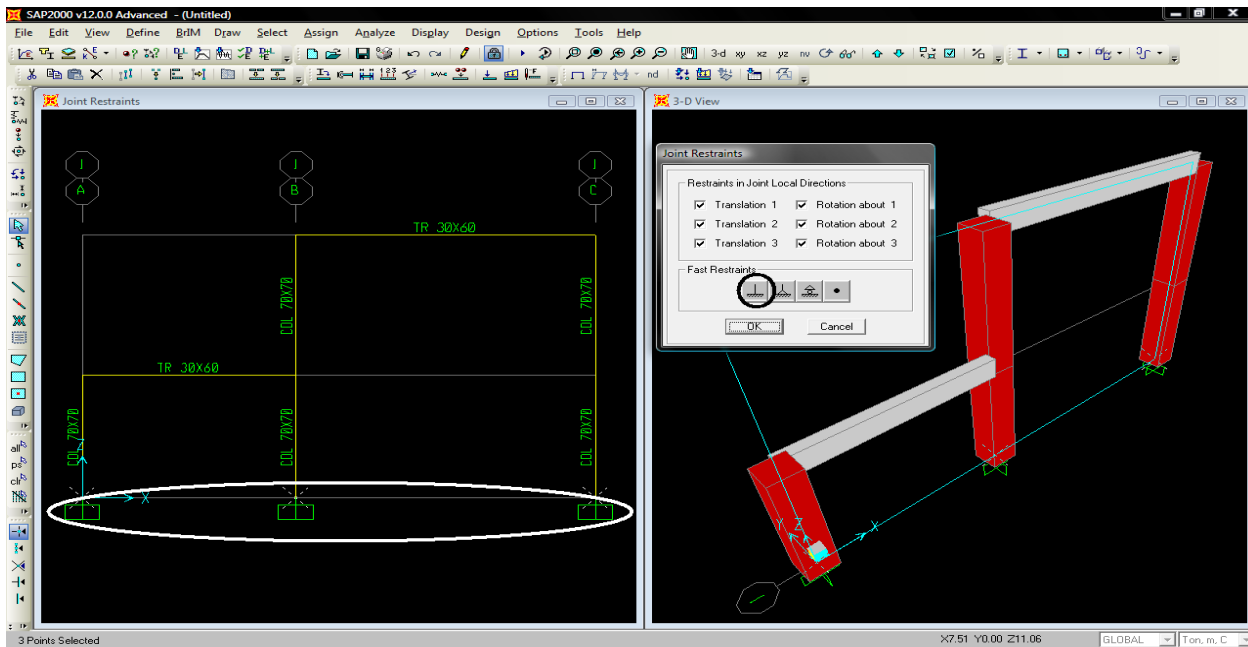


Fig.4.12 Ubicación de los apoyos

Colocaremos diafragmas en cada nivel esto lo aremos seleccionando los puntos por nivel que formaran parte del diafragma un vez hecho esto seleccionaremos en el menú Assing – Joint - Constraints, esto desplegara una paleta en la que seleccionaremos Diaphragm y Add New Constraints tal como se muestra, lo mismo realizaremos para el siguiente nivel como se observa en la figura 413.

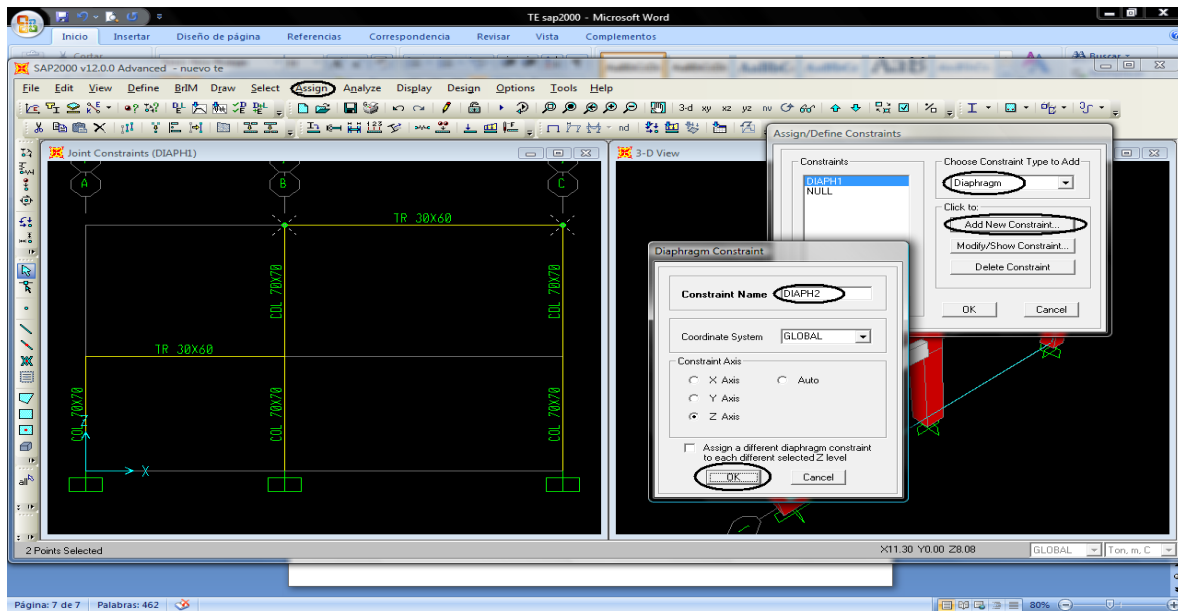


Fig. 4.13 Asignación de los diafragmas

4.1.5-DEFINICION DE LAS MASAS ACTUANTES.

Asignaremos las masas indicadas en el ejemplo seleccionando un punto en el nivel al que se asignara la masa hecho esto en el menú seleccionaremos Assing – joint – Masses, tal como se muestra en la figura 4.14, lo mismo se realizara para el siguiente nivel.

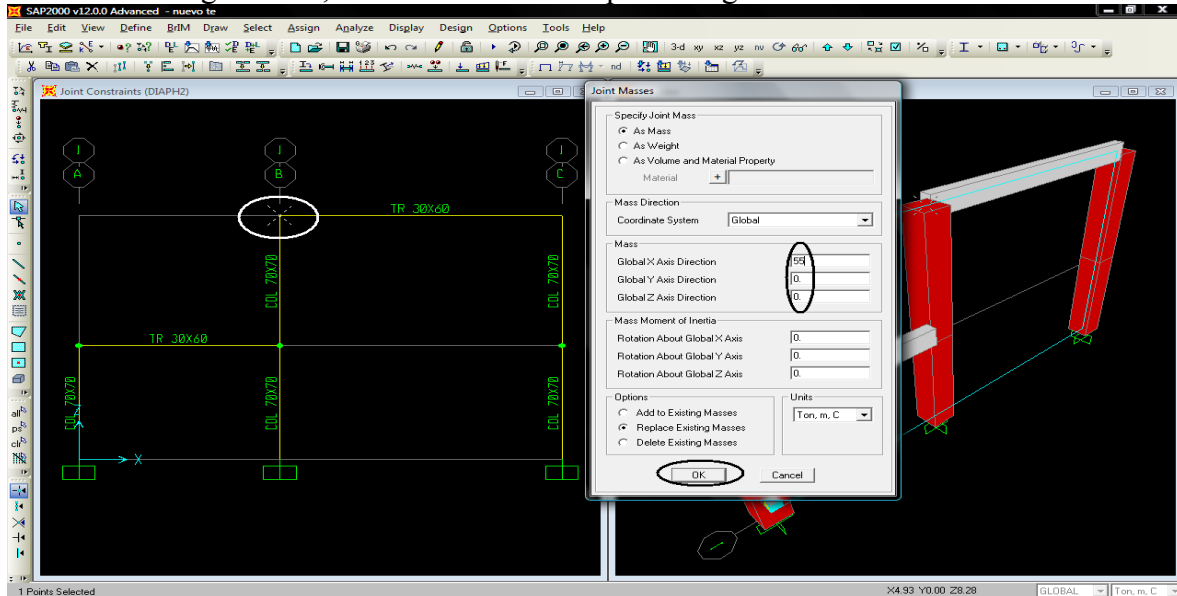


Fig.4.14 Ubicación de las masas

4.1.6-ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Realizado esto correremos el programa para verificar los resultados y esto lo aremos seleccionando el icono Run Analysis el cual desplegara una paleta de información en la cual dejaremos tal y como está ya que nos interesa que nos muestre el análisis modal y terminamos seleccionando Run Now como se muestra en la figura 4.15.

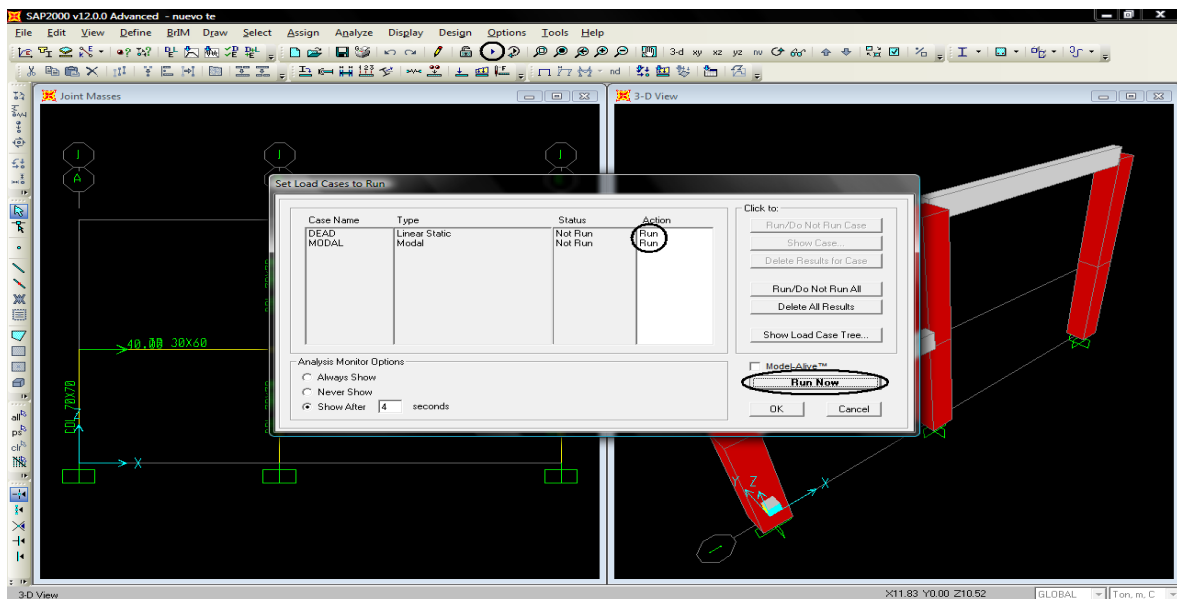


Fig. 4.15 Análisis con el programa

Para verificar el periodo seleccionaremos el icono Sow Deformed Shape el cual desplegara una paleta de información a la cual de diremos que nos muestre el primer periodo y forma modal como se muestra en la figura 4.16.

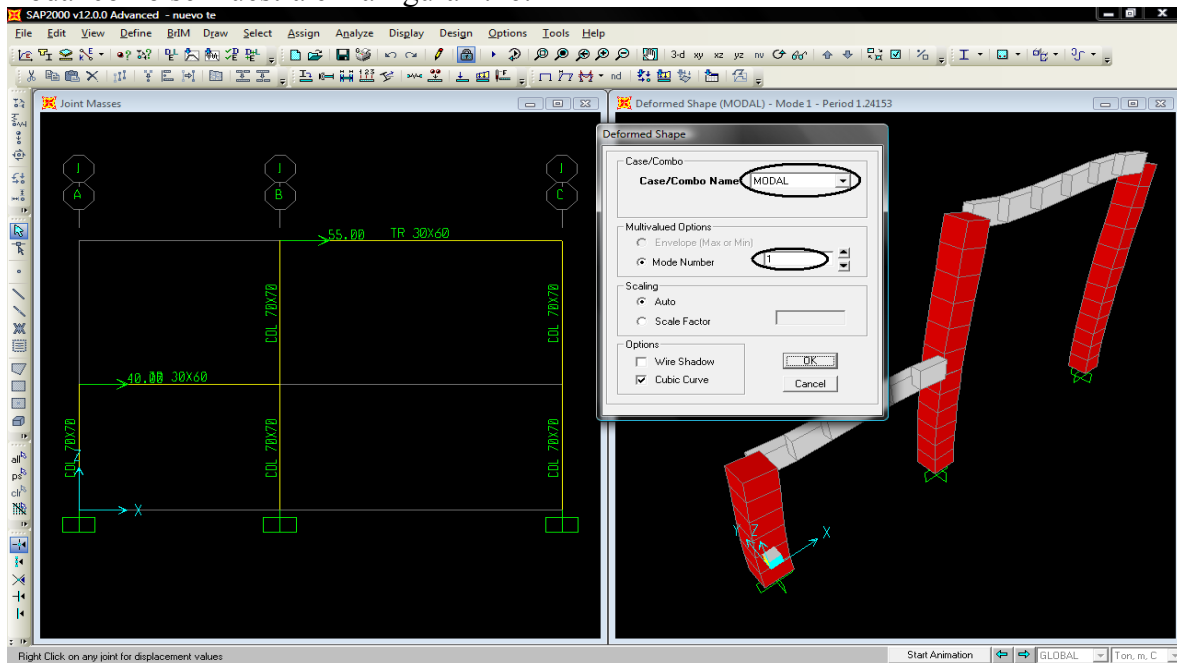


Fig.4.16 Selección del caso en estudio.

Verificaremos cada uno de los modos y podremos observar el primer y segundo periodo. Como se muestra en la figura 4.17.

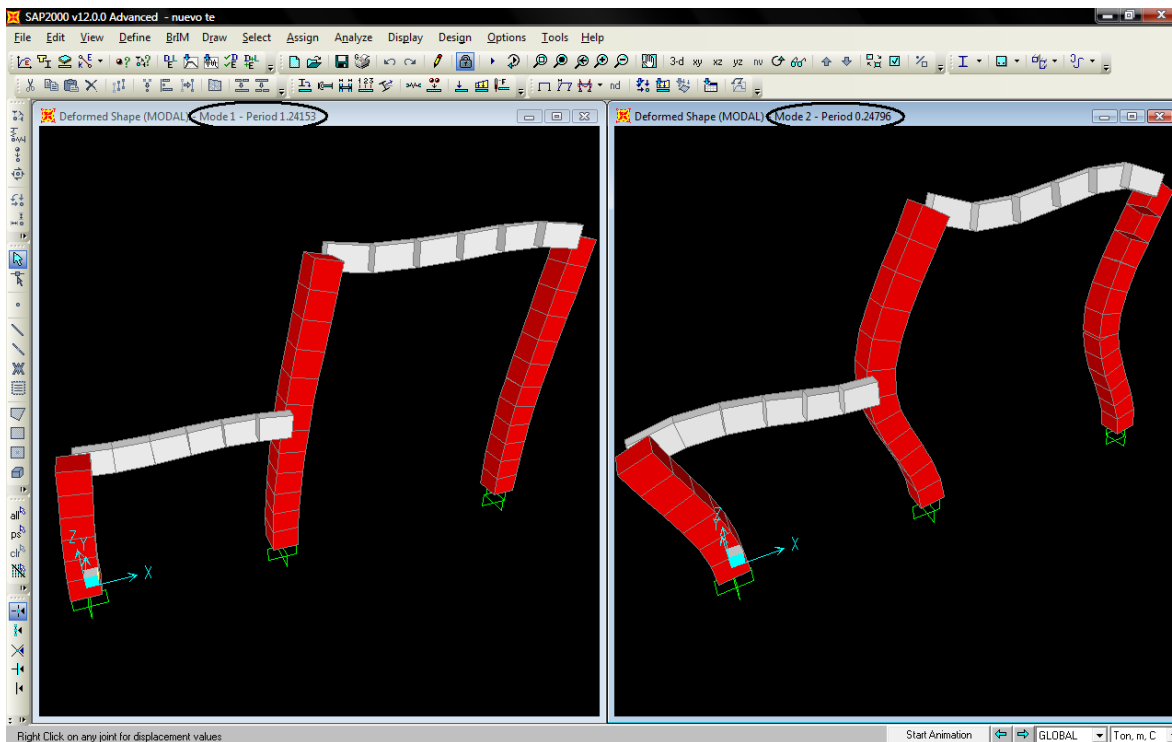


Fig.4.17 Periodos y formas modales

Para verificar el periodo y las frecuencia desplegaremos las tablas de valores modales de la estructura seleccionando en el menú Display – Show Tables realizado esto en la paleta que nos muestra seleccionaremos que nos muestre la Información Modal y damos clic en Ok como se muestra en la figura 4.18.

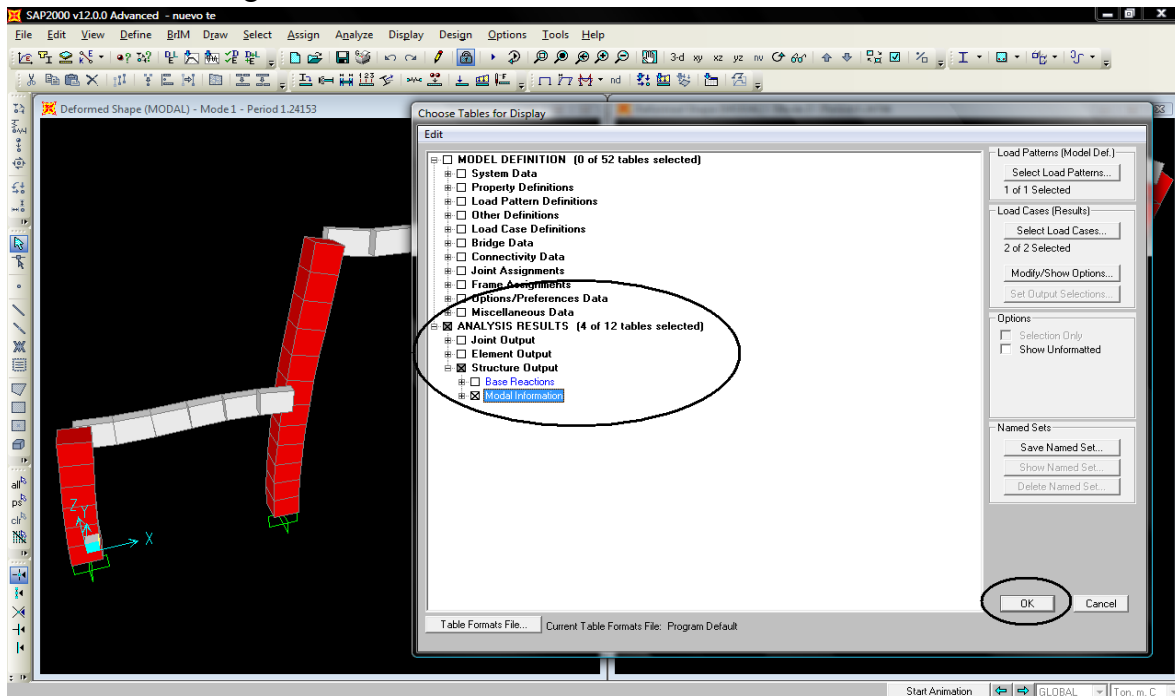


Fig.4.18 Generación de las tablas de información.

En la tabla desplegada seleccionaremos se seleccionara Modal Periods and Frequencies como se muestra en la figura 4.19.

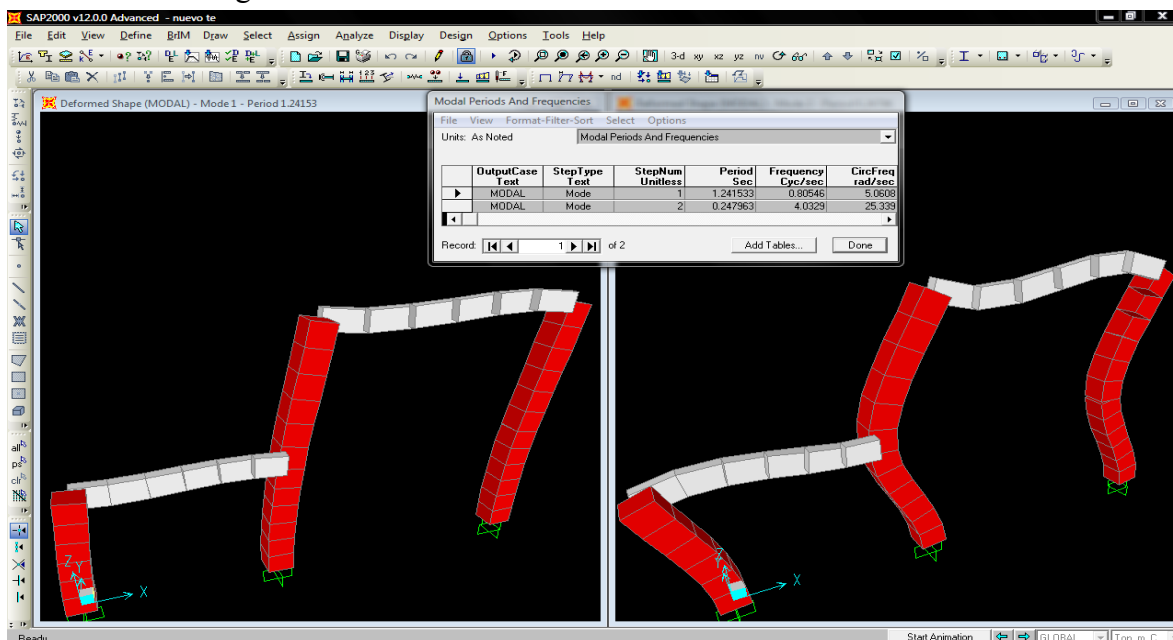


Fig. 4.19 Tabla de frecuencias, periodos y frecuencias circulares.

