



T  
624.171  
60A



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“Estudio comparativo de una edificación de 6 plantas  
utilizando el programa SAP2000”-**

**TESIS DE GRADO**

Previa la obtención del Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Presentada por:

Emerson Ubaldo Guambo Novillo

Guillermo Javier Muñoz Villa

GUAYAQUIL – ECUADOR



Año: 2004

## AGRADECIMIENTO



A toda las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. José Mancero Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

# DEDICATORIA



(+) A MI MADRE

A MI PADRE

A MI HERMANA

# DEDICATORIA



CIB-ESPOL

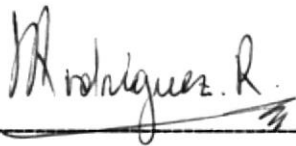
A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

A MI ESPOSA

A MIS HIJAS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Julio Rodríguez Ríos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL




CIB-ESPOL



---

Ing. José Mancero  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. Patricia Villa  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



CIB-ESPOL

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Emerson Ubaldo Guambo Novillo", written above a horizontal line.

Emerson Ubaldo Guambo Novillo

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Guillermo Javier Muñoz Villa", written above a horizontal line.

Guillermo Javier Muñoz Villa



CIB-ESPOL

## RESUMEN

El programa SAP2000 es una herramienta muy eficiente y productiva dentro del campo de la ingeniería estructural, debido a su gran capacidad de analizar y diseñar estructuras, es por eso que es un programa de mayor aceptación en nuestro medio.

Gracias a la diversidad de opciones que facilita el programa para el análisis de edificios, se desarrollaron los tres modelos para la estructura de seis niveles los mismos que tenían configuraciones estructurales diferentes (solo con marcos, marcos y muros, tubular), para luego someterlos a un análisis y de esta forma observar su respuesta ante cargas de gravedad y sísmicas. Una vez obtenidos sus resultados, se realizó una comparación entre ellos, a fin de establecer que sistema estructural sería el mas recomendado para el edificio de seis niveles.

No obstante, para llevar a cabo tal estudio, se desarrolló una guía del usuario con procedimientos detallados, con la finalidad de que el usuario pueda interactuar con el programa, para que el ingreso y la salida de datos se la realice con mucha facilidad es decir en forma ágil y precisa, logrando de esta manera optimizar la creación de los modelos dentro del SAP2000.

# INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL	III
INDICE DE FIGURAS	IV
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	
1. SOBRE EL CONTENIDO DEL PROGRAMA SAP2000	3
1.1 Temas	9
CAPITULO 2	
2. SISTEMAS DE COORDENADAS	10
2.1 Temas	10
2.2 Visión global	11
2.3 Sistema de coordenadas global	12
2.4 Las direcciones hacia arriba y horizontal	12
2.5 Sistemas de coordenadas locales	13



## CAPITULO 3

<b>3. EL ELEMENTO FRAME (DE PORTICO)</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Temas</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Visión global</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Conectividad de nudos</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Grados de Libertad</b>	<b>18</b>
<b>3.5 Sistema de coordenadas local</b>	<b>19</b>
<b>3.5.1 Eje longitudinal 1</b>	<b>20</b>
<b>3.5.2 Orientación predefinida</b>	<b>20</b>
<b>3.5.3 Coordenadas de ángulo</b>	<b>21</b>
<b>3.6 Propiedades de la sección</b>	<b>23</b>
<b>3.6.1 Sistema de coordenadas local</b>	<b>23</b>
<b>3.6.2 Propiedades de los materiales</b>	<b>24</b>
<b>3.6.3 Propiedades geométricas y sección de rigidez</b>	<b>24</b>
<b>3.6.4 Tipos de la forma</b>	<b>26</b>
<b>3.6.5 Cálculo automático de las propiedades de la sección</b>	<b>28</b>
<b>3.6.6 Propiedad de sección del banco de archivos</b>	<b>29</b>
<b>3.7 Trecho rígido (End Offsets)</b>	<b>33</b>
<b>3.7.1 Longitud libre</b>	<b>34</b>
<b>3.7.2 Efecto sobre el esfuerzo interno de salida</b>	<b>35</b>
<b>3.7.3 Efecto en las libertades del extremo</b>	<b>35</b>



<b>3.8 Libertades del extremo</b>	<b>36</b>
<b>3.8.1 Grados de libertad inestables en un extremo</b>	<b>37</b>
<b>3.8.2 Efecto de desplazamientos del trecho rígido</b>	<b>38</b>
<b>3.9 Masa</b>	<b>38</b>
<b>3.10 Carga del peso propio</b>	<b>39</b>
<b>3.11 Carga puntuales en el vano</b>	<b>39</b>
<b>3.12 Carga distribuida en el vano</b>	<b>41</b>
<b>3.12.1 Longitud de carga (carga distribuida)</b>	<b>42</b>
<b>3.12.2 Intensidad de carga</b>	<b>44</b>
<b>3.13 Salida de los esfuerzos internos</b>	<b>44</b>
<b>3.13.1 Efecto de trecho rígido</b>	<b>47</b>

#### **CAPITULO 4**

<b>4. EL ELEMENTO SHELL (DE CASCARA)</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Temas</b>	<b>48</b>
<b>4.2 Visión global</b>	<b>49</b>
<b>4.3 Conectividad de nudo</b>	<b>51</b>
<b>4.4 Grados de Libertad</b>	<b>52</b>
<b>4.5 Sistema de coordenadas local</b>	<b>55</b>
<b>4.5.1 Eje normal 3</b>	<b>55</b>
<b>4.5.2 Orientación predefinida</b>	<b>56</b>
<b>4.5.3 Coordenadas angulares</b>	<b>57</b>



CIB-ESPOL

<b>4.6 Propiedades de la sección</b>	<b>58</b>
<b>4.6.1 Tipo de la sección</b>	<b>58</b>
<b>4.6.2 Propiedades materiales</b>	<b>60</b>
<b>4.6.3 Espesor</b>	<b>60</b>
<b>4.7 Masa</b>	<b>61</b>
<b>4.8 Carga del peso propio</b>	<b>62</b>
<b>4.9 Carga uniforme</b>	<b>63</b>
<b>4.10 Salida de fuerza interior y esfuerzos de tensión</b>	<b>63</b>
<b>CAPITULO 5</b>	
<b>5. LOS NUDOS Y GRADOS DE LIBERTAD</b>	<b>68</b>
<b>5.1 Temas</b>	<b>68</b>
<b>5.2 Visión global</b>	<b>69</b>
<b>5.3 Consideraciones en el modelo</b>	<b>71</b>
<b>5.4 Sistema de coordenadas local</b>	<b>73</b>
<b>5.5 Grados de Libertad</b>	<b>74</b>
<b>5.5.1 Grados de libertad disponibles y no disponibles</b>	<b>76</b>
<b>5.5.2 Grados de libertad restringidos</b>	<b>77</b>
<b>5.5.3 Grados de libertad constringidos</b>	<b>77</b>
<b>5.5.4 Grados de libertad activos</b>	<b>78</b>
<b>5.5.5 Grados de libertad nulos</b>	<b>80</b>
<b>5.6 Vínculos y Reacciones</b>	<b>80</b>



CIB-ESPOL

<b>5.7 Resortes</b>	<b>82</b>
<b>5.8 Masas</b>	<b>84</b>
<b>5.9 Carga de fuerza</b>	<b>86</b>
<b>5.10 Carga de Desplazamiento en el suelo</b>	<b>86</b>
<b>5.10.1 Desplazamientos de las restricciones</b>	<b>89</b>
<b>5.10.2 Desplazamientos de resortes</b>	<b>91</b>

## **CAPITULO 6**

<b>6. CONSTRICCIONES DEL NUDO</b>	<b>93</b>
<b>6.1 Temas</b>	<b>93</b>
<b>6.2 Visión global</b>	<b>94</b>
<b>6.3 Constricciones del diafragma</b>	<b>95</b>
<b>6.3.1 Conectividad de nudo</b>	<b>96</b>
<b>6.3.2 Definición del plano</b>	<b>96</b>
<b>6.3.3 Sistema de coordenadas local</b>	<b>98</b>
<b>6.3.4 Ecuaciones de constricciones</b>	<b>98</b>



## **CAPITULO 7**

<b>7. EL ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO</b>	<b>99</b>
<b>7.1 Temas</b>	<b>99</b>
<b>7.2 Visión global</b>	<b>100</b>

<b>7.3 Casos de análisis</b>	<b>101</b>
<b>7.4 Análisis estático</b>	<b>102</b>
<b>7.5 Cargas de aceleración</b>	<b>103</b>
<b>7.6 Análisis de Eigen-vector</b>	<b>104</b>
<b>7.7 Análisis de Ritz-vector</b>	<b>106</b>
<b>7.8 Resultados del análisis modal</b>	<b>110</b>
<b>7.8.1 Periodo y Frecuencias</b>	<b>110</b>
<b>7.8.2 Factores de participación</b>	<b>111</b>
<b>7.8.3 Razón de participación de la masa</b>	<b>112</b>
<b>7.8.4 Masa total libre y localización</b>	<b>114</b>
<b>7.9 Análisis de espectro de respuesta</b>	<b>115</b>
<b>7.9.1 Sistema de coordenadas local</b>	<b>117</b>
<b>7.9.2 Funciones de espectro de respuesta</b>	<b>118</b>
<b>7.9.3 Curva de espectro de respuesta</b>	<b>119</b>
<b>7.9.4 Combinación modal</b>	<b>120</b>
<b>7.9.5 Combinación direccional</b>	<b>120</b>
<b>7.10 Resultados del análisis de espectro de respuesta</b>	<b>121</b>
<b>7.10.1 Amortiguamiento y aceleraciones</b>	<b>121</b>
<b>7.10.2 Amplitudes modales</b>	<b>122</b>
<b>7.11 Reacciones de la base</b>	<b>122</b>



CIB-ESPOL

## **CAPITULO 8**

<b>8. PROBLEMAS DE APLICACION UTILIZANDO EL PROGRAMA SAP2000</b>	<b>124</b>
<b>8.1 Modelo para el análisis sísmico de un edificio de 6 plantas de H.A. con columnas y vigas</b>	<b>124</b>
<b>8.2 Modelo para el análisis sísmico de un edificio de 6 plantas de H.A. con muros de corte</b>	<b>164</b>
<b>8.3 Modelo para el análisis sísmico de un edificio de 6 plantas de H.A. con estructura en forma tubular</b>	<b>186</b>
<b>8.4 Modelos para análisis de estructuras varias</b>	<b>205</b>

## **CAPITULO 9**

<b>9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>248</b>
--	------------

**BIBLIOGRAFÍA**



**251**

## **ANEXOS**

<b>GUIA DEL USUARIO DEL PROGRAMA SAP2000 PARA ANALISIS DE EDIFICIOS</b>	
---	--

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 El elemento de pórtico con rotación angular con respecto a la orientación predefinida	22
FIGURA 2 Fórmulas para el área de corte	27
FIGURA 3 Cálculo de propiedad de sección automática	31
FIGURA 4 Longitud total del elemento	35
FIGURA 5 El elemento y sus grados de libertad	37
FIGURA 6 Ejemplo de definición de cargas concentradas en los vanos	41
FIGURA 7 Ejemplo de definición de cargas distribuidas en los vanos	42
FIGURA 8 Ejemplos de cargas distribuidas en el vano	43
FIGURA 9 Elementos con fuerzas y momentos internos	46
FIGURA 10 Elemento de cáscara, conectividad de nudos y definiciones de la cara	53
FIGURA 11 Ejemplos de malla que se usan en el elemento shell (de cáscara) cuadrilátero	54
FIGURA 12 El elemento shell con coordenadas angulares respecto a la orientación predefinida	59
FIGURA 13 Esfuerzos y fuerzas internas del elemento shell	65
FIGURA 14 Los seis desplazamientos y grados de libertad en el sistema de coordenada local	75
FIGURA 15 Ejemplos de vínculos	81
FIGURA 16 Fórmulas para los momentos de inercia de masa	88
FIGURA 17 Valores especificados para la carga de fuerza y carga de desplazamiento de tierra	90
FIGURA 18 Desplazamientos de restricciones y grados de libertad	90
FIGURA 19 El uso de constricciones del diafragma para modelar una losa rígida	97
FIGURA 20 Definición del espectro de respuesta en el sistema de la coordenada local	118
FIGURA 21 Curva del espectro de respuesta digitalizada	120

## INTRODUCCION

En la actualidad, el uso y disponibilidad de computadoras ha dado lugar a que se desarrollen una gran variedad de programas para el análisis y diseño de estructuras los cuales han tenido un efecto positivo en el análisis estructural, al reducir el tiempo en el cálculo estructural y obtener resultados de una manera eficaz y productiva.

Los estudiantes de este tiempo están sumergidos en el mundo de la informática, con lo que la educación y la ingeniería estructural en general ha cambiado en forma considerable, debido a que esta herramienta ayuda a mejorar su formación técnica.

Un programa de análisis y diseño estructural muy utilizado en nuestro medio es SAP2000. Esta herramienta de cálculo permite optimizar el diseño considerando diversos sistemas estructurales, geometrías, secciones, condiciones de carga para una determinada estructura. Logrando de esta manera simular lo mas cercano posible las condiciones a las que va a estar expuesta la estructura real dentro del modelo estructural.



CIB-ESPOL

Pero antes de utilizar el programa, el usuario debe entender claramente las suposiciones en las que se basa este, con lo cual se pretende describir las características básicas y mas comúnmente usadas en el modelado y análisis

de edificios y de esta manera entender los criterios y procedimientos usados por el programa antes de crear un modelo y someterlo a un análisis.

Para aprovechar con mayor eficacia lo útil que representa el programa SAP2000, nos basaremos en una guía de usuario, el cual describe los procedimientos a usarse de las herramientas mas utilizadas para el análisis de una estructura, de manera que el usuario pueda interactuar con el programa de una forma rápida y precisa.

Y en lo posterior, haciendo uso de esta guía, se desarrollarán tres modelos de una misma estructura pero con sistemas estructurales diferentes, expuestos a tres estados de cargas. En la que se indicarán los procedimientos para los datos de entrada de cada modelo y así como también la obtención de sus resultados a fin de realizar un estudio comparativo y poder determinar cual sistema es mas conveniente para esa edificación.



CIB-ESPOL

# CAPITULO 1

## 1. SOBRE EL CONTENIDO DEL PROGRAMA SAP2000

El contenido de este trabajo describe las características básicas y mas comúnmente usadas en modelado y análisis ofrecidos por el programa del análisis estructural SAP2000.

### **Interfase gráfica**

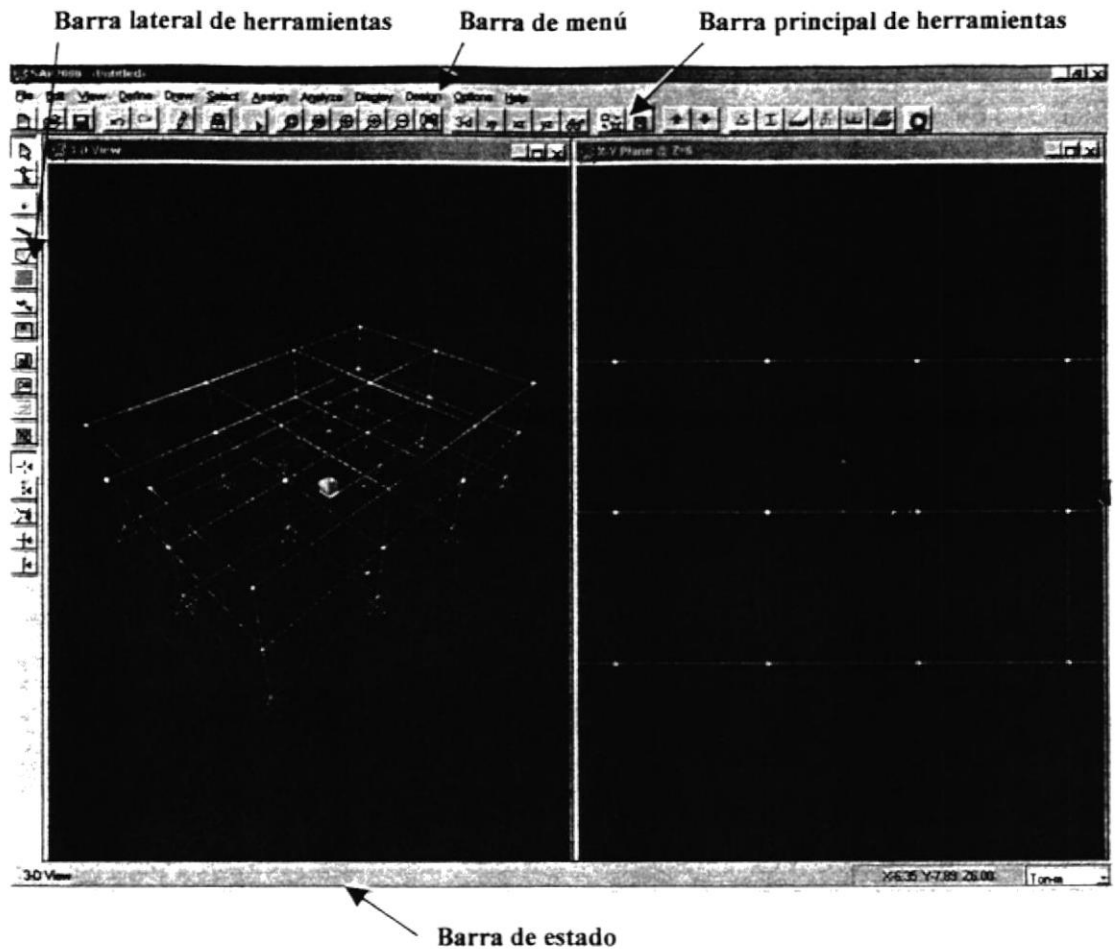
La interfase gráfica del SAP2000 es usada para modelar, analizar, diseñar y visualizar su estructura.

### **Barra de menú**

Esta barra contiene todas las operaciones que se pueden realizar en el programa SAP2000.

### **Barra principal de herramientas**

Esta barra proporciona un acceso rápido de algunas de las operaciones de vistas y del menú File y Assign.



### Interfase Gráfica del Programa SAP2000

#### Barra lateral de herramientas

Esta barra facilita el acceso de algunas de las operaciones comunes que se usan para cambiar la geometría del modelo como son las del menú Draw y Select.



### **Barra de Estado**

En esta barra se muestra la información del estado actual, el botón de lista que muestra o cambia las unidades en uso, las coordenadas del puntero y los controles de animación para visualizar la deformada y los modos de vibración del modelo.

### **Consideraciones en el manejo del programa**

Para llevar a cabo el análisis de un edificio mediante el programa SAP2000, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones en las cuales se basa el uso del programa, como son las siguientes:

- Modelo estructural
- Sistemas de coordenadas
- Opciones de vista
- Líneas de Grilla
- Operaciones básicas



### **Modelo Estructural**

Sap2000 analiza y diseña su estructura usando un modelo que se define en la interfase gráfica. El modelo puede incluir las siguientes características que representan a la estructura:

Propiedades del material.

Elementos Frame que representan vigas, columnas y miembros de cerchas.

Elementos Shell que representan muros, pisos y otros miembros de pared delgada.

Nudos que representan las conexiones de los elementos.

Restricciones y resortes en que se apoyan los nudos.

Cargas que pueden incluir el peso propio, cargas térmicas, cargas sísmicas y otros.

Resultados de desplazamientos, esfuerzos y reacciones debido a las cargas.

### **Sistemas de Coordenadas**

Las posiciones de los elementos del modelo son definidas con respecto a un solo sistema de coordenada y cada elemento tiene su propio sistema de coordenada local usado para definir las propiedades, las cargas y para visualizar los resultados en cada eje.

### **Líneas de Grilla**

Las líneas de grilla es un juego de líneas paralelas a los ejes coordenados, el cual constituye un armazón que ayuda en el trazado del modelo.

### **Opciones de Vista**

Las opciones de vista (pan, zoom, perspectiva, etc.) nos sirven para visualizar cada parte del modelo ya sea en 2-D o en 3-D, cuyas opciones son de gran utilidad en el proceso de entrada y salida de datos.



## **Operaciones Básicas**

SAP2000 contiene una gama de operaciones que se realizan dentro del mismo. Como son:

### **File**

Las operaciones del menú File se usan para crear/abrir/guardar un modelo, para importar/exportar archivos, para imprimir datos de entrada, salida y gráficos, etc.

### **Define**

Las operaciones del menú Define se usan para crear los nombres de las entidades que no son parte de la geometría del modelo, como propiedades del material, propiedades de sección, casos de carga, nombres de grupo, funciones de espectro, combinaciones de carga, etc.

### **Draw**

Las operaciones del menú Draw se usan para añadir nuevos objetos (frame, shell, joint) al modelo o para modificar un objeto a la vez.

### **Select**

Las operaciones del menú Select se usa para identificar aquellos objetos a los que se desee aplicar una operación. Los podemos seleccionar en forma individual, con una ventana, con un nombre de grupo, con un mismo tipo de propiedad, etc.

### **Edit**

Las operaciones del menú Edit se usan para realizar cambios al modelo, como copiar, cortar, pegar, mover, borrar objetos del modelo, también podemos reproducir y subdividir objetos, y otros mas. La mayoría de las operaciones de edición trabajan con uno o mas objetos que han sido seleccionados.

### **Assign**

Las operaciones del menú Assign se usa para asignar propiedades y cargas a uno o mas objetos que han sido seleccionados ya sean nudos, frame o shell.

### **Analyze**

Las operaciones del menú Analyze se utilizan para fijar grados de libertad disponibles, parámetros del análisis modal, archivos de resultados, etc. para el análisis del modelo estructural que ha sido creado con las operaciones antes mencionadas con lo cual se determina los desplazamientos, esfuerzos, y reacciones que se producen en la estructura.

### **Display**

Las operaciones del menú Display se usa para visualizar el modelo y los resultados de el análisis, como gráficos, tablas y funciones de impresión.

## **Design**

Las operaciones del menú Design se usa para verificar los elementos frame de concreto o acero con respecto a los requerimientos de los códigos.

### **1.1 Temas**

Cada capítulo de este trabajo esta dividido dentro de temas y subtemas. Todos los capítulos (excepto este ) empieza con una lista de temas, la cual nos proporciona un resumen del capítulo.



# CAPITULO 2

## 2. SISTEMAS DE COORDENADAS

Cada estructura puede usar muchos sistemas de coordenada diferentes para describir la localización de puntos y las direcciones de cargas, desplazamiento, fuerzas interiores, y tensiones. Entendiendo estos diferentes sistemas de coordenada es crucial poder propiamente definir el modelo e interpretar los resultados.

### 2.1 Temas

- Visión global.
- Sistema de la coordenada global.
- Direcciones hacia arriba y horizontal.
- Sistemas de coordenadas locales.



## 2.2 Visión global

Se usan sistemas de coordenadas para localizar diferentes partes del modelo estructural y para definir las direcciones de cargas, desplazamientos, fuerzas interiores, y tensiones.

Todos los sistemas de coordenadas en el modelo se definen con respecto a un solo sistema de coordenada global X-Y-Z. Cada parte del modelo (nodo, elemento, o restricción) tiene su propio sistema de coordenada local 1-2-3. Además, usted puede crear sistemas de coordenada alternativos que son usados para definir localizaciones y direcciones. Todos los sistemas de coordenadas son sistemas tridimensionales, diestros (entiéndase como ley de la mano derecha), y rectangulares (Cartesianos).

SAP2000 siempre asume que Z es el eje vertical, con +Z estando hacia arriba. La dirección hacia arriba se usa para ayudar a definir sistemas de coordenadas locales, aunque los sistemas de coordenadas locales por ellos mismos no tienen una dirección hacia arriba.

### **2.3 Sistema de coordenadas global**

El sistema de coordenadas global es un sistema de coordenadas tridimensional, diestro, y rectangular. Los tres ejes, denotados por X, Y, y Z, son mutuamente perpendiculares y satisface la regla de la mano derecha. La localización y orientación del sistema global son arbitrarios.

Pueden especificarse localizaciones en el sistema de coordenadas global usando las variables  $x$ ,  $y$ , y  $z$ . Un vector en el sistema de coordenadas global puede ser especificado dando las localizaciones de dos puntos, un par de ángulos, o especificando una dirección de la coordenada. Las direcciones de las coordenadas son indicadas usando los valores  $\pm X$ ,  $\pm Y$ , y  $\pm Z$ . Por ejemplo,  $+X$  define un vector paralelo y dirigido a lo largo del eje X positivo. El signo es necesario.

Todos los otros sistemas de coordenadas en el modelo se definen con respecto al sistema de coordenadas global.

### **2.4 Las direcciones hacia arriba y horizontal**

SAP2000 siempre asume que Z es el eje vertical, con  $+Z$  estando hacia arriba. Los sistemas de coordenadas local para nudos, elementos, y carga de aceleración del suelo se definen con respecto a

esta dirección hacia arriba. La carga de peso propio siempre actúa hacia abajo, en la dirección  $-Z$ .

El plano  $X$ - $Y$  es horizontal. La dirección horizontal primaria es  $+X$ . Los ángulos en el plano horizontal son medidos desde la mitad positiva del eje  $X$ , con ángulos positivos que aparecen en sentido contrario a las manecillas del reloj cuando usted está mirando hacia abajo al plano  $X$ - $Y$ .

## 2.5 Sistemas de coordenadas locales



CIB-ESPOL

Cada parte (nudo, elemento, o restricción) del modelo estructural tiene su propio sistema de coordenadas local usado para definir las propiedades, cargas, y respuestas para esa parte. Los ejes de los sistemas de coordenadas local están denotados por 1, 2, y 3. En general, los sistemas de coordenadas locales pueden variar de nudo a nudo, elemento a elemento, y restricción a restricción.

No hay ninguna dirección hacia arriba preferida para un sistema de coordenadas local. Sin embargo, los sistemas de coordenadas locales del nudo y del elemento se definen con respecto a la dirección global hacia arriba,  $+Z$ .

El sistema de coordenadas local 1-2-3 del nudo normalmente es igual que el sistema de coordenadas global X-Y-Z.

Para los elementos Frame (Pórtico) y Shell (Cáscara), uno de los ejes locales del elemento se determina por la geometría del elemento individual. Usted puede definir la orientación de los dos ejes restantes especificando un solo ángulo de rotación.

El sistema de coordenadas local para una Restricción por Diafragma es normalmente determinado automáticamente de la geometría o distribución de masa de la restricción. Opcionalmente, usted puede especificar un eje global que determine el plano de una Restricción por Diafragma; los dos ejes restantes se determinan automáticamente

# CAPITULO 3

## 3. EL ELEMENTO FRAME (DE PORTICO)

El elemento Frame (de pórtico) se usa para modelar viga-columna y comportamiento de cerchas en estructuras planas y tridimensionales.

### 3.1 Temas

- Visión global
- Conectividad de nudos
- Grados de libertad
- Sistema de coordenadas local
- Propiedades de la sección
- Desplazamientos



CIB-ESPOL

- Masas
- Cargas de peso propio
- Cargas puntuales (concentrada en el vano)
- Cargas distribuidas (en el vano)
- Salidas de los esfuerzos

### **3.2 Visión global**

El elemento Frame (de pórtico) usa una formulación general tridimensional, de viga-columna que incluye los efectos de torsión, deformación axial, y deformaciones por cortante biaxial.

Las estructuras que pueden diseñarse, es decir; ser modeladas con este elemento son:

- Los marcos (pórticos) Tridimensionales
- Las cerchas Tridimensionales
- Los marcos (pórticos) en el plano (2-D)
- Diseño de emparrillados
- Las cerchas en el plano (2-D)

Un elemento Frame (de pórtico) es modelado como una línea recta que conecta dos nudos. Cada elemento tiene su propio sistema de

coordenadas local para definir las propiedades de la sección, cargas, y para interpretación de esfuerzos.

Cada elemento Frame (de pórtico) puede ser cargado por peso propio, múltiples cargas puntuales (concentradas), y múltiples cargas distribuidas.

Los desplazamientos del extremo están afectados por el tamaño finito de la viga e intersecciones de la columna. Las libertades del extremo están afectados por las diferentes condiciones que se dan a los extremos del elemento.



Las fuerzas internas del elemento son producidas en los extremos de cada elemento y se pueden definir un número especificado de estaciones igualmente espaciadas a lo largo de la longitud del elemento para ver sus esfuerzos.

### 3.3 Conectividad de nudos

Un elemento Frame (de pórtico) es representado por una línea recta que conecta dos nudos,  $i$  y  $j$ . Los dos nudos no comparten la misma localización en el espacio. Los dos extremos del elemento son denotados por extremo  $I$  y extremo  $J$ , respectivamente.

### 3.4 Grados de libertad

El elemento frame (de pórtico) normalmente activa todos los seis grados de libertad en ambos nudos que lo conectan.

Sin embargo, los tres grados de libertad rotacionales no serán activados en un nudo si el elemento no proporciona cualquier rigidez de momento o carga de momento a ese nudo. Esto puede ocurrir bajo cualquiera de las condiciones siguientes:

- El desplazamiento del extremo en ese extremo es cero, y las propiedades geométricas de la sección  $j$ ,  $i_{33}$ , y  $i_{22}$  son todas cero (a no es cero;  $as_2$  y  $as_3$  son arbitrarios), o
- El desplazamiento del extremo en ese extremo es cero; rotaciones por flexión,  $R_2$  y  $R_3$ , están sueltas en el extremo; y la rotación torsional,  $R_1$ , esta suelta en cualquier extremo.

Cuando estas condiciones se dan a ambos extremos, el elemento se comporta como un miembro de cercha.

### 3.5 Sistema de coordenadas local

Cada elemento Frame (de pórtico) tiene su propio sistema de coordenadas local de elemento usado para definir las propiedades de la sección, cargas y esfuerzos. Los ejes de este sistema local se denotan como 1, 2, y 3. El primer eje se dirige a lo largo de la longitud del elemento; los dos ejes restantes quedan en el plano perpendicular al elemento con una orientación que usted especifica.

Es importante que usted entienda claramente la definición del sistema de coordenadas local 1-2-3 del elemento y su relación al sistema de coordenadas global X-Y-Z. Ambos sistemas son sistemas de coordenadas diestros. Depende de usted definir los sistemas locales que simplifiquen la entrada de los datos y/o interpretación de los resultados.

En la mayoría de las estructuras la definición del sistema de coordenadas local del elemento es extremadamente simple usando la orientación predefinida y el ángulo de coordenadas del elemento Frame (de pórtico). Los métodos adicionales están disponibles.



CIB-ESPOL

### 3.5.1 Eje longitudinal 1

El eje local 1 siempre es el eje longitudinal del elemento, y la dirección positiva dirigiéndose del extremo I al extremo J.

### 3.5.2 Orientación predefinida

La orientación predefinida de los ejes locales 2 y 3 es determinada por la relación entre el eje local 1 y el eje global Z:

- El plano local 1-2 es vertical, es decir, paralelo al eje de Z
- El eje local 2 tiene un sentido hacia arriba (+Z) a menos que el elemento sea vertical, en tal caso el eje local 2 es horizontal a lo largo de la dirección global +X
- El eje local 3 siempre es horizontal, es decir, queda en el plano X-Y



CIB-ESPOL

Se considera que un elemento es vertical si el seno del ángulo entre el eje local 1 y el eje Z es menor de  $10^{-3}$ .

El eje local 2 hace el mismo ángulo con el eje vertical como el eje local 1 hace con el plano horizontal. Esto significa que el eje

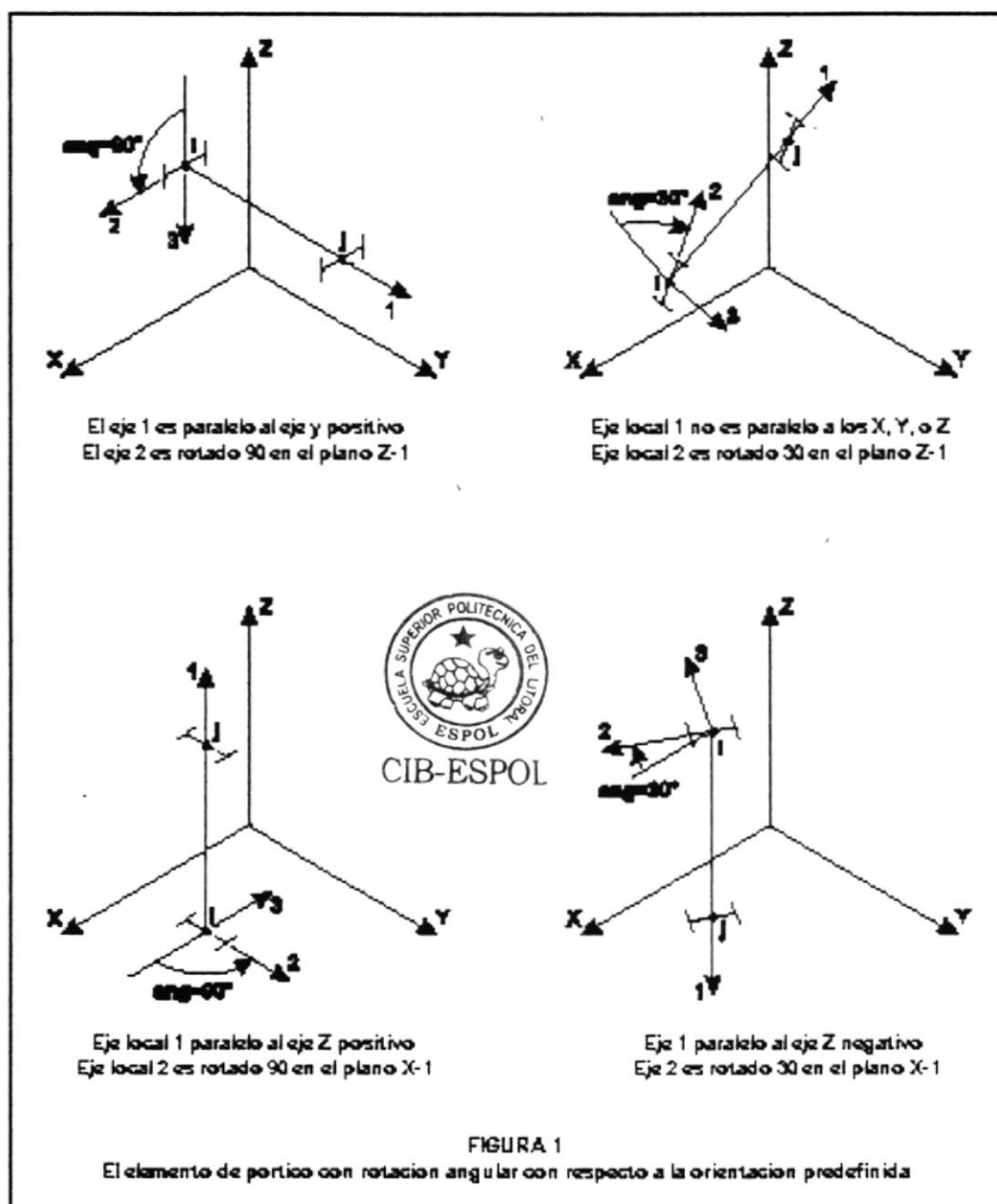
local 2 apunta verticalmente hacia arriba para los elementos horizontales.

### 3.5.3 Coordenadas de Angulo

El elemento referenciado a un ángulo, **ang**, se usa para definir las orientaciones del elemento que son diferentes de la orientación predefinida. Este ángulo rota sobre el positivo eje local 1 de la orientación predefinida. La rotación para un valor positivo de **ang** aparece en sentido contrario a las manecillas del reloj cuando el eje local +1 esta apuntando hacia usted.

Para los elementos verticales, **ang** es el ángulo entre el eje local 2 y el eje horizontal +X. Por otra parte, el **ang** es el ángulo entre el eje local 2 y el plano vertical que contiene el eje local 1. Ver Figura 1 para los ejemplos.





### **3.6 Propiedades de la sección**

Una Sección Frame (de pórtico) es un juego de materiales y propiedades geométricas que describen la sección transversal de uno o más elementos Frame (del pórtico). Las secciones se definen independientemente de los elementos Frame (de pórtico), y se asignan a los elementos.

#### **3.6.1 Sistema de coordenadas local**

Se definen propiedades de la sección de un elemento con respecto al sistema de coordenadas locales de la siguiente manera:

- La dirección 1 esta a lo largo del eje del elemento. Esta es normal a la Sección y pasa por la intersección de los dos ejes neutrales de la Sección.
- Las direcciones 2 y 3 son paralelas a los ejes neutrales de la Sección. Normalmente la dirección 2 se toma a lo largo de la dimensión mayor (profundidad) de la Sección, y la dirección 3 a lo largo de su dimensión menor (anchura), pero esto no es necesario.

### 3.6.2 Propiedades de los materiales

Las propiedades de los materiales para la sección son especificadas, previamente se define el material. Las propiedades de los materiales usados por la sección son:

- El módulo de elasticidad  $e_1$ , para la rigidez axial y la rigidez a flexión;
- El módulo a cortante,  $g_{12}$ , para la rigidez a torsión y la rigidez a cortante transversal; esto se computa de  $e_1$  y el módulo de Poisson,  $\nu_{12}$ .
- La densidad de masa (por la unidad de volumen),  $w$ , para computar carga de peso propio.
- El indicador del diseño-tipo,  $ides$ , que indica si la sección debe diseñarse como acero, hormigón o ninguno (ningún diseño).



### 3.6.3 Propiedades geométricas y sección de rigidez

Se usan seis propiedades geométricas básicas, junto con las propiedades de los materiales, a generar rigidez de la sección.

Estos son:

- El área de la sección transversal,  $a$ . La rigidez axial de la sección es dada por  $aE$ ;
- El momento de inercia,  $I_{33}$ , sobre el eje 3 por la flexión en el 1-2 plano, y el momento de inercia,  $I_{22}$ , sobre el eje 2 por la flexión en el 1-3 plano. La correspondiente flexión de rigidez de la sección son dados a través de  $I_{33}E$  y  $I_{22}E$ ;
- La constante torsional,  $J$ . La rigidez de torsión de la sección se da por  $JG$ . Nota que la constantes de torsión no es igual que el momento polar de inercia, salvo las formas redondas.
- Las áreas de cortante,  $A_2$  y  $A_3$ , para la cortante transversal en los planos 1-2 y 1-3 respectivamente. La correspondiente rigidez de cortante transversal de la sección son a dos por  $A_2G$  y  $A_3G$ . Fórmula para calcular las áreas de cortante de las secciones típicas se dan en la Figura 2.



Poniendo  $a, J, I_{33}$ , o  $I_{22}$  a cero causa que la rigidez de la sección llega ser cero. Por ejemplo, un miembro de cercha puede ser diseñado poniendo  $J=I_{33}=I_{22}=0$ , y un elemento de pórtico en el plano 1-2 puede ser diseñado poniendo  $J=I_{22}=0$ .

Poniendo  $as_2$  o  $as_3$  a cero causa que la deformación del cortante transversal sea cero. En efecto, una área del cortante cero se interpreta como si fuera infinito. La rigidez transversal de la cortante se ignora si la rigidez de flexión es cero.

### 3.6.4 Tipos de la forma

Para cada sección, las seis propiedades geométricas ( $a$ ,  $j$ ,  $i_{33}$ ,  $as_2$  y  $as_3$ ) puede ser especificado directamente, computo de las dimensiones de la sección especificada, o se lee de un archivo de banco de datos de propiedades definidas. Esto se determina por el tipo de la forma,  $sh$ , especificada por el usuario.

- Si  $sh=G$  (sección general), las seis propiedades geométricas deben especificarse explícitamente.
- Si  $sh=R, P, B, I, C, T, L$ , o  $2L$ , las seis propiedades geométricas son automáticamente calculadas desde una sección especificada como se describe en "cálculo automático de las propiedades de la sección", ver mas adelante.
- Si  $sh$  es algún otro valor (e.g.,  $W27X94$  o  $2L4X3X1/4$ ), las seis propiedades geométricas se obtienen de un archivo de banco de



datos de propiedades específicas. Vea "Propiedad de la sección en el archivo de banco de datos" ver mas adelante.

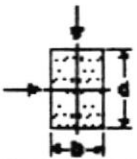
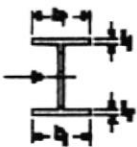
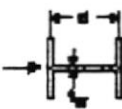
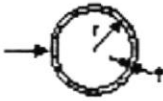
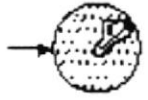
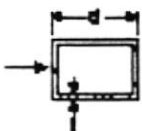
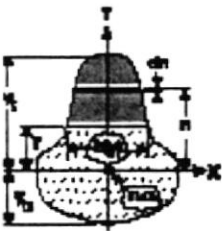
SECCION	DESCRIPCION	AREA EFECTIVA AL CORTE
	Seccion Rectangular Fuerzas Cortantes paralelas al borde	$\frac{2}{3} b d$
	Seccion W Fuerzas cortantes perpendiculares al alma	$\frac{2}{3} t_f b_f$
	Seccion W Fuerzas cortantes paralelas al alma	$t_w d$
	Pared delgada Seccion Tubular Fuerzas Cortantes en cualquier direccion	$\pi r t$
	Seccion circular llena Fuerzas cortantes en cualquier direccion	$0.9 \pi r^2$
	Pared Delgada Seccion Rectangular Fuerzas cortantes paralelas a la direccion "d"	$2 t d$
	Seccion General Fuerzas cortantes paralelas a la direccion "Y" $I_x =$ momento de inercia de la seccion respecto a X-X $QY = \int_y^{y_1} n b(n) dn$	$\frac{I_x^2}{QY}$

FIGURA 2  
Formulas para el area de corte

### 3.6.5 Cálculo automático de las propiedades de la sección

Las seis propiedades geométricas de la sección pueden calcularse automáticamente de dimensiones específicas para las formas simples mostradas en la Figura 3.

Las dimensiones requeridas para cada forma se muestra en la figura.

Nota que la dimensión  $t_3$  es la profundidad de la sección en la dirección 2 y contribuye principalmente a  $i_{33}$ .

El cálculo automático de las propiedades de la sección está disponible para las siguientes formas:

- Sh=R : Sección rectangular
- Sh=P : Sección de cañería, o la sección redonda sólida si  $t_w=0$   
(o no especificó)
- Sh=B : Sección de la caja
- Sh=I : Sección I
- Sh=C : Sección canal
- Sh=T : Sección T
- Sh=L : Sección angular



- Sh=2L : Sección angular doble

### **3.6.6 Propiedad de sección del banco de archivos**

Pueden obtenerse propiedades de la Sección geométricas desde el banco de archivos. Se proporcionan tres archivos del banco de datos con SAP2000:

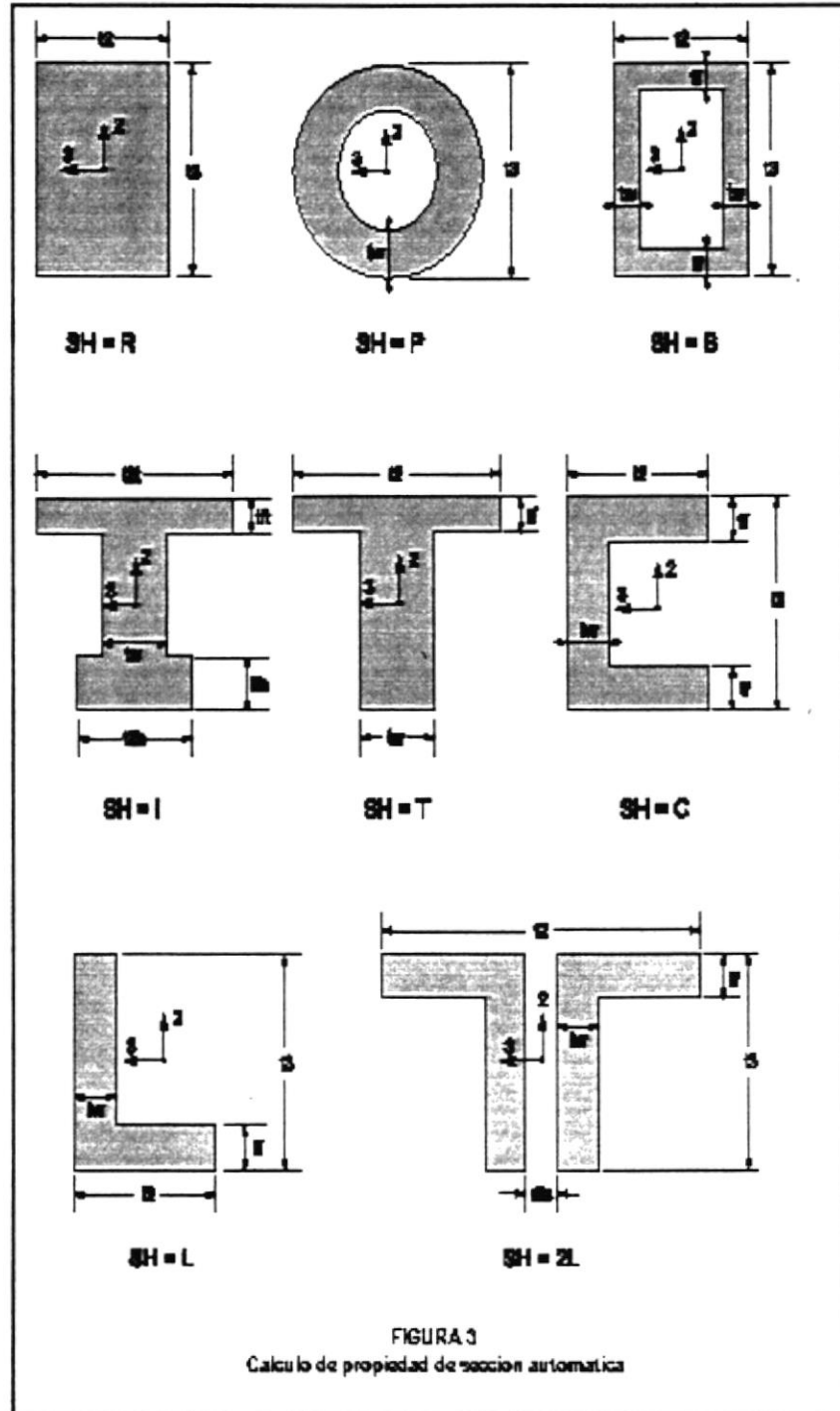
- AISC.PRO: el Instituto americano de formas de Construcción de Acero
- CISC.PRO: el Instituto canadiense de formas de Construcción de Acero
- SECTIONS.PRO: Esto es justo una copia de AISC.PRO.

Pueden crearse archivos de banco de datos de propiedad adicionales usando el programa PROPER, que está disponible en la demanda de las Computadoras y Estructuras, Inc.

Las propiedades geométricas se guardan en las unidades de longitud especificadas cuando el banco de datos del archivo fue creado. Estos se convierten automáticamente a las unidades deseadas cuando se usa SAP2000.

Cada forma guardada en un archivo del banco de datos puede ser referenciada a través de uno o dos diferentes etiquetas. Por ejemplo, el W36x300 en forma en archivo AISC.PRO puede ser referenciada o por la etiqueta "W36X300" o por la etiqueta "W920X446." Los tipos que guardaron en CISC.PRO puede ser sólo referenciada por una sola etiqueta.





Las etiquetas de tipo de forma disponible para un archivo del banco de datos se guarda en un asociado archivo de la etiqueta con extensión “.LBL.” Por ejemplo, las etiquetas para el archivo del banco de datos AISC.PRO se guardan en un archivo AISC.LBL. El archivo de esta etiqueta es un archivo de texto que puede ser impreso o visto con un editor del texto. Cada línea en el archivo de la etiqueta muestra uno o dos etiquetas que corresponden a un solo tipo de forma guardada en el archivo del banco de datos.

Usted puede seleccionar un archivo del banco de datos para definir una Sección del pórtico

El archivo del banco de datos en uso puede cambiarse en cualquier momento al definir Secciones.

Si no se especifica el nombre del banco de datos, el archivo predefinido que se usa es SECTIONS.PRO. Usted puede copiar cualquier archivo de banco de datos de propiedades a SECTIONS.PRO.

Todo el banco de datos de propiedad de Sección, incluso el archivo SECTIONS.PRO, debe localizarse o en el directorio que contiene los datos del archivo, o en el directorio que contiene el SAP2000. Si un archivo del banco de datos especificado está presente en ambos directorios, el programa usará el archivo en el directorio del datos-archivo.



CIB-ESPOL

### 3.7 Trecho rígido (End Offsets)

Se diseñan elementos del pórtico como elementos de línea conectados a los puntos (nudos). Sin embargo, los miembros estructurales reales tienen dimensiones transversales-particulares finitas. Cuando se conectan dos elementos, como una viga y columna, en un nudo hay solapes de las secciones transversales. En muchas estructuras las dimensiones de los miembros son grandes y la longitud del solape puede ser un fragmento significativo de la longitud total al conectar un elemento.

Usted puede especificar dos extremos del trecho rígido para cada elemento usando los parámetros  $i_{off}$  y  $j_{off}$  correspondiendo a los extremos I y J, respectivamente. El extremo  $i_{off}$  es la longitud de solape para un elemento dado con otros elementos que une el nudo i. Es la distancia del nudo a la cara de la conexión para el elemento

dado. Una definición similar se aplica para  $joff$  del extremo en el nudo  $j$ . Vea Figura 4 .

Los desplazamientos del extremo o trecho rígido pueden ser calculados automáticamente por el SAP2000 para elementos seleccionados basados en las dimensiones de Sección máxima de todos los elementos que conectan a ese nudo en común.

### 3.7.1 Longitud libre

Se define la longitud libre, denotado por  $L_c$ , para ser la longitud entre los extremos de Trecho rígido (caras de soporte) como:

$L_c = L - (ioff + joff)$ ; donde  $L$  es la longitud total del elemento.

Vea la Figura 4.

Si se especifican las características del extremo tal que la longitud libre es menor a 1% de la longitud total del elemento, el programa enviará una advertencia y reducirá el extremo proporcionalmente para que la longitud libre sea igual a 1% de la longitud total. Normalmente el extremo debe ser una proporción más pequeña de la longitud total.

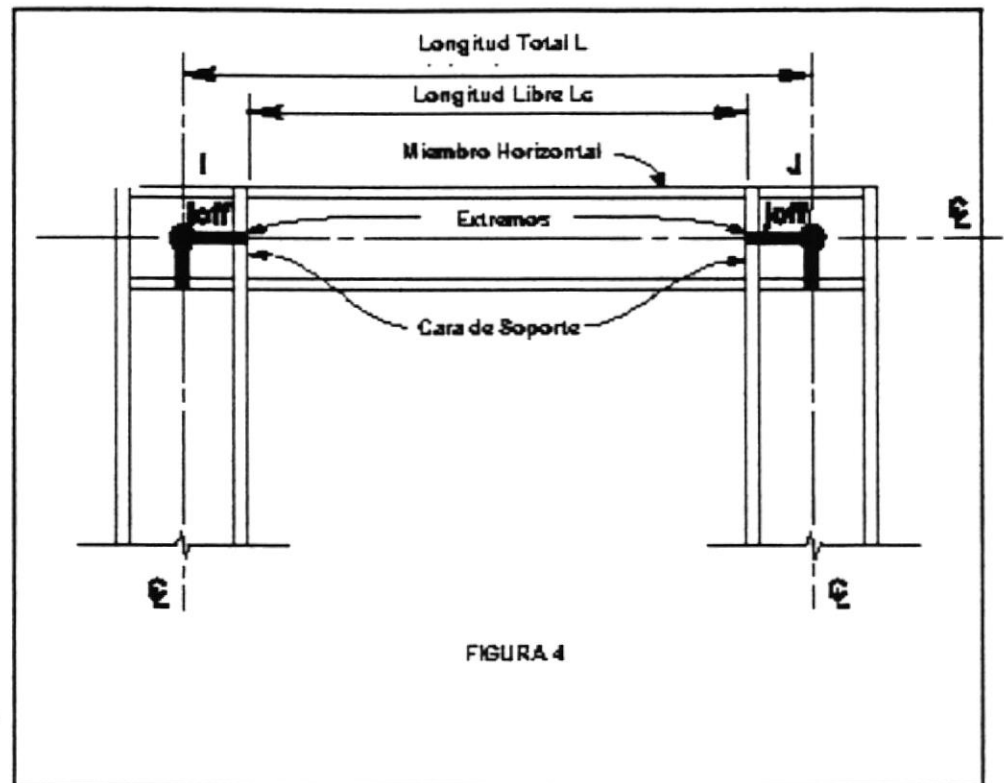


FIGURA 4

### 3.7.2 Efecto sobre el esfuerzo interno de salida

Todas las fuerzas internas y momentos son salidas en las caras de los apoyos y a otros puntos igualmente espaciados dentro de la longitud libre del elemento. Ningún esfuerzo se produce dentro del extremo compensado que incluye el nudo.

### 3.7.3 Efecto en las libertades del extremo

Siempre se asumen libertades para las caras de soporte, es decir, a los extremos de la longitud libre del elemento. Si una libertad de momento, cortante, flexión del plano no se especifica



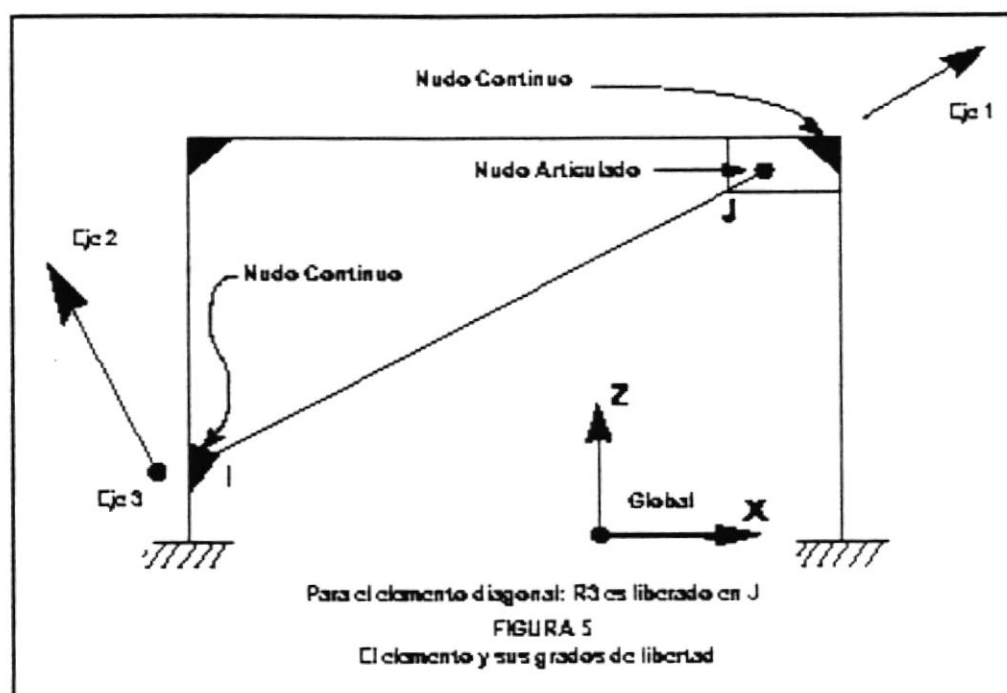
CIB-ESPOL

en cualquier extremo del elemento, se asume que el extremo está rígido a la flexión y cortante en ese plano a ese extremo.

### **3.8 Libertades del extremo**

Normalmente, las tres traslaciones y tres grados rotatorios de libertad a cada extremo del elemento de pórtico es continuo con los nudos y elementos conectados a ese nudo. Sin embargo, es posible soltar (liberar) uno o más de los grados de libertad del nudo del elemento cuando es conocido que la fuerza del elemento correspondiente o momento es cero. Las libertades siempre son especificadas en el sistema de las coordenadas locales del elemento, y no afecta cualquier otro el elemento conectado a ese nudo.

En el ejemplo mostrado en Figura 5, el elemento diagonal tiene un momento de conexión al Extremo I y una conexión articulada al Extremo J. Los otros dos elementos conectados al Extremo J son continuos. Por consiguiente para modelar la condición de articulación, la rotación R3 al Extremo J del elemento diagonal debe soltarse. Esto asegura que el momento es cero en la articulación en el elemento diagonal.



### 3.8.1 Grados de libertad inestables en un extremo

Cualquier combinación de libertades de extremo puede especificarse como un elemento de pórtico proporcionando estabilidad; esto asegura que toda la carga aplicada al elemento es transferida al resto de la estructura. Los siguientes de libertades son inestables, por si solas o en combinación, y no se permiten:

- Liberando U1 a ambos extremos
- Liberando U2 a ambos extremos
- Liberando U3 a ambos extremos
- Liberando R1 a ambos extremos



- Liberando R2 a los extremos y U3 a cualquier extremo
- Liberando R3 a los extremos y U2 a cualquier extremo

### **3.8.2 Efecto de desplazamientos del tramo rígido**

Siempre se aplican libertades de extremos a las caras de soporte, es decir, a los extremos del elemento de la longitud libre.

La presencia de un momento o cortante causará que el extremo esté rígido en el plano de torsión correspondiente del elemento.

## **3.9 Masa**

En un análisis dinámico, la masa de la estructura se usa para computar fuerzas inerciales.

La masa contribuida por el elemento de pórtico se concentra en los nudo  $i$  y  $j$ . Los efectos de inercia no son considerados dentro del propio elemento.

La masa total del elemento es igual a la integral a lo largo de la longitud de masa  $m$  multiplicado por el área transversal particular  $a$ .

La masa total se prorratea a dos nudos de la misma manera a que la carga transversal distribuida causaría reacciones a los extremos de un simple apoyo de viga. Se ignoran los efectos de libertades del extremo al prorratar masa. El total de la masa se aplica a cada uno de los tres grados de traslación de libertad: UX, UY, Y UZ. No se computa ningún momento de inercia de masas para los grados rotacionales.

### 3.10 Carga del peso propio

Puede aplicarse carga del peso propio en cualquier estado de carga de todos los elementos en el modelo. Para un elemento de pórtico, el peso propio es una fuerza que se distribuye a lo largo de la longitud del elemento. La magnitud del peso propio es igual a la densidad del peso  $W$ , multiplicado por el área transversal particular  $a$ .

El peso propio siempre actúa hacia abajo, en la dirección de  $-Z$  global. El peso propio puede ser mayorado o minorado por un factor que se aplica a la estructura entera.

### 3.11 Cargas puntuales en el vano

Se usa para aplicar fuerzas concentradas y momentos a localizaciones arbitrarias en elementos de pórtico. La dirección de carga puede especificarse en el sistema de coordenadas global o local.



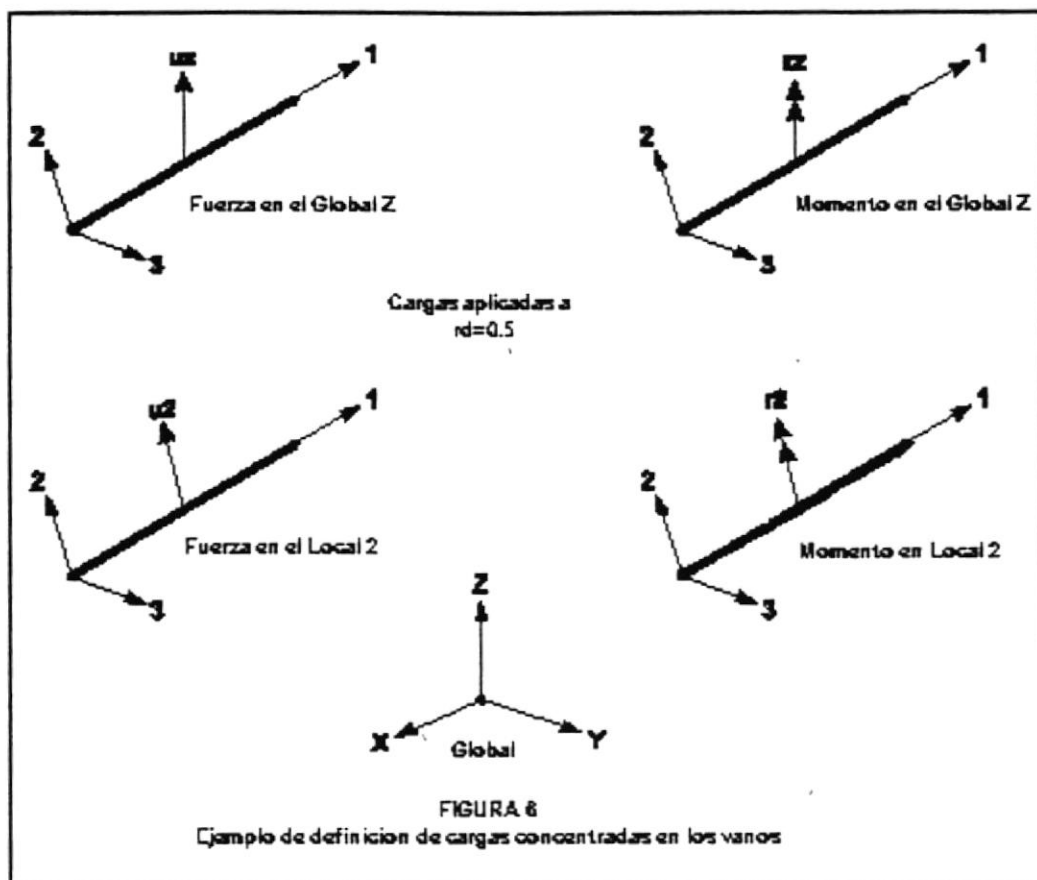
CIB-ESPOL

La localización de la carga puede especificarse en una de las maneras siguientes:

- Especificando una distancia relativa,  $rd$ , medida del nudo  $i$ . Esto debe satisfacer que,  $0 < rd < 1$ . La distancia relativa es el fragmento de longitud del elemento.
- Especificando una distancia absoluta,  $d$ , medida del nudo  $i$ . Esto debe satisfacer que,  $0 < d < L$ , donde  $L$  es la longitud del elemento.

Cualquier número de cargas puntuales puede aplicarse a cada elemento. Cargas dadas en coordenadas globales se transforman al sistema de coordenadas local. Vea la Figura 6. Se suman cargas múltiples que se aplican a la misma localización.





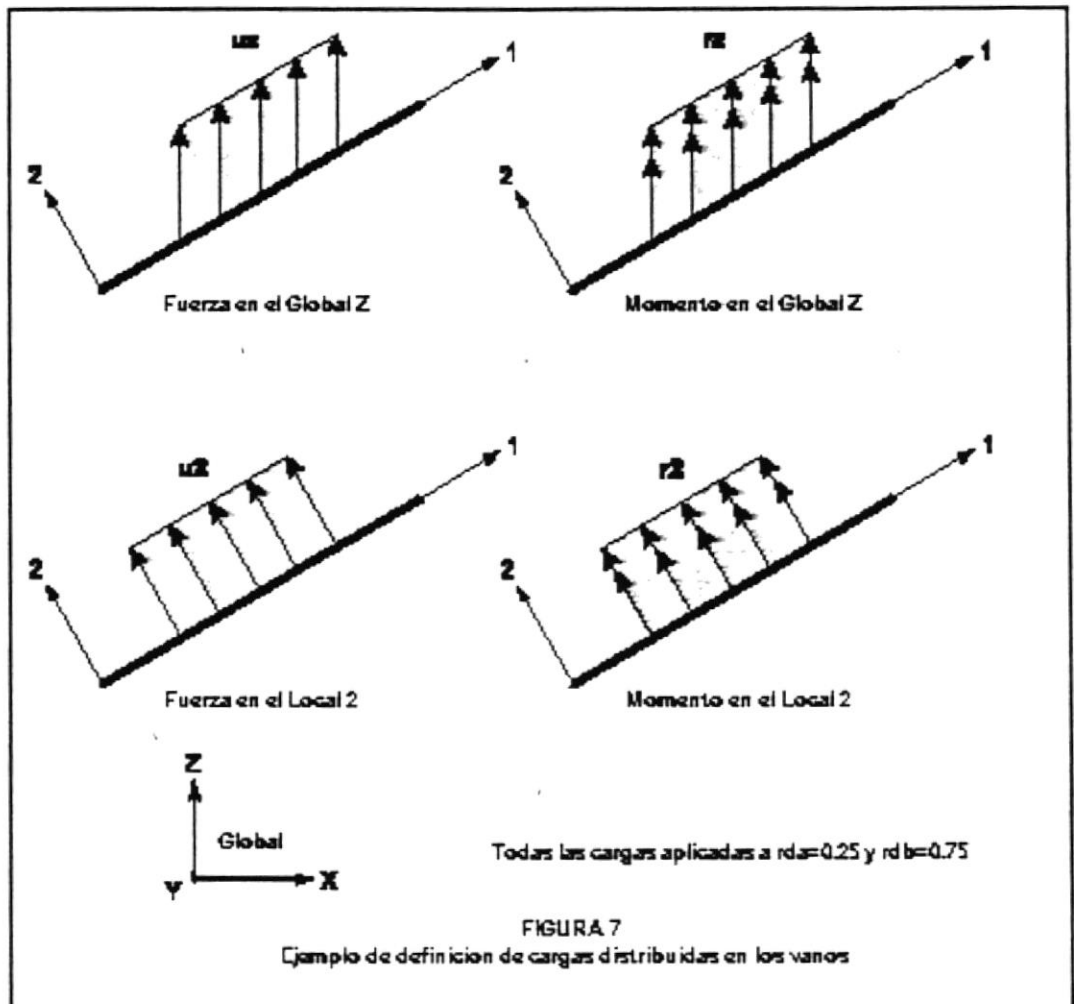
### 3.12 Carga distribuida en el vano

La Carga distribuida se usa para aplicar fuerzas y momentos en los elementos. La intensidad de carga puede ser uniforme o trapezoidal.

La dirección de carga se puede especificar en el sistema de coordenadas global o en el sistema de coordenadas local.