Verificaremos el Periodo de vibración, la Frecuencia y la Frecuencia circular

Modal Periods And Frequencies

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Periods And Frequencies

	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec
▶	MODAL	Mode	1	1.241533	0.80546	5.0608
	MODAL	Mode	2	0.247963	4.0329	25.339

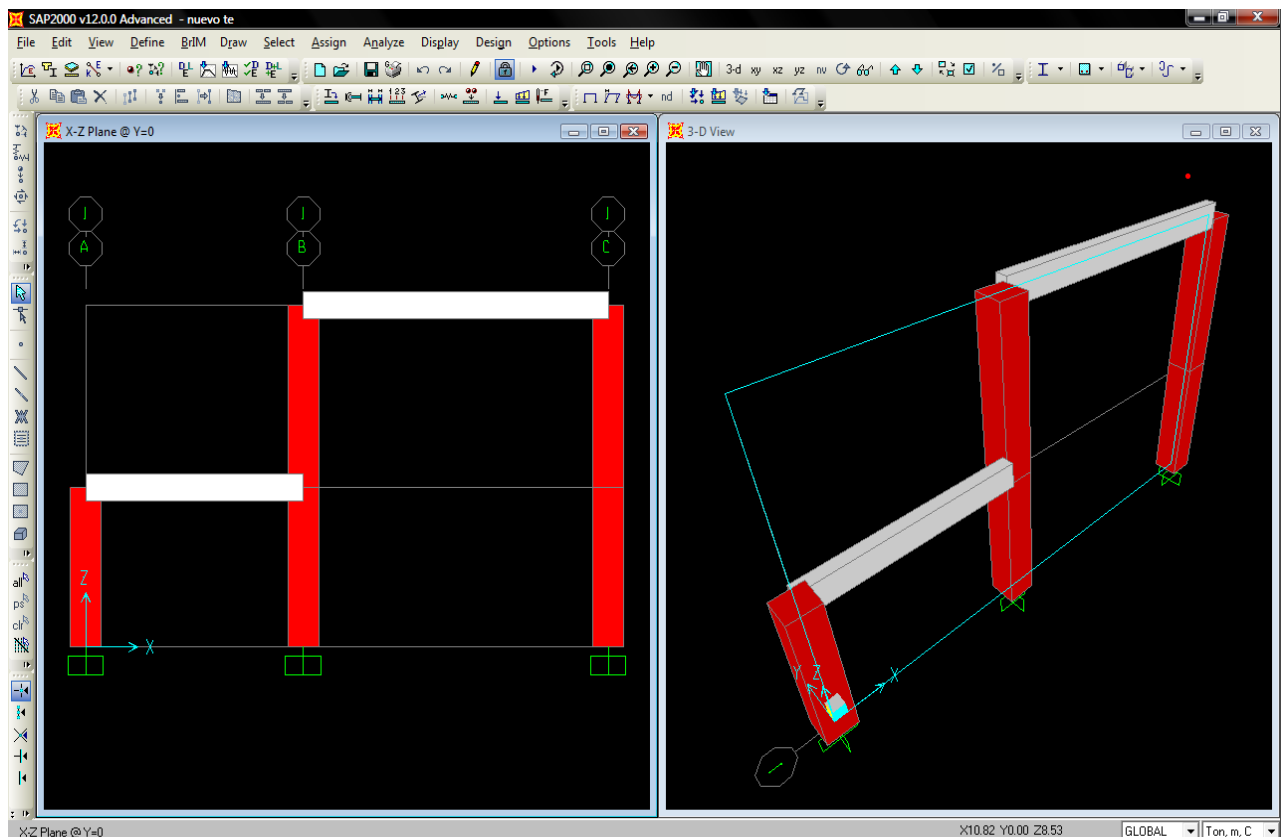
Record: 1 of 2

Add Tables... Done

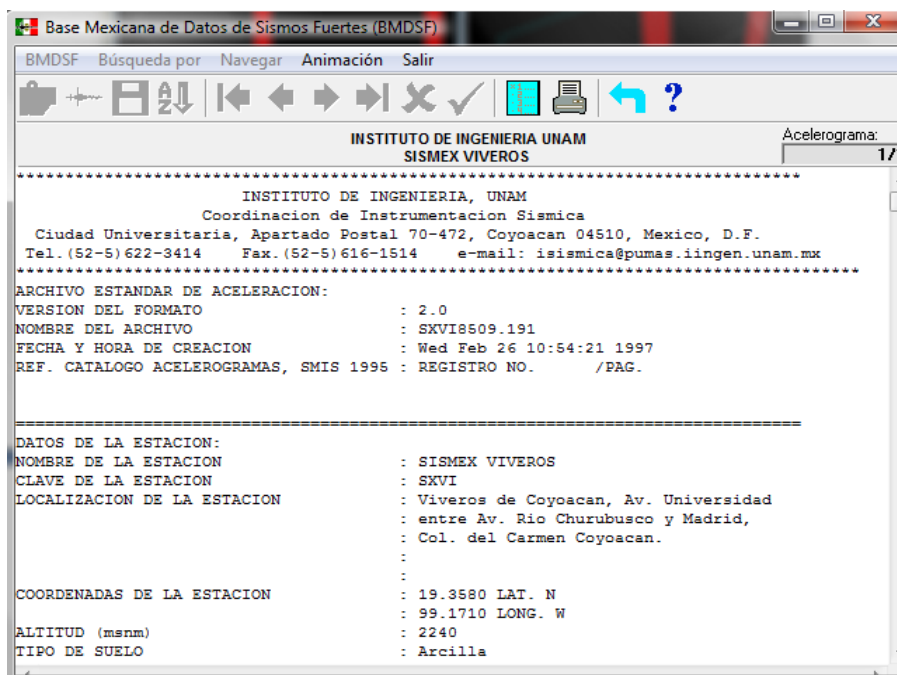
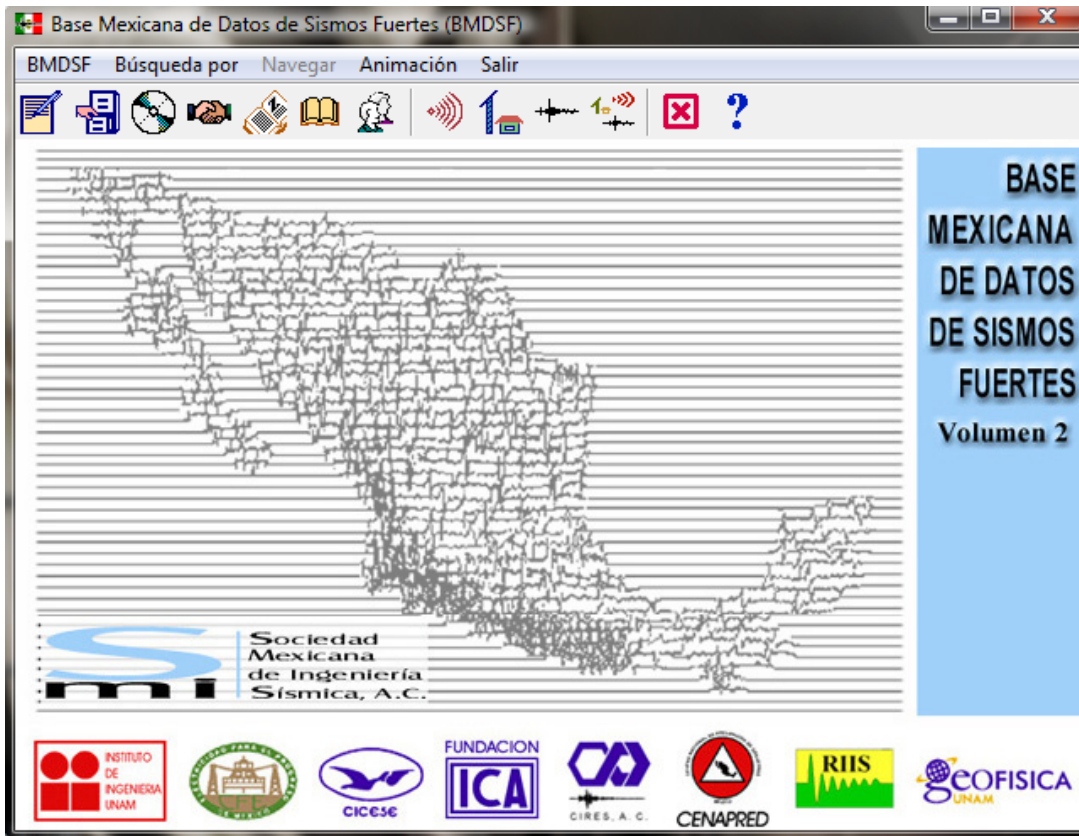
4.2-Ejercicio 3 Con el ejemplo anterior y usando de preferencia un acelerograma representativos del sismo del 19 de Septiembre de 1985 obtener la historia de velocidades, aceleraciones y desplazamientos y obtener la respuesta máxima y para que tiempos se representan suponiendo que tienen un amortiguamiento de 5%.



Considere tiene:
 $E=175,000 \text{ kg/cm}^2$
 Columnas de 70X70cm
 Trabes de 30X60cm
 Y pesos de 40 y 55Ton respectivamente



El acelerograma a usar se obtuvo de la **Base Mexicana de datos de Sismos Fuertes** el registro elegido fue el de **SISMEX VIVEROS**:



4.2.1 INTRODUCCIÓN DEL ACELEROGRAMA.

Para introducir el acelerograma Define-Functions-Time History aparecerá un cuadro como el que se muestra en la figura 4.20 colocamos Function From File y Add New.

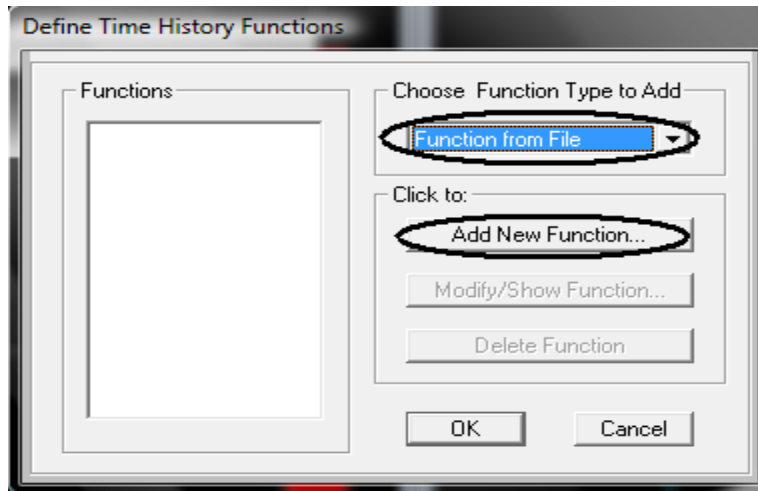


Fig. 4.20 Definición de la función a usar.

Definimos el nombre de el acelerograma le colocaremos que los los grafique con respecto del tiempo por lo que elegiremos la función Time and Function Values, identificaremos el archivo de donde proviene el acelerograma y a continuación seleccionaremos Display Graph para visualizar el acelerograma tal y como se observa en la figura 4.21.

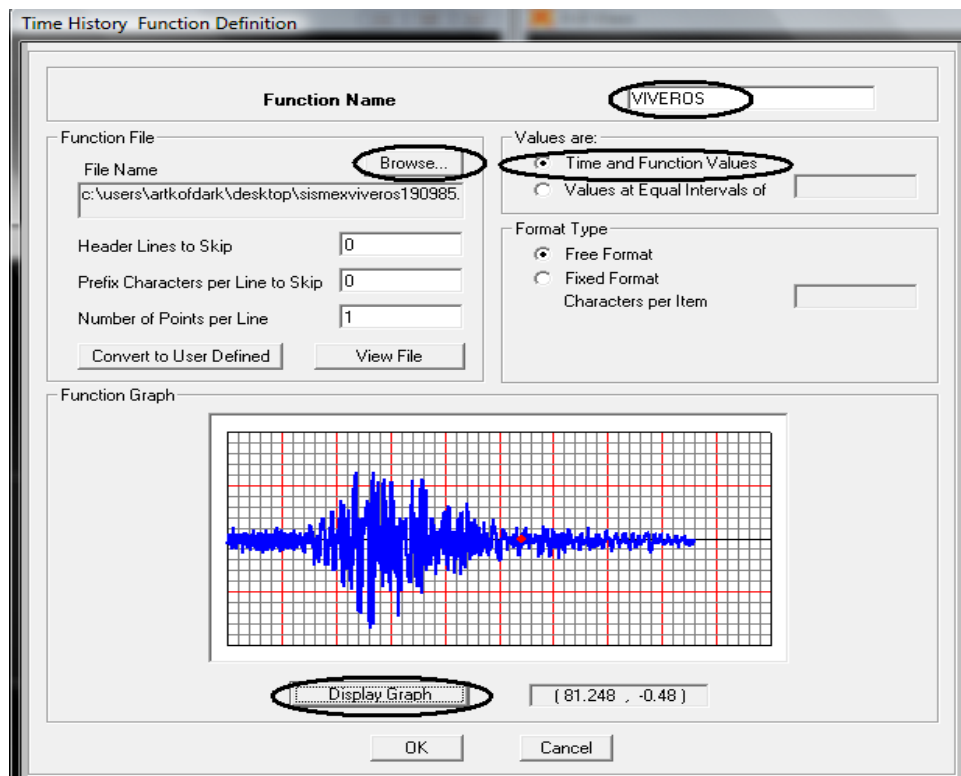


Fig.4.21 Vista del acelerograma elegido.

Para definir las propiedades y parámetros realizara lo siguiente Define-Load Cases en la primera ventana que aparece seleccionamos Add New Load Case, en la siguiente que aparece definimos el nombre que tomara nuestro caso a analizar posteriormente seleccionaremos que representaremos un Time History ahora se ampliara la ventana para especificar las características del acelerograma le diremos que el Tipo de carga (Load Tipe) será Accel describiremos el número de puntos considerados en el acelerograma y a que intervalos se encuentran los valores y definiremos el amortiguamiento del 5% en Modal Damping y finalizamos seleccionando Ok como se muestra en la figura 4.22.

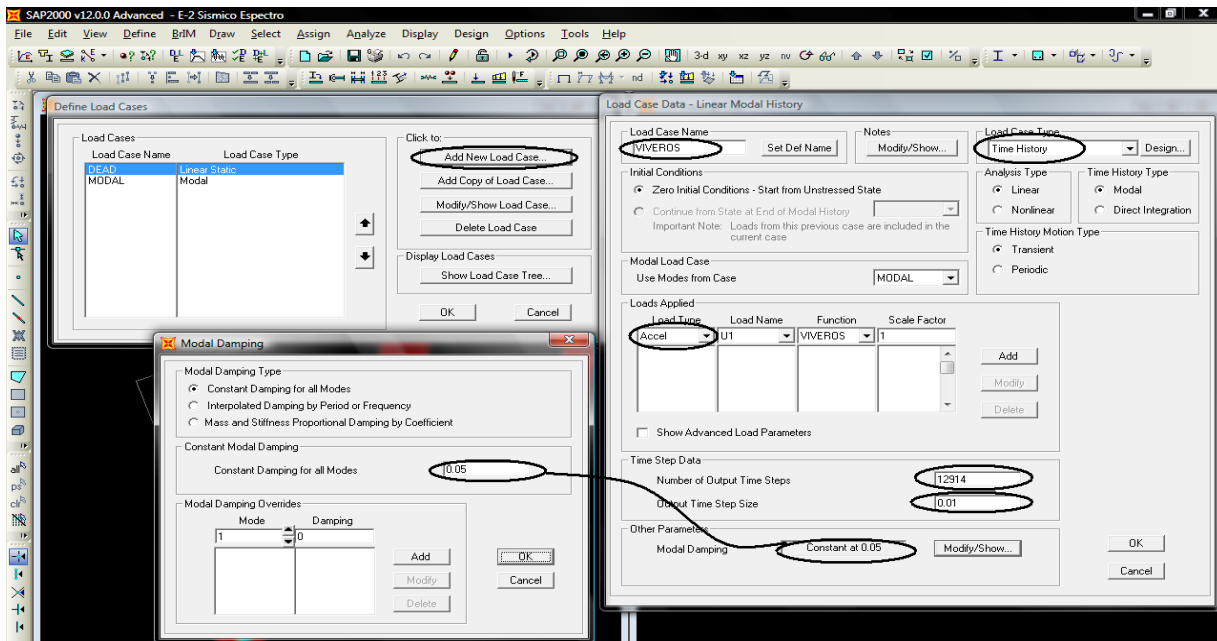


Fig.4.22 Características del acelerograma.

4.2.2-INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

Una vez realizado lo anterior procederemos a correr el programa y verificar que efectivamente realizaremos un análisis de la Time History y lo continuamos seleccionando Run Now como se muestra en la figura 4.23.

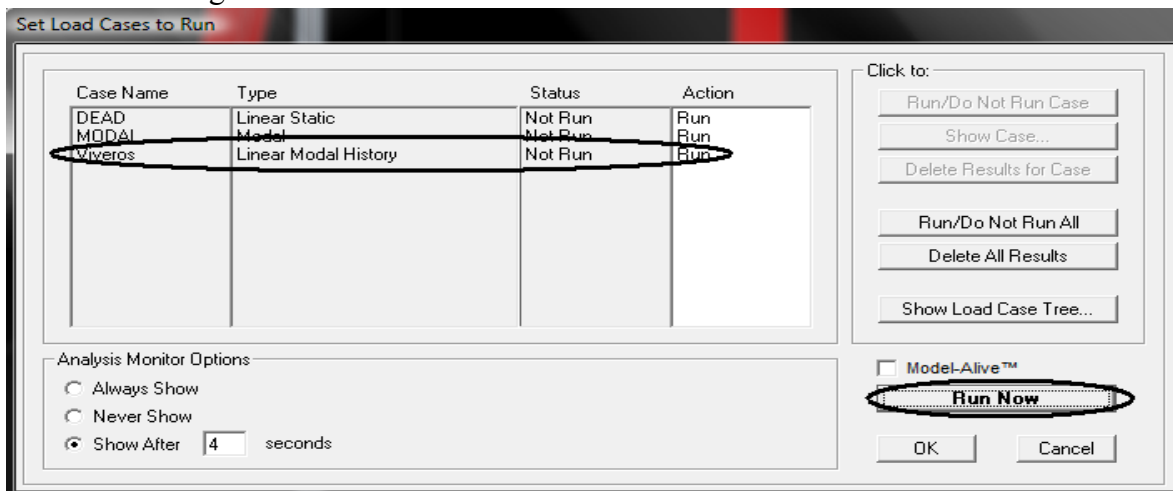


Fig.4.23 Análisis del modelo

Para visualizar las graficas y los valores máximos y mínimos nos dirigiremos a Display- Show Plot Functions y aparecerá el siguiente recuadro donde elegiremos las velocidades aceleraciones y desplazamiento para alguno de los puntos alojados en la parte más elevada eligiendo la función Define Plot Functions y aparecerá un recuadro en donde elegiremos Add Plot Functions y nos mostrara en qué punto queremos revisar las condiciones requeridas como se muestra en la figura 4.24.

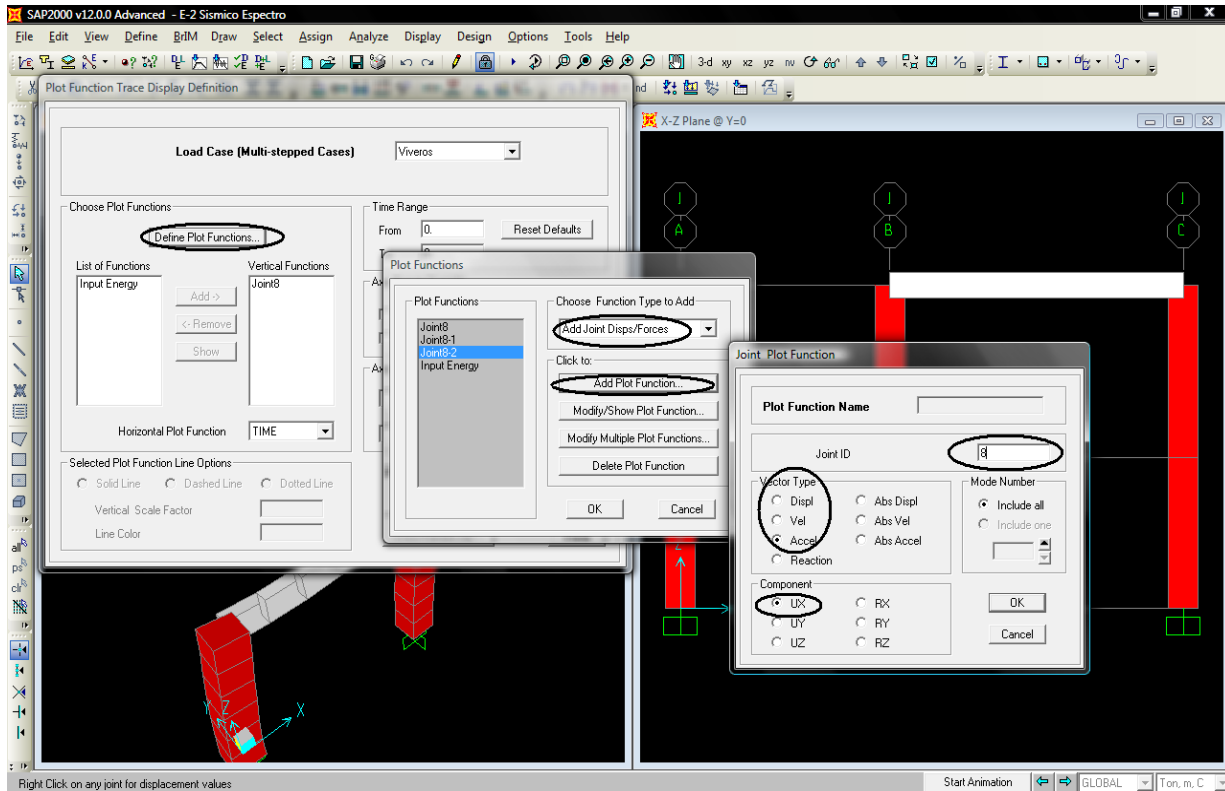


Fig.4.24 Elección de las funciones a visualizar.

Para visualizar la graficas y los máximos y mínimos de cada uno de los casos seleccionamos agregar o quitar alguna función tal como se muestra en la figura 4.25.