CIB-ESPOL

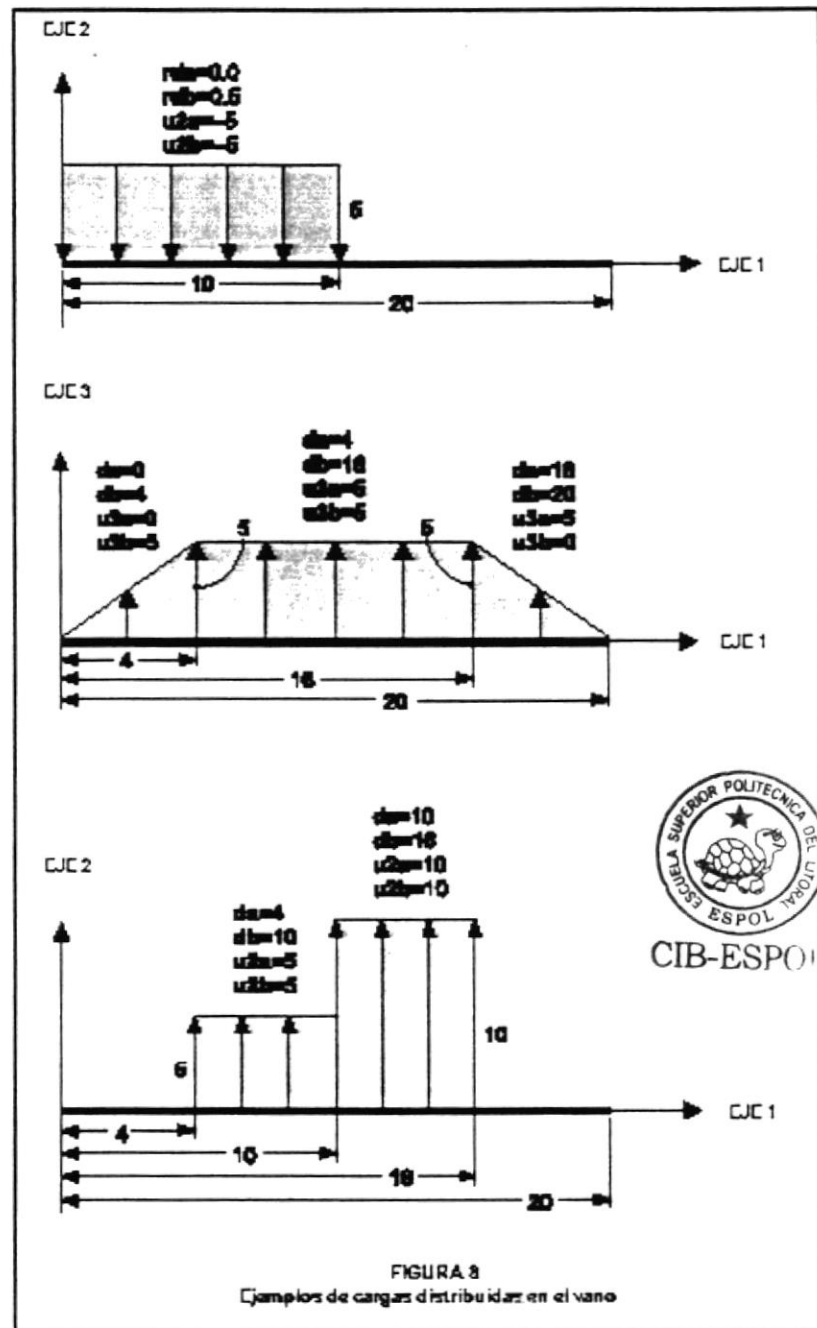


### 3.12.1 Longitud de carga (carga distribuida)

Las cargas pueden aplicarse en forma parcial o total a lo largo del elemento. Las cargas múltiples pueden aplicarse a un solo elemento. La carga distribuida puede sumarse con otras cargas distribuidas en caso que usted requiera.

Una carga distribuida puede especificarse en una de las maneras siguientes:

- Especificando dos distancias relativas,  $r_{da}$  y  $r_{db}$ , medidos desde el nudo  $i$ . Esto debe satisfacer,  $0 < r_{db} < r_{da} < 1$  el  $r_{db}$ . La distancia relativa es el fragmento de longitud del elemento.



- Especificando dos distancias absolutas, **da** y **db**, medidos desde el nudo i. Esto debe satisfacer  $0 < da < db < L$ , donde **L** es la longitud del elemento;
- Sin especificar ninguna distancia se asume la longitud llena del elemento.

### 3.12.2 Intensidad de carga

La intensidad de carga es una fuerza o momento por la unidad de longitud. Para cada fuerza o momento a ser aplicado, un solo valor de carga puede darse si la carga es uniformemente distribuida. Se necesitan dos valores de carga si la intensidad de carga varía linealmente encima de su rango de aplicación (una carga trapezoidal). Vea la Figura 7 y la Figura 8.



### 3.13 Salida de los esfuerzos internos

Las fuerzas internas de un elemento de pórtico son las fuerzas y momentos que resultan de integrar las tensiones encima de un elemento de sección transversal. Estas fuerzas internas son:

- **P**, la fuerza axial,
- **V2**, la fuerza del cortante en el plano 1-2 ,

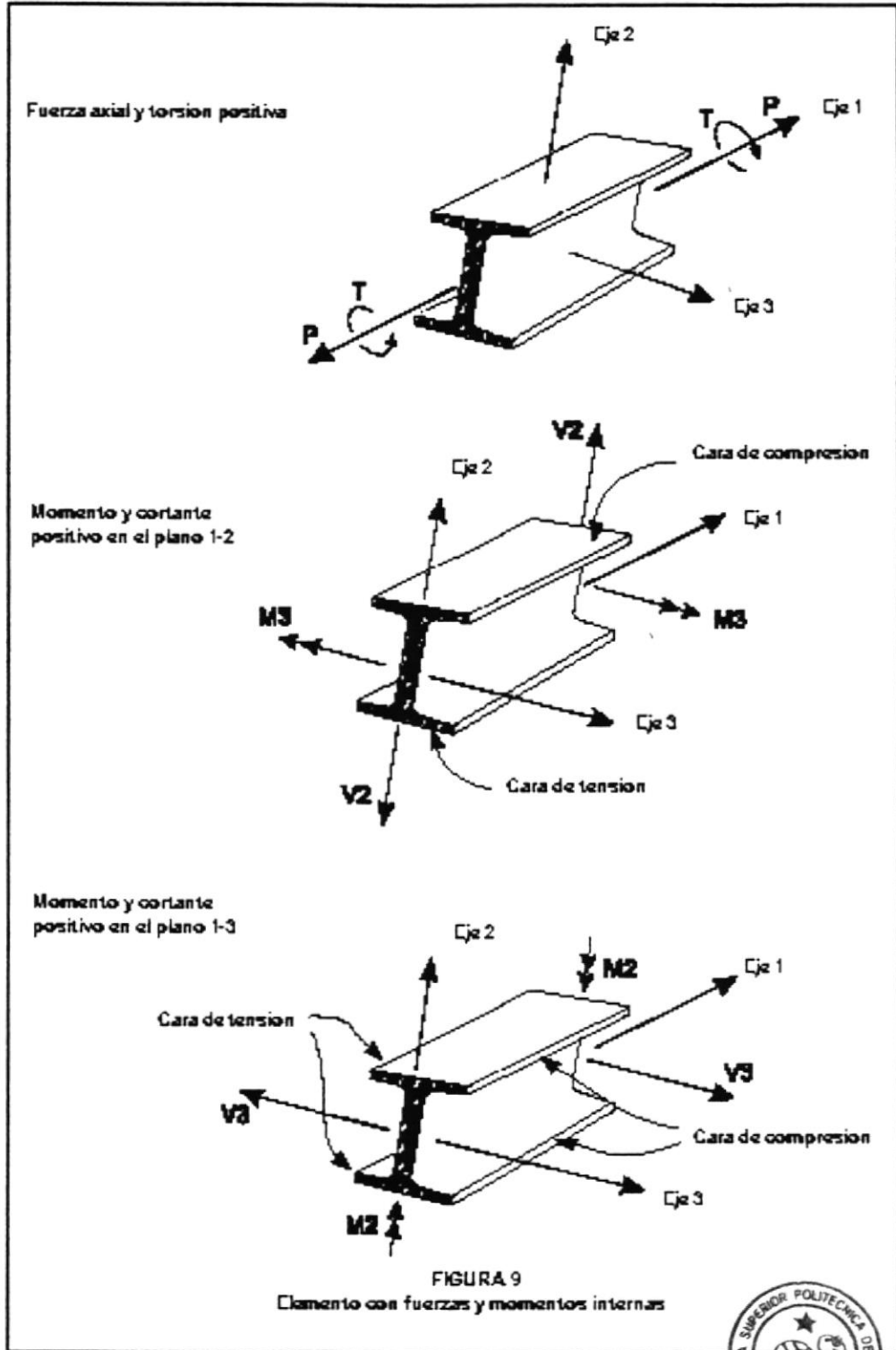
- $V_3$ , la fuerza del cortante en el plano 1-3,
- $T$ , el torque axial,
- $M_2$ , el momento de flexión en el plano 1-3 (sobre el 2 eje)
- $M_3$ , el momento de flexión en el plano 1-2 (sobre el 3 eje)

Estas fuerzas internas y momentos están presentes en cada sección transversal a lo largo de la longitud del elemento.

La convención de signos se ilustra en la Figura 9. Fuerzas internas positivas y torsiones axiales actuantes se orientan positivamente en la cara de dirección positiva 1 del elemento en los ejes de las coordenadas locales. Las fuerzas internas positivas y las torsiones axiales que actúan en la cara negativa se orientan en la dirección negativa del elemento de la coordenada local. Un cara positiva 1 es aquel cuyo normal exterior (apuntando fuera del elemento) está en el positivo de la dirección local 1.

Los momentos de flexión positivas causan compresión positiva en las caras 2 y 3 y tensión negativa en las mismas. Las caras positivas 2 y 3 son esas caras de las direcciones locales positivas 2 y 3 , respectivamente, del eje neutro.





Se computan las fuerzas y momentos internos en puntos de esfuerzos igualmente espaciados a lo largo de la longitud del elemento. El parámetro del **nseg** especifica el número de segmentos (o espacios) a lo largo de la longitud del elemento entre los puntos del esfuerzo. Para el valor predefinido de "2", el esfuerzo se produce a los dos extremos y al punto medio de el elemento.

Al elemento de pórtico se computan fuerzas internas producidas por todos los Casos del Análisis: las Cargas, Modos, y Espectros.

Es importante notar que los resultados del Espectro de Respuesta siempre son positivos, y que la correspondencia entre valores diferentes ha estado perdida.



CIB-ESPOL

### 3.13.1 Efecto de trecho rígido

Cuando el trecho rígido esta presente, fuerzas y momentos salen en las caras de los apoyos y en puntos dentro de la longitud libre del elemento.

Ningún esfuerzo se produce dentro de la longitud del trecho rígido incluyendo el nudo. Los esfuerzos sólo se producirían en los nudos  $i$  o  $j$  cuando el correspondiente trecho rígido es cero.

# CAPITULO 4

## 4. EL ELEMENTO SHELL (DE CASCARA)

Se usa para modelar cáscaras, membranas, y comportamiento de placas en estructuras planas y tridimensionales.

### 4.1 Temas

- Visión global.
- Nudo de conectividad.
- Grados de libertad.
- Sistema de coordenadas local.
- Propiedades de la sección .
- Masas.
- Carga de peso propio.
- Carga uniforme.
- Fuerza interior y esfuerzos de tensión.



## 4.2 Visión global

El elemento shell (de cáscara) es una formulación de tres a cuatro nudos que combinan el comportamiento membrana y flexión. El elemento de cuatro-nudos no tiene que ser plano.

La conducta de la membrana usa una formulación isoparamétrica que incluye componentes traslacionales en el plano de rigidez y un componente de rigidez rotatorio en el dirección normal al plano del elemento.

El comportamiento de la flexión de placas incluye dos direcciones, fuera del plano, los componentes rotatorios de rigidez y traslación en placas en la dirección normal al plano del elemento. Por defecto, la formulación de capas gruesas (Mindlin/Reissner) es usado, que incluye los efectos de deformación del corte transversal.

Estructuras que pueden planearse con este tipo de elemento son::

- Cáscaras Tridimensionales, como tanques y domos,
- Placas estructurales, como losas de fundación,
- La Membrana de estructura, como paredes de corte.



Para cada elemento de Cáscara (shell) en la estructura, usted puede escoger y modelar solo como membrana, placa, o un comportamiento

completo de cáscara. Generalmente se recomienda que usted use el comportamiento completo de la cáscara a menos que la estructura entera este diseñada y restringida adecuadamente.

Cada elemento de la Cáscara tiene su propio sistema de coordenadas local por definir, propiedades, materiales, cargas, y por interpretar esfuerzos. Cada elemento puede ser cargado a través de gravedad o carga uniforme en cualquier dirección.

Una formulación de la integración numérica de cuatro a ocho puntos se usa para la rigidez de Cáscara. Tensiones, fuerzas internas y momentos, en el elemento de coordenadas local, se evalúan de 2-por-2 con la integración de Gauss apuntada y extrapolada a los nudos de el elemento. Un error aproximado en el elemento de esfuerzos o fuerzas internas pueden estimarse de la diferencia de valores calculados de los diferentes elementos atados a un nudo común. Esto dará una indicación de la exactitud aproximado al elemento-finito y puede usarse entonces como la base para la selección de una nueva y la más exacta malla del elemento finito.

### 4.3 Conectividad de nudo

Cada elemento de la Cáscara puede tener cualquiera de las formas siguientes, como mostrado en Figura 10:

- Cuadrilátero, definido por las cuatro nudos  $j_1$ ,  $j_2$ ,  $j_3$ , y  $j_4$ .
- Triangular, definido por las tres nudos  $j_1$ ,  $j_2$ , y  $j_3$ .

La formulación cuadrilátera es la más exacta de los dos. El elemento triangular sólo se recomienda para las transiciones. La formulación de rigidez de tres-nudos del elemento es razonable; sin embargo, su recuperación de tensión es pobre. El uso del elemento cuadrilátero para mallas de varias geometrías y transiciones se muestran en la Figura 11.

Deben escogerse las localizaciones de los nudos con las condiciones geométricas siguientes:

- El ángulo interior a cada esquina debe estar menos de  $180^\circ$ . Resultados más buenos para el cuadrilátero se obtendrá cuando estos ángulos están cercanos a  $90^\circ$ , o por lo menos en el rango de  $45^\circ$  a  $135^\circ$ .



CIB-ESPOL

- La proporción del aspecto de un elemento no debe ser demasiado grande. Para el triángulo, esto es la proporción del lado más largo al lado más corto. Para el cuadrilátero, esto es la proporción de la distancia más larga entre los puntos medios de lados opuestos a la distancia más corta. Se obtienen resultados más buenos para las proporciones del aspecto cerca de unidad, o a menor de cuatro. La proporción del aspecto no debe exceder diez.

- Para el cuadrilátero, los cuatro nudos no necesitan ser coplanares. Una cantidad pequeña de torsión en el elemento es considerada por el programa. El ángulo entre las normales a las esquinas dan una medida del grado de torcedura. La normal a una esquina es perpendicular a los dos lados que se encuentran a la esquina. Los resultados más buenos son si el ángulo más grande entre cualquier par de esquinas es menos de  $30^\circ$ . Este ángulo no debe exceder  $45^\circ$ . Estas condiciones normalmente pueden reunirse con refinamiento de la malla adecuada.

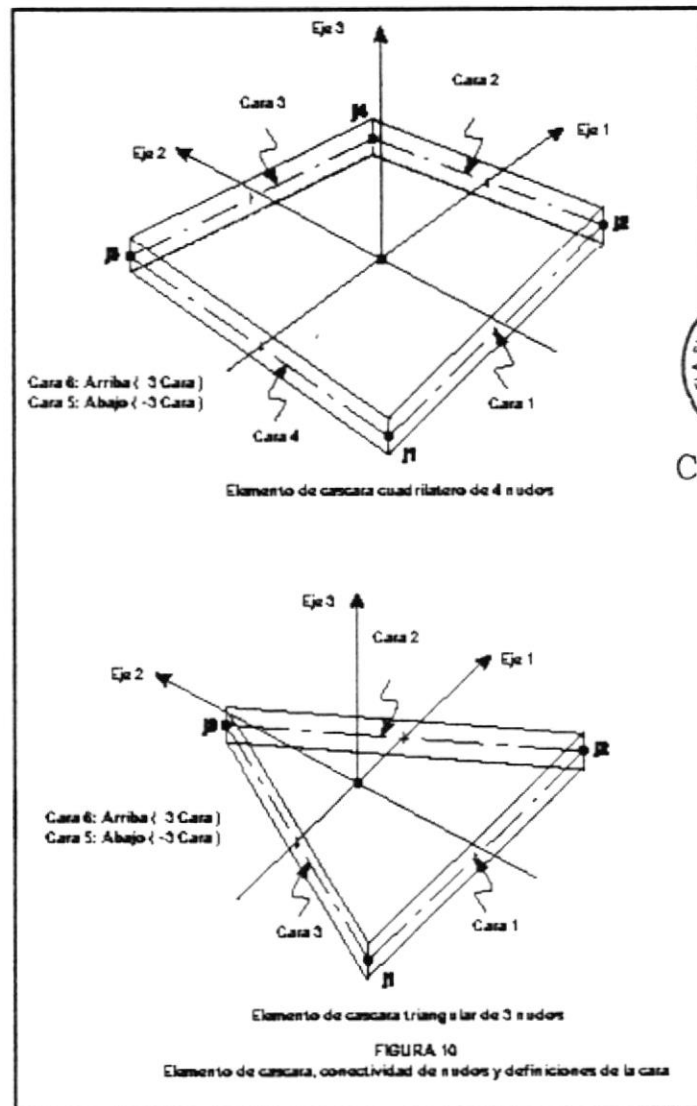


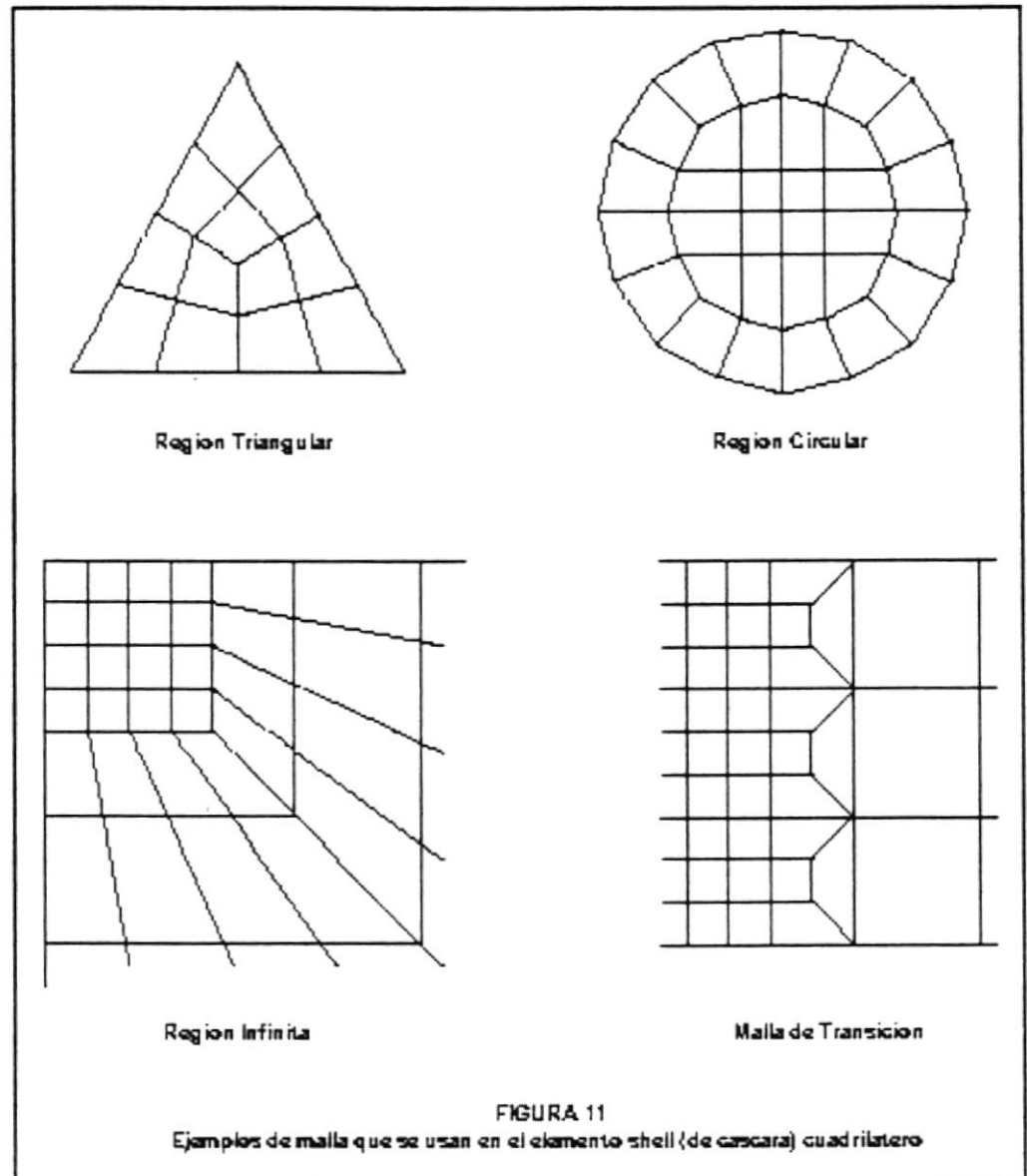
CIB-ESPOL

#### 4.4 Grados de Libertad

El elemento shell (de Cáscara) siempre activa todos los seis grados de libertad a cada uno de sus nudos. Cuando el elemento se usa como una pura membrana, usted debe asegurar que se mantengan vínculos

u otros apoyos a los grados de libertad para la normal traslación y rotaciones de flexión. Cuando el elemento se usa como una pura placa, usted debe asegurar efectivamente que se mantengan vínculos u otros apoyos a los grados de libertad y dentro del diseño las traslaciones y rotaciones sobre la normal.





El comportamiento de cáscara, (membrana más placas) se recomienda para todas las estructuras tridimensionales.



CIB-ESPOL

#### **4.5 Sistema de coordenadas local**

Cada elemento de cáscara tiene su propio sistema de coordenadas local que define propiedades materiales, cargas y esfuerzos. Se denotan las ejes de este sistema local con 1, 2, y 3. Los primeros dos ejes están en el plano del elemento con una orientación que usted especifique; el tercer eje es normal.

Es importante que usted entienda la definición claramente del sistema de coordenadas locales 1-2-3 y su relación al sistema global de coordenadas X-Y-Z. Ambos sistemas son sistemas dextrógiros. Depende de usted definir sistemas locales que simplificarán la entrada de los datos e interpretación de resultados.

En la mayoría de las estructuras la definición del sistema de coordenadas local es sumamente simple usando la orientación predefinida y la coordenada angular del elemento de cáscara. Métodos adicionales están disponibles.

##### **4.5.1 Eje normal 3**

El eje local 3 siempre es normal al plano del elemento de la cáscara. Este eje se dirige hacia usted cuando  $j_1$ - $j_2$ - $j_3$  aparece en sentido contrario a las agujas del reloj. Para elementos

cuadriláteros, el plano del elemento es definido por los vectores que conectan los puntos medios de los dos pares de lados opuestos.

#### 4.5.2 Orientación predefinida

La orientación predefinida de los ejes locales 1 y 2 es determinada por la relación entre el eje local 3 y el eje global Z:

- El plano local 3-2 se toma vertical, es decir, paralelo al eje Z.
- El eje local 2 se toma para tener un sentido ascendente (+Z) a menos que el elemento sea horizontal en ese caso el eje local 2 se toma para estar horizontal a lo largo de la dirección de +Y global.
- El eje local 1 siempre está horizontal, es decir, está en el plano de X-Y.

Se considera que el elemento está horizontal si el seno del ángulo entre el eje local 3 y el eje Z está menor de  $10^{-3}$ .



El eje local 2 hace el mismo ángulo con el eje vertical como el eje local 3 hace con el plano horizontal. Esto significa que el eje local 2 apunta verticalmente hacia arriba para los elementos verticales.

#### 4.5.3 Coordenadas angulares

La coordenada angular, **ang**, se usa para definir orientaciones del elemento diferente de la orientación predefinida. Es el ángulo donde el eje local 1 y 2 rotan sobre el positivo eje local 3 eje de la orientación predefinida.

La rotación para un valor positivo de **ang** aparece en sentido contrario a las agujas del reloj cuando el eje local +3 está apuntando hacia usted.

Para los elementos horizontales, el **ang** es el ángulo entre el eje local 2 y el eje horizontal +Y. Por otra parte, el **ang** es el ángulo entre el eje local 2 y el plano vertical conteniendo al eje local 3. Vea la Figura 12 más adelante para los ejemplos.



## 4.6 Propiedades de la sección

Una sección shell (de cáscara) es un juego de material y propiedades geométricas que se describen transversales a su sección de uno o más elementos de cáscara. Las secciones se definen independientemente de los elementos de cáscara, y se asignan a los elementos.

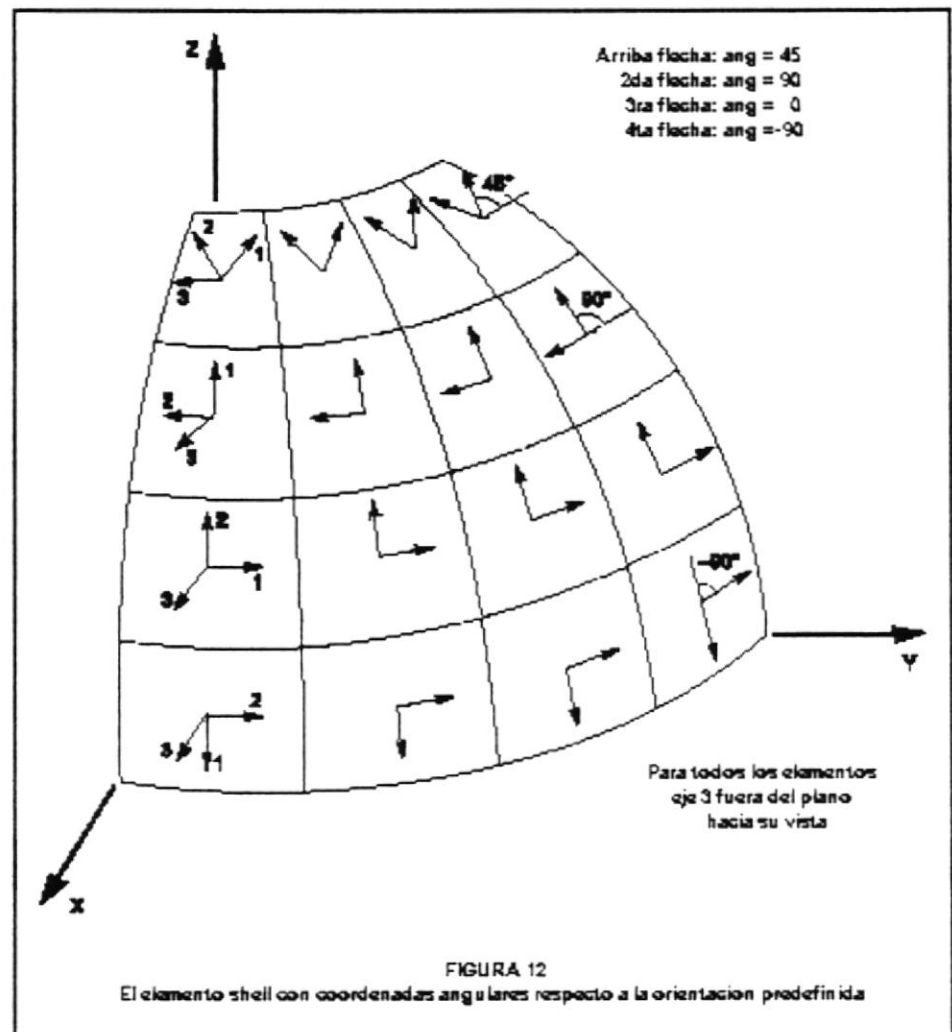
### 4.6.1 Tipo de la sección

El tipo de la Sección, especificado por el tipo de parámetro, determina el tipo de conducta modelado por los elementos de cáscara correspondientes:

- Tipo = MEMBR: Pura conducta de la membrana; sólo las fuerzas del plano y la normal, no existen momentos.
- Tipo = PLACAS: Pura conducta de placas; sólo los momentos del flexión y la fuerza transversal pueden apoyarse.
- Tipo = SHELL: Conducta shell (de cáscara) pura; una combinación de membrana y placa; todas las fuerzas y momentos pueden apoyarse.



Generalmente se recomienda que usted use el comportamiento shell (de cáscara), a menos que la estructura entera este diseñada y soporte adecuadamente.



#### 4.6.2 Propiedades materiales

Las propiedades materiales para cada sección son definidas y especificadas previamente. Las propiedades materiales usadas por la sección shell (de cáscara) son:

- El módulo de elasticidad,  $e1$ , y la relación de Poisson,  $u12$ , computar la membrana, y rigidez de flexión de placas;
- La densidad de masa (por volumen de la unidad),  $m$ , por computar masa del elemento;
- La densidad de peso (por volumen de la unidad),  $w$ , por computar Carga del peso propio.



CIB-ESPOL

#### 4.6.3 Espesor

Cada Sección tiene un espesor de membrana constante y un espesor de flexión constante. El espesor de la membrana,  $th$ , se usa para calcular:

- La rigidez de la membrana para el shell y secciones de pura membrana.

- El volumen del elemento para el peso propio del mismo elemento y cálculos de masa.

El espesor de flexión, **thb**, se usa para calcular:

- La rigidez de placas a flexión para shell y secciones de pura placa.

Normalmente estos dos espesores son lo mismo y usted sólo necesita especificar **th**. Pero el comportamiento para algunas aplicaciones, como modelar superficies arrugadas, la membrana y flexión de placas no pueden representarse adecuadamente por un homogéneo material de un solo espesor. Para este propósito, usted puede especificar un valor de **thb** que es diferente del **th**.

#### **4.7 Masa**

En un análisis dinámico, la masa de la estructura se usa para computar fuerzas inerciales.

La masa contribuida por el elemento shell (de cáscara) se concentra en los nudos del elemento. Ningún efecto de inercia están consideradas dentro del propio elemento.

La masa total del elemento es igual al integral encima del plano del elemento de la densidad de masa,  $m$ , multiplicado por el espesor,  $th$ . La masa total se prorratea a los nudos de una manera que es proporcional a los términos diagonales de la consecuente matriz de masa. Vea a Cook, Malkus, y Plesha (1989) para más información. El total de la masa se aplica a cada uno de los tres grados del traslación de libertad: UX, UY, y UZ. No se computa ningún momento de masa de inercia para los grados rotatorios de libertad.

#### 4.8 Carga del peso propio

Puede aplicarse carga del peso propio en cualquier caso de carga para activar el peso propio de todos los elementos en el modelo. Para un elemento shell (de cáscara), el peso propio es una fuerza que es uniformemente distribuida encima del plano del elemento. La magnitud del peso propio es igual a la densidad de peso,  $w$ , multiplicado por el espesor,  $th$ .

El peso propio siempre actúa hacia abajo, en la dirección de global  $-Z$ . El peso propio puede ser mayorado o minorado por un solo factor que aplica a la estructura entera.



#### **4.9 Carga uniforme**

Se usa cargas uniformes para aplicar fuerzas distribuidas uniformemente a las superficies de los elementos de cáscara. La dirección de la carga puede especificarse en la coordenada global o local.

Se dan intensidades de carga como fuerzas por el área de la unidad. Las intensidades de carga especificadas en diferentes sistemas de coordenadas se convierten y se suman en la coordenada local. La fuerza total que actúa sobre el elemento en cada dirección local da la intensidad de carga total en esa dirección multiplicada por el área de la superficie. Esta fuerza se proratea a los nudos del elemento.

#### **4.10 Salida de fuerza interior y esfuerzos de tensión**

Las tensiones de la cáscara son de fuerza por unidad de área que actúan dentro del volumen del elemento para resistirse la carga. Estas tensiones son:

- las tensiones directas:  $S_{11}$  y  $S_{22}$
- En el plano cortante de tensión:  $S_{12}$
- Las tensiones del cortante transversal:  $S_{13}$  y  $S_{23}$
- La tensión directa transversal:  $S_{33}$  (siempre asumido para ser cero)

Se asume que las tres tensiones en el plano son constantes o varían linealmente a través de el espesor del elemento.

Se asume que las dos tensiones del cortante transversal son constantes a través del espesor.

La distribución de tensión de cortante real es parabólica y es cero a la cima y fondo de la superficie y tomando un máximo o valor mínimo a la superficie del elemento.

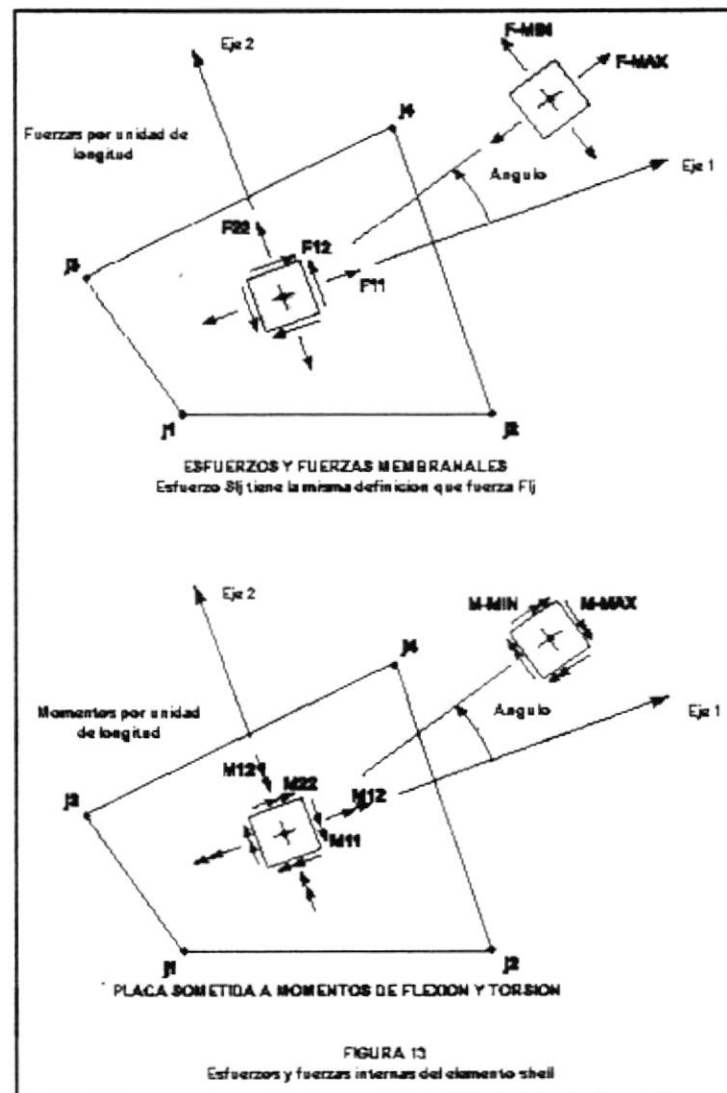
Las fuerzas internas (también llamadas resultantes de tensión) fuerzas y momentos que son el resultado de integrar las tensiones encima del espesor del elemento son:

- Fuerzas directas a la membrana:  $F_{11}$  y  $F_{22}$
- Fuerza cortante a la membrana:  $F_{12}$
- Momentos de flexión a la placa:  $M_{11}$  y  $M_{22}$
- Momento de torsión a la placa:  $M_{12}$
- Fuerzas de cortante transversal a la placa:  $V_{13}$  y  $V_{23}$



Es muy importante notar que éstos enfatizan resultantes de fuerzas y momentos por *unidad de longitud en el plano*. Ellos están presentes en cada punto de la superficie del elemento.

Se ilustran las convenciones de signo para las tensiones y las fuerzas internas en la Figura 13, lo cual se muestra a continuación:



Se orientan tensiones que actúan en una cara positiva en la dirección positiva del elemento en los ejes de la coordenada local. Tensiones que actúan en una cara negativa se orientan en la dirección negativa del elemento en los ejes de la coordenada local. Una cara positiva es donde la normal exterior (apuntando fuera del elemento) está en la dirección positiva local 1 o 2.

Las fuerzas interiores positivas corresponden a un estado de tensión positiva que es constante a través del espesor. Los momentos internos positivos corresponden a un estado de tensión que varía linealmente a través del espesor y es positivo al fondo.

Se evalúan las tensiones y las fuerzas internas a la norma 2 por 2 de la integración de Gauss apuntada y extrapolada a los nudos del elemento. Aunque estos son asignados en los nudos, las tensiones y las fuerzas internas existen a lo largo del elemento. Vea a Cook, Malkus, y Plesha (1989) para más información.

Se computan las tensiones de elemento de Cáscara y las fuerzas internas para todos los Casos del Análisis: Cargas, Modos, y Espectros.

Los valores principales y las direcciones principales asociadas también se computan para las Cargas y Modos. El ángulo dado es medido en sentido contrario a las agujas del reloj (cuando la vista esta arriba) del eje local 1 a la dirección del máximo valor principal.

Es importante notar que los resultados del Espectro de Respuesta siempre son positivos, y que la correspondencia entre valores diferentes ha estado perdida.



# CAPITULO 5

## 5. LOS NUDOS Y GRADOS DE LIBERTAD

Los nudos juegan un papel fundamental en el análisis de cualquier estructura. Los nudos son los puntos de conexión entre los elementos y ellos son las localizaciones primarias en la estructura, de desplazamientos conocidos o a determinarse. Los componentes de desplazamiento (traslaciones y rotaciones) en los nudos se llaman los grados de libertad.

### 5.1 Temas

- Visión global.
- Consideraciones del modelo.
- Sistema de coordenadas local.
- Grados de libertad.
- Vínculos y reacciones.
- Resortes.



- Masas.
- Fuerza de carga.
- Carga de desplazamiento en el suelo.

## 5.2 Visión global

Los nudos, también conocidos como **puntos nodales o nodos**, son una parte fundamental de cada estructura. Los nudos realizan una variedad de funciones:

- Todos los elementos se conectan a la estructura mediante nudos.
- La estructura se apoya en los nudos que usan Vínculos y/o resortes.
- Pueden especificarse el comportamiento y condiciones Cuerpo-Rígido de simetría usando Constricciones aplicadas a los nudos.
- Pueden aplicarse cargas concentradas en los nudos.
- Concentración de masas e inercia rotatoria pueden ponerse a los nudos.



- Todas las cargas y masas aplicadas a los elementos realmente se transfieren a los nudos.
- Los nudos son las localizaciones primarias en la estructura en la que los desplazamientos son conocidos (los apoyos) o serán determinados.

Todas estas funciones se discuten en este capítulo salvo las Constricciones que se describen en el capítulo "Las Constricciones del nudo".

Usando SAP2000, se crean nudos automáticamente a los extremos de cada elemento de pórtico y a las esquinas de cada elemento de Cáscara (shell). Los nudos también pueden ser definidos independientemente de cualquier elemento. Los nudos actúan independientemente de cada uno a menos que estén conectados por elementos.

Los nudos pueden ser considerados como elementos sin conectividad. Cada uno puede tener su propio sistema de coordenada local y por definir los grados de libertad. Vínculos, propiedades del nudo, y cargas; y por interpretar esfuerzos del nudo. En la mayoría de los

casos, sin embargo, que los ejes globales X-Y-Z se usan como el sistema de coordenadas local para todos los nudos en el modelo.

Hay seis grados de desplazamiento de libertad en cada nudo; tres traslaciones y tres rotaciones. Estos componentes de desplazamiento se alinean a lo largo de la coordenada local de cada nudo.

Los nudos pueden ser cargados directamente a través de cargas concentradas o indirectamente por desplazamientos de tierra actuando en Vínculos o apoyos de resorte. Desplazamientos (traslaciones y rotaciones) se produce en cada nudo. Fuerzas externas, fuerzas internas y momentos actúan en cada nudo.

### 5.3 Consideraciones en el modelo

La localización de los nudos y elementos es crítica determinando la exactitud del modelo estructural. Algunos de los factores que usted necesita considerar al definir el elemento (y de los nudos) para la estructura son:

- El número de elementos debe ser suficiente para describir la geometría de la estructura.



Para las líneas rectas y bordes, un elemento es adecuado. Para las curvas y superficies encorvadas, un elemento debe usarse para cada arco de  $15^\circ$  o menos.

- Elemento y nudos límite, deben localizarse en los puntos, líneas, y superficies de discontinuidad:

- Los límites estructurales, es decir, esquinas y bordes.

- Los cambios en propiedades materiales.

- Los cambios en espesor y otras propiedades geométricas.

- Los puntos de apoyo (Vínculos y Resortes).

- Los puntos de aplicación de cargas concentradas, sólo que en los elementos de pórtico se puede poner cargas aplicadas dentro de sus vanos.

- En regiones que tienen pendientes de tensión grandes, es decir, donde las tensiones están cambiando rápidamente, una malla del elemento de Cáscara que usa elementos pequeños debe refinarse con nudos estrechamente espaciados. Esto puede hacerse cambiando la malla después de uno o más análisis preliminares.

- Más de un elemento debe usarse para modelar la longitud de cualquier vano para que la conducta dinámica sea importante. Esto se requiere porque la masa siempre se agrupa en los nudos, aun cuando es contribuido por los elementos.

#### **5.4 Sistema de coordenadas local**

Cada nudo tiene su propio sistema de coordenadas local, define los grados de libertad, vínculos, propiedades, y cargas en el nudo; y para interpretar resultados. Los ejes del sistema de coordenadas local se denotan por 1, 2, y 3. Por defecto estos ejes son idénticos al sistema global, X, Y, y Z, respectivamente. Ambos sistemas son sistemas dextrógiros.

El sistema de coordenadas local predefinido es adecuado para la mayoría de localizaciones. Sin embargo, para ciertos propósitos modelados puede ser útil usar sistemas de coordenadas local diferente a algunos o todos los nudos. Esto se describe en el capítulo de "Constricciones del nudo".



CIB-ESPOL

### 5.5 Grados de libertad

La desviación del modelo estructural es gobernada por los desplazamientos de los nudos. Cada nudo del modelo estructural puede tener a seis componentes de desplazamiento:

- El nudo se puede trasladar a lo largo de sus tres ejes locales. Estas traslaciones se denotan por U1, U2, y U3.
- El nudo puede rotar sobre sus tres ejes locales. Estas rotaciones se denotan por R1, R2, y R3.

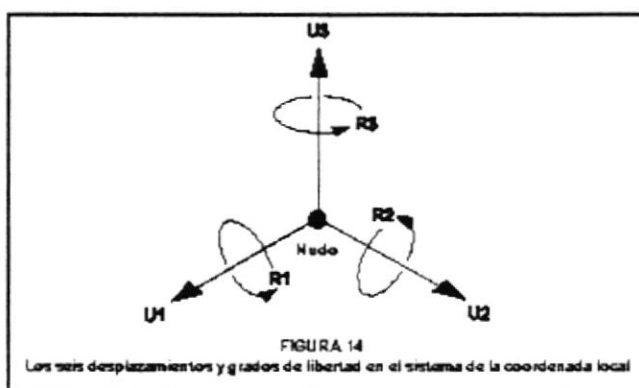
Estos seis componentes de desplazamiento son conocidos como los grados de libertad del nudo. Se ilustran grados locales de libertad en la Figura 14.

Además de los nudos regulares definidos como la parte de su modelo estructural, el programa, automáticamente crea nudos maestros que gobiernan la conducta de cualquier Constricción que usted puede haber definido. Cada nudo maestro tiene los mismos seis grados de libertad como los nudos regulares. Vea Capítulo “Constricciones del nudo” para más información.



Cada grado de libertad en el modelo estructural debe pertenecer a uno de los tipos siguientes:

- Activo-el desplazamiento se computa durante el análisis.
- Restringido-el desplazamiento se especifica, y la reacción correspondiente es computado durante el análisis.
- Constringido-el desplazamiento es determinado por los desplazamientos a otros grados de libertad.
- Nulo-el desplazamiento no afecta la estructura y es ignorado por el análisis.
- Indisponible-que el desplazamiento se ha excluido explícitamente del análisis.



Se describen estos diferentes tipos de grados de libertad en el subtítulo siguiente.

### 5.5.1 Grados de libertad disponibles y no disponibles

Usted puede especificar los grados globales de libertad a la que está disponible explícitamente cada nudo en el modelo estructural. Por defecto, todos los seis grados de libertad están disponibles en cada nudo. Este valor generalmente debe usarse para todas las estructuras tridimensionales.

Sin embargo, usted puede desear restringir **los grados disponibles de libertad**. Por ejemplo, en el plano de X-Z: una cercha necesita sólo UX y UZ; un pórtico necesita sólo UX, UZ, y RY; y una reja o placa de piso sólo necesita UY, RX, y RZ.

Los grados de libertad que no son especificados como estar disponible, son llamados **indisponibles grados de libertad**. Cualquier rigidez, cargas, masa, vínculos, o constricciones que se aplica a los grados indisponibles de libertad es ignorado por el análisis.

Pueden restringirse grados disponibles de libertad, constringidos, activos, o nulos.

### 5.5.2 Grados de libertad restringidos



Si el desplazamiento de un nudo a lo largo de cualquiera de sus grados disponibles de libertad es **restringido**, es conocido como un punto de apoyo. El conocido valor del desplazamiento puede ser cero o puede no tender a cero, y puede ser diferente en diferentes estados de carga. La fuerza a lo largo del grado restringido de libertad a la que se requiere imponer el desplazamiento especificado se llama la reacción, y es determinado por el análisis.

Se restringen grados indisponibles de libertad esencialmente. Sin embargo, ellos se excluyen del análisis y ninguna reacción se computa, aun cuando ellos tienden a no ser cero.

### 5.5.3 Grados de libertad constringidos

Cualquier nudo que es parte de un Constricciones puede tener uno o más de sus grados disponibles de libertad constringido. El programa crea un nudo maestro automáticamente para gobernar

la conducta de cada Constricción. El desplazamiento de un grado constringido de libertad entonces como una combinación lineal de los desplazamientos a lo largo de los grados de libertad en el nudo maestro correspondiente.

Un grado de libertad no puede ser a la vez constringido y restringido.

#### **5.5.4 Grados de libertad activos**

Todos los grados disponibles de libertad que no se constringen ni se restringen deben ser activos o nulos. El programa determinará automáticamente **los grados activos de libertad** como sigue:

- Si cualquier carga o rigidez se aplica a lo largo de cualquier grado de traslación de libertad a un nudo, entonces se hacen todos los grados de traslación disponibles de libertad en ese nudo activo a menos que ellos estén constringidos o restringidos.
- Si cualquier carga o rigidez se aplica a lo largo de cualquier grado rotatorio de libertad a un nudo, entonces se hacen todos los grados rotatorios disponibles de libertad en ese nudo activo a

menos que ellos estén constringidos (encogidos) o restringidos (refrenados).

- Todos los grados de libertad en un nudo maestro que gobierna los grados constringidos de libertad se hace activo.

Un nudo que se conecta a cualquier pórtico o elemento de cáscara tendrá todos de sus grados de libertad disponibles. Una excepción es un elemento de pórtico tipo cercha que no activará grados rotatorios de libertad.

Cada grado activo de libertad tiene una ecuación asociada a ser resuelta. Si hay  $N$  grados activos de libertad en la estructura, hay  $N$  ecuaciones en el sistema, y se dice que la matriz de rigidez estructural es de orden  $N$ . La cantidad computacional que se exige para realizar el análisis aumenta con  $N$ .

La carga que actúa a lo largo de cada grado activo de libertad es conocida (puede ser cero). El desplazamiento correspondiente será determinado por el análisis.



Si hay grados activos de libertad en el sistema en el que la rigidez es conocida como cero, como la traslación de fuera-de-plano en un diseño de pórtico, éstos deben ser restringidos o considerarlos nulos. Caso contrario, la estructura es inestable y la solución de las ecuaciones estáticas fallará.

#### **5.5.5 Grados de libertad nulos**

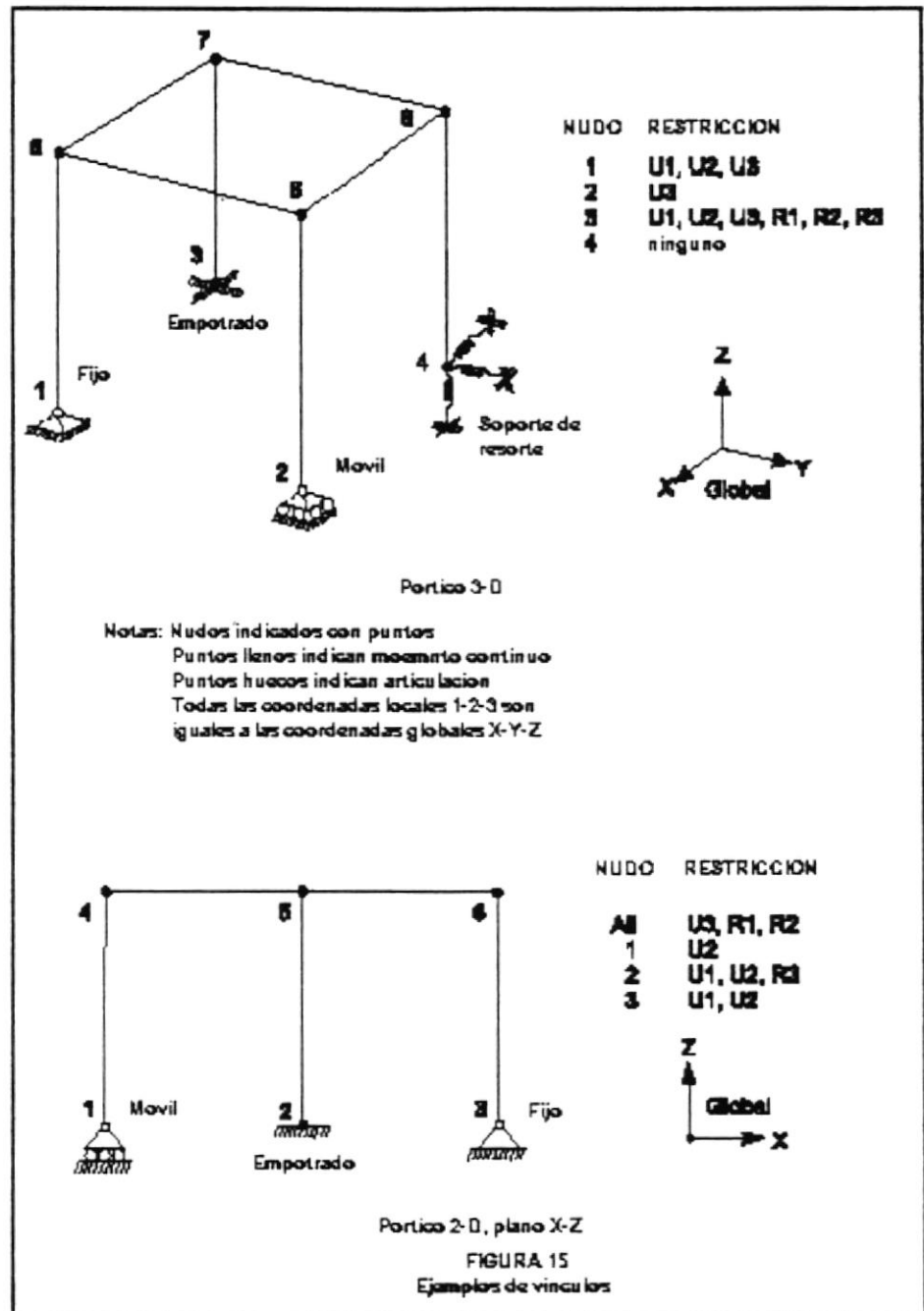
Los grados disponibles de libertad que no se restringen, constriñen (encogen), o activan, son llamados los grados de libertad nulos. Porque ellos no tienen carga o rigidez, sus desplazamientos y reacciones son cero, y ellos no tienen efecto en el resto de la estructura. El programa los excluye automáticamente del análisis.

#### **5.6 Vínculos y reacciones**

Si el desplazamiento de una nudo a lo largo de sus grados de libertad tiene un valor conocido, cero (es decir, en los puntos de apoyo) o diferente de cero (es decir, debido al hundimiento del apoyo), la restricción debe aplicarse a ese grado de libertad. El valor conocido del desplazamiento puede diferir de un Caso de Carga al próximo, pero el grado de libertad es restringido para todos los Casos de Carga.



En otras palabras, no es posible tener el desplazamiento conocido en un Caso de Carga y desconocido (libre) en otro Caso de Carga.



También deben aplicarse vínculos a los grados disponibles de libertad en el sistema donde la rigidez se conoce como cero, la traslación fuera del plano y en rotaciones en el plano de un pórtico. Caso contrario, la estructura es inestable y la solución de las ecuaciones estáticas fallará.

La fuerza o momento a lo largo del grado de libertad que se exige a dar fuerza a la restricción se llama la reacción, y es determinado por el análisis. La reacción puede diferir de un Caso de Carga al próximo. La reacción incluye las fuerzas (o momentos) de todos los elementos conectados al grado restringido de libertad, así como todas las cargas aplicadas al grado de libertad. Un grado restringido de libertad no puede constringirse (reprimirse). Se muestran ejemplos de vínculos en la Figura 15.



CIB-ESPOL

### 5.7 Resortes

Cualquiera de los seis grados de libertad en cualquiera de los nudos en la estructura puede tener condiciones de apoyo de resorte de traslación o rotación. Estos resortes son elásticamente conectados a los nudos de la tierra. Los apoyos de resortes a lo largo de los grados restringidos de libertad no hacen que contribuya a la rigidez de la estructura.

Se relacionan las fuerzas de los resortes que actúan en un nudo a los desplazamientos de ese nudo por una matriz simétrica de 6x6 con coeficientes de rigidez del resorte. Estas fuerzas tienden a oponer los desplazamientos. Se especifican coeficientes de rigidez de resortes en el nudo con la coordenada local. Las fuerzas y momentos  $F_1, F_2, F_3, M_1, M_2$  y  $M_3$  de los resortes en un nudo se da por: ( ec. 1 )

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} u_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & u_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & u_3 & 0 & 0 & 0 \\ & & & r_1 & 0 & 0 \\ & \text{sym.} & & & r_2 & 0 \\ & & & & & r_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{Bmatrix}$$

donde  $u_1, u_2, u_3, r_1, r_2$  y  $r_3$  son los desplazamientos y rotaciones del nudo, y los términos  $u_1, u_2, u_3, r_1, r_2,$  y  $r_3$  son los coeficientes de rigidez de resortes especificados.

El desplazamiento conectado con la tierra de los resortes puede especificarse para ser cero o diferente de cero (es decir, debido a un apoyo). Esta conexión con la tierra puede variar los desplazamientos de un Caso de Carga al próximo.

## 5.8 Masas

En un análisis dinámico, la masa de la estructura se usa para computar fuerzas inerciales.

Normalmente, la masa se obtiene de los elementos que usan la densidad de masa del material y el volumen del elemento. Esto produce automáticamente concentración de masas en los nudos. Los valores de masa del elemento son iguales para cada uno de los tres grados de traslación. Ningún momento de masa de inercia se produce para el grados rotatorios de libertad. Este acercamiento es adecuado para la mayoría de los análisis.

Es a menudo necesario poner masas concentradas adicionales y/o momentos de masa de inercia en los nudos. Estos pueden aplicarse a cualquiera de los seis grados de libertad de cualquier nudo en la estructura.

Para la eficacia computacional y exactitud de la solución, SAP2000 siempre los usa y concentra masas. Esto significa no hay ninguna masa que acopla entre los grados de libertad de un nudo o entre nudos diferentes. Estas masas automáticamente se envían al sistema

de la coordenada local de cada nudo. Valores de masa a lo largo de los grados restringidos de libertad se ignoran.

Se relacionan fuerzas inerciales que actúan en los nudos a las aceleraciones en los nudos por una matriz de valores de masa de 6x6. Estas fuerzas tienden a oponer las aceleraciones. En un nudo de la coordenada local, las fuerzas inerciales y momentos  $F_1, F_2, F_3, M_1, M_2$  y  $M_3$  en un nudo se da por:

$$\begin{array}{c} \left. \begin{array}{l} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{array} \right\} = \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{cccccc} u_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & u_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & u_3 & 0 & 0 & 0 \\ & & & r_1 & 0 & 0 \\ & \text{sym.} & & & r_2 & 0 \\ & & & & & r_3 \end{array} \right] \left. \begin{array}{l} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{array} \right\} \end{array}$$

donde,  $U_1, U_2, U_3, F_1, F_2$  y  $F_3$  son las traslaciones y las aceleraciones rotatorias al nudo, y los términos  $u_1, u_2, u_3, r_1, r_2,$  y  $r_3$  son los valores de masa especificados.

Deben darse valores de masa en unidades de masa consistentes (W/g) y los momentos de masa de inercia deben estar en unidades de  $WL^2 / g$ . Donde el peso es W, L es la longitud, y g es la aceleración



debido a la gravedad. Los valores de masa neto en cada nudo en la estructura deben ser cero o positivos.

Ver la Figura 16, para el momento de masa, formulaciones de inercia para varios diseños.



CIB-ESPOL

### **5.9 Carga de fuerza**

La Carga de Fuerza se usa para aplicar fuerzas concentradas y momentos en los nudos. Se especifican valores en coordenadas globales como se muestra en la Figura 17. La carga de fuerza puede variar de un Caso de Carga al próximo.

Las fuerzas y momentos aplicados a lo largo de los grados restringidos de libertad se agregan al correspondiente reacción, pero no afecta a la estructura.

### **5.10 Carga de Desplazamiento en el suelo**

La Carga de Desplazamiento de Tierra se usa para aplicar desplazamientos especificados (traslaciones y rotaciones) al extremo conectado con tierra de vínculos en el nudo y apoyos en los resortes.

Se especifican valores del desplazamiento en coordenadas globales como se muestra en la Figura 17. Estos valores se convierten en coordenadas locales antes de aplicarse al nudo a través de los vínculos y resortes.

Los vínculos pueden ser considerados como conexiones rígidas entre los grados de libertad del nudo y la tierra. Los resortes pueden ser considerados como conexiones flexibles entre los grados de libertad del nudo y la tierra.



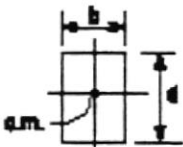
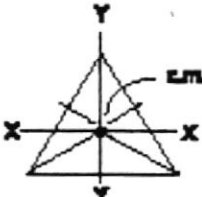
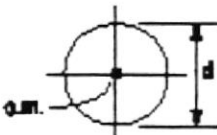
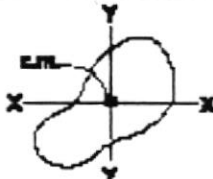
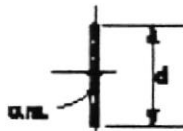

Forma en el plano	Momento de inercia de masa alrededor del eje vertical (normal al papel) respecto al centro	Formula
	<p>Diagrama rectangular: Masa uniformemente distribuida por unidad de area Masa total del diafragma = <math>M</math> ( o <math>w/g</math> )</p>	$MMI_{cm} = \frac{M(b^2+d^2)}{12}$
	<p>Diagrama triangular: Masa uniformemente distribuida por unidad de area Masa total del diafragma = <math>M</math> ( o <math>w/g</math> )</p>	<p>Use la formula general de diafragma</p>
	<p>Diagrama circular: Masa uniformemente distribuida por unidad de area Masa total del diafragma = <math>M</math> ( o <math>w/g</math> )</p>	$MMI_{cm} = \frac{Md^2}{8}$
	<p>Diagrama general: Masa uniformemente distribuida por unidad de area Masa total del diafragma = <math>M</math> ( o <math>w/g</math> ) Area del diafragma = <math>A</math> Mom. de inercia alrededor de X-X= <math>I_x</math> Mom. de inercia alrededor de Y-Y= <math>I_y</math></p>	$MMI_{cm} = \frac{M(I_x+I_y)}{A}$
	<p>Masa unitaria: Masa uniformemente distribuida por unidad de longitud Masa total de longitud = <math>M</math> ( o <math>w/g</math> )</p>	$MMI_{cm} = \frac{Md^2}{12}$
	<p>Eje de transformacion para una masa: si la masa en un punto de masa, <math>MMI_o = 0</math></p>	$MMI_{cm} = MMI_o + Md^2$

FIGURA 16  
Formulas para los momentos de inercia de masa

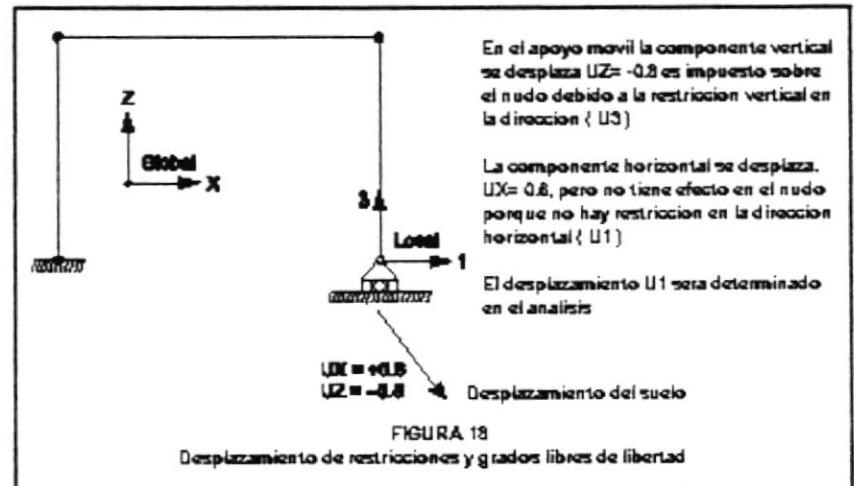
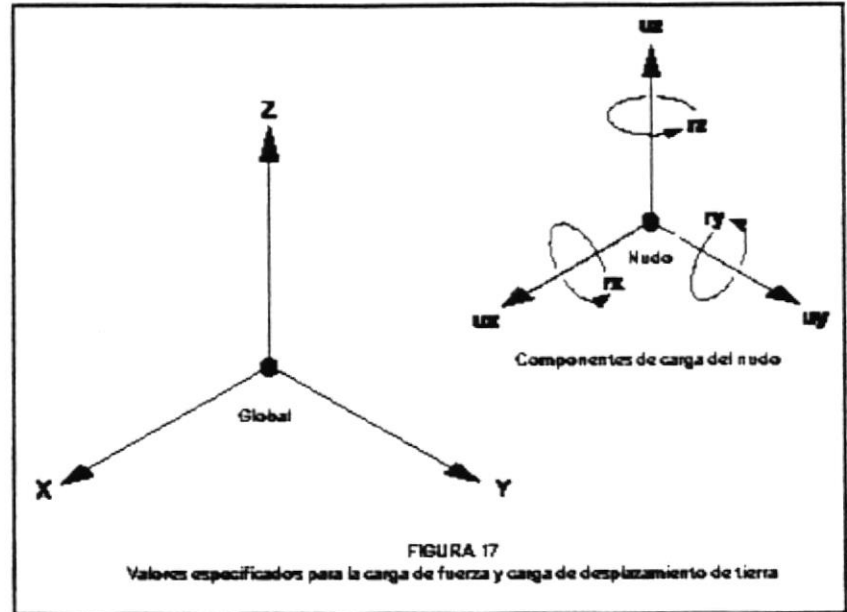
### 5.10.1 Desplazamientos de las restricciones

Si un grado de particular de libertad del nudo se restringe, el desplazamiento es igual al desplazamiento de tierra a lo largo de ese grado local de libertad. Esto aplica sin tener en cuenta si los resortes están presentes.

El desplazamiento de tierra, y el desplazamiento del nudo, puede variar de un Caso de carga al próximo. Si ninguna Carga de Desplazamiento de Tierra se especifica para una restricción de libertad, el desplazamiento del nudo es cero para ese Caso de Carga.

Componentes de desplazamiento de tierra que no están a lo largo de los grados restringidos de libertad no cargan la estructura (posiblemente exceptúe a través de resortes). Un ejemplo de esto se ilustra en la Figura 18.





### 5.10.2 Desplazamientos de resortes

Los desplazamientos de tierra en un nudo son multiplicados por el coeficientes de rigidez de los resortes para obtener las fuerzas eficaces y momentos que se aplican al nudo.

Los desplazamientos de resortes aplicados en una dirección sin la rigidez de resorte resulta cero aplicado a la carga.

El desplazamiento de tierra, y de las fuerzas aplicadas junto con los momentos, pueda varíe de un Caso de Carga al otro.

En un nudo el sistema de la coordenada local, las fuerzas aplicadas y momentos  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$  debido a los desplazamientos de tierra se da por: ( ec. 2 )

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & u_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & u_3 & 0 & 0 & 0 \\ & & & r_1 & 0 & 0 \\ & \text{sym.} & & & r_2 & 0 \\ & & & & & r_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_{10} \\ u_{20} \\ u_{30} \\ r_{10} \\ r_{20} \\ r_{30} \end{Bmatrix}$$



donde  $u_{g1}$ ,  $u_{g2}$ ,  $u_{g3}$ ,  $r_{g1}$ ,  $r_{g2}$  y  $r_{g3}$  son los desplazamientos de tierra y rotaciones, y los términos  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $u_3$ ,  $r_1$ ,  $r_2$ , y  $r_3$  son los coeficientes de rigidez de los resortes especificados.

El resultado neto las fuerzas y momentos de los resortes que actúan en el nudo son la suma de las fuerzas y momentos cedidos. Ecuaciones (1) y (2); note que éstos son de signos opuestos. En una restricción de libertad, el desplazamiento del nudo es igual al desplazamiento de tierra, y la fuerza neta del resorte es cero.



# CAPITULO 6

## 6. CONSTRICCIONES DEL NUDO

Se usan constricciones para dar fuerza en ciertos tipos de conducta del cuerpo rígido, conectar diferentes partes del modelo y para imponer ciertos tipos de condiciones de simetría.

### 6.1 Temas

- Visión global.
- Constricciones de Diafragma.

## 6.2 Visión global

Una constricción consiste en un juego de dos o más nudos constringidos. Los desplazamientos de cada par de nudos en las constricciones está relacionado por ecuaciones de constricción. Los tipos de conducta que puede dar fuerza a través de constricciones son:

- Comportamiento de cuerpo rígido en la que los nudos constringidos (encogidos) trasladan y rotan juntos conectados por eslabones rígidos. Los tipos de comportamiento rígido puede ser modelado por:

- El Cuerpo rígido: totalmente rígido para todos los desplazamientos
- El Diafragma rígido: rígido para el comportamiento de la membrana en un plano
- Placa rígida: rígida para placas que dobla en un plano
- Vara rígida: rígida para la extensión a lo largo de un eje
- Viga rígida: rígido para viga que dobla en un eje

- Comportamiento de desplazamiento igual en la que las traslaciones y rotaciones son iguales en los nudos constringidos.

- Simetría y condiciones de anti-simetría.



El uso de constricciones reduce el número de ecuaciones en el sistema a ser resuelto y normalmente producirá eficacia del computacionales. Sólo las constricciones del Diafragma se describe en el capítulo, desde que es el tipo más usado de constricciones

### **6.3 Constricciones del diafragma**

Una constricción del diafragma causa que todos sus nudos constringidos se muevan juntos como un diafragma plano que está rígido contra la deformación de la membrana. Eficazmente, todos los nudos se conectan unos a otros por eslabones que están rígidos en el plano, pero hace efecto fuera-de-plano (deformación de placas).