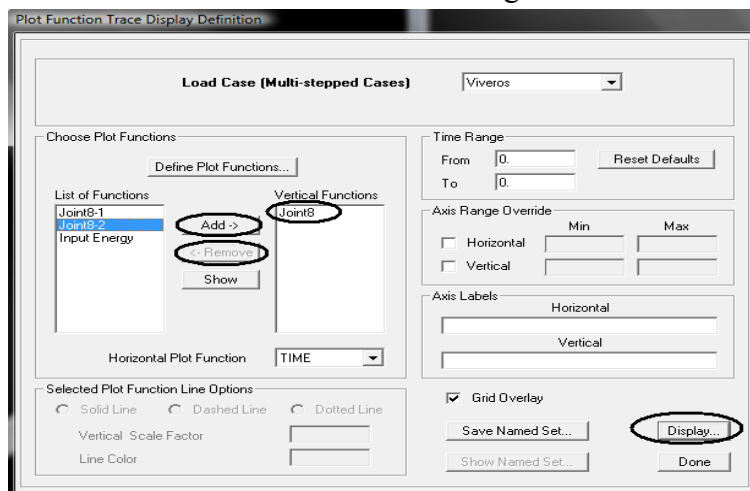
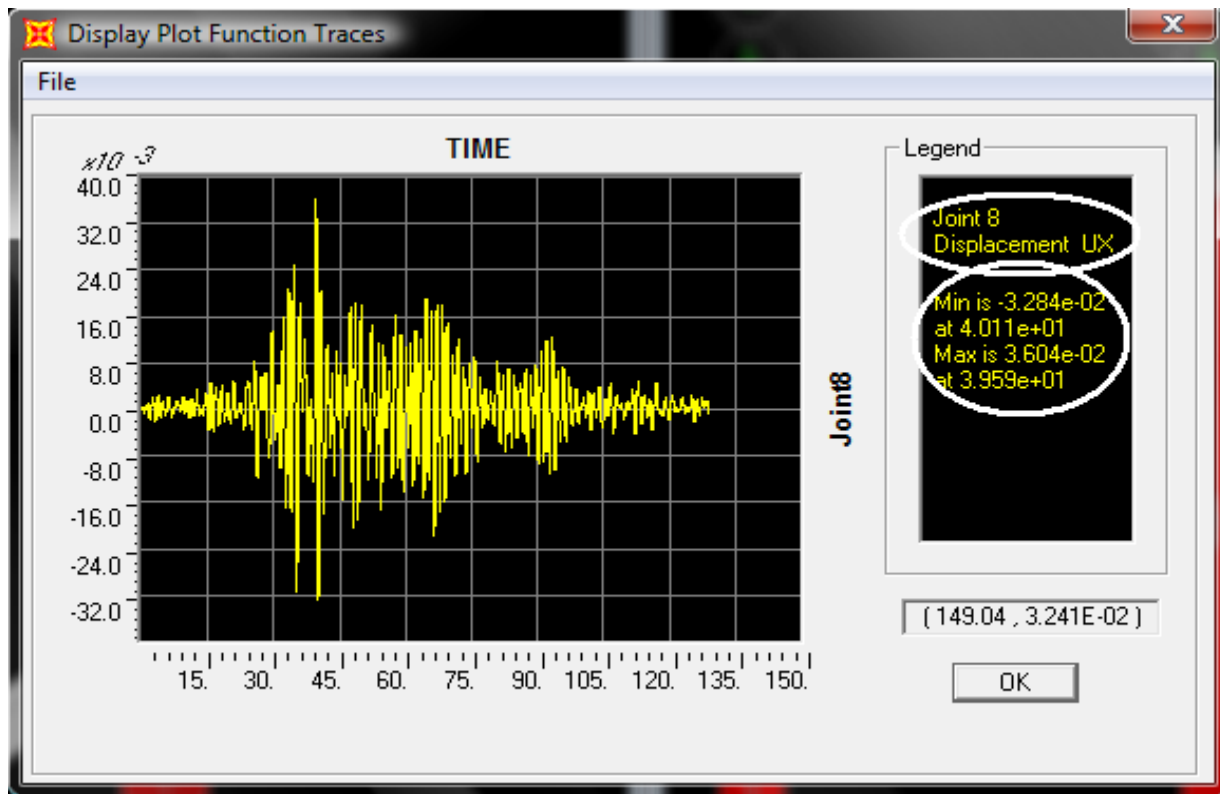


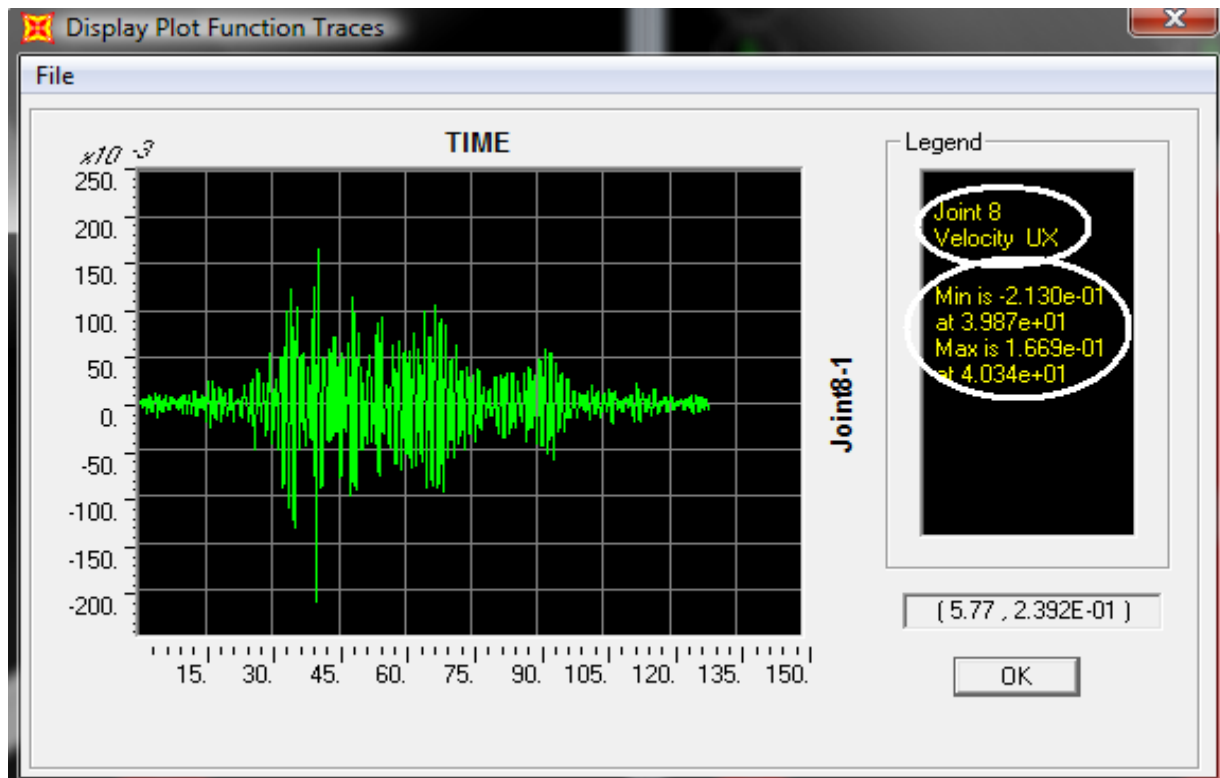
Fig.4.25 Visualización de las funciones elegidas.

De esta manera visualizaremos los siguientes recuadros donde verificaremos las características máximas y mínimas y en qué tiempo se presentan.

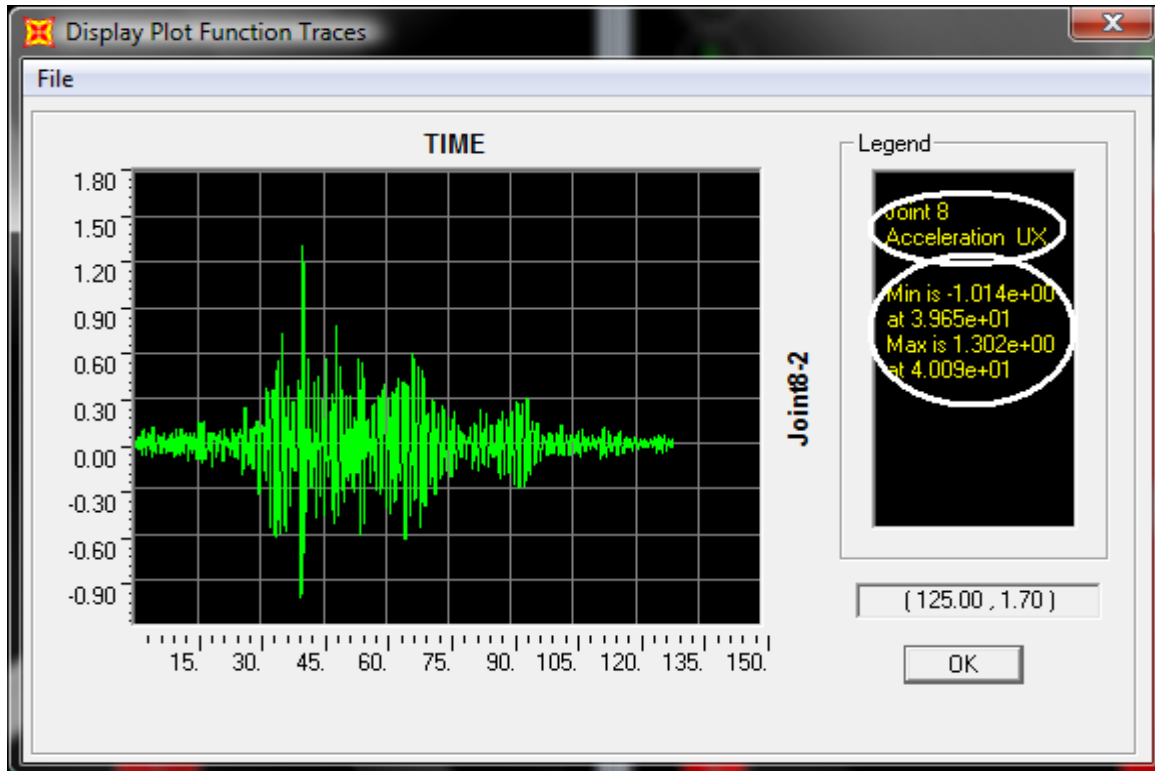
Desplazamiento.



Velocidad.



Acercaciones.



Una ventaja que tiene SAP 2000 es que nos puede mostrar estos datos pero para cualquier punto en la estructura seleccionando Display>Show Tables una vez realizado esto seleccionaremos las opciones que siguen mostradas en la imagen 4.26.

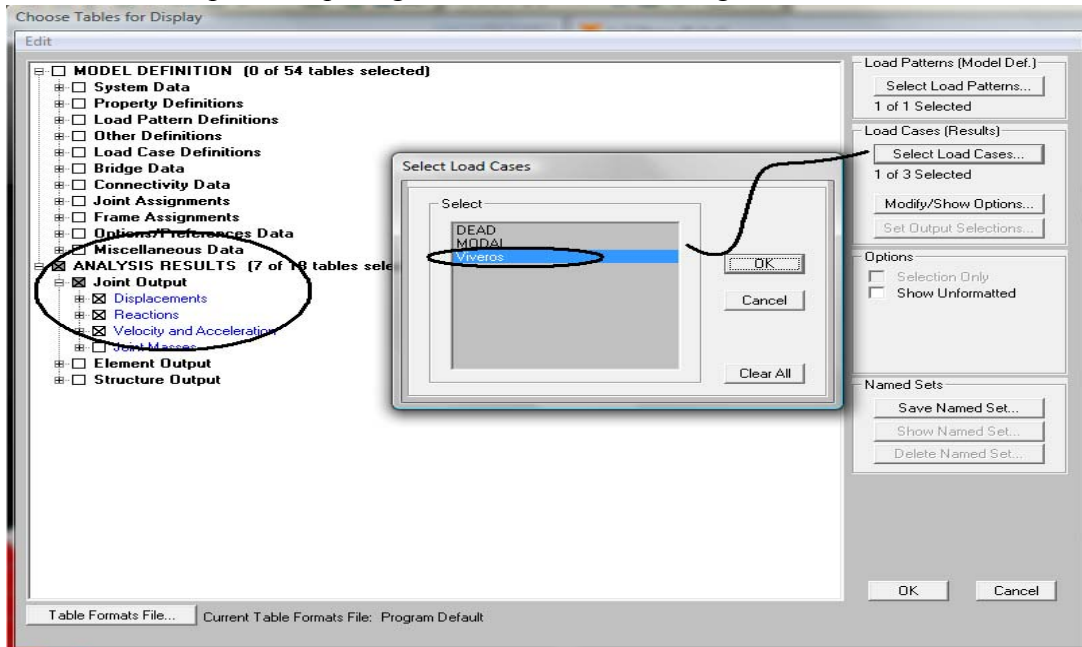


Fig.4.26 Generación de las tablas de información modal.

Realizado lo anterior aparece el siguiente recuadro donde elegiremos que es lo que queremos que nos muestre que es este caso son los desplazamientos.

Desplazamientos.

Joint Displacements

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted **Joint Displacements**

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	U1 m
▶	1	Viveros	LinModHist	Max	0
	1	Viveros	LinModHist	Min	0
	2	Viveros	LinModHist	Max	0.010173
	2	Viveros	LinModHist	Min	-0.008933
	3	Viveros	LinModHist	Max	0
	3	Viveros	LinModHist	Min	0
	4	Viveros	LinModHist	Max	0.010173
	4	Viveros	LinModHist	Min	-0.008933
	5	Viveros	LinModHist	Max	0.036044
	5	Viveros	LinModHist	Min	-0.032836
	6	Viveros	LinModHist	Max	0
	6	Viveros	LinModHist	Min	0
	7	Viveros	LinModHist	Max	0.010173
	7	Viveros	LinModHist	Min	-0.008933
	8	Viveros	LinModHist	Max	0.036044
	8	Viveros	LinModHist	Min	-0.032836

Record: 1 of 16 Add Tables... Done

Velocidades

Joint Velocities - Absolute

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted **Joint Velocities - Absolute**

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	U1 m/sec
▶	1	Viveros	LinModHist	Max	0.0027
	1	Viveros	LinModHist	Min	-1.1958
	2	Viveros	LinModHist	Max	0.0018
	2	Viveros	LinModHist	Min	-1.1964
	3	Viveros	LinModHist	Max	0.0027
	3	Viveros	LinModHist	Min	-1.1958
	4	Viveros	LinModHist	Max	0.0018
	4	Viveros	LinModHist	Min	-1.1964
	5	Viveros	LinModHist	Max	0.0028
	5	Viveros	LinModHist	Min	-1.2001
	6	Viveros	LinModHist	Max	0.0027
	6	Viveros	LinModHist	Min	-1.1958
	7	Viveros	LinModHist	Max	0.0018
	7	Viveros	LinModHist	Min	-1.1964
	8	Viveros	LinModHist	Max	0.0028
	8	Viveros	LinModHist	Min	-1.2001

Record: 1 of 16 Add Tables... Done

Aceleraciones.

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	U1 m/sec2
▶	1	Viveros	LinModHist	Max	0.311
	1	Viveros	LinModHist	Min	-0.4163
	2	Viveros	LinModHist	Max	0.3899
	2	Viveros	LinModHist	Min	-0.45281
	3	Viveros	LinModHist	Max	0.311
	3	Viveros	LinModHist	Min	-0.4163
	4	Viveros	LinModHist	Max	0.3899
	4	Viveros	LinModHist	Min	-0.45281
	5	Viveros	LinModHist	Max	0.9051
	5	Viveros	LinModHist	Min	-0.92046
	6	Viveros	LinModHist	Max	0.311
	6	Viveros	LinModHist	Min	-0.4163
	7	Viveros	LinModHist	Max	0.3899
	7	Viveros	LinModHist	Min	-0.45281
	8	Viveros	LinModHist	Max	0.9051
	8	Viveros	LinModHist	Min	-0.92046

Pero en este caso los que nos interesan son en los puntos más elevados que serian los puntos 5 y 8 en los que prácticamente tendremos sus características similares.

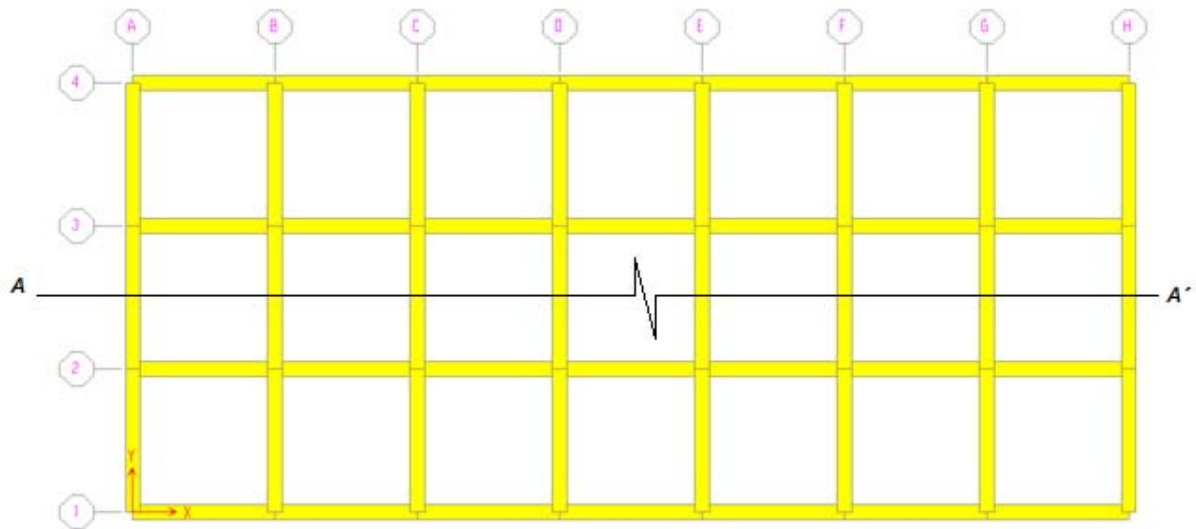
4.3- Determinar el periodo, frecuencia y formas modales de un edificio concreto de 3 niveles destinado a oficinas como se muestra con separaciones de 4m entre columnas y alturas de entrepiso de 3.5m con columnas de 50x50cm y traveses de 40x70cm y losa con un espesor de 12cm tal como se muestra en la planta y corte A-A'.

Materiales:

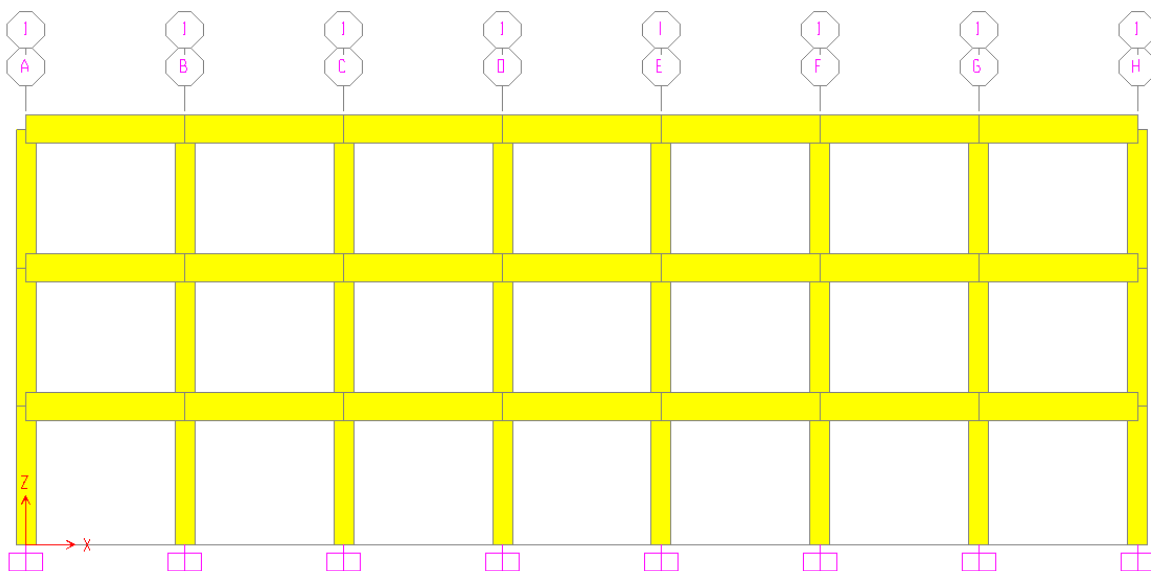
$$f'c=250\text{kg/cm}^2$$

$$fy=4200\text{kg/cm}^2$$

Planta



CORTE A-A'



4.3.1-DEFINICION DEL MODELO

Se selecciona las unidades en las que se trabaja que en este caso será Toneladas y Metros y se selecciona File – New Model como se puede observar en la figura 4.27.

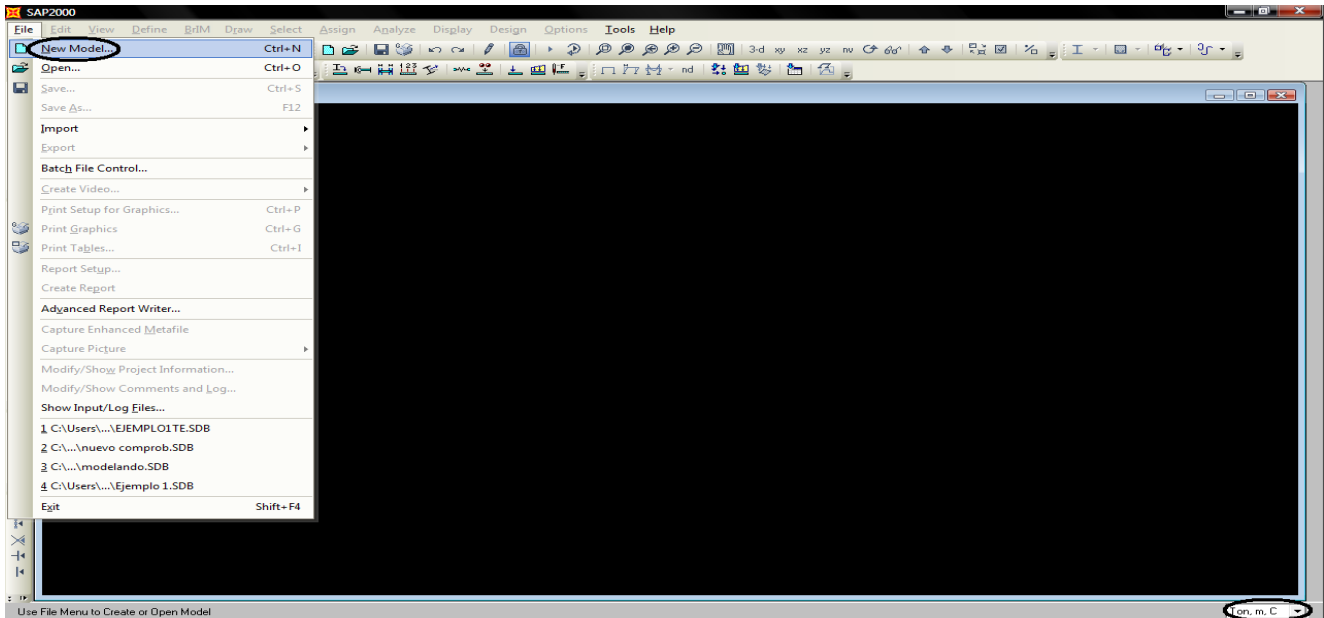


Fig. 4.27 Definición del modelo

Se selecciona Grid Only y asignaremos las dimensiones mostradas para posteriormente modificarlas a las del ejercicio y seleccionamos Ok como se representa en la figura 4.28.

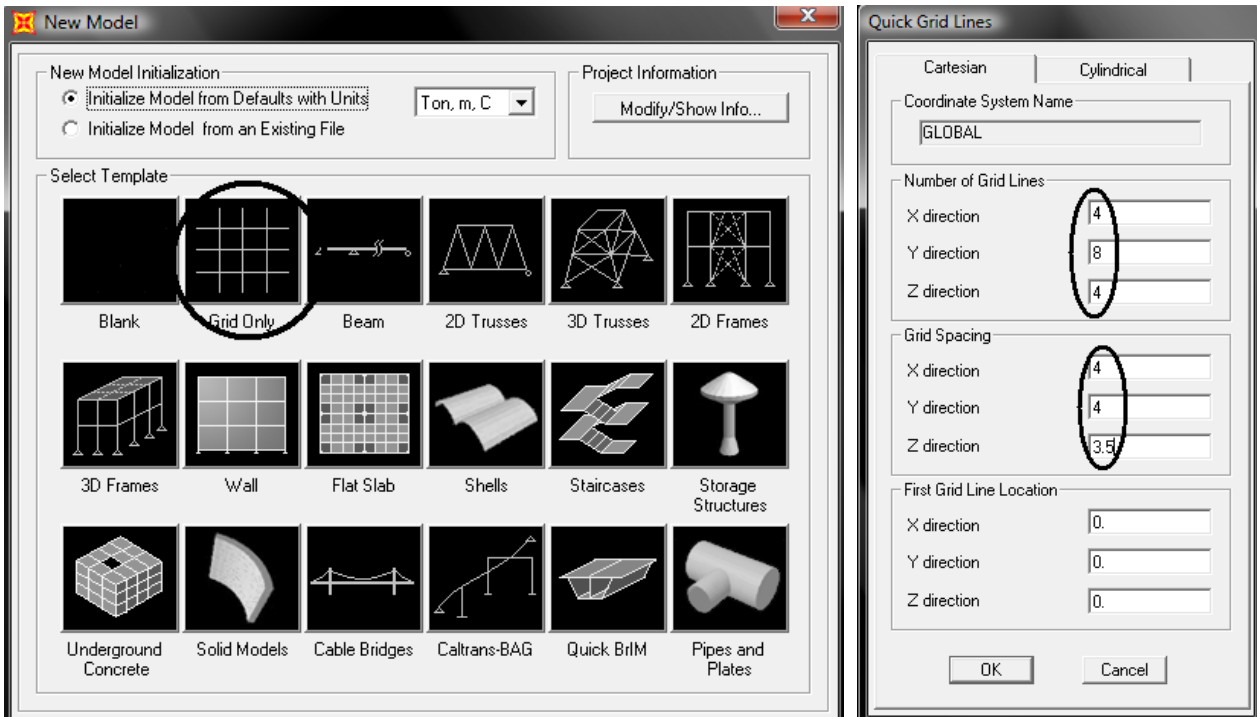


Fig.4.28 Especificación de las dimensiones de la rejilla

4.3.2-DEFINICION DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

Definiremos las propiedades del material según las especificaciones $E_c = 14000\sqrt{250} = 221359.4\text{kg/cm}^2 = 2213594.36\text{ton/m}^2$. Seleccionemos Define – Materials una vez realizado esto aparecerá el recuadro mostrado, seleccionaremos Add New Material como se muestra en la figura 4.29.

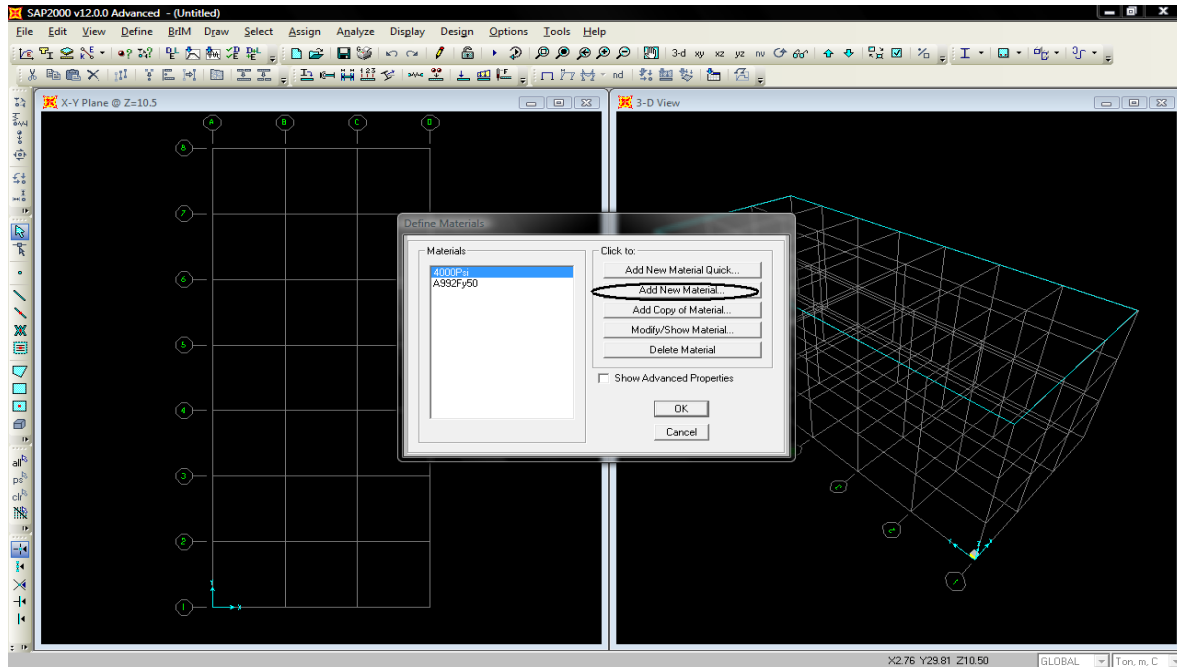


Fig.4.29 Definición del tipo de material

Ajustamos los datos del material tal y como se muestra especificando las características que tendrá y finalizamos seleccionando Ok como se observa en la figura 4.30.

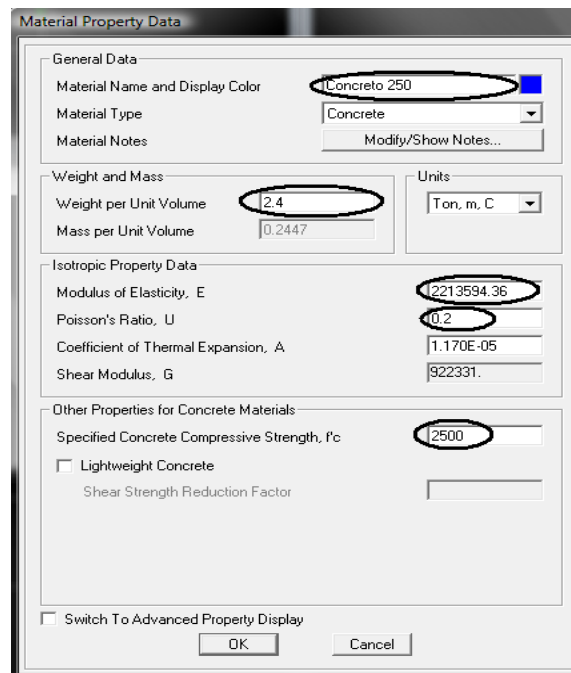


Fig.4.30 Propiedades del material

4.3.2-DEFINICION DE LOS ELEMENTOS DEL PROYECTO.

Se definirán las secciones de los elementos a usar para formar nuestro marco seleccionando Define - Seccion Propertis – Frame Seccion tal como se muestra en la figura 4.31.

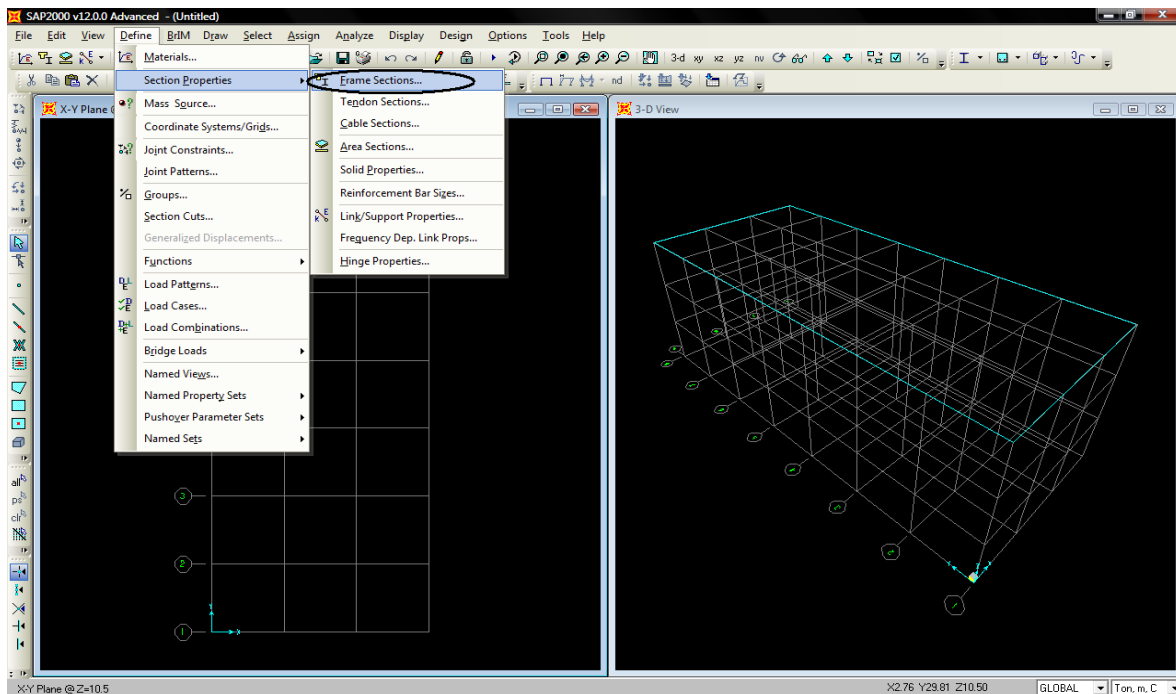


Fig. 31 Proposición del tipo de sección

Una vez realizado esto seleccionara Add New Seccion y se modificaran las características como se muestra en la figura 4.32.

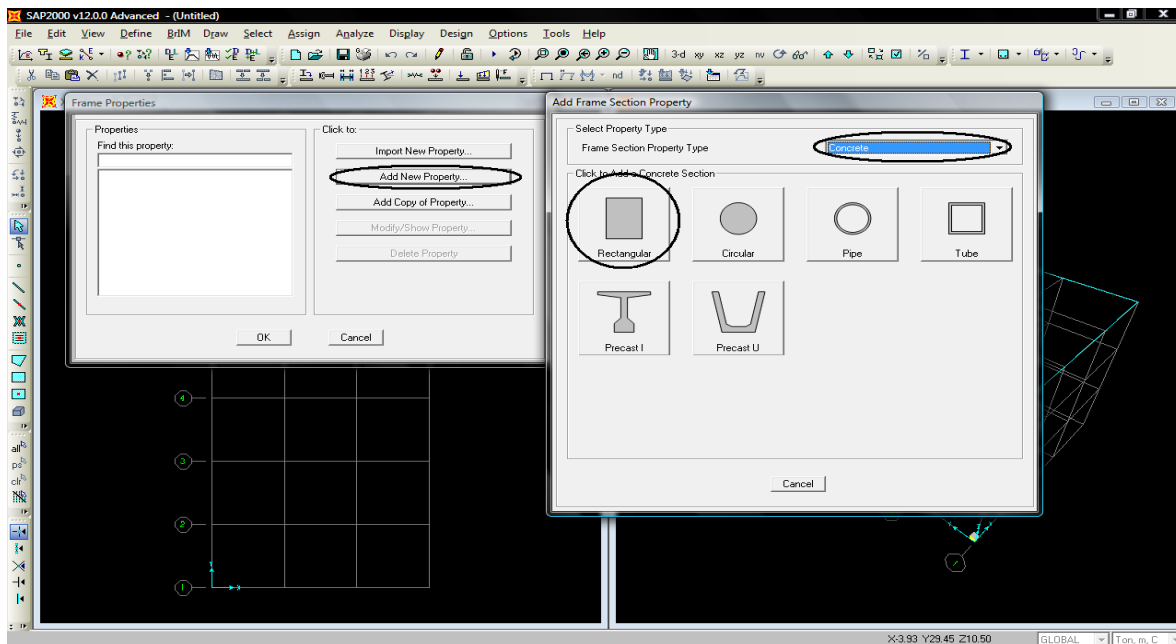


Fig. 4.32 Determinación del tipo de sección

Asignaremos un nombre a la sección que estamos creando, que en este caso es la columna y la trabe la cual en la misma ventana seleccionaremos el botón Set Modifiers y le colocaremos a la masa y peso cero el valor de cero ya que en este caso no consideraremos el peso y masa del material que componen al elemento tal y como se muestra en la figura 4.33.

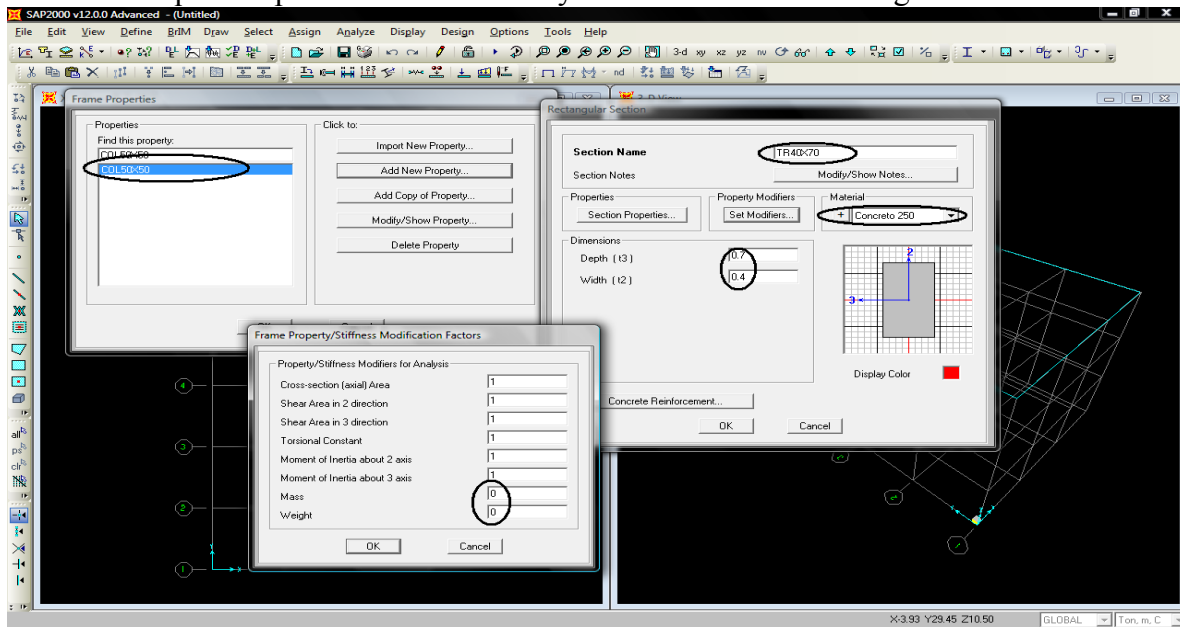


Fig.4.33 Propiedades del elemento

4.3.3-ASIGNACION DE LOS ELEMENTOS DEL PROYECTO

Realizado esto procederemos a colocar los elementos como se muestra en la figura seleccionando el icono de línea la cual ara que se acciona una paleta la cual contendrá la sección que está usando y si esta sección se quiere cambiar solo se da clic en el nombre de la sección y se modifica a la sección que se usar como se muestra en la figura 4.34.

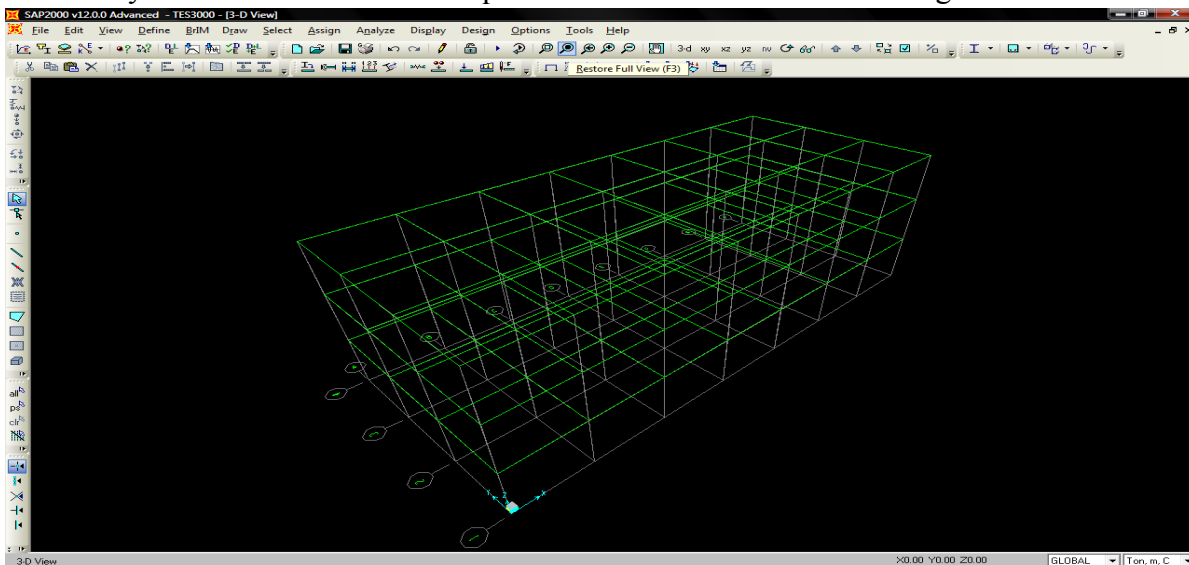


Fig. 4.34 ubicaciones de los elementos que componen la estructura

Colocaremos los apoyos del sistemas de tal forma que sean empotramientos como se usaron en el ejemplo seleccionando los puntos en los que irán colocados hecho esto se seleccionara en el menú el botón Assing – Joint – Restraints, como se observa en la imagen 4.35.

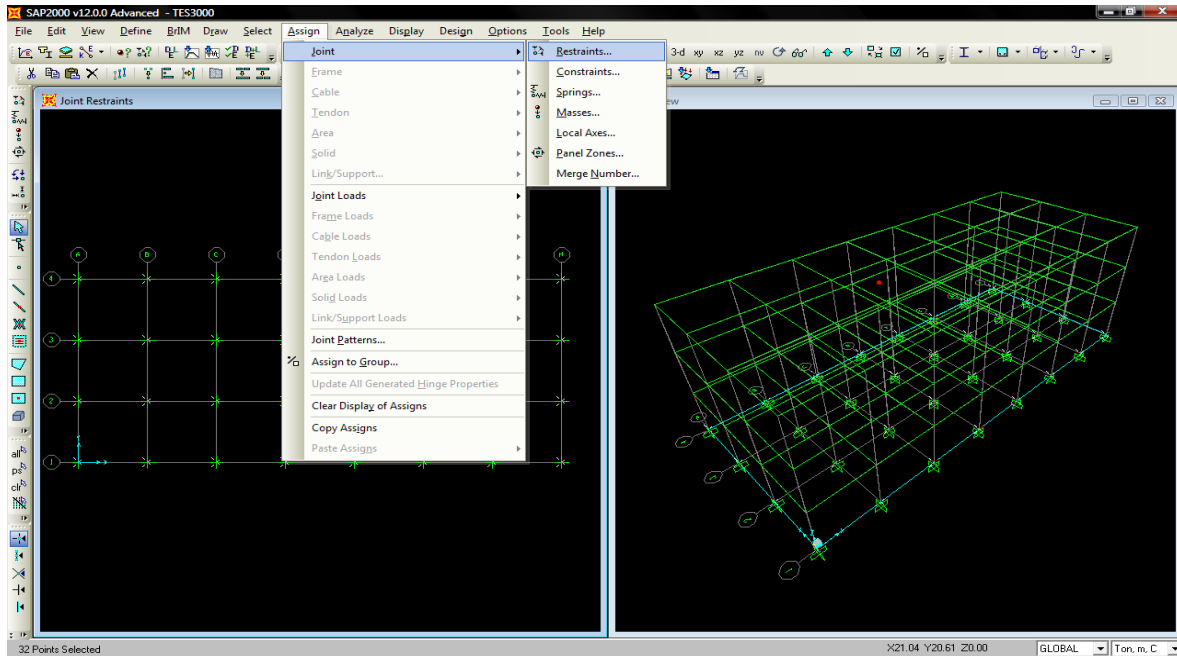


Fig. 4.35 Asignación de apoyos

Generaremos una losa de la siguiente manera Define- Seccion Propertis – Area Seccion en la ventana que se muestra al seleccionar lo anterior seleccionaremos Shell y posteriormente indicaremos Add New Seccion una vez realizado esto colocaremos un nombre a nuestra sección, elegiremos el tipo de material y el espesor del elemento como se muestra en la figura 4.36.

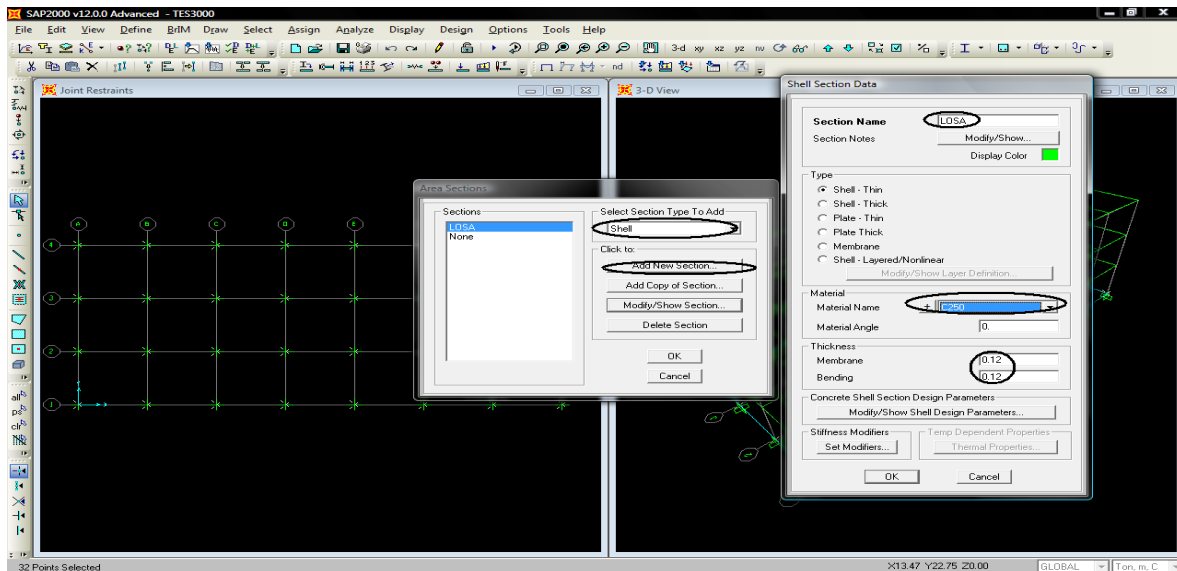


Fig.4.36 Definición de la losa

Asignaremos la ubicación de las secciones y los replicaremos de la siguiente manera primero seleccionaremos el icono de Quick Draw Area Objet el cual nos servirá para colocar la sección en donde pertenecen un solo nivel, posteriormente replicaremos este a todos los demás niveles de la siguiente manera en el menú seleccionamos Edit- Replicate, posteriormente aparecerá un recuadro al cual en la dirección Z colocaremos la altura de cada nivel y cuantas veces queremos que se dupliquen los elementos que en este caso serán 2 y finalizamos seleccionando ok como se muestra en la figura 4.37.