Estas constricciones pueden usarse en:

- Simulación de losas de concreto, estructuras que típicamente tengan rigidez muy alta en el plano.
- Modelo de diafragmas en super-estructuras de puentes.

El uso del constricciones de diafragma para estructuras elimina los problemas de exactitud numérica creando una rigidez grande en el plano, un suelo de diafragma se diseña con elementos de membrana.

También es muy útil en el análisis lateral (horizontal) dinámico de edificios, cuando produce una reducción significativa en el tamaño del problema del eigen-value para ser resuelto. Vea Figura 19 para una ilustración de un diafragma del suelo.

### 6.3.1 Conectividad del nudo

Cada Constricción del Diafragma conecta un juego de dos o más nudos juntos. Los nudos pueden tener cualquier localización arbitraria en el espacio, pero para los resultados más buenos todos los nudos deben estar en el plano de constricciones. Por otra parte, momentos flectores pueden generarse con restricciones por constricción que no son rígidos reales a la estructura.



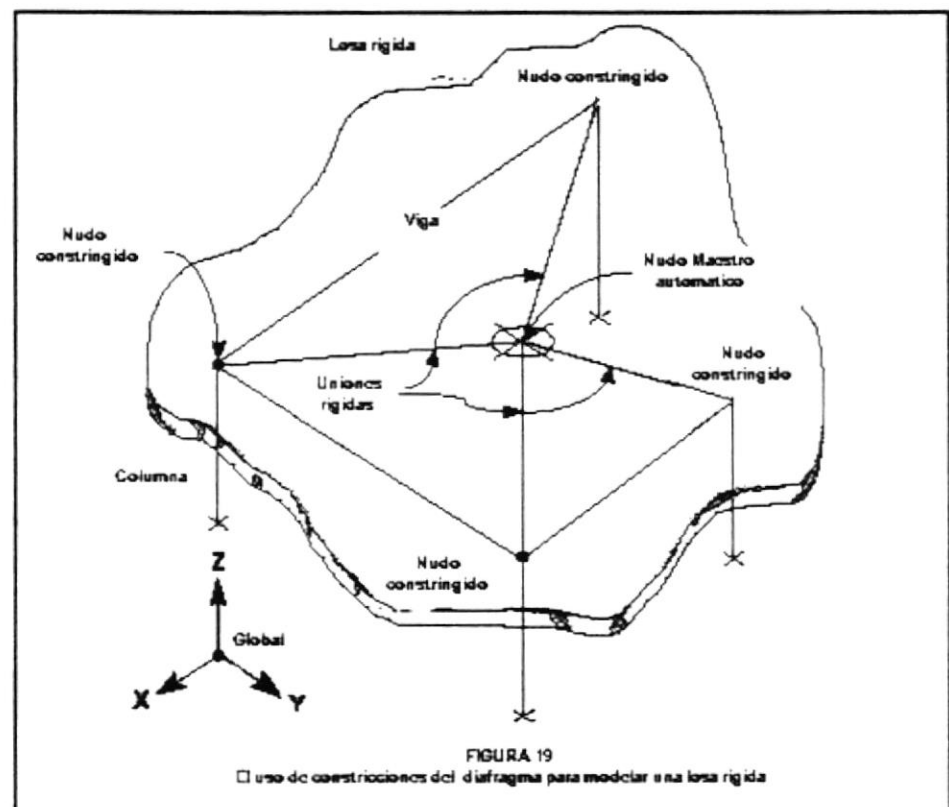
### 6.3.2 Definición del plano

Las ecuaciones de constricción del Diafragma se escriben con respecto a un plano particular. La localización del plano es importante, sólo su orientación.

Por defecto, el plano es automáticamente determinado por el programa de la distribución de los nudos constringidos en el espacio.

Si ninguna dirección puede encontrarse, el diafragma horizontal (X-Y) el plano es supuesto; esto puede ocurrir si los nudos son coincidentes o colineales, o si la distribución espacial es casi tridimensional que el diseño plano.

Usted puede seleccionar el plano especificando el eje global (X, Y, o Z) que es normal al plano de las restricciones. Esto puede ser útil, por ejemplo, al especificar un plano horizontal para un suelo con un paso pequeño en él.



### 6.3.3 Sistema de coordenadas local

Cada Constricción del Diafragma tiene su propio sistema de coordenadas local, los ejes se denotan 1, 2, y 3. El eje 3 local siempre es normal al plano de constricciones.

El programa escoge la orientación de ejes automáticamente, arbitrariamente los ejes 1 y 2 están en el plano. La orientación real de los ejes de diseño no es importante, desde que la dirección normal la dirección afecta las ecuaciones de constricción.

### 6.3.4 Ecuaciones de constricciones

Las ecuaciones de constricción relacionan los desplazamientos en cualquier par de nudos escogidos (subíndices  $i$  y  $j$ ) en Constricciones de Diafragma. Estas ecuaciones se expresan en términos de traslaciones en el plano ( $u_1$  y  $u_2$ ), la rotación ( $r_3$ ) sobre la normal, y las coordenadas del plano ( $x_1$  y  $x_2$ ), todas las constricciones del sistema de la coordenada local:



$$\begin{aligned}
 u_{1j} &= u_{1i} - r_{3i} \Delta x_2 \\
 u_{2j} &= u_{2i} + r_{3i} \Delta x_1 \\
 r_{3j} &= r_{3i} \\
 \text{donde } \Delta x_1 &= x_{1j} - x_{1i} \quad \Delta x_2 = x_{2j} - x_{2i}
 \end{aligned}$$

# CAPITULO 7

## 7. EL ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINAMICO

Se usan el análisis estático y dinámico para determinar la respuesta de la estructura a varios tipos de carga.

### 7.1 Temas

- Visión global
- Casos de Análisis
- Análisis Estático
- Cargas de aceleración
- Análisis de Eigen-vector
- Análisis del Ritz-vector
- Resultados del análisis modal
- Análisis de espectro de respuesta
- Resultados del análisis de espectro de respuesta



## 7.2 Visión Global

Diferentes tipos de análisis tiene a su disponibilidad el programa SAP2000. Estos incluyen:

- el análisis estático
- el análisis modal para los modos de vibración, usando eigen-vector o ritz-vector
- Análisis del espectro de respuesta sísmico

Estos diferentes tipos de análisis cubren todo lo realizado en la misma ejecución del programa, y los resultados se combinan para el rendimiento, con las excepciones siguientes:

- que el análisis Modal se exige para realizar espectro de respuesta
- Sólo un tipo de análisis modal puede realizarse en una sola carrera: el análisis del eigen-vector o análisis del ritz-vector.

### 7.3 Casos de análisis

Cada análisis diferente realizado se llama un caso del análisis. Usted asigna una etiqueta a cada caso del análisis como parte de su definición. Estas etiquetas pueden usarse para crear combinaciones adicionales y para controlar el rendimiento.

Los tipos básicos de casos del análisis son:

- Caso de carga, o simplemente la carga-una distribución espacial básica de carga, y el resultado correspondiente de un análisis estático.
- Análisis modal de un eigen-vector o ritz-vector, y la frecuencia correspondiente, resultado del análisis del modo de vibración.
- Especificación del resultado básico de un análisis del espectro de respuesta.

Usted puede definir cualquier número de cada tipo diferente de caso del análisis, ser computado en una sola ejecución del programa.

Las combinaciones lineales de los varios casos del análisis están disponibles a través de la interface gráfica del SAP2000.



#### 7.4 Análisis estático

El análisis estático de una estructura involucra la solución del sistema de ecuación lineal representado por:

$$K u = r$$

donde K es la matriz de tiesura, r es el vector de cargas aplicadas, y u es el vector de desplazamiento resultante.

Para cada caso de carga que usted define, el programa crea la carga automáticamente vector r y resuelve para los desplazamientos estáticos u. Cada caso de carga puede incluir:

- Mismo peso de carga en el marco y/o elementos de la cáscara.
- Concentración y Distribución de cargas del palmo en elementos del marco.
- Carga uniforme en elementos de la cáscara.
- Fuerza y/o Cargas de Desplazamiento de Tierra en Junturas
- Otros tipos de cargas se describen en la referencia del análisis del SAP2000.



### 7.5 Cargas de aceleración

El programa computa tres cargas de aceleración en las que actúan automáticamente la estructura debido a las aceleraciones de translaciones de unidad en cada uno de las tres direcciones globales.

Ellos son determinados por el principal de d'Alembert, y se denota  $m_x$ ,  $m_y$ , y  $m_z$ . Estas cargas se usan para aplicar aceleraciones de tierra en el análisis del espectro de respuesta, y se usa para empezar con los vectores de carga para el análisis del ritz-vector.

Estas cargas se computan para cada junta y elemento y se suman encima de toda la estructura. La aceleración de carga para las juntas es absolutamente igual al negativo de la traslación de la junta y la masa en la junta del sistema de coordenadas local. Estas cargas son transformado al sistema de coordenadas global.

La aceleración de carga para todos los elementos es el mismo en cada dirección y es igual al negativo de la masa del elemento. Ninguna transformación de la coordenada es necesario.

Las cargas de aceleración pueden transformarse en cualquier sistema de coordenadas. En el sistema de coordenadas global, la aceleración de carga a lo largo del eje X , Y, y Z positivo se denotan como UX, UY, y UZ, respectivamente. En un sistema de coordenadas local el resultado para un análisis del espectro de respuesta, la aceleración de carga a lo largo del eje positivo local 1, 2, y 3 se denotan como U1, U2, y U3, respectivamente.

### 7.6 Análisis de Eigen-vector

El análisis de Eigen-vector determina los diferentes modos, formas y frecuencias de libre vibración del sistema. Estos modos naturales proporcionan una visión excelente en la conducta de la estructura.

Ellos también pueden usarse como la base para el análisis del espectro de respuesta, aunque se recomiendan vectores de Ritz para este propósito.

El análisis de Eigen-vector involucra la solución del problema del eigen-evaluación generalizado por:



$$[\mathbf{K} - \Omega^2 \mathbf{M}] \mathbf{\Phi} = \mathbf{0}$$

dónde  $K$  es la matriz de tiesura,  $M$  es la matriz de masa diagonal,  $\Omega^2$  es la matriz diagonal de eigen-evaluación,  $\Phi$  es la matriz de eigen-vector correspondiente (modo y formas).

Cada par del eigen-evaluación-eigen-vector se llama un Modo de Vibración natural de la estructura. Los Modos son identificados por números de 1 a  $n$  en el orden en que los modos son encontrados por el programa.

El eigen-evaluación es el cuadrado de la frecuencia redonda,  $\omega$  para ese Modo. La frecuencia cíclica,  $f$ , y el periodo  $T$ , del Modo se relaciona por:

$$T = 1 / f \quad \text{y} \quad f = \omega / 2\pi$$



Usted puede especificar el número de Modos,  $n$ , y puede ser encontrado. El programa buscará el  $n$  bajo la frecuencia (largo-periodo) de los Modos.

El número de modos  $n$  que realmente se encontró, está limitado por:

- El número de modos que se pidió,  $n$ ,
- El número de grados de libertad en el modelo.

Un grado de libertad es cualquier grado activo de libertad que posee traslación de masa o el momento de masa rotatorio de inercia.

La masa se puede haber asignado directamente al nudo o puede venir de los elementos conectados.

Sólo los Modos que realmente se encuentran estarán disponibles para cualquier subsecuente proceso de análisis de espectro de respuesta.

### **7.7 Análisis de Ritz-vector**

La investigación ha indicado que las formas de modo de libre-vibración natural no son la mejor base para un modo de superposición en el análisis de estructuras sujeto a cargas dinámicas. Esto ha demostrado (Wilson, Yuan, y Dickens, 1982) que ese análisis dinámico basado en un juego especial de vectores de Ritz-carga muestra resultados más exactos, que el uso del mismo número de formas de modo natural.

La razón es, los vectores de Ritz rinden resultados excelentes ya que ellos son generados tomando en cuenta la distribución espacial de la

carga dinámica, considerando que el uso directo del modo natural descuida esta información muy importante.

La distribución espacial de los saques de vector de carga dinámico son como un vector de carga de arranque para comenzar el procedimiento. El primer vector de Ritz es el desplazamiento correspondiente del vector estático al vector de carga de arranque. Los vectores restantes se generan de una relación de la repetición en la que la matriz de masa se multiplica por el vector de Ritz previamente obtenido y se usa como el vector de carga para la próxima solución estática. Cada solución estática se llama un ciclo de la generación.

Cuando la carga dinámica se compone de varias distribuciones espaciales independientes, cada uno de éstos puede servir como un vector de carga de arranque para generar un juego de vectores de Ritz.

Cada ciclo de la generación crea tantos vectores de Ritz como allí está empezando vectores de carga.

Si un vector de Ritz generado es redundante o no excita ningún grado de libertad, se desecha y el vector de carga de arranque

correspondiente está alejado de todos los ciclos de la generación subsecuente.

SAP2000 usa tres aceleraciones de carga como los vectores de carga de arranque. Esto deduce el mejor espectro de respuesta que resulta usando el mismo número de eigen-modos.

Son acostumbradas las técnicas del eigen-solución normales al ortogonalizar el juego de generación de vectores de ritz, produciendo un juego final de modos del ritz-vector. Cada Modo del ritz-vector consiste en una forma del modo y frecuencia. El juego lleno de modos del ritz-vector puede ser usado como una base para representar el desplazamiento dinámico de la estructura.

Una vez la matriz de tiesura es triangularizada, es sólo necesario resolver estáticamente para un vector de carga para cada vector de ritz requerido. Esto resulta en un algoritmo sumamente eficaz. También, el método incluye las ventajas automáticas probando técnicas numéricas de condensación estática, reducción de Guyan, y la corrección estática debido al truncamiento del alto modo.



Cuando un número suficiente de modos del ritz-vector se ha encontrado, algunos de ellos podrá aproximar formas del modo natural y frecuencias estrechamente. En general, los modos del ritz-vector no representan las características intrínsecas de la estructura, de la misma manera que los eigen-modos naturales lo hacen. Los Modos del Ritz-vector se tuercen por los vectores de carga de arranque.

Usted puede especificar el número total de Modos,  $n$ , y este puede ser encontrado. El número total de los modos,  $n$ , que realmente pueden ser encontrados, está limitado por:

- El número de Modos pidió,  $n$ , que se pide
- El número de grados de libertad presentes en el modelo
- El número de modos de libre-vibración naturales que están entusiasmados por la carga de vectores de arranque (algunos modos naturales adicionales pueden arrastrarse en deuda al ruido numérico).

Un grado de libertad es cualquier grado activo de libertad que posee traslación de masa o el momento de masa rotatorio de inercia. La masa se puede haber asignado directamente al nudo o puede venir de los elementos conectados.

Sólo los modos que realmente se encuentran estarán disponibles para cualquier subsecuente proceso de análisis de espectro de respuesta.

## 7.8 Resultados del análisis modal

Las varias propiedades de los Modos de Vibración están disponibles para imprimir de la interface gráfica del SAP2000. Esta información es la misma sin tener en cuenta si usted usa eigen-vector o análisis del ritz-vector, y se describe en los subtemas siguientes.

### 7.8.1 Periodo y Frecuencias

Los tiempo de propiedad siguientes se dan para cada modo:

- Período  $T$ , en unidades de tiempo,
- la frecuencia cíclica,  $f$ , en las unidades de ciclos por tiempo; éste es lo inverso de  $T$
- la frecuencia redonda  $\omega$ , en las unidades de radianes por tiempo;  $\omega = 2\pi f$
- Eigen-evaluación  $\omega^2$ , en las unidades de radianes por tiempo al cuadrado.



### 7.8.2 Factores de participación

Los factores de la participación modal son el producto del punto de las tres cargas de aceleración con las formas de los modos. La participación factoriza para el modo  $n$  que corresponde a la aceleración.

Cargas en el X global, Y, y direcciones de Z se dan por:

$$f_{xn} = \varphi_n^T m_x$$

$$f_{yn} = \varphi_n^T m_y$$

$$f_{zn} = \varphi_n^T m_z$$

donde  $\varphi_n$  es la forma del modo y  $m_x$ ,  $m_y$ , y, los  $m_z$  son las cargas de aceleración de unidad.

Estos factores son las cargas generalizadas que actúan en el modo debido a cada una de la aceleración de cargas. Ellos se envían al sistema de la coordenada global.

Estos valores se llaman "los factores" porque ellos se relacionan a la forma del modo y a una aceleración de la unidad.

Las formas de los modos son cada uno normalizado, o descascarado, con respecto a la matriz de masa tal que:

$$\varphi_n^T \mathbf{M} \varphi_n = 1$$

Las magnitudes reales y señales de los factores de la participación no son importantes.

Lo que es importante son los valores relativos de los tres factores por un modo dado.

### 7.8.3 Razón de participación de la masa

La razón de participación de la masa para un modo proporciona una medida de cuan importante es el modo para computar la respuesta a la aceleración carga en cada una de las tres direcciones globales. Así es útil para determinar la exactitud de espectro de respuesta del análisis.

Las proporciones de masa que participan para el modo  $n$  corresponden a cargas de aceleración en los X globales, Y, y direcciones de Z y se dan por:



CIB-ESPOL

$$P_{xn} = (f_{xn})^2 / M_x$$

$$P_{yn} = (f_{yn})^2 / M_y$$

$$P_{zn} = (f_{zn})^2 / M_z$$

donde los  $f_{xn}$ ,  $f_{yn}$ , y  $f_{zn}$  son los factores de la participación definidos en el subtópico anterior; y  $M_x$ ,  $M_y$ , y  $M_z$  son las masas libres totales que actúan en el X, Y, y direcciones de Z.

Las proporciones de masa que participan se expresan como porcentajes.

Las sumas acumulativas de las proporciones de masa participan para todos los modos a al modo n y está impreso con los valores individuales por el modo n. Esto proporciona una medida simple de cuántos modos puede lograr un nivel dado de exactitud para la aceleración de tierra que se requiere cargar.

Si todos los eigen-modos de la estructura están presentes, la proporción de masa que participan para cada uno, es decir, las tres Cargas de Aceleración, deben ser el 100% generalmente.

Sin embargo, esto no puede ser el caso en la presencia de ciertos tipos de costreñimiento donde las condiciones de simetría impidan a alguna de la masas responder a las aceleraciones de traslación.

#### 7.8.4 Masa total libre y localización

Las masas totales libres,  $M_x$ ,  $M_y$ , y  $M_z$ , actuando en el X global, Y, y direcciones de Z, se dan.

Estas masas pueden diferir aun cuando las tres masas de traslación asignadas a cada una de los nudos sean iguales, hasta en los refrenamientos para los tres grados de libertad de traslación aun la necesidad de los nudos no es el mismo.

Las situaciones de los centros de masa para  $M_x$ ,  $M_y$ , y  $M_z$  se dan con respecto al origen global. Estos pueden usarse junto con los valores de masa para determinar el momento causado por las cargas de aceleración.



### 7.9 Análisis de espectro de respuesta

Las ecuaciones de equilibrio dinámicas asociadas con la respuesta de una estructura destruida por un movimiento se da por:

$$Ku(t) + Cu(t) + Mu(t) = m_x u_{gx}(t) + m_y u_{gy}(t) + m_z u_{gz}(t)$$

donde  $K$  es la matriz de tiesura;  $C$  es la matriz de humedad proporcional;  $M$  es el matriz diagonal de masa;  $y$ ,  $\dot{u}$ ,  $\ddot{u}$  son los desplazamientos relativos, velocidades, y aceleraciones, con respecto a la tierra; el  $m_x$ ,  $m_y$ , y los  $m_z$ , son las cargas de aceleración de unidad, y,  $u_{gx}$ ,  $u_{gy}$ , y,  $u_{gz}$ , son los componentes de aceleración de tierra uniforme.

El análisis del espectro de respuesta busca la respuesta del máximo probable a estas ecuaciones en lugar de la historia de tiempo llena. El terremoto desvía la aceleración en cada dirección, se da como una curva del espectro de respuesta digitalizada de la aceleración pseudo-espectro de respuesta contra el periodo de la estructura.

Aunque pueden especificarse aceleraciones en tres direcciones, sólo un resultado positivo se produce para cada cantidad de la respuesta.

Las cantidades de la respuesta incluyen desplazamientos, fuerzas, y tensiones. Cada uno computa el resultado, representa un resultado estadístico, es decir la medida de la magnitud del máximo probable para esa cantidad de la respuesta. La respuesta real puede variar dentro de un rango de este valor, del positivo a su negativo.

Ninguna correspondencia entre dos cantidades de la respuesta diferentes está disponible. Ninguna información está disponible acerca de cuando este valor extremo ocurre durante la carga sísmica, o acerca de lo que los valores de otras cantidades de la respuesta están en ese momento.



El análisis del espectro de respuesta se ha realizado usando superposición del modo (Wilson y Abroche, 1982). Se pueden haber computado modos usando análisis del eigen-vector o análisis del ritz-vector. Se recomiendan vectores de Ritz desde que ellos dan más exacto resultados para el mismo número de modos.

Cualquier número de análisis del espectro de respuesta puede realizarse en una sola ejecución del programa. Cada caso del análisis se llama una especificación a la que usted asigna una única etiqueta.

Cada especificación puede diferir en los espectros de aceleración aplicados y de la manera que se combina los resultados.

### 7.9.1 Sistema de coordenadas local

Cada especificación tiene su propio espectro de respuesta y el sistema de coordenadas local define las direcciones de carga de aceleración de tierra. Los ejes de este sistema local están nombrados por 1, 2, y 3. Por defecto éstos corresponden al X global, Y, y direcciones de Z, respectivamente.

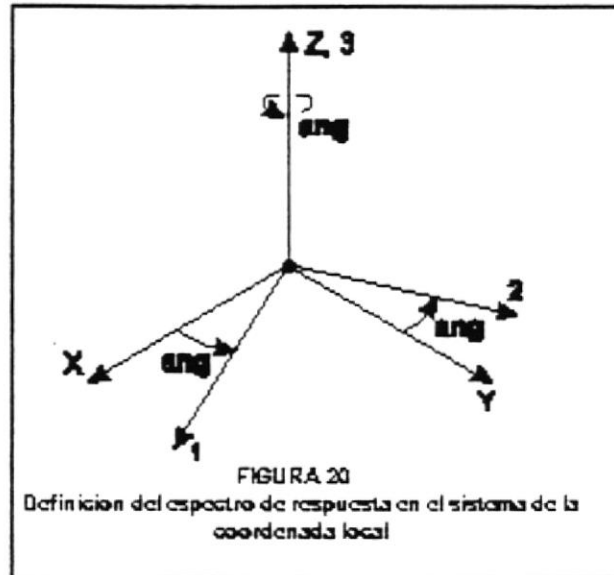
Usted puede cambiar la orientación del sistema de coordenadas local especificando una coordenada ángulo,  $\text{ang}$  (el valor por defecto es cero).



El eje local 3 siempre es igual que el eje de Z global vertical.

Los ejes locales 1 y 2 coinciden con el eje X y Y si el ángulo es cero.

Por otra parte, el  $\text{ang}$  es el ángulo en el plano horizontal del eje global X al eje local 1, se mide en sentido contrario a las agujas del reloj. Esto se ilustra en Figura 20.



### 7.9.2 Funciones de espectro de respuesta

Una Función del espectro de respuesta es una serie de pares digitalizados de un período estructural y valores de aceleración pseudo-espectrales correspondientes.

Usted puede definir cualquier número de funciones, asignando una única etiqueta a cada uno.

Usted puede cambiar el valor de aceleración siempre que la función se use.

Especifique los pares de período y aceleración como:

$T_0, f_0, t_1, f_1, t_2, f_2, \dots, t_n, f_n,$

donde  $n + 1$  es el número de pares de valores dado. Todos los valores para el periodo y aceleración debe ser cero o positivo.

Estos pares deben especificarse en orden de visualizar el período.

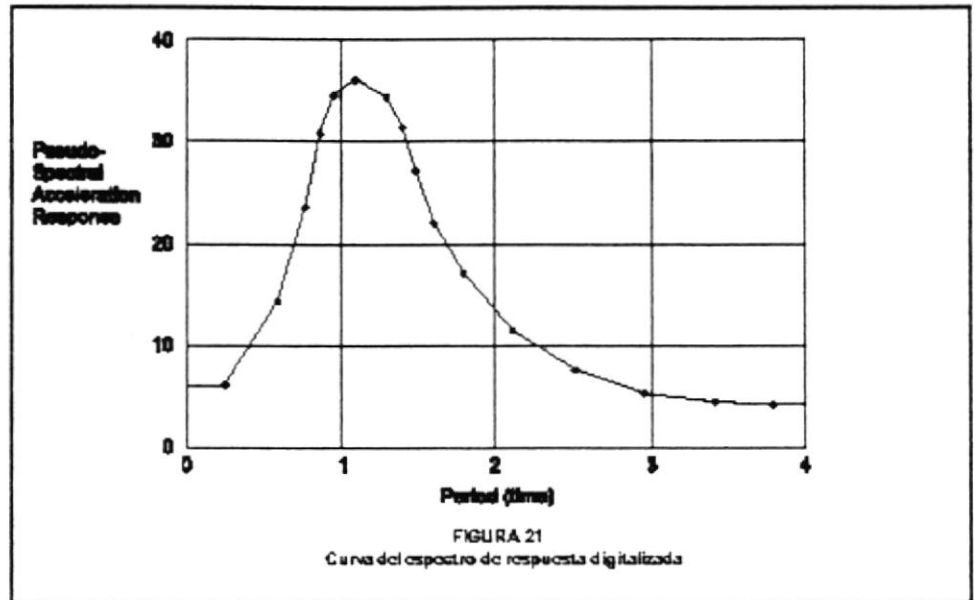
### 7.9.3 Curva de espectro de respuesta

La curva del espectro de respuesta para una dirección dada es definida por puntos digitalizados de respuesta de aceleración pseudo-espectral contra el periodo de la estructura. La forma de la curva es dada especificando el nombre de una función del espectro de respuesta.



Si ninguna función se especifica, una función constante de valor de aceleración de unidad para todos los periodo estructurales son supuestos.

La respuesta de aceleración pseudo espectral de la función puede ser cambiada por el factor **sf**. Cambiando los valores de aceleración deben perseguir en unidades consistentes. Vea Figura 21.



#### 7.9.4 Combinación modal

Para una dirección dada de aceleración, en los máximos desplazamiento y fuerzas, se computan tensiones a lo largo de la estructura para cada uno de los modos de vibración.

Se combinan estos valores modales para una cantidad de la respuesta dada para producir un solo resultado positivo para la dirección dada de aceleración.

#### 7.9.5 Combinación direccional

Para cada desplazamiento, fuerza, o cantidad de tensión en la estructura, la combinación modal produce solo un resultado positivo para cada dirección de aceleración.

Estas direcciones combinan valores para una cantidad de la respuesta dada para producir sólo un resultado positivo. Use el factor de balanza de combinación direccional, dirf, para especificar qué método va a usar.

## **7.10 Resultados del análisis de espectro de respuesta**

Cierta información sobre cada análisis del espectro de respuesta está disponible para imprimir de la interface gráfica del SAP2000.

### **7.10.1 Amortiguamiento y aceleraciones**

Se dan las humedades modales y las aceleraciones de tierra que actúan en cada dirección para cada Modo.

El valor de humedad impreso para cada modo es justo lo especificado por CQC o GMC, que humedecen la proporción, humedad.

Las aceleraciones impresas para cada modo son los valores reales que se interpola en el período modal del espectro de respuesta en la curva después de cambiar para especificar el valor de sf.

Las aceleraciones siempre se envían a los ejes locales del análisis del espectro de respuesta. Ellos se identifican en el rendimiento como U1, U2, y U3.

### 7.10.2 Amplitudes modales

El espectro de respuesta que las amplitudes modales dan a los multiplicadores de las formas del modo contribuyen a la forma cambiada del sitio de la estructura para cada dirección de aceleración.

Para un modo dado y una dirección dada de aceleración, éste es el producto de el factor de la participación modal y la aceleración del espectro de respuesta, divididas por el eigen-evaluación, del modo.



Las direcciones de aceleración siempre se envían a los ejes locales del análisis del espectro de respuesta. Ellos se identifican en el rendimiento como U1, U2, y U3.

### 7.11 Reacciones de la base

Las reacciones bajas son las fuerzas totales y momentos sobre el origen global requerido de los apoyos para resistirse a la inercia,

debido a la carga del espectro de respuesta. Estos persiguen impresos para cada modo individual que se este realizando combinando sólo direcciones, y entonces se suma para todos los modos después de realizar la combinación modal y la combinación direccional.

Hay fuerza de reacción y siempre se envían momentos a los ejes locales del análisis del espectro de respuesta. Ellos se identifican en el rendimiento como F1, F2, F3, M1, M2, y M3.



CIB-ESPOL

## CAPITULO 8

### 8. PROBLEMAS DE APLICACION UTILIZANDO EL PROGRAMA SAP2000

Se va a realizar 3 modelos diferentes para el análisis sísmico de un edificio de 6 plantas de H.A., para luego comparar dichos resultados. A continuación se describirán los pasos detalladamente para llevar a cabo cada uno de los modelos.

#### 8.1 Modelo para el análisis sísmico de un edificio de 6 plantas de H.A. con columnas y vigas

La estructura es simétrica y tendrá las siguientes disposiciones:

Número de pisos	6 pisos
Número de pórticos	X = 4
Número de pórticos	Y = 4
Lado de planta (ancho)	X = 12.00m
Lado de planta (largo)	Y = 17.00m
Altura de entrepisos: 1	4.00m
2 - 6	3.00m
Altura total del edificio	19.00m

**Especificaciones:****Hormigón:**

Resistencia a Compresión

$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad:

$E = 251000 \text{ Kg/cm}^2$

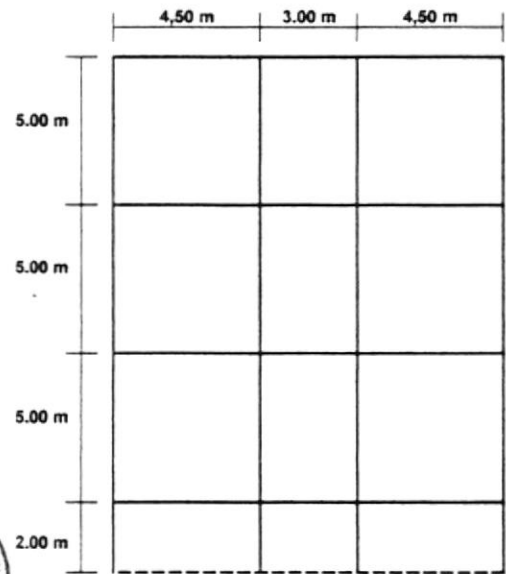
**Acero:**

Límite de fluencia:

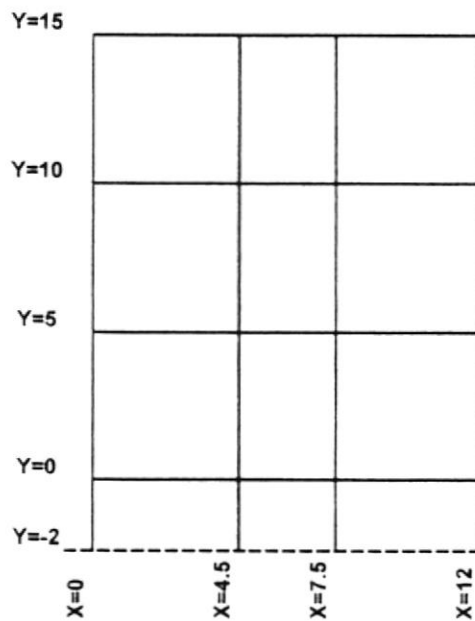
$Fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$



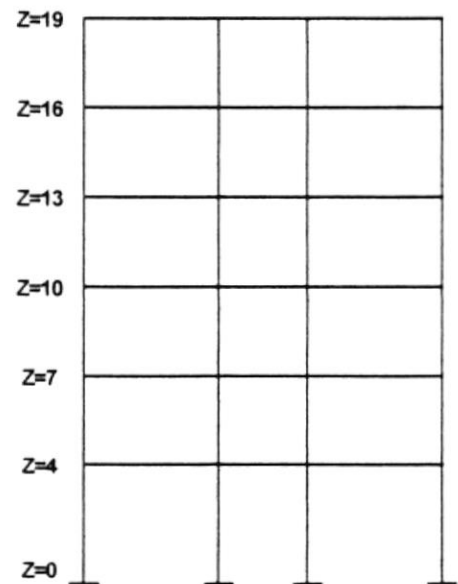
PLANTA DEL EDIFICIO



COORDENADAS EN PLANTA



COORDENADAS EN ELEVACION



NIVEL	CARGAS (Ton / m)		SECCIONES ( CM )					
			COLUMNAS		VIGAS			
	PORTICOS EN SENTIDO X				PORTICOS EN SENTIDO Y			
	SENTIDO Y				1X-2X-3X-4X		1Y-2Y-3Y-4Y	
	D	L	b	h	b	h	b	h
1	1.80	0.75	60	60	25	45	30	50
2	1.80	0.75	55	55	25	45	30	50
3	1.80	0.60	50	50	25	45	30	50
4	1.80	0.60	45	45	25	45	30	50
5	1.80	0.60	40	40	25	45	30	50
6	1.40	0.30	35	35	25	45	30	50

NIVEL	LOSA	
	MASA ( Ton/m <sup>2</sup> )	INERCIA ROTACIONAL ( Ton.m.s <sup>2</sup> )
1-5	11.56	417.12
6	9.77	352.53

**Espectro Elástico Suavizado para suelos blandos (TIPO S3)  
propuesto por el Código Ecuatoriano :**



T (seg)	C
0.00	2.80
0.10	2.80
0.20	2.80
0.30	2.80
0.40	2.80
0.50	2.80
0.60	2.80
0.70	2.80
0.82	2.80
0.90	2.55
1.00	2.30
1.10	2.09
1.20	1.91
1.30	1.77
1.40	1.64
1.50	1.53

T (seg)	C
1.60	1.44
1.70	1.35
1.80	1.28
1.90	1.21
2.00	1.15
2.10	1.09
2.20	1.04
2.30	1.00
2.40	0.96
2.50	0.92
2.60	0.88
2.70	0.85
2.80	0.82
2.90	0.79
3.00	0.77
3.10	0.74

**Porcentaje del Amortiguamiento crítico: 5%**

**Aceleración de la Gravedad (g): 9.81 m/s<sup>2</sup>.**

**Coefficiente Ca: 2.8**

**Coefficiente de suelo S: 1.5**

**Factor de importancia de la estructura I: 1.0**

**Coefficiente de irregularidad en planta  $\phi_p$ : 1**


**Coefficiente de irregularidad en elevación  $\phi_E$ : 1**

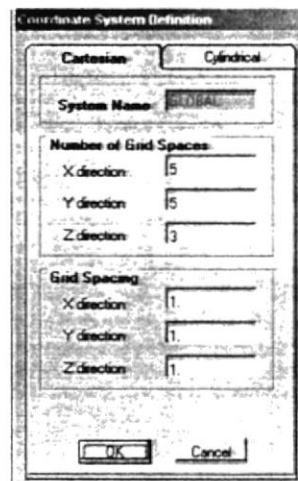
**Factor de zona Z: 0.35**

**Factor de reducción de resistencia sísmica R: 10**

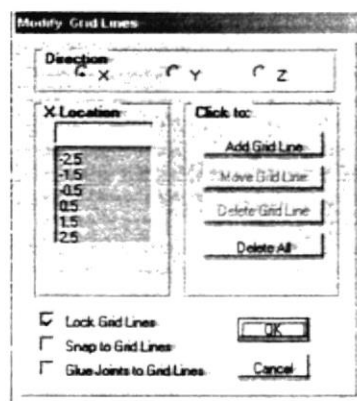
**Factor de escala:  $(Z \cdot I \cdot g) / (R \cdot \phi_p \cdot \phi_E) = 0.343 \text{ m/s}^2$ .**

**SOLUCION:**

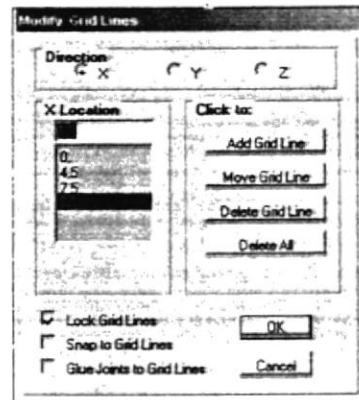
1. Pulse el botón en la barra de estado, para cambiar las unidades a  ya que las medidas del modelo están en metros.
2. Del menú File seleccione New Model...
3. En el cuadro de diálogo Coordinate System Definition presione el botón OK.



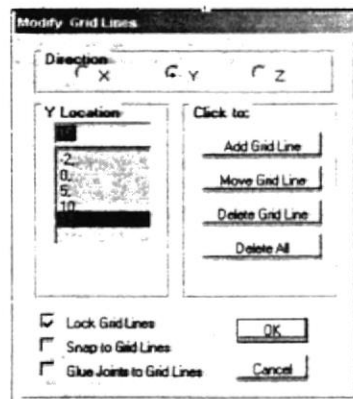
4. Del menú Draw, seleccione Edit Grid...
5. En el cuadro de diálogo Modify Grid Lines:
  - Presione el botón Delete All, para cada una de las direcciones ( X, Y, Z ).



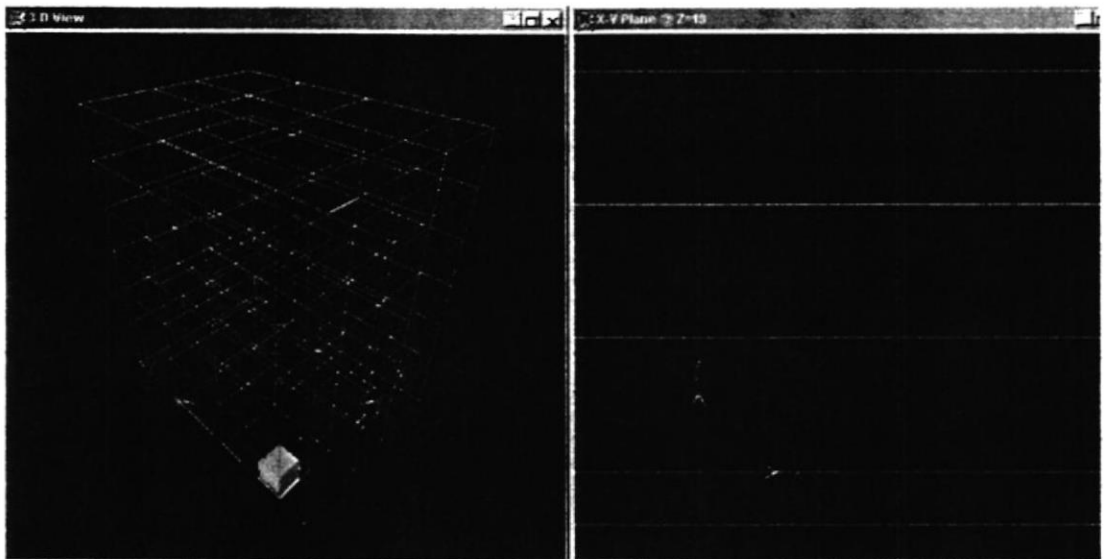
- Seleccione la dirección X, y en el cuadro de revisión X Location, ingrese los valores de las coordenadas en el eje X, alternando con el botón Add Grid Line.



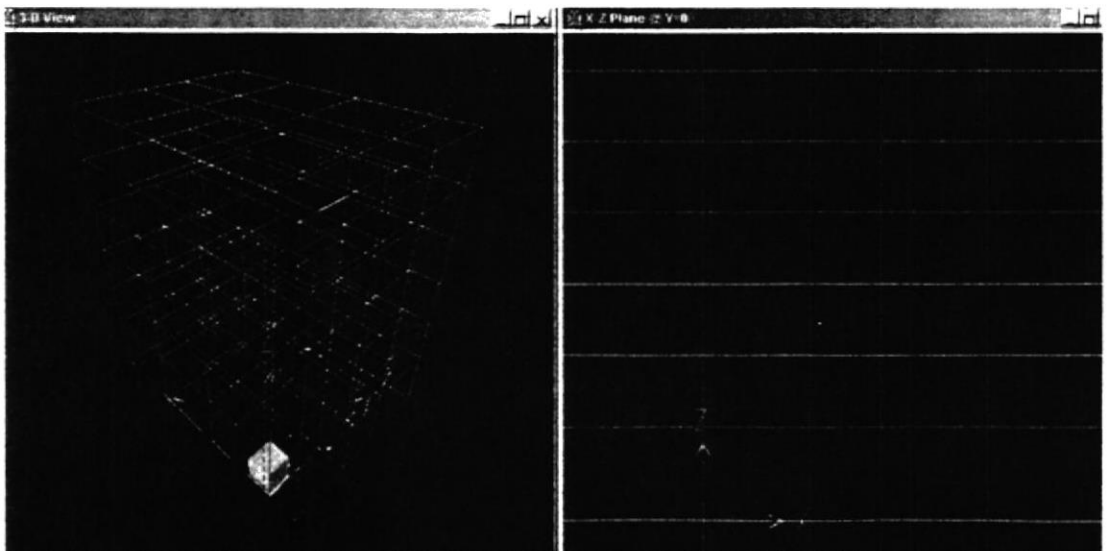
- Haga el mismo proceso para las direcciones Y y Z.





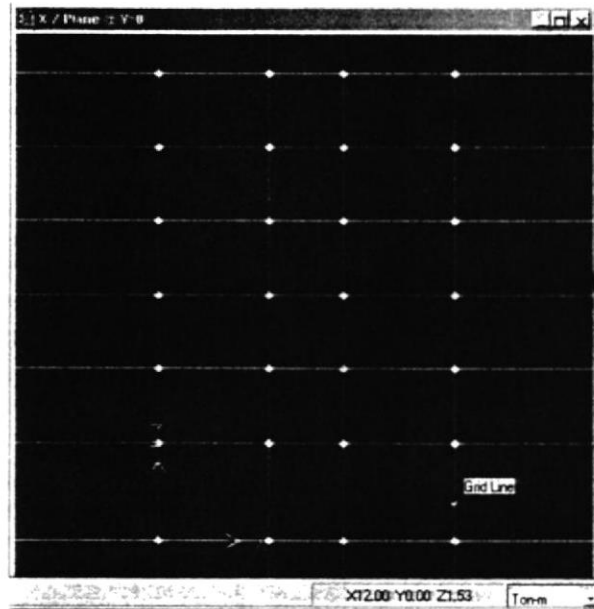
6. Presione OK.
7. Ahora, maximice la vista en 3-D, y luego del menú Options seleccione Windows, y de ahí Two tiled Vertically, y le aparecerá la siguiente pantalla:




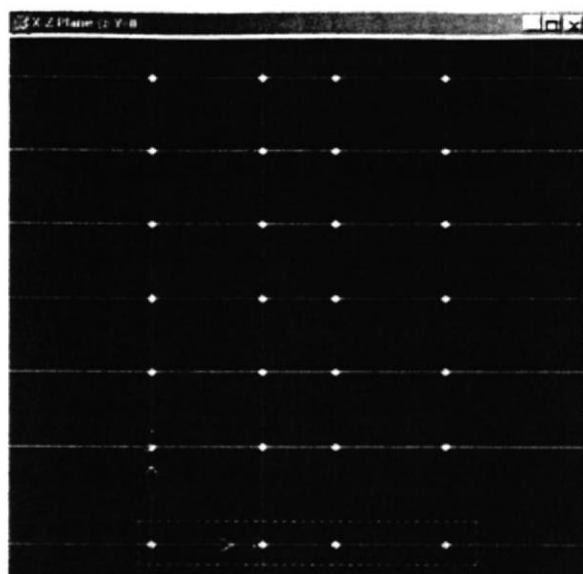
8. Active la ventana que se encuentra en 2-D, y luego presione el botón  en la barra de herramientas. Después pulse los botones   para ubicarse en el plano  $Y=0$  que se indica en la barra de título de la ventana.





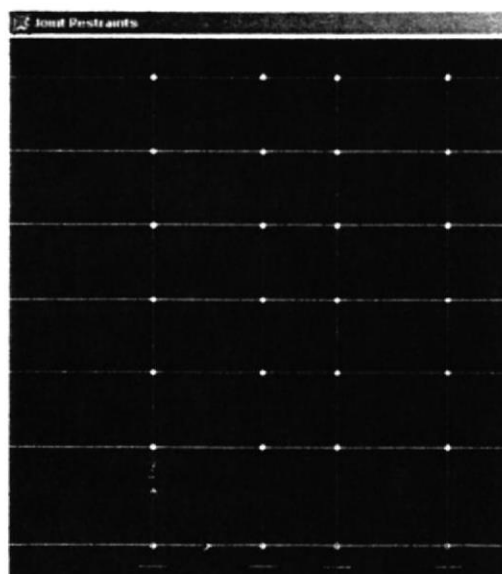
9. Pulse el botón  de la barra de herramienta lateral para dibujar las columnas y vigas del pórtico xz en el plano  $y=0$ .
10. Pulse el botón  de la barra de herramienta lateral y luego haga clic una vez en cada segmento de las líneas plomas (grid) de la vista 2-D.




11. Pulse el botón  y luego dibuje una ventana en los nudos inferiores para seleccionarlos.



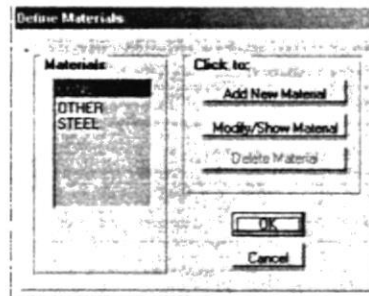
12. Pulse el botón  y en el cuadro de diálogo Joints Restrains presione el botón  para definir el empotramiento en los nudos de la base, y luego pulse OK.



13. Pulse el botón en la barra de estado, para cambiar las unidades

a  para definir las especificaciones del material.

14. Del menú Define seleccione Materials... , haga clic en CONC en el cuadro de lista, y presione el botón Modify/Show Material.



15. en el cuadro de diálogo Material Property Data, modifique los valores para el módulo de elasticidad  $E$ ,  $f'_c$  y  $f_y$

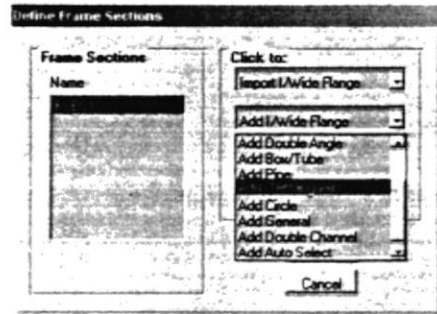
Material Name		Material Name	
CONC		CONC	
Type of Material		Type of Design	
<input checked="" type="radio"/> Isotropic	<input type="radio"/> Orthotropic	<input type="radio"/> Anisotropic	Concrete
Analysis Property Data		Design Property Data	
Mass per unit Volume	2.448E-06	Reinforcing yield stress, fy	4200
Weight per unit Volume	2.403E-03	Concrete strength (Cylinder), fc	2812.2795
Modulus of Elasticity	251000	Shear steel yield stress, fys	281.2279
Poisson's Ratio	0.2	Concrete shear strength, fcs	281.2279
Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06		
Shear Modulus	105460.45		

16. Pulse el botón OK 2 veces.

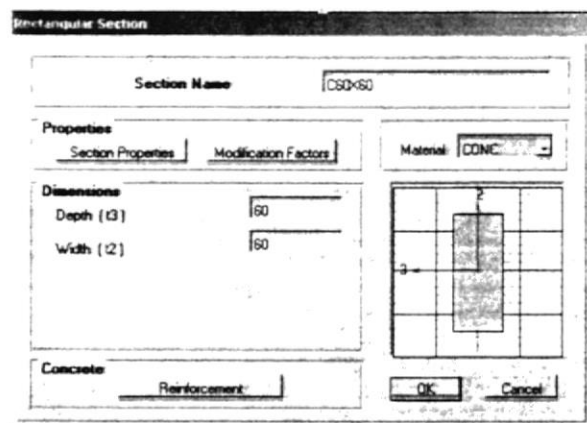
17. Del menú Define seleccione Frame Sections... para visualizar el cuadro de diálogo Define Frame Sections.

18. En este cuadro de diálogo:


- Haga clic en Add del cuadro de lista desplegable y seleccione Add Rectangular.

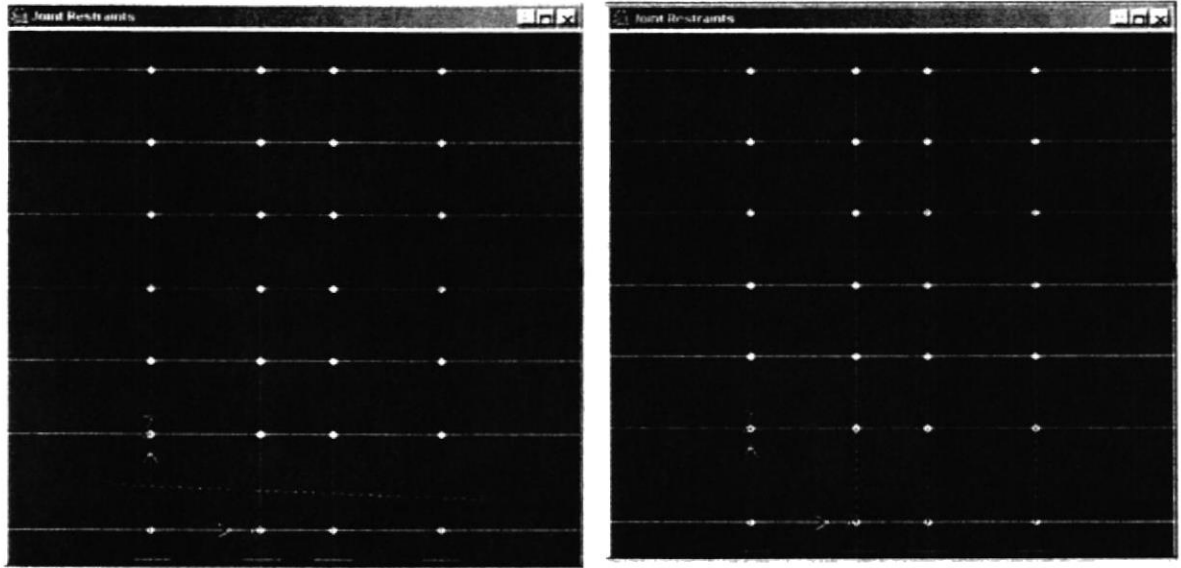



- Teclee C60x60 en el cuadro de revisión Section Name para la secciones de las columnas del primer entrepiso.
- Teclee 60 en Depth (t3) para la altura.
- Teclee 60 en Width (t2) para la base.
- En el cuadro de lista Material seleccione CONC.
- Pulse el botón OK.

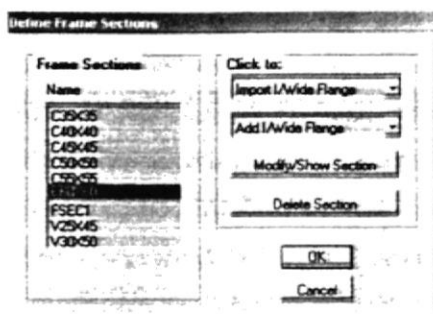






- Repita el mismo proceso anterior, para definir cada una de las secciones de columnas y vigas en el modelo, poniéndole los siguientes nombres: C55X55, C50X50, C45X45, C40X40, C35X35, para las columnas; y V25X45, V30X50, para las vigas; con sus respectivas dimensiones.

19. Pulse el botón  luego dibuje una línea que corte las columnas del primer entrepiso, para seleccionarlas.



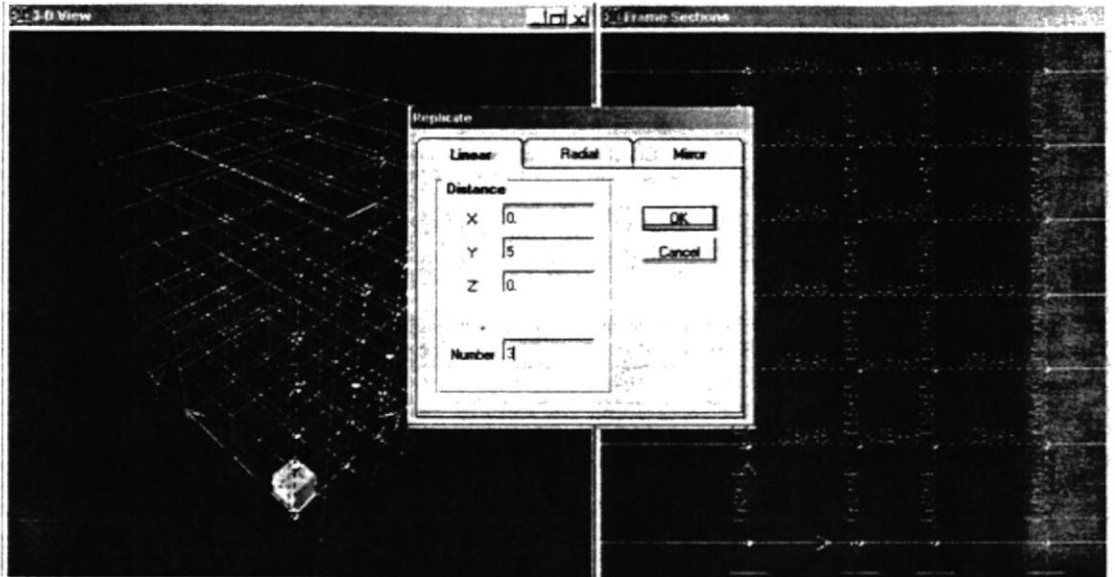
20. Pulse el botón  para visualizar el cuadro de diálogo Define Frame Sections y haga click en el nombre de la sección apropiada para esas columnas( en este caso C60x60 ), luego pulse OK.






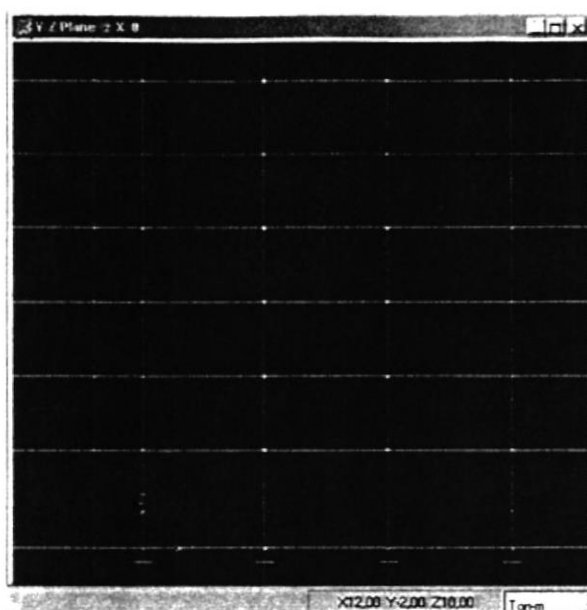
21. Repita el proceso anterior para asignar las secciones de las columnas de los siguientes entrepisos.
22. Pulse el botón  luego dibuje una línea que corte las vigas de todos los niveles (en total serían 3 cortes), para seleccionarlas.
23. Pulse el botón  para visualizar el cuadro de diálogo Define Frame Sections y haga click en el nombre de la sección apropiada para las vigas ( en este caso V25x45 ), luego pulse OK.
24. Pulse el botón en la barra de estado, para cambiar las unidades a  para trabajar las medidas en metros.
25. Presione el botón  para seleccionar todo elemento.
26. Del menú Edit seleccione Replicate...
27. En el cuadro de diálogo Replicate teclee 5 en el cuadro de Y, y 3 en el cuadro de Number, y luego pulse OK.





CIB-ESPOL

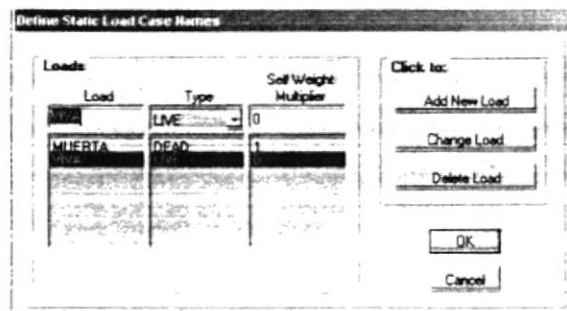




28. Presione el botón  en la barra de herramientas. Verifique que se encuentre ubicado en el plano  $X=0$  que se indica en la barra del título de la ventana.
29. Pulse el botón  de la barra de herramienta lateral para dibujar las vigas (que faltan para completar el modelo) del pórtico yz en el plano  $x=0$ .
30. Haga clic una vez en cada segmento de las líneas plomas (grid) de la vista 2-D, y luego después de completar el modelo, pulse el botón .



31. Pulse el botón  luego dibuje una línea que corte las vigas de todos los niveles (en total serían 4 cortes), para seleccionarlas.
32. Pulse el botón  para visualizar el cuadro de diálogo Define Frame Sections y haga click en el nombre de la sección apropiada para las vigas ( en este caso V30x50), luego pulse OK.
33. Del menú Define seleccione Static Load Cases... para visualizar el cuadro de diálogo Define Static Load Cases Names.
34. En este cuadro de diálogo definiremos las cargas estáticas:
  - Teclee la palabra MUERTA en el cuadro de revisión Load, y luego pulse el botón Change Load.

- Teclee la palabra VIVA en el cuadro de revisión Load, después en el cuadro de lista Type escoja la opción LIVE, luego teclee 0 en el cuadro de revisión Self Weight Multiplier; y para terminar, pulse el botón Add New Load.
- Pulse el botón OK.



35. Pulse el botón  y luego dibuje una ventana que encierre las vigas del nivel 1 para seleccionarlas (vista en 2-D); luego, haga lo mismo para las vigas de el nivel 2.
36. Pulse el botón  para visualizar el cuadro de diálogo Point and Uniform Span Loads.
37. En este cuadro de diálogo se ingresan los valores de las cargas:
- Verifique que en el cuadro de lista Load Case Name este la palabra MUERTA.
  - En el cuadro de revisión Uniform Load teclee 1,80.
  - Pulse el botón OK.

Point and Uniform Span Loads

Load Case Name: **MUERTA**

Load Type and Direction:  
 Force  Moments  
 Direction: **Gravity**

Options:  
 Add to existing loads  
 Replace existing loads  
 Delete existing loads

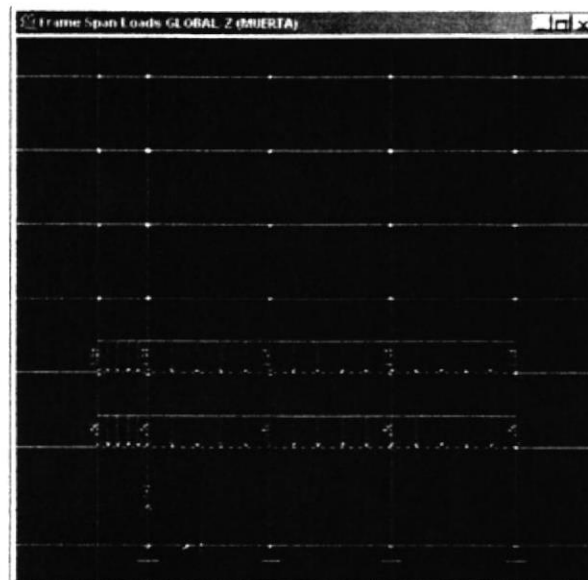
Point Loads:



	1	2	3	4
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	0	0	0	0

Relative Distance from End(s)  Absolute Distance from End(s)

Uniform Load:  
 Value: **1.00**

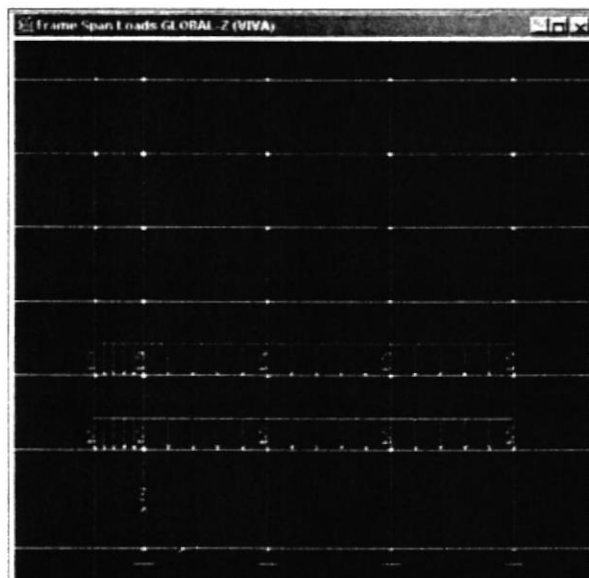
OK Cancel



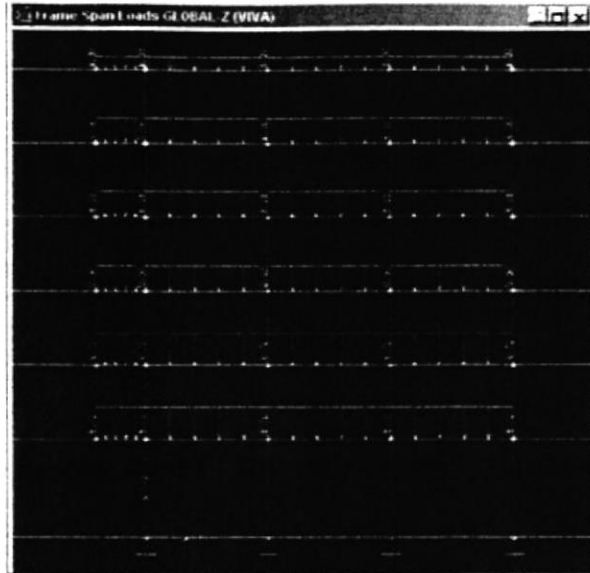
38. Pulse el botón  para seleccionar nuevamente las vigas del nivel 1 y 2.
39. Pulse el botón  para visualizar el cuadro de diálogo Point and Uniform Span Loads
40. En este cuadro de diálogo:
  - Haga click en el cuadro de lista Load Case Name y luego seleccione la palabra VIVA.




- En el cuadro de revisión Uniform Load teclee 0,75.
- Pulse el botón OK.

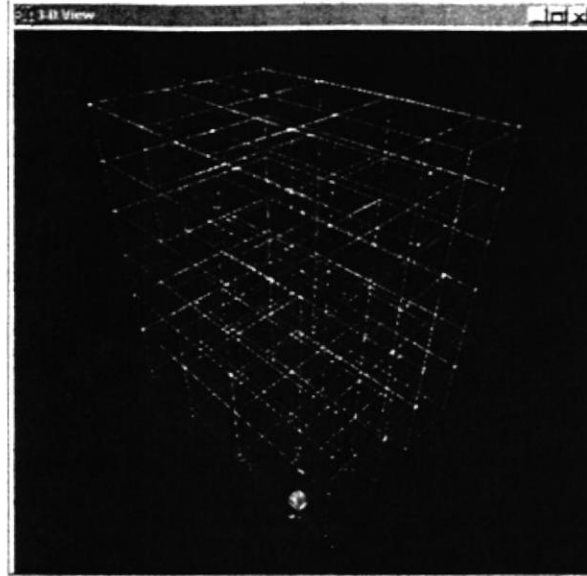
Load Case Name		VIVA	
Load Type and Direction:		Options:	
<input checked="" type="radio"/> Forces	<input type="radio"/> Moments	<input checked="" type="radio"/> Add to existing loads	<input type="radio"/> Replace existing loads
Direction: Gravity		<input type="radio"/> Delete existing loads	
Point Loads:			
Distance:	1: 0	2: 0.25	3: 0.75
Load:	0	0	0
<input checked="" type="radio"/> Relative Distance from End-I		<input type="radio"/> Absolute Distance from End-I	
Uniform Load:		0.75	
		OK Cancel	



41. Repita los pasos 35 a 40 para asignar las cargas (muertas y vivas) de los niveles 3,4, 5 y 6.



42. Pulse el botón  luego dibuje una línea que corte las vigas de todos los niveles (en total serían 4 cortes), para seleccionarlas
43. Del menú Edit seleccione Replicate...
44. En el cuadro de diálogo Replicate teclee 4.5 en el cuadro de X, y 1 en el cuadro de Number, y luego pulse OK.
45. Pulse el botón  para seleccionar las vigas de todos los niveles.
46. Del menú Edit seleccione Replicate...
47. En el cuadro de diálogo Replicate teclee 7.5 en el cuadro de X, y 1 en el cuadro de Number, y luego pulse OK.
48. Pulse el botón  para seleccionar las vigas de todos los niveles
49. Del menú Edit seleccione Replicate...
50. En el cuadro de diálogo Replicate teclee 12 en el cuadro de X, y 1 en el cuadro de Number, y luego pulse OK.



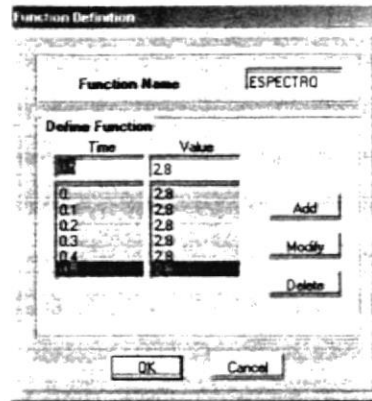
51. Del menú Define seleccione Response Spectrum Functions... para visualizar el cuadro de diálogo Define Response Spectrum Funtions.

52. En este cuadro de diálogo:

- Presione el botón Add New Function.
- En el cuadro de revisión Function Name teclee la palabra ESPECTRO.
- En el área Define Function teclee el par de valores respectivos para Time: y Value: ( ver datos del espectro de respuesta ) y luego pulse el botón Add
- Repita el paso anterior para los siguientes pares de valores respectivos (Time y Value), hasta definir la función del espectro.
- Pulse el botón OK dos veces.



CIB-ESPOL



53. Del menú Define seleccione Response Spectrum Cases... para visualizar el cuadro de diálogo Define Response Spectra.

54. En este cuadro de diálogo:

- Presione el botón Add New Spectra
- En el cuadro de revisión Spectrum Case Name teclee la palabra SPECTROX.
- En el cuadro de revisión Damping teclee 0,05
- En el cuadro de lista Function de la Dirección U1 seleccione la palabra ESPECTRO.
- En el cuadro de revisión Scale Factor de la Dirección U1 teclee el valor 0.343.
- Pulse el botón OK.