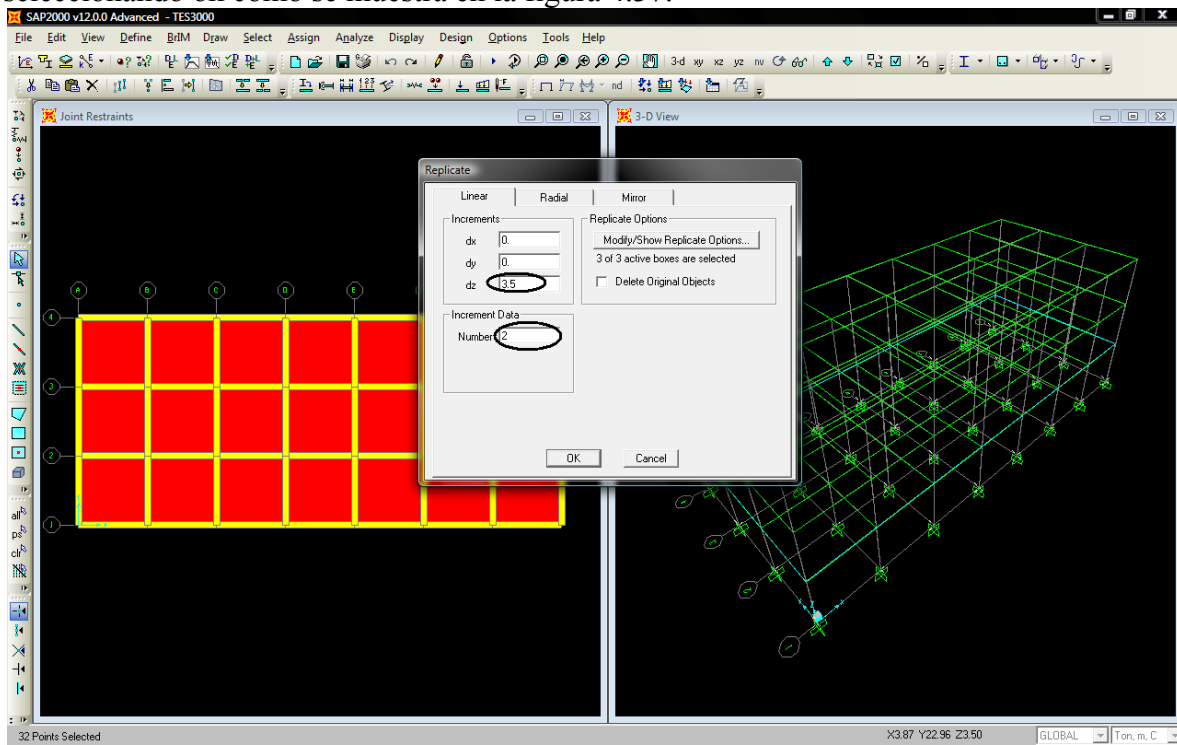


Fig.4.37 Uso del comando Replicate.

Determinación de las cargas actuantes en el edificio

<i>Destino de la cubierta</i>	<i>w</i>	<i>wa</i>	<i>wm</i>	<i>w</i>	<i>wa</i>	<i>wm</i>
	<i>kg/m²</i>	<i>kg/m²</i>	<i>kg/m²</i>	<i>Ton/m²</i>	<i>Ton/m²</i>	<i>Ton/m²</i>
<i>Oficinas ,Despachos y Laboratorios</i>	100	180	250	0.1	0.18	0.25

<i>Pvol</i>	2.4	<i>ton/m³</i>	<i>Espesor</i>	0.12	<i>m</i>	<i>Peso de la loza por metro cuadrado</i>	0.288	<i>ton/m²</i>
-------------	-----	--------------------------	----------------	------	----------	---	-------	--------------------------

Cargas para la losa

<i>Acabados</i>	<i>Carga</i>	<i>Unidades</i>	<i>Carga</i>	<i>Unidades</i>
<i>Piso</i>	20	<i>Kg/m²</i>	0.02	<i>Ton/m²</i>
<i>Instalaciones</i>	40	<i>Kg/m²</i>	0.04	<i>Ton/m²</i>
<i>Carga por reglamento</i>	40	<i>Kg/m²</i>	0.04	<i>Ton/m²</i>
<i>SCM</i>	100	<i>Kg/m²</i>	0.10	<i>Ton/m²</i>

Cargas para los pisos entrepisos

<i>Acabados</i>	<i>Carga</i>	<i>Unidades</i>	<i>Carga</i>	<i>Unidades</i>
<i>Piso</i>	20	<i>Kg/m²</i>	0.02	<i>Ton/m²</i>
<i>Entortado</i>	40	<i>Kg/m²</i>	0.04	<i>Ton/m²</i>
<i>Plafón</i>	30	<i>Kg/m²</i>	0.03	<i>Ton/m²</i>
<i>Instalaciones</i>	40	<i>Kg/m²</i>	0.04	<i>Ton/m²</i>
<i>SCM</i>	130	<i>Kg/m²</i>	0.13	<i>Ton/m²</i>

4.3.4-DEFINICION DE LOS CASOS DE CARGA

Asignación de cargas primero definiremos los tipos de carga seleccionaremos en el menú Define-Load Patterns y aparecerá un recuadro al cual agregaremos un nombre al tipo de carga y le diremos que no será multiplicada por ningún factor tal como se muestra en la imagen y se finalizara dando ok tal como se muestra en la figura 4.38.

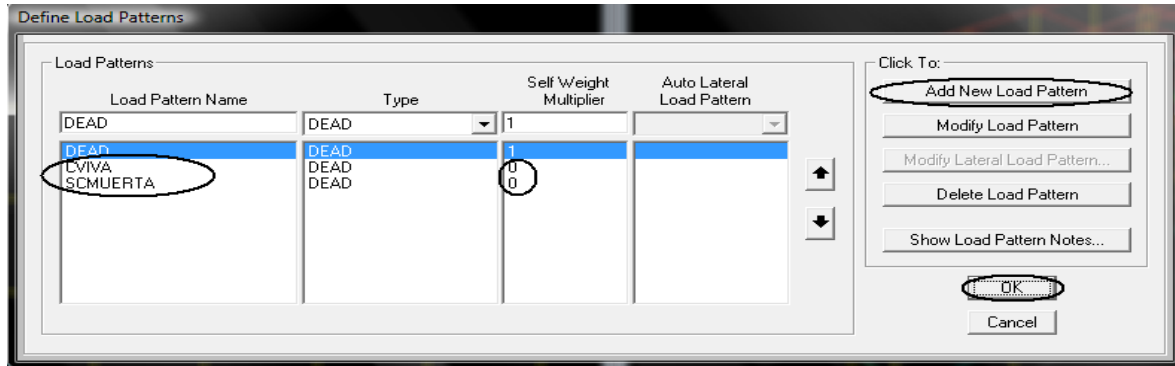


Fig.4.38 Definición de los casos de carga

4.3.5-ASIGNACION DE LAS ACCIONES ACTUANTES EN LA ESTRUCTURA.

Posteriormente asignaremos las cargas calculadas anteriormente seleccionando las losas de cada uno de los pisos o seleccionándolas todas en conjunto y posteriormente modificar las que se encuentran en la azotea para esto seleccionaremos en el menú Select-Select-Properties-Area Seccion. En el recuadro que aparece seleccionaremos la losa que se colocó a la estructura y ahora asignaremos la carga de la siguiente manera Assing-Area Seccion-Uniform(Shell) y en el recuadro que aparece seleccionaremos el tipo de carga al que pertenece y valor de la carga actuante y finalizaremos seleccionando ok como se muestra en la figura 4.39.

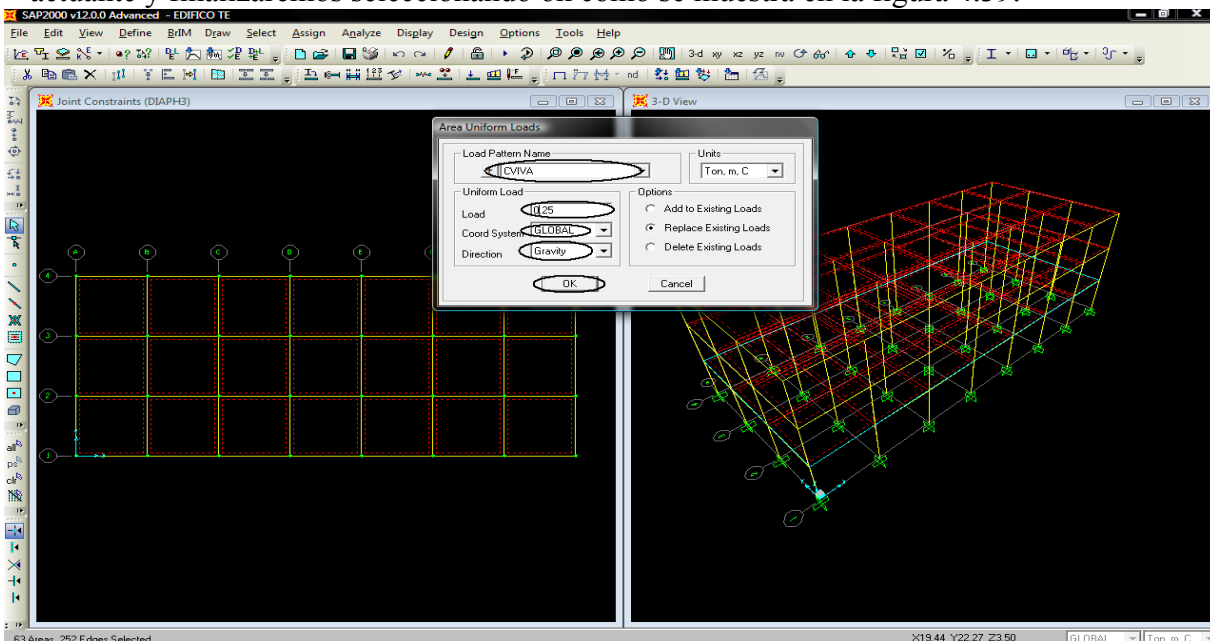


Fig.4.39 Colocación de las cargas uniformes sobre las losas

Una vez realizado determinaremos las cargas que actuarán en consideración como masas sobre la estructura seleccionamos en el menú Define-Mass Source, en el recuadro que aparece utilizaremos la opción de From Element and Additional Masses and Loads, en la ventanilla de carga seleccionaremos los casos de carga que queremos que sean tomados en cuenta que en este caso será CVIVA Y SCMUERTA y finalizamos seleccionando Ok como se muestra en la figura 4.40.

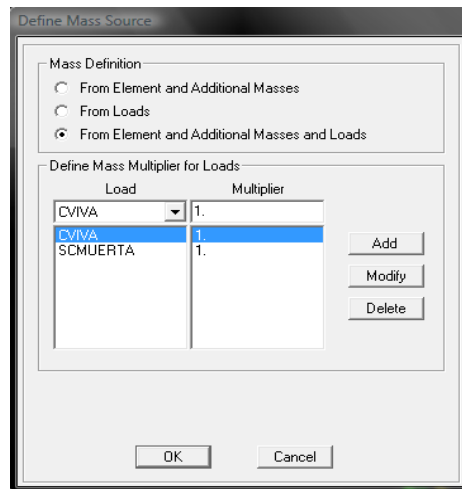


Fig.4.40 Casos de carga que se tomarán en cuenta

4.1.7-ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Una vez realizado lo anterior procederemos a correr el programa y verificar que efectivamente realizaremos un análisis modal y continuamos seleccionando Run Now como se observa en la figura 4.41.

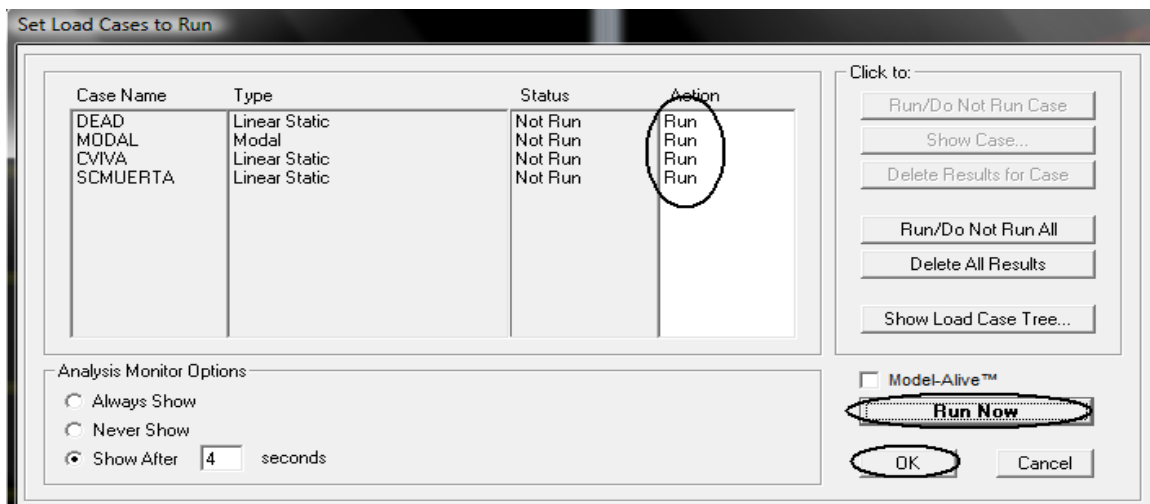


Fig.4.41 Cálculo con el programa

Para verificar el periodo seleccionaremos el icono Sow Deformed Shape el cual desplegara una paleta de información a la cual de diremos que nos muestre el primer periodo y forma modal como se muestra en la figura 4.42 pero para este caso identificaremos las formas en la dirección en X para compra con los valores obtenidos con métodos aproximados.

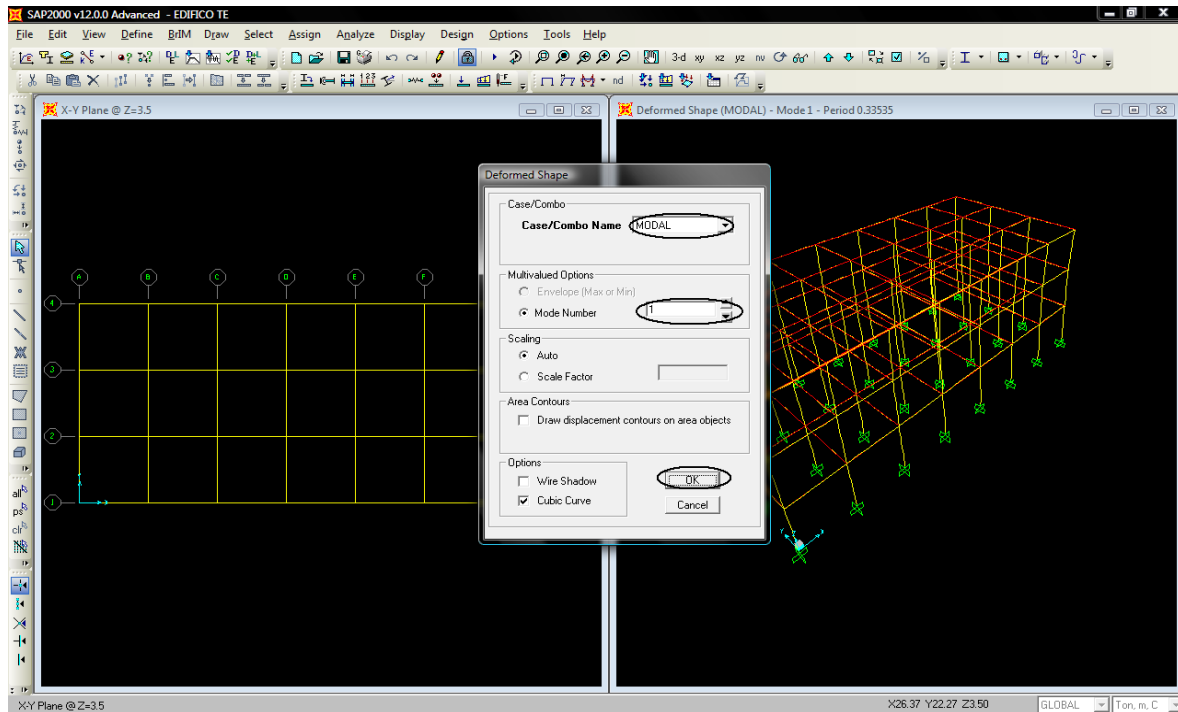


Fig.4.42 Verificación Modal

Verificaremos la formas modales en la dirección que nos interesa, las formas las observaremos en tres ventanas para lo cual seleccionaremos Options-Windows-Three como se ve en la figura 4.43.

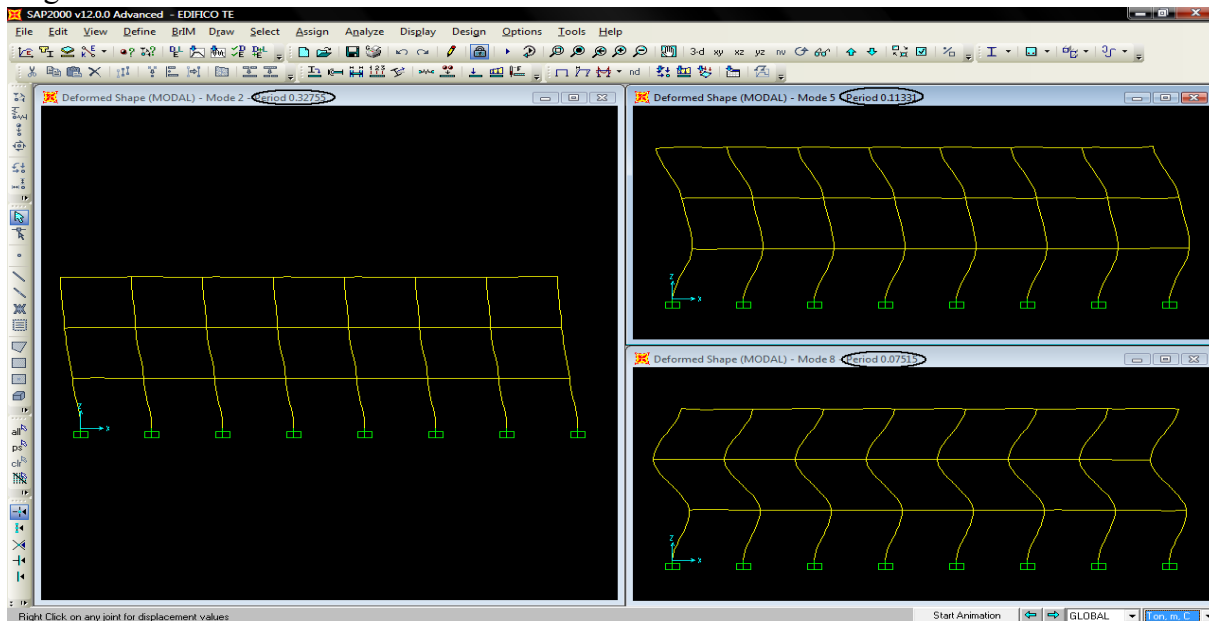


Fig.4.43 Vista de las formas modales y periodos

Para verificar el periodo y las frecuencia desplegaremos las tablas de valores modales de la estructura seleccionando en el menú Display – Show Tables realizado esto en la paleta que nos muestra seleccionaremos que nos muestre la Información Modal y damos clic en Ok como se observa en la imagen 4.44.

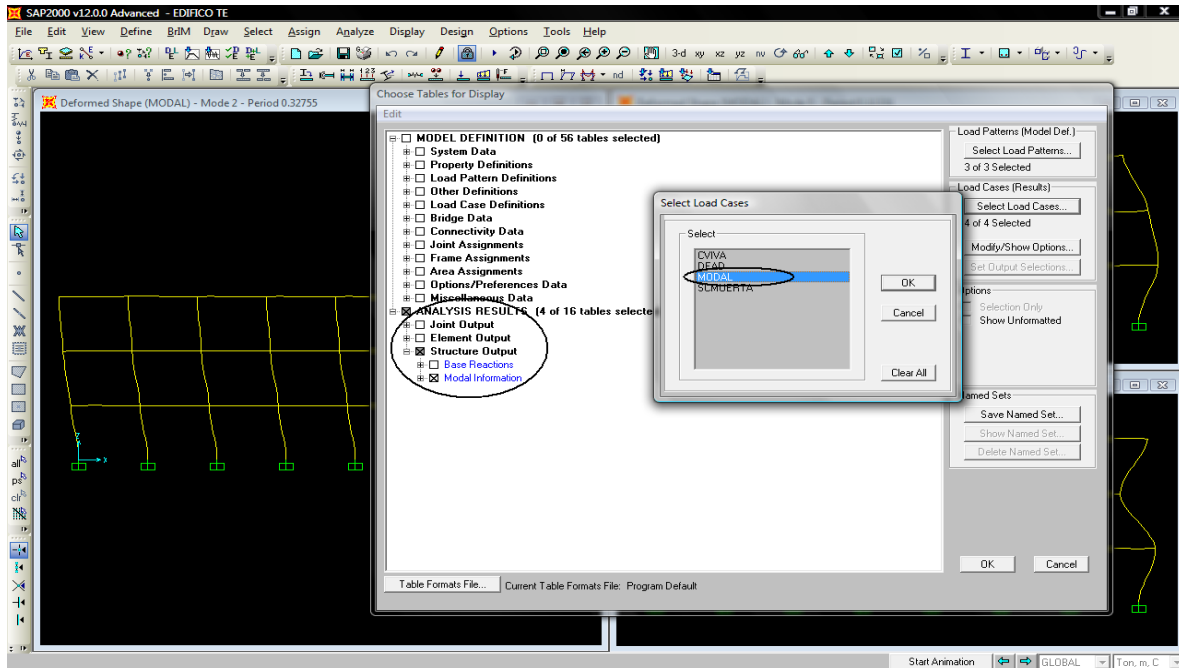


Fig. 4.44 Generación de la tabla de información modal

En la tabla desplegada seleccionaremos se seleccionara Modal Periods and Frequencies Verificaremos el Periodo de vibración, la Frecuencia y la Frecuencia circular con los recuadros marcados lo cuales son los modos que se encuentran en el sentido en el que se reviso con los métodos aproximados como se muestra en la figura 4.45.