**Response Spectrum Case Data**

Spectrum Case Name: SPECTROX

Excitation angle: 0

Modal Combination:  
 CQC  SRSS  ABS  GMC  
 Damping: 0.05

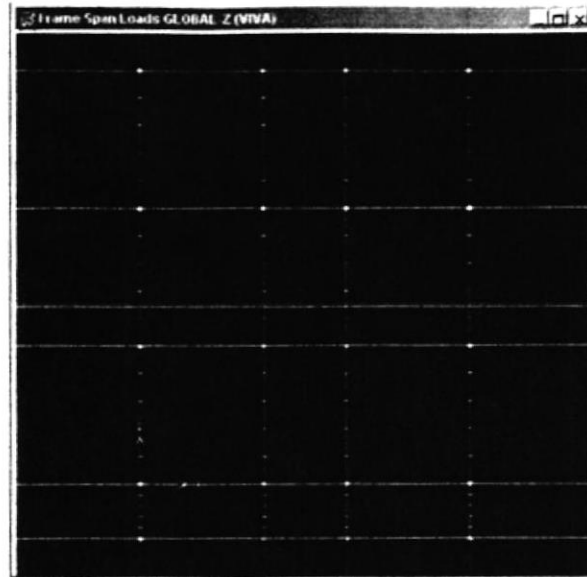
Directional Combination:  
 SRSS  ABS  
 Scale Factor:


Direction	Function	Scale Factor
U1	ESPECTRO	0.34
U2		
U3		

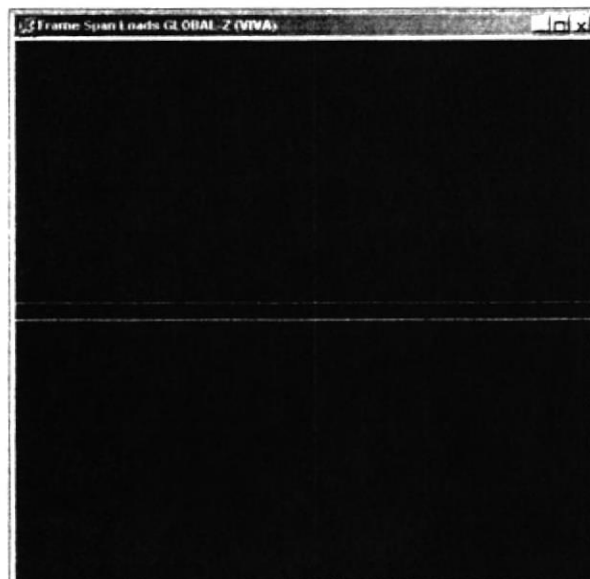
OK Cancel





- Nuevamente presione el botón Add New Spectra
  - En el cuadro de revisión teclee la palabra SPECTROY.
  - En el cuadro de revisión Excitation angle teclee 90
  - En el cuadro de revisión Damping teclee 0,05
  - Pulse el botón OK dos veces.
55. Presione el botón  $| xy |$  en la barra de herramientas. Verifique que se encuentre ubicado en el plano Z=4 que se indica en la barra de estado.
56. Del menú Draw, seleccione Edit Grid...
57. En el cuadro de diálogo Modify Grid Lines:
- Ingrese los valores respectivos (X=6,00 y Y=6,42) para el centro de gravedad de la losa de los niveles 1 a 5 y (X=6,00 y Y=6,50) para el nivel 6, luego presione OK.



- Para mejor visualización de los grids creados (para el centro de gravedad de la losa para cada nivel) presione el botón  y dibuje una ventana alrededor de la intersección.



58. Pulse el botón  para dibujar el nudo del centro de gravedad de la losa del nivel 1.
59. Pulse el botón  y luego dibuje una ventana en el nudo del centro de gravedad de la losa del nivel 1 para seleccionarlo.
60. Del menú Assign seleccione Joint y en este seleccione Masses... para visualizar el cuadro de diálogo Joint Masses.
61. En este cuadro de diálogo:
- Teclee 11,56 para las direcciones 1 y 2; y teclee 417,12 para la rotación sobre 3.
  - Pulse el botón OK.



**Joint Masses**

**Masses in Local Directions**

Direction 1: 11.56

Direction 2: 11.56

Direction 3: 0.

**Mom. of Inertia in Local Directions**

Rotation about 1: 0.

Rotation about 2: 0.

Rotation about 3: 417.12

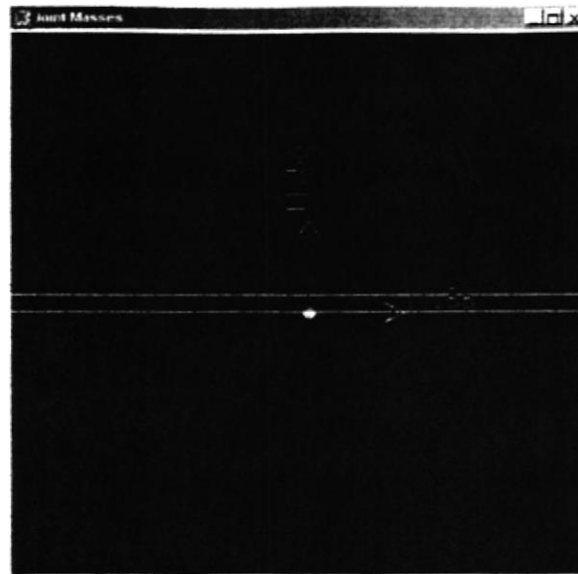
**Options:**





Add to existing masses.

Replace existing masses.

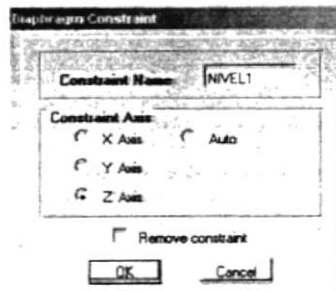
Delete existing masses.


OK Cancel



62. Pulse el botón  para ubicarse en cada uno de los niveles superiores ( $Z=7$ ,  $Z=10$ ,  $Z=13$ ,  $Z=16$ , y  $Z=19$ ) y luego realice los pasos 58 a 61 para ubicar el respectivo nudo de centro de gravedad de losa de cada nivel con su respectiva masa e inercia rotacional.
63. Pulse el botón  para ubicarse en el nivel inferior ( $Z=4$ ); después, pulse el botón  para visualizar toda la planta, luego pulse el botón  y proceda a dibujar una ventana que encierre todos los nudos de ese plano (vista en 2-D) para seleccionarlo.
64. Del menú Assign seleccione Joint y en este seleccione Constraints... para visualizar el cuadro de diálogo Constraints
65. En este cuadro de diálogo:
- Haga click en el cuadro de lista y seleccione Add Diaphragm.

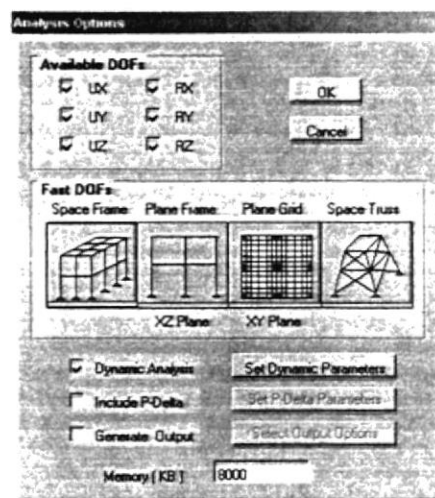
- En el cuadro de revisión Constraint Name teclee NIVEL1
- Presione el botón OK.



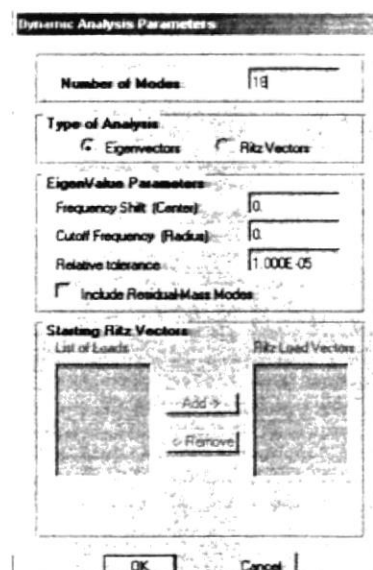
66. Pulse el botón  para ubicarse en cada uno de los niveles superiores (Z=7, Z=10, Z=13, Z=16, y Z=19) y luego realice los pasos 64 a 65 para definir los constraints de cada nivel con su respectivo nombre (NIVEL2, NIVEL3, NIVEL4, NIVEL5, Y, NIVEL6).
67. Del menú Analyze seleccione Set Options... para visualizar el cuadro de diálogo Análisis Options.

68. En este cuadro de diálogo:


- En el área Fast DOFs pulse el botón Space Frame para activar los grados de libertad de este modelo.
- Verifique que este activada la casilla Dynamic Análisis, y luego pulse el botón Set Dynamic Parameters para visualizar el cuadro diálogo Dynamic Análisis Parameters.



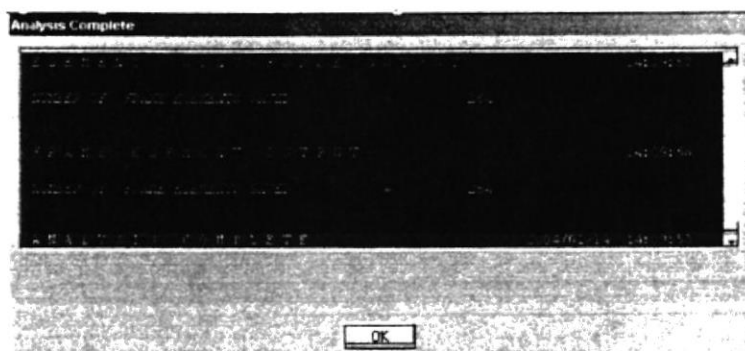
- En el cuadro de revisión Number of modes teclee 18, que corresponden a los modos de vibración de la estructura (3 por cada entrepiso)



- Pulse el botón OK dos veces.

69. Pulse el botón  para ejecutar el análisis.

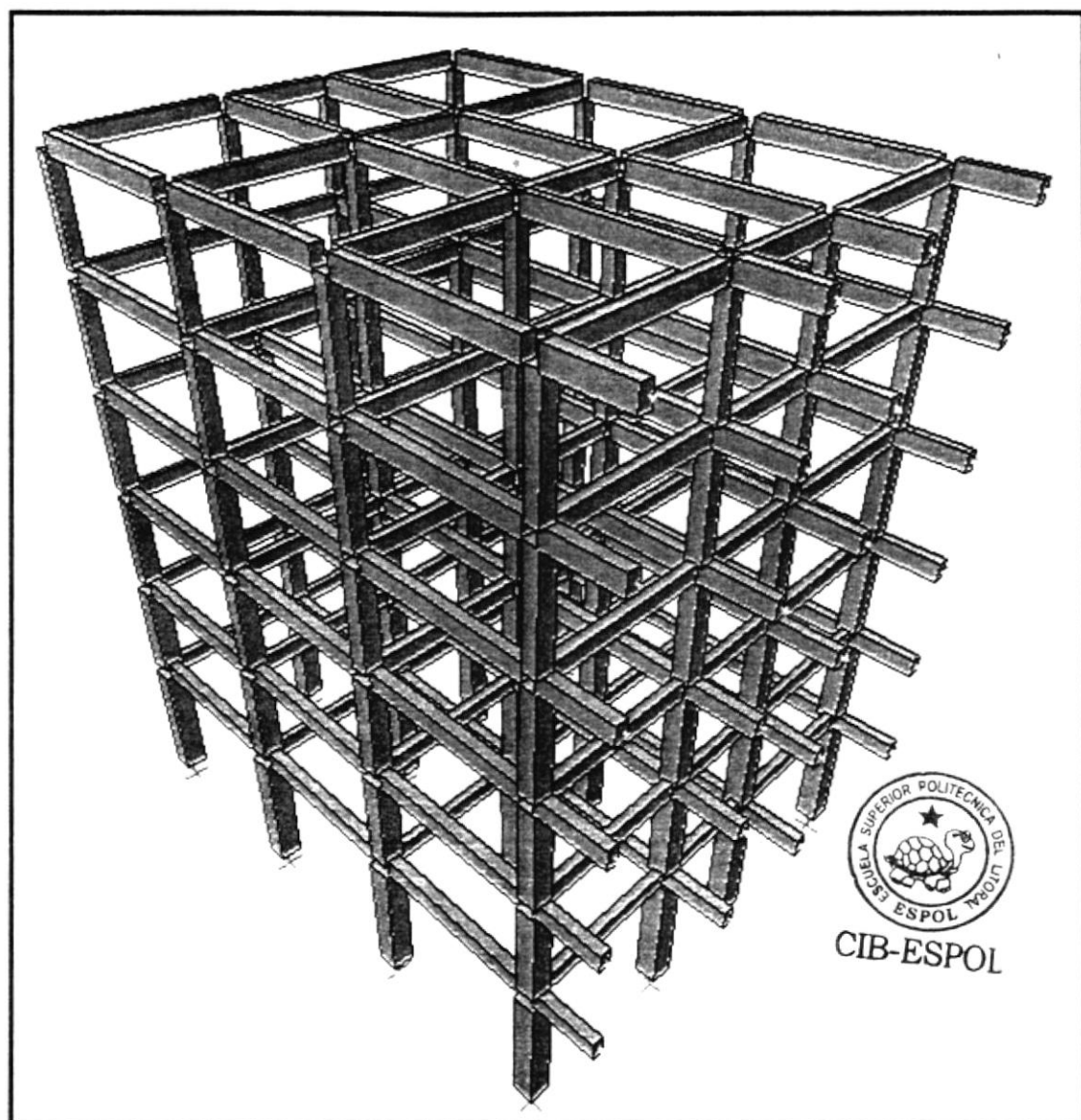
70. Pulse el botón OK.



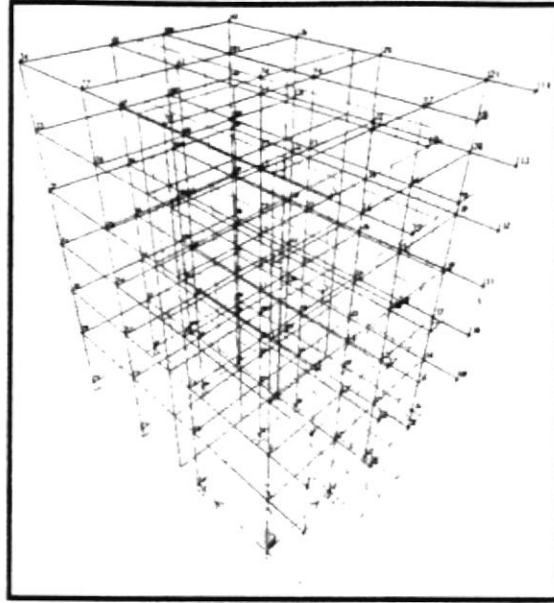
CIB-ESPOL

NOTA: Para la visualización de los resultados consulte el Menú Display en la Guía del Usuario localizado en el Apéndice.

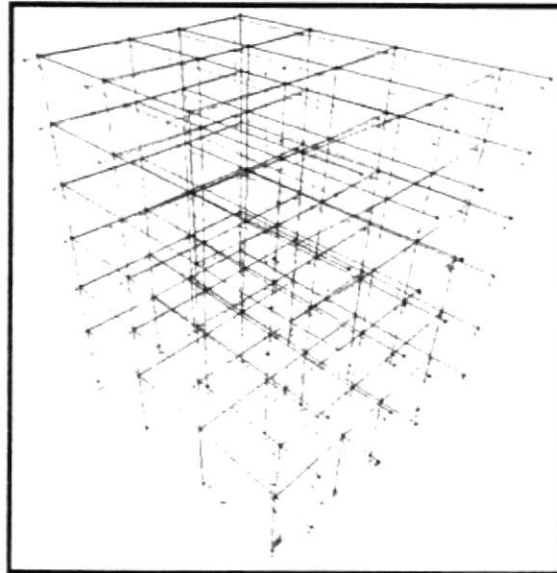
A continuación se presenta gráficos y resultados de este modelo:



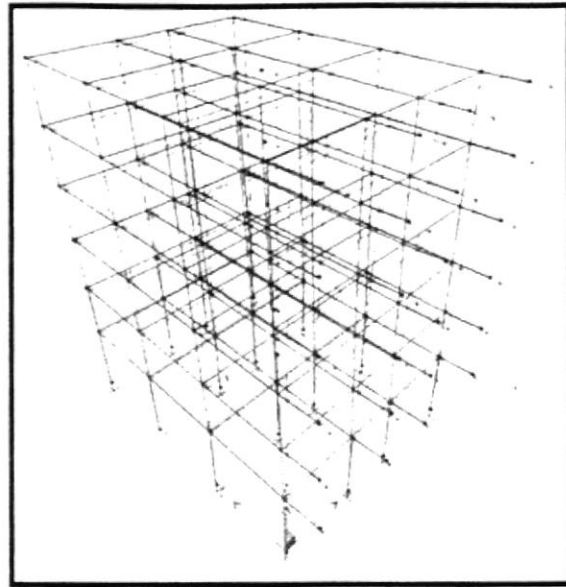
**Modelo con marcos resistentes**



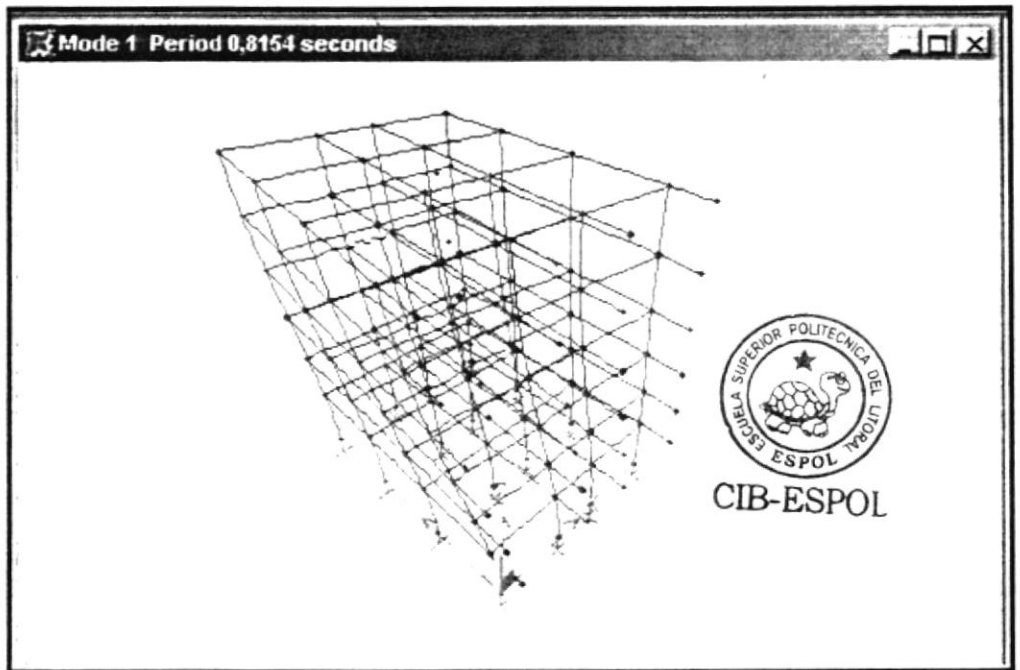
**Geometría de la estructura**



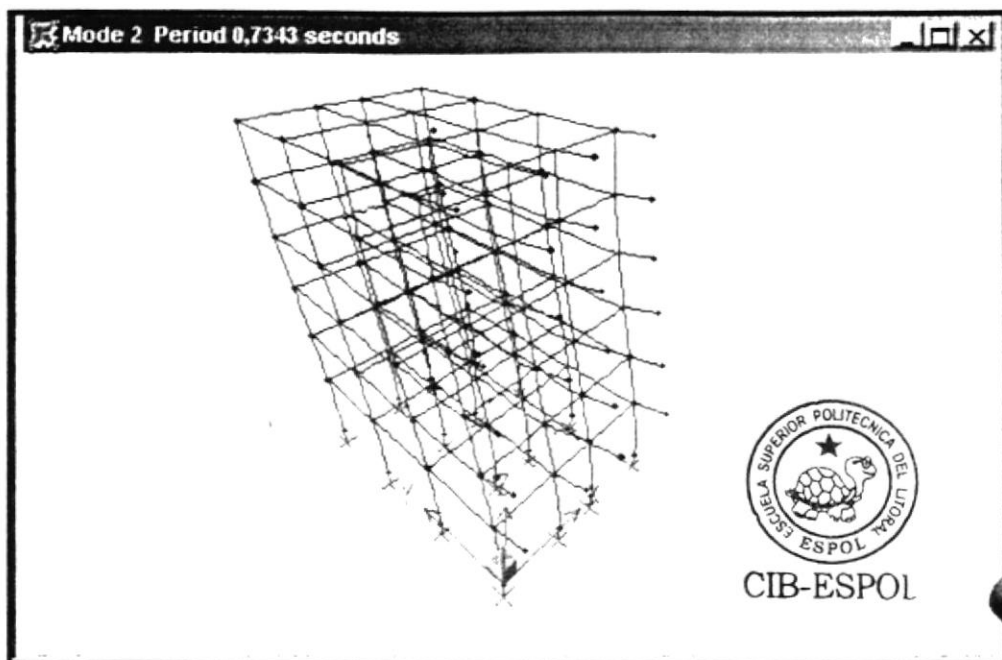
**Deformada por sismo en el sentido X**



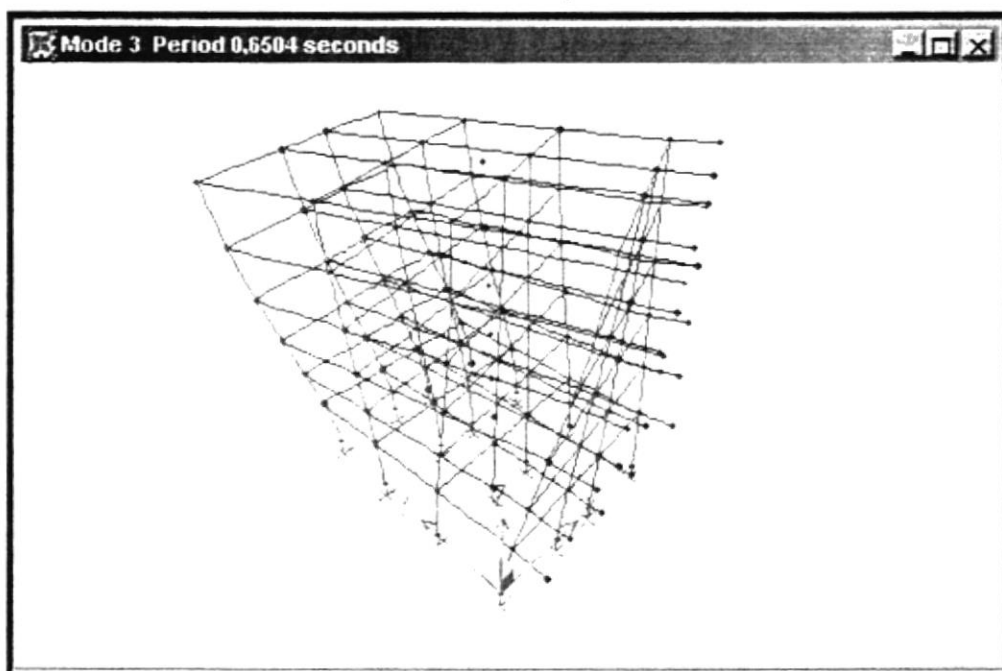
Deformada por sismo en el sentido Y



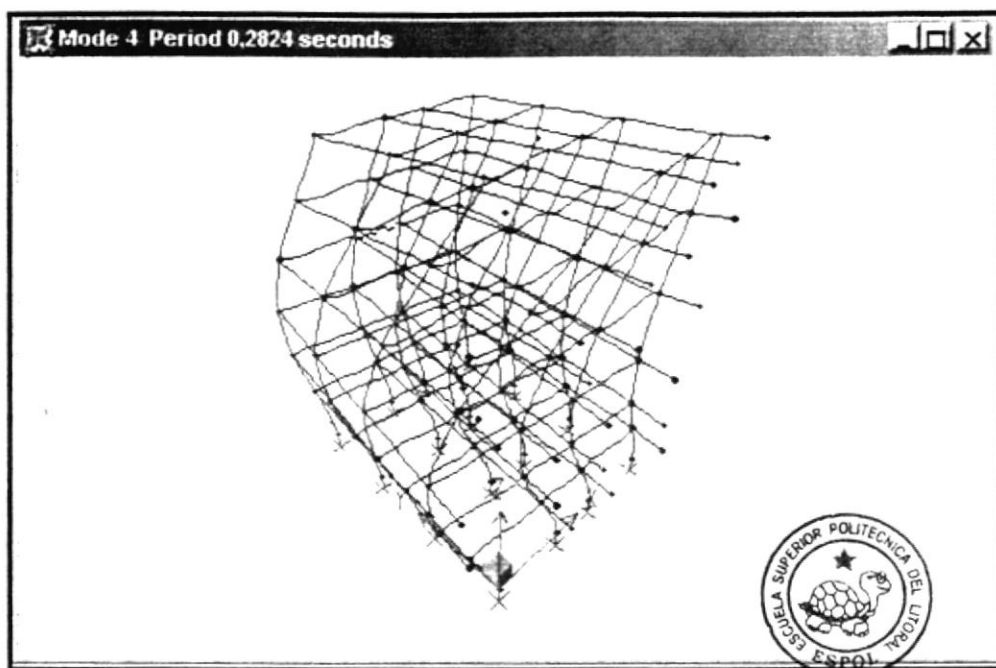
Modo 1



Modo 2



Modo 3



Modo 4

CIB-ESPOL

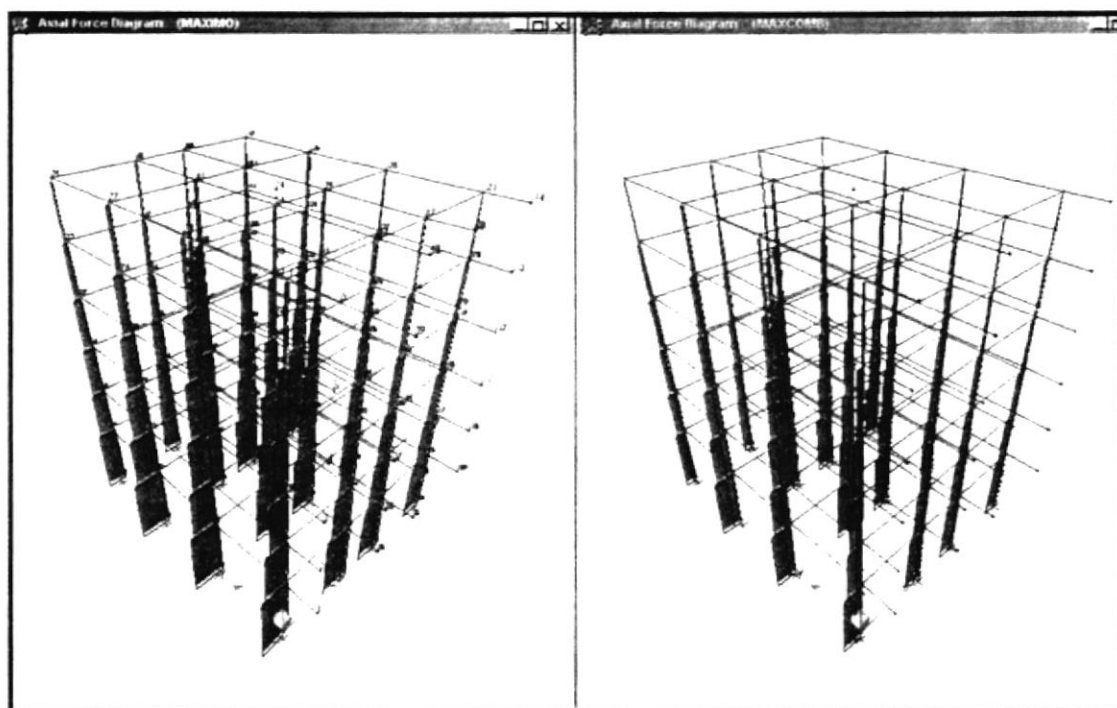


Diagrama de Axial Máximo para Casos y Combinaciones de cargas

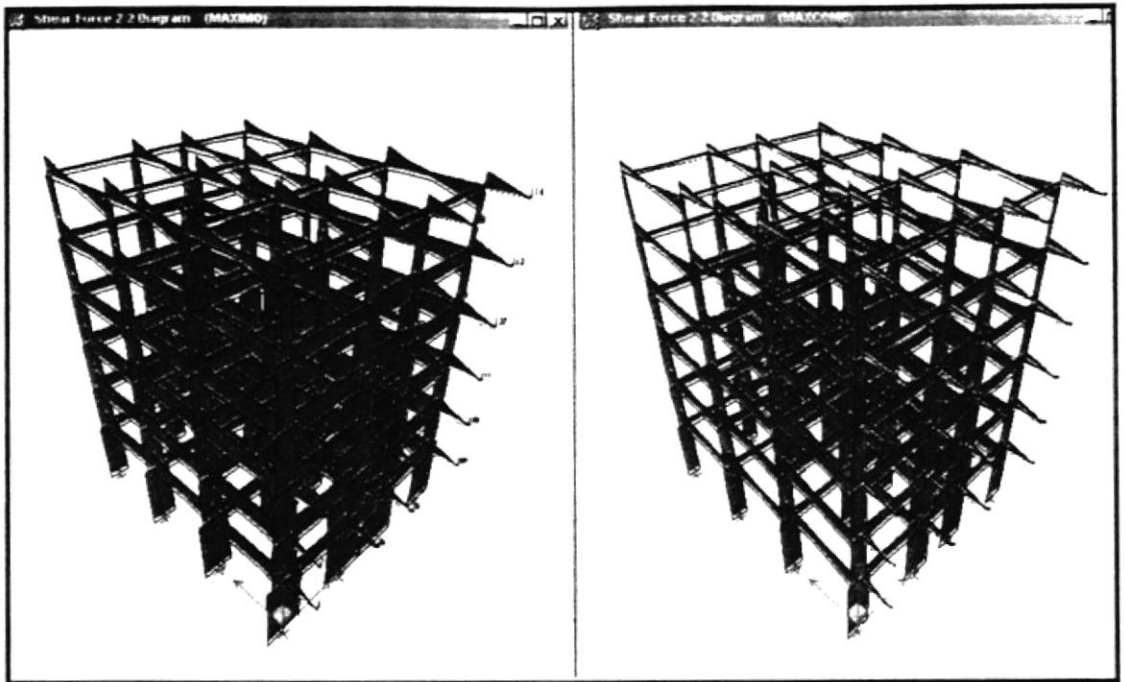


Diagrama de Cortante Máximo(Eje 2-2) para Casos y Comb. de cargas

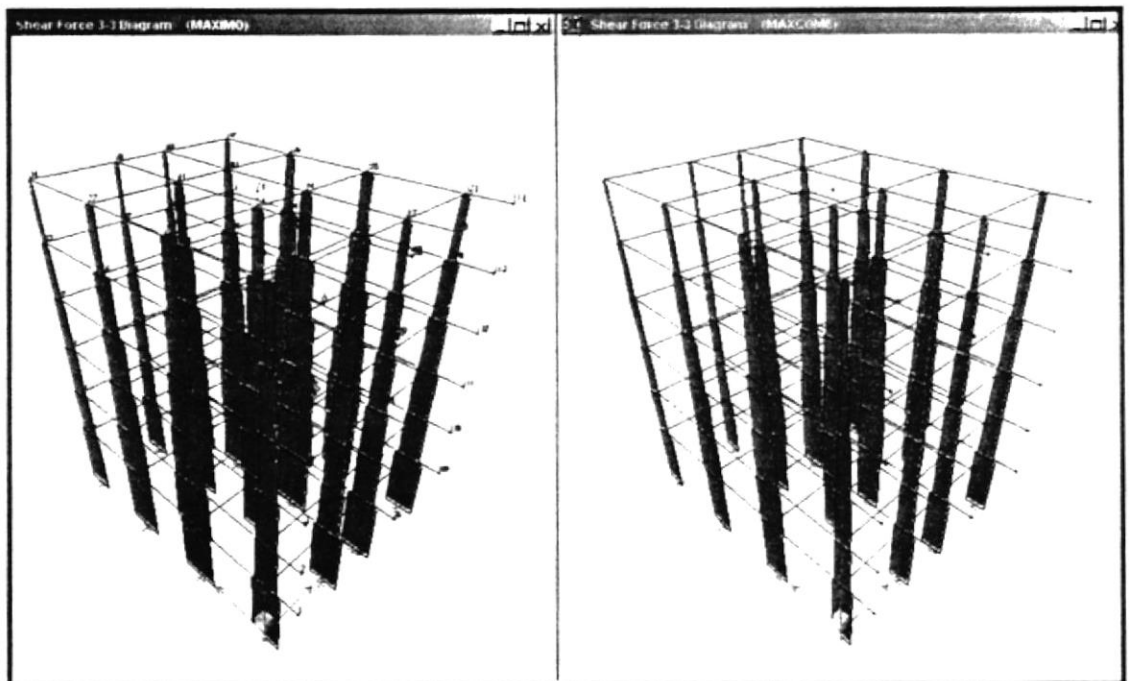


Diagrama de Cortante Máximo (Eje 3-3) para Casos y Comb. de cargas

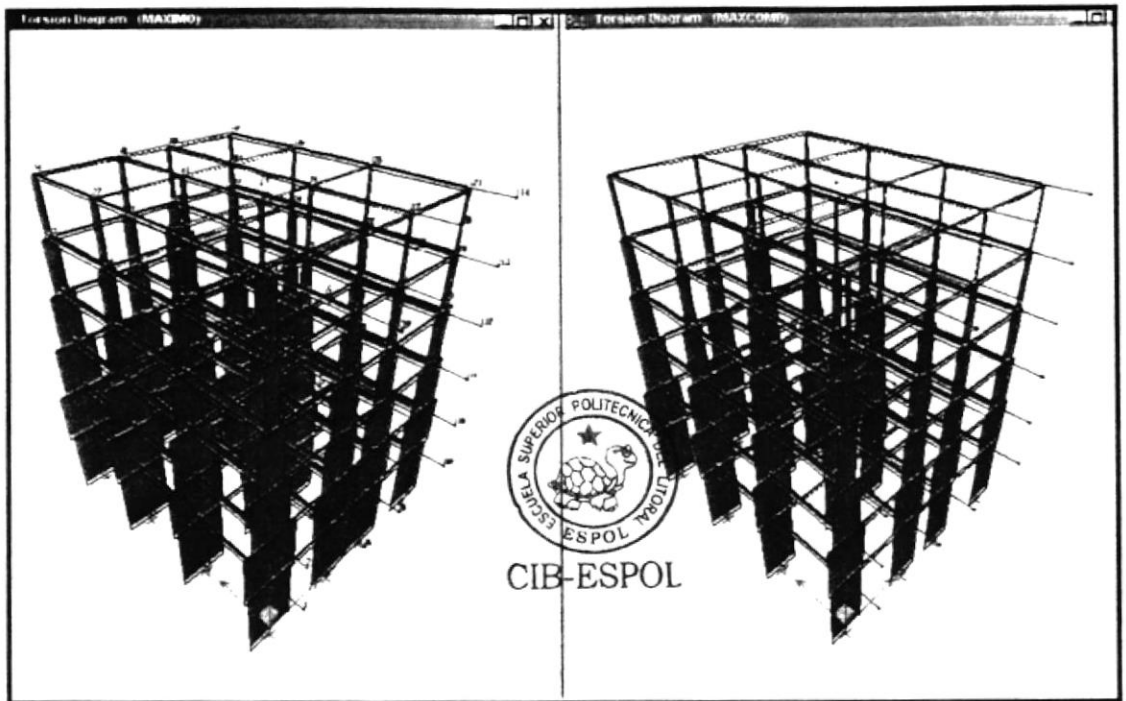


Diagrama de Torsión Máxima para Casos y Combinaciones de cargas

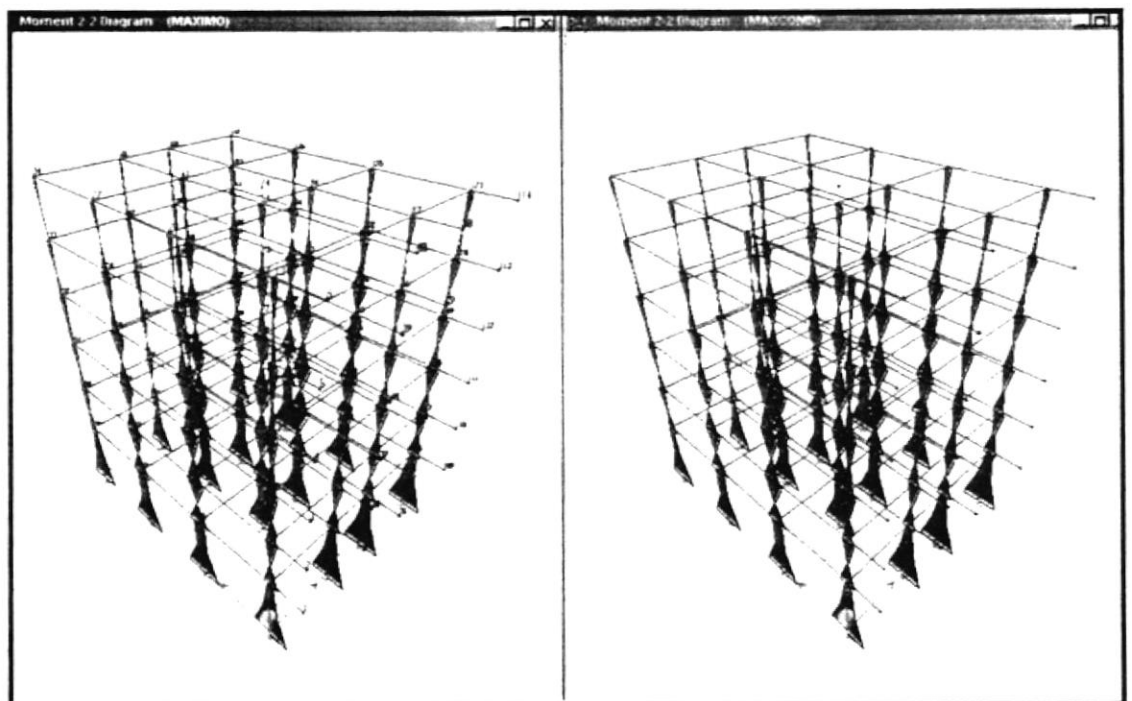
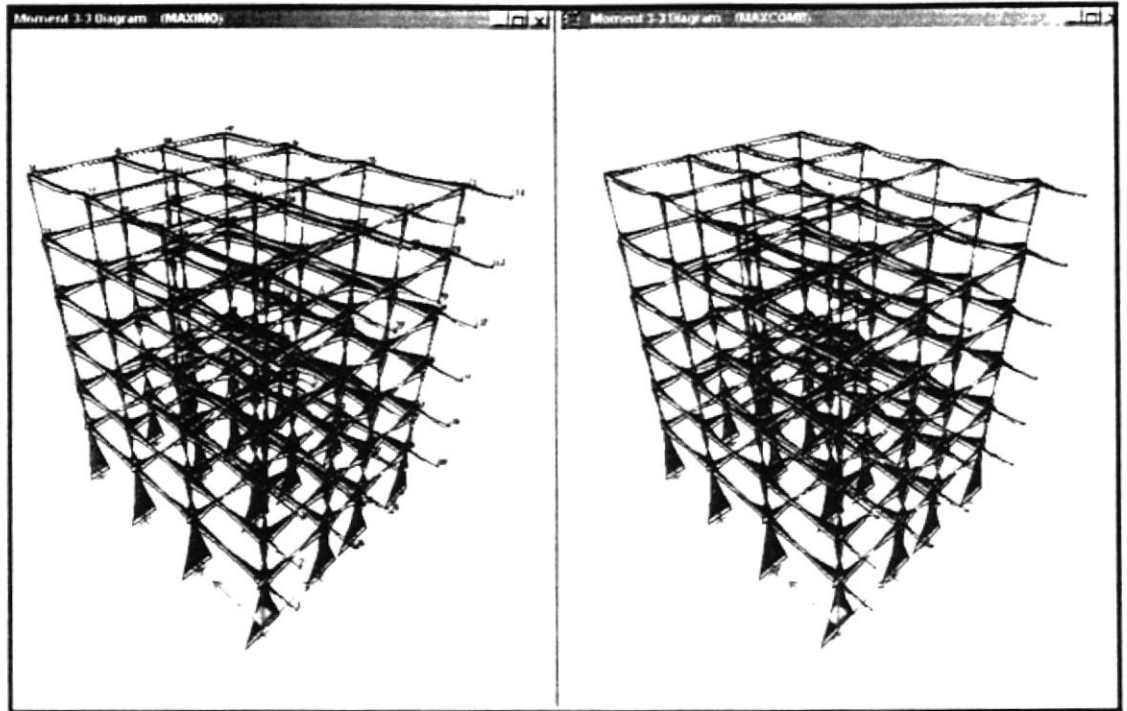


Diagrama de Momento Máximo (Eje 2-2) para Casos y Comb. de cargas



**Diagrama de Momento Máximo (Eje 3-3) para Casos y Comb. de cargas**

La tabla de resultados se muestra a continuación:



CIB-ESPOL

SAP2000 v7.21 File: MODELO 8.1 Ton-m Units PAGE 1  
11/14/03 19:18:42

**GROUP JOINT FORCE SUMMATION**

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
BASE (Sum at X=6 Y=7.5 Z=0)							
	MUERTA	0	0	1107.155	-854.264	0	0
	VIVA	0	0	244.8	-244.8	0	0
	SPECTROX	77.278	3.07E-05	6.67E-04	2.17E-02	1036.805	210.7
	SPECTROY	4.72E-06	82.125	0.134	1099.351	6.68E-03	7.13E-05

**TOTAL ASSEMBLED JOINT MASSES**

IN GLOBAL COORDINATES

	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
TOTAL	108.314512	108.314512	40.744512	0	0	2438.13

**TOTAL ACCELERATED MASS AND LOCATION**

TOTAL MASS ACTIVATED BY ACCELERATION LOADS, IN GLOBAL COORDINATES

	UX	UY	UZ
MASS	105.494416	105.494416	37.924416
X-LOC	6	6	6
Y-LOC	6.673646	6.673646	7.104957
Z-LOC	11.021882	11.021882	10.524012

**MODAL PERIODS AND FREQUENCIES**

MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2
1	0.815437	1.226336	7.705298	59.371619
2	0.734333	1.361779	8.556311	73.210462
3	0.650376	1.537573	9.660858	93.332172
4	0.28235	3.541699	22.25315	495.202672
5	0.259657	3.85123	24.197995	585.542942
6	0.230591	4.336682	27.248179	742.463285
7	0.159993	6.250267	39.271587	1542.258
8	0.149496	6.689132	42.029056	1766.442
9	0.132304	7.558369	47.490636	2255.36
10	0.106761	9.366738	58.852951	3463.67
11	0.101418	9.860182	61.953351	3838.218
12	0.089103	11.223011	70.51626	4972.543
13	0.07537	13.267903	83.364891	6949.672
14	0.072507	13.791686	86.655718	7509.213
15	0.063476	15.753899	98.984666	9797.964
16	0.051724	19.333387	121.475256	14756.238
17	0.050222	19.91176	125.109275	15652.331
18	0.044018	22.718034	142.741616	20375.169

Resultados principales del Modelo 8.1



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

JOINT DISPLACEMENTS						
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES						
SPECSPECTROX —————						
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	0.004211	0.000873	0.00054	0.000293	0.001398	0.000146
2	0.009467	0.001937	0.000569	0.000323	0.001573	0.000323
3	0.015046	0.003058	0.000508	0.000305	0.001513	0.00051
4	0.020278	0.004113	0.00039	0.000254	0.001278	0.000686
5	0.024639	0.004998	0.000238	0.000175	0.0009	0.000833
6	0.027496	0.005576	0.000129	7.97E-05	0.000417	0.000929
7	0	0	0	0	0	0
8	0.003954	0.000873	6.01E-05	0.000292	0.001398	0.000146
9	0.008898	0.001937	0.000103	0.000322	0.001573	0.000323
10	0.014148	0.003058	0.00014	0.000305	0.001513	0.00051
11	0.019071	0.004113	0.000168	0.000253	0.001278	0.000686
12	0.023172	0.004998	0.000186	0.000175	0.0009	0.000833
13	0.025858	0.005576	0.000193	7.95E-05	0.000417	0.000929
14	0	0	0	0	0	0
15	0.003338	0.000873	6.61E-05	0.000256	0.001184	0.000146
16	0.007532	0.001937	0.000113	0.000281	0.001338	0.000323
17	0.011991	0.003058	0.000153	0.000249	0.001288	0.00051
18	0.016167	0.004113	0.000184	0.00019	0.001088	0.000686
19	0.019642	0.004998	0.000203	0.000115	0.000767	0.000833
20	0.02192	0.005576	0.000211	3.70E-05	0.000359	0.000929
21	0	0	0	0	0	0
22	0.002776	0.000873	5.35E-05	0.000256	0.000988	0.000146
23	0.006285	0.001937	9.15E-05	0.000281	0.001121	0.000323
24	0.010018	0.003058	0.000124	0.000249	0.001078	0.00051
25	0.013512	0.004113	0.000148	0.00019	0.000909	0.000686
26	0.016413	0.004998	0.000164	0.000115	0.00064	0.000833
27	0.018316	0.005576	0.000169	3.70E-05	0.000299	0.000929
28	0	0	0	0	0	0
29	0.002309	0.000873	5.90E-05	0.000292	0.000825	0.000146
30	0.005241	0.001937	0.000101	0.000322	0.000939	0.000323
31	0.008363	0.003058	0.000136	0.000304	0.000904	0.00051
32	0.011281	0.004113	0.000163	0.000253	0.000761	0.000686
33	0.013698	0.004998	0.000179	0.000175	0.000537	0.000833
34	0.015286	0.005576	0.000186	7.93E-05	0.000255	0.000929

**Resultados principales del Modelo 8.1**

JOINT DISPLACEMENTS						
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES						
SPECSPECTROY _____						
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	1.14E-10	0.002863	0.001971	0.000955	2.55E-10	1.64E-11
2	1.66E-10	0.006274	0.002174	0.001034	5.63E-10	2.59E-11
3	1.51E-10	0.009829	0.002087	0.000972	1.19E-09	2.44E-11
4	1.20E-10	0.013153	0.001792	0.000811	2.32E-09	1.58E-11
5	7.40E-11	0.015949	0.001323	0.000569	3.81E-09	9.83E-12
6	6.48E-11	0.01781	0.00074	0.000276	9.62E-09	7.95E-12
7	0	0	0	0	0	0
8	8.53E-11	0.002863	6.35E-05	0.000953	2.55E-10	1.64E-11
9	1.18E-10	0.006274	0.000108	0.001032	5.63E-10	2.59E-11
10	1.05E-10	0.009829	0.000145	0.000971	1.19E-09	2.44E-11
11	9.13E-11	0.013153	0.000172	0.000809	2.32E-09	1.58E-11
12	5.70E-11	0.015949	0.000188	0.000567	3.81E-09	9.83E-12
13	5.54E-11	0.01781	0.000194	0.000275	9.62E-09	7.95E-12
14	0	0	0	0	0	0
15	4.84E-11	0.002863	4.09E-06	0.000835	6.68E-11	1.64E-11
16	6.03E-11	0.006274	7.13E-06	0.000902	1.78E-10	2.59E-11
17	4.77E-11	0.009829	1.02E-05	0.000796	3.98E-10	2.44E-11
18	4.15E-11	0.013153	1.28E-05	0.000611	7.89E-10	1.58E-11
19	3.24E-11	0.015949	1.46E-05	0.00038	1.26E-09	9.83E-12
20	4.96E-11	0.01781	1.53E-05	0.000139	3.10E-09	7.95E-12
21	0	0	0	0	0	0
22	1.04E-10	0.002863	4.08E-06	0.000835	7.17E-11	1.64E-11
23	1.64E-10	0.006274	7.12E-06	0.000902	1.92E-10	2.59E-11
24	1.52E-10	0.009829	1.01E-05	0.000796	4.43E-10	2.44E-11
25	8.71E-11	0.013153	1.28E-05	0.000611	7.80E-10	1.58E-11
26	6.07E-11	0.015949	1.46E-05	0.00038	1.30E-09	9.83E-12
27	7.08E-11	0.01781	1.53E-05	0.00014	3.75E-09	7.95E-12
28	0	0	0	0	0	0
29	1.81E-10	0.002863	6.34E-05	0.000953	2.43E-10	1.64E-11
30	2.89E-10	0.006274	0.000107	0.001032	5.27E-10	2.59E-11
31	2.72E-10	0.009829	0.000144	0.00097	1.16E-09	2.44E-11
32	1.61E-10	0.013153	0.000171	0.000809	2.24E-09	1.58E-11
33	1.06E-10	0.015949	0.000187	0.000567	3.64E-09	9.83E-12
34	1.04E-10	0.01781	0.000193	0.000274	9.23E-09	7.95E-12

### Resultados principales del Modelo 8.1

**MODELO 8.1 - DERIVAS****SISMO X**

ENTREPISO	$\Delta$	H	$\Psi$	R	$R\Psi$
Y=0					
6	0.0027	3	0.0009	10	0.009
5	0.0041	3	0.0014	10	0.014
4	0.0049	3	0.0016	10	0.016
3	0.0053	3	0.0018	10	0.018
2	0.0049	3	0.0016	10	0.016
1	0.0040	4	0.0010	10	0.010

**SISMO Y**

ENTREPISO	$\Delta$	H	$\Psi$	R	$R\Psi$
X=0					
6	0.0019	3	0.0006	10	0.006
5	0.0028	3	0.0009	10	0.009
4	0.0033	3	0.0011	10	0.011
3	0.0036	3	0.0012	10	0.012
2	0.0034	3	0.0011	10	0.011
1	0.0029	4	0.0007	10	0.007




CIB-ESPOL

**MODELO 8.1 - DISTORSION**

ENTREPISO	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta$	$\Delta p = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$	$\Delta p/\Delta$
6	0.0275	0.0153	0.0275	0.021	1.29

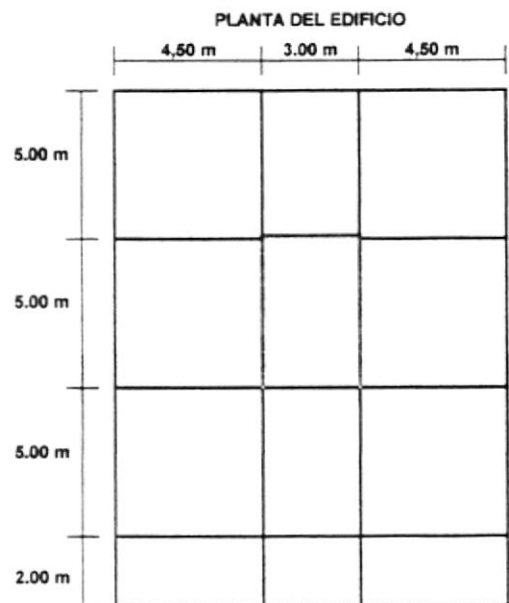
**Resultados principales del Modelo 8.1**

## 8.2 Modelo para el análisis sísmico de un edificio de 6 plantas de H.A. con muros de corte

Para realizar este modelo se tomará en cuenta el modelo anterior, y se lo grabará con otro nombre, luego desactive el botón  para realizar los cambios respectivos, los cuales son:

### Características:

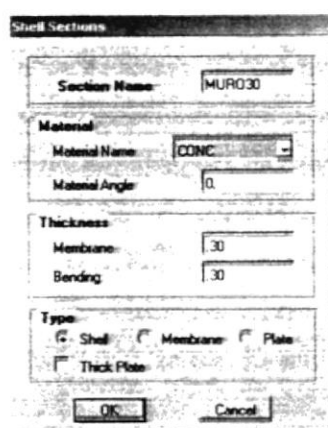
Se ubicará muros de corte tal como se muestra en la planta, resaltado con color azul y su espesor varía de 30 a 15 cm.



### SOLUCION:

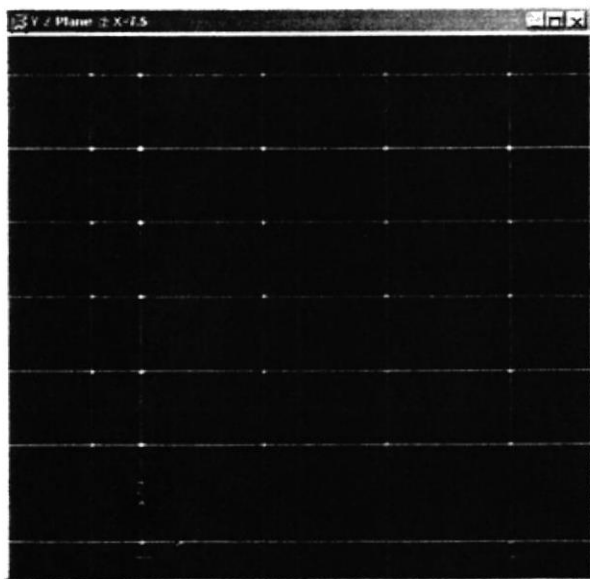
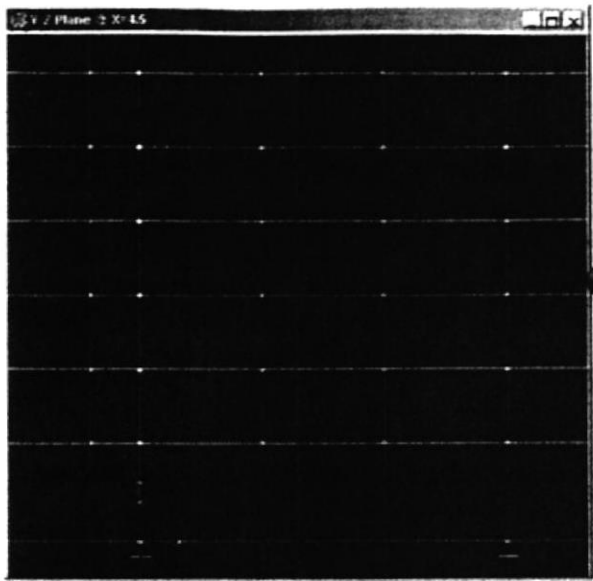
1. Del menú Define seleccione Shell Sections... para visualizar el cuadro de diálogo Define Shell Sections.
2. En este cuadro de diálogo se ingresan los espesores del muro:
  - Pulse el botón Add New Section
  - En el cuadro de revisión Section Name teclee la palabra MURO30

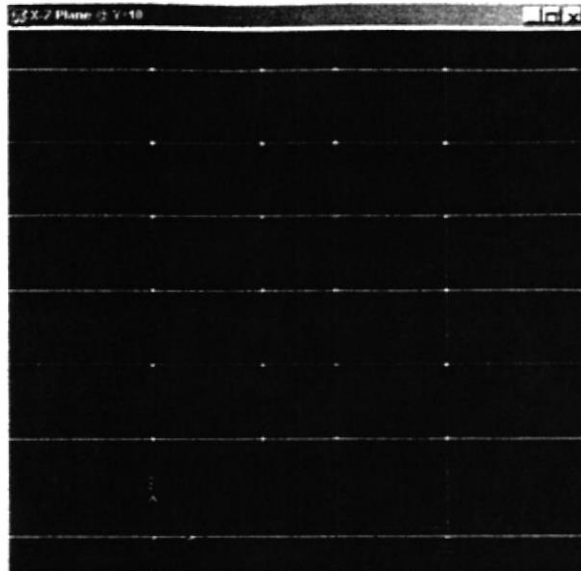
- Verifique que aparezca la palabra CONC en el cuadro de lista Material Name
- En los cuadros de revisión Membrane y Bending en el area Thickness ingrese el valor 0,30
- En el area Type escoja la opción Shell




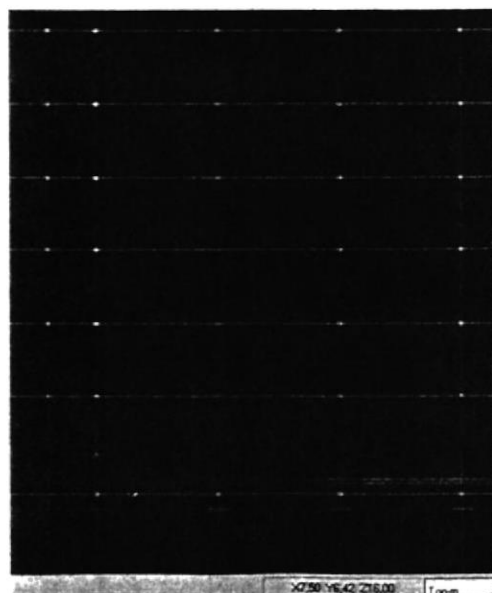
- Pulse OK dos veces
  - Haga lo mismo para los espesores de 0.25, 0.20, y 0.15
3. Seleccione las columnas y vigas en donde van a ir ubicados los muros, y luego presione la tecla Suprimir para eliminarlos.




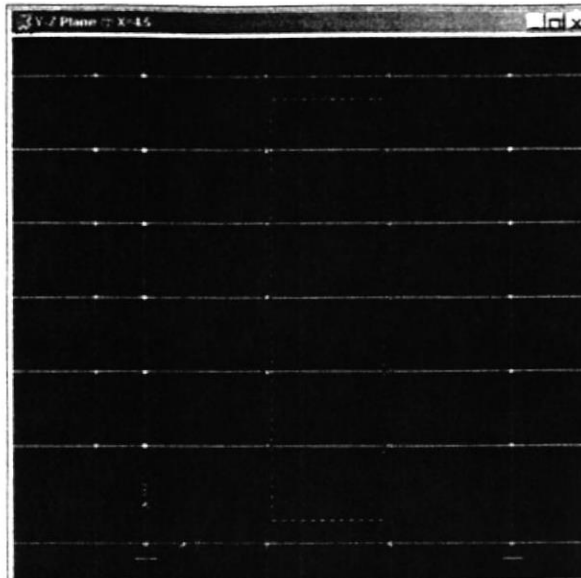




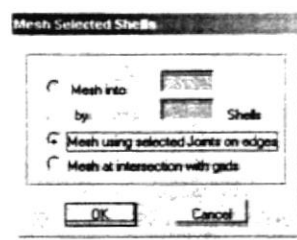
4. Nos ubicamos en el plano YZ,  $X=4,5$ .
5. Pulse el botón  y haga clic en una esquina del bloque central de nudos de ese pórtico y arrastre el mouse hasta la esquina opuesta y haga clic en este.

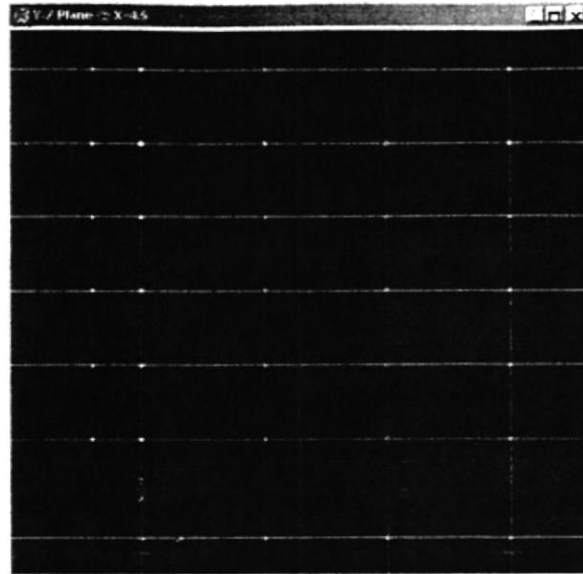


- Pulse el botón  y luego seleccione el bloque central de nudos de ese pórtico.

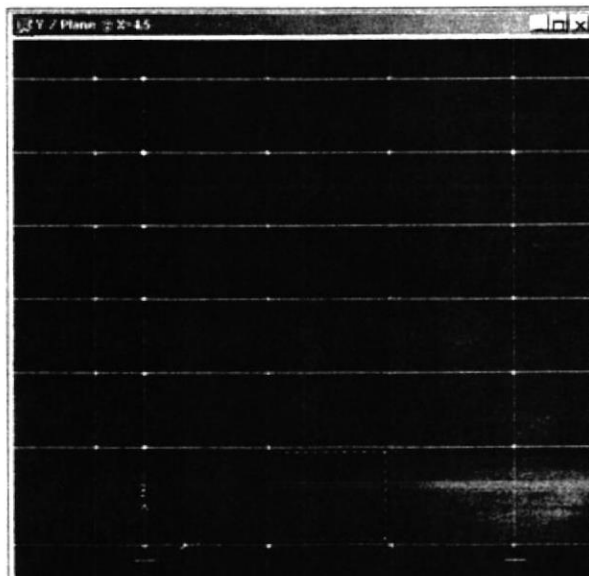


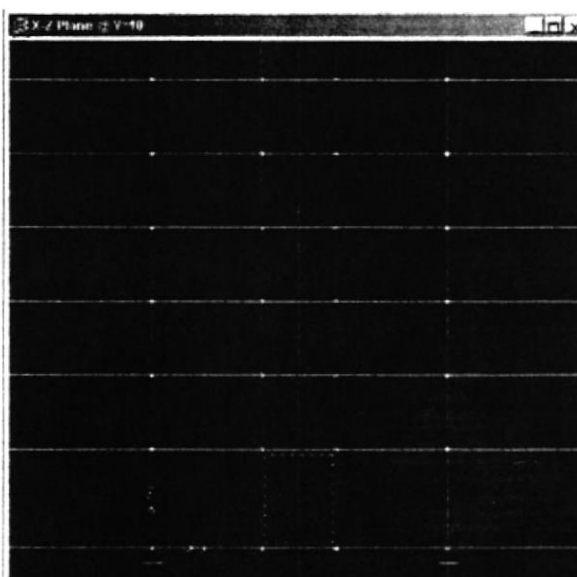
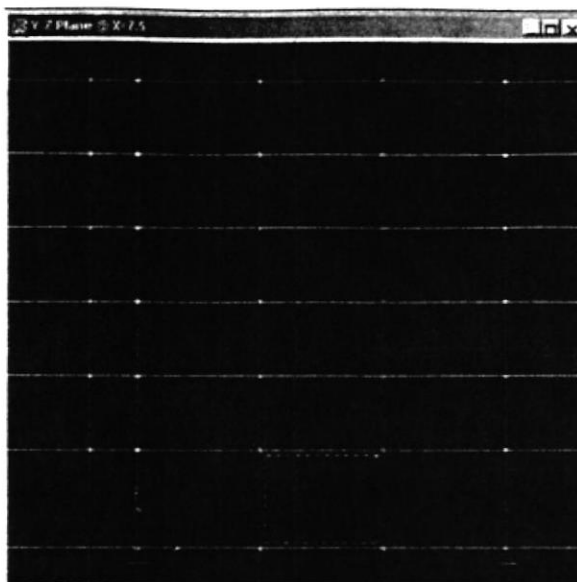
- Del menú Edit seleccione Mesh Shells... para visualizar el cuadro de diálogo Mesh Selected Shells
- En este cuadro de diálogo escoja la segunda opción (Mesh using selected Joints on edges) y pulse OK



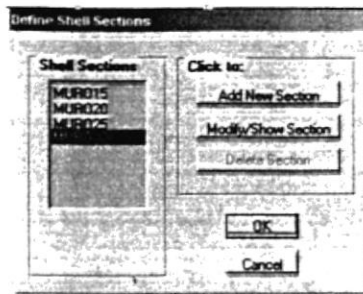


9. Ahora nos ubicamos en el plano YZ,  $X=7,5$
10. Repetimos los pasos del 4 al 8.
11. Lo mismo hacemos para el plano XZ,  $Y=10$
12. Seleccione los elementos shell del primer entrespiso (Planos: YZ,  $X=4.5$ ; YZ,  $X=7.5$ ; y, XZ,  $Y=10$ ).

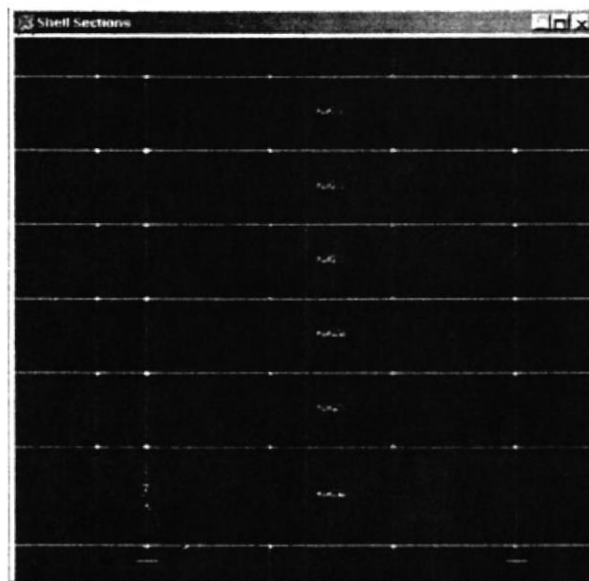




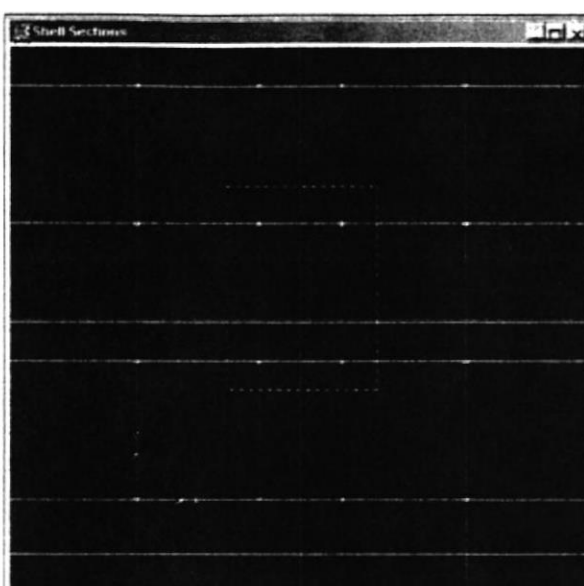
13. Luego presione el botón  para abrir el cuadro de diálogo Define Shell Sections y seleccione MURO30 y luego presione OK.






14. Haga lo mismo para el segundo entrepiso con MURO25, para el tercer entrepiso con MURO20, y para los restantes con MURO15.