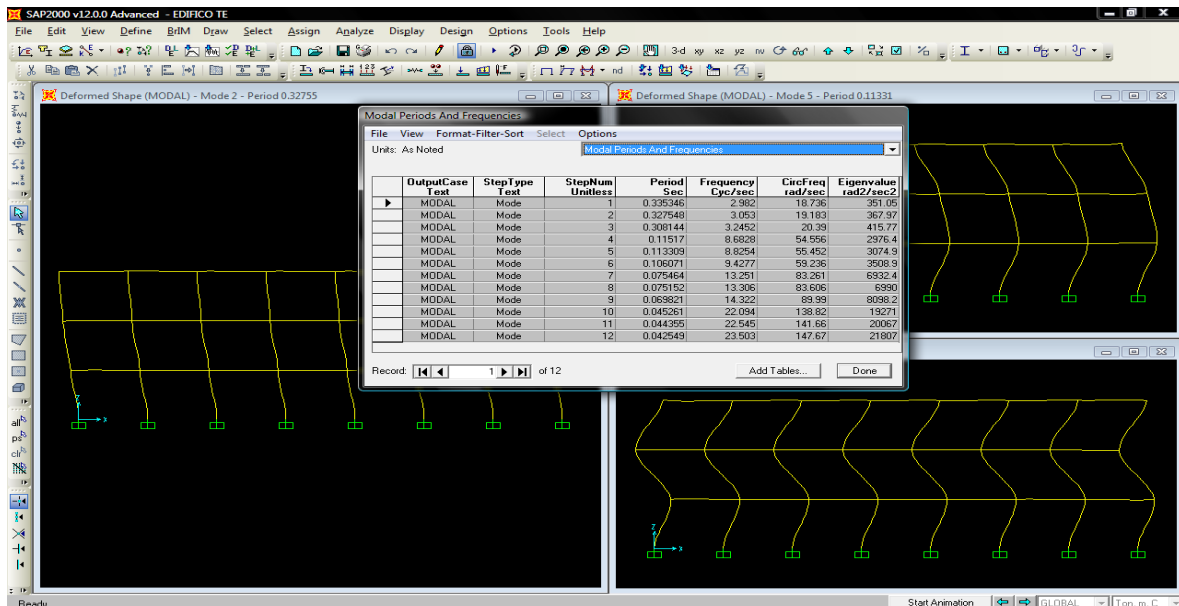


Fig. 4.45 Tabla de información de periodos, frecuencias y frecuencias circulares.

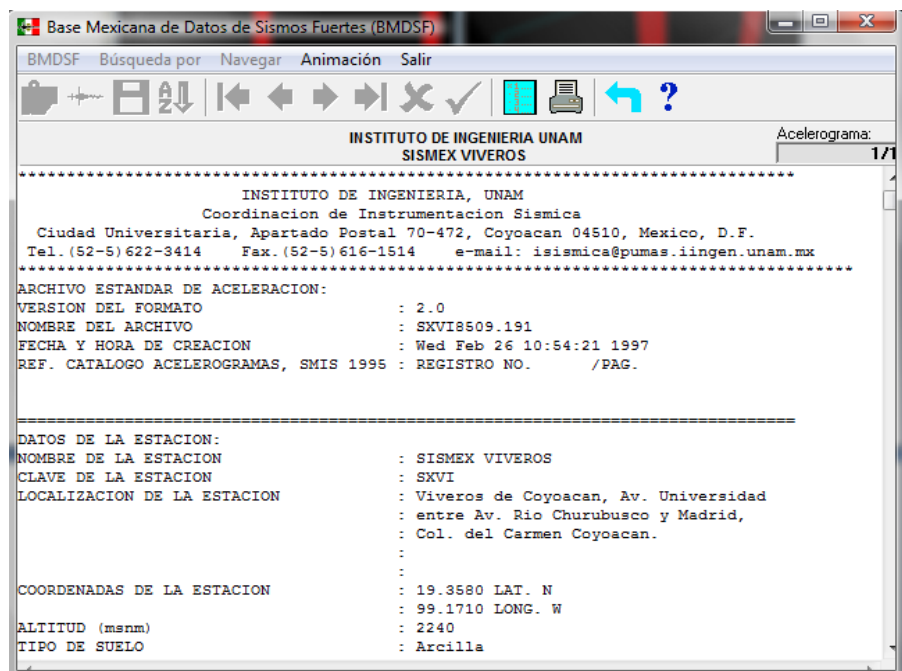
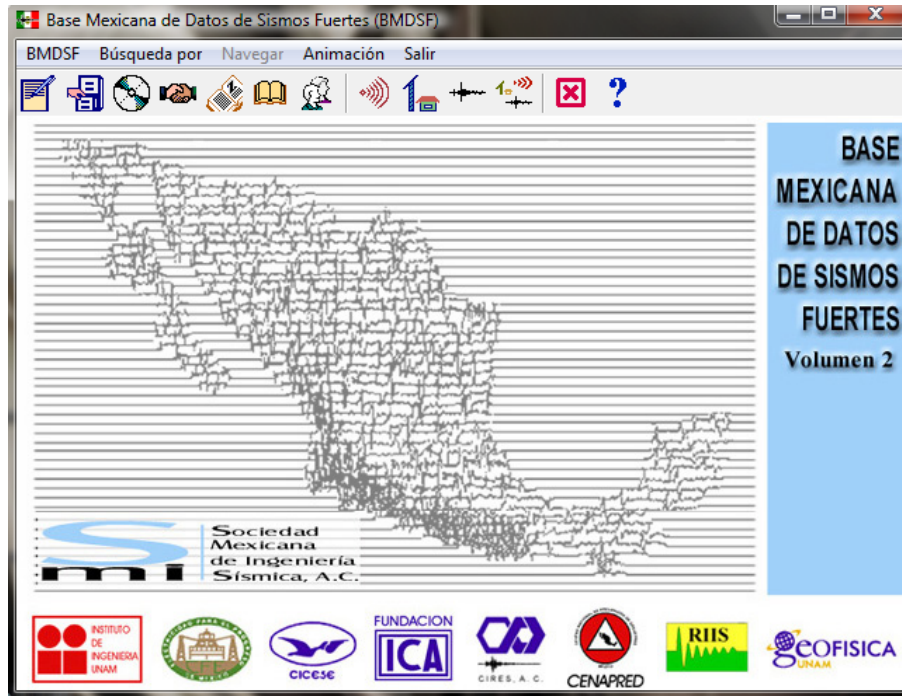
Tabla de información modal en la cual se muestra las características dinámicas.

	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec
▶	MODAL	Mode	1	0.376538	2.6558	16.687
	MODAL	Mode	2	0.367846	2.7185	17.081
	MODAL	Mode	3	0.343399	2.9121	18.297
	MODAL	Mode	4	0.129961	7.6946	48.347
	MODAL	Mode	5	0.127853	7.8215	49.144
	MODAL	Mode	6	0.118707	8.4241	52.93
	MODAL	Mode	7	0.085722	11.666	73.297
	MODAL	Mode	8	0.08536	11.715	73.608
	MODAL	Mode	9	0.078603	12.722	79.936
	MODAL	Mode	10	0.051507	19.415	121.99
	MODAL	Mode	11	0.050463	19.816	124.51
	MODAL	Mode	12	0.048378	20.671	129.88

Se consideraron las seleccionadas en recuadros por el hecho de que son los periodos y formas modales que actúan en el eje analizado tomando en cuenta que Sap2000 realizó un análisis tridimensional.

4.4.1 Con el ejemplo anterior y usando de preferencia un acelerograma representativos del sismo del 19 de septiembre de 1985 obtener la historia de velocidades, aceleraciones y desplazamientos y obtener la respuesta máxima y para que tiempos se representan suponiendo que tienen un amortiguamiento de 5%.

El acelerograma a usar se obtuvo de la Base Mexicana de datos de Sismos Fuertes ese elegido el registro de SISMEX VIVEROS ubicado en:



4.4.2 INTRODUCCIÓN DEL ACELEROGRAMA.

Para introducir el acelerograma Define-Functions-Time History aparecerá un cuadro como el que se muestra colocamos Function From File y Add New Function como se muestra en la figura 4. 46.

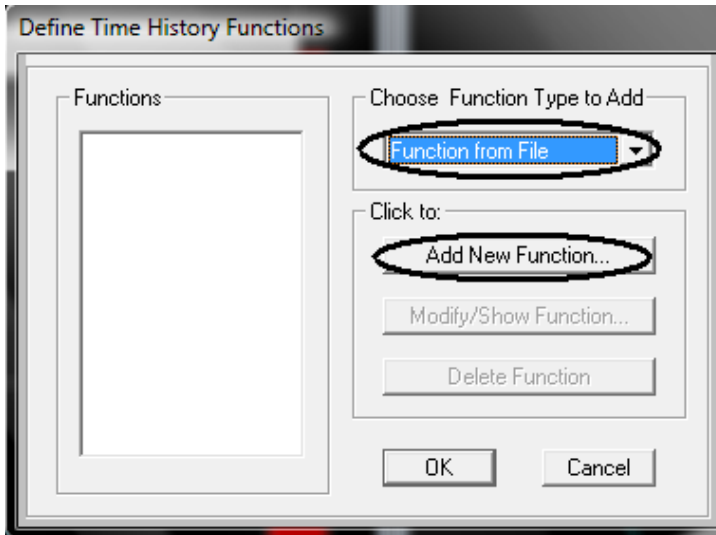


Fig. 4. 46 Definición de la función a usar

Definimos el nombre de el acelerograma le colocaremos que los los grafique con respecto del tiempo por lo que elegiremos la función Time and Funcion Values, identificaremos el archivo de donde proviene el acelerograma y a continuación seleccionaremos Display Graph para visualizar el acelerograma que se muestra en la figura 4.47.

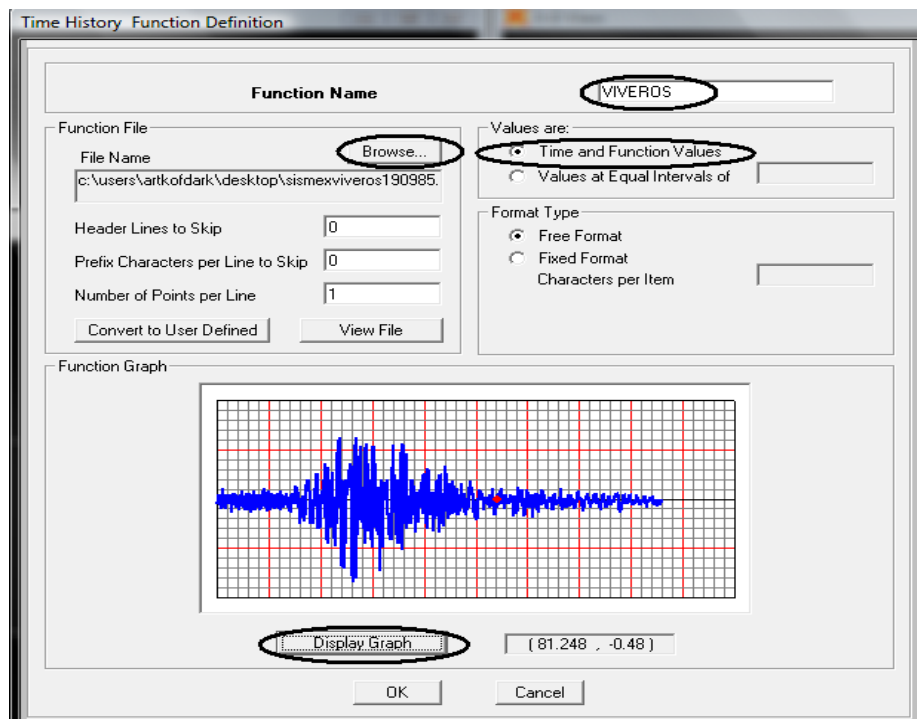


Fig.4.47 Visualización del acelerograma.

Para definir las propiedades y parámetros realizara lo siguiente Define-Load Cases en la primera ventana que aparece seleccionamos Add New Load Case, en la siguiente que aparece definimos el nombre que tomara nuestro caso a analizar posteriormente seleccionaremos que representaremos un Time History ahora se ampliara la ventana para especificar las características del acelerograma le diremos que el Tipo de carga (Load Tipe) será Accel describiremos el número de puntos considerados en el acelerograma y a que intervalos se encuentran los valores y definiremos el amortiguamiento del 5% en Modal Damping en Scale Factor se colocara 0.01 ya que el acelerograma viene en unidades de cm/s^2 y finalizamos seleccionando Ok como se muestra en la figura 4.48.

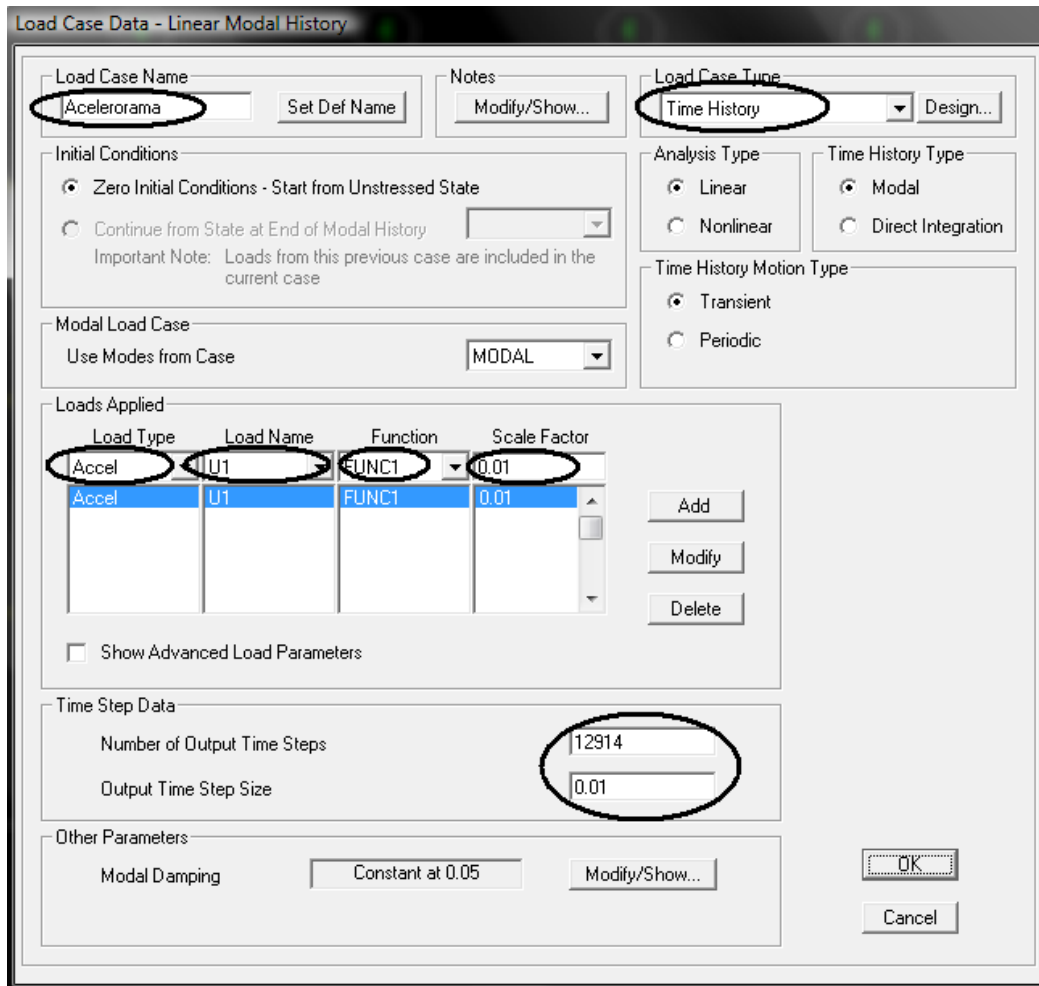


Fig. 4.48 Características del acelerograma.

Una vez realizado lo anterior procederemos a correr el programa y verificar que efectivamente realizaremos un análisis de la Time History y lo continuamos seleccionando Run Now como se muestra en la figura 4.49.

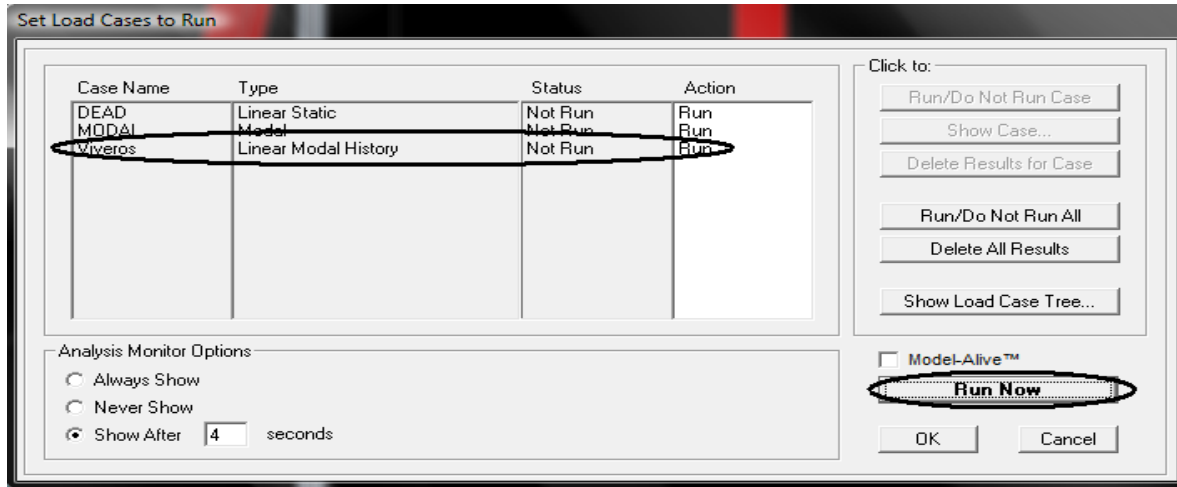


Fig. 4.49 Análisis

4.4.2-INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

Para visualizar las graficas y los valores máximos y mínimos nos dirigiremos a Display- Show Plot Functions y aparecerá el siguiente recuadro donde elegiremos las velocidades aceleraciones y desplazamiento para alguno de los puntos alojados en la parte más elevada eligiendo la función Define Plot Functions y aparecerá un recuadro en donde elegiremos Add Plot Functions y nos mostrara en qué punto queremos revisar las condiciones requeridas como se muestra en la figura 4.50.

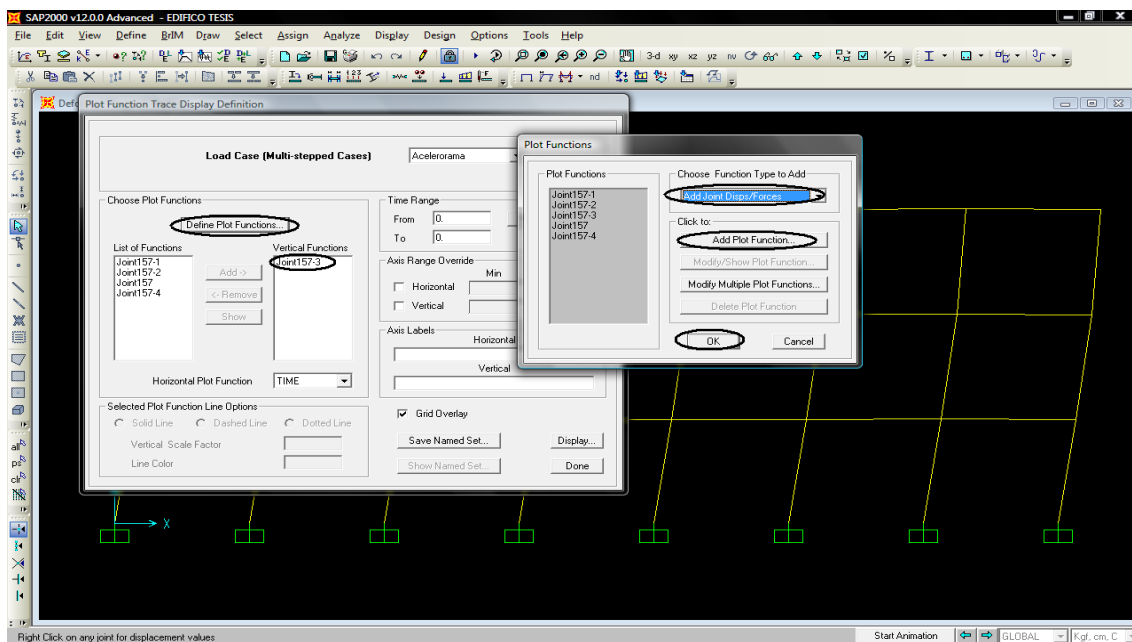


Fig. 4.50 Verificación de resultados.

Para visualizar la graficas y los máximos y mínimos de cada uno de los casos seleccionamos agregar o quitar alguna función como se observa en la figura 4.51.