15. Ahora, vaya al plano XY,  $Z=0$ ; y seleccione los 4 nudos centrales



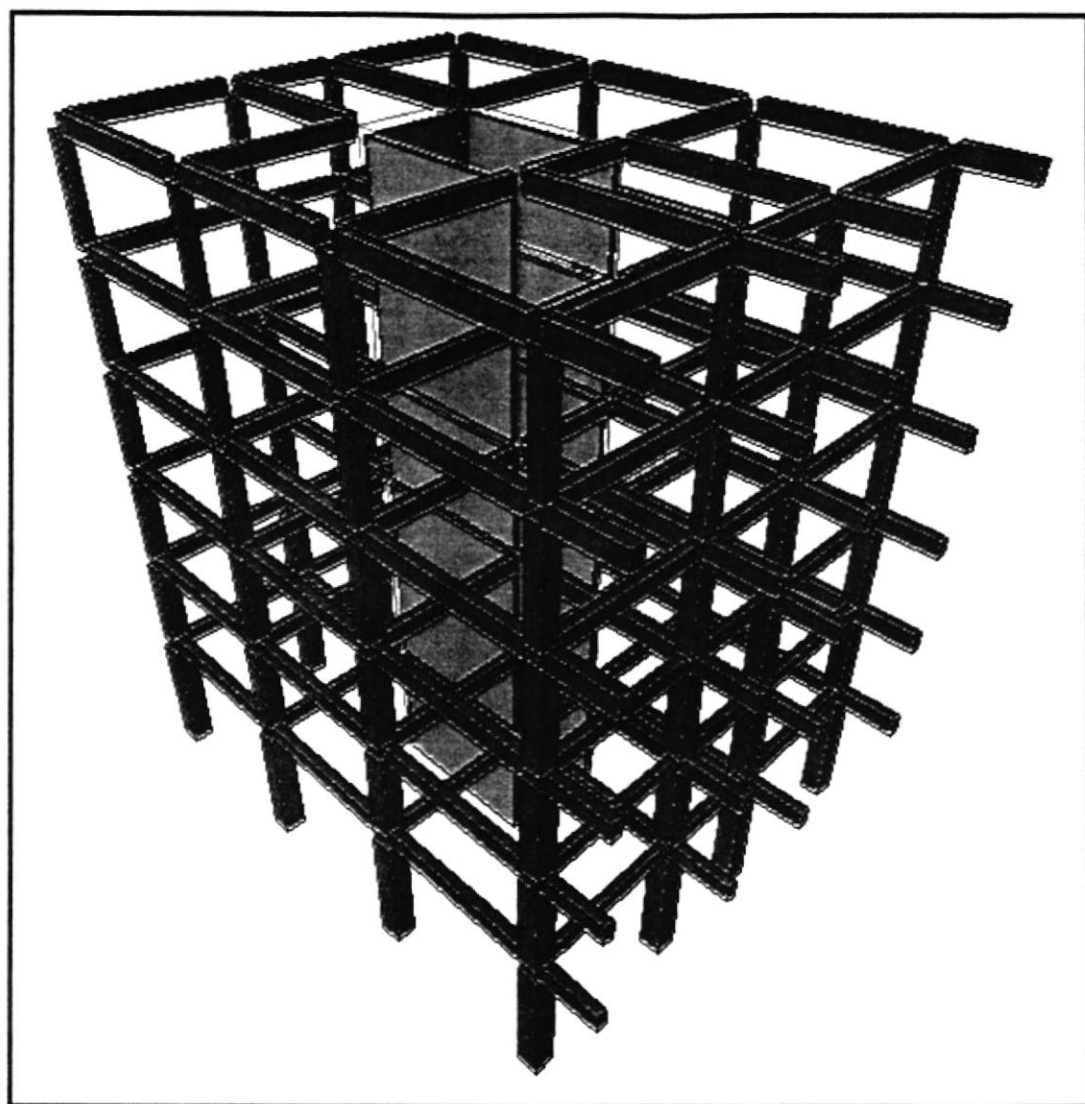
16. Pulse el botón  y en el cuadro de diálogo Joints Restraints presione el botón  para definir el empotramiento en los 4 nudos de la base que faltan para completar el modelo, y luego pulse OK.

17. Pulse el botón  para ejecutar el análisis.

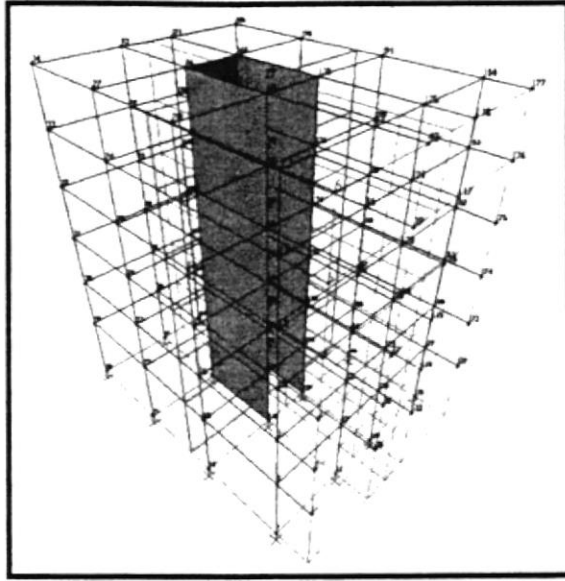
18. Pulse el botón OK.

NOTA: Para la visualización de los resultados consulte el Menú Display en la Guía del Usuario localizado en el Apéndice.

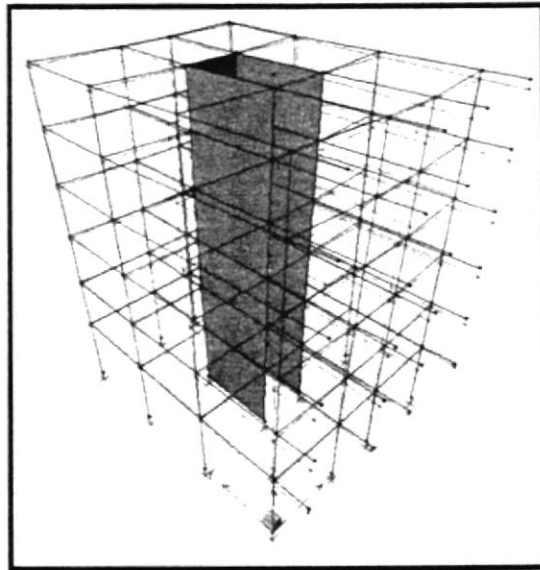
A continuación se presenta gráficos y resultados de este modelo:



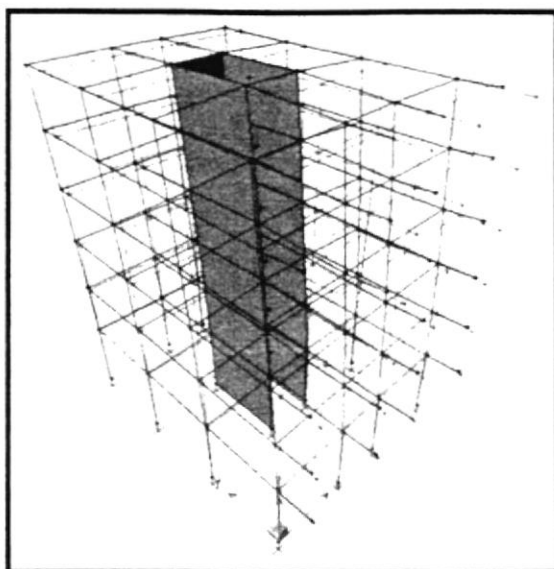
**Modelo con marcos resistentes y muros de corte**



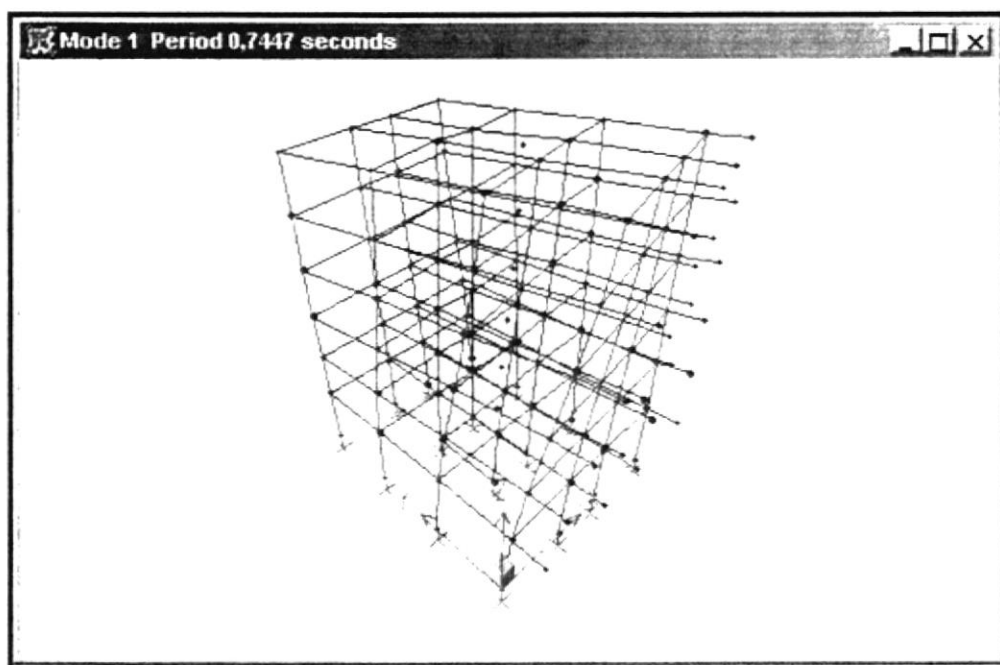
**Geometría de la Estructura**



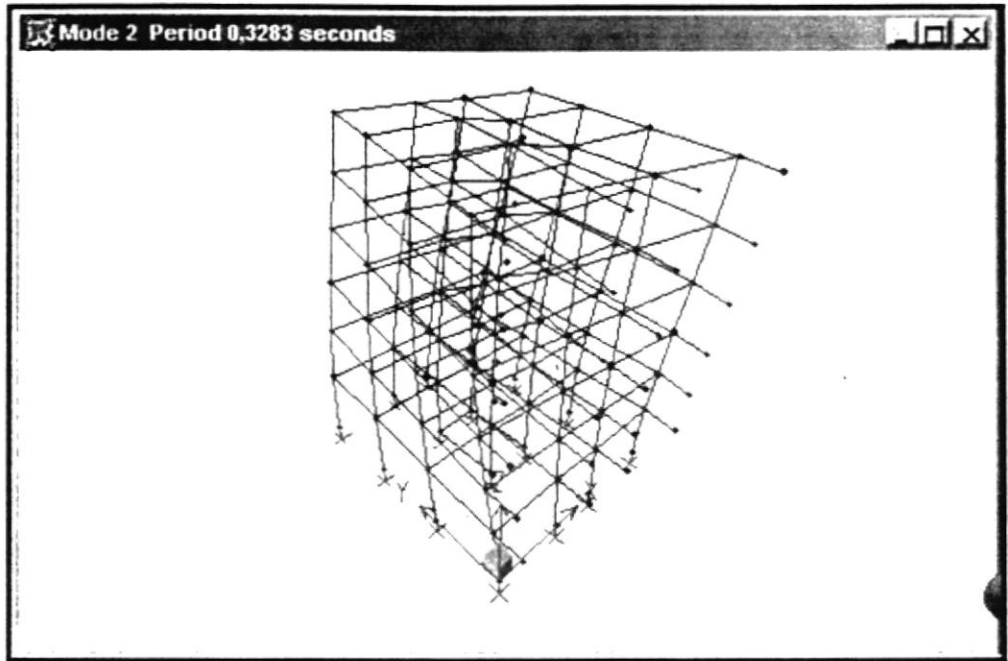
**Deformada por sismo en el sentido X**



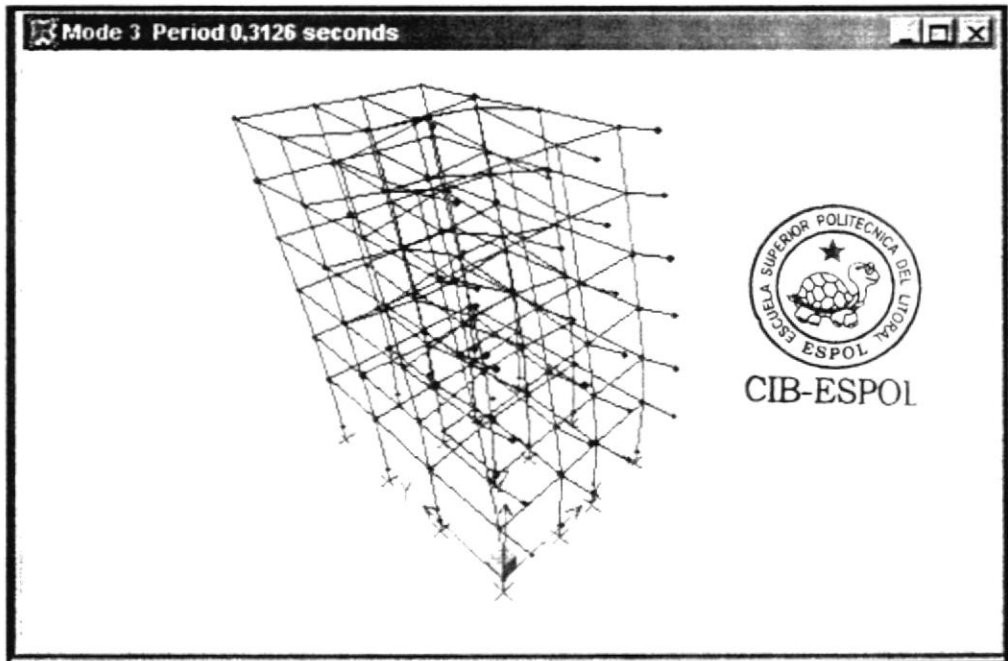
Deformada por sismo en el sentido Y



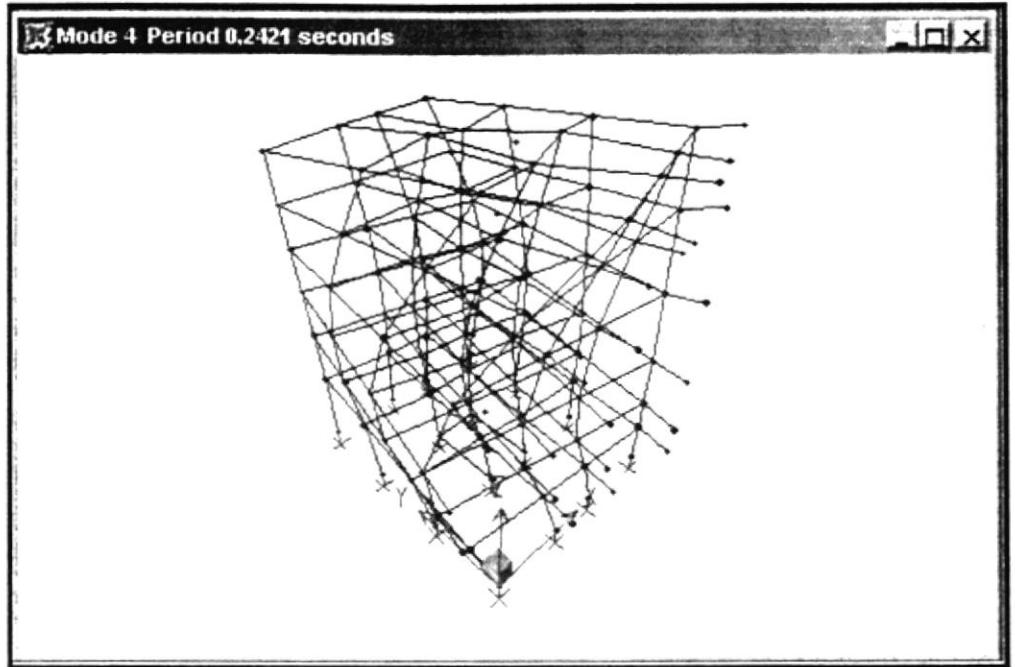
Modo 1



Modo 2



Modo 3



Modo 4

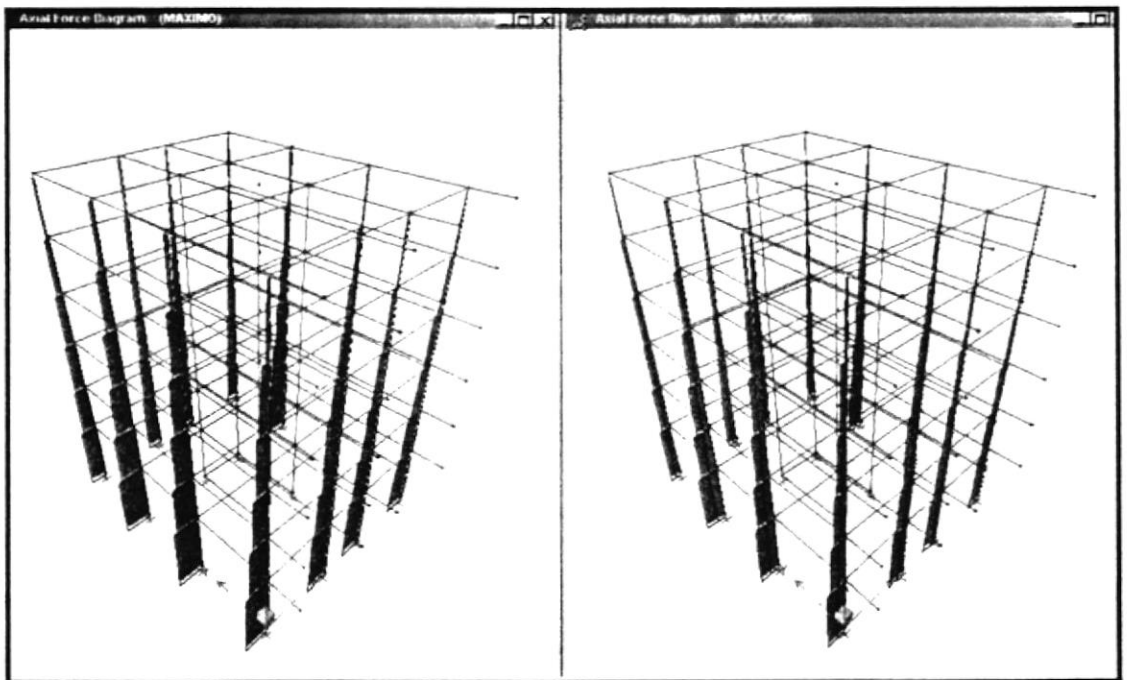


Diagrama de Axial Máximo para Casos y Combinaciones de cargas

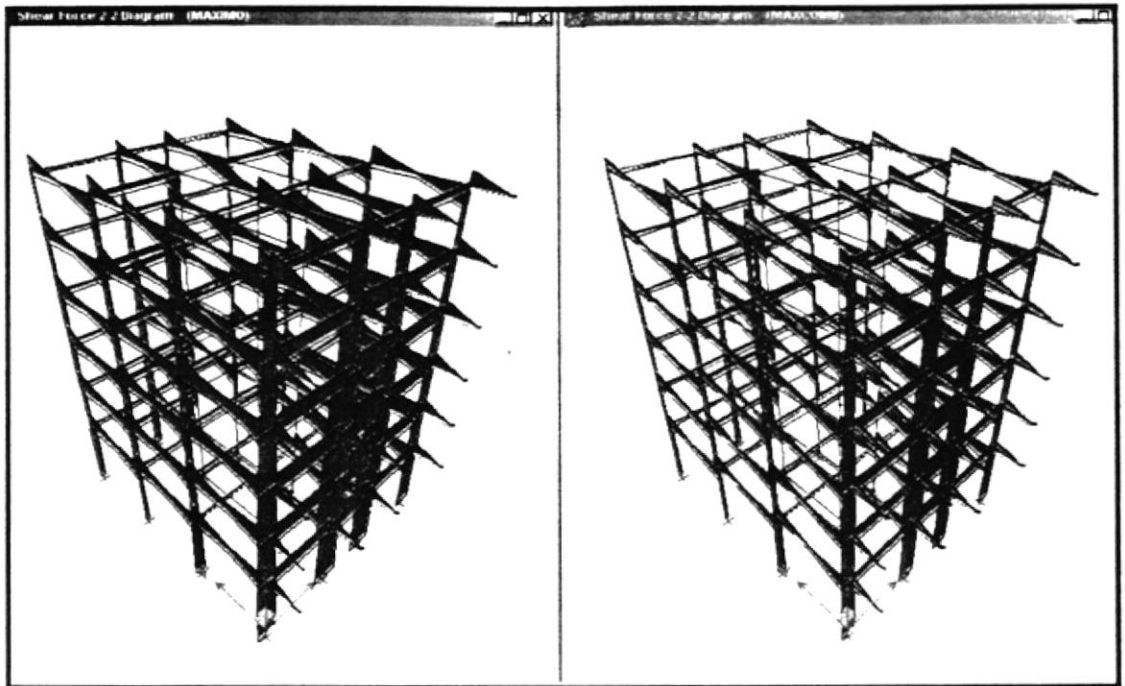


Diagrama de Cortante Máximo(Eje 2-2) para Casos y Comb. de cargas

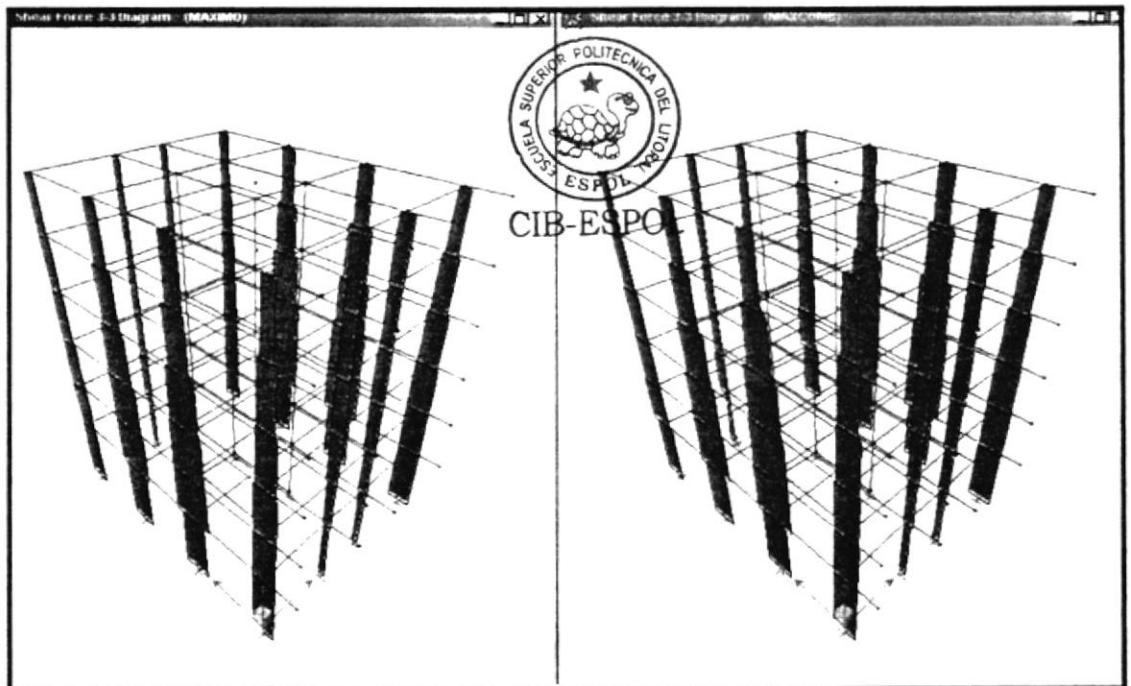


Diagrama de Cortante Máximo (Eje 3-3) para Casos y Comb. de cargas

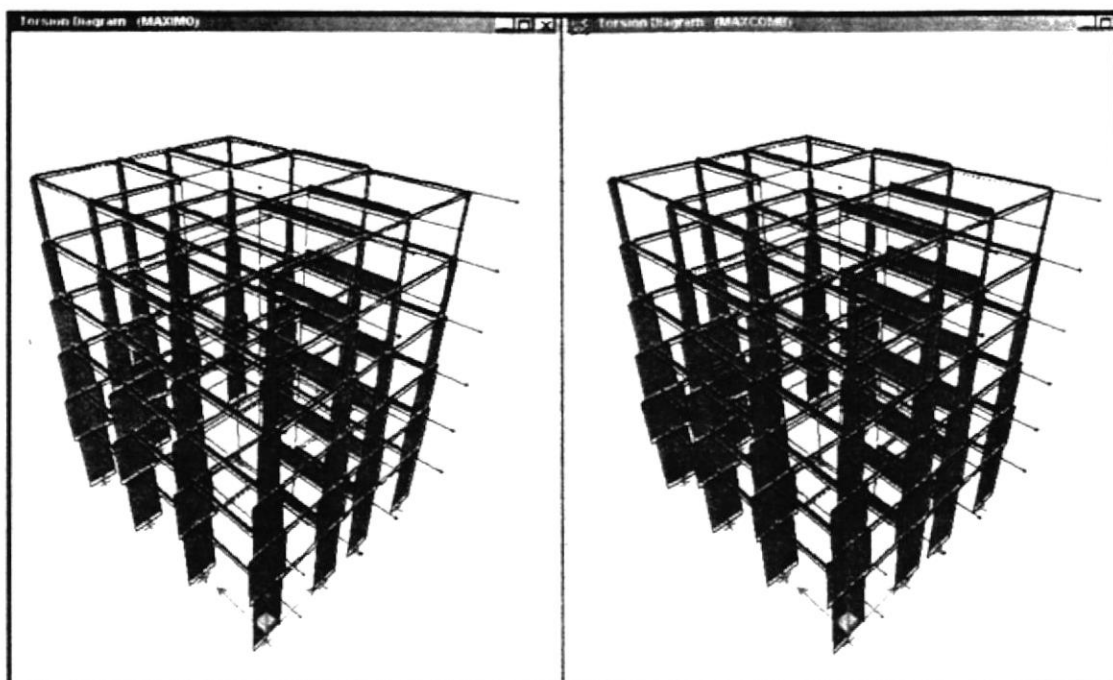


Diagrama de Torsión Máximo para Casos y Combinaciones de cargas

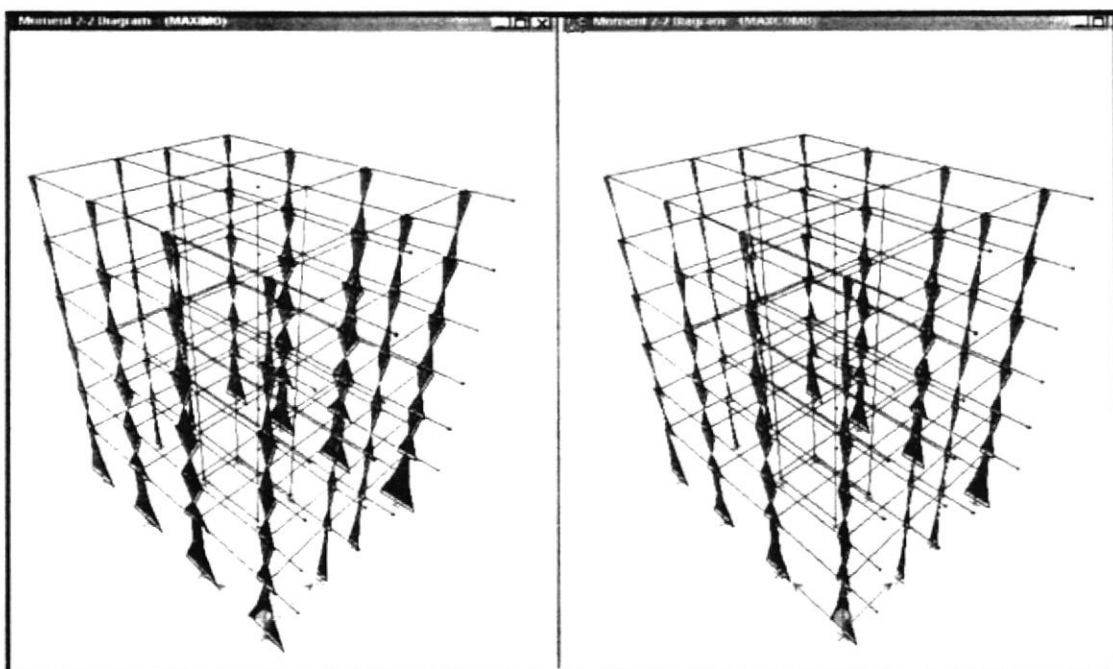


Diagrama de Momento Máximo (Eje 2-2) para Casos y Comb. de cargas

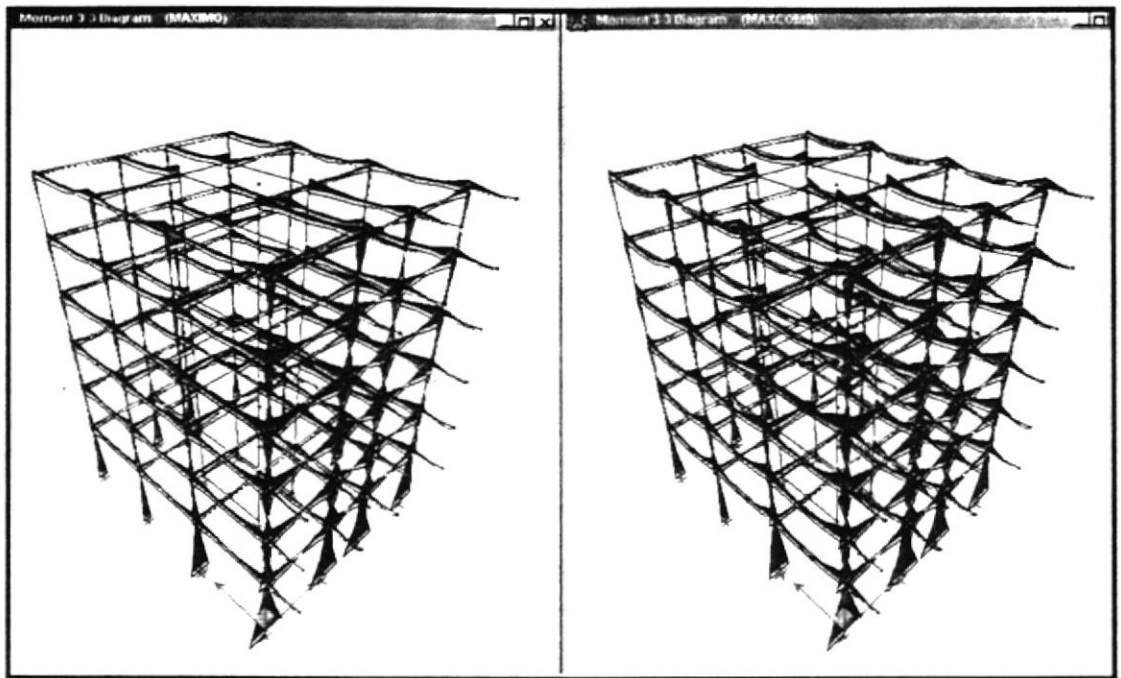
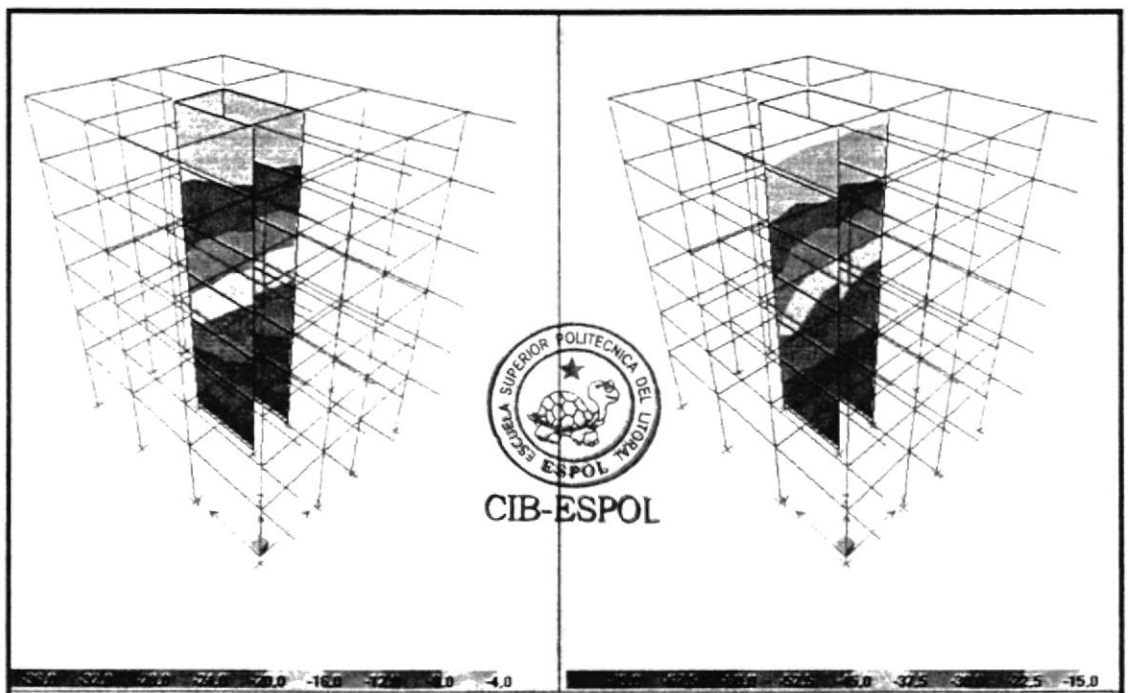
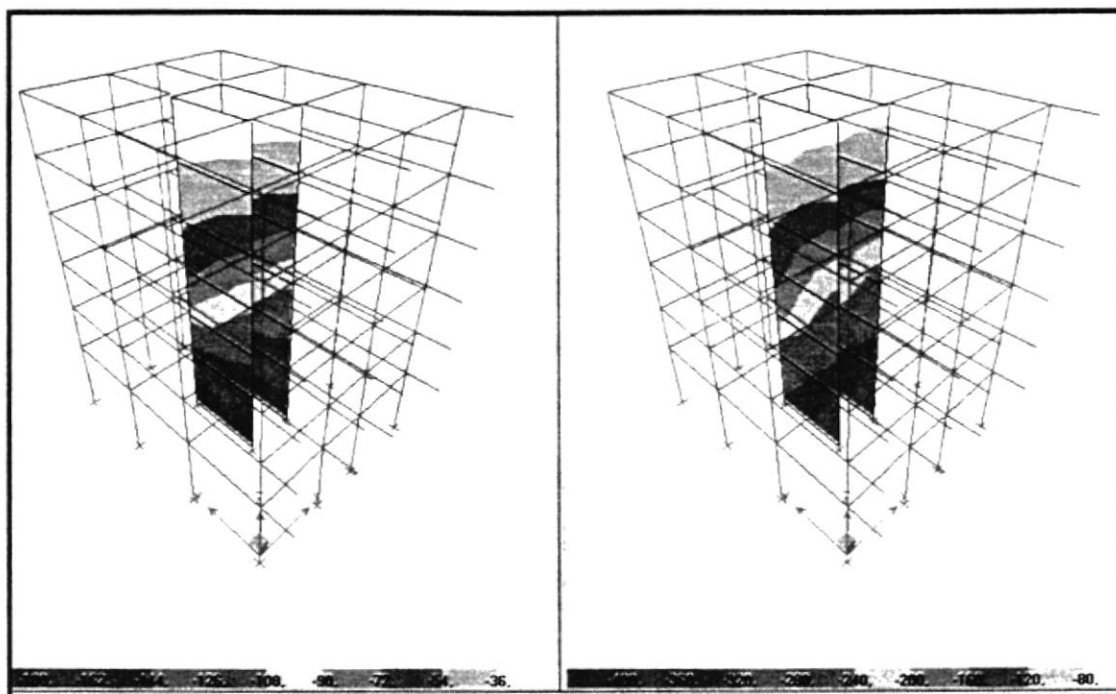


Diagrama de Momento Máximo (Eje 3-3) para Casos y Comb. de cargas



Esfuerzos máximos en 1-1 para casos y combinaciones de cargas



**Esfuerzos máximos en 2-2 para casos y combinaciones de cargas**

La tabla de resultados se muestra a continuación:



CIB-ESPOL

SAP2000 v7.21 File: MODELO 8.2 Ton-m Units PAGE 1  
11/14/03 19:20:43

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
BASE (Sum at X=6 Y=7.5 Z=0)							
	MUERTA	0	0	1054.736	-796.141	0	0
	VIVA	0	0	208.8	-244.8	0	0
	SPECTROX	55.987	1.82E-03	2.42E-03	2.01E-02	753.733	354.541
	SPECTROY	8.08E-04	75.558	0.604	1042.147	3.45E-03	3.63E-03

TOTAL ASSEMBLED JOINT MASSES

IN GLOBAL COORDINATES

	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
TOTAL	113.569144	113.569144	45.999144	0	0	2438.13

TOTAL ACCELERATED MASS AND LOCATION

TOTAL MASS ACTIVATED BY ACCELERATION LOADS, IN GLOBAL COORDINATES

	UX	UY	UZ
MASS	109.544632	109.544632	41.974632
X-LOC	6	6	6
Y-LOC	6.748194	6.748194	7.257895

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2
1	0.744734	1.342761	8.436816	71.179866
2	0.328308	3.045921	19.138086	366.266348
3	0.312622	3.198747	20.09832	403.942447
4	0.242139	4.129858	25.948662	673.333041
5	0.125893	7.943261	49.908979	2490.906
6	0.098558	10.146336	63.751311	4064.23
7	0.080602	12.406624	77.953115	6076.688
8	0.079503	12.578128	79.030707	6245.853
9	0.059211	16.888753	106.115165	11260.428
10	0.052666	18.98746	119.301731	14232.903
11	0.04319	23.153286	145.476385	21163.379
12	0.038426	26.023936	163.513213	26736.571
13	0.037775	26.4725	166.33162	27666.208
14	0.037499	26.667535	167.557066	28075.37
15	0.037017	27.014667	169.738157	28811.042
16	0.036454	27.431557	172.357558	29707.128
17	0.035288	28.338088	178.053459	31703.034
18	0.033142	30.173264	189.584207	35942.171



CIB-ESPOL

Resultados principales del Modelo 8.2

JOINT DISPLACEMENTS						
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES						
SPECSPECTROX -----						
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	0.002778	0.001166	0.000789	0.000406	0.000882	0.000194
2	0.006607	0.002723	0.000937	0.00049	0.001098	0.000454
3	0.011008	0.004488	0.000924	0.000491	0.001136	0.000748
4	0.015416	0.006238	0.000782	0.000426	0.001023	0.00104
5	0.019376	0.007794	0.000565	0.000322	0.000816	0.001299
6	0.022575	0.009018	0.000229	0.000155	0.000451	0.001503
7	0	0	0	0	0	0
8	0.002393	0.001166	2.60E-05	0.000406	0.000882	0.000194
9	0.005708	0.002723	4.56E-05	0.000489	0.001098	0.000454
10	0.009528	0.004488	6.38E-05	0.00049	0.001136	0.000748
11	0.013362	0.006238	7.89E-05	0.000426	0.001023	0.00104
12	0.016813	0.007794	8.95E-05	0.000321	0.000816	0.001299
13	0.019612	0.009018	9.44E-05	0.000154	0.000451	0.001503
14	0	0	0	0	0	0
15	0.00144	0.001166	1.85E-05	0.000357	0.00056	0.000194
16	0.003482	0.002723	3.28E-05	0.000427	0.000712	0.000454
17	0.005863	0.004488	4.66E-05	0.000403	0.000758	0.000748
18	0.00828	0.006238	5.87E-05	0.000324	0.000704	0.00104
19	0.010477	0.007794	6.77E-05	0.000217	0.000584	0.001299
20	0.012297	0.009018	7.22E-05	8.39E-05	0.000361	0.001503
21	0	0	0	0	0	0
22	0.000556	0.001166	2.22E-05	0.000357	0.000209	0.000194
23	0.001399	0.002723	3.95E-05	0.000428	0.00028	0.000454
24	0.002436	0.004488	5.59E-05	0.000404	0.000304	0.000748
25	0.003551	0.006238	7.03E-05	0.000326	0.00028	0.00104
26	0.004609	0.007794	8.11E-05	0.00022	0.000225	0.001299
27	0.005547	0.009018	8.70E-05	8.82E-05	6.24E-05	0.001503
28	0	0	0	0	0	0
29	0.000659	0.001166	2.56E-05	0.000406	0.000224	0.000194
30	0.001445	0.002723	4.46E-05	0.000489	0.000253	0.000454
31	0.00234	0.004488	6.18E-05	0.000491	0.00027	0.000748
32	0.003272	0.006238	7.55E-05	0.000428	0.000253	0.00104
33	0.004132	0.007794	8.47E-05	0.000324	0.000205	0.001299
34	0.004825	0.009018	8.87E-05	0.00016	0.000108	0.001503

## Resultados principales del Modelo 8.2



JOINT DISPLACEMENTS						
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES						
SPECSPECTROY _____						
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	1.57E-09	0.000272	0.000221	0.000104	2.12E-07	1.34E-10
2	1.75E-09	0.000708	0.000324	0.000151	4.50E-07	1.79E-10
3	1.27E-09	0.001297	0.000395	0.000182	9.58E-07	1.20E-10
4	1.47E-09	0.002001	0.000415	0.000188	2.03E-06	1.22E-10
5	1.04E-09	0.002741	0.000388	0.000171	2.91E-06	1.23E-10
6	1.11E-09	0.003464	0.000243	9.72E-05	1.03E-05	1.13E-10
7	0	0	0	0	0	0
8	1.43E-09	0.000272	1.28E-05	0.000103	2.12E-07	1.34E-10
9	1.52E-09	0.000708	2.28E-05	0.00015	4.50E-07	1.79E-10
10	1.09E-09	0.001297	3.24E-05	0.00018	9.58E-07	1.20E-10
11	1.34E-09	0.002001	4.08E-05	0.000186	2.03E-06	1.22E-10
12	9.37E-10	0.002741	4.67E-05	0.000169	2.91E-06	1.23E-10
13	9.68E-10	0.003464	4.94E-05	9.57E-05	1.03E-05	1.13E-10
14	0	0	0	0	0	0
15	1.26E-09	0.000272	3.49E-06	9.15E-05	3.90E-06	1.34E-10
16	1.21E-09	0.000708	6.29E-06	0.000131	7.01E-06	1.79E-10
17	8.01E-10	0.001297	9.04E-06	0.000149	1.30E-05	1.20E-10
18	1.18E-09	0.002001	1.15E-05	0.000143	2.25E-05	1.22E-10
19	9.44E-10	0.002741	1.35E-05	0.000116	3.11E-05	1.23E-10
20	7.96E-10	0.003464	1.48E-05	5.79E-05	7.16E-05	1.13E-10
21	0	0	0	0	0	0
22	1.42E-09	0.000272	3.46E-06	9.15E-05	3.27E-06	1.34E-10
23	1.50E-09	0.000708	6.21E-06	0.000131	5.63E-06	1.79E-10
24	9.01E-10	0.001297	8.92E-06	0.000149	1.10E-05	1.20E-10
25	1.32E-09	0.002001	1.13E-05	0.000143	1.73E-05	1.22E-10
26	1.29E-09	0.002741	1.33E-05	0.000116	2.69E-05	1.23E-10
27	9.85E-10	0.003464	1.44E-05	5.79E-05	5.14E-05	1.13E-10
28	0	0	0	0	0	0
29	1.83E-09	0.000272	1.26E-05	0.000103	1.65E-07	1.34E-10
30	2.15E-09	0.000708	2.24E-05	0.000149	3.34E-07	1.79E-10
31	1.31E-09	0.001297	3.19E-05	0.00018	7.69E-07	1.20E-10
32	1.68E-09	0.002001	4.01E-05	0.000186	1.54E-06	1.22E-10
33	1.78E-09	0.002741	4.60E-05	0.000169	2.52E-06	1.23E-10
34	1.40E-09	0.003464	4.86E-05	9.60E-05	8.08E-06	1.13E-10

### Resultados principales del Modelo 8.2



CIB-ESPOL

**MODELO 8.2 - DERIVAS**

SISMO X

ENTREPISO	$\Delta$	H	$\Psi$	R	$R\Psi$
Y=0					
6	0.0028	3	0.0009	10	0.009
5	0.0035	3	0.0012	10	0.012
4	0.0038	3	0.0013	10	0.013
3	0.0038	3	0.0013	10	0.013
2	0.0033	3	0.0011	10	0.011
1	0.0024	4	0.0006	10	0.006

SISMO Y

ENTREPISO	$\Delta$	H	$\Psi$	R	$R\Psi$
X=0					
6	0.0007	3	0.0002	10	0.002
5	0.0007	3	0.0002	10	0.002
4	0.0007	3	0.0002	10	0.002
3	0.0006	3	0.0002	10	0.002
2	0.0004	3	0.0001	10	0.001
1	0.0003	4	0.0001	10	0.001




CIB-ESPOL

**MODELO 8.2 - DISTORSION**

ENTREPISO	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta$	$\Delta p = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$	$\Delta p/\Delta$
6	0.0226	0.0048	0.0226	0.014	1.65

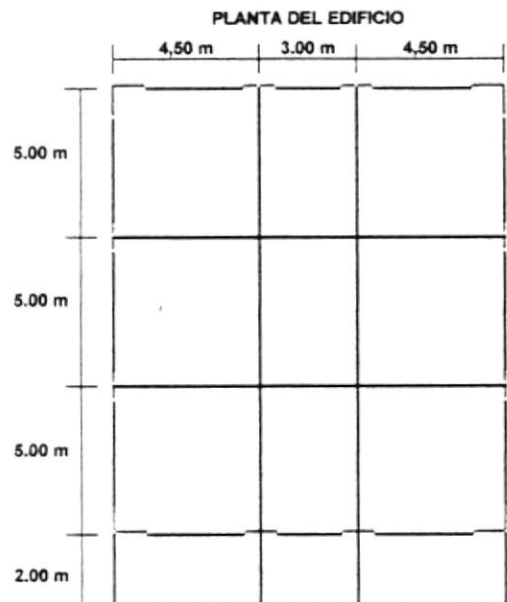
**Resultados principales del Modelo 8.2**

### 8.3 Modelo para el análisis sísmico de un edificio de 6 plantas de H.A. con estructura en forma tubular

Para realizar este modelo se tomará en cuenta el modelo 8.1, y se lo grabará con otro nombre, luego desactive el botón  para realizar los cambios respectivos, los cuales son:

#### Características:

Se ubicará columnas anchas en el perímetro y en forma de L en las esquinas tal como se muestra en la planta, resaltado con color rojo, con un ancho de 100 cm y su espesor varía de 30 a 15 cm.

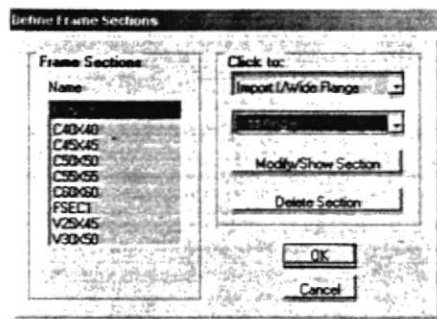


CIB-ESPOL

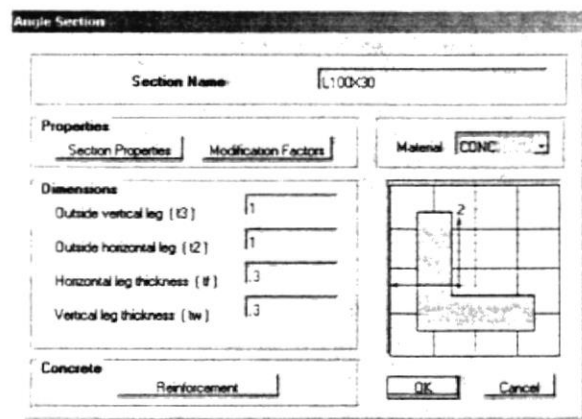
#### SOLUCION:

1. Del menú Define seleccione Frame Sections... para visualizar el cuadro de diálogo Define Frame Sections.
2. En este cuadro de diálogo:

- Haga clic en el cuadro de lista Add y seleccione Add Angle para visualizar el cuadro de diálogo Angle Section.

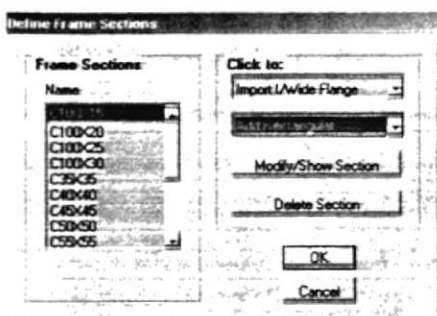


- En Section Name escriba L100x30.
- En material escoja la opción CONC.
- En (t3) escriba 1; en (t2) escriba 1; en (tf) escriba 0.3; y en (tw) escriba 0,30



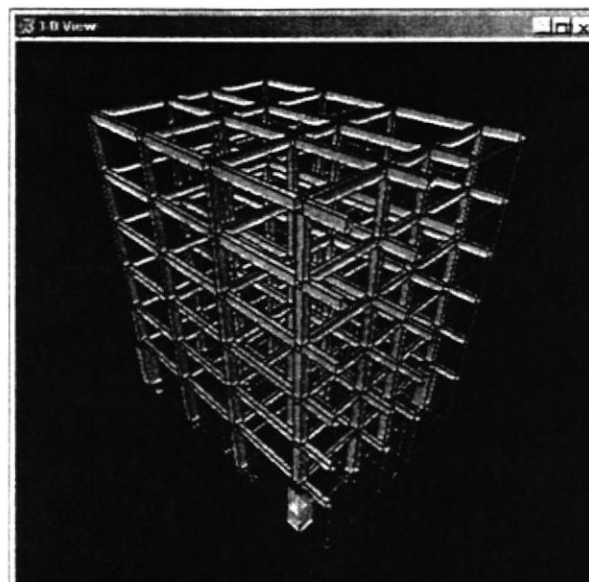
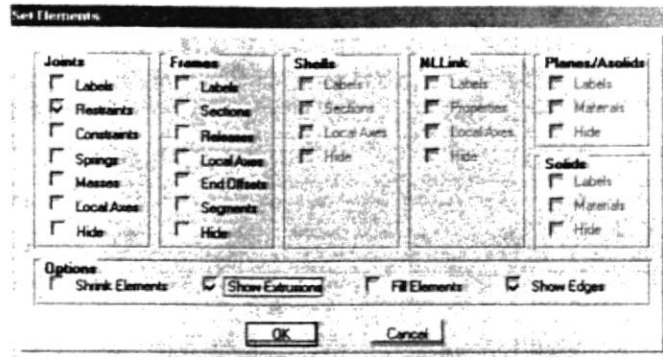
- Pulse OK dos veces.
- Haga lo mismo para los espesores de 0.25, 0.20, y 0.15

- Luego, en el cuadro de diálogo antes mencionado: escoja Add Rectangular y defina secciones de C100x30, C100x25, C100x20; y, C100x15, de la misma manera como en los pasos que se realizaron en el modelo 8.1.

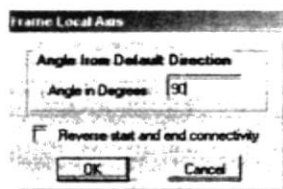



3. Seleccione las cuatro columnas esquineras del primer entrespacio (Planos: XZ, Y=0; y, XZ, Y=15).
4. Del menú Assign seleccione Frame y de ahí Sections... para visualizar el cuadro de diálogo Define Frame Sections
5. En este cuadro de diálogo escoja L100x30 y pulse OK.
6. Hay que cambiar los ejes locales, debido a que su orientación no es la correcta, para darnos cuenta de ello active la ventana de vista en 3-D luego pulse el botón  y después haga clic en Show Extrusions.

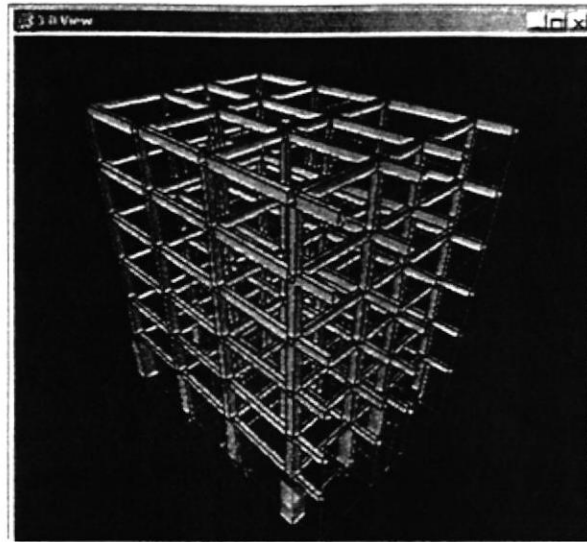





7. Ubíquese en el plano XZ,  $Y=0$  y seleccione las columnas de la esquina derecha.
8. Del menú Assign seleccione Frame y de ahí Local axes para visualizar el cuadro de diálogo Frame Local Axis y teclee 90; luego pulse OK.



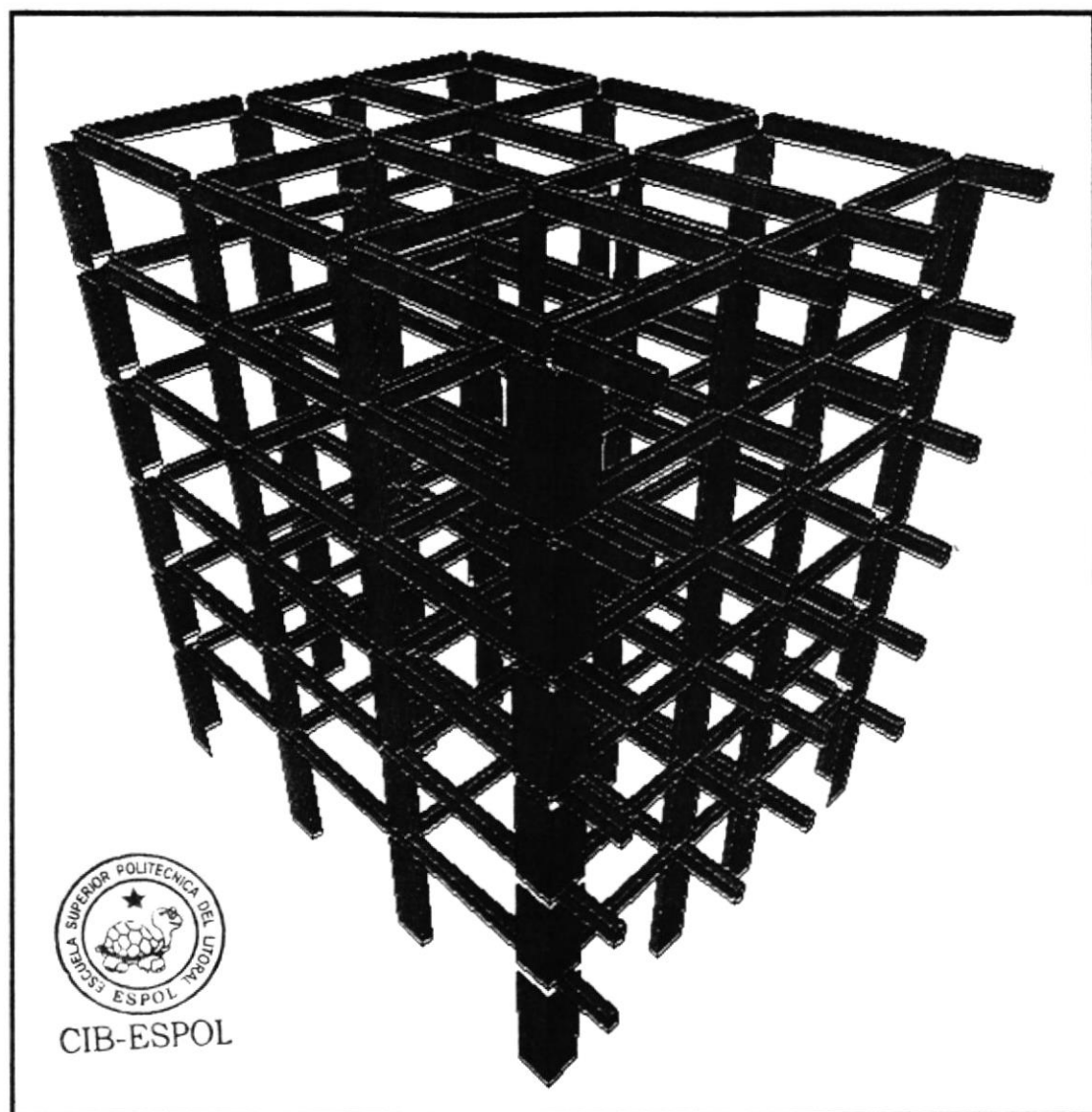
9. Haga el mismo procedimiento anterior para las columnas de las esquinas posteriores (plano XZ, Y=15) y teclee -90 para la de la izquierda y 180 para la de la derecha.
10. Repita los pasos 3 al 9 para las columnas esquineras del segundo entrepiso con L100x25; para las del tercer entrepiso con L100x20; y, para los entrepisos restantes L100x15.
11. Seleccione las columnas restantes del perímetro del primer entrepiso (Plano: XZ, Y=0; hasta Y=15).
12. Del menú Assign seleccione Frame y de ahí Sections... para visualizar el cuadro de diálogo Define Frame Sections
13. En este cuadro de diálogo escoja C100x30 y pulse OK.
14. Hay que cambiar los ejes locales, debido a que su orientación no es la correcta, para darnos cuenta de ello active la ventana de vista en 3-D luego pulse el botón  para refrescar la pantalla.



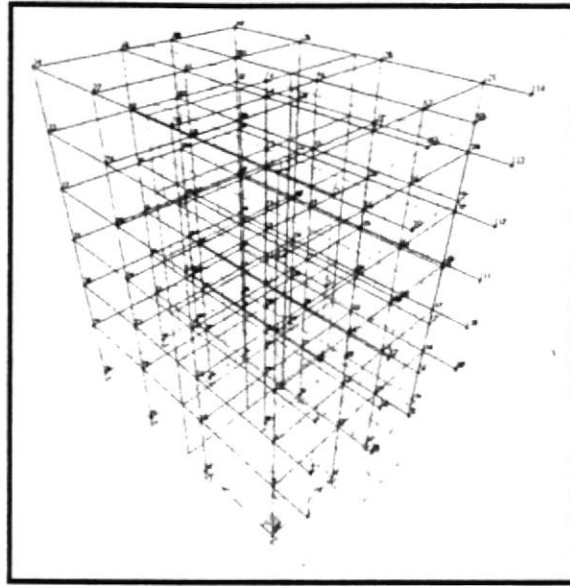
15. Seleccione las columnas centrales del primer entrepiso de los planos XZ,  $Y=0$  y  $Y=15$
16. Del menú Assign seleccione Frame y de ahí Local axes para visualizar el cuadro de diálogo Frame Local Axis y teclee 90; luego pulse OK.
17. Repita los pasos 11 al 16 para las columnas perimetrales restantes del segundo entrepiso con C100x25; para las del tercer entrepiso con C100x20; y, para los entrepisos restantes C100x15
18. Pulse el botón  para ejecutar el análisis.
19. Pulse el botón OK.

NOTA: Para la visualización de los resultados consulte el Menú Display en la Guía del Usuario localizado en el Apéndice.