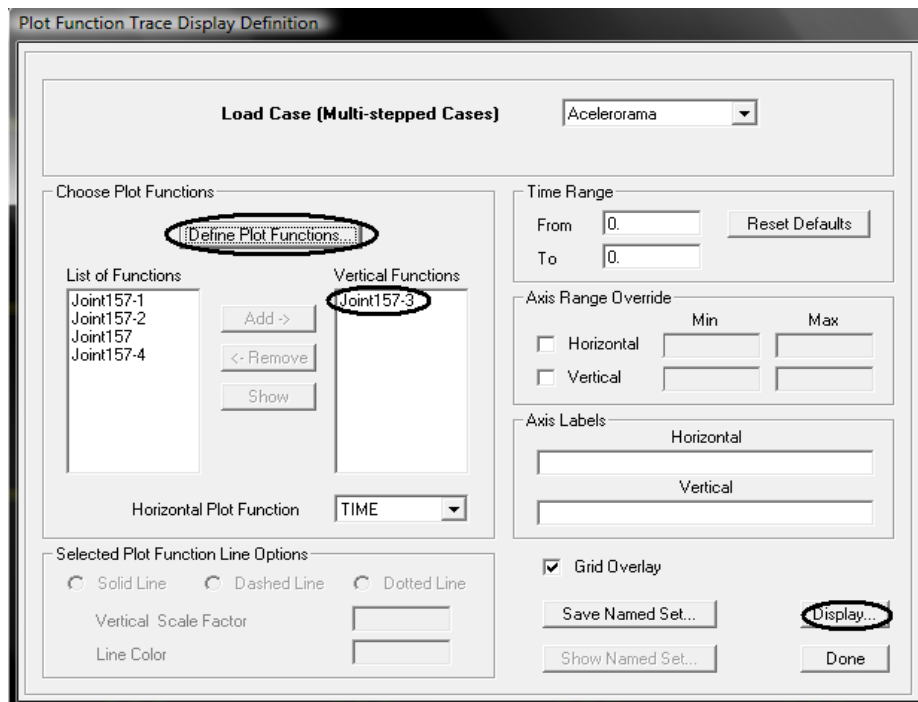
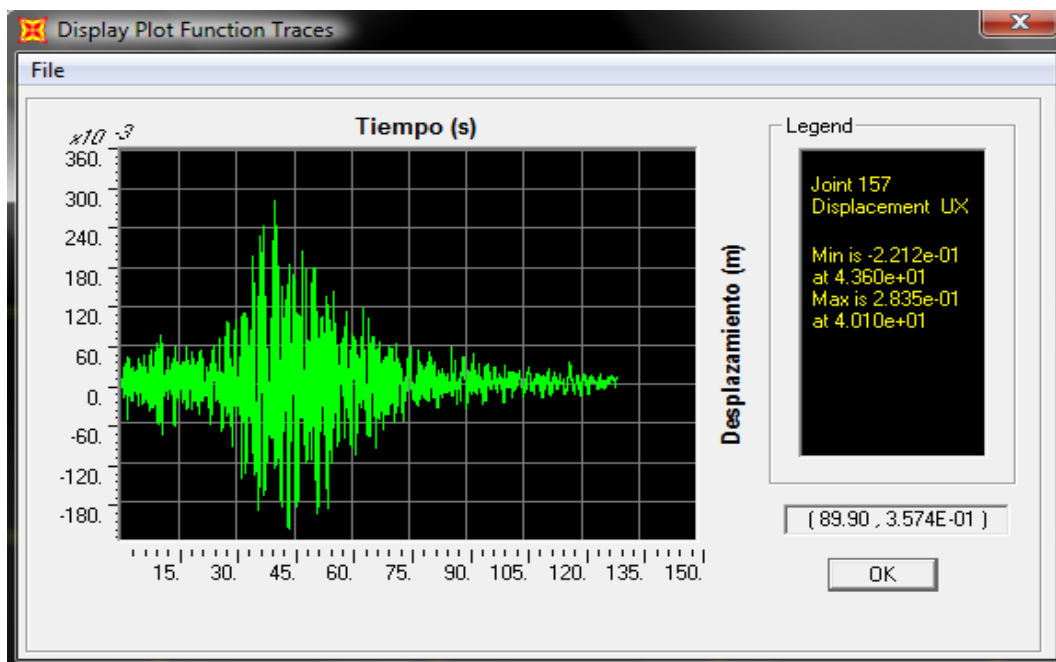


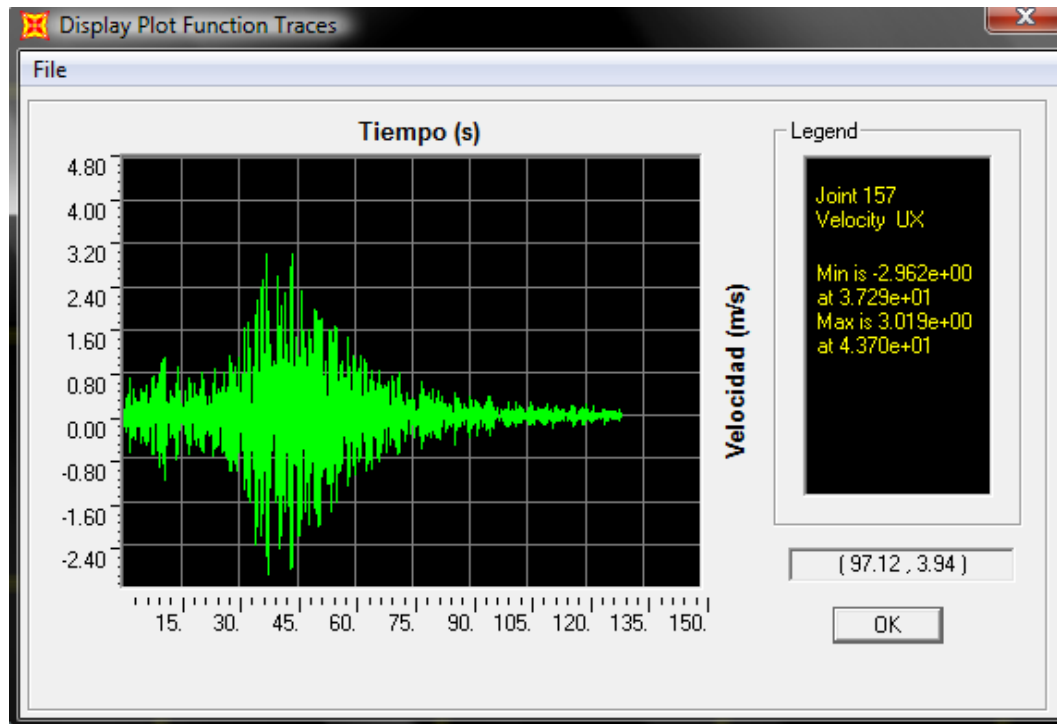
Fig. 4.51 Visualización de las funciones elegidas.

De esta manera visualizaremos los siguientes recuadros donde verificaremos las características máximas y mínimas y en qué tiempo se presentan.

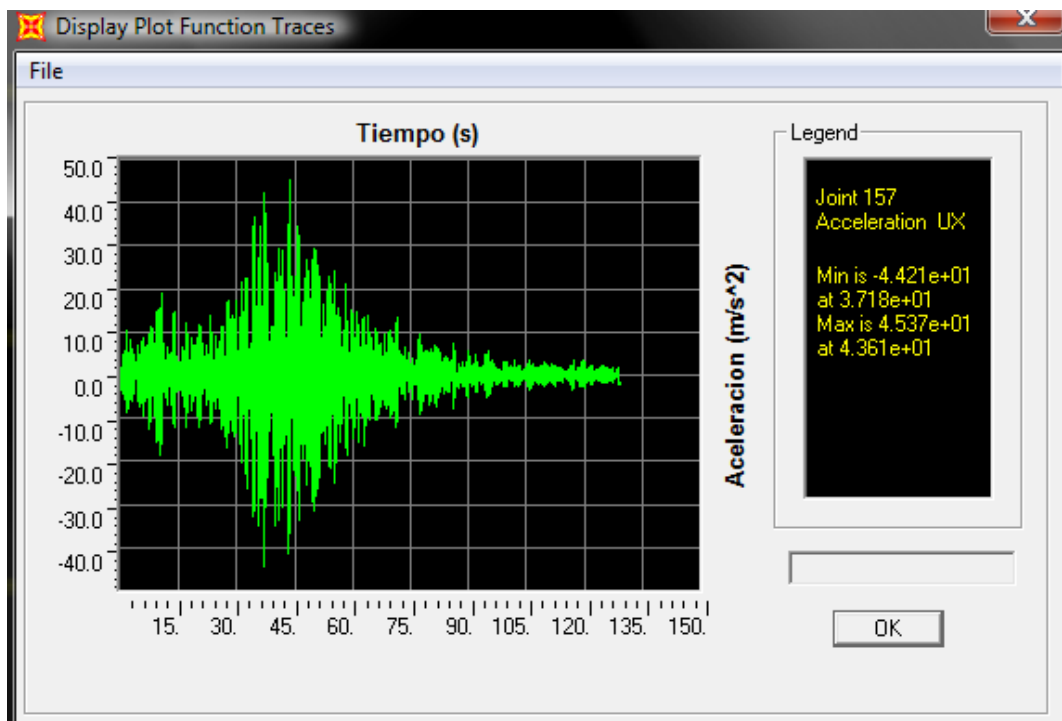
Desplazamiento



Velocidades



Desplazamiento



Una ventaja que tiene SAP 2000 es que nos puede mostrar estos datos pero para cualquier punto en la estructura seleccionando Display>Show Tables una vez realizado esto seleccionaremos las opciones que siguen y se observan en la figura 4.52.

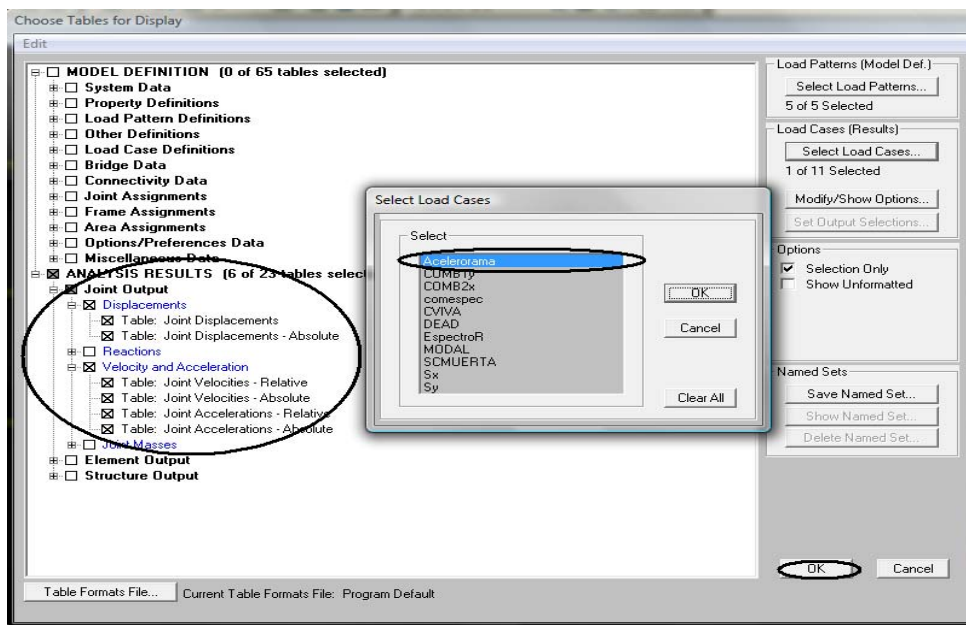
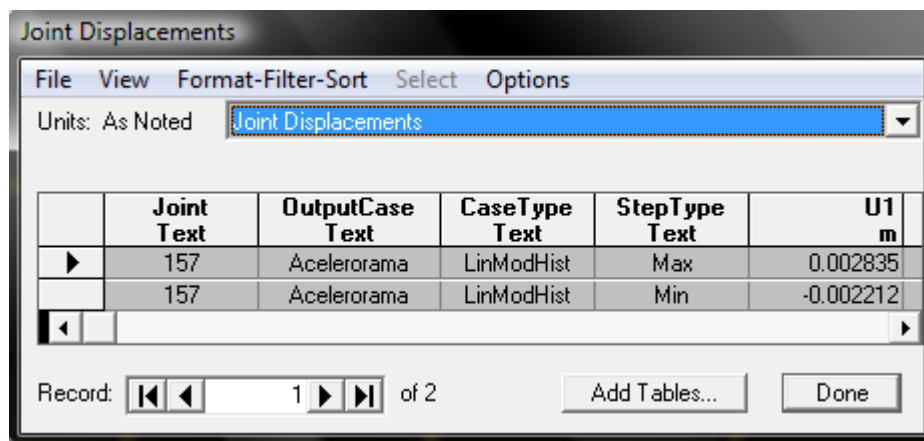


Fig. 4.52 Generación de tablas de resultados.

Realizado lo anterior aparece el siguiente recuadro donde elegiremos que es lo que queremos que nos muestre que es este caso son los desplazamientos.

Desplazamientos



Velocidades

Joint Velocities - Relative

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Joint Velocities - Relative

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	U1 m/sec
▶	157	Acelerorama	LinModHist	Max	0.0302
	157	Acelerorama	LinModHist	Min	-0.0296

Record: 1 of 2 Add Tables... Done

Aceleraciones

Joint Accelerations - Relative

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Joint Accelerations - Relative

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	U1 m/sec ²
▶	157	Acelerorama	LinModHist	Max	0.45366
	157	Acelerorama	LinModHist	Min	-0.44212

Record: 1 of 2 Add Tables... Done

4.5 Con el ejercicio del edificio anterior compare deformaciones en el punto más alto usando un análisis estático vs un análisis dinámico a base de un acelerograma suponiendo que la estructura es de clase a y un coeficiente $Q=2$.

4.5.1 DESARROLLO DE ANÁLISIS ESTÁTICO.

$$F_i = \frac{c}{Q} W_i h_i \frac{\Sigma W_i}{\Sigma W_i h_i}; \frac{c}{Q} \geq a_0$$

Piso	$h_i(m)$	$H_i(m)$	$W_i(\text{ton})$	$W_i(H_i)$	$F_i(\text{ton})$
3	3.5	10.5	245.61	2578.905	92.80
2	3.5	7	331.26	2318.82	83.44
1	3.5	3.5	331.26	1159.41	41.72
		Σ	908.13	6057.135	

Es este caso colocaremos un nudo maestro que solo usaremos para la dirección “x” ya que en esa dirección compararemos nuestro desplazamiento es esta caso seleccionaremos el icono de punto que se muestra y le colocaremos las coordenadas de donde se ubicara el punto como se muestra en la figura 4.53.

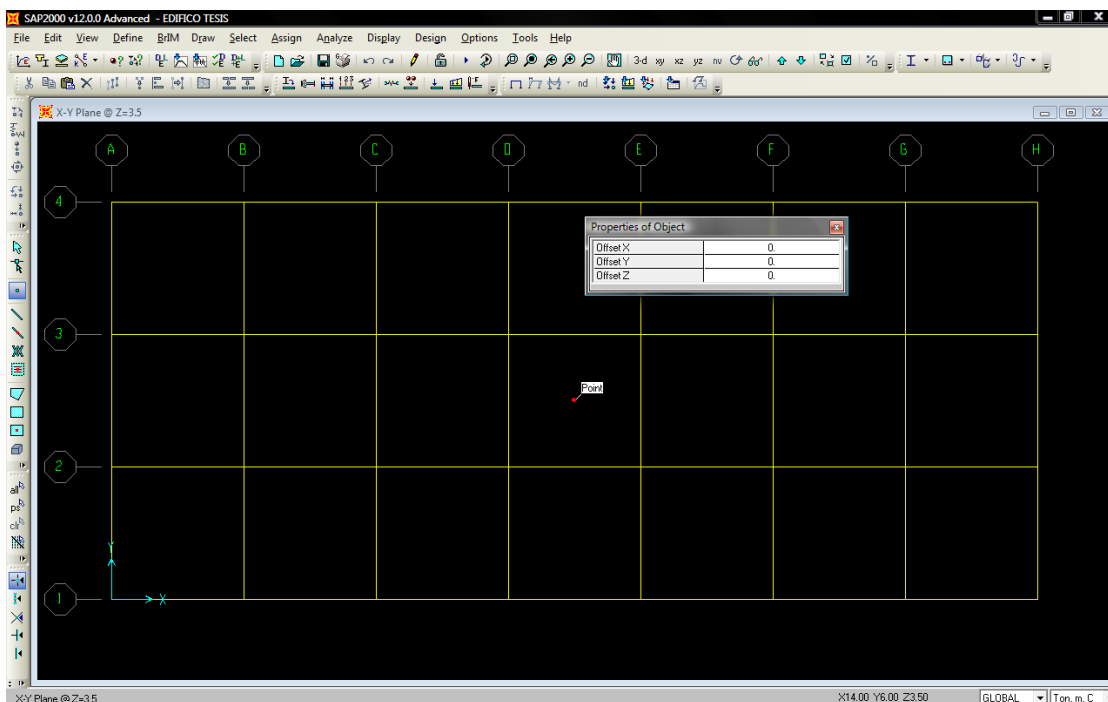


Fig. 4.53 Generación de nudo maestro

4.5.2 INTRODUCCIÓN DE CARGAS

Realizado lo anterior colocaremos las cargas laterales calculadas seleccionando el punto en donde se aplicara de la siguiente manera en el menú Assign-Joint loads-Forces y aparecerá el siguiente recuadro en el cual se podrá asignar el valor de la carga en la condición de carga creada como se muestra en la figura lo mismo se realizara para cada piso tal como se observa en la figura 4. 54.

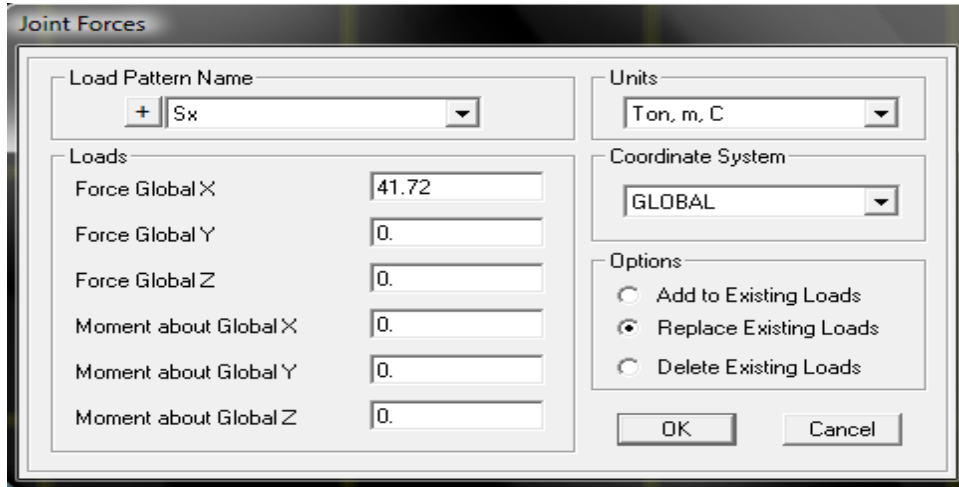


Fig. 4.54 Colocación de cargas en el nudo

Realizado esto generaremos la combinación de cargas para que el análisis tome en cuenta CV+CM+SCM+Sx eso lo realizaremos de la siguiente manera dirigiéndonos al menú Define-Load combinations y en la ventana que se muestra en la figura 4.55 seleccionaremos Add New Combo y aparecerá una segunda ventana como la que se muestra en la figura 4.56 donde seleccionaremos los casos de carga que se tomaran en cuenta y esto lo logramos seleccionando Add realizado esto finalizamos seleccionando Ok.

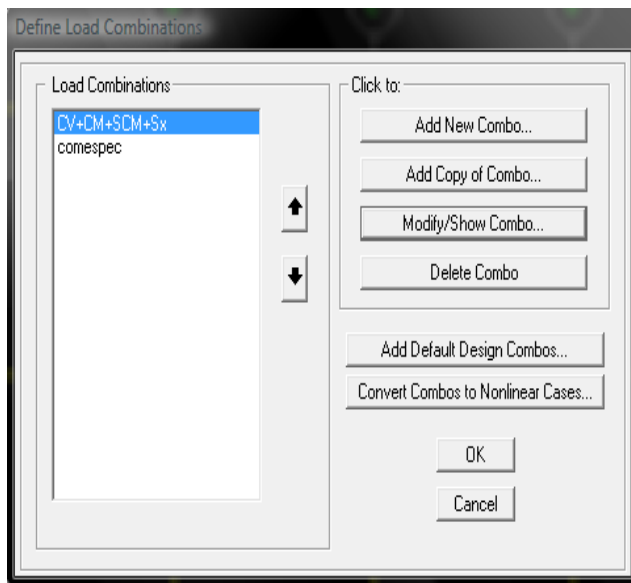
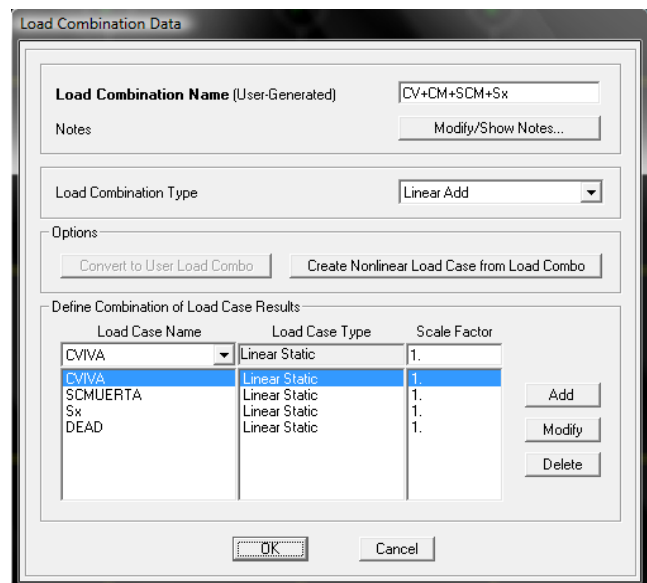


Fig. 4.55 Generación de una combinación



4.56 Datos de la combinación

4.5.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Posteriormente concluiremos corriendo el programa seleccionando en el menú Analyze-Run Now y aparecerá la siguiente paleta que se muestra en la figura 4.57 y en la cual verificaremos que se encuentren las condiciones que necesitamos y finalizamos el análisis presionando Run Now.

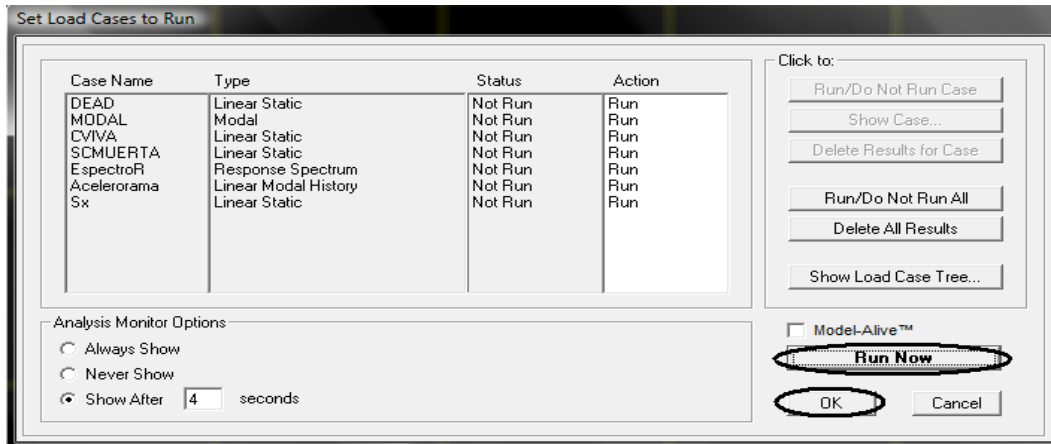


Fig. 4.57 Análisis

Y verificaremos el desplazamiento debido a esta combinación seleccionando un punto en el ultimo nivel y verificando la deformación dando un clic con el botón derecho y aparecerá un tabla en donde se verificara dicha deformación como se muestra en la figura 4.58 todas las unidades están en metros.