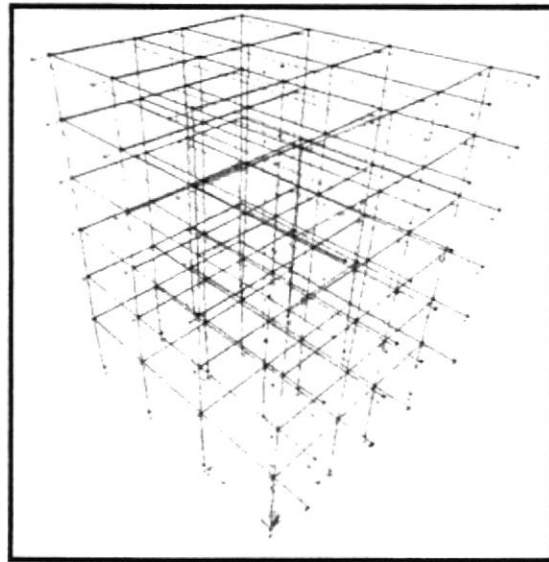
A continuación se presenta gráficos y resultados de este modelo:



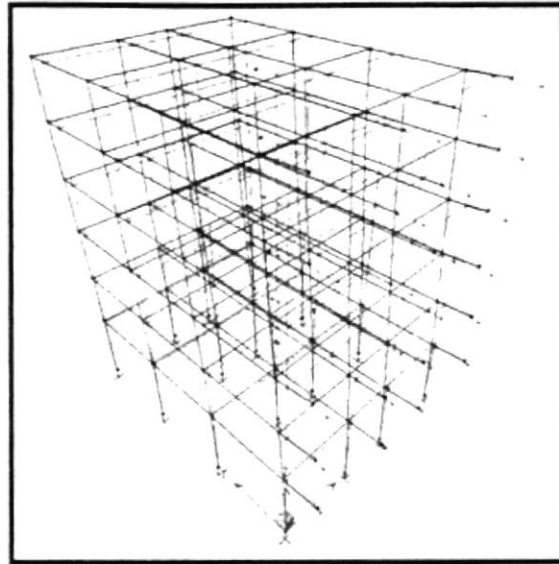
**Modelo con estructura en forma tubular**



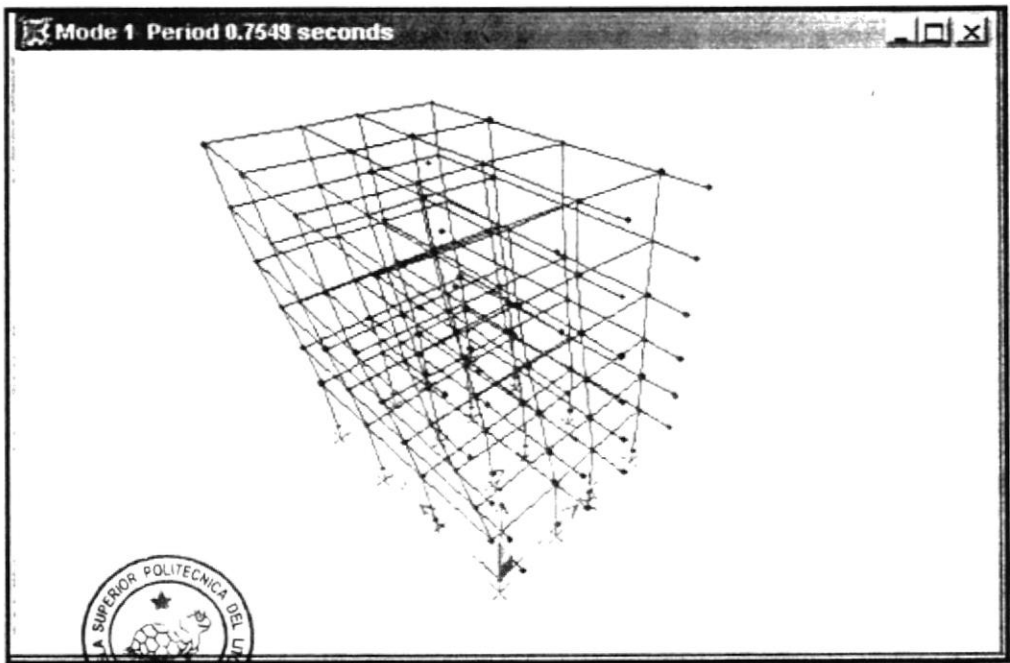
**Geometría de la Estructura**



**Deformada por sismo en el sentido X**

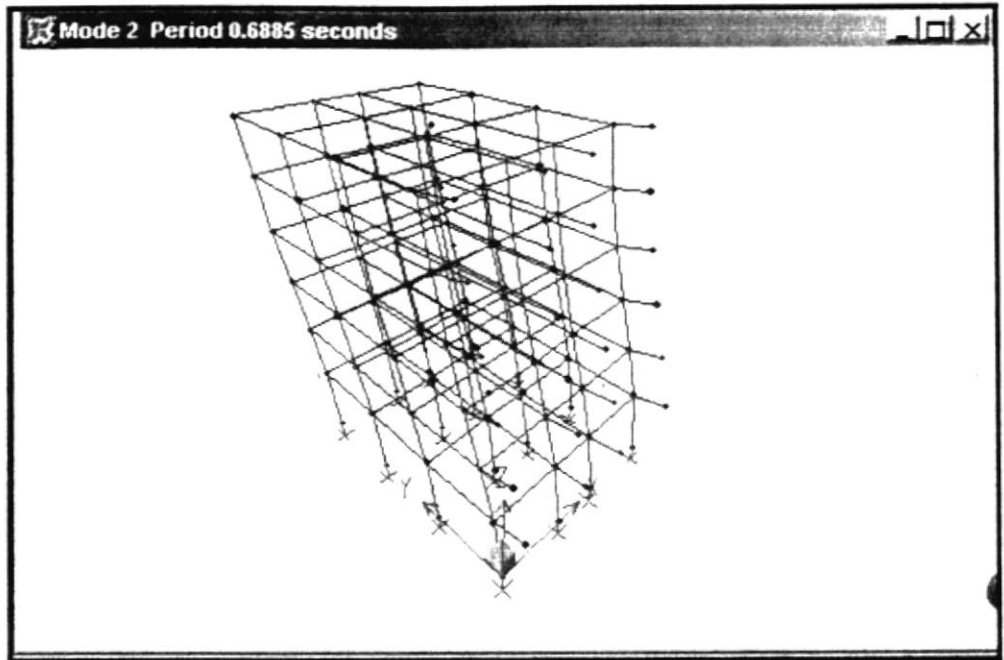


Deformada por sismo en el sentido Y

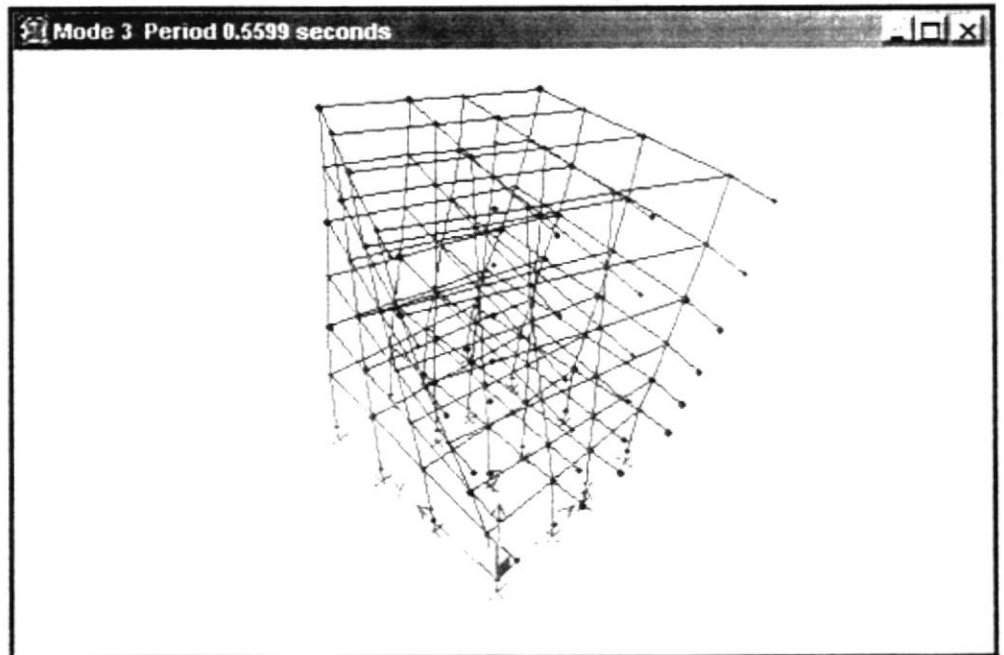


CIB-ESPOL

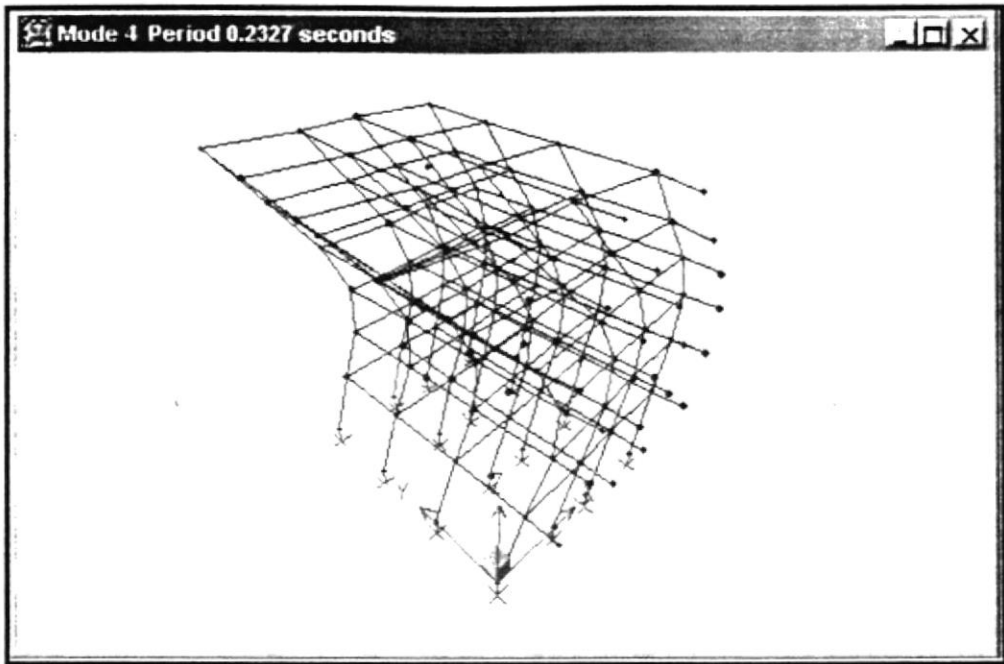
Modo 1



Modo 2



Modo 3



Modo 4

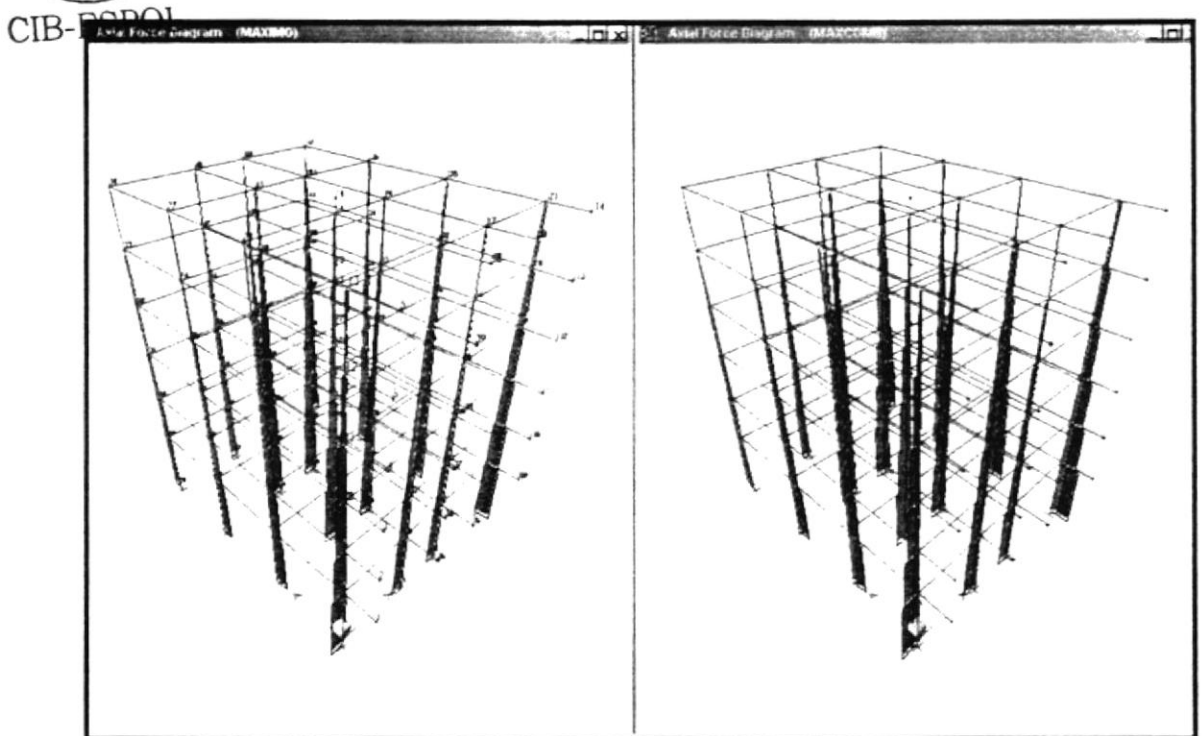


Diagrama de Axial Máximo para Casos y Combinaciones de cargas

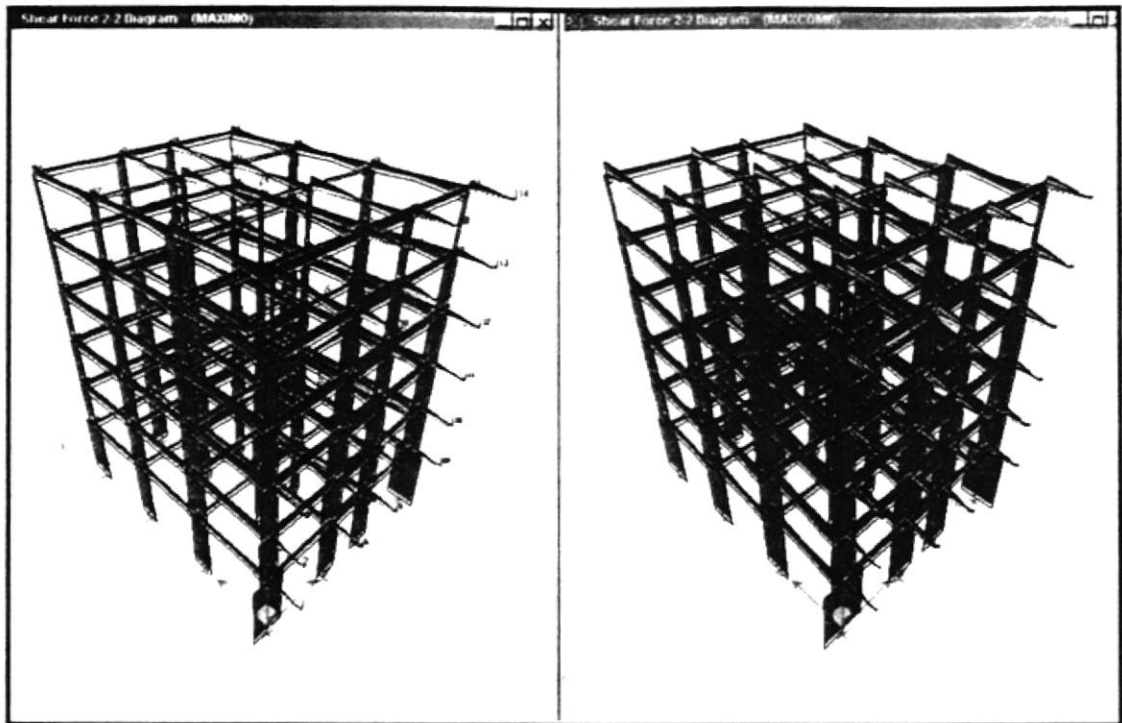


Diagrama de Cortante Máximo(Eje 2-2) para Casos y Comb. de cargas

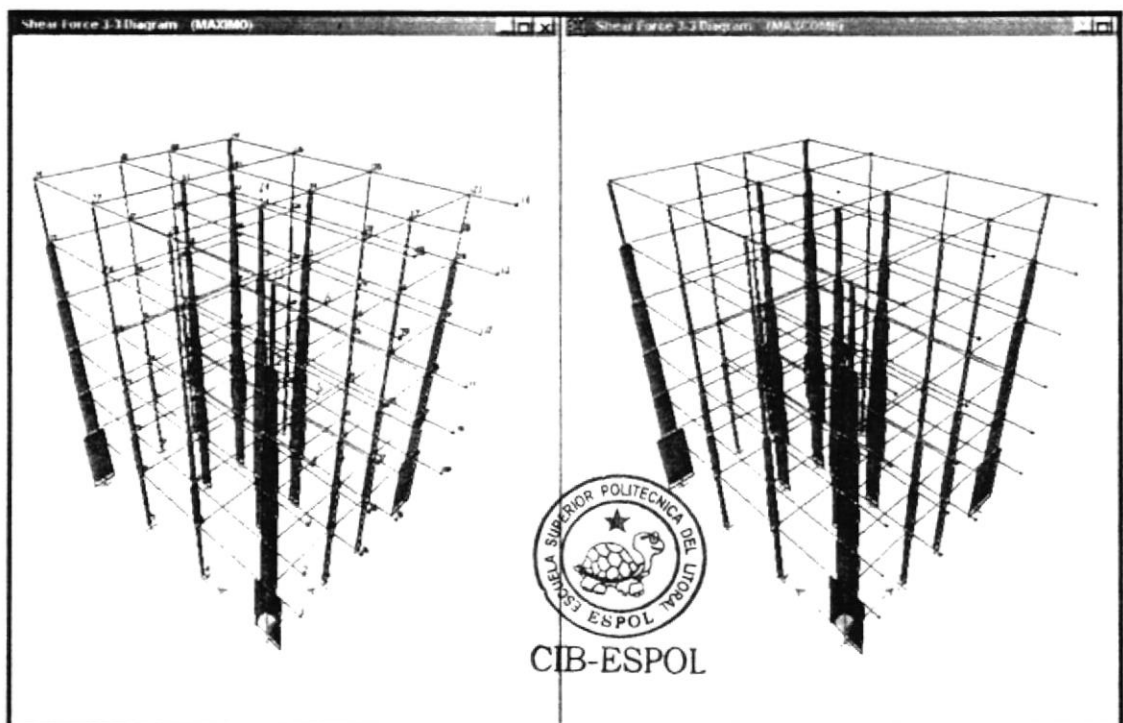


Diagrama de Cortante Máximo (Eje 3-3) para Casos y Comb. de cargas

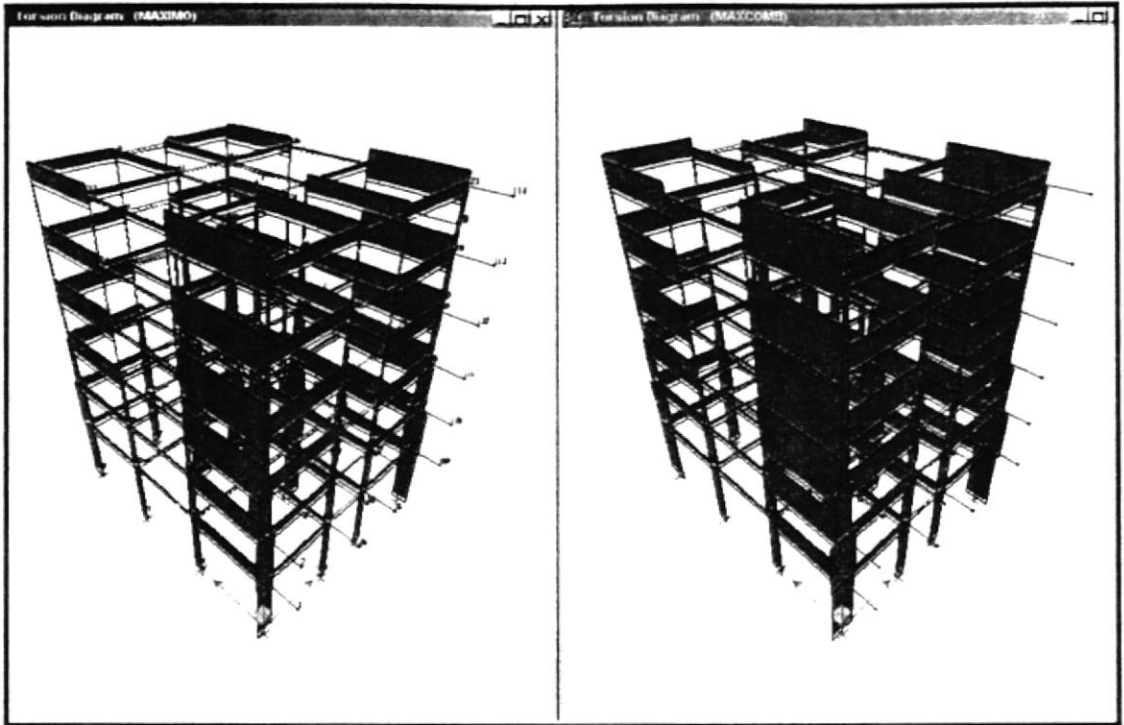


Diagrama de Torsión Máximo para Casos y Combinaciones de cargas

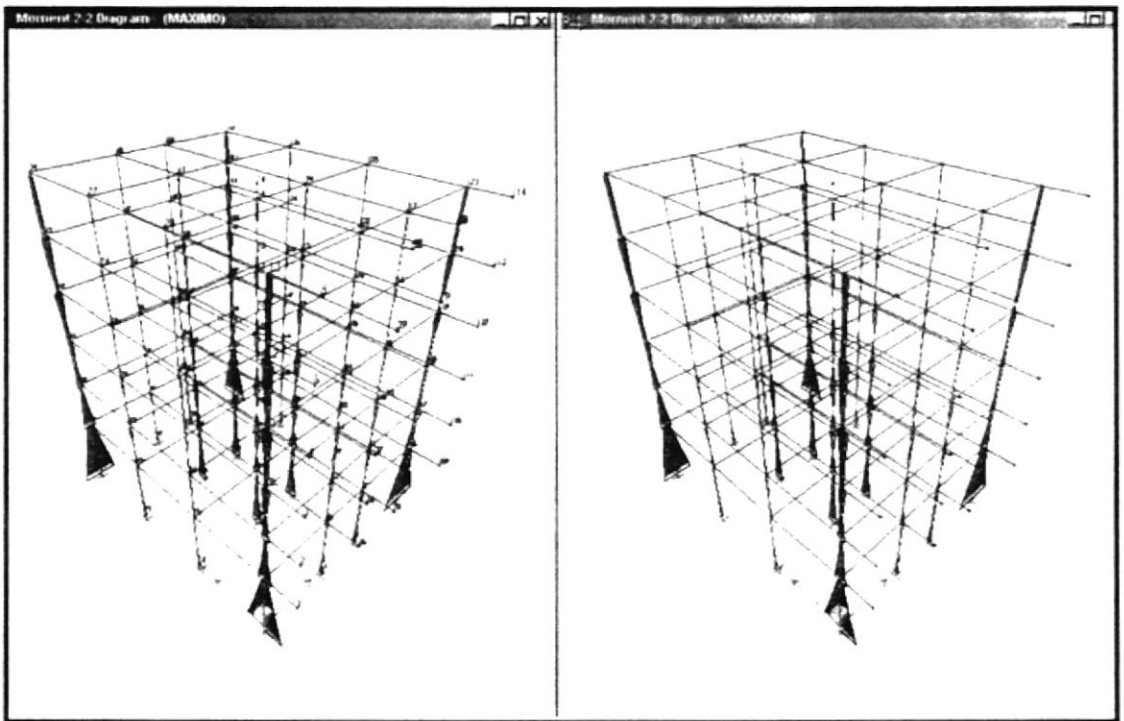
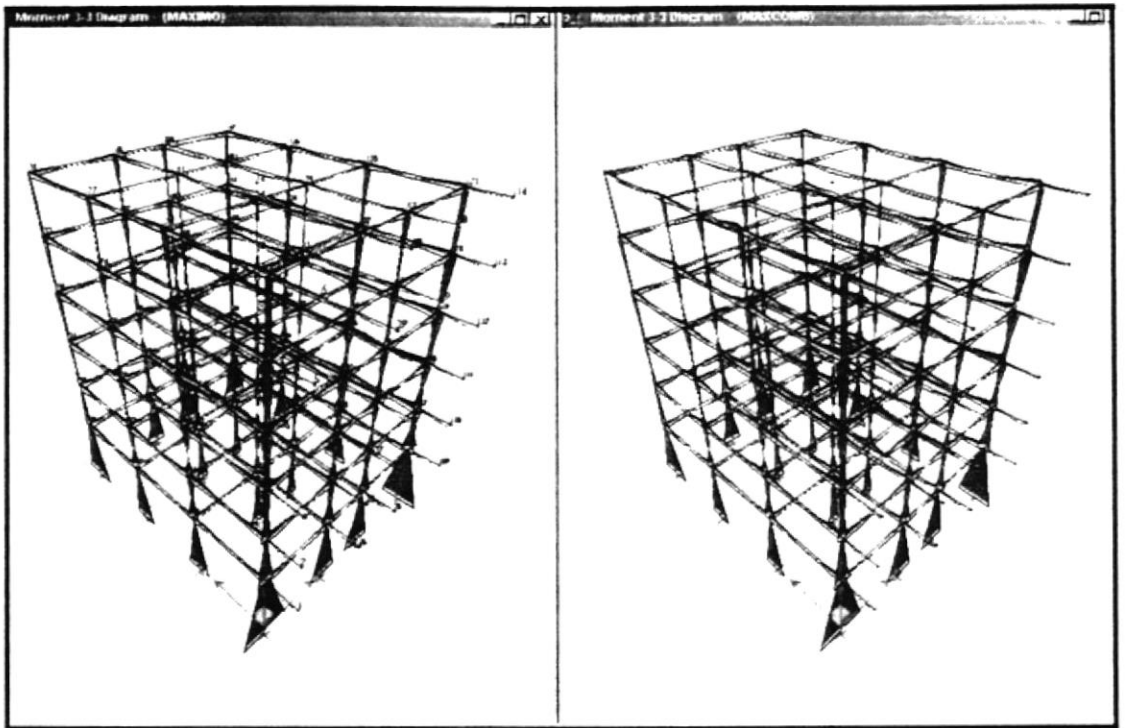


Diagrama de Momento Máximo (Eje 2-2) para Casos y Comb. de cargas



**Diagrama de Momento Máximo (Eje 3-3) para Casos y Comb. de cargas**

La tabla de resultados se muestra a continuación:

SAP2000 v7.21 File: MODELO 8.3 Ton-m Units PAGE 1  
11/14/03 20:18:00

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
BASE (Sum at X=6 Y=7.5 Z=0)							
	MUERTA	0	0	1117.464	-854.264	0	0
	VIVA	0	0	244.8	-244.8	0	0
	SPECTROX	79.014	1.17E-04	3.29E-03	1.04E-02	1068.708	165.337
	SPECTROY	7.87E-05	81.79	0.126	1103.352	1.34E-02	5.56E-04

TOTAL ASSEMBLED JOINT MASSES

IN GLOBAL COORDINATES

	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
TOTAL	109.364704	109.364704	41.794704	0	0	2438.13

TOTAL ACCELERATED MASS AND LOCATION

TOTAL MASS ACTIVATED BY ACCELERATION LOADS, IN GLOBAL COORDINATES

	UX	UY	UZ
MASS	106.485856	106.485856	38.915856
X-LOC	6	6	6
Y-LOC	6.68134	6.68134	7.115022
Z-LOC	11.059231	11.059231	10.638894

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2
1	0.754929	1.324627	8.322879	69.27031
2	0.688533	1.452363	9.125464	83.27409
3	0.55992	1.78597	11.221579	125.923837
4	0.232731	4.296806	26.997626	728.871831
5	0.217324	4.601415	28.911541	835.877201
6	0.167818	5.958843	37.440516	1401.792
7	0.115671	8.645232	54.319598	2950.619
8	0.110913	9.016105	56.649856	3209.206
9	0.082367	12.140801	76.2829	5819.081
10	0.069146	14.462152	90.868379	8257.062
11	0.067478	14.819541	93.113925	8670.203
12	0.048867	20.463907	128.578518	16532.435
13	0.047495	21.054944	132.292115	17501.204
14	0.046864	21.338197	134.071846	17975.26
15	0.043904	22.777174	143.113205	20481.389
16	0.039596	25.255322	158.683867	25180.57
17	0.037053	26.988592	169.574324	28755.451
18	0.036357	27.504741	172.817383	29865.848



CIB-ESPOL

Resultados principales del Modelo 8.3

JOINT DISPLACEMENTS						
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES						
SPECSPECTROX —————						
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	0.002989	0.000422	0.000292	0.000165	0.001122	7.03E-05
2	0.007147	0.001019	0.000347	0.000207	0.001394	0.00017
3	0.011792	0.001685	0.00033	0.000211	0.001434	0.000281
4	0.016232	0.002313	0.000253	0.000182	0.001262	0.000385
5	0.019829	0.002812	0.00016	0.000136	0.000963	0.000469
6	0.022445	0.003167	0.000109	0.000102	0.000745	0.000528
7	0	0	0	0	0	0
8	0.002862	0.000422	4.76E-05	0.000165	0.001122	7.03E-05
9	0.006841	0.001019	8.25E-05	0.000207	0.001394	0.00017
10	0.011286	0.001685	0.000115	0.000211	0.001434	0.000281
11	0.015536	0.002313	0.000143	0.000181	0.001262	0.000385
12	0.018984	0.002812	0.000159	0.000135	0.000963	0.000469
13	0.021493	0.003167	0.000166	0.000102	0.000745	0.000528
14	0	0	0	0	0	0
15	0.002552	0.000422	5.25E-05	0.000152	0.000695	7.03E-05
16	0.006091	0.001019	8.96E-05	0.000191	0.000761	0.00017
17	0.010045	0.001685	0.000121	0.000188	0.0005	0.000281
18	0.013833	0.002313	0.000147	0.000158	0.000296	0.000385
19	0.016914	0.002812	0.00016	0.000121	0.000269	0.000469
20	0.019161	0.003167	0.000165	7.57E-05	0.000145	0.000528
21	0	0	0	0	0	0
22	0.002254	0.000422	4.54E-05	0.000152	0.000611	7.03E-05
23	0.005371	0.001019	7.74E-05	0.000191	0.000666	0.00017
24	0.008854	0.001685	0.000105	0.000188	0.00043	0.000281
25	0.012198	0.002313	0.000127	0.000158	0.000248	0.000385
26	0.014925	0.002812	0.000138	0.000121	0.000229	0.000469
27	0.01692	0.003167	0.000142	7.65E-05	0.000119	0.000528
28	0	0	0	0	0	0
29	0.001974	0.000422	4.76E-05	0.000165	0.000771	7.03E-05
30	0.004694	0.001019	8.24E-05	0.000207	0.000953	0.00017
31	0.007734	0.001685	0.000114	0.000211	0.000984	0.000281
32	0.01066	0.002313	0.000142	0.000181	0.000874	0.000385
33	0.013054	0.002812	0.000158	0.000136	0.000673	0.000469
34	0.014811	0.003167	0.000165	0.000102	0.000524	0.000528

### Resultados principales del Modelo 8.3

JOINT DISPLACEMENTS						
TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES						
SPECSPECTROY _____						
JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	1.31E-09	0.002223	0.001737	0.000844	1.91E-08	8.78E-11
2	1.53E-09	0.005182	0.002116	0.001015	4.02E-08	6.88E-11
3	1.02E-09	0.008421	0.002178	0.001029	9.09E-08	5.44E-11
4	7.29E-10	0.011485	0.001934	0.000893	1.68E-07	3.94E-11
5	6.01E-10	0.013919	0.001488	0.000663	1.61E-07	8.33E-11
6	6.41E-10	0.015615	0.001155	0.000494	4.95E-07	7.86E-11
7	0	0	0	0	0	0
8	1.14E-09	0.002223	5.10E-05	0.000842	1.91E-08	8.78E-11
9	1.41E-09	0.005182	8.78E-05	0.001013	4.02E-08	6.88E-11
10	9.58E-10	0.008421	0.000121	0.001027	9.09E-08	5.44E-11
11	6.97E-10	0.011485	0.000149	0.000891	1.68E-07	3.94E-11
12	4.94E-10	0.013919	0.000164	0.000661	1.61E-07	8.33E-11
13	5.10E-10	0.015615	0.000171	0.000492	4.95E-07	7.86E-11
14	0	0	0	0	0	0
15	7.14E-10	0.002223	1.64E-06	0.000776	1.01E-06	8.78E-11
16	1.12E-09	0.005182	2.78E-06	0.000935	2.37E-06	6.88E-11
17	8.33E-10	0.008421	3.86E-06	0.000921	5.12E-06	5.44E-11
18	6.55E-10	0.011485	4.68E-06	0.000783	7.34E-06	3.94E-11
19	4.39E-10	0.013919	5.01E-06	0.000593	7.64E-06	8.33E-11
20	3.13E-10	0.015615	5.55E-06	0.000373	9.06E-06	7.86E-11
21	0	0	0	0	0	0
22	3.40E-10	0.002223	1.64E-06	0.000776	1.01E-06	8.78E-11
23	8.68E-10	0.005182	2.78E-06	0.000935	2.37E-06	6.88E-11
24	7.85E-10	0.008421	3.87E-06	0.000921	5.12E-06	5.44E-11
25	6.71E-10	0.011485	4.69E-06	0.000783	7.34E-06	3.94E-11
26	6.99E-10	0.013919	5.02E-06	0.000593	7.65E-06	8.33E-11
27	4.95E-10	0.015615	5.56E-06	0.000373	9.07E-06	7.86E-11
28	0	0	0	0	0	0
29	3.25E-10	0.002223	5.09E-05	0.000842	1.91E-08	8.78E-11
30	7.04E-10	0.005182	8.76E-05	0.001013	3.98E-08	6.88E-11
31	8.30E-10	0.008421	0.000121	0.001027	9.00E-08	5.44E-11
32	7.41E-10	0.011485	0.000149	0.000891	1.67E-07	3.94E-11
33	1.06E-09	0.013919	0.000164	0.000661	1.60E-07	8.33E-11
34	8.38E-10	0.015615	0.00017	0.000492	4.92E-07	7.86E-11



### Resultados principales del Modelo 8.3

**MODELO 8.3 - DERIVAS****SISMO X**

ENTREPISO	$\Delta$	H	$\Psi$	R	$R\Psi$
Y=0					
1	0.0029	4	0.0007	10	0.007
2	0.0040	3	0.0013	10	0.013
3	0.0044	3	0.0015	10	0.015
4	0.0043	3	0.0014	10	0.014
5	0.0034	3	0.0011	10	0.011
6	0.0025	3	0.0008	10	0.008

**SISMO Y**

ENTREPISO	$\Delta$	H	$\Psi$	R	$R\Psi$
X=0					
1	0.0022	4	0.0006	10	0.006
2	0.0030	3	0.0010	10	0.010
3	0.0032	3	0.0011	10	0.011
4	0.0031	3	0.0010	10	0.010
5	0.0024	3	0.0008	10	0.008
6	0.0017	3	0.0006	10	0.006

ENTREPISO	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta$	$\Delta p = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$	$\Delta p/\Delta$
6	0.0224	0.0148	0.0224	0.019	1.20

**Resultados principales del Modelo 8.3**

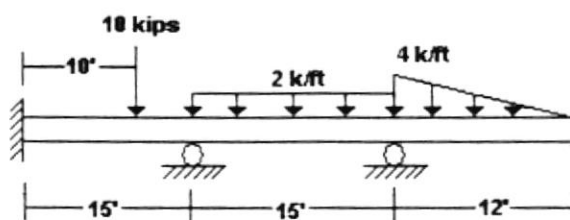
<b>MODELO</b>	<b>8.1</b>	<b>8.2</b>	<b>8.3</b>
PERIODO (Seg.)	0.815	0.745	0.755
MASA (Ton.seg <sup>2</sup> /m)	108.31	113.57	109.36
CORTANTE X (Ton.)	77.29	55.99	79.01
CORTANTE Y (Ton.)	82.13	73.56	81.79
MOM. VOL. X (Ton-m)	1099.35	1092.15	1103.35
MOM. VOL. Y (Ton-m)	1036.81	753.73	1068.71
TORSION (Ton-m)	210.70	354.54	165.64
PESO (Ton.)	1062.52	1114.12	1072.82

**Resumen de resultados de Modelos 8.1; 8.2; y, 8.3**

## 8.4 Modelos para análisis de estructuras varias.

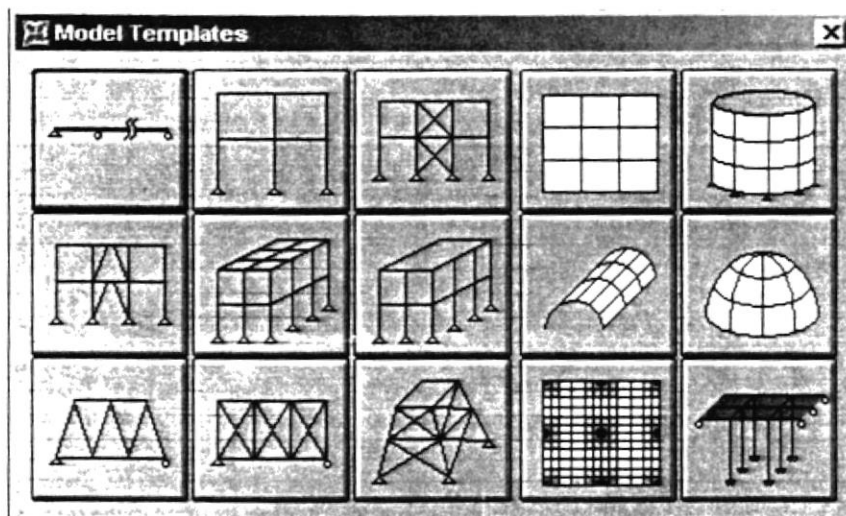
### 8.4.1 Modelo utilizando viga.

El modelo a resolver consiste de una viga de tres luces con un extremo fijo, dos soportes internos tipo rodillo ("roller") y el otro extremo libre. Las propiedades de los materiales a utilizar son  $E = 3,120 \text{ ksi}$ ,  $I = 1,500 \text{ in}^4$  y la geometría que se muestra en la figura a continuación.



### SOLUCION:


1. (Definir unidades): Pulse el botón en la barra de estado, para cambiar las unidades a .
2. (Selección del modelo): Del menú File seleccione New Model From Template... Esta acción lo llevará a la ventana de "Model Templates" que se muestra a continuación.



3. Seleccione el primer "Template": "beam" (esquina superior izquierda), con el BI. Esto lo conducirá a la siguiente ventana o pantalla. Escriba 3 y 15 en las cajas de texto ("text box") de "Number of Spans" (número de tramos) y "Span Length" (longitud del tramo), respectivamente. Seleccione OK. Esto lo conducirá a la pantalla principal de SAP2000, la cual tiene por omisión ("default") dos ventanas principales: una en 3-dimensiones y la otra en el plano XZ. En general, si la estructura es plana, la imagen tri-dimensional que muestra la ventana izquierda no es de mucha utilidad. Conviene en estos casos cerrar esta ventana presionando **X**.



**Beam**



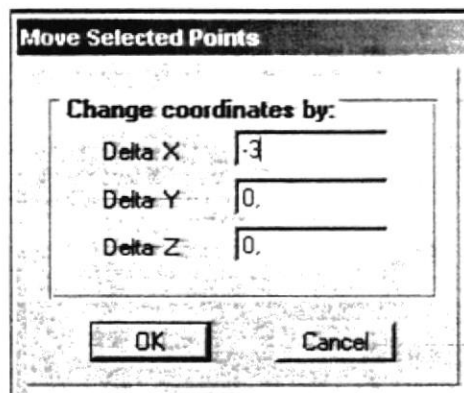
Restraints

Gridlines

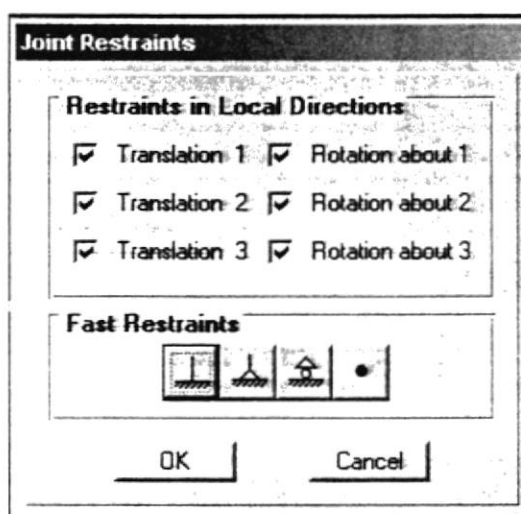
Number of Spans	<input type="text" value="3"/>
Span Length	<input type="text" value="15"/>



4. (Redefinición de luces o geometría): Note que la viga creada por SAP2000 consiste en una viga de tres claros iguales de 15 ft. Por lo tanto, es necesario mover la junta final de la derecha para llevarla a la posición deseada de 12 ft como se especifica en la descripción del problema. Para esto seleccione la junta a moverse haciendo BI sobre la misma. Al ser seleccionada la junta se marcará con una cruz entrecortada. Del menú principal, abriendo "Edit" seleccione la opción "Move".

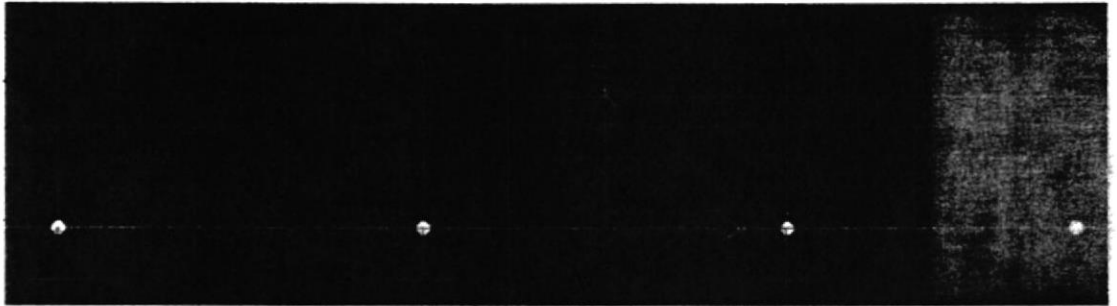
Esto lo conducirá a la siguiente ventana titulada "Move Selected Points". Escriba -3 en la caja de texto ("text box") correspondiente a "Delta X" para desplazar el nudo o junta seleccionada 3 unidades (pies según se especificó en el Paso 1) hacia la izquierda. Seleccione OK.




5. (Definición de las condiciones de borde): Notar que no todas las condiciones de borde de la viga desarrollada hasta ahora son las mismas que las especificadas. Para cambiar las condiciones de borde, seleccione primero la junta a cambiar (o sea, la del extremo derecho) para cambiar su condición. Luego de seleccionar la junta seleccione en el menú principal "Assign" y la opción de "Joints" y la sub-opción de "Restrains". Esto lo conducirá a la pantalla que se muestra a continuación.



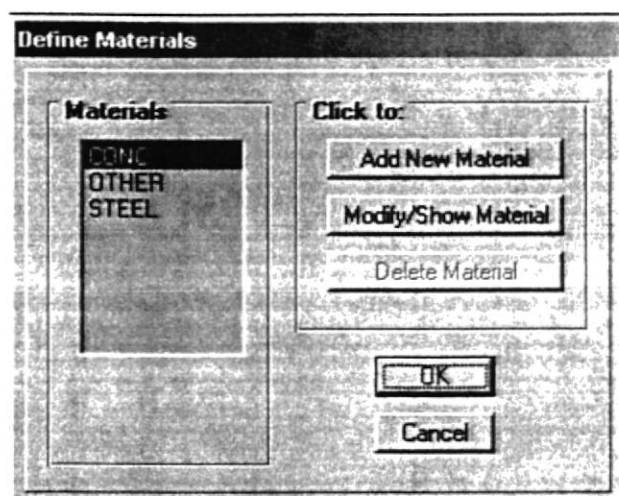
Seleccione  de la ventana y seleccione OK. Repita el procedimiento con la junta del extremo derecho, pero en esta ocasión seleccione  para dejar ese extremo libre. El modelo debe ahora aparecer como se muestra en la siguiente figura.



6. (Definición de las propiedades de los materiales): Notar que las unidades con las que se especifican los materiales no coinciden con las utilizadas para crear el modelo. Cambie las unidades a  para facilitar la entrada de datos. Para definir las propiedades de los materiales, seleccione "Define" del menú principal, de la lista que se presenta escoja la opción de "Materials...", esto lo conducirá a la pantalla que se muestra a continuación.



CIB-ESPOL

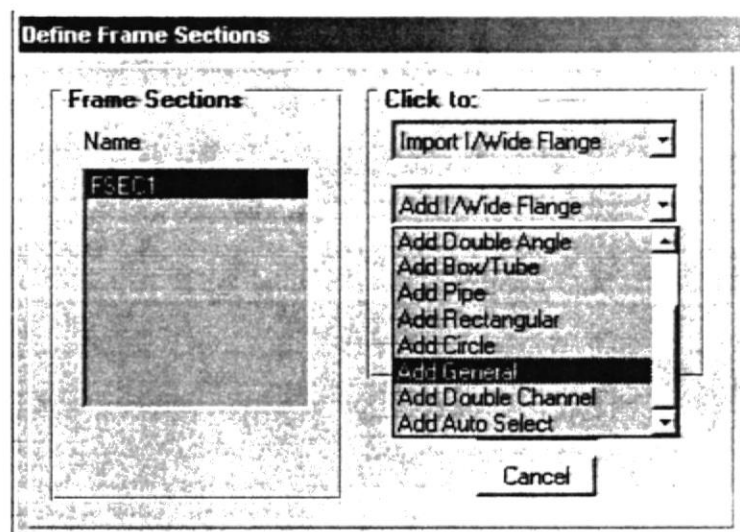


Seleccione el botón de “Add New Material” el cual lo conducirá a la pantalla de “Material Property Data” siguiente.

Material Property Data	
Material Name: <input type="text" value="MAT1"/>	
Type of Material: <input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic <input type="radio"/> Anisotropic	Type of Design: Design: <input type="text" value="Steel"/>
Analysis Property Data	Design Property Data
Mass per unit Volume: <input type="text" value="7.324E-07"/>	Steel yield stress, fy: <input type="text" value="36"/>
Weight per unit Volume: <input type="text" value="2.830E-04"/>	
Modulus of Elasticity: <input type="text" value="3120"/>	
Poisson's Ratio: <input type="text" value="0.3"/>	
Coeff of Thermal Expansion: <input type="text" value="6.500E-06"/>	
Shear Moduli: <input type="text" value="11153.846"/>	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

Entre un nombre para identificar el material (por ejemplo: Hormigón, MAT1, etc) en la caja de texto de "Material Name". Deje la opción de "Isotropic" seleccionada en el recuadro de "Type of Material" y cambie los valores en el recuadro de "Analysis Property Data" a los valores especificados en la descripción del problema. En este caso entre 3120 en el "Modulus of Elasticity". Si conoce los otros valores y los va a utilizar, escríbalos en las cajas de texto ("text box") correspondientes. No cambie los valores en los recuadros que dicen "Design" puesto que estos datos son para el diseño y no para el análisis. Seleccione OK dos veces.

7. (Definición de las secciones de los elementos): Para definir las secciones de los elementos, seleccione "Define" en el menú principal y luego la opción "Frame Sections". Esta opción lo conducirá a la siguiente pantalla.



Seleccione "Add General" como se muestra en figura, lo que hará abrir la siguiente pantalla de "Property Data". Entre 1500 en el "Moment of Inertia about 3 axis" y seleccione OK. Esto lo llevará a una nueva pantalla llamada "General Section"

**Property Data**

Section Name: FSEC2

**Properties**

Cross-section (axial) area	0	Section modulus about 3 axis	1
Torsional constant	0	Section modulus about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	1500	Plastic modulus about 3 axis	1
Moment of Inertia about 2 axis	0	Plastic modulus about 2 axis	1
Shear area in 2 direction	0	Radius of Gyration about 3 axis	1
Shear area in 3 direction	0	Radius of Gyration about 2 axis	1

OK Cancel

**General Section**

Section Name: VIGA1

**Properties**


Section Properties | Modification Factors

Material: STEEL  
 CONC  
 MAT1  
 OTHER  
 STEEL

**Dimensions**

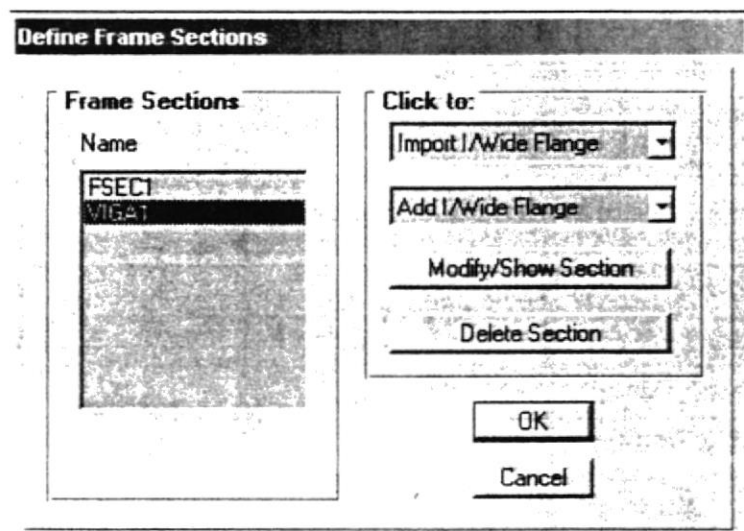
Depth [t3]	1.5
Width [t2]	0.83

OK Cancel



Entre un nombre con el que se va identificar la sección transversal (por ejemplo, VIGA1) en el espacio de "Section Name" y cambie el material al nombre del material asignado (por ejemplo, MAT1) como se muestra. Seleccione OK **dos** veces para volver a al pantalla principal.

8. (Asignar secciones de los elementos al modelo): Luego de definir las secciones y los materiales, el siguiente paso es asignar dichas propiedades a los elementos. Seleccione cada uno de los tres elementos del modelo mediante un BI encima de cada elemento o dibujando un cuadro que cubra la viga completa, moviendo el "mouse" y manteniendo apretado el botón izquierdo. Del menú de "Assign" seleccione "Frame" y luego "Sections", lo que lo lleva a la siguiente ventana.



Seleccione del recuadro "Frame Sections" el nombre de la sección previamente definido (por ejemplo VIGA1). Al apretar OK, el nombre de la sección va a aparecer sobre cada elemento de la estructura.

9. (Definir sistemas de cargas): Antes de aplicarles las cargas al modelo es necesario definir los sistemas de cargas (por ejemplo Muerta, Viva, Viento, Terremoto). En este paso NO se aplican las cargas, solamente se definen cuales de ellos van a ser utilizados. En este problema en particular solamente se van a aplicar las cargas en el sistema de carga muerta y sin incluir el peso propio. Para esto, seleccione "Define" del menú principal la opción de "Static Load Cases". Esto lo llevará a la siguiente ventana.



CIB-ESPOL

**Define Static Load Case Names**

Load	Type	Self Weight Multiplier
DEAD	DEAD	0
DEAD	DEAD	0

Click to:

Add New Load


Change Load

Delete Load

OK

Cancel

Inicialmente el programa tiene por omisión ("default") un sistema llamado LOAD1. Reemplace el nombre de LOAD1 por otro nombre (por ejemplo, MUERTA (DEAD) ) en el espacio de "Load" y deje el tipo ("Type") como "DEAD". Cambie el factor de "Self Weight Multiplier" de 1 a 0. (1 significa que se va a incluir el peso propio de los elementos y 0 significa que no se va a incluir). Presione el botón de "Change Load" y OK.

10. (Definir carga concentrada): Luego de definir los sistemas de carga, el siguiente paso es asignar valores a las fuerzas del sistema de cargas correspondiente. Como las cargas están definidas en "k-ft" y "ft", cambie nuevamente las unidades a  en la parte inferior derecha del programa. La primera carga a ser aplicada consiste en una fuerza concentrada de 10 kip ubicada a 10 ft del extremo izquierdo del primer tramo (de longitud 15 ft). Para esto seleccione el primer elemento donde se va a aplicar la carga concentrada. Luego seleccione del menú principal de "Assign" la opción de "Frame Static Loads..." y a continuación la que dice "Point and Uniform...". Esta opción lo conducirá a la siguiente ventana.

**Point and Uniform Span Loads**

Load Case Name: DEAD

**Load Type and Direction**

Forces  Moments

Direction: Gravity

**Options**

Add to existing loads  
 Replace existing loads  
 Delete existing loads

**Point Loads**

	1.	2.	3.	4.
Distance	10	0	0	0
Load	10	0	0	0

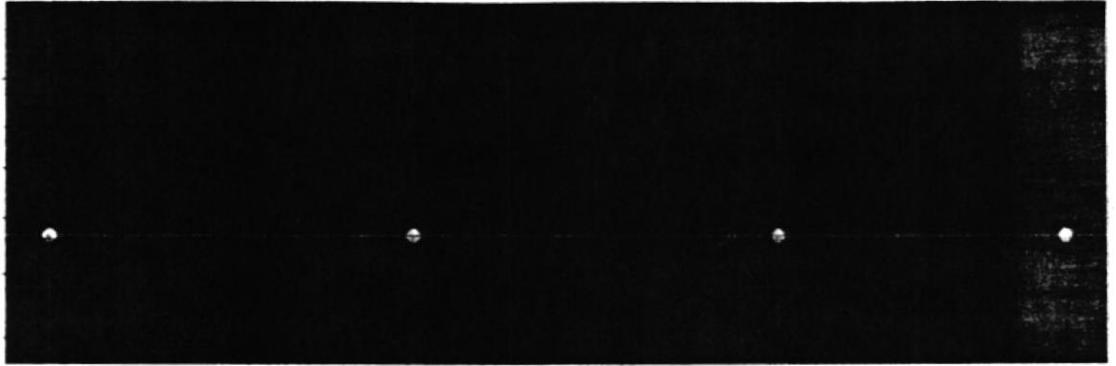
Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

**Uniform Load**

0.

OK Cancel

Verifique que en "Load Case Name" aparezca el nombre MUERTA (DEAD) (o el nombre especificado en el sistema de carga). En el recuadro de "Load Type and Direction" verifique que la opción de fuerzas ("Forces") esté seleccionada y que la dirección ("Direction") sea "Gravity" (Gravity es una carga aplicada en dirección del eje Global Z negativa). En el recuadro de "Point Loads" en los espacios debajo de 1 escriba 10 para "Distance" y 10 para "Load". Verifique que la opción de "Absolute Distance From End-I" esté seleccionada. Seleccione OK. La carga aparecerá en el modelo como se muestra a continuación.



11. (Definir carga uniforme): Para definir la carga uniformemente distribuida, seleccione primero el elemento a ser cargado y luego del menú que se abre con "Assign", escoja la opción de "Frame Static Load..." y "Point and Uniform...". Esto lo lleva a la siguiente pantalla.

**Point and Uniform Span Loads**

Load Case Name: DEAD

Load Type and Direction:  
 Forces  Moments  
 Direction: Gravity

Options:  
 Add to existing loads  
 Replace existing loads  
 Delete existing loads

Point Loads:

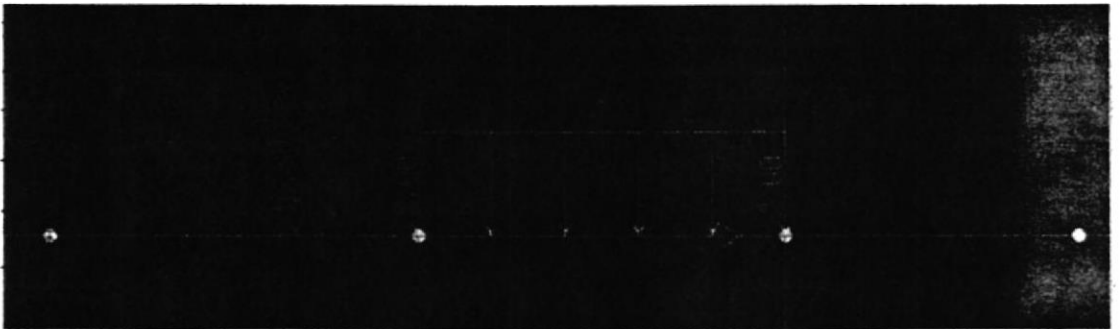
	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0.	0.	0.
Load	0	0.	0.	0.

Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

Uniform Load: 2

OK Cancel

Note que la ventana contiene los valores de 10 en "Distance" y 10 en "Load" especificados anteriormente. Cambie esos valores a 0 y en el recuadro de "Uniform Load" escriba 2. Verifique que las unidades se encuentran en . Cierre la ventana presionando OK. Ahora el modelo debe aparecer como se muestra a continuación.



12. (Definir la carga lineal o trapezoidal): Para definir la carga uniformemente distribuida, seleccione primero el elemento a ser cargado y luego del menú que se abre con "Assign", escoja la opción "Frame Static Load..." y "Trapezoidal...". Esto lo lleva a la siguiente pantalla.





**Trapezoidal Span Loads**

Load Case Name: DEAD

Load Type and Direction:  Forces  Moments  
 Direction: Gravity

Options:  Add to existing loads  
 Replace existing loads  
 Delete existing loads

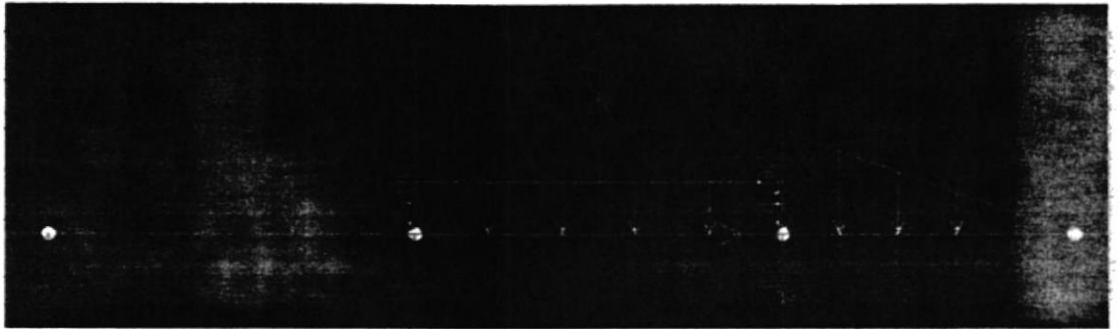
Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	12.	0.	0.
Load	4.	0.	0.	0.

Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

OK Cancel

Verifique que el "Load Case Name" aparezca el caso MUERTA (DEAD), que en "Load Type and Direction" esté seleccionado la opción "Forces" y que en "Direction" aparezca "Gravity". En el recuadro de "Trapezoidal Loads", en los cuadros o cajas de textos de "Distance" escriba 0 y 12 para indicar que la carga va de 0 a 12 ft y en los de "Load" coloque 4 y 0 para especificar que la fuerza varía linealmente de 4 k/ft a 0 como se muestra en la figura. Verifique que la opción de "Absolute Distance from End-I" esté seleccionada. Seleccione OK. El modelo final debe ser el que se muestra a continuación.



13. (Analizar la estructura): El procedimiento seguido hasta el paso 12 desarrolla lo que es la entrada de datos al programa o "Pre-Procesamiento". Lo que procede ahora es resolver el problema o sea continuar con la etapa de "Solución". Como la estructura en cuestión es de "dos" dimensiones, es recomendable que se le especifique al programa los grados de libertad que se utilizarán para así reducir el tamaño de la matriz de rigidez y a su vez disminuir el esfuerzo computacional y el tiempo de análisis. Además, debe tenerse presente que en la definición de los secciones de los elementos no se definieron la propiedades en las otras direcciones. Debido a que el programa por omisión ("default") analiza el sistema tridimensionalmente, esto generaría problemas de cero rigidez en las direcciones perpendiculares al plano. Para evitar estos problemas seleccione del menú principal en "Analyze", la opción de "Set Options".



CIB-ESPOL

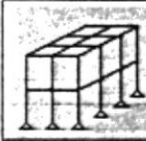

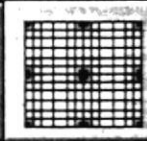
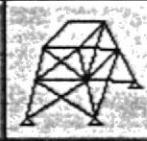
**Analysis Options**

**Available DOFs**

UX     RX  
 UY     RY  
 UZ     RZ

**Fast DOFs**


Space Frame    Plane Frame    Plane Grid    Space Truss

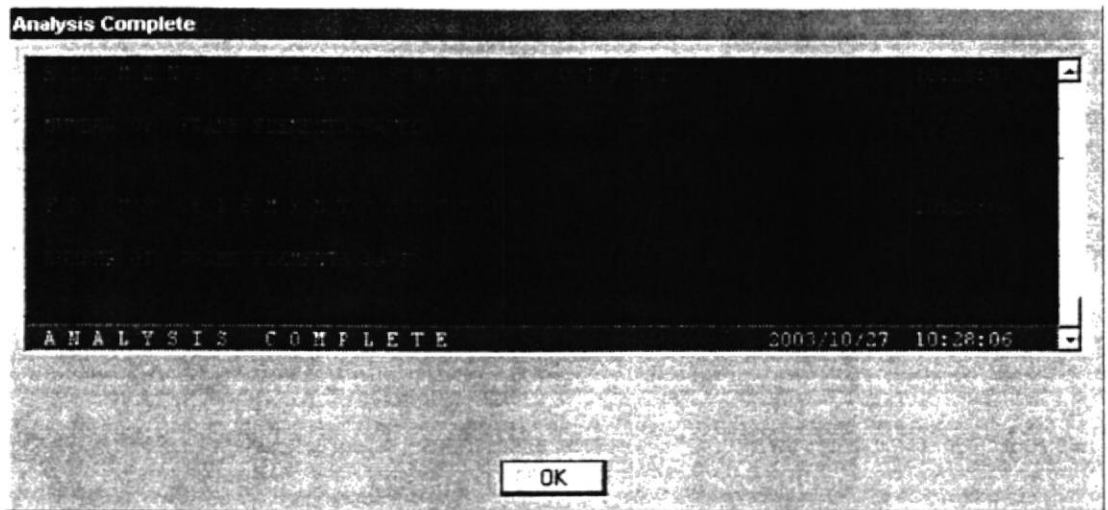
   

XZ Plane    XY Plane

Dynamic Analysis      
 Include P-Delta      
 Generate Output   

Memory [ KB ]   

Presione el segundo botón que dice “Plane Frame” y luego presione OK. Para obtener la solución del problema, presione el icono de  o la tecla F5. El paso siguiente será guardar este ejemplo con un nombre, por ejemplo VIGA, y después corre el programa. Luego de esto aparecerá una pantalla indicando la secuencia de pasos que el programa esta llevando a cabo para la solución del problema, terminando con un mensaje de “ANALYSIS COMPLETE” como se muestra a continuación.



Presione OK. El programa muestra ahora la estructura deformada (la deformación está muy exagerada para mejor visualización).



14. (Diagramas de momento): Una vez terminadas las etapas de pre-procesamiento y de solución del problema, lo único que falta es la revisión de resultados o "Post-Procesamiento".

Usualmente en vigas lo que interesa verificar son los diagramas de momento. Para esto seleccione del menú de "Display" la opción de "Show Element Forces/Stresses" y escoja "Frame". Esta opción lo conducirá a la siguiente ventana.



**Member Force Diagram for Frames**

Load:

**Component**

Axial Force     Torsion

Shear 2-2     Moment 2-2

Shear 3-3     Moment 3-3

**Scaling**

Auto

Scale Factor:

Fill Diagram

Show Values on Diagram

Verifique que en el espacio de "Load" esté la opción de "MUERTA Load Case". Seleccione la opción de "Moment 3-3" en el recuadro de "Component". Deje la opción de "Auto" seleccionada en el recuadro de "Scaling". Quite la opción del cuadro de cotejo ("Check box") de "Fill Diagram" y seleccione la opción de "Show Values on Diagram". El programa debe

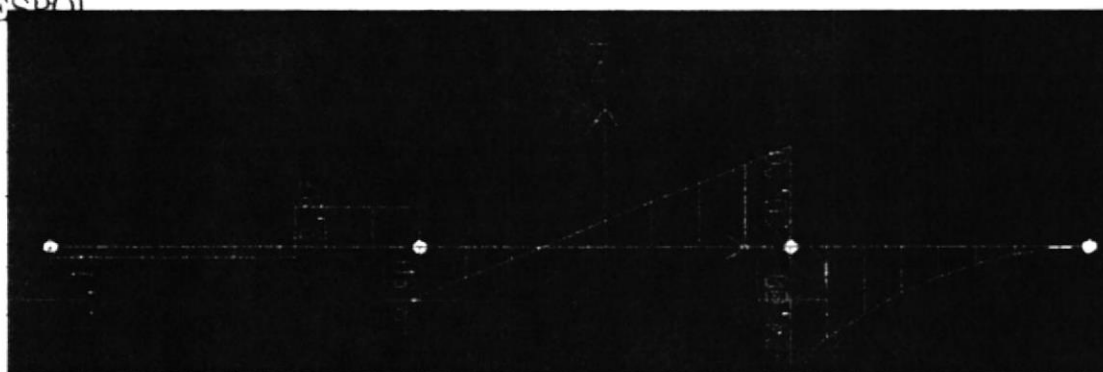
mostrar la pantalla que se muestra a continuación. Para ver más detalladamente los valores de los momentos en cada elemento, presione BD encima de cada elemento.



15. (Diagramas de cortante): Repita el procedimiento del paso 14 pero seleccione ahora "Shear 2-2" en vez de "Moment 3-3". El programa va a mostrar el diagrama que se muestra a continuación.

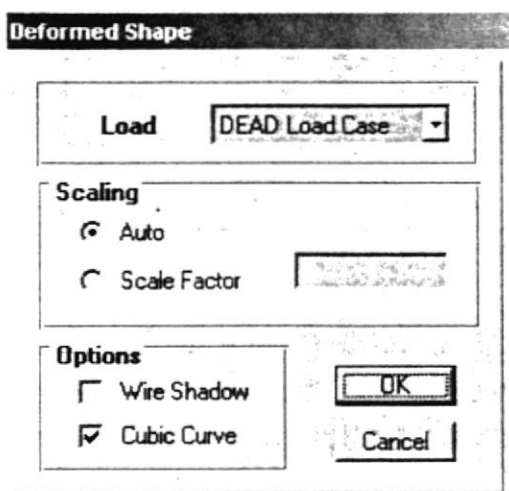


CIB-ESPOL

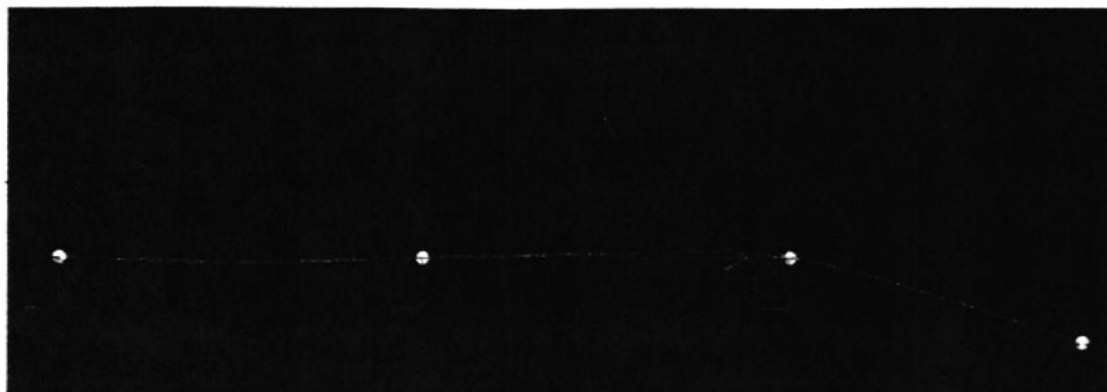


16. (Deformada y rotaciones en las juntas o nudos): Para observar de nuevo la deformada o curva plástica de la estructura, seleccione del menú de "Display" la opción de "Show

Deformed Shape”. Esta opción lo conducirá a la siguiente pantalla.



Seleccione "Cubic Curve" y luego presione OK. La deformada se muestra en la próxima figura. Para obtener las rotaciones y desplazamientos en los nudos o juntas, simplemente presione BD encima de la junta deseada. Se abrirá una ventana indicando los desplazamientos y las rotaciones en las tres direcciones en coordenadas globales. La figura subsiguiente muestra la ventana para la junta del extremo libre. Las rotaciones se encuentran en radianes y los desplazamientos en las unidades que se especifiquen en el "combo box" de unidades en la parte inferior derecha.

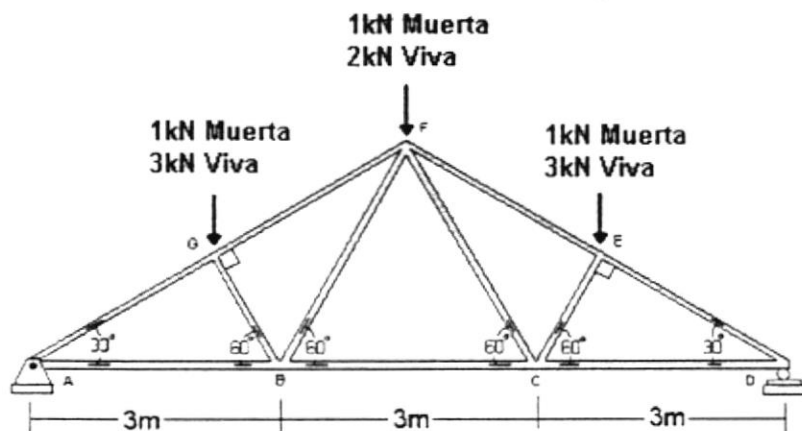


Joint Displacements			
Joint ID	1	2	3
Trans	0,00000	0,00000	-0,17508
Rotn	0,00000	0,01636	0,00000



#### 8.4.2 Modelo utilizando cercha.

El modelo a resolver consiste en obtener las fuerzas axiales en las barras y las reacciones debido a los siguientes estados de carga: a.) carga muerta; b.) carga viva; y, c.) combinación  $P_u = 1.2 DL + 1.6 LL$  donde DL significa carga muerta ("Dead Load") y LL significa carga viva ("Live Load") para la cercha que se muestra en la figura a continuación. Utilice como elementos, angulares L4X4 de acero estructural.

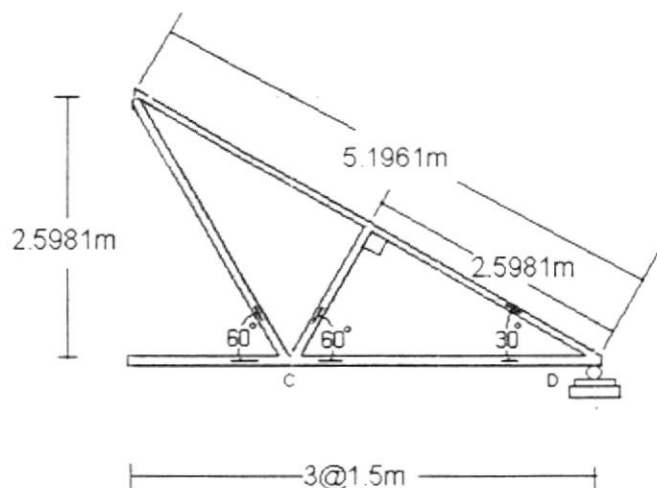


1. (Establecer unidades del sistema): Active el programa SAP2000 y cambie las unidades a .
2. (Definición de la geometría de la cercha): Seleccione del menú principal "File" la opción de "New Model...". Esto lo conducirá a la siguiente pantalla. En este problema en particular utilizaremos la forma "clásica" de hacer modelos con las grillas o nudos, como

se hace en la mayoría de los programas de elementos finitos. Vamos a tomar ventaja de la simetría del modelo para modelar inicialmente la mitad de la cercha. Luego utilizaremos la opción de "Replicate Mirror" para generar la otra mitad de la cercha. La figura a continuación facilita la interpretación del problema. Note que se han definido cuatro líneas de grilla (3 espacios) en la dirección perpendicular a X y dos líneas (1 espacio) en la dirección perpendicular a Z. El programa SAP2000 ubica los espacios de la grilla centralizando el eje global justo en la mitad de ellos por lo que tenemos que establecer 6 espacios para tener los tres que deseamos, teniendo a su vez el eje de coordenadas en el centro.



Los demás valores mostrados fueron obtenidos mediante trigonometría. Note que el elemento perpendicular a la diagonal superior esta ubicado a la mitad de la misma.





**Coordinate System Definition**

Cartesian      Cylindrical

System Name: GLOBAL

**Number of Grid Spaces**

X direction: 6

Y direction: 0

Z direction: 1


**Grid Spacing**


X direction: 1.5

Y direction: 1.

Z direction: 2.5981


OK      Cancel

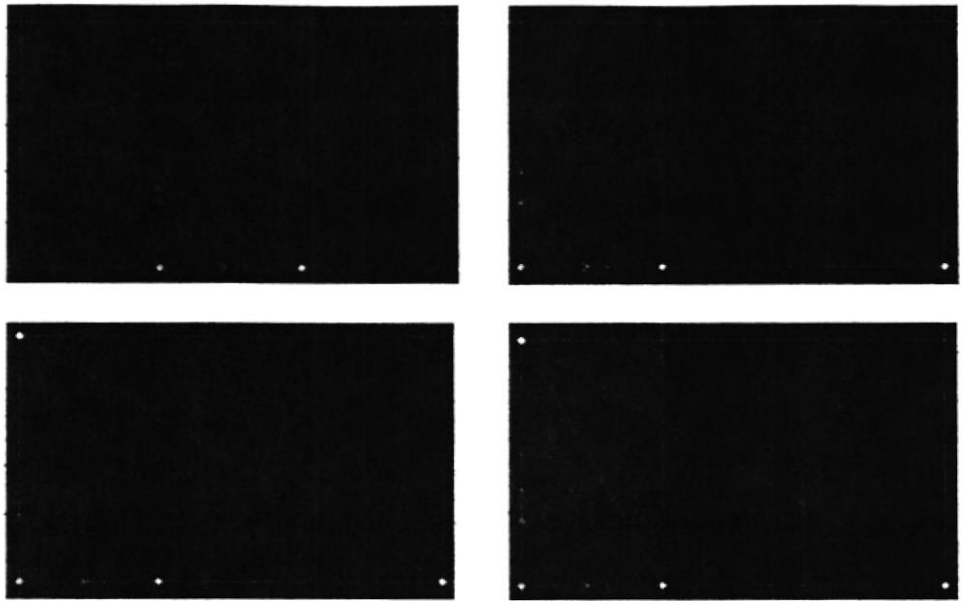
Ingrese los valores de 6 y 1 en el marco de "Number of Grid Spaces" para X y Z, respectivamente, y/0 para la dirección Y. Además ingrese 1.5 y 2.5981 en el marco de "Grid Spacing". Presione OK. Esto lo conducirá a la pantalla principal de SAP2000. Cierre la ventana de "3D View" para visualizar mejor el modelo. Seleccione  del "toolbar" principal para visualizar mejor este punto de vista. Del menú principal, seleccione "Draw" y luego la opción de "Draw Frame Element".

Alternativamente del “toolbar” ubicado en la parte izquierda de la pantalla, seleccione el icono de .

Con la opción de “Draw Frame Element” activada, se va a dibujar los elementos que comprenden la mitad derecha de la cercha como se muestra en las cuatro figuras siguientes.

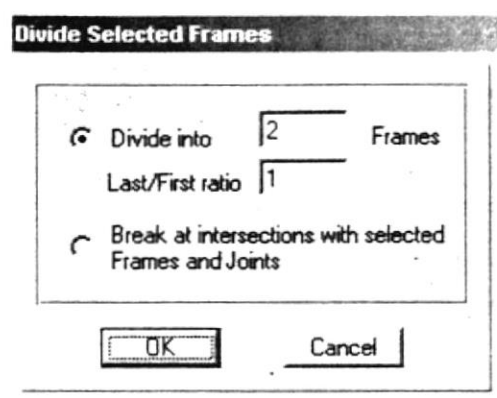
Para dibujar los elementos presione BI en el punto donde quiere empezar a dibujar el elemento y otra vez el BI en el punto donde termina el elemento. Notará que cuando esté haciendo esto, una línea entrecortada seguirá el cursor hasta la posición o punto final. Luego del punto final, la línea entrecortada seguirá siguiendo el cursor buscando el siguiente punto final del próximo elemento. De esta manera complete el triángulo en el recuadro 3 de la siguiente figura. Cuando necesite empezar una línea o elemento desde otro punto inicial, presione el BD para indicar que terminó esa línea. Utilice otra vez el BI para indicar los puntos de inicio y final de la siguiente línea o elemento a dibujar (ver cuadro inferior derecho).

Luego de dibujar los cinco elementos de la parte derecha de la cercha, presione el icono  del “toolbar” ubicado en la parte izquierda de la pantalla, para volver así a la condición de selección.



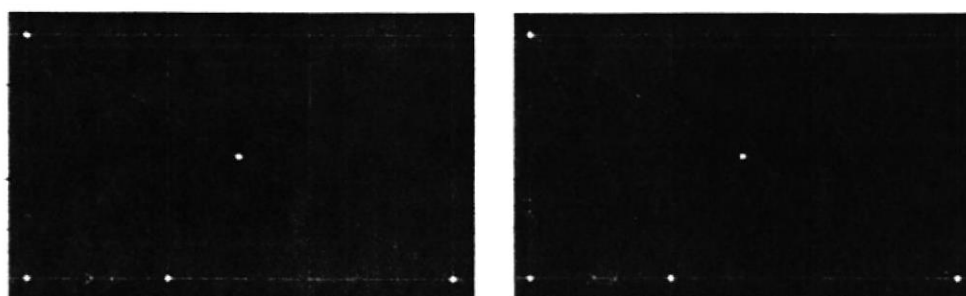
3. (Dividir el elemento diagonal con la opción "Divide Frame"):

Note que en la figura anterior falta un elemento para terminar la mitad de la figura. Como el elemento que falta tiene un extremo coincidente con la mitad del elemento diagonal de mayor longitud, vamos a utilizar una de las herramientas para la definición de geometrías que posee el programa la opción de "Divide Selected Frames". Seleccione el elemento a dividir, haciendo BI sobre el elemento diagonal. Del menú de "Edit" seleccione la opción de "Divide Frames...". Esto lo conducirá a la pantalla de "Divide Selected Frames" que se muestra a continuación.

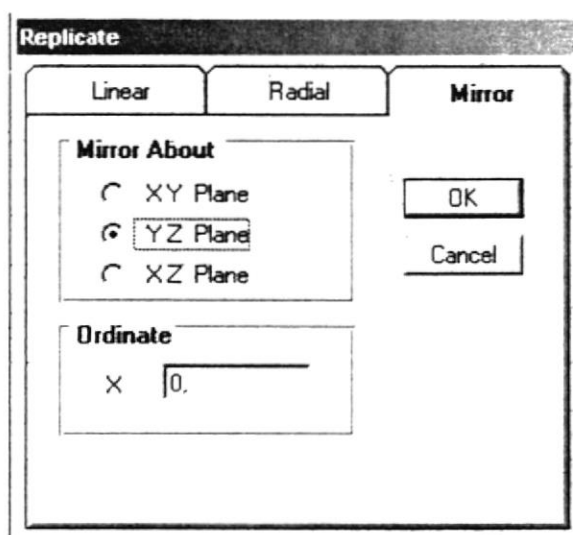


Verifique la opción de "Divide into" esté seleccionada y que haya un número 2 en su caja de texto. Seleccione OK. Note que el elemento diagonal aparece ahora dividido en dos, dado que hay un nodo intermedio, como se muestra en la siguiente figura.

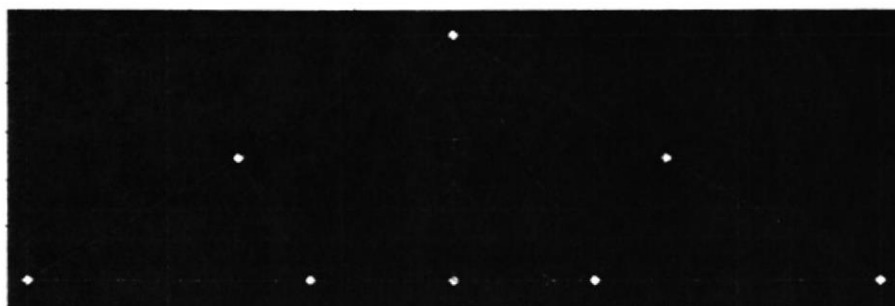
Dibuje un elemento entre la junta o nudo recién creado y aquella en la barra inferior, usando el procedimiento descrito en el paso 3. El resultado debe ser el que se encuentra en el cuadro 2 (derecho) de la siguiente figura.





4. (Imagen de Reflejo con la opción de "Replicate Mirror"): Note que ahora la mitad de la estructura se encuentra completada. Para completar la parte izquierda del modelo utilizaremos otra opción de SAP2000 que es útil para geometrías simétricas o simplemente para facilitar el desarrollo de modelos. Seleccione todos los elementos haciendo un recuadro que cubra la estructura con el "mouse", o haciendo BI en cada uno de los elementos. Del menú principal de "Edit" seleccione la opción de "Replicate". Habra la opción o el "tab" de "Mirror" (espejo). Esto lo conducirá a la pantalla que se muestra a continuación.

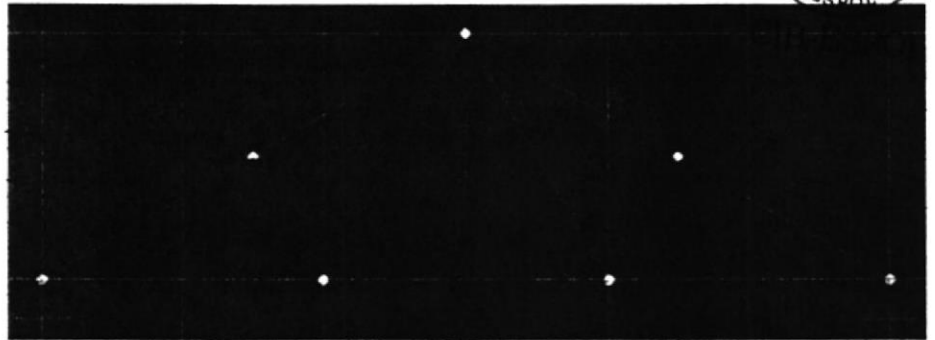


Seleccione la opción de “YZ Plane” puesto que éste es el plano donde se debería ubicar un espejo para formar la otra mitad de la imagen. Seleccione OK. El modelo debe estar como se muestra a continuación.



5. (Unión de elementos con la opción de “Join Frames”): La geometría del modelo está prácticamente completada excepto que hay un nudo demás en el elemento central. Para eliminar este nudo o convertir los dos elementos adyacentes en uno, seleccione los dos elementos a unir. Del menú de “Edit” seleccione la opción de “Join Frame”. Esto automáticamente convertirá los dos elementos en uno. Note que si se dejan estos dos elementos sin unir, se crearía inestabilidad interna en la cercha
6. (Definición de las condiciones de borde): Seleccione el nudo en el extremo izquierdo haciendo BI sobre el mismo. Del menú Assign seleccione Joint y de ahí Restraints... De la

ventana de "Joint Restraints" que aparece, seleccione el apoyo  del marco de "Fast Restraints". Presione OK. Repita el procedimiento anterior con el nudo en el extremo derecho, pero seleccione ahora  del marco de "Fast Restraints". El modelo debe estar como aparece en la figura a continuación.



7. (Asignar las secciones de los pórticos): Seleccione todos los elementos de la cercha haciendo un recuadro que cubra la cercha completa o con Ctrl.+A, haciendo BI sobre cada uno de los elementos. El procedimiento para asignar las secciones angulares a cada barra se resume a continuación:

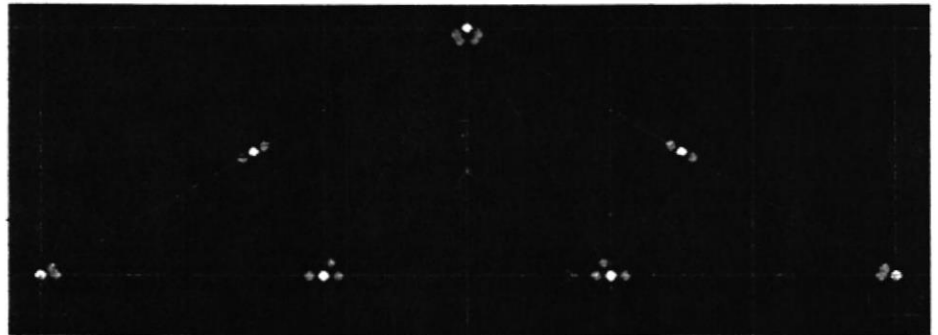
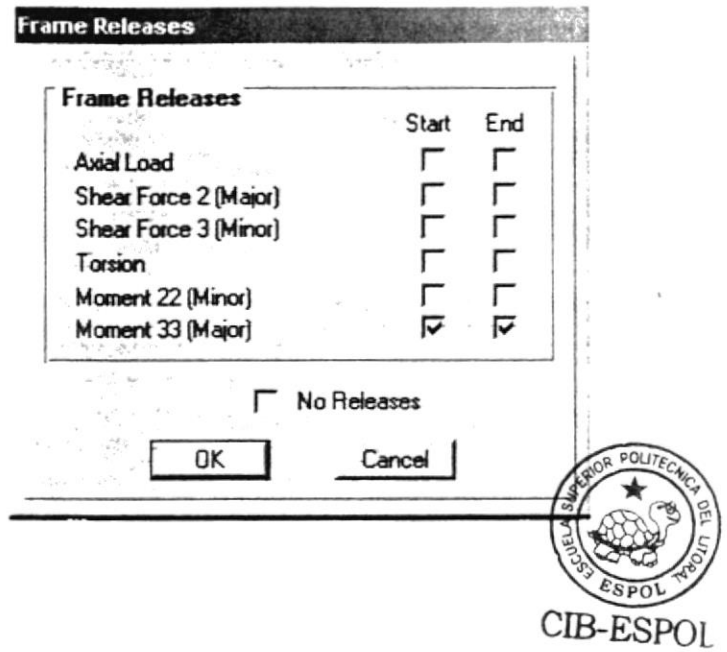
Assign → Frame → Sections... → Import Double Angle → Busque en Nombre del Archivo y abra el archivo C:/Computers and Structures/SAP2000 Student/ → Escoja

2L 4X4X1/2 → OK → Verifique que el material sea acero  
("STEEL") → OK → OK

8. (Eliminar grados de libertad rotacionales de los nudos o elementos): Note que la definición geométrica de la cercha se generó utilizando las herramientas de "Draw Frame". Como consecuencia de esto el programa presume que los elementos dibujados son elementos de viga o pórtico, por lo que hay que eliminar los grados de libertad rotacionales para que la estructura sea una "cercha ideal". Para esto seleccione todos los elementos del modelo. Del menú principal de "Assign" seleccione "Frame" y luego "Releases...". Esto lo conducirá a la pantalla siguiente de "Frame Releases".

Seleccione las dos opciones de "Moment 33 (Major)" para eliminar estos grados de libertad en los extremos de los elementos. Seleccione OK. En el modelo aparecerán unos nudos de color verde cerca de cada extremo Inicial ("Start") y Final ("End") indicando que hay un grado de libertad liberado ("Released").





9. (Definir sistemas de cargas): Los pasos se describen a continuación:

La secuencia "Define" → "Static Load Cases..." lo conducirá a la siguiente ventana.

**Define Static Load Case Names**

Load	Type	Self Weight Multiplier
VIVA	LIVE	0
MUERTA	DEAD	1
VIVA	LIVE	0

Click to:

Add New Load

Change Load

Delete Load

OK

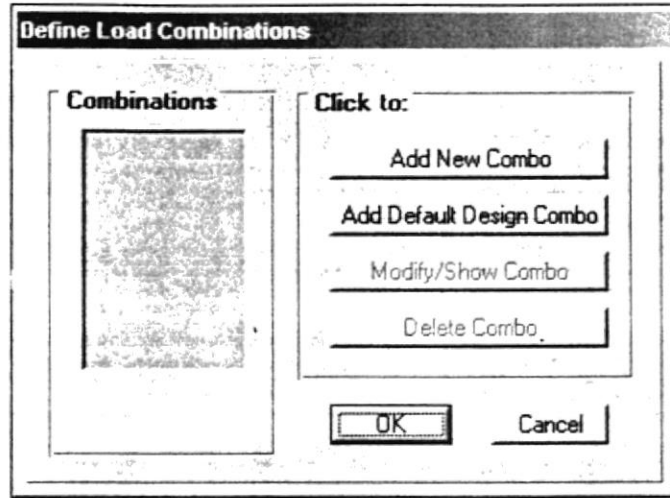
Cancel

Cambie el nombre de LOAD1 a MUERTA y presione el botón de "Change Load"

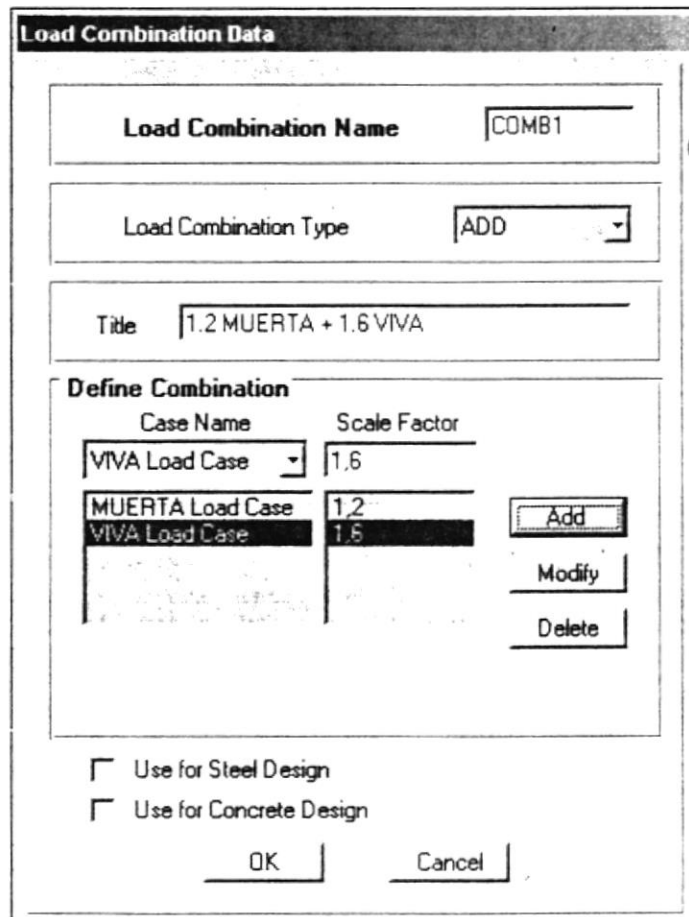
Escriba el nombre de VIVA en la caja de texto de "Load", cambie el tipo de carga en la caja de texto de "Type" a LIVE y escriba 0 en la caja de texto de "Self Weight Multiplier". Presione el botón de "Add New Load". Seleccione OK.

10. (Definir combinación de carga): Para definir la combinación de carga seleccione del menú de "Define" la opción de "Load Combinations...". Esto lo conducirá a la ventana de "Define Load Combinations" que se muestra a continuación.





Seleccione el botón de “Add New Combo” lo que le conducirá a la ventana de “Load Combination Data” que se muestra a continuación.



En el marco de "Load Combination Name" escriba un nombre para la combinación. En este caso vamos a dejar el nombre por omisión de COMB1. Verifique que en el recuadro de "Load Combination Type" se halle la opción de ADD (o sea suma de casos de cargas). En el recuadro de "Title" escriba un título descriptivo de la combinación deseada (por ejemplo 1.2 Muerta + 1.6 Viva). Este título es útil para interpretar los archivos de resultados del programa.

Dentro del recuadro de "Define Combination" en la caja de texto de "Scale Factor" escriba 1.2 y presione el botón de "Add". Cambie la opción de la caja de combo de "Case Name" a Viva Load Case y el "Scale Factor" a 1.6. Presione "Add". Presione OK dos veces para volver a la pantalla principal.

11. (Definir las cargas del sistema): Seleccione las juntas identificadas como E, F, y G en el dibujo de la cercha al comienzo del ejemplo. Del menú "Assign" seleccione "Joint Static Loads..." y de ahí "Forces...". Esto lo conducirá a la siguiente ventana.



**Joint Forces**

Load Case Name: MUERTA

Loads	
Force Global X	0.
Force Global Y	0.
Force Global Z	-1
Moment Global XX	0.
Moment Global YY	0.
Moment Global ZZ	0.

Options	
<input checked="" type="radio"/>	Add to existing loads
<input type="radio"/>	Replace existing loads
<input type="radio"/>	Delete existing loads

OK

Cancel

Verifique que en el recuadro de "Load Case Name" esté el sistema de cargas MUERTA. Escriba -1 en la dirección "Force Global Z". Presione OK.

Seleccione las juntas E y G. Del menú "Assign" seleccione "Joint Static Loads..." y de ahí "Forces...". Esto lo conducirá a la siguiente ventana.

**Joint Forces**

Load Case Name: VIVA

Loads	
Force Global X	0.
Force Global Y	0.
Force Global Z	-3
Moment Global XX	0.
Moment Global YY	0.
Moment Global ZZ	0.

Options	
<input type="radio"/>	Add to existing loads
<input checked="" type="radio"/>	Replace existing loads
<input type="radio"/>	Delete existing loads

OK

Cancel

Cambie el "Load Case Name" de MUERTA a VIVA y escriba -3 en la caja de texto de "Force Global Z" como se muestra a continuación. Presione OK.

Seleccione la junta F y repita el procedimiento anterior pero escribiendo -2 en la caja de la "Force Global Z". Esto se muestra a continuación.

Joint Forces	
Load Case Name	VIVA
<b>Loads</b>	
Force Global X	0.
Force Global Y	0.
Force Global Z	-3
Moment Global XX	0.
Moment Global YY	0.
Moment Global ZZ	0.
<b>Options</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Add to existing loads
<input type="radio"/>	Replace existing loads
<input type="radio"/>	Delete existing loads
OK	
Cancel	

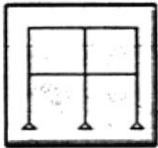

Con esto concluimos la etapa de pre-procesamiento de datos.




CIB-ESPOL

12. (Analizar la estructura): Recuerde grabar su modelo .

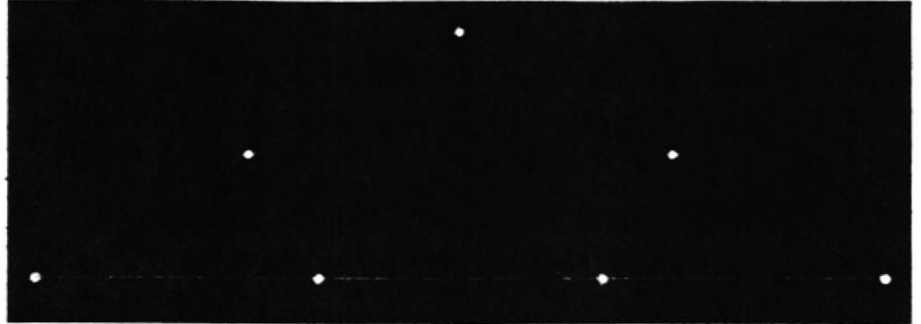
Abriendo el menú de “Analyze”, y dentro de la opción de “Set

Options”, especifique la opción “Plane Frame”  del cuadro de “Fast DOFs”. Presione OK. Efectúe el análisis presionado  o con la opción de “Run” del menú de “Analyze”.

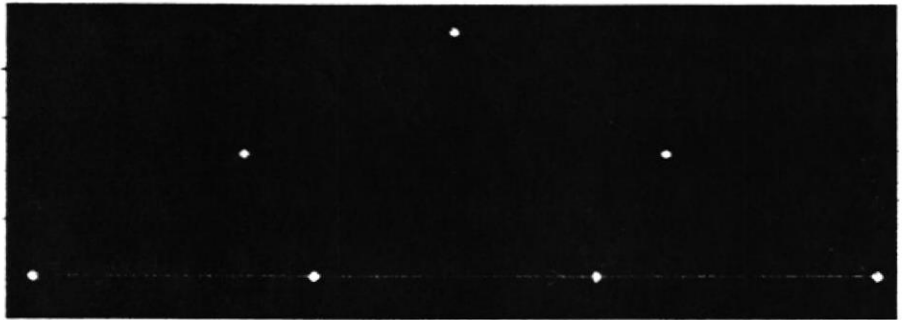
13. (Resultados de reacciones): Para ver las reacciones presione

. Esto lo llevará a la siguiente ventana. Note que en recuadro de “Load” se hallan los dos sistemas de carga (MUERTA y VIVA) y la combinación COMB1 que se habían definido. Seleccione “MUERTA Load Case” y presione OK. Repita el procedimiento seleccionando VIVA y luego COMB1. Los resultados se muestran a continuación:

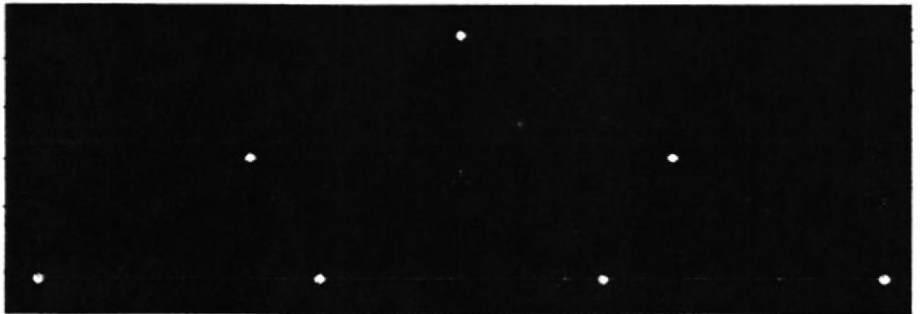
MUERTA:



VIVA:



COMB 1:



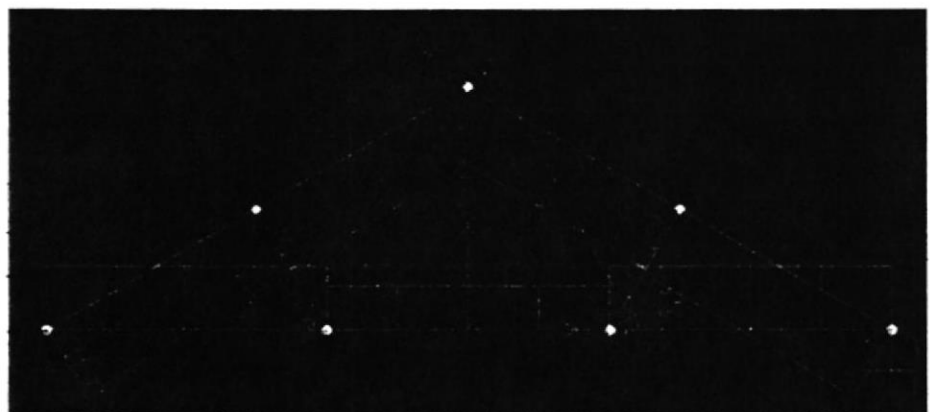
14. (Resultados de fuerzas internas axiales): Para ver las fuerzas axiales presione **F**. Esto lo llevará a la siguiente ventana de "Member Force Diagram for Frames". Note que al igual que en las reacciones, en el recuadro de "Load" se hallan los sistemas de carga (MUERTA y VIVA) y la combinación COMB1 que se habían definido.

Seleccione "MUERTA Load Case" del cuadro "Load". Marque la opción de "Show Values on Diagram" y presione OK. Repita el procedimiento seleccionando VIVA y luego COMB1. Los resultados se muestran a continuación:

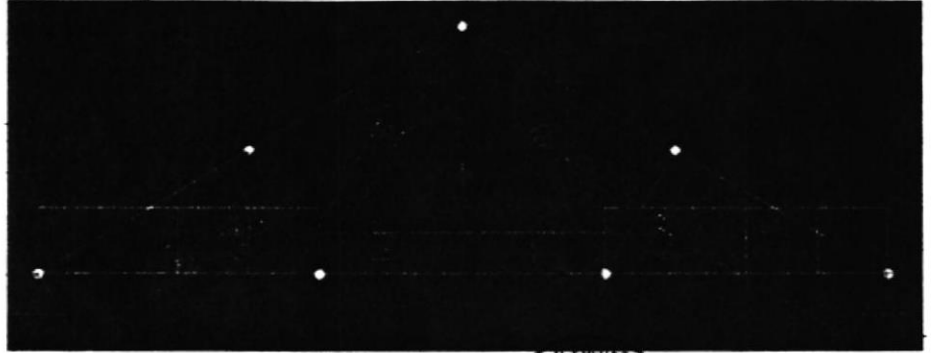
MUERTA:



CIB-ESPOL



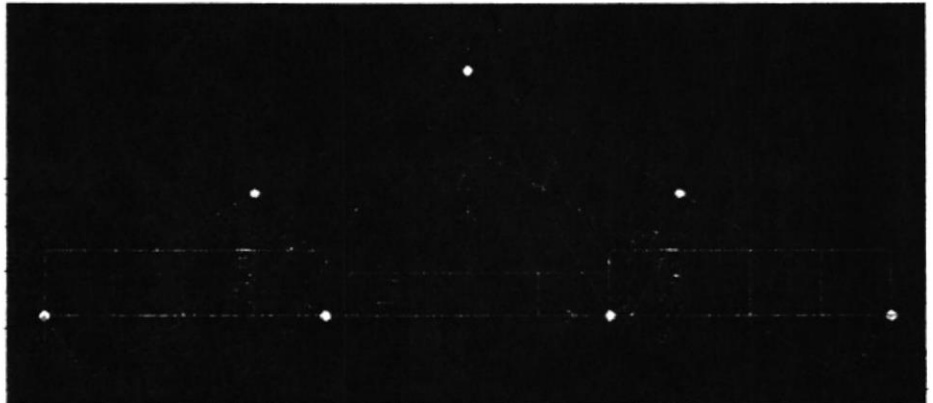
VIVA:




COMB 1:



CIB-ESPOL



15. (Tablas con las fuerzas internas): También es posible ver las fuerzas internas en la forma de una tabla. Para esto se aprieta el botón “Display Output Tables” . De la ventana “Select Output” se debe seleccionar el estado de carga para el cual se quieren ver los resultados. Luego se selecciona una barra

(con BI) y presionando BD se abre la ventana "Frame Element Forces" donde se listan en una tabla todas las seis posibles fuerzas internas. La tabla contiene el número de la barra o elemento, el estado de carga o combinación, y la fuerza axial (P), los dos cortantes (V2 y V3), el torque o momento torsor (T), y los dos momentos flectores (M2 y M3). Estos valores se dan para varios puntos a lo largo del elemento con la posición medida en un sistema de ejes locales. Notar por último que el elemento en cuestión comienza a parpadear en la pantalla cuando se abre la tabla.

## CAPITULO 9



### 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES:

1. SAP2000 ofrece una gran variedad de herramientas en el análisis estructural, debido a la manera en que se crean y se modifican los modelos, así como también la forma en que se maneja el análisis y el diseño.
2. El manejo de este programa es relativamente sencillo, es por eso que se ha convertido en una herramienta muy útil dentro del campo de la ingeniería estructural ya que se puede apreciar con mas detalle el comportamiento de las formas estructurales y de los elementos que la conforman, de manera eficiente y con resultados confiables.
3. La gama de opciones que presenta este programa hace que podamos realizar un modelo que se adapte a las condiciones reales, y gracias a su

gran capacidad de analizar estructuras ante cargas sísmicas, permite obtener con mucha facilidad los parámetros de respuesta cuando se somete dicha estructura ante un espectro determinado.

4. Aprovechando la cualidades de este programa, en el cual fueron desarrollados los tres modelos para la edificación que es objeto de estudio en este texto, y analizando los resultados para compararlos entre si, tenemos que el modelo 8.2 no sería tan apropiada ya que su masa es mayor y presenta un momento torsor alto por lo cual se produce una distorsión en planta superior a la permisible, lo que la hace una estructura inestable. Con lo que nos quedan dos modelos, en los cuales sus resultados son casi parecidos, pero en el modelo 8.3 se observa que sus derivas son menores, su distorsión en planta es aceptable y apenas su peso varía en 1% con respecto al modelo 8.1 de esta forma se establece que el modelo 8.3 sería el sistema estructural más recomendado para el edificio analizado, debido a que su respuesta sísmica es más favorable, por la forma de su estructuración.
  
5. De esta manera queda establecido la forma estructural del edificio gracias a los resultados ofrecidos por el SAP2000, pero cabe mencionar que aunque el programa nos facilite el análisis, el usuario debe entender claramente como funcionan los sistemas estructurales para así saber si

los resultados obtenidos son los esperados y tener en cuenta que estos dependen de los datos que hayan sido ingresados. Por este motivo el usuario debe tener el criterio y la experiencia suficiente cuando vaya a realizar un análisis a un determinado modelo y solo así podrá utilizarlo en forma exitosa y productiva.



CIB-ESPOL

### **RECOMENDACIONES:**

1. Se debe tener bien definido las características del modelo a realizar, como la geometría de la estructura, propiedades del material, cargas y espectro de diseño, secciones de los elementos, etc., para lograr así un ingreso rápido y preciso de los datos.
2. Al analizar cualquier estructura, debemos prever su comportamiento, ya que cuando obtengamos los resultados del análisis, sean los que esperábamos; y de esta manera saber cuan bueno han sido los datos de entrada.
3. Es conveniente que analice modelos sencillos, ya que esto nos da una mayor agilidad en el manejo del programa para luego comenzar a desarrollar estructuras mas complejas en el cual se requiere mas conocimiento del programa.

## BIBLIOGRAFÍA

Enrique Bazan – Roberto Meli, Diseño Sísmico de Edificios, Editorial Limusa.

Mac Cormac, Análisis de Estructuras, Editorial Alfaomega.

Código Ecuatoriano de la Construcción, Capítulo 1

Ing. Ashraf Habibullah, Memorias Técnicas del Seminario Internacional “Diseño Automatizado de Estructuras Sismo Resistentes” del 11 al 12 de julio del 2003, Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas.

Ings. Victor Nuques – Walter Mera – Alex Villacrés – Jaime Guaman, Memorias Técnicas del Seminario “Diseño Estructural de una Vivienda de Tres Niveles” del 25 al 29 de Noviembre del 2002, Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas.

Dr. Edward L. Wilson, Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures, Computer & Structures Inc.





# ANEXO

**GUIA DEL USUARIO DEL  
PROGRAMA SAP2000 PARA  
ANALISIS DE EDIFICIOS**

## INDICE

### GENERAL

Nueva Interfase	1
Fijar un Sistema de Coordenada	1
Para agregar otro Sistema de Coordenada	2

### MENU FILE

Consiguiendo una Ventaja con las Plantillas	3
Para basarse en un nuevo modelo de una plantilla	3
Para agregar una o más plantillas al modelo existente	4
Capacidades de Importar/Exportar	4
Importe un archivo de DXF	4
Exporte un archivo de DXF	6



### MENU EDIT

Capacidades de Deshacer (Undo) y Rehacer (Redo)	8
Corte, Copiar y Pegar	8
Borrando Miembros	9
Mover	9
Reproducir (Replicate)	10
Reproducir una Serie Lineal	10

<b>Reproducir una Serie Radial</b>	<b>11</b>
<b>Reproducir usando la opción espejo (mirror)</b>	<b>12</b>
<b>Unir Nudos</b>	<b>13</b>
<b>Malla Automática</b>	<b>14</b>
<b>Dividir o interrumpir Frames</b>	<b>14</b>
<b>Malla con Shells</b>	<b>15</b>
<b>Malla usando los nodos seleccionados de borde</b>	<b>16</b>
<b>Malla usando las intersecciones de grid</b>	<b>16</b>
<b>Unir Frames</b>	<b>17</b>
<b>Desconectar</b>	<b>17</b>

## **MENU DEFINE**

<b>Defina Materiales</b>	<b>18</b>
<b>Agregue un Nuevo Material en Acero</b>	<b>18</b>
<b>Agregue un Nuevo Material en Concreto</b>	<b>19</b>
<b>Agregar un Nuevo Material</b>	<b>20</b>
<b>Defina las Propiedades de Sección del elemento Frame</b>	<b>21</b>
<b>Importe una sección Frame de un archivo (ej. Sections.pro)</b>	<b>22</b>
<b>Agregue una Sección Frame definiendo las dimensiones o las propiedades manualmente</b>	<b>23</b>
<b>Sección de Concreto</b>	<b>24</b>
<b>Agregue una Sección Frame Variable</b>	<b>26</b>

<b>Agregue una Selección Automática de un Grupo de Secciones Frame</b>	<b>27</b>
<b>Agregue una Sección Shell al definir las dimensiones y/o las propiedades</b>	<b>27</b>
<b>Defina Nombres de Grupo</b>	<b>29</b>
<b>Defina Casos de Carga Estática</b>	<b>29</b>
<b>Defina Patrones de Nudo</b>	<b>30</b>
<b>Defina Funciones de Espectro de Respuesta</b>	<b>31</b>
<b>Definir una Función especificando Tiempo y Aceleración</b>	<b>31</b>
<b>Definir una Función desde un Archivo</b>	<b>32</b>
<b>Defina Casos de Espectro de Respuesta</b>	<b>33</b>
<b>Defina Combinaciones de Carga</b>	<b>35</b>

## **MENU DRAW**

<b>Modo de Dibujo</b>	<b>38</b>
<b>Trazado de los Miembros</b>	<b>38</b>
<b>Reajuste del Elemento</b>	<b>38</b>
<b>Agregue Nudos Especiales</b>	<b>40</b>
<b>Dibuje un Elemento Frame de Nudo a Nudo</b>	<b>40</b>
<b>Dibuje un Elemento Frame Rápidamente</b>	<b>42</b>
<b>Dibuje un Elemento Shell entre 4 Nudos</b>	<b>42</b>
<b>Dibuje un Elemento Shell Rectangular</b>	<b>44</b>



CIB-ESPOL

<b>Dibuje un Elemento Shell Rápidamente</b>	<b>44</b>
<b>Revise los Grids</b>	<b>45</b>
<b>Para Mover un Grid</b>	<b>45</b>
<b>Para Agregar un nuevo Grid</b>	<b>45</b>
<b>Para Borrar un Grid</b>	<b>45</b>
<b>Herramientas instantáneas</b>	<b>46</b>
<b>Obtenga al instante los Nudos y los Punto del Grid</b>	<b>47</b>
<b>Obtenga al instante los Puntos medios y extremos</b>	<b>47</b>
<b>Obtenga al instante las Intersecciones</b>	<b>48</b>
<b>Obtenga al instante la Perpendicular</b>	<b>49</b>
<b>Obtenga al instante las Líneas y Bordes</b>	<b>50</b>
<b>Mantener un eje constante al dibujar</b>	<b>50</b>

## **MENU SELECT**

<b>Procedimientos de selección</b>	<b>52</b>
<b>Seleccione Objetos con una Ventana</b>	<b>52</b>
<b>Seleccione Objetos al Cruzar una Línea</b>	<b>53</b>
<b>Seleccione Objetos de un Plano 2D</b>	<b>53</b>
<b>Seleccione Objetos por Grupos</b>	<b>53</b>
<b>Seleccione Objetos por Secciones Frame</b>	<b>54</b>
<b>Seleccione Objetos por Secciones Shell</b>	<b>54</b>
<b>Seleccione Objetos por Constraints</b>	<b>54</b>

Seleccione Objetos por Etiquetas	55
Seleccione Todos los Objetos	55
<b>MENU ASSIGN</b>	
Opciones de Asignación	56
Asigne Secciones a los Elementos Frame	56
Asigne Secciones a los Elementos Shell	56
Asigne Constraints a los nudos	57
Agregue Nudos a un Constraint Existente	57
Borre o Elimine Nudos de un Constraint Existente	58
Asigne Resortes al Nudo	61
Asigne Masas al Nudo	61
Asigne Restricciones del Nudo	62
Asigne Patrones de Nudo	62
Asigne Ejes Locales	63
Asigne Ejes Locales para Nudos	64
Asigne Ejes Locales para Elementos Frame	65
Asigne Libertades de Extremos para Elementos Frames	65
Asigne Desplazamientos de Extremo en Elementos Frame	66
Asigne Segmentos de Salida en Elementos Frame	67
Asigne Ejes Locales para Elementos Shell	68
Asigne Cargas Estáticas	69
Asigne Cargas o Desplazamientos a los Nudos	69



<b>Asigne Cargas de Gravedad a los Frames</b>	<b>69</b>
<b>Asigne Cargas Puntuales y Uniformes a los Frames</b>	<b>70</b>
<b>Asigne Cargas Trapezoidales a los Frames</b>	<b>71</b>
<b>Asigne Cargas por Temperatura a los Frames</b>	<b>71</b>
<b>Asigne Cargas de Gravedad a los Shells</b>	<b>72</b>
<b>Asigne Carga Uniforme a los Shells</b>	<b>73</b>
<b>Asigne Cargas de Presión a los Shells</b>	<b>73</b>
<b>Asigne Cargas por Temperatura a los Shells</b>	<b>74</b>
<b>Asigne Nombres de Grupo</b>	<b>75</b>

## **MENU ANALYZE**

<b>Analizando un Modelo</b>	<b>76</b>
-----------------------------	-----------

## **MENU DISPLAY**

<b>Opciones de Visualización</b>	<b>79</b>
<b>Visualizando la Geometría no Deformada</b>	<b>79</b>
<b>Visualice las Cargas Estáticas</b>	<b>79</b>
<b>Visualice Patrones de Nudo</b>	<b>80</b>
<b>Visualice las Entradas en Formato Tabular</b>	<b>80</b>
<b>Visualice la Deformada Estática</b>	<b>81</b>
<b>Visualice los Modos</b>	<b>82</b>
<b>Visualice los Diagramas de Fuerza o Esfuerzo del Miembro</b>	<b>83</b>

<b>Visualice los Diagramas de Energía</b>	<b>84</b>
<b>Visualice la Suma de Fuerzas del Grupo de Nudos</b>	<b>85</b>
<b>Visualice los Resultados de los Nudos o Miembros en la Pantalla</b>	<b>86</b>

## **MENU DESIGN**

<b>Diseño en Acero</b>	<b>88</b>
<b>Diseño en Hormigón</b>	<b>88</b>
<b>Elementos de grupo para Diseño</b>	<b>88</b>
<b>Empiece el Diseño/Chequeo de la Estructura</b>	<b>89</b>
<b>Seleccione las Combinaciones de Carga para el Diseño</b>	<b>89</b>
<b>Visualice la Información en el Diseño</b>	<b>90</b>
<b>Actualice las Secciones del Análisis</b>	<b>90</b>

## **MENU OPTIONS**

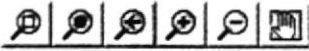

<b>Fijando los Parámetros del Diseño en Acero</b>	<b>91</b>
<b>Fijando Parámetros del Diseño en Hormigón</b>	<b>91</b>



## GENERAL



### Nueva Interfase

1. SAP2000 se integran ahora totalmente en ventanas.
2. Modelo de edificio, Análisis, Diseño y visualización de resultados pueden llevarse a cabo en la misma ventana.
3. El modelo puede verse en múltiples ventanas (hasta 4).
4. El zoom es posible hacerlos por pasos o por una ventana definida con el mouse. 
5. Los miembros pueden ser vistos en su forma sobres sus ejes centroidales. 
6. El modelo puede verse en Perspectiva.
7. Contexto de ayuda sensible está disponible en "las formas" con un click en el botón derecho del mouse.
8. Información detallada sobre los nudos y miembros en el modelo también está disponible con un click en el botón derecho del mouse (ejemplo: diagrama del momento flector, desplazamientos de los nudos o conectividad etc.).

### Fijar un Sistema de Coordenada


Preparar un Sistema de Coordenada para crear a un nuevo modelo:

1. En el menú File, haga click en New Model (Nuevo modelo).

2. Escoja la etiqueta Cartesian o Cylindrical (Cartesiano o cilíndrico).
3. Ingrese el número de grids y su espaciamiento y después haga click en OK.

### **Para agregar otro Sistema de Coordenada**

1. En el menú de Opcion, haga click en Set Coordinates System (Fijar o preparar un sistema de coordenada).
2. Haga clic en Add System (Para añadir un nuevo Sistema).
3. Escoja la etiqueta Cartesian o Cylindrical (Cartesiano o cilíndrico).
4. Ingrese en System Name un nombre, para definir un nuevo sistema de coordenada.
5. Ingrese el número de grids y su espaciamiento.
6. Haga click en Advanced para especificar la Ubicación y Orientación.
7. Haga click en Ok, Ok, y OK.

**Nota:** Usted puede agregar una nuevo grid seleccionando Reshape Element  de la barra de la herramienta y presione la tecla CTRL y arrastre un grid existente a una nueva ubicación, o usando el comando Edit Grid del menú Draw, o al hacer un doble click en un grid existente abra el cuadro de diálogo Edit Grid donde usted puede añadir o modificar la ubicación de un grid.





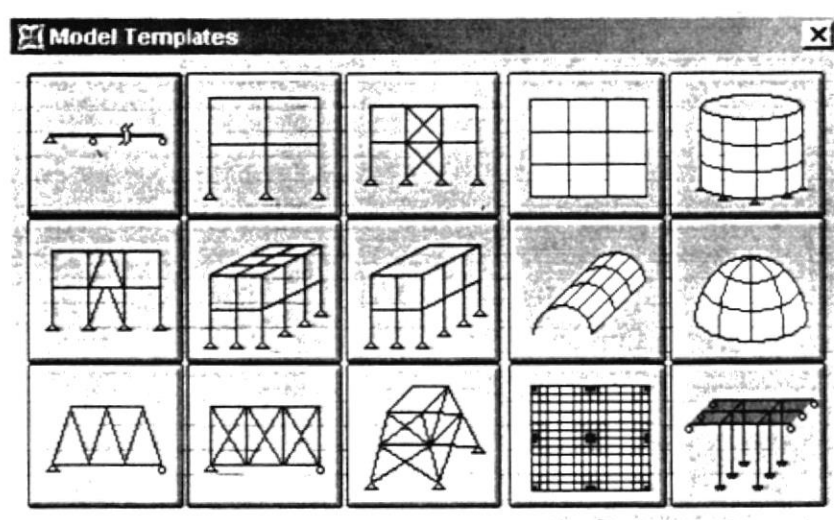
CIB-ESPOL

## MENU FILE

### Consiguiendo una ventaja con las Plantillas

Pueden crearse Nuevos modelos con poco esfuerzo usando plantillas pre-programadas.

Haga click en cualquiera de los botones de la plantilla para saber más sobre ellos.



**Para basarse en un nuevo modelo de una plantilla:**

1. En el menú File, haga click en New Model from Template... Esto visualizará las posibles plantillas mostradas anteriormente.
2. Haga click en la plantilla más apropiada para su modelo.
3. Escoja o cambie los valores predefinidos en las cajas de revisión.
4. Haga click en OK.

**Para agregar una o más plantillas al modelo existente:**

1. En el menú Edit, haga click en Add to Model From Template... Esto visualizará las opciones de plantilla similares a las mostradas anteriormente.
2. Haga click en la plantilla que usted desee.
3. Llene los parámetros en las cajas de revisión y después haga click en Advanced para especificar un punto de inserción.
4. Haga click en OK.

**Capacidades de Importar/Exportar**

La importación y exportación están disponibles a través del menú File.

**Importe un archivo de DXF**

Al importar archivos DXF se facilita la obtención de la geometría del modelo realizado en AutoCAD u otro programa compatible en DXF.

1. Comience un nuevo modelo o abra un modelo existente. No se puede importar un archivo DXF si no tiene un modelo o un sistema de coordenada definido.
2. Del menú File, haga click en Import y después en .DXF. Esto visualizará el cuadro de diálogo Import DXF File.
3. Escoja el archivo del cuadro de lista y presione el botón Abrir.

4. Del cuadro de diálogo Import Data seleccione la dirección global hacia arriba de los elementos del archivo DXF que están siendo importados y las unidades en que el archivo fue dibujado.
5. Presione el botón OK en el cuadro de diálogo Import Data para ver el cuadro de diálogo DXF Import.
6. Seleccione de los cuadros de lista desplegable el layer (capa) a importar del archivo DXF para cada tipo de elemento del SAP2000. Un layer sólo puede ser usado para un tipo de elemento.
7. Si no hay datos a ser importados para un tipo de elemento dado, entonces la caja de la lista correspondiente debe leer NONE (ninguno).
8. Presione el botón OK para importar los datos DXF.

Los tipos del elemento de SAP2000 corresponden a los siguientes tipos de elementos DXF.

#### **Elementos de SAP2000**

Grids

Nudos especiales

Frames (marcos)

Shells (cáscara)



CIB-ESPOL

#### **Elementos de DXF**

Puntos (Points)

Lineas (Lines)

Superficies en 3 dimensiones (3Dfaces)

## Exporte un archivo de DXF

Al exportar archivos DXF se obtiene la geometría del modelo dentro de AutoCAD u otro programa compatible en DXF.

1. Si se quiere exportar un número limitado de elementos entonces seleccione primero los elementos; de otra manera vaya directamente al paso dos.
2. Del menú File, seleccione Export y después .DXF.
3. Esto visualizará el cuadro de diálogo Select template DXF file. El archivo de plantilla DXF se usa para poner todos los datos básicos para el archivo DXF exportado. Usted puede seleccionar cualquier archivo DXF que desee. Entonces presione el botón Open (Abrir).

**Nota:** Para su conveniencia hay un archivo SAPDXF.DXF proporcionado para usted en el directorio del SAP2000.

4. Esto visualizará el cuadro de diálogo DXF Export que se usa para seleccionar el layer (capa) a exportar para cada tipo de elemento.
5. Seleccione del cuadro de lista desplegable el layer a exportar en el archivo DXF. Un layer sólo puede usarse para un tipo del elemento.
6. Si usted desea agregar otro nombre al layer, teclee su nombre en la caja del texto en la parte inferior del cuadro de diálogo y presione el botón Add layer. Entonces el nuevo layer puede seleccionarse de los cuadros de lista despegable.



7. Si no hay datos a ser exportado para un tipo de elemento dado entonces el cuadro de lista correspondiente debe leer NONE (Ninguno).
8. Presione el botón OK cuando finalice con las asignaciones del layer.
9. Esto visualizará el cuadro de diálogo Save AutoCAD DXF File As.
10. Teclee el nombre del archivo en la caja de revisión File name.
11. Haga click en Save. Esto guardará el archivo DXF que puede ser importado en AutoCAD.

Los tipos del elemento de SAP2000 corresponden a los siguientes tipos de elementos DXF.

**Elementos de SAP2000****Elementos de DXF**

Grids

Nudos especiales

Puntos (Points)

Frames (marcos)

Lineas (Lines)


Shells (cáscara)

Superficies en 3 dimensiones (3Dfaces)


## MENU EDIT

### Capacidades de Deshacer (Undo) y Rehacer (Redo)

SAP2000 te permite regresar un paso a la vez en una sesión de edición. Por lo tanto, es posible deshacer una serie de acciones previamente desarrolladas. Si usted va demasiado lejos en el proceso de deshacer, entonces puede rehacer estas acciones.

1. Haga click en  para deshacer (en pasos) las acciones desarrolladas mas recientes. Undo (deshacer) también esta disponible en el menú Edit.

Si usted decide después que no quiso deshacer una acción:

1. Haga click en  para rehacer las acciones. Redo (rehacer) también está disponible en el menú Edit.

**Nota:** Undo sólo trabaja en objetos que se han movido, borrados o añadidos. Una vez que un archivo se guarda las acciones Undo y Redo ya no están disponibles.



CIB-ESPOL

### Corte, Copiar y Pegar

1. SAP2000 ahora suministra los comandos estandar de Windows Cut (cortar), Copy (copiar) y Paste (pegar).

2. La estructura entera o alguna parte seleccionada cualquiera puede ser cortada o copiada y luego pegada de vuelta en algún área del modelo en una ubicación específica.
3. Es posible también pegar el modelo copiado o cortado dentro de Microsoft Excel, modificarlo, cortarlo o copiarlo en Excel y luego pegar el modelo modificado en la ventana de SAP2000. Pegue al modelo modificado atrás en la SAP2000 ventanas.



CIB-ESPOL

### **Borrando Miembros**

1. Usted puede borrar miembros, seleccionándolo y presionando el botón Supr (Del) en su teclado.
2. Usted también puede borrar miembros, seleccionándolos y haciendo click en Delete del menú Edit.

### **Mover**

La característica de mover es una manera de seleccionar partes de la estructura y reubicarlas en el modelo.

1. Seleccione los miembros y nudos que desee mover.
2. En el menú Edit, haga clic en Move. Esto visualizará el cuadro de diálogo Move.
  - Ingrese el desplazamiento relativo de los miembros seleccionados en las direcciones globales X, Y y Z.

- Haga click en OK para mover los elementos seleccionados.

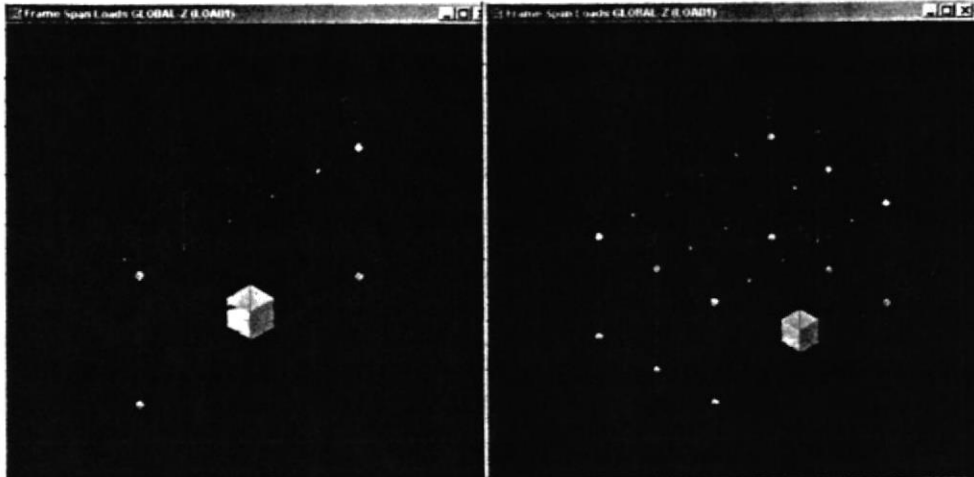
## **Reproducir (Replicate)**

Reproducir es otra manera muy poderosa de generar un modelo grande a partir de un modelo pequeño cuando los elementos y/o nudos forman un patrón lineal o radial o son simétricos alrededor de un plano. Cuando los nudos o elementos son reproducidos también se reproducen las asignaciones a esos nudos y elementos, Ejemplo: asignaciones de la sección del miembro, cargas de miembros y nudos, y restricciones de nudos. Este es el mayor beneficio de usar Replicate sobre Cut, Copy y Paste, los cuales sólo operan en líneas y nudos.

### **Reproducir una Serie Lineal**

1. Seleccione los miembros y nudos que desea reproducir.
2. En el menú Edit, haga click en Replicate. Esto visualizará el cuadro de diálogo Replicate con las etiquetas Línear, Radial y Mirror.
3. Haga click en la Etiqueta Linear.
4. Llene los desplazamientos en X, Y y Z en el cuadro de revisión Distance.
5. Teclee el número de veces a reproducir las entidades seleccionadas en el cuadro de revisión Number.
6. Presione OK.

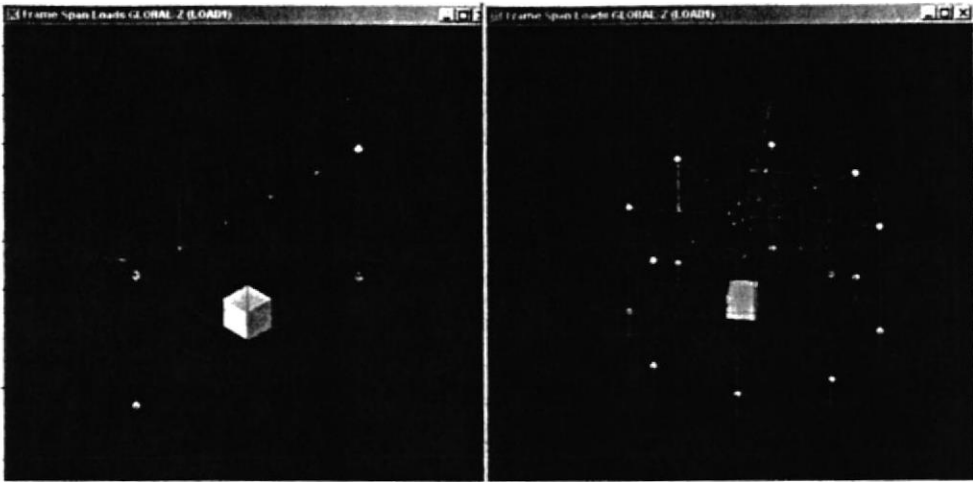
EJEMPLO:



### Reproducir una Serie Radial

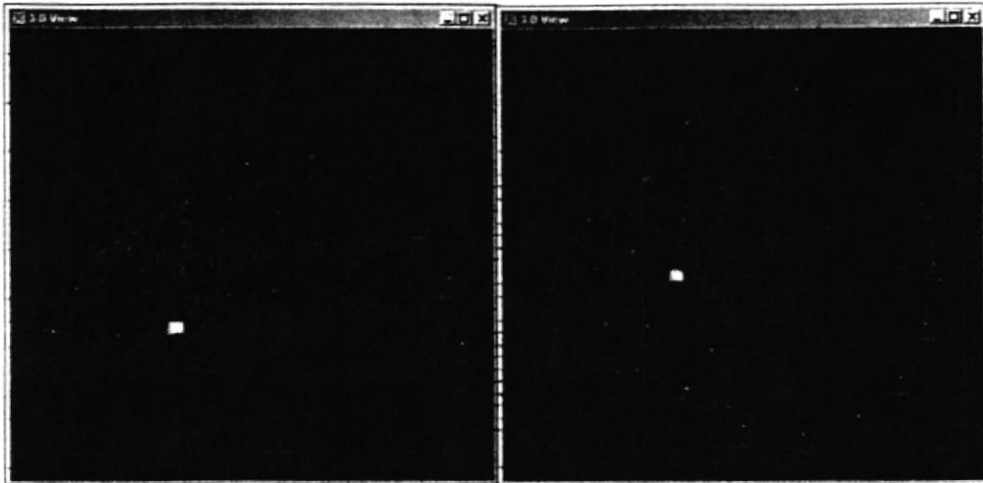
1. Seleccione los miembros y nudos que desee reproducir.
2. En el menú Edit, haga click en Replicate. Esto visualizará el cuadro de diálogo Replicate con las etiquetas Linear, Radial y Mirror.
3. Haga click en la Etiqueta Radial.
4. Chequee los ejes alrededor del cual las entidades seleccionadas van a ser rotadas, es decir la sección rotada alrededor de X, Y o Z.
5. Teclee el incremento del ángulo, y el número de veces a reproducir las entidades seleccionadas en el cuadro de revisión Increment Data.
6. Presione OK.



**EJEMPLO:****Reproducir usando la opción espejo (mirror)**

1. Seleccione los miembros y nudos que desee reproducir.
2. En el menú Edit, haga click en Replicate. Esto visualizará el cuadro de diálogo Replicate con las etiquetas Linear, Radial y Mirror.
3. Haga click en la Etiqueta Mirror.
4. Chequee el plano alrededor del cual las entidades seleccionadas van a ser rotadas, es decir XY, YZ o XZ en la sección Mirror About.
5. Teclee la ordenada por la cual usted quiere cambiar la repetición reflejada en la secciones Ordinate.
6. Presione OK.

EJEMPLO:



## Unir Nudos

Los nudos dentro de la tolerancia de auto unión predefinida son automáticamente unidas. Esos nudos los cuales no caen dentro de la tolerancia pueden ser unidos como sigue:

1. Seleccione los nudos que desee unir.
2. En el menú Edit haga clic en Merge Joints.... esto visualizará el cuadro de diálogo Merge Selected Joints.
3. Acepte o cambie la tolerancia de unión.
4. Presione Ok.

**Nota:** Este es un comando muy útil para combinar dos modelos separados a la vez.

Si los elementos son dibujados con los Snaps apagados pueden haber nudos extraños en ubicaciones comunes. Estos nudos extraños pueden ser fácilmente eliminados por este comando.

Los modelos desarrollados en programas CAD pueden tener nudos vigas trazados de 6 pulgada o lejos de los nudos de la columna. Ésta es una opción poderosa para unir nudos viga a los nudos de la columna en tales modelos importados de CAD.

## **Malla Automática**

No es necesario definir nudos antes de definir los elementos. Se crean nudos automáticamente cuando los elementos son dibujados. Típicamente, dibuje el limite de la estructura y luego use las siguientes técnicas de malla para crear un modelo detallado.

## **Dividir o interrumpir Frames**



CIB-ESPOL

### **Para Dividir**

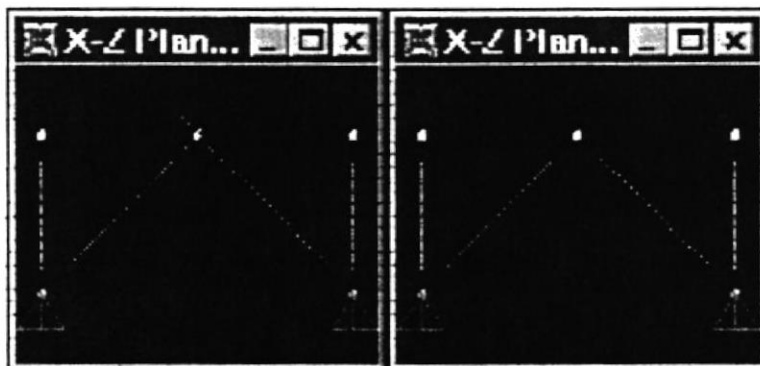
1. Seleccione los elementos Frame que desea dividir.
2. En el menú Edit haga click en Divide Frame... Esto visualizara el cuadro de dialogo Divide Selected Frames.
3. Seleccione Divide en la opción.
4. Teclee el numero de elementos Frames en los que van a ser divididos.

5. Teclee la relación entre el ultimo y el primer elemento, si la división no va a ser en longitudes iguales.
6. Presione OK.

### **Para Interrumpir**

1. Seleccione los elementos Frame que desea interrumpir en múltiples elementos y también seleccione la intersección de elementos o los nudos.
2. En el menu Edit haga click en Divide Frames... Esto visualizara el cuadro de dialogo Divide Selected Frames.
3. Seleccione la opción Break at intersections with selected Frames and Joints.
4. Presione Ok.

EJEMPLO:



## **Malla con Shells**

### **Para Malla**

1. Seleccione los elementos Shells que desea hacer la malla.

2. En el menu Edit haga click en Mesh Shells. Esto visualizara el cuadro de dialogo Mesh Selected Shells.
3. Seleccione la opción Mesh into.
4. Teclee el número del elementos Shells (en ambas direcciones) que van a formar la malla.
5. Presione OK.

#### **Malla usando los nodos seleccionados de borde**

1. Seleccione los elementos Shell que desee hacer la malla en múltiples elementos y también seleccione los nudos de borde de los elementos Shell.
2. En el menú Edit haga click en Mesh Shell. Esto visualizara el cuadro de dialogo Mesh Selected Shells.
3. Seleccione la opción Mesh using selected Joints on edges.
4. Presione Ok.

#### **Malla usando las intersecciones de grid**

1. Seleccione los elementos Shell que desee hacer la malla en multiples elementos.
2. En el menu Edit haga clic en Mesh Shells. Esto visualizara el cuadro de dialogo Mesh Selected Shells.
3. Seleccione la opción Mesh at intersection with grids.

4. Presione Ok.

### **Unir Frames**

1. Seleccione los elementos Frame que desee unir.
2. En el menú Edit haga click en Join Frames.
3. Esto unirá los elementos Frame seleccionados en un solo elemento y borrará los nudos que no se usen en este proceso.



### **Desconectar**

Todos los elementos conectados entre si normalmente comparten un nudo en común. Disconnect interrumpirá esta continuidad y añadirá un nudo duplicado entre esos elementos. Para usar Disconnet.

1. Seleccione los nudos que desee desconectar de los elementos.
2. En el menú Edit, haga clic en Disconnect.

## MENU DEFINE



CIB-ESPOL

### Defina Materiales

1. En el menú Define, haga click en **Materials...** Esto visualizará los el cuadro de diálogo **Materials** con los materiales predefinidos, **CONC**, **OTHER** y **STEEL** mostrados en el cuadro de lista de **Materials**.

### Agregue un Nuevo Tipo de Material en Acero

1. En el cuadro de diálogo **Materiales**, pulse el botón **Add new Material**. Esto visualizará el cuadro de diálogo **Material Property Data**.
2. En el cuadro **Material Property Data**
  - Escoja **Steel** del cuadro de lista desplegable **Type of Design**.
  - Ingrese un nombre en el cuadro de revisión **Material name** o acepte el nombre predefinido.
  - En el área **Analysis Property Data**, ingrese nuevos valores para **Mass per unit volume** (masa por unidad de volumen), **Weigth per unit volume** (peso por unidad de volumen).
  - Seleccione si el material es **Isotropic** (isotrópico) u **Orthotropic** (ortotrópico) y luego ingrese **Modulus of Elasticity** (módulo de elasticidad), **Poisson's Ratio** (razón de Poisson) y **Coefficient of thermal expansion** (coeficiente de dilatación térmica).

- En el área Design Property, ingrese el valor para Steel yield stress (esfuerzo de fluencia del acero), fy o acepte el valor predefinido.
  - Presione OK.
3. El nuevo nombre del material se agregará al cuadro de lista de Materials.
  4. Para borrar, modificar o mostrar, haga click en un material dentro del cuadro de lista y luego pulse el botón Delete Material o en Modify/Show Material.
  5. Presione OK.

### **Agregue un Nuevo Tipo de Material en Concreto**

1. En el cuadro de diálogo Materiales, pulse el botón Add new Material. Esto visualizará el cuadro de diálogo Material Property Data.
2. En el cuadro Material Property Data:
  - Escoja Concrete del cuadro de lista desplegable Type of Design.
  - Ingrese un nombre en el cuadro de revisión Material name o acepte el nombre predefinido.
  - En el área Analysis Property Data, ingrese nuevos valores para Mass per unit volume (masa por unidad de volumen), Weigth per unit volume (peso por unidad de volumen).
  - Seleccione si el material es Isotropic (isotrópico) u Orthotropic (ortotrópico) y luego ingrese Modulus of Elasticity (módulo de

elasticidad), Poisson's Ratio (razón de Poisson) y Coefficient of thermal expansion (coeficiente de dilatación térmica).

- En el área Desing Property, ingrese el valor para Reinforcing yield stress (esfuerzo de fluencia del refuerzo)  $f_y$ , Concrete strength (resistencia del concreto)  $f_c$ , Shear steel yield stress (esfuerzo de fluencia del acero al cortante)  $f_{ys}$  y Concrete shear strength (resistencia del concreto al corte)  $f_{cs}$  o acepte los valores predefinidos.
  - Presione OK.
3. El nuevo nombre del material se agregará al cuadro de lista de Materials.
  4. Para borrar, modificar o mostrar, haga click en un material dentro del cuadro de lista y luego pulse el botón Delete Material o en Modify/Show Material.
  5. Presione OK.



CIB-ESPOL

### **Agregue un Nuevo Tipo de Material**

1. En el cuadro de diálogo Materiales, pulse el botón Add new Material. Esto visualizará el cuadro de diálogo Material Property Data.
2. En el cuadro Material Property Data:
  - Escoja Other del cuadro de lista desplegable Type of Design.
  - Ingrese un nombre en el cuadro de revisión Material name o acepte el nombre predefinido.

- En el área Analysis Property Data, ingrese nuevos valores para Mass per unit volume (masa por unidad de volumen), Weigth per unit volume (peso por unidad de volumen).
  - Seleccione si el material es Isotropic (isotrópico) u Orthotropic (ortotrópico) y luego ingrese Modulus of Elasticity (módulo de elasticidad), Poisson's Ratio (razón de Poisson) y Coefficient of thermal expansion (coeficiente de dilatación térmica).
  - Presione OK.
3. El nuevo nombre del material se agregará al cuadro de lista de Materials.
  4. Para borrar, modificar o mostrar, haga click en un material dentro del cuadro de lista y luego pulse el botón Delete Material o en Modify/Show Material.
  5. Presione OK.