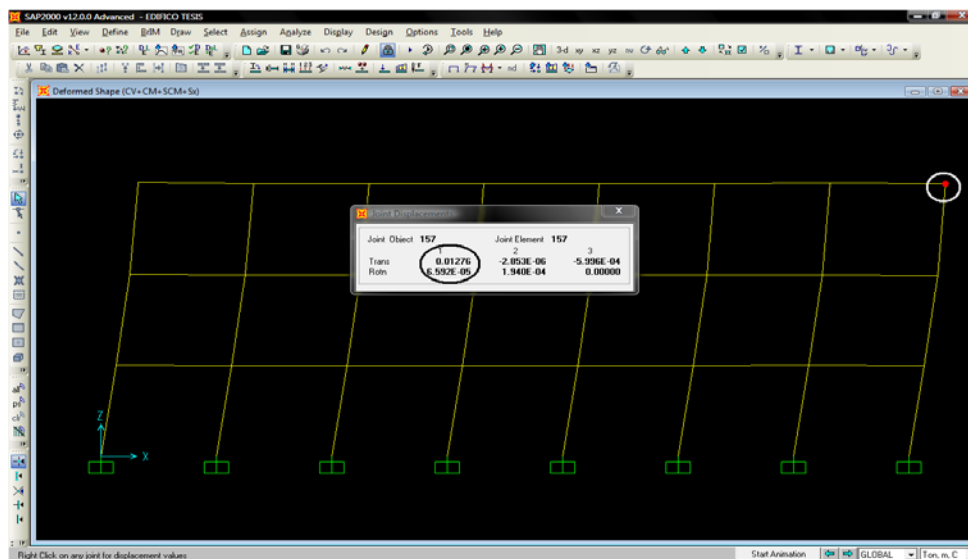
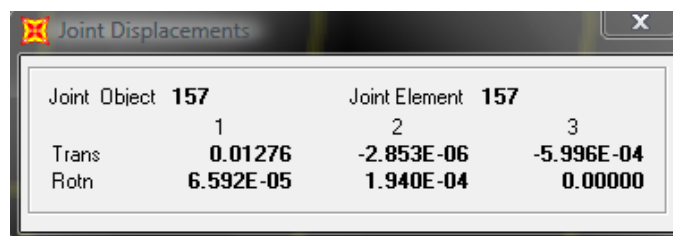


Fig. 4.58 desplazamiento en el punto mas elevado



4.6 Aplicado un Espectro de diseño verificaremos la deformación en la parte más alta por lo tanto antes que nada se generara el espectro de la siguiente manera considerando que se aplico un acelerograma de la Zona II por lo tanto generaremos el espectro del mismo sitio.

4.6.1 GENERACIÓN DE EL ESPECTRO DE DISEÑO

$C=0.32$, $T_a=0.2$, $T_b=1.35$, $a_0=0.08$ y $r=1.33$

$$a(T) := \begin{cases} a_0 + (c - a_0) \cdot \frac{T}{T_a} & \text{if } T < T_a \\ c & \text{if } T_a \leq T \leq T_b \\ \left(\frac{T_b}{T}\right)^r \cdot c & \text{otherwise} \end{cases}$$

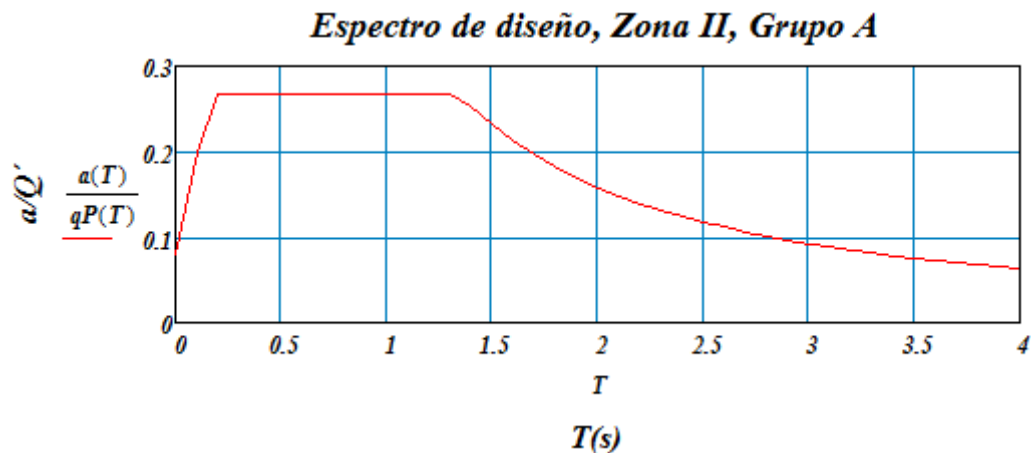
Por condiciones de irregularidad

Suponiendo que no cumple con una.

$$Q := 0.9 \cdot Q = 1.8$$

$$qP(T) := \begin{cases} 1 + \frac{T}{T_a} \cdot (Q - 1) & \text{if } T < T_a \\ Q & \text{otherwise} \end{cases}$$

Espectro de diseño



Datos del espectro

s	a/Q
0	0.08
0.1	0.2
0.2	0.267
0.3	0.267
0.4	0.267
0.5	0.267
0.6	0.267
0.7	0.267
0.8	0.267
0.9	0.267
1	0.267
1.1	0.267
1.2	0.267
1.3	0.267
1.4	0.254
1.5	0.232
1.6	0.213
1.7	0.196
1.8	0.182
1.9	0.169
2	0.158
2.1	0.148
2.2	0.139
2.3	0.131
2.4	0.124
2.5	0.118
2.6	0.112
2.7	0.106
2.8	0.101
2.9	0.096
3	0.092
3.1	0.088
3.2	0.085
3.3	0.081
3.4	0.078
3.5	0.075
3.6	0.072
3.7	0.07
3.8	0.067
3.9	0.065
4	0.063

4.6.2 INSERCIÓN DEL ESPECTRO

Para insertar el espectro de diseño se realizara lo siguiente en el Menú Define-Finctions-Response Spectrum y aparecerá la siguiente tabla en donde seleccionaremos Espectro File-Add New Function como se muestra en la figura y finalizamos seleccionando Ok como se uestra en la figura 4.59.

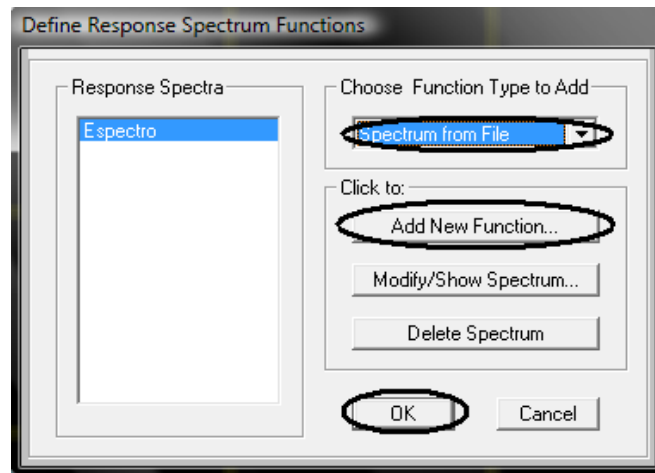


Fig. 4.59 Eleccion del espectro

Realizado esto aparece una nueva ventana que se muestra en la figura 4.60 en donde podremos seleccionar el espectro de la siguiente manera dando clic en el botón de browser el cual permitirá ubicar donde este guardado el espectro ya en un archivo de texto, después seleccionarnos Period vs Value, igualmente en Finction Damping Ratio le colocaremos que el amortiguamiento será del 5% igualmente colocaremos Display Graph y finalizamos seleccionando Ok.

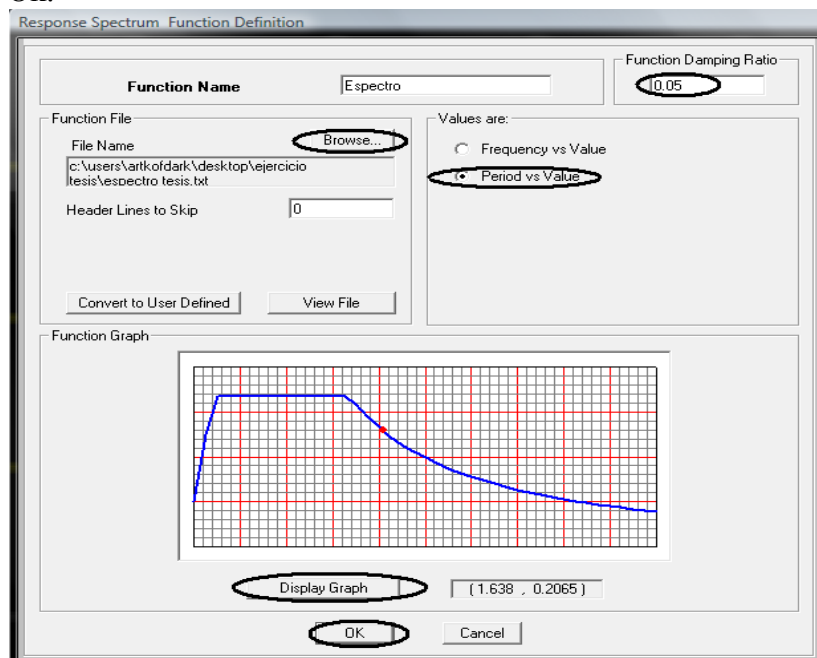


Fig. 4.60 Visualización del espectro.

Para tomar en cuenta el espectro para realizar una combinación de cargas en seleccionaremos en el Menú Define-Loas Cases y aparecerá la siguiente ventana que se muestra en la figura 4.61 en la cual seleccionaremos Add New Load Case y aparecerá la siguiente ventana mostrada en la figura 4.61 en donde seleccionaremos en Load Case Tipe seleccionaremos Responce Spectrum e igualmente en Loads Applied seleccionaremos Accel, Load Name colocaremos U1 ya que es la dirección en la que actuara el espectro, en Function Colocaremos Espectro y en el Factor colocaremos 9.81 ya que esta es la aceleración de la gravedad para que sea tomado en cuenta por el programa.

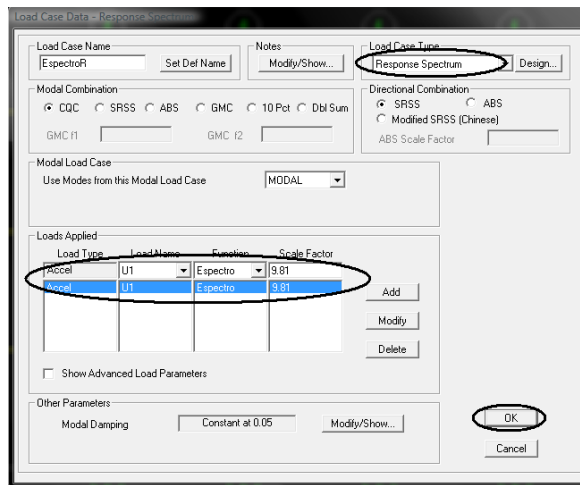


Fig. 4.61 Características del espectro

Realizado esto generaremos la combinación de cargas para que el análisis tome en cuenta CV+CM+SCM+EspectroX eso lo realizaremos de la siguiente manera dirigiéndonos al menú Define-Load combinations y en la ventana que se muestra en la figura 4.62 seleccionaremos Add New Combo y aparecerá una segunda ventana como la que se muestra en la figura 4.63 donde seleccionaremos los casos de carga que se tomaran en cuenta y esto lo logramos seleccionando Add realizado esto finalizamos seleccionando Ok.

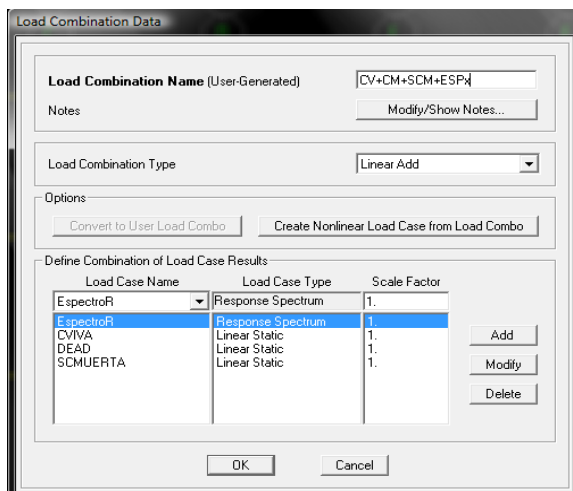


Fig.4.62 Combinación de carga

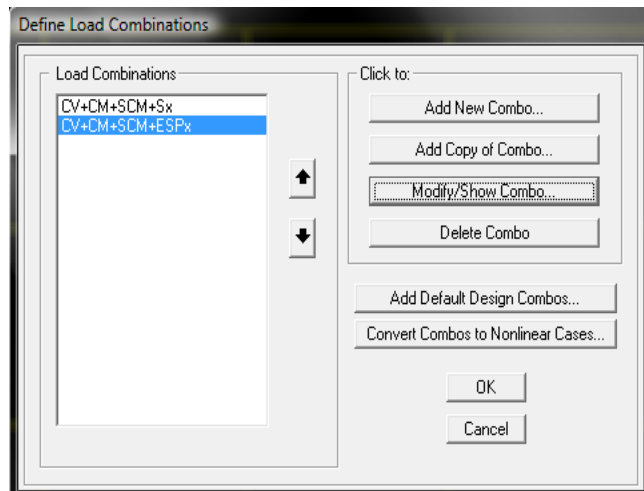


fig.4.63 Visualización de la combinación

Posteriormente concluiremos corriendo el programa seleccionando en el menú Analyze-Run Now y aparecerá la siguiente paleta que se muestra en la figura 4.64 y en la cual verificaremos que se encuentren las condiciones que necesitamos y finalizamos el análisis presionando Run Now.

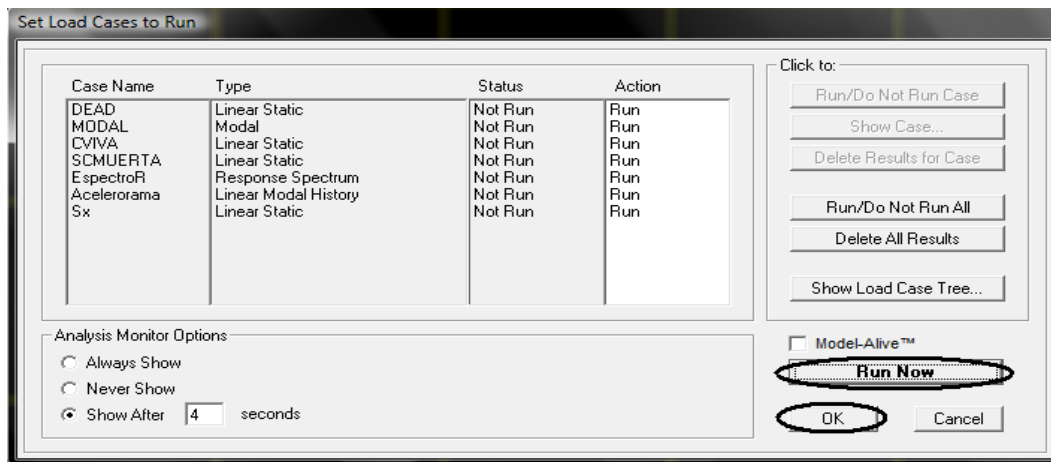


Fig. 4.64 análisis

4.6.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Y verificaremos el desplazamiento debido a esta combinación seleccionando un punto en el ultimo nivel y verificando la deformación dando un clic con el botón derecho y aparecerá un tabla en donde se verificara dicha deformación como se muestra en la figura todas la unidades están en m.

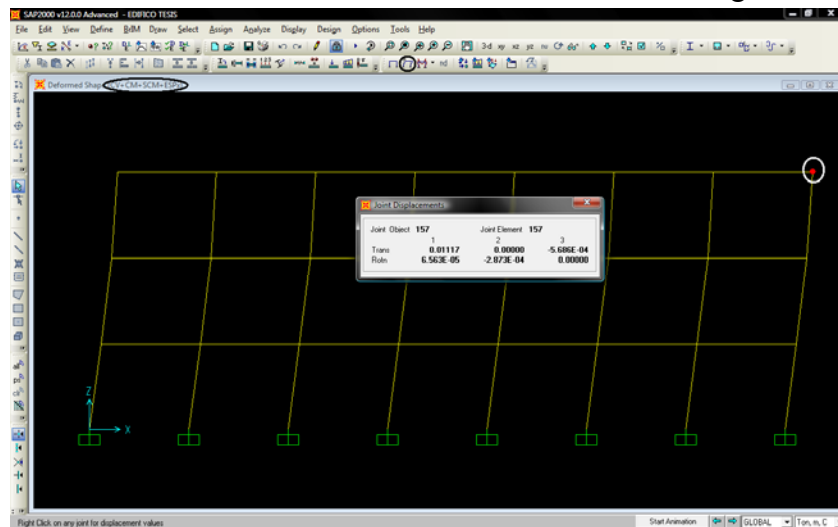
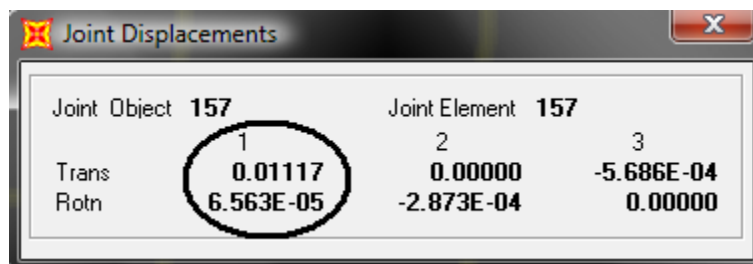


Fig. 4.65 Visualización del desplazamiento en el punto más elevado.



CONCLUSIONES

Como se pudo observar durante el desarrollo del trabajo los métodos que se usaban pudieron proporcionar resultados igual de exactos que los que nos proporcionan los software que se manejan en la actualidad.

Ya que aunque no se puede decir que un método u otro está mal ya que todos proporcionan un acercamiento a como probablemente actuara una estructura esto se debe a que existen muchas incertidumbres debido las muchas suposiciones de las acciones que actúan en la estructura así también como las características del material ya que se suponen en primera estancia como isotrópicas lo cual realmente no se puede asegurar.

Con los métodos usados en este trabajo se mostro que existen muchas similitudes en los resultados obtenidos y que realmente as diferencias no fueron muy considerables ya que cada unas de las herramientas usadas plantean de diferente manera pero todos con la función de presentar un resultado aproximado a la realidad.

Debido a esto y gracias a los software que existen hoy en día este trabajo suele ser mucho más sencillo ya que como se observo los métodos aproximados usados fueron muy laboriosos y que sin ayuda y conocimiento de los software especializados en la solución de ecuaciones matemáticas iterativas seria todavía mucho más laborioso.

Por lo cual muchas personas se han dado a la tarea de generar software especializados para realizar estas tareas de manera que se obtengan resultados más parecidos al comportamiento real de las estructuras en este caso y con un menor uso de tiempo.

Esto también se debe a la demanda que se ofrece en el campo laboral ya que hoy en día resulta muy necesario el conocimiento de estos software por el hecho de que los trabajos de hoy en día requieren de estudiarse, analizarse y realizarse en el menor tiempo posible, buscando una optimización de los recursos.

Como se pudieron dar cuenta con el uso del software SAP2000 resulto ser muy fácil y sencilla la idealización de los modelos en estudio ya que dentro de este software existen un sinfín de herramientas muy fáciles de utilizar, en algunos casos sin tener amplios conocimientos sobre el idioma Ingles, igualmente se logra utilizar ya que muchos de los iconos que se muestran son muy representativos de su función y muchos de los diseñadores ya conocen de forma universal ya que en muchos otros software son muy utilizados.

Considero que a los alumnos que cursan la carrera de ingeniería civil se les debería de dar la noción de estos tipos de software aunque no solo de los desarrollados para estructuras si no para las demás áreas ya que son esenciales para su formación profesional y así posteriormente les permitirán acceder a mejores campos de trabajo.

Debido a esto elabore este trabajo para permitirle a los estudiantes de la carrera tengan idea de del uso del software usado de que otras maneras se pueden utilizar y sus demás funciones que resultan ser importantes en el diseño.

También una consideración que se debe realizar es que por el hecho de que existan estos software los resultados que nos proporcione son correctos por lo mismo hay que utilizar nuestro razonamiento ya que es para eso por lo que nos formamos como profesionistas y así generarnos un parámetro para realizar una comparación si los resultados resultan ser coherentes.

Por lo mismo es que en nuestras clases de ingeniería nos impartieron las bases para que podamos resolver cualquier tipo de problema sin el uso de computadoras y poder proporcionar una solución lógica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ENRIQUE BAZAN Y ROBERTO MELI
“DISEÑO SISMOCO DE EDIFICIOS”
2A EDICIÓN. EDITORIAL LIMUSA.2008

ROBERTO MELL
“DISEÑO ESTRUCTURAL”
2A EDICIÓN. EDITORIAL LIMUSA.2008

MARIO PAZ
“DINÁMICA ESTRUCTURAL TEORÍA Y PRÁCTICA”
EDITORIAL REVERNET, S.A 1992

NTC PARA DISEÑO POR SISMO
“DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN”
MÉXICO, 2004

GUILLERMO CHÁVEZ TORUÑO
“TRABAJO DE SISMORRESISTENCIA”

SERGIO MARTÍN FLORERO CARVAJAL
“MANUAL DE SAP2000 EN ESPAÑOL”
COMPUTERS & STRUCTURES, INC. (CSI) 1995

LUIS E. SUAREZ Y DRIANFEL VÁZQUEZ
“INTRODUCCIÓN VISUAL A SAP2000” (MANUAL EN ESPAÑOL)
MANUAL PROPORCIONADO EN SEMINARIO DE CSI 2004

FERNANDO MONRROY MIRANDA
“INSTRUCTIVO PARA LA UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA SAP2000”
UNAM, 2006

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
“MANUAL DE DISEÑO POR SISMO”
INSTITUTO DE INGENIERÍA, 1977

Referencias de internet

[HTTP://CSIBERKELEY.COM/PRODUCTS_SAP.HTML](http://CSIBERKELEY.COM/PRODUCTS_SAP.HTML)

[HTTP://WWW.CONSTRUAPRENDE.COM/CSI/SAP2000.HTML](http://WWW.CONSTRUAPRENDE.COM/CSI/SAP2000.HTML)

[HTTP://CSIBERKELEY.COM/COMPANY_ABOUT.HTML](http://CSIBERKELEY.COM/COMPANY_ABOUT.HTML)

[HTTP://INGENIERIACIVIL.CO.CC/ANALISIS-SISMICO-DE-EDIFICIOS/](http://INGENIERIACIVIL.CO.CC/ANALISIS-SISMICO-DE-EDIFICIOS/)