### **Defina las Propiedades de la Sección del elemento Frame**

Pueden definirse las propiedades de la sección en cualquier momento antes de que las secciones se asignen a los elementos. El cuadro de diálogo Define Frame Section está compuesta de una lista de secciones definidas, una lista desplegable de secciones que pueden importarse y una la lista desplegable de secciones que pueden ser agregadas con solo definir sus dimensiones. Además hay dos botones, Modify/Show Sections y Delete Sections.





CIB-ESPOL

**Importe una sección Frame de un archivo (ej. Sections.pro)**

1. En el menú Define, haga click en Frame Sections... Esto visualizará el cuadro de diálogo Define Frame Section.
2. En el cuadro de diálogo Define Frame Section haga click en el botón de lista Import y escoja Import I/Wide Flange o Channel, Tee, Angle etc. Esto visualizará el cuadro de selección Section Property File.
3. Escoja un nombre de archivo de este cuadro.
4. Pulse en el botón Open. Esto visualizará un cuadro de lista de selección múltiple.
5. Seleccione uno o más secciones del cuadro de lista.
6. Presione OK. Esto visualizará un cuadro de las propiedades de la sección el cual muestra las dimensiones y forma física de ésta.
7. La lista de secciones seleccionadas aparecerá en el cuadro de lista Section Name.
8. Puedes continuar cargando otras secciones presionando el botón Import el cual visualizará el cuadro de lista de selección múltiple.
9. Es posible observar las propiedades de la sección pulsando en el botón Section Property.
10. Usted puede modificar las propiedades de la sección de análisis al pulsar en el botón Modification Factors. Allí usted puede cambiar el factor predefinido de 1 en la propiedad que usted desee modificar.
11. Presione OK para aceptar todas las secciones seleccionadas.

12. Los nuevos nombres de la sección se agregarán al cuadro de lista Name.
13. Para borrar, modificar o mostrar una Sección, haga click en el nombre de la sección en el cuadro de lista y luego pulse el botón Delete Section o Modify/Show Section.
14. Presione OK.



CIB-ESPOL

### **Agregue una Sección Frame definiendo las dimensiones o las propiedades manualmente**

1. En el menú Define, haga click en Frame Sections... Esto visualizará el cuadro e diálogo Define Frame Sections.
2. En el cuadro de diálogo Define Frame Sections, pulse en el botón de lista Add y escoja Add I/Wide Flange o Channel, Tee, Angle, etc. Esto visualizará un cuadro que muestra las dimensiones y la forma física de la sección.
3. Ingrese el nombre de la sección o acepte el nombre predefinido.
4. Ingrese las dimensiones físicas de la sección o aceptan los valores predefinidos.
5. Escoja el tipo de material (ej. Acero, Concreto u Otro) del de lista desplegable Material.
6. Es posible observar las propiedades de la sección al pulsar el botón Section Property.

7. Puede modificar las propiedades de la sección al presionar el botón Modification Factors. Allí usted puede cambiar el factor predefinido de 1 en la propiedad que usted desee modificar.
8. Presione OK para aceptar la sección seleccionada.
9. El nuevo nombre de la sección se agregará al cuadro de lista Name.
10. Para borrar, modificar o mostrar una Sección, haga click en el nombre de la sección en el cuadro de lista y luego pulse el botón Delete Section o Modify/Show Section.
11. Presione OK.



CIB-ESPOL

### **Sección de Concreto**

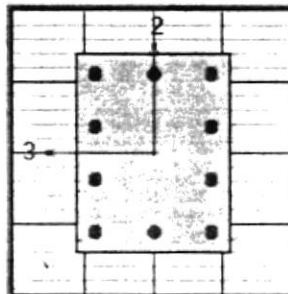
Para las secciones de concreto, usted necesitará también realizar los siguientes pasos:

1. Cuando seleccione un tipo de material en concreto, el botón Reinforcement aparecerá en la parte inferior del cuadro. Pulse el botón Reinforcement.
  - En el cuadro de diálogo Reinforcement Data, seleccione la clase de elemento es decir Column (columna) o Beam (viga).

#### **Para las Columnas**

- Seleccione la configuración del refuerzo es decir rectangular o circular.

- Ingrese el recubrimiento en el cuadro de revisión Cover to Rebar Center.
- Ingrese el numero de barras en el eje 3 dentro del cuadro de revisión Number of Bars in 3-dir.
- Ingrese el numero de barras en el eje 2 dentro del cuadro de revisión Number of Bars in 2-dir.



Ejemplo de una columna de concreto:

3 barras en la dirección 3

4 barras en la dirección 2

- Si la configuración de refuerzo circular es seleccionada entonces ingrese el número total de barras.
- Seleccione e Ingrese el área de una barra en el cuadro de revisión Área of One Bar o,
- Seleccione Design Área of Steel para que el programa automáticamente encuentre el área de acero requerida.

### Para Vigas

- Ingrese el recubrimiento superior e inferior en los cuadros de revisión Top y Bottom respectivamente.
2. Presione OK para volver al cuadro de la definición de la sección.

## Agregue una Sección Frame Variable

1. En el menú Define, haga click en Frame Sections... Esto visualizará el cuadro de diálogo Define Frame Sections.
2. En el cuadro de diálogo Define Frame Sections pulse el botón de lista Add y escoge Add Nonprismatic. Esto visualizará el cuadro Nonprismatic Section Definitions.

**Nota:** Debe haber por lo menos dos secciones Frame ya definidas para que la opción Add Nonprismatic aparezca en el cuadro de lista desplegable.

3. Ingrese un nombre para esta sección, de otra manera acepte el nombre predefinido.
4. Seleccione las secciones ya definidas del cuadro de lista Start Section y End Section para la sección variable.
5. Ingrese la longitud de la sección en Length y escoja Absolute en Length Type o ingrese la proporción de la longitud en Length y escoja Variable en Length Type.
6. Seleccione la variación de EI en las direcciones 2-2 y 3-3 en EI33 y EI22 Variation.
7. Presione el botón Add para agregar la sección a la lista.
8. Use los botones Insert, Modify y Delete para insertar, modificar o borrar la sección variable.
9. Presione el botón OK cuando termine.



## **Agregue una Selección Automática de un Grupo de Secciones Frame**

La Selección Automática de sección es una lista de secciones frame que son usadas para hacer una optimización del diseño en acero. SAP2000 usará el promedio de las propiedades de todas las secciones del grupo para primero correr el análisis.

1. En el menú Define, haga click en Frame Sections... Esto visualizará las el cuadro de diálogo Define Frame Sections.
2. En el cuadro de diálogo Define Frame Sections pulse el botón de lista Add y escoja Add Auto Select. Esto visualizará el cuadro Auto Selection Sections.
3. Ingrese un nombre para esta sección de auto-selección o acepte el nombre predefinido.
4. Seleccione y agregue secciones del cuadro List of Sections al cuadro de lista Auto Selections.
5. Presione OK.

## **Agregue una Sección Shell al definir las dimensiones y/o las propiedades**

1. En el menú Define, haga click en Shell Sections... Esto visualizará el cuadro de diálogo Define Shell Sections.

2. En el cuadro de diálogo Define Shell Sections pulse el botón Add New Section. Esto visualizará el cuadro de diálogo Shell Sections.
3. En el cuadro de diálogo Shell Sections.
  - Ingrese el nombre de la sección o acepte el nombre predefinido.
  - Seleccione el tipo de material al pulsar en el cuadro de lista desplegable Material Name y luego cambie el ángulo en el cuadro Material Angle si el eje local del material varía con respecto al eje local de la sección.
  - Ingrese los espesores para membrana y placa en los cuadros de revisión Membrane y Bending respectivamente.
  - Escoja el tipo de sección que puede ser Shell, Membrane o Plate.
  - Desactive la opción Thick Plate si no desea considerar el comportamiento de placa gruesa para la sección.
  - Presione OK.
4. El nuevo nombre de la sección se agregará al cuadro de lista Shell Sections.
5. Para borrar, modificar o mostrar una Sección, haga click en el nombre de la sección en el cuadro de lista y luego pulse el botón Delete Section o Modify/Show Section.
6. Presione OK.

**Nota:** Los elementos Shell definidos como placa gruesa incluyen la deformación por cortante transversal usando la Teoría de

Mindlin/Reissner y sólo afecta al comportamiento de placa, pero no al comportamiento de membrana del elemento. Mientras que los elementos de placa delgada usan la teoría de Kirchhoff.



## **Defina Nombres de Grupo**

Definir Grupos es una herramienta poderosa en SAP2000. Te ayuda en selección de elementos, visualización e impresión de resultados así como también en el diseño.

1. En el menú Define, haga click en Groups... Esto visualizará el cuadro de diálogo Define Groups con el grupo predefinido ALL, listado en el cuadro de lista Groups.
2. Para agregar un nuevo grupo, teclee un nuevo nombre en el cuadro de revisión Groups y luego pulse el botón el Add New Group Name.
3. Para cambiar o borrar un nombre de grupo, haga click en el nombre de grupo en el cuadro de lista y luego pulse el botón Change Group Name o Delete Group Name respectivamente.
4. Presione OK.

## **Defina Casos de Carga Estática**

1. En el menú Define, haga click en Static Load Cases... Esto visualizará el cuadro de diálogo Define Static Load Case Names con un caso de carga predefinido, LOAD1 listado en el cuadro de lista Loads.

2. Para agregar un nombre de un nuevo caso de carga.
  - Teclee un nombre en el cuadro de revisión Load
  - Escoja el tipo de carga que puede ser Dead (muerta), Live (viva), Quake (sismo), Wind (viento), Snow (nieve) u Other (otro) del cuadro de lista desplegable Type.
  - Teclee el multiplicador de peso propio en el cuadro de revisión Self Weigth Multiplier.
  - Pulse el botón Add New Load.
3. Para cambiar el nombre de un caso de carga, haga click en el nombre en el cuadro de lista, después realice los cambios en los cuadros de revisión o escoja un tipo de carga diferente y luego pulse el botón Change Load.
4. Para borrar el nombre de un caso de carga, haga click en el nombre en el cuadro de lista y pulse el botón Delete Load.
5. Presione OK.

### **Defina Patrones de Nudo**

1. En el menú Define, haga click en Joint Patterns... Esto visualizará el cuadro de diálogo Define Pattern Names con un patrón predefinido, DEFAULT listado en el cuadro de lista de Patterns.
2. Para agregar el nombre de un nuevo tipo de patrón, haga click en el cuadro de revisión Patterns e ingrese el nombre, luego pulse el botón Add New Pattern Name.

3. Para cambiar el nombre de un patrón, haga click en el nombre en el cuadro de lista, después cámbielo y luego pulse el botón Change Pattern Name.
4. Para borrar el nombre de un patrón haga click en el nombre en el cuadro de lista y luego pulse el botón Delete Pattern Name.
5. Presione OK.

### **Defina Funciones de Espectro de Respuesta**

1. En el menú Define, haga click en Response Spectrum Functions... Esto visualizará el cuadro de diálogo Define Response Spectrum Functions con la lista de funciones UNIT, UBC94S1, UBC94S2 y UBC94S3 en el cuadro de lista Functions.

#### **Definir una Función especificando Tiempo y Aceleración:**

- Pulse el botón Add New Function.
- Ingrese el nombre de la función en el cuadro de revisión Function Name o acepte el nombre predefinido.
- Ingrese la pareja de valores para el periodo y su correspondiente aceleración, en el cuadro de revisión Define Function y luego pulse el botón Add para añadirlo al cuadro de lista.
- Repita el ingreso de otra pareja de valores hasta definir la function.

- Haga click en un valor en el cuadro de lista para luego poder modificarlo o borrarlo al pulsar el botón Modify o Delete.
- Presione OK.



### **Definir una Función desde un Archivo:**

- Pulse el botón Add Function from File.
  - Ingrese el nombre de la función en el cuadro de revisión Function Name o acepte el nombre predefinido.
  - Pulse el botón Open File para seleccionar un archivo.
  - Escoja el nombre del archivo en el cuadro de selección Pick unction Data File.
  - Presione Open.
  - Ingrese el numero de puntos definidos por línea del archivo en el cuadro Number of Point per Line.
  - Verifique si la función esta definida en intervalos iguales o como pareja de valores de periodo y aceleración.
  - Si la función esta definida en intervalos iguales, entonces ingrese el intervalo de periodo en la caja de revisión.
2. El nombre de la nueva función se agregará a las funciones del cuadro de lista Function.
  3. Para borrar o modificar una function, selecciónela del cuadro de lista Functions y luego pulse el botón Delete Function o Show Function.

4. Presione OK.



CIB-ESPOL

### **Defina Casos de Espectro de Respuesta**

1. En el menú Define, haga click en Response Spectrum Cases... Esto visualizará el cuadro de diálogo Define Response Spectra.
2. Pulse el botón Add New Spectra. Esto visualizará el cuadro de diálogo Response Spectrum Case Data.

En el cuadro de diálogo Response Spectrum Case Data

- Ingrese el nombre para un caso o acepte el nombre predefinido.
- Ingrese el ángulo de excitación en el cuadro de revisión Excitation angle.
- Escoja la técnica de combinación modal al hacer click en: CQC, SRSS, ABS o GMC.
- Ingrese el porcentaje de amortiguación en la caja de revisión Damping. Este porcentaje es usado para la combinación modal.
- Si escogió GMC entonces ingrese las frecuencias características F1 y F2 definidas en ASCE 4 para GMC.
- Escoja la técnica de combinación direccional al hacer click en: SRSS o ABS.
- En el área Input Response Spectra:
  - Seleccione el nombre de la función para las direcciones U1, U2 y U3 del cuadro de lista desplegable Function.

- Ingrese el factor de escala para cada función en el cuadro de revisión Scale Factor. El valor predefinido es 1.
  - Presione OK.
3. El nombre del nuevo caso de espectro se agregará al cuadro de lista Spectra.
  4. Para borrar, modificar o mostrar el nombre de un caso de espectro de respuesta; selecciónelo del cuadro de lista y luego pulse el botón Delete Spectra o Modify/Show Spectra.
  5. Presione OK.

## **Combinaciones modales**

**Combinación Cuadrática Completa (CQC)** – una técnica de combinación modal que considera el amortiguamiento modal. Lo mismo como SRSS si el amortiguamiento es cero.

**Raíz Cuadrada de Suma de Cuadrados (SRSS)**– una técnica de combinación modal que no considera el amortiguamiento modal.

**Combinación Modal General (GMC)**– también conocido como Método de Gupta.

**Absoluto (ABS)**– la suma aritmética sin los signos.

## **Defina Combinaciones de Carga**

1. En el menú Define, haga click en Load Combinations... Esto visualizará el cuadro de diálogo Define Load Combination.
2. Para agregar una nueva combinación de carga, pulse el botón Add New Combo. Esto visualizará el cuadro de diálogo Load Combination Data.

En el cuadro de diálogo Load Combination Data

- Teclee un nombre en el cuadro de revisión Load Combination Name.
- Seleccione el tipo de combinación ADD, ENVE, ABS o SRSS en el cuadro de lista desplegable Load Combination Type.
- Teclee una descripción del combo en el cuadro de revisión Title.
- Seleccione el nombre de un caso de carga en el cuadro de lista desplegable Case Name e ingrese el multiplicador en el cuadro de revisión Scale Factor luego pulse el botón Add. Esto agregará el caso de carga y su multiplicador al cuadro de lista.
- Similarmente seleccione otros casos de carga y agréguelos al cuadro de lista para completar la combinación de carga.
- Es posible modificar o borrar un caso de carga de la combinación definida, al seleccionarlo del cuadro de lista y luego pulsar el botón Modify o Delete.

- Active las casillas Use for Steel Design y/o Use for Concrete Design, si el combo debería ser usado como parte de las combinaciones de carga del diseño en acero o en concreto.
  - Presione OK. Esto agregará la combinación de carga al cuadro de lista Combinations.
3. Para incluir las combinaciones de carga de diseño predefinidas para el código especificado en hormigón y acero, pulse el botón Add Default Design Combo.
  4. Para modificar una Combinación de Carga, haga click en el nombre ed el cuadro de lista y luego pulse el botón Modify/Show Combo. Esto visualizará el cuadro de dialogo Load Combination Data. Haga los cambios apropiados y luego pulsa el botón OK.
  5. Para borrar una combinación de carga, haga click en el nombre en el nombre en el cuadro de lista y luego pulse el botón Delete Combo.
  6. Presione OK.

### **Tipos de combinación de carga**



**ADD** = Todos los resultados de los casos de análisis son multiplicados por su factor y se suman. El tipo de combo puede usarse para cargas estáticas.

**ENVE** = Una envolvente de Max/Min de los casos de análisis definidos se evalúa para cada segmento de salida de elemento. Los casos de análisis que dan los componentes máximo y mínimo se usan para este combo.

**ABS** = El valor absoluto de los resultados de los casos de análisis individuales se suman con lo cual valores positivos y negativos son automáticamente producidos para cada segmento del salida del elemento. El tipo de combo puede usarse para cargas laterales.


**SRSS** = El calculo de la raíz cuadrada de suma de los cuadrados se hace en los casos de análisis con lo cual valores positivos y negativos se produce automáticamente para cada segmento de salida del elemento. El tipo de combo puede usarse para carga lateral.



CIB-ESPOL

## MENU DRAW

### Modo de Dibujo

Pulsando en cualquiera de estos botones  de la barra de herramientas lateral, se activa el modo de dibujo. El modo de dibujo permite realizar el trazado de nuevos miembros y revisar un elemento o un nudo a la vez. El modo de dibujo también es el modo predefinido cuando un NUEVO modelo se empieza.

### Trazado de los Miembros



Hay dos maneras de dibujar elementos:

**Trazado Rápido** un solo click en un segmento del grid (para FRAME) o en un área limitada por cuatro grid (para SHELL) dibujará el elemento. La tecla ESC te sacará del modo de dibujo y te pondrá en el modo de selección.


**Trazado de Nudo a Nudo** un trazado secuencial de elementos al hacer click en los nudos previamente definidos o puntos en el espacio. Al hacer doble click en un nudo o presionando ENTER se termina el trazado secuencial.

### Reajuste del Elemento

La opción Reshape Element se usa para corregir las formas del elemento. Con la ayuda de esta opción es posible mover elementos FRAME o SHELL,

estirar o acortar elementos FRAME y reajustar elementos SHELL. Para mover o reajustar un elemento haga lo siguiente:

### Para 2-D

1. En el menú View, haga click en Show Grids. Esto activa una marca al lado si no la tiene y la desactiva si la tiene lo cual mostrará u ocultará los grids.
2. Seleccione un plano 2-D en el que desee reajustar el miembro.
3. Pulse el botón  para pasar al modo Reshape Element.
4. Haga click una vez en un elemento FRAME o un SHELL para seleccionarlo. Esto visualizará los extremos del miembro.
5. Agarrando uno de los extremos del elemento y moviéndolo, se estirará, encogerá, rotará o se reajustará el elemento.
6. Agarrando el elemento (cualquier punto lejos de los extremos) y soltándolo en otra ubicación te permitirá mover el elemento.

### Para 3-D


Para corregir un elemento en 3-D se lo hace de la misma que en 2-D excepto que el extremo solamente puede soltarse en otro nudo predefinido o en la intersección del grid.



## Agregue Nudos Especiales


Para agregar un nudo especial haga lo siguiente:

### Para 2-D

1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.
2. Seleccione un plano 2-D en el que desee agregar un nudo.
3. Pulse el botón  para pasar al modo Add Special Joint.
4. Haga click en una intersección del grid o en cualquier otro punto de ese plano para agregar un nudo.




### Para 3-D

1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.
2. Pulse el botón  para pasar al modo Add Special Joint.
3. En la vista 3-D, haga click en una intersección del grid para agregar un nudo.


## Dibuje un Elemento Frame de Nudo a Nudo

### Para 2-D

1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.


2. Seleccione un plano 2-D en el que desee trazar el miembro.
3. Pulse el botón  para pasar a dibujar un elemento FRAME entre 2 puntos.
4. Haga click en una intersección del grid, en un nudo previamente definido o en cualquier punto del plano. Haga click de nuevo en otro punto para agregar un solo elemento FRAME. Cada click subsiguiente agregará otro elemento FRAME a menos que un doble click en el mismo nudo se realice o la tecla ENTER se presione. Presionando la tecla ESC también terminará el trazado secuencial y te sacará del modo de dibujo.

### **Para 3-D**

1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.
2. Pulse el botón  para pasar a dibujar un elemento FRAME entre 2 puntos.
3. En la vista 3-D haga click en una intersección del grid o en nudo previamente definido (un pequeño círculo rojo aparece para confirmar que el nudo se ha seleccionado).
4. Haga click en otra intersección del grid o en un nudo para agregar un elemento FRAME. Cada click subsiguiente en un punto seleccionado agregará otro elemento FRAME a menos que un doble click en el mismo nudo se realice o se presione la tecla ENTER.

## Dibuje un Elemento Frame Rápidamente

### Para 2-D

1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.
2. Seleccione un plano 2-D en el que desee dibujar el miembro.
3. Pulse el botón  para escoger el modo de trazado rápido.
4. Haga click en un segmento del grid para dibujar un solo elemento FRAME rápidamente. Al hacer click en un espacio limitado por 4 líneas del grid se agregarán diagonales cruzadas.




### Para 3-D

1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.
2. En la vista 3-D haga click en un segmento del grid. Esto agregará un solo elemento entre dos intersecciones del grid.

## Dibuje un Elemento Shell entre 4 Nudos

### Para 2-D


1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.
2. Seleccione un plano 2-D en el que desee dibujar el miembro.

3. Pulse el botón  para pasar a dibujar un elemento SHELL entre 4 nudos.
4. Haga click en una intersección del grid, en un nudo previamente definido o en cualquier punto del plano.
5. Haga click otra vez en otros 3 puntos cualesquiera a favor o en contra de las manecillas del reloj para agregar un elemento SHELL.

**Nota:** Si deseas agregar un elemento triangular, el cuarto punto pulsado debería hacerlo en el primero.




### Para 3-D

1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.
2. Pulse en  para pasar a dibujar un elemento SHELL entre 4 nudos.
3. En la vista 3-D pulse en una intersección del grid o en un nudo previamente definido (un pequeño círculo rojo aparece para confirmar que el punto se ha seleccionado).
4. Haga click en el sentido o en contra de las manecillas del reloj en otros 3 puntos similares para agregar un elemento SHELL.


## Dibuje un Elemento Shell Rectangular

### Para 2-D solamente

1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.
2. Seleccione un plano 2-D en el que desee dibujar el miembro.
3. Pulse el botón  para pasar a dibujar un elemento SHELL al definir las dos esquinas opuestas de la forma rectangular.
4. Haga click en una intersección del grid, en un nudo previamente definido o en cualquier punto del plano.
5. Haga click de nuevo en la esquina opuesta de la forma para terminar de definir el elemento.

## Dibuje un Elemento Shell Rápidamente

### Para 2-D

1. En el menú View, haga click en Show Grids para mostrar u ocultar los grids.
2. Seleccione un plano 2-D en el que desee dibujar el miembro.
3. Pulse el botón  para escoger el modo de trazado rápido.
4. Haga click en un espacio del grid, limitado por 4 líneas del grid, para dibujar un solo elemento SHELL rápidamente.

## **Revise los Grids**

Después de definir su sistema de coordenada, se puede revisar la ubicación de los grids individuales en el sistema de coordenada activo.

1. En el menú Draw, haga click en Edit Grid... o doble click en una línea del grid en la pantalla de gráficos.
2. En el cuadro de diálogo Modify Grid Lines, seleccione la dirección de los grids que desee revisar.
3. En el área Location:

## **Para Mover un Grid**

- Seleccione la ubicación del grid de la lista.
- Corrija la ubicación del grid en el cuadro de revisión de texto.
- Pulse el botón Move Grid Line.

## **Para Agregar un nuevo Grid**

- Ingrese la ubicación del grid en el cuadro de revisión de texto.
- Pulse el botón Add Grid Line.

## **Para Borrar un Grid**

- Seleccione la ubicación del grid de la lista.
- Pulse el botón Delete Grid Line.

4. El botón Delete All borrará todos los grids del sistema de coordenada.
5. Active la casilla Lock Grid Lines si desea bloquear las líneas del grid para que no se muevan cuando se usa el modo Reshape.
6. Active la casilla Snap to Grid Lines si desea que el puntero se desplace por las líneas del grid.
7. Active la casilla Glue Joints to Grid Lines si desea que los nudos se muevan con los grids cuando use Reshape. Este es una poderosa manera de corregir rápidamente la estructura sin tener que redefinir las ubicaciones de los nudos.
8. Presione OK cuando termine.




## Herramientas instantáneas

Las herramientas instantáneas son esencialmente una manera rápida y precisa para dibujar y corregir elementos. Las herramientas instantáneas encuentran una rápida ubicación que este mas cerca de su puntero cuando usted lo mueva sobre su modelo. Las herramientas instantáneas pueden activarse y desactivarse cuando usted dibuja, de modo que pueda obtener diferentes ubicaciones al instante para cada punto. Más de una herramienta instantánea puede usarse al mismo tiempo dándole una selección de ubicaciones al instante. La ubicación instantánea más cerca es indicada por

un punto rojo y un campo de texto que identifica que tipo de ubicación rápida fue encontrada.

### **Obtenga al instante los Nudos y los Punto del Grid**


La herramienta Snap to Joint and Grid Points encuentra y obtiene al instante el nudo o la intersección de las líneas del grid mas cerca al puntero del mouse.

1. Seleccione la herramienta Snap to Joint and Grid Points, presionando el botón  en la barra de herramienta lateral o seleccionándolo de la opción Snap to... en el menú Draw.
2. Mueva el puntero en la ventana de gráficos.
3. Cuando una ubicación instantánea se encuentra cerca del puntero, un punto rojo y un campo de texto describiendo la ubicación aparecen en la ventana.
4. Cuando la ubicación instantánea deseada es encontrada, presione el botón izquierdo del mouse para aceptarlo.

### **Obtenga al instante los Puntos medios y extremos**

La herramienta Snap to Midpoints and Ends encuentra y obtiene al instante el punto medio o extremo más cerca de los frames y shells.




1. Seleccione la herramienta Snap to Midpoints and Ends, presionando el botón  en la barra de herramientas lateral o seleccionándolo de la opción Snap to... en el menú Draw.
2. Mueva el puntero en la ventana de gráficos.
3. Cuando una ubicación instantánea se encuentra cerca del puntero, un punto rojo y un campo de texto describiendo la ubicación aparecen en la ventana.
4. Cuando la ubicación instantánea deseada es encontrada, presione el botón izquierdo del mouse para aceptarlo.



CIB-ESPOL

### **Obtenga al instante las Intersecciones**


La herramienta Snap to Intersections encuentra y obtiene al instante la intersección de dos elementos frames y de un elemento frame con un elemento shell. Sin tener en cuenta, si hay o no un nudo en la ubicación de la intersección.

1. Seleccione la herramienta Snap to Intersections, presionando el botón  en la barra de herramientas lateral o seleccionándolo de la opción Snap to... en el menú Draw.
2. Mueva el puntero en la ventana de gráficos.
3. Cuando una ubicación instantánea se encuentra cerca del puntero, un punto rojo y un campo de texto describiendo la ubicación aparecen en la ventana.

4. Cuando la ubicación instantánea deseada es encontrada, presione el botón izquierdo del mouse para aceptarlo.


### **Obtenga al instante la Perpendicular**

La herramienta Snap to Perpendicular encuentra y obtiene al instante el punto de intersección de una línea trazada desde el último punto entrado perpendicular a los elementos frame o al borde del shell, que este más cerca al puntero del mouse. Ésta es una manera útil de asegurarse que las líneas sean perpendiculares entre sí.

1. Seleccione la herramienta Snap to Perpendicular, presionando el botón  en la barra de herramientas lateral o seleccionándolo de la opción Snap to... en el menú Draw.
2. Mueva el puntero en la ventana de gráficos.
3. Cuando una ubicación instantánea se encuentra cerca del puntero, un punto rojo y un campo de texto describiendo la ubicación aparecen en la ventana.
4. Cuando la ubicación instantánea deseada es encontrada, presione el botón izquierdo del mouse para aceptarlo.

### Obtenga al instante las Líneas y Bordes

La herramienta Snap to Lines and Edges encuentra y obtiene al instante o se desplaza sobre el elemento frame mas cerca, o sobre la línea del grid o borde del elemento shell.

1. Seleccione la herramienta Snap to Lines and Edges, presionando el botón  en la barra de herramientas lateral o seleccionándolo de la opción Snap to... en el menú Draw.
2. Mueva el puntero en la ventana de gráficos.
3. Cuando una ubicación instantánea se encuentra cerca del puntero, un punto rojo y un campo de texto describiendo la ubicación aparecen en la ventana.
4. Cuando la ubicación instantánea deseada es encontrada, presione el botón izquierdo del mouse para aceptarlo.

### Mantener un eje constante al dibujar



CIB-ESPOL

Esto proporciona la capacidad para mantener constante uno de los ejes al dibujar o reajustar un elemento. En esta manera, uno puede trazar rápidamente un elemento frame paralelo a uno de los ejes globales. Las herramientas se encuentran en Constrain Drawing to... en el menú Draw o presionando la tecla X, Y o Z en su teclado mientras dibuja un elemento.

La opción Constrain Drawing to... incluye:

- Constrain X: bloquea la componente X del próximo punto al del anterior.

- Constrain Y: bloquea la componente Y del próximo punto al del anterior.
- Constrain Z: bloquea la componente Z del próximo punto al del anterior.
- Presione la barra espaciadora o seleccione None en Constrain Drawing to... si usted desea cancelar esta opción.


## MENU SELECT




### Procedimientos de selección


La selección múltiple de Objetos (es decir elementos o nudos) puede hacerse en cualquier sesión excepto en el modo de dibujo. Haciendo click en un objeto lo selecciona. Haciendo click de nuevo en un objeto seleccionado, lo deseleccionará.

**Nota:** Las opciones de Deselect son las mismas opciones de Select y están disponible a través del menú Select. Cuando se activan las opciones de Deselect, ellos deseleccionarán los objetos previamente seleccionados.

Para regresar a la selección anterior, pulse el botón  en la barra de herramientas lateral o en el menú Select, haga click en Get Previous Selection.


Para anular la selección entera, pulse el botón  en la barra de herramientas lateral o en el menú Select, haga click en Clear Selection.

### Seleccione Objetos con una Ventana

1. Pulse el botón  en la barra de herramientas lateral o en el menú Select, haga click en Select y luego en Pointer/Window del submenú. Esto te cambiará al modo de selección.

2. Seleccione objetos ya sea haciendo un click en ellos o dibujando una ventana alrededor de ellos. Sólo los elementos completamente dentro de la ventana se seleccionan.

### **Seleccione Objetos al Cruzar una Línea**

1. Pulsa el botón  de la barra de herramientas lateral o en el menú Select, haga click en Select y luego en Intersecting Line del submenú. Esto te cambiará al modo de selección.
2. Trace una línea al hacer un click en un extremo y luego sujetando el botón izquierdo del mouse arrastre el indicador al otro extremo de la línea. Todos los objetos interceptados por esta línea se seleccionarán.

### **Seleccione Objetos de un Plano 2D**

1. En el menú Select, haga click en Select y luego en XY Plane o XZ Plane o YZ Plane del submenú. Esto te cambiará al modo de selección.
2. Haga click en cualquier punto del plano deseado y se seleccionarán todos los Elementos de ese plano.

### **Seleccione Objetos por Grupos**

1. En el menú Select, haga click en Select y luego en Groups... del submenú. Esto abrirá el cuadro de lista Select Groups. Haga click para seleccionar uno o más de los grupos previamente definidos.

2. Pulse el botón OK y se seleccionarán todos los elementos que pertenecen a esos grupos.

### **Seleccione Objetos por Secciones Frame**

1. En el menú Select, haga click en botón Select y luego en Frame Sections... del submenú. Esto abrirá el cuadro de lista Select Sections. Haga click para seleccionar una o más de las secciones previamente definidas.
2. Pulse el botón OK y todos los elementos frame que pertenecen a los tipos de sección escogidos se seleccionarán.



CIB-ESPOL

### **Seleccione Objetos por Secciones Shell**

1. En el menú Select, haga click en botón Select y luego en Shell Sections... del submenú. Esto abrirá el cuadro de lista Select Sections. Haga click para seleccionar una o más de las secciones previamente definidas.
2. Pulse el botón OK y todos los elementos shell que pertenecen a los tipos de sección escogidos se seleccionarán.

### **Seleccione Objetos por Constraints**


1. En el menú Select, haga click en botón Select y luego en Constraints... del submenú. Esto abrirá el cuadro de lista Select Constraints. Haga click para seleccionar uno o más de los constraints previamente definidos.

2. Pulse el botón OK y todos los nudos que pertenecen a los tipos de constraints escogidos se seleccionarán.

### **Seleccione Objetos por Etiquetas**

1. En el menú Select, haga click en Select y luego en Labels del submenú. Esto abrirá el cuadro de diálogo Select by Labels.
  - Seleccione el tipo de elemento del cuadro de lista de desplegable Element Type.
  - Ingrese las etiquetas inicial y final en Start Label y End Label.
  - Ingrese el incremento entre las etiquetas en Increment.
2. El número total de Elementos seleccionados se visualizará en la barra de estado.

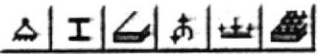
### **Seleccione Todos los Objetos**

1. Pulse el botón  de la barra de herramientas lateral o en el menú Select, haga click en Select y luego en All del submenú. Esto seleccionará todos los objetos en el modelo.
2. El número total de todas las nudos y elementos seleccionados se visualizará en la barra de estado.



## MENU ASSIGN

### Opciones de Asignación

Pulsando en cualquiera de estos botones  de la barra de herramientas le permite asignar propiedades, cargas y restraints/constraints a su selección. Los miembros o nudos tienen que ser seleccionados primero para después hacer una asignación.



### Asigne Las Propiedades de Sección

#### Para Elementos Frame

1. Seleccione uno o más elementos Frame a los que usted desee asignar las mismas propiedades de sección.
2. En el menú Assign, haga click en Frame y luego en Sections... del submenú.
3. En el cuadro de diálogo Define Frame Sections:
  - Seleccione una sección previamente definida.
  - Pulse el botón OK.

#### Para Elementos Shell

1. Seleccione uno o más elementos Shell a los que usted desee asignar las propiedades de sección.

2. En el menú Assign, haga click en Shell y luego en Sections... del submenú.
3. En el cuadro de diálogo Define Shell Sections:
  - Seleccione una sección previamente definida.
  - Pulse el botón OK.



### **Asigne Constraints a los Nudos**

Se aplican constraints a los nudos seleccionados.

1. Seleccione los nudos a los que usted desee aplicar Constraints.
2. En el menú Assign, haga click en Joint y luego en Constraints... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Constraints.
3. En el cuadro de diálogo de Constraints:
  - Agregue un nuevo Constraint al hacer click en Add del cuadro de lista desplegable y seleccione el tipo apropiado de constraint. Teclee un nuevo nombre o acepte el nombre predefinido, escoja los ejes (X, Y o Z) o Auto para definir la dirección del constraint y luego pulse en el botón OK.
4. Presione el botón OK.

### **Agregue Nudos a un Constraint Existente**

1. Seleccione los nudos que usted desee agregar a un constraint existente.

2. En el menú Assign, haga click en Joint y luego en Constraints... del submenú. Esto visualizará el cuadro de dialogo Constraints.
3. En el cuadro de diálogo Constraint:
  - Escoja el constraint existente del cuadro de lista Constraints.
  - Presione el botón OK.
4. Los nudos se agregarán al constraint existente.

### **Borre o Elimine Nudos de un Constraint Existente**

1. Seleccione los nudos que usted desee eliminar de un constraint existente.
2. En el menú Assign, haga click en Joint y luego en Constraints... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Constraints.
3. Para eliminar el nudo de un sólo constraint:
  - En el cuadro de diálogo Constraints:
    - Escoja el constraint existente del cuadro de lista Constraint.
    - Haga click en Modify/Show Constraint.
    - Escoja Remove Constraint.
    - Presione OK.
    - Los nudos se eliminarán del constraint existente.
4. Para eliminar el nudo de todos los constraints:
  - En el cuadro de diálogo Constraints:
    - Escoja Null del cuadro de lista Constraint.



ESPOL

- Presione OK.
- Los nudos serán eliminados de todos los constraint.

## **Constraints Generalizados**

### **Body Constraint**

Un body constraint hace que todos sus nudos se muevan juntos como un cuerpo rígido tridimensional. Eficazmente, todos los nudos se conectan entre si por enlaces rígidos y no pueden desplazarse relativamente entre si.

### **Plate Constraint**

Un plate constraint hace que todos sus nudos se muevan juntos como una placa plana que es rígida contra la deformación por flexión. Eficazmente, todos los nudos se conectan entre si por enlaces que son rígidos para la curvatura fuera del plano, pero no afecta a la deformación en el plano (membrana).

### **Rod Constraint**

Un rod constraint hace que todos sus nudos se muevan juntos como una barra recta que es rígida contra la deformación axial. Eficazmente, todos los nudos mantienen una distancia fija entre si en la dirección paralelo al eje de

la barra, pero los desplazamientos normales al eje y todas las rotaciones son inalterados.

### **Beam Constraint**

Un beam constraint hace que todos sus nudos se muevan juntos como una viga recta que es rígido contra la deformación por flexión. Eficazmente, todos los nudos se conectan entre sí por enlaces que son rígidos a la flexión, pero no afecta al desplazamiento a lo largo o a la rotación sobre el eje.

### **Equal Constraint**

Un equal constraint hace que todos sus nudos se muevan juntos con los mismos (u opuesto) desplazamientos para cada grado de libertad seleccionado, asumidos en el sistema de coordenada local del nudo. Los otros grados de libertad son inalterados.



CIB-ESPOL

### **Local Constraint**

Un local constraint hace que todos sus nudos encogidas se muevan juntos con los mismos (u opuesto) desplazamientos para cada uno de los grados de libertad seleccionados, asumido en los sistemas de coordenada local del nudo suelto. Los otros grados de libertad son inalterados.

## Asigne Resortes a los Nudos

1. Seleccione los nudos a los que usted desee aplicar resortes.
2. En el menú Assign, haga click en Joint y luego en Springs... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Joint Springs.
3. En el cuadro de diálogo Joint Springs:
  - Teclee los valores de rigidez del resorte en las direcciones locales para las tres traslaciones y las tres rotaciones.
  - En el área Options seleccione la opción apropiada.
  - Si requiere especificar la mitad superior de la matriz de resorte acoplada de 6x6, entonces presione el botón Advanced.
4. Presione el botón OK



CIB-ESPOL

## Asigne Masas a los Nudos

Se agregan masas a los nudos seleccionados.

1. Seleccione los nudos a los que usted desee aplicar Masas.
2. En el menú Assign, haga click en Joint y luego en Masses... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Joint Masses.
3. En el cuadro de diálogo Joint Masses:
  - Teclee los valores de las masas en la dirección local 1, 2 y 3.
  - Teclee los valores del momento de inercia de las masas en la rotación sobre 1, 2 y 3.
  - En el área Options seleccione la opción apropiada.

4. Presione el botón OK.

### **Asigne Restricciones a los Nudos**

Se agregan restricciones a los nudos seleccionados.

1. Seleccione los nudos a los que usted desee aplicar las restricciones.
2. En el menú Assign, haga clic en Joint y luego en Restraints... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Joint Restraints.
3. En el cuadro de diálogo Joint Restraints:
  - Seleccione en Restraints in Local Directions, las restricciones de nudo deseadas, o
  - Seleccione en Fast Restraints, el icono que representa la condición de restricción deseada.
4. Presione el botón OK.



CIB-ESPOL

### **Asigne Patrones de Nudo**

1. Seleccione los nudos a los que usted desee asignar el patrón.
2. En el menú Assign, haga click en Joint Patterns... Esto visualizará el cuadro de diálogo Pattern Data.
3. Pulse el botón de lista desplegable Pattern Name y escoja un nombre previamente definido, haciendo click en él.
4. Teclee los valores en los cuadros de revisión para las constantes A, B, C y D, pertinente para definir el valor de  $Ax+By+Cz+D$  (x, y, z son la

coordenadas del nudo relativas al origen del sistema de coordenada actual). Es este valor que se asignará a los nudos. Puede definir la variación de temperatura para los elementos Frame y la variación de Presión para los elementos Shell. Estos valores se multiplican entonces por los valores de temperatura asignados en las cargas estáticas del Frame o por los valores de presión asignados en las cargas estáticas del Shell.

5. En el área Options seleccione la opción apropiada.
6. Dependiendo del patrón que está intentando definir seleccione cualquiera de las opciones en la parte inferior del cuadro:
  - Use all values, si todos los valores se desean.
  - Zero Negative Values, si la variación negativa no se desea.
  - Zero Positive Values, si la variación positiva no se desea.
7. Presione el botón OK.

## **Asigne Ejes Locales**

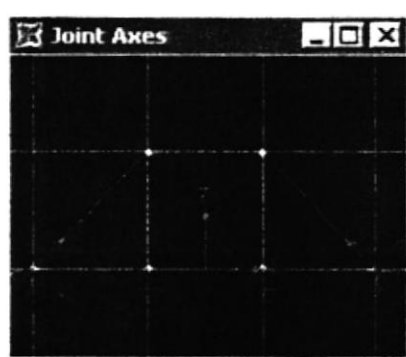
Todos los elementos y nudos tienen ejes locales predefinidos. Es posible cambiar la definición de los ejes locales simplemente definiendo un ángulo de rotación.

### Asigne Ejes Locales para Nudos

1. Seleccione uno o más nudos a los que usted desee asignar los mismos ejes locales.
2. En el menú Assign, haga click en Joint y luego en Local Axes... del submenú.
3. En el cuadro de diálogo Joint Local Axis:
  - Teclee un valor para los ángulos de rotación sobre los ejes Z, Y' y X", en grados.
  - Active la casilla Use default, si la definición de los ejes globales es usada para los ejes locales.
  - Presione el botón OK.

**Nota:** Los ejes locales sólo se muestran cuando son diferentes de los ejes Globales.

#### EJEMPLO:



### **Asigne Ejes Locales para Elementos Frame**

1. Seleccione uno o más elementos Frame a los que usted desee asignar los mismos ejes locales.
2. En el menú Assign, haga click en Frame y luego en Local Axes... del submenú.
3. En el cuadro de diálogo Frame Local Axis:
  - Teclee un valor para el ángulo en grados. Este es un ángulo por el cual el eje local 2 del elemento se rotará alrededor del eje local 1. El eje local 1 está a lo largo de la longitud del elemento. Por defecto el eje local 2 siempre está en el plano 1-Z excepto si el elemento es vertical, entonces el eje local 2 es paralelo al eje global X. La definición de los ejes locales sigue la regla de la mano derecha. El ángulo en sentido antihorario es positivo, si el eje local 1 está apuntando hacia usted.
  - Active la casilla Reverse start and end connectivity, si desea intercambiar los extremos i y j del miembro es decir invertir el sentido del eje local 1.
  - Presione el botón OK.

### **Asigne Libertades de Extremos para Elementos Frames**

Se asignan libertades de extremos a los elementos Frame seleccionados.



## CIB-ESPOL

1. Seleccione los elementos Frame a los que usted desee aplicar las libertades de extremos.
2. En el menú Assign, haga click en Frame y luego en Releases... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Frame Releases.
3. En el cuadro de diálogo Frame Releases:
  - Para cada extremo del elemento Frame, active el tipo de libertad que desee (Axial, Fuerza cortante en 2 (mayor), Fuerza cortante en 3 (menor), Torsión, Momento en 2-2 (menor), Momento en 3-3 (mayor).
  - Si ninguna libertad se desea entonces active la casilla No Releases.
4. Presione el botón OK.

### **Asigne Desplazamientos de Extremo en Elementos Frame**

Se asignan desplazamientos de extremo a los elementos Frame seleccionados.

1. Seleccione los elementos Frame a los que usted desee aplicar los desplazamientos de extremo.
2. En el menú Assign, haga click en Frame y luego en End Offsets... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Frame End Offsets.
3. En el cuadro de diálogo Frame End Offsets:
  - Si desea especificar los desplazamientos de extremos entonces active la opción Define Lengths y teclee los valores para los desplazamientos del extremo I y del extremo J.

- Si desea que el programa calcule los desplazamientos de extremo a partir de la conectividad del modelo entonces active la opción Update Lengths from Current Connectivity. El programa calculará automáticamente los desplazamientos de extremo tomando la profundidad (mayor) y el ancho (menor) especificados en las propiedades del elemento Frame.
- Especifique un valor (0 – 1) en el cuadro de revisión Rigid Zone Factor. Este es un factor usado para definir el porcentaje de la zona especificada a través de los desplazamientos de extremo a ser tomado como totalmente rígido. 0 medios ninguna zona rígida y 1 medios que la zona entera se toma como rígido.

4. Presione el botón OK.



### **Asigne Segmentos de Salida en Elementos Frame**

CIB-ESPOL

Se asignan segmentos de salida a los elementos Frame seleccionados.

1. Selecciona los elementos Fame a los que usted desee asignar los segmentos de resultados.
2. En el menú Assign, haga click en Frame y luego en Output Segments... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Frame Output Segments.
3. Especifique el número de segmentos en los que se desee obtener resultados, en el cuadro de revisión Number of Segments.

4. Presione el botón OK.

### **Asigne Ejes Locales para Elementos Shell**

1. Seleccione uno o más elementos Shell a los que usted desee asignar los mismos ejes locales.
2. En el menú Assign, haga click en Shell y luego en Local Axis... del submenú.
3. En el cuadro de diálogo Shell Local Axis:
  - Teclee un valor para el ángulo en grados. Éste es un ángulo por el cual el eje local 2 del elemento se rotará alrededor del eje local 3. El eje local 3 es normal a la superficie del elemento Shell. Por defecto el eje local 2 siempre está en el plano 3-Z (y está en el plano del Shell) excepto si el elemento está horizontal, entonces el eje local 2 es paralelo al eje global X. La definición de los ejes locales sigue la regla de la mano derecha. El ángulo en sentido antihorario es positivo, si el eje local 3 está apuntando hacia usted.
  - Active la casilla Reverse direction of normal si desea invertir la dirección del eje local 3.
  - Presione el botón OK.



CIB-ESPOL

## Asigne Cargas Estáticas

Se aplican cargas a los nudos, elementos Frame o elementos Shell seleccionados.

## Asigne Cargas o Desplazamientos a los Nudos

1. Seleccione uno o más nudos para asignar las cargas.
2. En el menú Assign, haga click en Joint Static Loads... y luego en Forces... o en Displacements... del submenú.
3. En el cuadro de diálogo Joint Forces o Ground Displacements:
  - Seleccione el caso de carga.
  - Proporcione fuerzas y momentos o traslaciones y rotaciones.
  - En el área Option seleccione la opción más apropiada.
4. Presione el botón OK.

**Nota:** sólo pueden aplicarse desplazamientos a los nudos previamente restringidos.

Puede también asignar cargas, pulsando el botón 



## Asigne Cargas de Gravedad a los Frames

Este método de carga es una manera de agregar el factor de peso propio de los miembros como una fuerza en cualquiera de las direcciones globales. Se recomienda que el peso propio real de la estructura se incluya en la definición de casos de carga estática.

1. Seleccione uno o más Frames para asignar las cargas.
2. En el menú Assign, haga click en Frame Static Loads... y luego en Gravity... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Frame Gravity Loads.
3. En el cuadro de diálogo Frame Gravity Loads:
  - Seleccione el caso de carga.
  - Proporcione los multiplicadores de gravedad.
  - En el área Option seleccione la opción más apropiada.
4. Presione el botón OK.




CIB-ESPOL

### **Asigne Cargas Puntuales y Uniformes a los Frames**

1. Seleccione uno o más Frames para asignar las cargas.
2. En el menú Assign, haga click en Frame Static Loads... y luego en Point and Uniform... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Point and Uniform Span Loads.
3. En el cuadro de diálogo Point and Uniform Span Loads:
  - Seleccione el caso de carga.
  - Escoja el tipo de carga y la dirección en el área Load Type and Direction.
  - Proporcione las cargas puntuales y las distancias en el área Point Loads.
  - Proporcione la carga uniforme en el área Uniform Load.

- En el área Option seleccione la opción más apropiada.
4. Presione el botón OK.

**Nota:** Puede también asignar cargas puntuales y uniformes, pulsando el botón 



### Asigne Cargas Trapezoidales a los Frames

1. Seleccione uno o más Frames para asignar las cargas.
2. En el menú Assign, haga click en Frame Static Loads... y luego en Trapezoidal... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Trapezoidal Span Loads.
3. En el cuadro de diálogo Trapezoidal Span Loads:
  - Seleccione el caso de carga.
  - Escoja el tipo de carga y la dirección en el área Load Type and Direction.
  - Proporcione las cargas y las distancias en el área Trapezoidal Loads.
  - En el área Option seleccione la opción más apropiada.
4. Presione el botón OK.

### Asigne Cargas por Temperatura a los Frames

1. Seleccione uno o más Frames para asignar las cargas.

2. En el menú Assign, haga click en Frame Static Loads... y luego en Temperature... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Frame Temperature Loading.
3. En el cuadro de diálogo Frame Temperature Loading:
  - Seleccione el caso de carga.
  - Seleccione en el área Type la opción Temperature, Temperature Gradient 2 – 2 o Temperature Gradient 3 – 3.
  - Seleccione la temperatura por elemento o por nudo patrón en el área Temperature.
  - En el área Options seleccione la opción más apropiada.
4. Presione el botón OK.



### **Asigne Cargas de Gravedad a los Shells**

Este método de carga es una manera de agregar el factor de peso propio de los miembros como una fuerza en cualquiera de las direcciones globales. Se recomienda que el peso propio real de la estructura se incluya en la definición de casos de carga estática.

1. Seleccione uno o más Shells para asignar las cargas.
2. En el menú Assign, haga click en Shell Static Loads... y luego en Gravity... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Shell Gravity Loads.
3. En el cuadro de diálogo Shell Gravity Loads:


- Seleccione el caso de carga.
  - Proporcione los multiplicadores de gravedad.
  - En el área Option seleccione la opción más apropiada.
4. Presione el botón OK.



### Asigne Carga Uniforme a los Shells

1. Seleccione uno o más Shells para asignar las cargas.
2. En el menú Assign, haga click en Shell Static Loads... y luego en Uniform... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Shell Uniform Loads.
3. En el cuadro de diálogo Shell Uniform Loads:
  - Seleccione el caso de carga.
  - Proporcione el valor de carga uniforme y la dirección.
  - En el área Option seleccione la opción más apropiada.
4. Presione el botón OK.

**Nota:** Puede también asignar cargas uniformes a los Shells, pulsando el

botón 

### Asigne Cargas de Presión a los Shells

1. Seleccione uno o más Shells para asignar las cargas.

2. En el menú Assign, haga click en Shell Static Loads... y luego en Pressure... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Shell Pressure Loads.
3. En el cuadro de diálogo Shell Pressure Loads:
  - Seleccione el caso de carga.
  - Escoja si la presión se aplicará por elemento o por nudo patrón en el área Pressure.
  - En el área Option seleccione la opción más apropiada.
4. Presione el botón OK.



### **Asigne Cargas por Temperatura a los Shells**

1. Seleccione uno o más Shells para asignar las cargas.
2. En el menú Assign, haga click en Shell Static Loads... y luego en Temperature... del submenú. Esto visualizará el cuadro de diálogo Shell Temperature Loads.
3. En el cuadro de diálogo Shell Temperature Loads:
  - Seleccione el caso de carga.
  - Escoja si la carga es por temperatura o gradiente en el área Type.
  - Escoja si la temperatura se aplica por elemento o por nudo patrón en el área Temperature.
  - En el área Option seleccione la opción más apropiada.
4. Presione el botón OK.

## Asigne Nombres De grupo

1. Seleccione los nudos y elementos a los que usted desee asignar un nombre de grupo.
2. En el menú Assign, haga click en Group Name... Esto visualizará el cuadro de diálogo Assign Group.
3. En el cuadro de diálogo Assign Group, haga click en el nombre del grupo del cuadro de lista Groups.
4. Presione el botón OK.



CIB-ESPOL

## MENU ANALYZE

### Analizando un Modelo

1. Haga click en el menú Analyze y luego en Set Options... Esto visualizará el cuadro de diálogo Analysis Options.
2. Active los grados de libertad apropiados (U1, U2, U3, R1, R2, R3) que son disponibles en un modelo en 2-D o 3-D del área Available DOF's.
3. Alternativamente, los grados de libertad disponibles pueden ser activados automáticamente pulsando en cualquiera de los botones del área Fast DOF's.
4. Si un Análisis Dinámico se requiere, active la casilla Dynamic Analysis. Al activar esta casilla pulse el botón Set Dynamic Parameters para visualizar el cuadro de diálogo Dynamic Análisis Parameters.

En el cuadro de diálogo Dynamic Analysis Parameters:

- Teclee el número de modos.
- Seleccione el tipo de análisis: Eigenvectors o Ritz Vectors.
- Si se selecciona el análisis de Eigenvectors, entonces defina los Parámetros de Eigenvalue.
  - Los valores predefinidos mostrados en los cuadros de revisión son adecuados para una mayoría de casos.



CIB-ESPOL

- Si se escoje el análisis de vectores Ritz entonces seleccione los vectores Ritz de carga inicial del cuadro de lista List of Loads. Use los botones Add y Remove según sea el caso.
  - Presione Ok.
5. Si el análisis P-Delta se requiere, active la casilla Include P-Delta. Al activar esta casilla pulse el botón Set P-Delta Parameters para visualizar el cuadro de diálogo P-Delta Parameters.

En el cuadro de diálogo P-Delta Parameters:

- Ingrese el número máximo de iteraciones o acepte los valores por defecto. Un número razonable normalmente es 5 o menos.
  - Ingrese la tolerancia en el desplazamiento o acepte el valor predefinido.
  - Ingrese la tolerancia en la fuerza o acepte el valor predefinido.
  - Defina la combinación de carga de los casos de carga existente usando los factores apropiados. Use los botones Add, Modify y Delete para preparar esta combinación.
  - Presione OK.
6. Si desea tener cualquier resultado del análisis, guardado en un archivo de salida, entonces active la casilla Generate Output. Al activar esta casilla pulse el botón Select Output Option para visualizar el cuadro de diálogo Select Output Result.

En el cuadro de diálogo Select Output Result:

- Active los tipos de resultados del análisis que le interesan.
  - Activando estas casillas, le permite seleccionar el botón Select/Show Loads. Presione este botón y escoja que casos y combinaciones de carga se muestren en el archivo de resultados.
  - Presione OK.
7. Al presionar el botón OK, guardará los parámetros del análisis y se cerrará el cuadro.
  8. Del menú Analyse, haga click en Run o Run minimized.



## **EIGENVECTORS**


El análisis de Eigenvalue determina el modo de libre-vibración no amortiguada de la formas y las frecuencias del sistema. Éstos modos naturales proporcionan una visión excelente en la conducta de la estructura.

## **RITZ**

Los vectores de Ritz tienen en cuenta la distribución espacial de la carga dinámica.


## MENU DISPLAY

### Opciones de Visualización

Pulsando en cualquiera de estos botones  en la barra de herramientas, le permite visualizar su selección con opciones variadas.

### Visualizando la Geometría no Deformada

En el menú Display, haga click en Show Undeformed Shape, o pulse el botón

 en la barra de herramientas.



### Visualice las Cargas Estáticas

Para visualizar gráficamente las cargas en la estructura:

1. En el menú del Display, haga click en Show Loads... y seleccione el tipo de elemento que le interese. Esto visualizará el cuadro de diálogo del tipo de miembro.
  - Seleccione el caso de carga para ver las cargas que se encuentran en ese caso.
  - Seleccione un ítem del área Load Type.
  - Seleccione mostrar los valores de las cargas.
2. En el cuadro de diálogo:

3. Presione el botón OK para ver las cargas en la ventana activa.

### **Visualice Patrones de Nudo**

Para visualizar los patrones de nudo:


1. En el menú Display, haga click en Show Patterns...
2. En el cuadro de diálogo Select Pattern, seleccione el patrón que le interese.
3. Presione el botón OK para ver el patrón de carga en la ventana activa.

### **Visualice las Entradas en Formato Tabular**


Para ver sus datos de entrada en el modelo:

1. En el menú Display, haga click en Show Input Tables... y luego en Geometry Data o en Loading Data del submenú.
2. En el cuadro de diálogo de las opciones Geometry o Loading Data.
  - Seleccione el tipo de información de entrada que le interese.
3. Presione el botón OK para ver la Tabla de Entrada.
  - Bajo el menú File de esta tabla, esta la opción para imprimir.
  - Cierre el cuadro al pulsar en el botón X.

## Visualice la Deformada Estática

1. En el menú Display, haga click en Show Deformed Shape..., o presione el botón  en la barra de herramientas. Esto visualizará el cuadro de diálogo Deformed Shape.
2. En el cuadro de diálogo Deformed Shape:
  - Seleccione el nombre de la combinación o caso de carga del cuadro de lista desplegable Load.
  - Seleccione el método de escala a usarse. Seleccionando Auto se fija automáticamente el factor de escala. Seleccionando Scale Factor le permite especificar un factor de escala.
  - Activando la casilla Wire Shadow visualizará la forma no deformada como referencia para una comparación con la deformada del modelo.
  - Activando la casilla Cubic Curve visualizará la deformada de los elementos ajustada a una curva cúbica.
  - Después de seleccionar las opciones, presione OK para actualizar la pantalla.
3. Presionando el botón Start Animation en la línea de estado se animará la deformada del modelo. La velocidad de animación se controla por los botones que están al lado del botón de animación.

## Visualice los Modos

1. En el menú Display, haga click en Show Mode Shape..., o pulsa el botón  en la barra de herramientas. Esto visualizará el cuadro de diálogo Mode Shape.
2. En el cuadro de diálogo Mode Shape:
  - Seleccione el número del modo al teclear en la caja de revisión o pulsando el botón de paso.
  - Seleccione el método de escala a usarse. Seleccionando Auto se fija automáticamente el factor de escala. Seleccionando Scale Factor le permite especificar un factor de escala.
  - Activando la casilla Wire Shadow visualizará la forma no deformada como referencia para una comparación con el modo de vibración del modelo.
  - Activando la casilla Cubic Curve visualizará la deformada de los elementos ajustada a una curva cúbica.
  - Después de seleccionar las opciones, presione OK para actualizar la pantalla.
3. Presionando el botón Start Animation en la línea de estado se animará la deformada del modelo. La velocidad de animación se controla por los botones que están al lado del botón de animación.

## Visualice los Diagramas de Fuerza o Esfuerzo del Miembro

1. En el menú Display, haga click en Show Element Force/Stresses..., o pulse el botón **F** (Frame), **S** (Shell) o **J** (Nudos) en la barra de herramientas. Esto visualizará el cuadro de diálogo para los diagramas de fuerza.
2. En el cuadro de diálogo de los Diagramas de Fuerza del Miembro.

### Para Frames

- Seleccione el nombre de la combinación o caso de carga del cuadro de lista desplegable Load.
- Seleccione la componente de fuerza del miembro deseado, es decir, la Fuerza Axial, Cortante 2, Cortante 3, Torsión, Momento 2-2, o Momento 3-3.
- Seleccione el método de escala a usarse. Seleccionando Auto se fija automáticamente el factor de escala. Seleccionando Scale Factor le permite especificar un factor de escala.
- Active la casilla Fill Diagram para ver los diagramas con colores llenos.
- Active la casilla Show Values on Diagram para presentar valores numéricos en los diagramas.

### Para Shells

- Seleccione el nombre de la combinación o caso de carga del cuadro de lista desplegable Load.



- Seleccione el tipo de resultado, como Fuerzas (Forces) o Esfuerzos (Stresses).
- Seleccione la componente de fuerza del miembro deseado, para fuerzas o para esfuerzos.
- Seleccione el rango del contorno en el área Contour Range.
- Seleccione en el área Stress Averaging si los esfuerzos deben promediarse en los nudos.
- Active la casilla Display on Deformed Shape si desea que los diagramas se visualicen en la deformada.

#### **Para Nudos**

- Seleccione el nombre de la combinación o caso de carga del cuadro de lista desplegable Load.
- Seleccione Reactions (reacciones) o Spring Forces (fuerzas de resorte).

3. Presione el botón OK para actualizar la pantalla con las opciones seleccionadas.

### **Visualice los Diagramas de Energía**

Los diagramas de energía se usan para mostrar el porcentaje de trabajo virtual de un elemento relativo al resto de los miembros estructurales. Puede usarse para reducir la deflexión estructural al indicar qué elementos tienen el

más alto porcentaje de energía y de este modo mas se efectuara la deflexión si rigidez se modifica.

1. En el menú Display, haga click en Show Energy/Virtual Work Diagram... Esto visualizará el cuadro de diálogo Energy/Virtual Work Diagram.
2. En el cuadro de diálogo Energy/Virtual Work Diagram:
  - Seleccione el caso o combinación de carga del cual se usarán las fuerzas del elemento.
  - Seleccione el caso o combinación de carga del cual se usarán las deflexiones. Éste normalmente es un caso de carga que tiene fuerzas en la ubicación y en la dirección del desplazamiento que es de interés.
3. Active la casilla Show Values si desea que el valor del porcentaje de energía relativa del elemento se muestre.
4. Presione el botón OK para visualizar el porcentaje de energía que el elemento está experimentando relativo a otros elementos en la estructura.

### **Visualice la Suma de Fuerzas del Grupo de Nudos**


La opción es una manera fácil de encontrar la suma de fuerzas y momentos en un grupo de nudos.

1. En el menú Display, haga click en Show Group Joint Force Sums... Esto visualizará el cuadro de diálogo Select Groups.

2. Seleccione el grupo o los grupos para el que desee la suma.
3. Pulse el botón OK para ver en forma tabular la suma de los cortantes y momentos en el grupo.
4. Puede imprimir la tabla, haciendolo bajo el menú File.
5. Cuando termine, cierre la tabla pulsando el botón X.

**Nota:** El grupo para el Group Sum debe seleccionarse cuidadosamente. El grupo debe consistir en un juego de nudos y los elementos conectados directamente a sólo un lado de ellos. Por ejemplo si el cortante basal para para una estructura es requerido, el grupo debe consistir de los nudos en la base de la estructura y los elementos del frame/shell sobre ellos que se conecta directamente a ellos.

## **Visualice los Resultados de los Nudos o Miembros en la Pantalla**

1. En el menú Display, haga click en Set Ouput Table Mode..., o pulse el botón  en la barra de herramientas. Esto visulizará el cuadro de diálogo Select Ouput.
2. En el cuadro de diálogo Select Output:
  - Seleccione el caso y/o las combinaciones de carga para el cual los resultados seran visualizados en forma tabulada.
  - Presione OK para cerrar el cuadro de diálogo Select Output.

- Para visualizar la tabla de resultados de las fuerzas del miembro, desplazamientos o reacciones, haga click derecho en el elemento o nudo de interés.
- Cuando termine, cierre la tabla pulsando el botón X.



## **MENU DESIGN**

### **Diseño en Acero**

En el menú Design, haga click en Steel Design. Esto cambiará al programa dentro del modo de diseño en acero.

### **Diseño en Hormigón**

En el menú Design, haga click en Concrete Design. Esto cambiará al programa dentro del modo de diseño en hormigón.

### **Elementos de grupo para Diseño**

Agrupando elementos para diseño, el programa diseñará todos los elementos del grupo a una misma sección.

1. En el menú Design, haga click en Select Design Groups... Esto visualizará el cuadro de diálogo Steel o Concrete Design Group Selection.
2. En el cuadro de diálogo Steel o Concrete Design Group Selection:
  - Seleccione previamente los grupos definidos de la lista de grupos.
  - Haga click en el botón Add para agregar grupos a la lista Design Groups.
  - Haga click en el botón Remove para eliminar los grupos de la lista.

- Presione OK.

### **Empiece el Diseño/Chequeo de la Estructura**

1. Seleccione los elementos Frame a ser diseñados o verificados.
2. En el menú Design, haga click en Start Design/Check of Structure...
3. Esto inmediatamente empezará el chequeo de esfuerzos o el diseño de todos los elementos Frame seleccionados en el modelo.
4. Los resultados se visualizarán en la pantalla terminado el proceso.
5. Selecciones de miembros subsiguientes pueden ser diseñados o chequeados y luego agregados a la pantalla.

### **Seleccione las Combinaciones de Carga para el Diseño**

1. En el menú Design, haga click en Select Design Combos... Esto visualizará el cuadro de diálogo Design Load Combinations Selection.
2. En el cuadro de diálogo Design Load Combinations Selection:
  - Seleccione los combos previamente definidos de la lista de combos.
  - Haga click en el botón Add para agregar combos a la lista Design Combos.
  - Haga click en el botón Remove para eliminar los combos de la lista.
  - Presione OK.



CIB-ESPOL

## Visualice la Información en el Diseño

1. En el menú Design, haga click en Display Design Info...
2. Esto visualizará el cuadro de diálogo Display Design Results.
3. En este cuadro de diálogo escoja la opción Design Input o Design Output según sea el caso.
4. En cualquiera de estas opciones pulse el botón de lista desplegable y seleccione la opción apropiada que desee visualizar.
5. Presione OK para que se actualice la pantalla con las opciones seleccionadas.

## Actualice las Secciones del Analysis

SAP2000 le permiten cambiar propiedades de la sección para luego volverlas a analizar y rediseñar.

1. Seleccione los elementos del marco que usted desee actualizar.
2. En el menú Design, haga click en Update Análisis Sections...
3. Esto emitirá un mensaje de advertencia y cuyos resultados del análisis serán borrados.
4. Pulse el botón OK si está de acuerdo, de otra manera pulse el botón Cancel.



## **MENU OPTIONS**

### **Fijando los Parámetros del Diseño en Acero**

1. Seleccione Preferences del menú Options.
2. Presione la etiqueta Steel para ver las preferencias del diseño en acero.
3. Del cuadro de lista desplegable Steel Design code seleccione el código que desee usar en el diseño.
4. La opción Envelope diseñara para los valores máximos y mínimos en un miembro.
5. Presione el botón en OK cuando termine.

### **Fijando Parámetros del Diseño en Hormigón**

1. Seleccione Preferences del menú Options.
2. Presione la etiqueta Concrete para ver las preferencias del diseño en hormigón.
3. Del cuadro de lista desplegable Concrete Design code seleccione el código que desee usar en el diseño.
4. Revise si los factores de reducción de resistencia son satisfactorios en el área Strength Reduction Factors.
5. Revise si los parámetros del diagrama de iteración son adecuados para el diseño de columnas.

6. La opción Envelope diseñara para los valores máximos y mínimos en un miembro.
7. Presione el botón en OK cuando termine.

